

GRİ TAHMİNLEME VE TAGUCHİ KAYIP FONKSİYONU İLE GİZLİ KALİTE MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI*

CALCULATION OF HIDDEN QUALITY COSTS WITH GREY PREDICTION AND TAGUCHI LOSS FUNCTION

Öğr. Gör. Dr. Mükrim ÖKSÜZ DEMİRGUBUZ¹

Prof. Dr. Vesile ÖMÜRBEK²

ÖZ

Kalite maliyetlerinin doğru hesaplanabilmesi için gizli kalite maliyetlerinin de hesaplanması artık önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada da 2019-2020 yılları arasında Denizli ilinde bulunan ve bagalit parça imalatı yapan bir işletmeden elde edilen veriler kullanılarak Gri Tahmin Yöntemi GM (1,1) modeli ve Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu ile gizli kalite maliyetleri hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışmada ilk önce Gri Tahmin Yöntemi GM (1,1) modeli kullanılarak; reklamasyon giderleri, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri, işletme içi yeniden işleme maliyetleri, fazla mesai maliyetleri ve kalite eğitim maliyetlerinin ileri tahminlemesi yapılmıştır. Ardından Taguchi Kayıp uygulaması yapılarak; Taguchi'nin Kalite Kaybı düşüncesi ve gri tahmin uygulamasından elde edilen bilgiler ve işletmeden elde edilen gerçekleşen maliyetleri ele alınarak işletmedeki kalite kaybı incelenmiştir. Daha sonra yıllara göre işletmedeki kalite eğitim sayısı ve kalite eğitim maliyetleri incelenerek kalite kaybı olup olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, gri tahmin yöntemi ile Taguchi Kalite Kaybı tespiti uygulamasında, işletme içi yeniden işleme maliyetlerinde ve süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetlerinde ve kalite eğitim maliyetlerinde kalite kaybının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Reklamasyon giderlerinde ise kalite kaybı gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Ayrıca Taguchi Kalite Kaybı ve Kalite Kayıp Fonksiyonu formülü işletmede sadece belli yerlerde değil her faaliyette ve maliyet hesabında kullanılabileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışmada olduğu gibi farklı uygulamalar ile özgün çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Gizli Kalite Maliyetleri, Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu, Gri Tahmin GM (1,1) Modeli.

JEL Sınıflandırma Kodları: D24, M41, L15.

ABSTRACT

Calculation of hidden quality costs has also become important in order to accurately calculate and record quality costs. In research, it trial to calculated the hidden quality costs with the Grey Prediction Method GM (1.1) model and the Taguchi Quality Loss Function, using the data obtained from a business in Denizli that manufactures bagalite parts between the years 2019-2020. In the study, firstly using the grey prediction method GM (1.1) model, the forward prediction of the reclamation expenses, poor quality product costs, internal reprocessing costs, overtime costs and quality training costs were made. Then by making Taguchi Quality Loss application; The loss of quality in the business is examined by considering Taguchi's idea of Loss of Quality and the information obtained from the grey prediction application and the actual costs obtained from the business. Afterwards, the number of quality training and quality training costs in the business were examined according to the years and it was determined whether there was a loss of quality. As a result, in the application of Taguchi Quality Loss detection with Grey prediction method, it was determined that quality loss occurred in poor quality product costs, internal reprocessing costs, quality training costs. It has been determined that there is no loss of quality in the reclamation expenses. It has been tried to show that Taguchi Quality Loss and Quality Loss Function formula can be used not only in certain places but also in every activity and cost calculation. As in the study, original studies should be carried out with different applications.

Keywords: Hidden Quality Costs, Taguchi Quality Loss Function, Grey Prediction GM (1,1) Model.

JEL Classification Codes: D24, M41, L15.

* Bu çalışma Vesile ÖMÜRBEK danışmanlığında Mükrim ÖKSÜZ DEMİRGUBUZ tarafından hazırlanan ve 13.01.2021 tarihinde savunulan "Gizli Kalite Maliyetlerinin Hesaplanmasında Gri Tahminleme ve Taguchi Kayıp Fonksiyonu Uygulaması" başlıklı doktora tezinden yararlanarak hazırlanmıştır.

¹ Pamukkale Üniversitesi, Denizli Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, mdemirgubuz@pau.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, vesileomurbek@sdu.edu.tr

EXTENDED SUMMARY

Purpose and Scope:

The aim of the study is to calculate the hidden quality costs, which is the new category of quality costs. Since hidden quality costs cannot be easily identified and calculated by businesses, it is a loss for businesses. In the study, hidden factory, quality loss, Taguchi quality loss function, which are associated with hidden quality costs, are investigated. In addition, grey system theory and grey prediction method are discussed in order to calculate hidden quality costs and losses in the study.

Design/methodology/approach:

Two different predictions are made by using the data of hidden quality costs determined in the study and the grey prediction method GM (1,1) model. Using the grey prediction method GM (1,1) model, the forward (distant future) prediction of the reclamation expenses, poor-quality product costs, internal reprocessing costs, overtime costs and quality training costs are made. Also, for Taguchi quality loss application, grey prediction (near future prediction) is made in the reclamation expenses, poor-quality product costs, internal reprocessing costs, overtime costs. For Taguchi quality loss application, the grey prediction results are compared with the actual costs incurred in the business, and it was identified whether there was quality loss within the framework of Taguchi quality loss philosophy. Afterwards, using Taguchi's quality loss function formula and the number of quality training and quality training costs in the business over the years, the results of whether there is quality loss are presented.

Findings:

Forward prediction results using the grey prediction GM (1,1) model; reclamation expenses are from the 3rd level; internal reprocessing cost are from the 1st level; poor quality product cost is from the 4th level; overtime cost is from the 2nd level; quality training cost are from the 3rd level; according to the average relative error table $\bar{\Delta} < \alpha$, its validity is seen. Near future prediction results with the grey prediction GM (1,1) model for the Taguchi quality loss application; reclamation expenses are from the 2nd level; internal reprocessing costs are from the 2nd level; poor quality product costs are from the 4th level; overtime cost are from the 2nd level; according to the average relative error table $\bar{\Delta} < \alpha$, its validity is seen. The results are evaluated in two periods in the reclamation expenses and since the actual costs were below the expected costs, it can be said that there was no loss and there was an improvement for the business. In the internal reprocessing costs, the results are evaluated as three periods, and the actual costs were above the expected costs. It is seen that the loss increased in the third period compared to the second period, but the loss decreased again in the fourth period. The results of the poor-quality product costs were evaluated as four periods, and the actual costs were above the expected costs. While the loss decreased in the second period, the loss continued to increase in the third and fourth periods. The highest loss occurred in the first period. In overtime costs, the results are evaluated as two periods. It is seen that while there is a loss in the first period, there is no loss in the second period. In the second period, it shows that the company, where the improvement is realized compared to the first period, is striving to work more efficiently. The results (2019-2020-2021-2022) in quality training costs are evaluated as four years and the actual costs were above the expected costs. There has been a loss in quality training costs every year. In 2021, the loss decreased compared to 2020. In the application of the Taguchi quality loss function formula, the loss in quality training costs is tried to be determined by using the nominal best formula according to the quality characteristic types. As a result, in quality training costs; 424.4₺ in 2014; 338.13₺ in 2015; 174.44₺ in 2016; 184.32₺ in 2017; 37₺ in 2018; 1687.5₺ in 2019; 3.69₺ in 2020; 14.25₺ in 2021; In 2022, 3.84₺ were found missing.

Conclusion and Discussion:

As a result, in the application of Taguchi quality loss detection with grey prediction, the periods in which quality loss occurred or not occurred according to the forecast data and real data are encountered. Hidden quality costs will increase business income and business profitability. Therefore, it is important to identify hidden quality costs and record them as costs. The study presents a perspective in terms of determining the hidden quality costs in business and examining them as quality costs. In order to use the Taguchi quality loss and quality loss function formula in many activities, new methods and suggestions should be presented. In addition, these losses arising from hidden quality costs in businesses should be investigated in every sector.

1. GİRİŞ

Kalite maliyet bilgileri, yönetimin karar vermesinde önemli bir girdi haline gelmiştir (Starcevic vd. 2015, s. 234). Bir işletmenin finansal durumunun iyileştirilmesi ihtiyacı, kalite iyileştirmelerinin yapılması ve ölçme süreci ile doğrudan ilişkilendirilmektedir (Defeo, 2001, s. 30). Kaliteyi arttırmak, müşteri memnuniyetini artırmanın, üretim maliyetlerini düşürmenin ve verimliliği artırmanın en iyi yolu olarak görülmektedir. Günümüzde kaliteyi iyileştirmeye yönelik her türlü önemli girişimlerin, müşteri gereksinimlerini karşılamak için yeterli olmadığı, kaliteyi elde etme ile ilişkili maliyetlerin hesaba katılması ve mümkün olan en düşük maliyetle yapılmasını gerektirmektedir. Bu ise, yalnızca kaliteyi elde etmek için gerekli olan maliyetlerin azaltılması ve tanımlanıp ölçüldüğü takdirde mümkün olmaktadır (Schiffauerova ve Thomson, 2006, s. 1).

Gizli kalite maliyetleri birçok çalışmada farklı açılardan ele alınmıştır. Gizli kalite maliyetleri çalışmalarda; kalite maliyetleri açısından (Mugan ve Erel, 2000), (Dahlgaard ve Dahlgaard, 2002), (Yang, 2008), (Cheah vd., 2011), (Sailaja vd., 2015a; Sailaja vd., 2015b) çalışmaları; kalitesizlik maliyetleri açısından (Harrington, 1999) çalışması; kalite kaybı açısından (Giakatis vd., 2001) çalışmaları; başarısızlık maliyetleri açısından (Krishnan, 2006), (Snieska vd., 2013) çalışmaları sayılabilmektedir. Kalite maliyet kategorisine göre gizli kalite maliyetleri sınıflandırması (Öksüz Demirgubuz ve Ömürbek, 2020, s. 169) çalışmasında yapılmıştır. Bu çalışmada gizli kalite maliyetleri çalışmalarında ele alınan gizli kalite maliyetlerinin hesaplanması için Gri Tahmin Yöntemi GM (1,1) modeli kullanılarak maliyetler tahminlenmiştir. Tahminlenen veriler ile gerçekleşen veriler kullanılarak Taguchi kalite kaybı uygulaması ve Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu uygulaması yapılmıştır.

2. GİZLİ KALİTE MALİYETLERİ

Günümüzde çoğu işletme, inceleme maliyetlerinin ve hataların yol açtığı maliyetleri yani, sadece buzdağının görünen maliyetlerini bilmektedir (Andrijasevic, 2008, s. 116). Kalite buzdağı (iceberg of cost), ölçülebilen ve ölçülemeyen (gizli) kalite maliyetlerinin gösterildiği bir şekil olarak tanımlanmaktadır (Freiesleben, 2002, s. 119). Kalite buzdağının görünen kısmında yer alan maliyetler, ölçülebilir kalite maliyetleri olarak düşünülmektedir (Yıldıztekin, 2005, s. 412). Bir işletme kalitesizliğin daha geniş bir tanımına ulaştıkça, buzdağının gizli kısmı daha görünür hale gelmektedir. Bu maliyetler toplam maliyetin % 15-25'i arasında değişmektedir (Defeo, 2001, s. 31).

Amerikan Kalite Kontrol Derneği tarafından kalite maliyetleri, kalitenin sağlanmasında ortaya çıkan maliyetler ile kalite sağlanamadığında gerçekleşen kayıp olarak tanımlanmaktadır (Yang, 2008, s. 177). Kalite maliyetlerinin birçoğu muhasebe sisteminde kaydedilse de müşteri memnuniyetsizliğinden kaynaklanan maliyetler gibi maliyetler kaydedilememektedir. Bu kaydedilemeyen maliyetler gizli kalite maliyeti olarak ifade edilebilmektedir. Kaydedilemeyen maliyetlerin büyüklüğü bilinmediği için de yöneticiler tarafından göz ardı edilmektedir. Yöneticiler tarafından kalite yatırımlarında ve performans analizinde tüm maliyetler ve faydaları göz önüne alınacaksa gizli veya kayıt dışı olan maliyetlerin de tahmin edilmesi gerekmektedir. (Albright ve Roth, 1992, s. 15). Tüm bu maliyetlerin görünür hale getirilmesi ve daha sonra bazı tasarrufların yapılabileceği alanların tanımlanması gerekmektedir (Andrijasevic, 2008, s. 116).

Gizli kalite maliyetleri, "İşletme kayıtlarında yeterli şekilde kaydedilemeyen başarısızlık maliyetlerini ve asla tespit edilemeyen başarısızlık maliyetlerini belirtmek için "Gizli" maliyet (veya "görünmez" maliyet) terimi kullanılmaktadır. Bu tür "gizli" maliyetler, kusurların bir sonucu olarak ekstra üretim maliyetleri veya hurdaya çıkartılmış ve yeniden işlenmiş parçalar için malzeme, işleme süresi ve stok alanı için ek maliyetler olarak gösterilebilmektedir. Kalite yönetiminde "gizli maliyetler", iyi niyetin kaybedilmesi veya iç verimsizliklerde ortaya çıkan ek maliyetlerin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir." (Yang, 2008, s. 178)' den akt. (Öksüz Demirgubuz ve Ömürbek, 2020, s. 169).

Giakatis vd. (2001, s. 182); gizli kalite maliyetlerini "gizli kalite kayıpları" olarak; Chen ve Tang (1992, s. 150) ise; dolaylı kalitesizlik (düşük kalite) maliyetleri olarak belirtmiştir. Kalite maliyet kategorisine göre gizli kalite maliyet türleri Tablo 1'deki gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 1. Kalite Maliyet Kategorisine Göre Gizli Kalite Maliyet Türleri

Gizli Uygunluk Maliyetleri		Gizli Uygunsuzluk Maliyetleri		Kayıp Fırsat Maliyetleri
Önleme Maliyetleri	Değerleme Maliyetleri	İç Başarısızlık Maliyetleri	Dış Başarısızlık Maliyetleri	
Müşteri İhtiyaçlarının Gözden Geçirilmesi	Satış Tesislerinin Kontrolü	Mühendislik veya Tasarım Hataları	Acil Durum Sevkiyatları	Acil Durum Gönderileri
Mühendislik Tasarımlarındaki Değişiklik Süreç Doğrulama Maliyetleri	Müşterilerin İncelenmesi	Hammadde Planlama Hataları	Garanti Talepleri	Makine Kapasitesinin Altında Kullanımı
		Üretim Planlama Hataları	Şikâyetlerde Saha Yardımı İçin İnsan Gücü	Gecikmiş Ödemelerden Kaynaklanan Kayıp
		Malzemelerin Reddedilmesine Bağlı Maliyetler		Banka İşlem Kayıpları
		Faturalandırma Hataları ve Faturalar Üzerinde Yeniden Çalışma		Muhtelif Borçlulara Ödenen Faiz
				Gümrük Surastarya Ücreti
				Geç Teslimat Ücreti
				Kayıp Satışlar

Kaynak: (Öksüz Demirgubuz ve Ömürbek, 2020, s. 16-17).

Gizli uygunluk maliyetleri, bir ürüne doğrudan yüklenemeyen bazı maliyetlerin ve her türlü denetim veya kontrol faaliyetinde ortaya çıkan ancak muhasebeleştirilemeyen kısmını oluşturmaktadır. Gizli uygunsuzluk maliyetleri, ürünlerin müşteri gereksinimlerini karşılamadığı zaman ortaya çıkmakta ancak bunların birçoğu hesaplanamamaktadır. Kayıp fırsat maliyetleri, kaçırılmış fırsatların hesaplanmayan maliyetlerinden oluşmaktadır (Öksüz Demirgubuz ve Ömürbek, 2020, s. 16-17).

2.1. Gizli Fabrika

İşletmelerde maliyetlerin düşürülmesi rekabet stratejilerinin en başında gelmektedir. Birçok yönetici işletmelerindeki gizli fabrikadan habersizdir. Fabrika gün geçtikçe kalitesizlik maliyetlerini durmadan üretmektedir. Çünkü geleneksel muhasebe sistemleri kalitesizlik maliyetlerini tespit edememektedir (Cheah vd., 2011, s. 405). Yeniden test etme, yeniden üretme, yeniden kullanma amaçlı onarım tesis ve kaynak kullanımı ve bir ürünün kalitesizliği ile ilgili diğer iyileştirme faaliyetlerini ifade eden gizli fabrika kavramını Blocher tanımlamaktadır (Blocher (2002)'den akt. (Starcevic vd., 2015, s. 234). Gizli fabrika veya altın madeni olarak belirtilen bu maliyetler; kusurları ve iadeleri yeniden izlemek ve onarmak için verimsiz gizli bir alanı oluşturmaktadır. Bu gizli alan kalite iyileştirebilmek ve daha fazla üretkenlik için kullanılabilir olacaktır (Mahmood ve Kureshi, 2015, s. 4).

Kalite maliyetlerinde özellikle başarısızlık maliyetlerinde gizli fabrikadan ve gizli maliyetlerden bahsedilmektedir. Gizli fabrikanın yaklaşık olarak satışların %10-%15'i oranındaki bir büyüklükteki tutarın başarısızlık maliyeti olarak yeni bir fabrikayı finanse etmesinden kaynaklanmaktadır. Gizli fabrika her işletmede bulunan ve ortaya çıkartılmayı bekleyen kayıpların bütününden oluşturmaktadır. Gizli maliyetler, bu kayıpların parasal değerini ifade etmektedir. İşletmeler gizli fabrikayı tanımlayıp ve tespit edebilirse maliyet yönetimi de kolaylaşacaktır (Kaygusuz, 2012, s. 23).

Gizli fabrika maliyetlerinin ölçülmesi kolay değildir. Objektif ve anlaşılır biçimde ölçülmesi gerekmektedir. Gizli fabrika ve gizli kalite maliyetleri işletmelerin muhasebe sistemlerinde yer almamaktadır (Kaygusuz, 2012, s. 23). Bu faaliyetlerin maliyetleri gizli ve genelde ürünlerin toplam genel üretim maliyetlerine dahil edilmektedir (Starcevic vd., 2015, s. 234). Genel üretim giderleri içerisinde de endirekt gider olarak maliyetler ürün ve hizmetlere dağıtılmaktadır. Ayrıca hatalı üretim nedeniyle yeniden işleme yapılmasında malzeme, işçilik, enerji ve kapasitenin işgali ile oluşan fırsat maliyeti de gizli maliyeti oluşturmaktadır. Gizli fabrika maliyetlerinin iç ve dış başarısızlık maliyetlerinin iç içe olduğu ve bunlardan hangilerinin görünür hangilerinin görünmez olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir (Kaygusuz, 2012, s. 23). Gizli maliyetler tespit edilebilirse, kaliteyi geliştirebilmek için fırsatlar ve işletme potansiyelini ortaya çıkaracaktır (Mahmood ve Kureshi, 2015, s. 4). Gizli kalite maliyetlerinin kurumsal başarısızlıktan sorumlu olabileceği ve toplam kalite maliyetlerine katkısı büyük olacaktır

belirtmiştir. Literatür gizli kalite maliyetlerinin nasıl tespit edilebileceğine dair pratik örneklerde hala yetersizdir (Cheah vd., 2011, s. 411).

2.2. Gizli Kalite Maliyetleri ve Kalite Kaybı İlişkisi

Kalite maliyetleri sadece önleme, değerlendirme ve başarısızlık maliyetleri olmamakta gizli kalite maliyetleri de bulunmaktadır. Gizli kalite maliyetlerinin üretim kaybı ve tasarım kaybı olarak önemi büyüktür ve göz ardı edilmemesi gerekmektedir (Giakatis vd., 2001, s. 182).

Kalite maliyetleri ile kalite kayıpları arasında bir ayırım yapılması gerekmektedir. Bir işletmenin ilk önce kalite maliyetleri ile kalite kayıpları arasında bir ayırım yapması gerektiği ve sonra kalite kayıplarını azaltmaya çalışmasının daha iyi olacağı görüşü savunulmaktadır. Kalite maliyeti, işletme için, ürünün belirtilen gereksinimleri karşıladığı veya karşılayacağını kesinliğini devam ettiren ve geliştiren her türlü çabanın maliyeti olarak tanımlanırken; kalite kaybı, harcanan para olarak tanımlanmaktadır. Bir kalitenin maliyetinin iyileştirilmiş mi olduğu yoksa sürekli kaliteden mi sağlanmış olduğu üretim sürecindeki herhangi bir değişiklikten önce ve sonra kalite seviyesinin ölçülmesiyle belirlenebilmektedir (Giakatis vd., 2001, s. 182). Gizli kalite kayıpları müşteri memnuniyetsizliği, gelecekle ilgili iş kayıpları, pazar kaybı ve ek envanter tutmayla ilgili tahmini maliyetlerden oluşmaktadır. Kalite hedeflerinden sapmaların oluşturduğu toplam maliyet üretimde meydana gelen doğrudan ve gizli kalite maliyetlerini de içermektedir (Blocher vd., 2019, s. 726)

Önleme ve değerlendirme maliyetleri kalite maliyetine; başarısızlık maliyeti ise ilke olarak başarısızlık kaybı olarak da kategorize edilebilmektedir. Ancak, önleme ve değerlendirme maliyetlerinde bile kalite kaybı bulunmaktadır. Çünkü önleme ve değerlendirme maliyetleri her zaman çok başarılı olmamaktadır. Bir önleme veya değerlendirme faaliyeti uygulamak için işletme bir miktar para yatırmaktadır. Bu faaliyet başarılı olursa, işletme para tasarrufu sağlamakta, ancak başarılı olamazsa, işletme yalnızca yatırılan parayı kaybetmenin yanı sıra daha fazla kayba da neden olmaktadır. Bu tür kalite kayıpları önleme kaybı ve değerlendirme kaybı olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca oldukça iyi organize edilmiş üretim durumlarında bile göz ardı edilebilecek kadar büyük başka gizli kalite kayıpları da bulunmaktadır. Bunlar üretim kaybı ve tasarım kaybı olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak, potansiyel başarısızlık kaybının oluşumunu telafi etmek için üretilmektedirler (Giakatis vd., 2001, s. 182). Bir ürün arızalandığında değiştirilmesi veya onarılması gerekmektedir. İki durumda takip edilmeli, taşınmalı ve özür dilenmesi gerekmektedir. Buradaki kayıplar üretimden çok daha fazladır ve yapılan hiçbir masraf itibar zararını telafi edemeyecektir. Kalitesizlik kaybının bir yöneticinin düşündüğünden altı kat fazla olduğu belirtilmektedir. Kalite kaybı, ürünler gönderildikten sonra ortaya çıkan kayıp olup geometrik oranda artmaktadır. Ayrıca basit ikinci dereceden formüle sahip kalite kayıp fonksiyonu ile ölçülmektedir (Taguchi ve Clausing, 1990, s. 68).

2.3. Gizli Kalite Maliyetlerinin Hesaplanması

Gizli kalite maliyetlerinin ve buna bağlı kaybın da hesaplanabilmesi gerekmektedir. Gizli maliyetlerin hesaplanabilmesi için; Çarpan Yöntemi, Piyasa Araştırması Yöntemi ve Taguchi Kalite Kaybı yöntemi olmak üzere üç yöntem önerilmiştir (Basık, 2012, s. 371; Albright ve Roth, 1992, s. 20):

Çarpan Yöntemi: Toplam başarısızlık maliyetinin ölçülebilir dışsal başarısızlık maliyetlerinin belli bir katsayıyla çarpımı olduğunu varsaymaktadır.

Toplam başarısızlık maliyeti = k ölçülebilir dışsal başarısızlık maliyeti

Buradaki k deneyimlerle tespit edilen çarpan olmaktadır. Böylece bulunacak toplam maliyet, yöneticilere koruma ve değerlendirme faaliyetleri için kullanacakları kaynakların maliyeti konusunda daha doğru bir sınır belirleme olanağı sağlamaktadır.

Piyasa Araştırması Yöntemi: Kötü kalitenin satışlar ve pazar payları üzerindeki etkisini araştıran formal araştırma yöntemleridir. İşletmenin satış personelinin yürüteceği müşteri araştırmaları ve anketleri işletme gizli maliyetlerinin büyüklüğü konusunda ipuçları vermektedir.

Taguchi Kalite Kaybı Yöntemi: Geleneksel sıfır hata tanımı, gizli maliyetlerin sadece alt ve üst tolerans sınırlarının dışına düştüğünü kabul etmektedir. Taguchi, kalite ile maliyet arasındaki ilişkiyi matematiksel bir model kullanarak $L(y) = k(y - m)^2$ formülüyle ifade etmiştir.

3. KALİTE KAYBI VE TAGUCHİ KALİTE KAYIP FONKSİYONU

3.1. Kalite Kaybı

Ürünlerin performansları; müşteri ihtiyaçlarına veya beklentilerine göre tanımlanan özelliklere bağlıdır (Ross, 1996, s. 1) Bir ürün, özellikleri ve fiyatı nedeniyle satılmaktadır. Ürün türleri, ürünün işlevi ve pazar büyüklüğü ile ilişkilidir. Ürün kalitesi ise kayıp ve pazar büyüklüğü ile ilgilidir. Kalite genellikle özelliklere uygunluk olarak anılmaktadır (Taguchi vd., 2004, s. 171). Kalite, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca topluma verdiği kayıp ile ilgilidir. Gerçekten yüksek kaliteli bir ürün, bu yaşam döngüsü boyunca topluma minimal bir kayıp verecektir (Ross, 1996, s. 1). Gerçek büyüme, piyasadan, maliyetten ve müşteri memnuniyetinden kaynaklanmaktadır. Müşterinin bir ürün için harcadığı para ve kalitesizliğe bağlı olarak algılanan kayıp üreticiye uzun vadede zarar verecektir. Yani, zamanla işletme itibarı zarar görecektir ve pazar payı kaybedilecektir (Taguchi vd., 2004, s. 171).

Geleneksel kalite maliyetleme de önleme, değerlendirme ve başarısızlık maliyetleri kalite maliyetleri açısından aynı önemde ele alınmıştır. Ancak kalite maliyetleri ile kalite kayıpları arasında bir ayırım yapılması gerekmektedir. Kalite maliyetleri değer katmakta; kalite kayıpları ise değer katmamakta ve bazen de değeri düşürmektedir. Kalite maliyetleri ürünlerin belirtilen kriterleri karşılayan veya karşılanmasını isteyen her işletme için maliyettir. Ancak kalite kaybı harcanan paradır. Çünkü kalite maliyetleri devamlılık veya iyileştirme sağlayamazsa kalite de uyumsuzluklar meydana gelecektir. Kalite kaybında ise şimdi ve gelecekte fayda beklenmemektedir (Giakatis vd., 2001, s. 181). Kalite kayıpları (Taguchi vd., 2004, s. 181);

- Spesifikasyon limitlerine uygunluk, kalitenin veya düşük kaliteye bağlı kayıpların yetersiz bir ölçüsüdür.
- Kalite kaybı müşteri memnuniyetsizliğinden kaynaklanmaktadır.
- Kalite kaybı ürün özelliklerine bağlı olabilir.
- Kalite kaybı finansal bir kayıptır.

3.2. Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu

Taguchi kaliteyi "ürünün gönderildiği andan itibaren ürünün topluma verdiği kayıp" olarak tanımlamaktadır (Taguchi vd., 2004, s. 172). Bu kayıp, müşteri memnuniyetsizliğini ve işletmelerin itibar kayıplarını kapsamaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003, s. 10). Taguchi kaliteyi sadece üretim anında üreticiyi değil, tüketiciyi ve bir bütün olarak toplumu maliyet ve zarar ile ilişkilendirmektedir. Kayıp genellikle bir ürünün sevk edildiği noktaya kadar uğradığı ek üretim maliyetleri olarak düşünülmektedir. Bundan sonra, kalite kaybı maliyetini taşıyan müşteri ve toplum olmaktadır. Başlangıçta, üretici garanti maliyetlerini ödemekte ancak garanti süresi dolduktan sonra ise müşteri ürün üzerinde onarım için ödeme yapabilmektedir (Taguchi vd., 2004, s. 171). Taguchi kalitesizliğin gereksiz hizmet maliyetine, israf edilmiş işgücüne hatta toplum üzerinde kötü etkilere neden olabileceğini öne sürmektedir. Kalitesizlik maliyetinin toplumsal kaybın maliyetini tahmin etmek olduğunu belirtmiştir. Taguchi kalite eksikliğinden kaynaklanan parasal kaybı tahmin etmek için kayıp fonksiyonu olarak adlandırılan matematiksel formülü önermektedir (Roy, 2001, s. 14).

Taguchi kayıp fonksiyonu, müşterinin daha tutarlı ürünlere sahip olma isteği ve üreticinin düşük maliyetli bir ürün yapma isteğini kabul etmektedir. Topluma verilen kayıp, üretim sürecinde ortaya çıkan maliyetlerin yanı sıra müşteri tarafından kullanım sırasında karşılaşılan maliyetlerden (onarım, kayıp iş, vb.) oluşmaktadır. Topluma olan zararı en aza indirmek için standart ürünler teşvik edilerek, üretim noktasında ve tüketim noktasında maliyetlerin azaltılması stratejisi benimsenmelidir. (Ross, 1996, s. 3). Kalite kayıp fonksiyonunun amacı, bir ürünün fonksiyonel değişiminden kaynaklanan kayıpların kantitatif değerlendirilmesidir (Taguchi vd., 2004, s. 172). Kalite kayıp fonksiyonu özellikle yeni ürün geliştirmenin ilk aşamalarında önemli hale gelmiştir. Toleranslar ve kalite hedefleri belirlenerek ölçümler yapılmaktadır (Taguchi ve Clausing, 1990, s. 68).

Taguchi, ürün kalitesi hedef değerden farklılık gösterdiğinde bir kayıp yaşanması ve hedef değerden uzaklık ne kadar yüksek olursa, kalite kaybının da o kadar büyük olduğunu söylemiştir. Sağlam tasarımın üzerinde durulmuştur. Çünkü; Taguchi, kalite kaybının her zaman yönetimin algıladığından daha fazla olduğunu belirtmiştir. Bunun başlıca nedeni, yalnızca belirgin düşük kaliteli maliyetlerin açıklanmasıdır. Daha önceleri mantıklı kalite maliyetlerinden çok daha yüksek olabilen gizli kalite kayıplarının, ölçülmesinin zor olduğu ve bu nedenle hesaplanmadığı belirtilmiştir. Zamanla, kalite uzmanları, kalite maliyetlerini izleme yöntemlerini geliştirmeyi denemişlerdir. (Cheah vd., 2011, s. 408).

Kalite kayıp fonksiyonu ile sağlanan tahmini gizli kalite maliyetleri yöneticiler ve muhasebeciler tarafından operasyonları iyileştirmeye ve maliyetleri azaltmaya yardımcı olacak bir teknik olarak kullanılabilir. Taguchi kalite kayıp fonksiyonu kullanımının sağladığı yararlar şu şekilde sıralanmıştır (Albright ve Roth, 1992, s. 26);

- Gizli kalite maliyetlerinin büyüklüğünün gösterilmesini sağlar,
- Süreç iyileştirmek için yatırım tekliflerinin değerlendirilmesine yardımcı olur,
- Süreç iyileştirme projelerinin gerçek performansının ölçülmesine yardımcı olur,
- Kalite hedeflerine yönelik ilerlemeyi değerlendirmeyi sağlar.

Her kalite karakteristiği için kalite karakteristiğinin hedef değerinden saptması ve ekonomik kayıp ile ilişkiyi tanımlayan bazı fonksiyonlar bulunmaktadır. Her kalite karakteristiğinde böyle bir ilişkinin elde edilmesi için gereken zaman ve kaynaklar kayda değer bir yatırıma göstermektedir. Taguchi, kalite karakteristiklerinin hedef değerden saptmasından kaynaklanan kayıpları belirlemek için, kalite kayıp fonksiyonunun ikinci dereceden temsilini verimli ve etkili bir yol olarak bulmuştur. Taguchi yöntemlerinde yer alan düşünce, yararlı sonuçların hızlı ve düşük maliyetle elde edilmesi gerektiğidir. İkinci dereceden kullanılan kalite kayıp fonksiyonu bu felsefeyle tutarlıdır.

Hedef değeri m olan bir ürün için çoğu müşterinin bakış açısından, $m \pm \Delta_0$, ürün veya bileşenin oluşturduğu işlevsel hata saptmasını temsil etmektedir.

Bir ürün kalite özelliklerinin sınırında üretildiğinde, $m + \Delta_0$, veya $m - \Delta_0$, müşteriler tarafından karşı bazı önlemler (yani, ürünün iskartaya çıkarılması, değiştirilmesi, onarılması, vb.) alınmaktadır.

A_0 : karşı tedbirlerin maliyet yani alt üst sınırdaki kaybın maliyeti

Δ_0 : hedef değerden sapma

Olduğunda kalite kayıp fonksiyonu şöyledir:

$$L = k(y - m)^2 \quad (1)$$

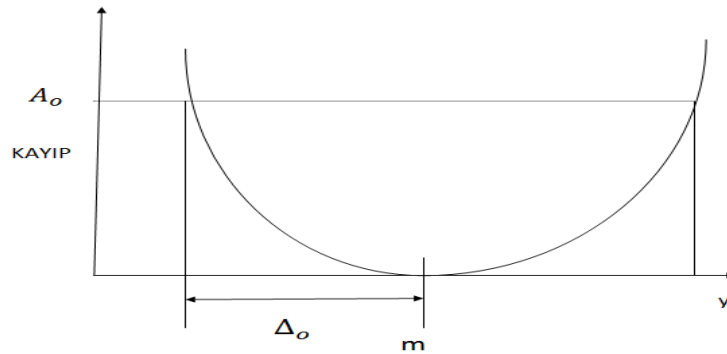
$$y = m + \Delta_0 \quad (2)$$

$$\Delta_0 = k(m + \Delta_0 - m)^2 \quad (3)$$

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} \quad (4)$$

Belirli bir kalite karakteristiği için sabit olan k değeri ve hedef değer m , kalite kaybı fonksiyonu eğrisinde aşağıdaki Şekil 1' deki gibi tanımlanmaktadır (Taguchi vd., 2004, s. 173-174).

Şekil 1. Kalite Kayıp Fonksiyonunda k ve m Değerlerinin Gösterimi



Kaynak: (Taguchi vd., 2004, s. 174).

İkinci dereceden kayıp fonksiyonu olan kalite kayıp fonksiyonuna örnekle bakıldığında hedeften 0,1mm'lik sapma 10\$'lık kayıp oluşturmaktadır. 0,2mm'lik sapma 40\$'lık kayıp oluşturmaktadır. 0,3mm'lik sapma 90\$'lık kayıp

oluşturmaktadır. Kalite kayıp fonksiyonu ile ürün niteliklerinin hedef değerden gerçek değere olan sapması hesaplanmasında önce k değeri hesaplanmaktadır. Verilere göre $\Delta_0:0,2\text{mm}$ sapmaya göre $A_0:40\text{\$}$ kayıp ise; k değeri $k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} = \frac{40}{(0,2)^2} = 1000\text{\$}$ olarak bulunmaktadır. Bir ürün niteliklerinin gerçek değeri y: 10,5mm olarak gerçekleştiği, hedef değeri ise m: 10mm olarak ele alındığında ürün kaybı şu şekilde hesaplanmaktadır: $L(y) = k(y - m)^2$ kayıp formülüne veriler yerleştirildiğinde $L(y=10,5) = 1000\text{\$}(10,5 - 10)^2 = 250\text{\$}$ kayıp gerçekleşmektedir (Kim ve Liao, 1994, s. 10).

3.3. Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu İçin Kalite Karakteristik Tipleri

Kalite kayıp fonksiyonu nominal-en iyi, daha küçük-daha iyi, daha büyük-daha iyi karakteristik tiplerine göre kullanılmaktadır. (Ross, 1996, s. 17).

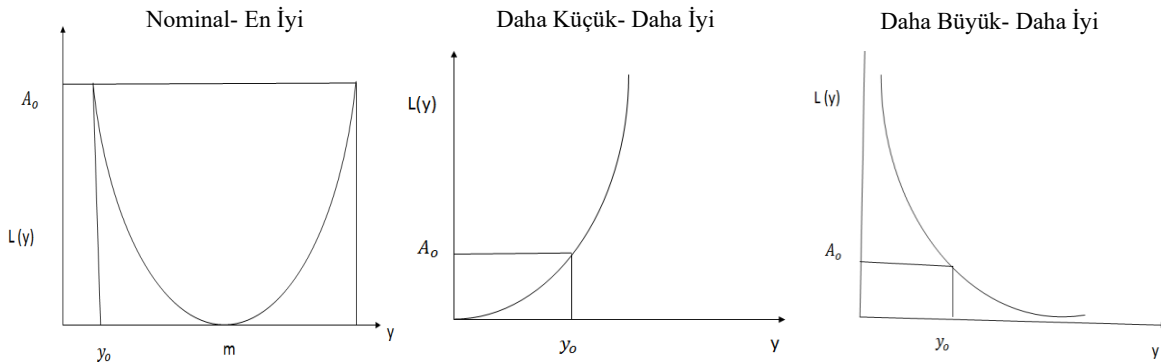
Nominal-En İyi Karakteristik Tipi, elde edilecek sonlu bir hedef noktası olan tiptir. Hedefin her iki tarafında tipik olarak üst ve alt şartname sınırları bulunmaktadır. Bir bileşenin kaplama kalınlığı, bir parçanın uzunluğu ve verilen giriş voltajındaki bir direncin çıkış akımı, nominal-en iyi karakteristik tipi örneklerindedir (Taguchi vd., 2004, s. 180).

Daha Küçük Olan Daha İyi Karakteristik Tipi, ideal hedefin sıfır olması ile sonucun minimize edilmesi istendiğindeki tiptir. Bir bileşen üzerindeki aşınma, motorda duyulabilen gürültü miktarı, hava kirliliği miktarı ve ısı kaybı miktarı daha küçük - daha iyi karakteristik tipi örneklerindedir. Daha küçük-daha iyi karakteristik tipi, negatif veri içermemektedir (Taguchi vd., 2004, s. 180).

Daha Büyük Olan Daha İyi Karakteristik Tipi, sonucun en üst düzeye çıkarılmak istendiği ve ideal hedefin sonsuz olduğu karakteristik tipidir. Malzeme dayanıklılığı ve yakıt verimliliği daha büyük daha iyi karakteristik tipi örneklerindedir. Verim yüzdesi incelendiğinde daha büyük daha iyi olması gerekiyor gibi görünmektedir. Fakat kalite mühendisliğinde daha büyük olan kategoriye ait değildir. Çünkü ideal değer % 100 'dür ve sonsuz değildir. Daha büyük daha iyi karakteristik tipi, negatif veri içermemektedir (Taguchi vd., 2004, s. 180).

Kalite kayıp fonksiyonu nominal-en iyi, daha küçük-daha iyi, daha büyük-daha iyi karakteristik tipleri kayıp fonksiyonu Şekil 2'de gösterildiği gibidir (Taguchi, vd., 2004, s. 190).

Şekil 2. Kalite Karakteristik Tipleri



Kaynak: (Taguchi vd., 2004, s. 190).

Karakteristik tipine göre k sabiti, birim başına kayıp, MSD (Mean-Squared Deviation Ortalama Karesel Sapma) ve ortalama kayıp denklemleri Tablo 2'de görülmektedir (Ross, 1996, s. 19; Taguchi vd., 2004, s. 190).

Tablo 2. Kalite Kayıp Fonksiyonu İçin Karakteristik Tiplerine Göre Kullanılan Denklemler

Karakteristik Tipi	K Sabiti (A_0 : tüketici kaybı) (Δ_0 veya y_0 : Tüketici Toleransı)	Tek Parça İçin Kayıp (L)	$L = (MSD)$	Dağıtımda Parça Başına Ortalama Kayıp
Nominal En İyi	$\frac{A_0}{\Delta_0^2}$ veya $\frac{A_0}{y_0^2}$	$k(y - m)^2$	$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2$	$k[\delta^2 + (\bar{y} - m)^2]$
Daha Küçük Daha İyi	$\frac{A_0}{\Delta_0^2}$ veya $\frac{A_0}{y_0^2}$	$k(y^2)$	$MSD = \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} = \sigma^2 + \bar{y}^2$	$k[\delta^2 + (\bar{y})^2]$
Daha Büyük Daha İyi	$A_0 \cdot \Delta_0^2$ veya $A_0 y_0^2$	$k\left(\frac{1}{y^2}\right)$	$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$ $= \frac{1}{n} \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \dots + \frac{1}{y_n^2} \right)$	$k\left[\frac{1}{\bar{y}^2}\right] \left[1 + \left(\frac{3\delta^2}{\bar{y}^2}\right) \right]$

Kaynak: (Taguchi vd., 2004, s. 190; Ross, 1996, s. 19).

Taguchi kalite kayıp fonksiyonu karakteristik tipleri nominal en iyi, daha küçük daha iyi, daha büyük daha iyi durumları için Tablo 2’deki formüllerle hedef değerlerden sapma meydana gelmesi durumunda ortaya çıkan kayıp tespit edilebilmektedir. İşletmelerde rastgele gönderilen bir ürünün hedef değerden farklı olması durumunda işletme ve tüketicinin karşılaştığı ekonomik kayıp tespit edilip kalitede iyileştirme yaparak tasarruf sağlayabilmektedir.

4. GRİ SİSTEM TEORİSİ VE GRİ TAHMİN YÖNTEMİ

4.1. Gri Sistem Teorisi

Gri sistem teorisi, bilgi eksikliği olan sistemlere denilmektedir (Julong, 1989, s. 1). Gri sistemler üzerine ilk araştırma 1982 yılında Çin’den Profesör Deng Julong tarafından “the control problems of grey systems” başlıkla yazılmış ve “Systems and Control Letters” dergisinde yayımlanmıştır. Bilim ve teknoloji tarihinde gri sistem teorisini kuran Profesör Deng Julong olmuştur (Liu ve Lin, 2006, s. 2).

Eksik bilgiye sahip olmak “gri” olmanın temel şartından sayılmaktadır. Farklı durumlarda ve farklı açılardan, “gri” olmanın anlamı genişletilebilmektedir (Liu ve Lin, 2010, s. 5). Deng; “Gri”nin kötü, eksik, belirsiz, vb. anlamlara gelebildiğini belirtmiştir (Julong, 1989, s. 1).

Gri sistemler araştırma konularının renklerine göre seçilmektedir. Renklerin koyuluğu kontrol teorisinde bilginin netlik derecesini belirtmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. En çok kabul gören temsillerden biri “kara kutu” olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacı tarafından iç ilişkileri veya yapısı tamamen bilinmeyen bir durumu temsil etmektedir. Sistemde bilinmeyen bilgileri göstermek için “siyah”, tamamen bilinen bilgiler için “beyaz”, kısmen bilinen ve kısmen bilinmeyen bilgiler için “gri” kelimeleri kullanılmaktadır (Liu ve Lin, 2010, s. 15).

Her gri sistem; gri sayılar, gri denklemler, gri matrisler vb. ile nitelendirilmektedir. Gri sayı; tam değeri bilinmeyen, ancak değerinin içinde bulunduğu bir aralık bilinen sayı olarak tanımlanmaktadır (Liu ve Lin, 2006, s. 23). Uygulamalarda, gri bir sayı genel bir aralık veya genel bir sayı kümesi içinde olası değeri alan belirsiz bir sayıyı ifade etmektedir. Bu gri sayı genellikle “⊗” sembolü ile ifade edilmektedir (Liu ve Lin, 2010, s. 19).

Kısmen bilinen bilgilere sahip belirsiz sistemler ile ilgili mevcut bilgiden yararlı bilgiler üretilebilmektedir. Böylece sistemlerin operasyonel davranışları ve yasaları doğru bir şekilde tanımlanabilmekte ve etkin bir şekilde izlenebilmektedir. Dünyada, küçük örnekleme sahip ve az bilgi içeren belirsiz sistemler yaygın olarak bulunmaktadır (Liu ve Lin, 2010, s. 2). Belirsiz sistemlerin temel özelliği, bilgilerdeki eksiklik ve yetersizlikten kaynaklanmaktadır (Liu ve Lin, 2006, s. 4; Liu ve Lin, 2010, s. 5).

Belirsiz sistemlerden gri sistem teorisi, olasılık istatistik, bulanık matematik ve kaba küme teorisi arasındaki farklılıklar aşağıdaki Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Belirsiz Sistemlerin Karşılaştırılması

	Gri Sistem Teorisi	Olasılık İstatistik	Bulanık Matematik	Kaba Küme Teorisi
Çalışma Hedefleri	Yetersiz Bilgi Belirsizlik	Olasılıksal Belirsizlik	Kavramsal Belirsizlik	Ayırt Edilmezlik
Temel Seriler	Gri Bulanık Seriler	Cantor Serisi	Bulanık Seriler	Tahmini Set
Yöntemler	Bilgi Kapsamı	Olasılık Dağılımı	Üyelik Fonksiyonları	Parçalara Ayırma
Prosedür	Gri Seri Oluşturma	Frekans Dağılımı	Marjinal Örnekleme	Alt Ve Üst Tahmin
Veri	Biraz	Tipik	Üyelik	Eşit
Koşul	Herhangi Bir Dağılım	Özgün Dağılım	Deneyim	İlişkili
Önem (Vurgu)	Yoğunluk	Yoğunluk	Genişleme	Yoğunluk
Amaç	Gerçeklik Kuralları	İstatistik Kuralları	Kavramsal Anlatım	Kavram Tahmini
Özellikleri	Küçük Örneklem	Büyük Örneklem	Deneyimler (Tecrübe)	Bilgi Sistemleri (Tablolar)

Kaynak: (Liu ve Lin, 2006, s. 8; Liu ve Lin, 2010, s. 11; Liu vd., 2013, s. 5; Liu vd., 2016, s. 11).

Tablo 3'e bakıldığında belirsiz sistemlerden gri sistem teorisini diğerlerinden ayıran en önemli farklılık yetersiz bilgi ve verinin bulunduğu durumlarda; ayrıca belirli bir dağılım gerektirmeden analizlerin yapılmasına olanak sağlayan bir sistem olduğu görülmektedir.

4.2. Gri Tahmin Yöntemi

Gri sistemler teorisi belirsizliği modelleyen, sistemler arasındaki ilişkileri analiz eden, modeller oluşturan, tahminler yapan ve kararlar veren sistemleri incelemek için kullanılmaktadır. Geleneksel stokastik tahmin teorisinin aksine bir gri modeli oluşturmak için en az dört veri girişi sağlayacak örnekleme ihtiyaç duyulmaktadır (Tsai vd., 2005, s. 538).

Gri tahmin teorisi gri sistem teorisinin önemli bir dalıdır (Xie ve Liu, 2009, s. 1174). Gri tahmin, belirli bir anlayışa dayalı sistemlerin gelecekteki durumları hakkında bilimsel ve nicel tahminler yapmaktadır. Gri sistem modellerinin kurulabilmesi ve geleceğin öngörülebilmesi için sistemlerin ve belirsiz özelliklerinin anlaşılması için orijinal veri dizisindeki seri operatörleri kullanılmaktadır. Belirli bir problem için, yeterli ve dikkatli bir şekilde yapılmış nitel bir analizin sonuçlarını kullanarak uygun tahmin modeli seçilmektedir. Model seçimi değişen koşullarla birlikte değişmektedir (Liu ve Lin, 2010, s. 133). Seri tahminleri, bir sistemin değişkenlerinin gelecekteki davranışlarını önceden belirlemektedir. Bu amaçla, GM (1,1) modeli yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu ve Lin, 2006, s. 27).

GM (1,1) modeli, gri tahmin teorisinin temel modelidir ve birkaç veri (dört veya daha fazla) ile oluşturulan tek değişkenli birinci dereceden gri model olup aynı zamanda yüksek hassasiyetli sonuçlar elde edilebilmektedir (Xie ve Liu, 2009, s. 1174). Gri tahmin modeli GM (1,1), parametre varyansı ve birinci dereceden diferansiyel denklem için uyarlanmış bir grup diferansiyel denklemi kapsayan bir zaman serisi tahmin modelidir. Karar verme, finans, ekonomi, mühendislik ve meteoroloji dahil olmak üzere sosyal ve doğa biliminin birçok alanında gri tahmin modeli GM (1,1) uygulanmaktadır (Chiou vd., 2004, s. 3).

4.3. Temel Gri Tahmin GM (1,1) Yöntemi

Gri tahmin GM (1,1) yönteminin aşamaları şu şekildedir (Liu ve Lin, 2010, s. 107-108):

1. Adım: Kullanılacak olan ham veri seti $X^{(0)}$ negatif olmayan orijinal veri serisinden oluşmaktadır.

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \quad X^{(0)}(k) \geq 0 \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

2. Adım: $X^{(0)}$ serisinden yararlanılarak yeni $X^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)), \quad X^{(1)} \text{ serisi oluşturulduktan sonra, } X^{(0)}k + ax^{(1)}(k) = b \quad (6)$$

eşitliği elde edilmekte ve GM (1,1) modelinin orijinal biçimi olarak adlandırılmaktadır. Burada GM (1,1) sembolü "değişkenli birinci dereceden gri model" anlamına gelmektedir.

3. Adım: $X^{(1)}$ serisi kullanılarak $Z^{(1)}$ serisi oluşturulmaktadır.

$Z^{(1)}(k) = 0.5 \left(X^{(1)}(k) + X^{(1)} + (k - 1) \right)$, $k = 2, 3, \dots, n$ $Z^{(1)}$ serisi ile ; $X^{(o)}k + az^{(1)}(k) = b$ (7)
GM(1,1) modelinin temel biçimi elde edilmektedir.

4. Adım: $X^{(1)}$ ve $Z^{(1)}$ serileri oluşturulduktan sonra “a” ve “b” parametreleri bulunur. $\hat{a} = (a, b)^T$ parametrelerinin dizilimiye ve

$$Y = \begin{bmatrix} X^0(2) \\ X^0(3) \\ \vdots \\ X^0(n) \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -Z^1(2) & 1 \\ -Z^1(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^1(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

İse en küçük kareler yöntemi ile tahmin etmek için $X^{(o)}k + az^{(1)}(k) = b$ eşitliği kullanılarak GM (1,1)'in parametrelerine karşılık gelen \hat{a} vektörü hesaplanmaktadır.

$$\hat{a} = (a, b)^T \text{ şu şekilde hesaplanmaktadır. } \hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (9)$$

5. Adım: Eğer $(a, b)^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$ ise; $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$; (10)
olarak gösterilen birinci dereceden türevlenebilir eşitlik elde edilir.

$\hat{X}^{(1)}(t) = \left[X^{(1)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-at} + \frac{b}{a}$ verilir. Yani;

$$\hat{X}^{(1)}(k + 1) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

6. Adım: Elde edilen birinci dereceden türevlenebilir eşitliğe ters kümülatif işlemi uygulanarak tahmin değerleri aşağıdaki modelle elde edilir.

$$\hat{X}^{(0)}(k + 1) = a^{(1)} \hat{X}^{(1)}(k + 1) = \hat{X}^{(1)}(k + 1) - \hat{X}^{(1)}(k) = (1 - e^a) \left(X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} \quad (12)$$

$k = 1, 2, \dots, n.$

7. Adım: Üretilen tahmin değerleri için hata payı hesaplanarak modelin gelecek tahmini için kullanılıp kullanılmayacağı test edilmektedir. $X^{(o)}$ ham veri setinde herhangi bir k elamanı için tahmin hatası $\varepsilon^{(0)}(k)$ ile gösterilmektedir ve şu şekilde hesaplanmaktadır (Liu ve Lin, 2010, s. 133-135).

$$\varepsilon^{(0)} = (\varepsilon(1), \varepsilon(2), \dots, \varepsilon(n)) = (X^{(0)}(1) - \hat{X}(1), X^{(0)}(2) - \hat{X}(2), \dots, X^{(0)}(n) - \hat{X}(n)) \quad (13)$$

$X^{(0)}$ ham veri setinin herhangi bir k elmanı için hata oranı ise Δ_k ile gösterilmekte ve şu şekilde hesaplanarak ve yüzdesi alınarak ifade edilmektedir.

$$\Delta_k = \left(\left| \frac{\varepsilon(1)}{X^{(0)}(1)} \right|, \left| \frac{\varepsilon(2)}{X^{(0)}(2)} \right|, \dots, \left| \frac{\varepsilon(n)}{X^{(0)}(n)} \right| \right) = \{\Delta_k\}_1^n \quad (14)$$

Ortalama görelî hata $\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta_k$ olarak hesaplanmaktadır. Ortalama görelî hata oranı hesaplandıktan sonra modelin test doğruluk skalası kontrol edilir. Model doğruluk testi skalası Tablo 4'te görüldüğü gibidir

Tablo 4. Gri Tahmin Modeli Test Doğruluk Skalası

Eşik	Görelî hata
Doğruluk ölççeği	α
1.seviye	0.01
2.seviye	0.05
3.seviye	0.10
4.seviye	0.20

Kaynak: (Liu ve Lin, 2010, s. 135).

Eğer $\bar{\Delta} < \alpha$ ise gelecek tahmini yapılabilir ve $1 - \bar{\Delta}$ ise modelin güvenilirlik oranını vermektedir.

4.4. Gri Tahmin ile İlgili Literatür Çalışması

Gri tahmin yöntemiyle ilgili literatürde yapılmış bazı çalışmalar Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5. Gri Tahmin ile Yapılmış Bazı Çalışmalar

Yazar(lar) / Yıl	Çalışma Sonucu
(Hsu ve Wen, 1998)	Havayolu yolcu trafiği tahmini için 10 Asya Pasifik ülkesi ile ABD arasındaki yolcu sayısı 1983-1991 aralığı farklı veri sayıları kullanılarak 1992-2000 aralığı tahmin edilmiştir. Buna dayanarak trans-Pasifik pazarındaki toplam hava yolcu sayısındaki yıllık ortalama büyüme ortaya konmuştur.
(Lin ve Hsu, 2002)	Satış tahmini için Tayvan'daki sekiz alkolsüz içeceğin 1996-2000 yılları satış tutarları veri olarak kullanılarak 2001-2003 yılları tahmini yapılmıştır.
(Chiou vd., 2004)	Tayvan donanmasındaki yedek parça talep tahmini için 14 parçanın 1999-2002 yılları verileri kullanılarak 2003 yılı yedek parça tahmini yapılmıştır.
(Tsai vd., 2005)	Tayvan telekomünikasyon talep tahmini için telekomünikasyon endüstrisi 1999-2003 yılları verileri kullanılarak 2004-2007 yılları tahmini yapılmıştır.
(Wu vd., 2005)	Petrol boru hattında balmumu (tortu) birikimi ve birikim hızı on beş günlük veri değerleri alınarak 18, 22 ve 25 günlük birikim değerleri ve tortu birikim hızları tahmin edilerek temizleme planlarının birikime göre yapılabileceği belirtilmiştir.
(Huang ve Jane, 2009)	Hisse senedi portföy tahmini için Tayvan ekonomisi finansal veri tabanı kullanılarak 2003 ilk çeyrek -2007 ilk çeyrek aralığı olmak üzere 17 çeyreklik veri ile 2004-2006 yılları seçilen portföyde dokuz dönemlik getiri oranları tahmin edilmeye çalışılmıştır.
(Mostafaei ve Kordnoori, 2012)	İran enerji tüketimini ve enerji arzını tahmin etmek için 1992-2006 yılı verileri kullanılarak 2009-2021 yılları tahmini yapılmıştır.
(Huang vd., 2014)	İnternet pazarının satış tahmini için uzman bir firmanın 2007-2011 yılları pazar araştırması verileri kullanılarak 2012-2020 tahmini yapılmıştır.
(Yu vd., 2016)	Çevresel sürdürülebilirliği sağlayabilmek, verimliliği artırarak performansı iyileştirmek için lojistik işletmelerinin sürdürülebilirlik değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bunun için dünyanın önde gelen 25 lojistik işletmeden 19 tanesinin 2012-2015 kamu mali raporları kullanılarak 2016-2019 girdi/çıkıtı değerleri tahmini yapılmıştır.
(Zhao, 2016)	Proje maliyet tahmini için Changsha şehri Xi'an bölgesi 2010-2014 gayrimenkul verileri ile malzeme, işçilik, makine ve toplam maliyet ile proje maliyet tahmini yapılmıştır. Gerçek projeye uygulanarak kontrol edilip karşılaştırılmıştır.
(Oruç ve Eroğlu, 2017)	Doğalgaz talep tahmini için konut sektöründe tüketilen doğalgaz miktarı Ocak 2010-Nisan 2016 aralığı 76 aylık veri kullanılarak Mayıs 2016-2017 Aralık aralığı tahmini yapılmıştır.
(Hu, 2017)	Tayvan'a gelen yabancı turist tahmini için Tayvan turizm bürosunun yayınladığı yıllık istatistik raporlarından yararlanılarak 2001-2015 yılları farklı veri aralığı kullanılmıştır. Belirlenen altı yerden 2016 yılında Tayvan'a gelecek turist tahmini yapılmıştır.
(Ömürbek vd., 2018)	Bankaların grup bazlı karlılık tahmini için 2013-2016 yılları karlılık rasyo oranları kullanılarak 2017-2020 yılları tahmini yapılmıştır.
(Ömürbek vd., 2018)	Kamu sermayeli mevduat bankalarının ortalama öz kaynak karlılığı verileri 2017 Eylül- 2018 Haziran dört dönemlik ham veriler baz alınarak 2018 Eylül - 2019 Haziran aralığı dört döneme ait karlılık tahmini yapılmıştır.
(Aksoy ve Akçakanat, 2019)	Bankalarda bireysel kredi riskinin tahmini için 2018 Ocak-Haziran kredi türlerine göre kredi kullanan kişi sayısı, tutarı ve kredi riski verileri kullanılarak 2018 Temmuz-Aralık aralığı bireysel kredi kullanımı ve buna bağlı risklerin tahmini yapılmıştır.
(Bilgil vd., 2019)	Gelecekte elde edilecek vergi geliri tahmini için toplanan vergi miktarı 2004-2017 yılları aralığı veri alınarak 2018-2024 aralığı tahmini yapılmıştır.
(Öztürk ve Bilgil, 2019)	Türkiye'de gerçekleşecek sağlık harcamaları tahmini için 2004-2017 yılları sağlık harcamalarının tutarı veri alınarak 2018-2025 yılları tahmini yapılmıştır.
(Wu vd., 2019)	Xingtai ve Handan'daki hava kalitesini tahmin etmek için 2014-2017 yılları dört çeyreklik hava kalitesi göstere verileri kullanılarak 2018-2021 yılları çeyreklik tahmini yapılmıştır.
(Başakın vd., 2019)	Su tüketim değerleri tahmini için 2005-2013 veri değerleri kullanılarak 2011-2013 yılları tüketim değerleri tahmini yapılmıştır.
(Liu vd., 2019)	Çin'de kişilerin elektrik tüketimi tahmini için 2000-2012 yılları elektrik enerji tüketim miktarı veri alınarak 2013-2015 yılları tahmini yapılmıştır.
(Tang ve Xiao, 2019)	Asfalt kaplama performansının aylık zayıflama tahmini için 2012-2017 yılları verileri kullanılarak 2018-2019 yılları tahmini yapılmıştır.
(Bayrakçı ve Aksoy, 2019)	Bireysel emeklilik sistemine katılımcı sayısı ve yatırma yönlendirilen tutar 2011-2016 yılları baz alınarak 2017-2020 yılları dört yıllık tahmin yapılmıştır.
(Yu vd., 2019)	Vergi gelirleri tahmini için 2000-2006 yılları Çin istatistik yıllığının verileri kullanılarak 2007-2011 yılları tahmini yapılmıştır.
(Acun ve Apalı, 2020)	Mobilya üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmede gri temelli tahmin modeli ile işletmenin 2013 yılı, 2014 yılı, 2015 yılı ve 2016 yılı tecrübelenmiş maliyet verileri ile gelecek 2017, 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait maliyet tahminlemesi yapılmıştır.
(Şahin ve Bağcı, 2020)	Bitcoin, IOTA, Ethereum ve Ripple kripto paralarına ait 1-11 Aralık 2019 fiyatlar ve gri tahmin yöntemi kullanılarak 12 Aralık 2019 fiyatları tahminlemesi yapılmıştır.
(Oruç ve Fındık, 2020)	Gri tahmin yöntemi ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Dış Sağlığı Merkezi'nin yatan hasta sayılarının 56 aylık (2015 Ocak-2019 Ağustos dönemine) verileri kullanılarak 28 aylık (2019 Eylül-2021 Aralık dönemi) yatan hasta tahmini yapılmıştır.

Dünyada ve Türkiye’de gri tahmin yöntemi kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu yöntemle az veriyle kısa zaman aralıkları kullanılarak yapılan tahminlemeler de farklı bilimsel bulgulara ulaşılmıştır. Ancak gizli kalite maliyetleri ve Taguchi yöntemine göre çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu açıdan çalışmamız gizli kalite maliyetlerinin tahminin de gri tahmin yönetiminin kullanılması bakımından literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

5. GİZLİ KALİTE MALİYETLERİNİN TAHMİNİNDE GRİ TAHMİN YÖNTEMİ GM (1,1) MODELİ VE TAGUCHI KALİTE KAYIP UYGULAMASI

5.1. Uygulama Bilgileri

Çalışmada 2019-2020 yılları arasında Denizli ilinde bulunan ve bagalit parça imalatı yapan bir işletmeden elde edilen veriler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Tablo’6 da gizli kalite maliyetleri olarak belirlenen unsurlar yer almaktadır.

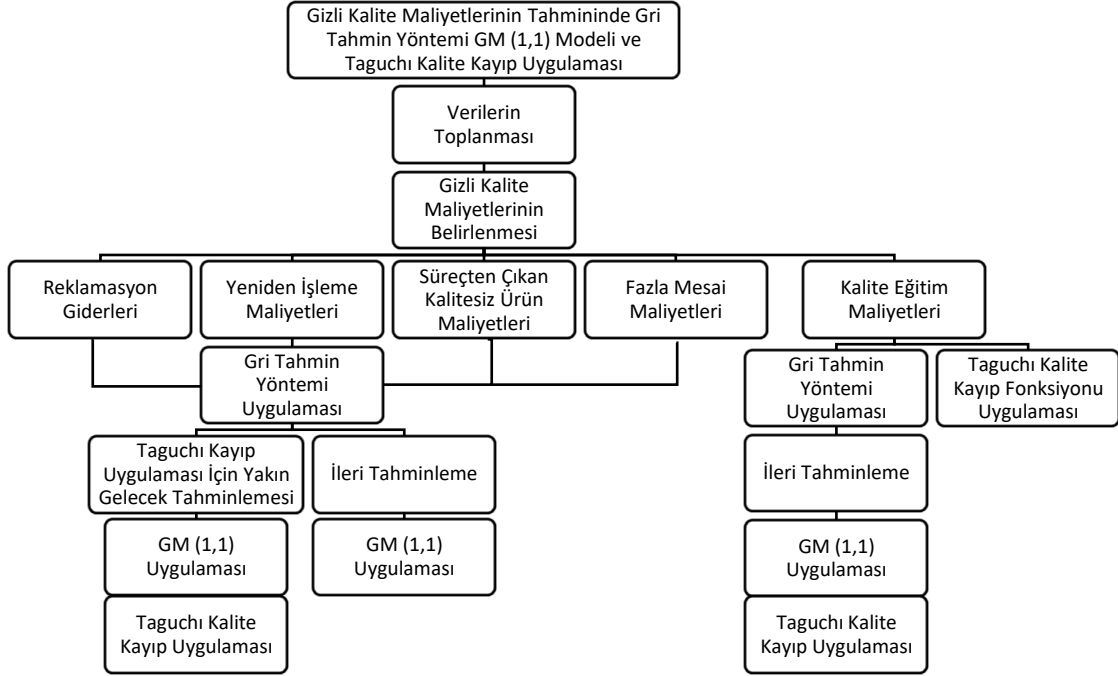
Tablo 6. Gizli Kalite Maliyetleri

Gizli İç Başarısızlık	Gizli Dış Başarısızlık	Kayıp Fırsat
Malzemelerin Reddedilmesine Bağlı Maliyetler	Garanti Talepleri	Hatalı Ürünlerin Neden Olduğu Müşteri Zararlarının Karşlanması (Reklamasyon)
Üretim Planlama Hataları	Acil Sevkiyat	Acil Sevkiyat
Mühendislik veya Tasarım Hataları		Banka İşlem Kayıpları
Faturalandırma ve Fiyatlandırma Hataları		Siparişlerin İptali
Yeniden İşleme Maliyeti		Gecikmiş Ödemelerden Kaynaklanan Kayıp
Hatalı Üretim ve Arızalı Malzemelerden Kaynaklanan Davalar		Geç Teslimat
		Kalite Eğitim Maliyetleri
		Pazar Kaybı
		Müşteri Kaybı

Kaynak: (Öksüz Demirgubuz ve Ömürbek, 2020).

Çalışma kapsamından işletmede bazı bilgi ve verilere ulaşılamamış ve bazı verilerde dengesizlik/tutarsızlık tespit edilmiştir. Bu nedenle elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın uygulama adımları Şekil 3’te gösterilmekte ve uygulama şu şekilde açıklanmaktadır:

Şekil 3. Çalışmanın Uygulama Adımları Şeması



Birinci aşama gri tahmin uygulaması; gri tahmin yöntemi GM (1,1) modeli kullanılarak gelecek dönemlerde oluşabilecek maliyetler tahminlenmiştir. Bu aşamada iki tür tahminleme yapılmıştır. Birincisi işletmenin geleceğe yönelik maliyetlerinin tahminlenmesi için ileri tahminleme; ikincisi işletmede kayıp oluşup oluşmadığını tespit edebilmek için yakın gelecek tahminlemesi yapılmıştır.

İkinci aşama Taguchi Kayıp uygulaması; Taguchi'nin Kalite Kaybı düşüncesi, gri tahmin uygulamasının ikinci kısmından elde edilen bilgiler ve işletmeden elde edilen gerçekleşen maliyetler ele alınarak işletmedeki kalite kaybı incelenmiştir. Ayrıca Taguchi Kayıp Fonksiyonu ile örnek olabilecek bir uygulama yapılmıştır.

5.2. İleri Tahminleme

Yapılan çalışmada kalite eğitim maliyetlerinin 2015, 2016, 2017, 2018 yıllarına ilişkin ham verileri kullanılarak 2019, 2020, 2021, 2022 yılları maliyet tahminleri elde edilmiştir. Reklamasyon giderlerine, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetlerine, işletme içi yeniden işleme maliyetlerine, fazla mesai maliyetlerine gri tahmin uygulaması dokuz aylık verileri ise; 2016 Nisan-2016 Aralık birinci, 2017 Ocak-2017 Eylül ikinci, 2017 Ekim-2018 Haziran üçüncü, 2018 Temmuz-2019 Mart dördüncü dönem olarak ham verileri kullanılmıştır. Bu verilere dayanarak 2019 Nisan-2019 Aralık, 2020 Ocak-2020 Eylül, 2020 Ekim-2021 Haziran, 2021 Temmuz-2022 Mart dönemlerine ait maliyet tahminleri elde edilmiştir.

İşletmelerde çeşitli şekillerde ortaya çıkan kalitesizliklerin eğitim ile gerçekleştirilmesinde ortaya çıkan maliyetlerden oluşmaktadır. Kalite eğitim maliyetlerinde veriler sadece yıllık olarak elde edilebildiği için yıllık veriler kullanılmıştır.

Reklamasyon giderleri, yeniden işleme maliyetleri, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri, fazla mesai maliyetleri ve kalite eğitim maliyetlerinde GM (1,1) modeli uygulamasında ortalama göreceli hata değerleri doğruluk testi skalası tablosuna göre $\bar{A} < \alpha$ uygun görüldüğü için dördüncü GM (1,1) kurularak çözüm adımları uygulanmış ve geleceğe yönelik tahminlemesi yapılmıştır. Maliyetlerin ileri tahminleme veri ve sonuçları Tablo 7'de ki görülmektedir.

Tablo 7. İleri Tahminleme Veri ve Sonuçları

Maliyetler	Ham Veri Aralığı	Ham Veri (TL)	Tahmini Değer Aralığı	Tahmini Değer (TL)	Ortalama Göreli Hata	Güvenirlilik Oranı
Reklamasyon Giderleri	2016 Nisan-2016 Aralık	7387₺	2019 Nisan-2019 Aralık	85260,49₺	% 7,034	% 92,966
	2017 Ocak-2017 Eylül	36119,84₺	2020 Ocak-2020 Eylül	110336,13₺		
	2017 Ekim-2018 Haziran	56411₺	2020 Ekim-2021 Haziran	142786,67₺		
	2018 Temmuz-2019 Mart	64317,14₺	2021 Temmuz-2022 Mart	184781,11₺		
Yeniden İşleme Maliyetleri	2016 Nisan-2016 Aralık	6125₺	2019 Nisan-2019 Aralık	12465,84₺	% 0,018	% 99,982
	2017 Ocak-2017 Eylül	10896,76₺	2020 Ocak-2020 Eylül	13038,49₺		
	2017 Ekim-2018 Haziran	11396₺	2020 Ekim-2021 Haziran	13637,45₺		
	2018 Temmuz-2019 Mart	11921₺	2021 Temmuz-2022 Mart	14263,93₺		
Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri	2016 Nisan-2016 Aralık	7331₺	2019 Nisan-2019 Aralık	144094,11₺	% 10,901	% 89,099
	2017 Ocak-2017 Eylül	10592₺	2020 Ocak-2020 Eylül	344071,38₺		
	2017 Ekim-2018 Haziran	29688₺	2020 Ekim-2021 Haziran	821581,88₺		
	2018 Temmuz-2019 Mart	73371₺	2021 Temmuz-2022 Mart	1961792,90₺		
Fazla Mesai Maliyetleri	2016 Nisan-2016 Aralık	271340₺	2019 Nisan-2019 Aralık	383990,33₺	% 2,236	% 97,764
	2017 Ocak-2017 Eylül	174394,5₺	2020 Ocak-2020 Eylül	495557,91₺		
	2017 Ekim-2018 Haziran	240243,5₺	2020 Ekim-2021 Haziran	639541,20₺		
	2018 Temmuz-2019 Mart	296837₺	2021 Temmuz-2022 Mart	825358,54₺		
Eğitim Maliyetleri	2015	6307₺	2019	32213,37₺	%5,163	%94,837
	2016	6615₺	2020	55612,32₺		
	2017	11220₺	2021	96007,67₺		
	2018	19950₺	2022	165745,16₺		

Reklamasyon giderleri, yeniden işleme maliyetleri, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri, fazla mesai maliyetleri ve kalite eğitim maliyetlerinde GM (1,1) modeli uygulamasında reklamasyon giderleri 3.seviyeden; işletme içi yeniden işleme maliyetleri 1.seviyeden; süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri 4.seviyeden; fazla mesai maliyetleri 2.seviyeden; kalite eğitim maliyetleri 3. seviyeden ortalama göreli hata tablosuna göre $\bar{\Delta} < \alpha$ olduğundan geçerliliği görülmektedir.

5.3. Taguchi Kalite Kayıp Uygulaması İçin Gri Tahminleme

Yapılan çalışmada elde edilen veriler ışığında Taguchi kalite kayıp uygulaması için gri tahmin yöntemi GM (1,1) modeli ile yakın gelecek (2019 yılı) tahmini yapılarak; elde edilen tahmin verileri ile işletmenin 2019 yılı gerçekleşen verileri karşılaştırılarak Taguchi kalite kaybı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu duruma göre reklamasyon giderlerinde ve fazla mesai maliyetlerinde altışar aylık veriler kullanılarak 2017 birinci altı ay, 2017 ikinci altı ay, 2018 birinci altı ay, 2018 ikinci altı ay olarak ham veriler ele alınmıştır. Bu veriler dayanılarak 2019 birinci altı ay, 2019 ikinci altı ay, 2020 birinci altı ay, 2020 ikinci altı ay olarak tahmini değerler elde edilmiştir.

Yeniden işleme maliyetlerinde üçer aylık veriler kullanılarak 2018 ikinci üç ay, 2018 üçüncü üç ay, 2018 dördüncü üç ay, 2019 birinci üç ay ham verileri ele alınarak 2019 ikinci üç ay, 2019 üçüncü üç ay, 2019 dördüncü üç ay, 2020 birinci üç ay tahmin değerleri elde edilmiştir.

Süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetlerinde üçer aylık veriler kullanılarak 2018 birinci üç ay, 2018 ikinci üç ay, 2018 üçüncü üç ay, 2018 dördüncü üç ay ham verileri ele alınarak 2019 birinci üç ay, 2019 ikinci üç ay, 2019 üçüncü üç ay, 2019 dördüncü üç ay tahmin değerleri elde edilmiştir.

Maliyetlerin yakın gelecek tahminleme veri ve sonuçları Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Yakın Gelecek Tahminlemesi Veri ve Sonuçları

Maliyetler	Ham Veri Aralığı	Ham Veri (TL)	Tahmini Değer Aralığı	Tahmini Değer (TL)	Ortalama Göreli Hata	Güvenirlilik Oranı
Reklamasyon Giderleri	2017 birinci altı ay	23763,8₺	2019 birinci altı ay	54902,59₺	% 2,797	% 97,203
	2017 ikinci altı ay	29800₺	2019 ikinci altı ay	66661,293₺		
	2018 birinci altı ay	38967₺	2020 birinci altı ay	80938,40₺		
	2018 ikinci altı ay	44754,14₺	2020 ikinci altı ay	98273,291₺		
Yeniden İşleme Maliyetleri	2018 ikinci üç ay	6142,5₺	2019 ikinci üç ay	1260,34₺	% 2,378	% 97,622
	2018 üçüncü üç ay	6175₺	2019 üçüncü üç ay	745,671₺		
	2018 dördüncü üç ay	3685,5₺	2019 dördüncü üç ay	441,169₺		
	2019 birinci üç ay	2060,5₺	2020 birinci üç ay	261,013₺		
Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri	2018 birinci üç ay	14778₺	2019 birinci üç ay	13641,48₺	% 10,201	% 89,799
	2018 ikinci üç ay	12107₺	2019 ikinci üç ay	13804,09₺		
	2018 üçüncü üç ay	15413₺	2019 üçüncü üç ay	13968,638₺		
	2018 dördüncü üç ay	12448₺	2019 dördüncü üç ay	14135,147₺		
Fazla Mesai Maliyetleri	2017 birinci altı ay	43401₺	2019 birinci altı ay	157144,94₺	% 4,515	% 95,485
	2017 ikinci altı ay	201302₺	2019 ikinci altı ay	146079,78₺		
	2018 birinci altı ay	169935₺	2020 birinci altı ay	135793,76₺		
	2018 ikinci altı ay	175567₺	2020 ikinci altı ay	126232,02₺		

Reklamasyon giderleri, yeniden işleme maliyetleri, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri ve fazla mesai maliyetlerinde GM (1,1) modeli uygulamasında reklamasyon giderleri 2.seviyeden; işletme içi yeniden işleme maliyetleri 2.seviyeden; süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri 4.seviyeden; fazla mesai maliyetleri 2.seviyeden ortalama göreli hata tablosuna göre $\bar{\Delta} < \alpha$ olduğundan geçerliliği görülmektedir.

5.4. Taguchi Kalite Kayıp Uygulaması

İşletme içi üretimden kaynaklanan gizli kalite maliyetlerinin Taguchi kalite kayıp uygulaması ile hesaplanabilmesi için işletmelerin parça başına kalite sapmalarının hesaplanıp işletmedeki üretimin kontrol edilerek bir parçanın iade ve değişim maliyetleri ile k değeri bulunarak kaybın hesaplanması gerekmektedir.

Çalışmada ele alınan maliyetlerde bir ürün veya parça ile ilişkili hesaplama yapılmamıştır. Ancak; bir ürünün sevk edildiği noktaya kadar uğradığı ek üretim maliyetleri olarak tanımlanan kayıp, sadece işletme içi üretimden kaynaklanan değil işletmede planlanandan daha fazla yapılan işlemlerin de kayıp olduğunu ve bunların maliyetinin işletmeyi olumsuz etkileyerek zamanla müşteriye olumsuz maliyet artışı olarak yansıtacağı belirtilmektedir (Taguchi vd., 2004, s. 171). Bu nedenle çalışmada planlanandan fazla yapılan işlemler ve maliyetler kayıp olarak nitelendirilerek işletmeden elde edilen bilgiler doğrultusunda kayıplar tespit edilmeye çalışılmıştır.

5.4.1. Gri Tahmin ile Taguchi Kayıp Tespiti

Taguchi, ürün kalitesi hedef değerden farklılık gösterdiğinde bir kayıp yaşanması ve hedef değerden uzaklık ne kadar yüksek olursa kalite kaybının da o kadar büyük olduğunu söylemiştir (Cheah vd., 2011, s. 408). Buna dayanarak işletmenin gri tahmin ile yapılan tahminleme verileri beklenen maliyetler yani hedef maliyet olarak ele alınmıştır. İşletmede oluşan maliyetler ise gerçekleşen maliyetler olarak ele alınmıştır. Bu iki maliyet kıyaslanarak beklenen değer aşılıp aşılmadığına bakılarak tahminin üzerindeki maliyetler kayıp olarak değerlendirilmiştir.

GM (1,1) modeli kullanılarak elde edilen yakın gelecek tahmin maliyetleri hedef maliyetleri oluşturmaktadır. Taguchi kalite kayıp anlayışına göre kaybı tespit etmek için süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri, yeniden işleme maliyetleri, reklamasyon giderleri ve fazla mesai maliyetlerinde 2019 yılı gerçekleşen maliyetleri kullanılmıştır. Ayrıca kalite eğitim maliyetleri için yıllık veri olarak gerçekleştirilen tahminleme ile 2019-2020-2021-2022 yılları gerçekleşen maliyetler elde edilerek kayıp olup olmadığı değerlendirilmiştir.

5.4.1.1. Reklamasyon Giderleri

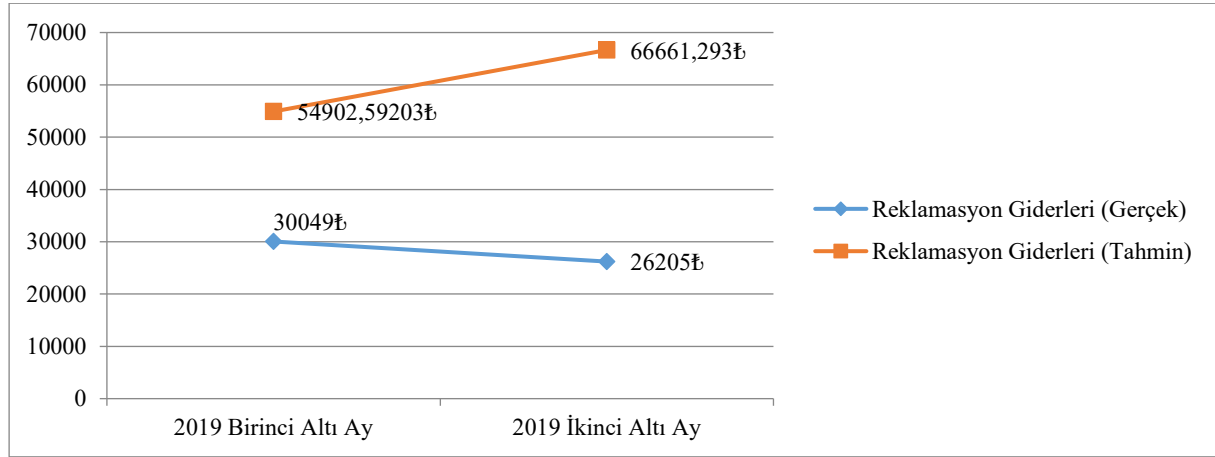
Reklamasyon giderlerinde altı aylık veri aralığı kullanılarak tahminleme yapılmıştır. 2019 yılı tahmini ve gerçekleşen maliyetlere ait çalışma yapılmış ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Reklamasyon Giderleri Kayıp Tahmini Karşılaştırma Tablosu

Reklamasyon Giderleri	Yıl Aralığı	Tahmin Değeri (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)
2019	Birinci Altı Ay	54902,59₺	30049₺
2019	İkinci Altı Ay	66661,293₺	26205₺

Yapılan tahminleme sonuçları % 2,79 hata tahmin payında geçerliliği görülmektedir. 2019 yılı 1. altı ay tahmin değeri 54902,59₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen reklamasyon gideri ise 30049₺ olmuştur. 2019 yılı 2. altı ay tahmin değeri 66661,293₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen reklamasyon gideri ise 26205₺ olmuştur. Bu giderde yapılan tahminlemenin aşılmadığı yani işletmede bir kayıp meydana gelmediği görülmektedir. Buda işletmede her iki dönemde de iyileşme olduğunu göstermektedir.

Şekil 4. Reklamasyon Giderleri Gerçek ve Tahmin Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4'te gerçekleşen değerler tahmini değerlerin altında kaldığı bu da işletmede reklamasyon giderleri açısından olumlu sonuçların gerçekleştiğini göstermektedir.

5.4.1.2. Yeniden İşleme Maliyetleri

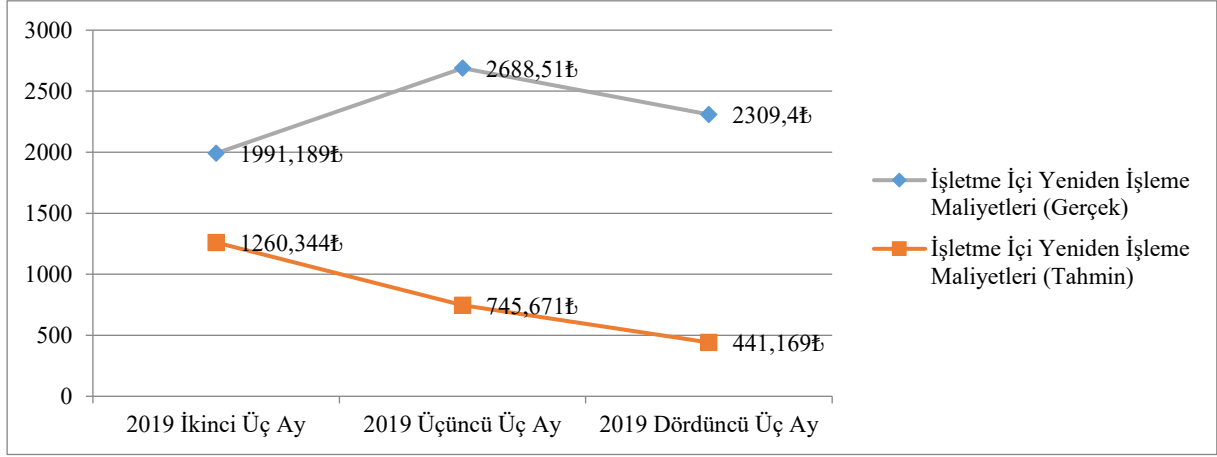
İşletme içi yeniden işleme maliyetlerinde üç aylık veri aralığı kullanılarak tahminleme yapılmıştır. 2019 yılı tahmini ve gerçekleşen maliyetlere ait çalışma yapılmış ve Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. İşletme İçi Yeniden İşleme Maliyetleri Kayıp Tahmini Karşılaştırma Tablosu

İşletme İçi Yeniden İşleme Maliyetleri	Yıl Aralığı	Tahmin Değeri (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)
2019	İkinci Üç Ay	1260,344₺	1991,189₺
2019	Üçüncü Üç Ay	745,671₺	2688,51₺
2019	Dördüncü Üç Ay	411,169₺	2309,4₺

Yapılan tahminleme sonuçları % 2,37 hata tahmin payında geçerliliği görülmektedir. 2019 yılı 2. dönem tahmini 1260,344₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 1991,189₺ olmuştur. 2019 yılı 3. dönem tahmini 745,671₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 2688,51₺ olmuştur. 2019 yılı 4. dönem tahmini 411,169₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 2309,4₺ olmuştur. Aradaki farklar işletmenin kalite kaybı olarak nitelendirilmektedir. Çünkü tahminlemeye göre hedeften farklılık elde edilmiştir. Planlanan hedeften sapma yani kayıp 2019 yılı 2. dönem 730,845₺ olarak, 2019 yılı 3. dönem 1942,839₺ olarak, 2019 yılı 4. dönem 1898,231₺ olarak bulunmuştur. Üçüncü dönemde kaybın ikinci döneme göre arttığı ancak dördüncü dönemde kaybın yine azaldığı görülmektedir.

Şekil 5. İşletme İçi Yeniden İşleme Maliyetleri Gerçek ve Tahmin Değerleri Karşılaştırması



Şekil 5'te işletme içi yeniden işleme maliyetleri gerçekleşen değerleri tahmini değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. İşletmenin normalde olması gerekenden daha fazla yeniden işleme faaliyetlerine bağlı maliyetlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Üretimde yaşanan kalitesizliği gidermek için fazlaca maliyet yapıldığı görülmektedir.

5.4.1.3. Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri

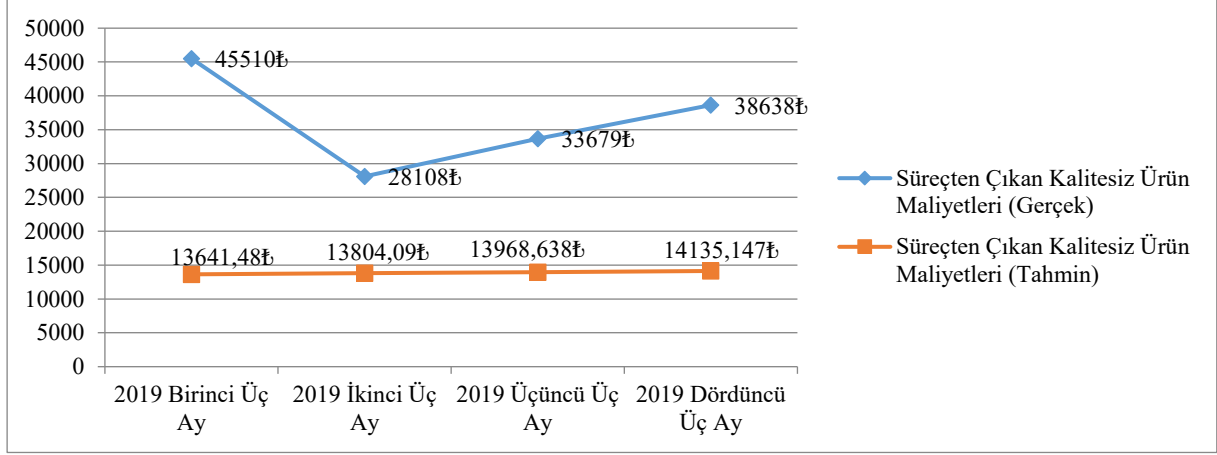
Süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetlerinde üç aylık veri aralığı kullanılarak tahminleme yapılmıştır. 2019 yılı tahmini ve gerçekleşen maliyetlere ait çalışma yapılmış ve Tablo 11'te gösterilmiştir.

Tablo 11. Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri Kayıp Tahmini Karşılaştırma Tablosu

Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri	Yıl Aralığı	Tahmin Değeri (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)
2019	Birinci Üç Ay	13641,48	45510
2019	İkinci Üç Ay	13804,09	28108
2019	Üçüncü Üç Ay	13968,638	33679
2019	Dördüncü Üç Ay	14135,147	38638

Yapılan tahminleme sonuçları % 10,2 hata tahmin payında geçerliliği görülmektedir. 2019 yılı 1. dönem tahmini 13641,48 TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 45510 TL olmuştur. 2019 yılı 2. dönem tahmini 13804,09 TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 28108 TL olmuştur. 2019 yılı 3. dönem tahmini 13968,638 TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 33679 TL olmuştur. 2019 yılı 4. dönem tahmini payında 14135,147 TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 38638 TL olmuştur. Aradaki farklar işletmenin kalite kaybı olarak nitelendirilmektedir. Çünkü tahminlemeye göre olması gereken hedeften bir farklılık elde edilmiştir. Planlanan hedeften sapma yani kayıp 2019 yılı 1. dönem 31868,52 TL olarak, 2019 yılı 2. dönem 14303,91 TL olarak, 2019 yılı 3. Dönem 19710,362 TL olarak, 2019 yılı 4. Dönem 24502,853 TL olarak bulunmuştur. İkinci dönemde kayıp azalırken üçüncü ve dördüncü dönemde artarak devam etmiştir. En fazla kayıp ise birinci dönemde gerçekleşmiştir.

Şekil 6. Süreçten Çıkan Kalitesiz Ürün Maliyetleri Gerçek ve Tahmin Değerleri Karşılaştırması



Şekil 6’da süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyet tahmininde sabit bir artış görülürken gerçekleşen sonuçlarda 2019 ikinci üç ayda önceki döneme göre azalış gerçekleşse de sonraki dönemlerde artmaya devam ettiği görülmektedir. Gerçek maliyetlerin fazlaca artmış olması kalite konusunda üretimde sıkıntı yaşandığı söylenebilmektedir.

5.4.1.4. Fazla Mesai Maliyetleri

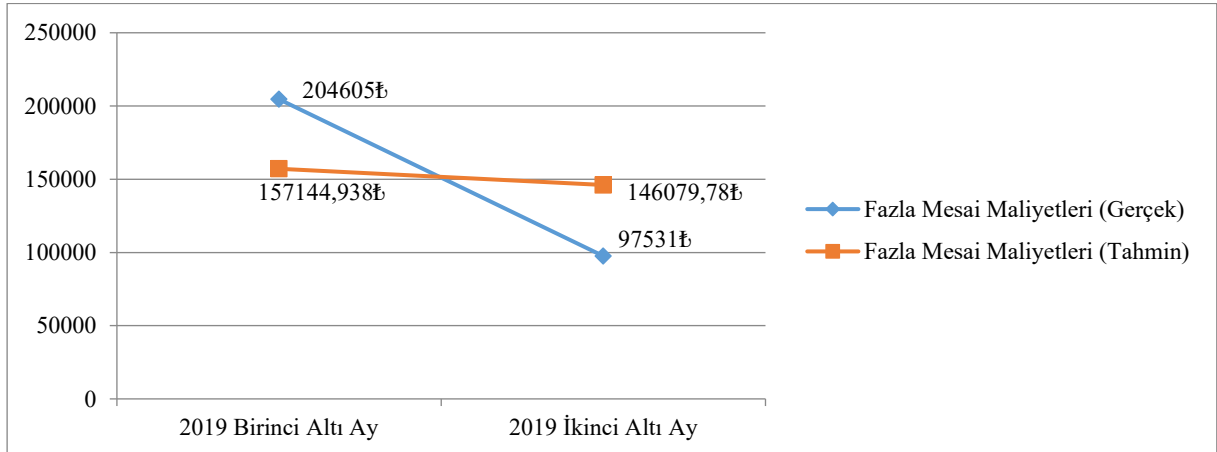
Fazla mesai maliyetlerinde altı aylık veri aralığı kullanılarak tahminleme yapılmıştır. 2019 yılı tahmini ve gerçekleşen maliyetlere ait çalışma yapılmış ve Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Fazla Mesai Maliyetleri Kayıp Tahmini Karşılaştırma Tablosu

Fazla Mesai Maliyetleri	Yıl Aralığı	Tahmin Değeri (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)
2019	Birinci Altı Ay	157144,938	204605
2019	İkinci Altı Ay	146079,78	97531

Yapılan tahminleme sonuçları % 4,51 hata tahmin payında geçerliliği görülmektedir. 2019 yılı 1. altı ay tahmini 157144,94TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 204605TL olmuştur. Aradaki fark işletmenin kalite kaybı olarak nitelendirilmektedir. Çünkü tahminlemeye göre hedeften farklılık elde edilmiştir. Planlanan hedeften sapma yani kayıp 47460,06TL olarak bulunmuştur. 2019 yılı 2. altı ay tahmini 146079,78TL bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 97531TL olmuştur. İkinci altı aylık dönemde bir kayıp meydana gelmediği görülmektedir. İkinci dönemde birinci döneme göre iyileşmenin gerçekleştiği işletmenin daha verimli çalışmak için çabaladığını göstermektedir.

Şekil 7. Fazla Mesai Maliyetleri Gerçek ve Tahmin Değerleri Karşılaştırması



Şekil 7’de fazla mesai maliyeleri 2019 yılında birinci altı ayda tahmin değeri gerçekleşen maliyetlerin altında çıkması; ikinci altı ayda gerçekleşen değer tahmin değerinin altında gerçekleşmesi net olarak gözükmele birlikte işletme için iyi bir sonuçtur.

5.4.1.5. Kalite Eğitim Maliyetleri

Kalite eğitim maliyetlerinde yıllık veri aralığı kullanılarak tahminleme yapılarak 2019-2020-2021-2022 yılları tahmini ve gerçekleşen maliyetlere ait çalışma yapılmış ve Tablo 13’te gösterilmiştir.

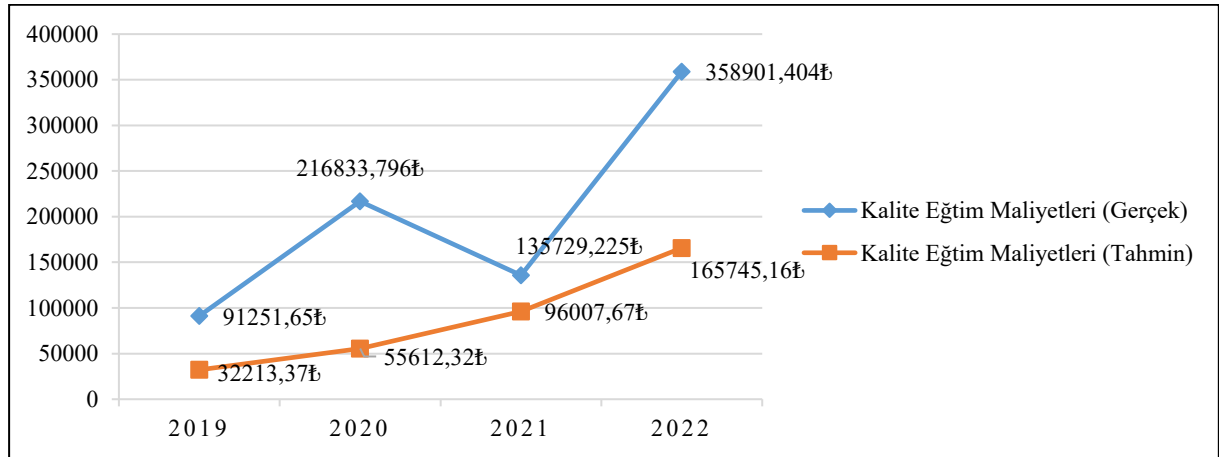
Tablo 13. Kalite Eğitim Maliyeti Kayıp Tahmini Karşılaştırma Tablosu

Kalite Eğitim Maliyetleri	Yıl Aralığı	Tahmin Değeri (TL)	Gerçekleşen Değer (TL)
2019	1 yıl	32213,37₺	91251,65₺
2020	1 yıl	55612,32₺	216833,796₺
2021	1 yıl	96007,67₺	135729,225₺
2022	1 yıl	165745,16₺	358901,404₺

Yapılan tahminleme sonuçları % 5,16 hata tahmin payında geçerliliği görülmektedir. 2019 yılı tahmini sonuç 32213,37₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 91251,65₺ olmuştur. 2020 yılı tahmini sonuç 55612,32₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 216833,796₺ olmuştur. 2021 yılı tahmini sonuç 96007,67₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 135729,225₺ olmuştur. 2022 yılı tahmini sonuç 165745,16₺ bulunmuştur. İşletmenin bu döneme ait gerçekleşen tutarı ise 358901,404₺ olmuştur.

Her yıl ortaya çıkan aradaki fark işletmenin kalite kaybı olarak nitelendirilmektedir. Çünkü tahminlemeye göre hedeften farklılık meydana gelmiştir. Planlanan hedeften sapma yani kayıp 2019 yılı 59038,284₺; 2020 yılı 161221,476₺; 2021 yılı 39721,555₺; 2022 yılı 193156,244₺ olarak bulunmuştur. 2021 yılı tahminleme değeriyle gerçekleşen tutar arasındaki kayıbın diğer yıllara göre az olması ve gerçekleşen tutarın 2021 yılında 2020 yılına göre azalış göstermesi; 2021 yılında işletmede iyileşme olduğu söylenebilmektedir.

Şekil 8. Kalite Eğitim Maliyetleri Gerçek ve Tahmin Değerleri Karşılaştırması



Şekil 8’de kalite eğitim maliyetlerinin gerçekleşen sonuçlarında büyük bir dalgalanma olduğu görülmektedir. Tahminleme sonuçlarında artışın olacağı görülmektedir. Ancak işletmenin gerçekleşen maliyetlerindeki artış çok daha fazla meydana gelmiştir. Bu işletmenin yabancı para birimi ile yapmış olduğu masrafların son yıllardaki kur dalgalanmalarının etkisinden kaynaklanmış olabileceği kanısına varılmıştır.

5.4.2. Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu Formülü ile Kayıp Uygulaması

Taguchi kalite kayıp fonksiyonunda nominal en iyi ile en küçük en iyi durumlarında k sabiti aynı şekilde hesaplanmaktadır. Maliyet sabiti belirli bir y değeriyle ilişkili bir miktar kayba dayanılarak hesaplanabilmektedir. k sabiti y nin herhangi bir değeri ile ilişkili bir miktar kayıptır (Ross, 1996, s. 19).

İşletmeden elde edilen bilgilerden kalite eğitim maliyetlerini Taguchi nominal en iyi formülü ile şu şekilde bir uygulama yapılarak kaybın ölçülebileceği varsayımına varılmıştır. Veriler ve kaybın hesaplanması Tablo 14'te ve Tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 14. Kalite Eğitim Maliyetleri Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu Uygulama Tablosu

Yıllar	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kalite Eğitim Maliyet	6186₺	6307₺	6615₺	11220₺	19950₺	91251,65₺
Eğitim Sayısı(y)	7	8	11	13	20	50
Yıllık Ortalama Eğitim Maliyeti	883,71	788,38	601,36	863,08	997,5	1825,033
Planlanan Eğitim Sayısı (m)- Tolerans Eğitim Sayısı	25-26	25-26	25-26	25-26	25-26	25-26
K Değeri İşlemi	883,71/676	788,38/676	601,36/676	863,08/676	997,5/676	1825,03/676
K Değeri	1,31	1,17	0,89	1,28	1,48	2,70
$(y - m)^2$	324	289	196	144	25	625
Kayıp İşlemi $k(y - m)^2$	1,31*324	1,17*289	0,89*196	1,28*144	1,48*25	2,70*625
Kayıp (TL)	424,4₺	338,13₺	174,44₺	184,32₺	37₺	1687,5₺

İşletmeye ait yıllık kalite eğitim maliyetleri ve sayıları ele alınarak kayıp hesaplanmıştır. Her yıl için ayrı hesaplama yapılmıştır. Kalite eğitim maliyetleri her yıl yapılan eğitim sayısına bölünerek yıllık ortalama kalite eğitim maliyeti hesaplanmıştır. İşletmenin yıllık planlanan eğitim sayısı (m); tolerans eğitim sayısı alınmıştır. Bu eğitim sayıları işletme için gerektiği durumlarda ve iki haftada bir eğitim yapılabileceği durumuna göre yıllık ortalama alınmıştır. Bu da 25 planlanan eğitim sayısını oluşturmaktadır. Tolerans sayısı için bir plan olmadığı için bir fazla olarak ele alınmıştır. Tolerans eğitim sayısı ve yıllık ortalama kalite eğitim maliyetleri ile k değerinin hesaplanması için kullanılmıştır. $(y - m)^2$ işlemi için y gerçekleşen eğitim sayısı, m hedef değer alınarak işlem yapılmıştır. 2014 yılı için $(7 - 25)^2$ yapılarak 324 bulunmuştur. Kaybı bulmak için $k(y - m)^2$ işlemi yapılmıştır. 2014 yılı için kayıp 424,4₺ olarak bulunmuştur.

Çalışmada 2014-2015-2016-2017-2018-2019 yılları kalite eğitim sayısı 25 olarak hedeflendiğinden işlemler sonucuna göre hedeften uzaklaştıkça kayıpların arttığı görülmektedir. Bu da Taguchi'nin hedeften uzaklaştıkça kayıp artacağı görüşünü desteklemektedir.

Tablo 15. Kalite Eğitim Maliyetleri Taguchi Kalite Kayıp Fonksiyonu Uygulama Tablosu (2020-2021-2022)

Yıllar	2020	2021	2022
Kalite Eğitim Maliyet	216833,796₺	135729,225₺	358901,404₺
Eğitim Sayısı(y)	78	64	70
Yıllık Ortalama Eğitim Maliyeti	2779,920	2120,769	5127,163
Planlanan Eğitim Sayısı (m)- Tolerans Eğitim Sayısı	81-82	59-60	72-73
K Değeri İşlemi	2779,920/6724	2120,769/3600	5127,163/5329
K Değeri	0,41	0,59	0,96
$(y - m)^2$	9	25	4
Kayıp İşlemi $k(y - m)^2$	0,41*9	0,59*25	0,96*4
Kayıp (TL)	3,69₺	14,75₺	3,84₺

Tablo 15'te Taguchi kalite kayıp fonksiyonu uygulaması için 2020-2021-2022 yılları kalite eğitim maliyetleri, planlanan ve gerçekleşen eğitim sayıları elde edilmiştir. İşletmenin yıllara göre belli bir planlanan eğitim sayısı bulunmaktadır. Verilere göre uygulama yapılarak kayıp tespiti yapılmıştır. Planlanan eğitim sayıları ile gerçekleşen eğitim sayılarının birbirine yakın olması kaybın az çıkmasını sağlamıştır. Bu durumun önceki yıllara göre nasıl fark yarattığını göstermektedir. Ayrıca Taguchi'nin hedeften uzaklaştıkça kayıp artacağı görüşünü yani hedefe yaklaşınca kaybın azalacağı görüşünü desteklemektedir.

6. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Çalışmada 2019-2020 yılları arasında Denizli ilinde bulunan ve bagalit parça imalatı yapan bir işletmeden elde edilen; reklamasyon giderleri, süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetleri, işletme içi yeniden işleme maliyetleri, fazla mesai maliyetleri ve kalite eğitim maliyetleri ile ilgili elde edilen verilere gri tahmin GM (1,1) modeli kullanılarak tahminleme yapılmıştır. Ayrıca Taguchi'nin kalite kayıp felsefesi değerlendirilerek işletmedeki gizli kalite maliyetlerinin oluşturabileceği kaybın olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Gri tahmin GM (1,1) modeli iki amaçla kullanılmıştır. Birincisi işletmeden elde edilen verilere gelecek (ileri) tahmini yapmak; ikincisi Taguchi kalite kayıp uygulaması için kullanılmıştır.

Taguchi hedef değerden sapma meydana gelmesi durumunda kayıp oluşacağını belirtmiştir. Taguchi kalite kayıp uygulaması için yapılan gri tahminlemeden elde edilen tahmini değerler işletmenin beklenen maliyetleri olarak alınmış ve işletmede gerçekleşen maliyetlerle karşılaştırılarak kayıp olup olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda reklamasyon giderlerinde 2019 yılı birinci ve ikinci altı aylık yapılan gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin altında olduğu için kayıp yaşanmadığı ve işletme için bir iyileşme olduğu söylenebilmektedir. İşletme içi yeniden işleme maliyetlerinde gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin üzerinde olmuştur ve 2019 yılı ikinci üç ay 730,845₺, üçüncü üç ay 1942,839₺, dördüncü üç ay 1898,231₺ kayıp bulunmuştur. Süreçten çıkan kalitesiz ürün maliyetlerinde gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin üzerinde olmuştur ve 2019 yılı birinci üç ay 31868,52₺, ikinci üç ay 14303,91₺, üçüncü üç ay 19710,362₺, dördüncü üç ay 24502,853₺ kayıp bulunmuştur. Fazla mesai maliyetlerinde 2019 yılı birinci altı ayda gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin üzerinde olmuştur ve 47460,06₺ kayıp; 2019 ikinci altı ayda gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin altında olduğu için kayıp yaşanmadığı ve ikinci altı ayda iyileşme olduğu söylenebilmektedir. Kalite eğitim maliyetlerinde 2019, 2020, 2021, 2022 yıllarında gerçekleşen maliyetler beklenen maliyetlerin üzerinde olmuştur ve kayıp 2019 yılı 59038,284₺; 2020 yılı 161221,476₺; 2021 yılı 39721,555₺; 2022 yılı 193156,244₺ olarak bulunmuştur.

Taguchi kalite kayıp fonksiyonu formülü uygulamasında Taguchi'nin kaybı tespit etmek için kalite karakteristik tiplerine göre olan nominal en iyi formül kullanılarak kalite eğitim maliyetlerindeki kayıp tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta 2014 yılında 424,4₺; 2015 yılında 338,13₺; 2016 yılında 174,44₺; 2017 yılında 184,32₺; 2018 yılında 37₺; 2019 yılında 1687,5₺; 2020 yılında 3,69₺; 2021 yılında 14,25₺; 2022 yılında 3,84₺ kayıp bulunmuştur.

Çalışma gizli kalite maliyetlerinin işletmelerde belirlenebilmesi ve kalite maliyeti olarak incelenmesi açısından farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Bilinmeyen bu maliyetlerin farkına varılması zor da olsa tespit edilmeye çalışılması ve maliyet unsuru olarak kaydedilmesi işletmelere avantajlar sunacaktır. Çünkü gizli fabrika konusunda açıklandığı gibi altın madeni olarak belirtilen bu maliyetler verimsiz ve gizli bir alan olup ve bu gizli alan kalite iyileştirilirse işletmeler tarafından daha iyi bir şekilde kullanılabilir.

Ayrıca Taguchi kalite kaybı, kalite kayıp fonksiyonu ve kaybın hesaplanması açısından genel çalışmalardan farklı bakış açısı sunmaktadır. Daha çok üretim alanında değerlendirilen Taguchi yaklaşımının planlanandan sapma ve hedef değerden sapma olması durumunda kayıp meydana gelmesi felsefesi işletme içinde bütün alanlarda kullanılabilmesi kayıp (maliyet) uygulaması ile gösterilmektedir. Çünkü, işletmelerin her zaman hedefleri bulunmakta ve onlara ulaşmaya çalışmaktadırlar. Bazen yaklaşırlar, bazen gerçekleşir, bazen uzaklaşabilir. Bu açıdan bakıldığında işletmenin başarısızlığı, hedeflerine ulaşmasını engellemektedir. Bu ise kayıptır.

İşletmeler maliyetlerini belirlerken belirlenen maliyetlerin büyüklüğünün neleri kapsadığının farkına varılması gerekmektedir. Ancak bu şekilde hangi maliyetlerin gizli hangilerinin normal işletme maliyeti olduğu ayırt edilebilecektir. Uygulamada yer verilen maliyetlerden reklamasyon giderlerinin; işletme içindeki hangi hatalardan kaynaklandığı, neden müşteriye kadar tespit edilemediğinin tam tespiti yönünde araştırmalar yapılmalıdır. Reklamasyon giderleri işletmenin elde edeceği geliri ve karlılığı azaltan bir giderdir. Karşı karşıya kalınan bu giderin gerçekleşmemesi durumunda kazanılacak tutar işletme için büyük bir gelir kaynağı ve değerlendirilebilecek fırsattır.

Kalitesiz ürün maliyetlerinin işletmede neden kaynaklandığı ve ne kadarının yeniden işlemeye tabi tutulduğu gibi maliyetlere ulaşılabilir. Ancak kalitesiz üretim gerçekleşmemesi yeniden işleme faaliyetlerinin olmaması durumunda işletmenin elde edeceği gelir ve karlılık tam bilinmemektedir. Yine kalitesiz ürünlerin düşük fiyatlardan satılması işletmenin vazgeçtiği bir kazançtır.

Fazla mesai maliyetlerinin işletmelerde ek iş almış olmaktan mı üretimde kaynaklanan hatalar veya kalitesizlik sonucu iş tekrarından mı kaynaklandığı ayrılarak hesaplanmalıdır. İşletmenin kapasite yetersizliği nedeniyle var olan işi veya aldığı ek işi yetiştirilmesi işletmeye katkı sağlamak için yapılırken; işletmedeki hataların sonucu ek çalışmaların yapılması değerlendirilebilecek kaynakların boşa harcanması, israfı ve işletmenin vazgeçtiği karlılığıdır.

Kalite ve kalite eğitim maliyetleri işletmelerde kaliteyi iyileştirmek ve karlılığı artırmak için yapılması gereken faaliyetlerin maliyeti iken; günümüzde kalitesizlikleri ifade eder hale gelmiştir. İşletmeler kalite faaliyetlerini tam olarak gerçekleştiremediklerinde kalite kayıpları ve gizli kalite maliyetleri ile karşılaşmaktadırlar. Kalitenin iyileştirilmesi için yapılan kalite eğitimlerinin bile doğru yapılmadığında ve bunun süreklilik göstermesi durumunda gerçekleşecek maliyeti de işletmelerde değerlendirilebilir fırsat maliyetlerini oluşturacaktır.

Çalışmada yer verilmiş olan gizli kalite maliyetleri ve uygulamada ele alınan maliyetler sadece işin hatalı veya yanlış yapılmasından değil iş tekrarlarına bağlı olarak oluşan zaman, dokümantasyon, iş tekrarı, emek gibi unsurların maliyetlerin hesaplanmamasından ve bunların değerlendirilemeyen maliyet veya kayıp olmasından kaynaklanmaktadır. Bu maliyetler normal faaliyetlere bağlı yapılan veya diğer faaliyetlerden kaynaklanan olarak ayrılmalıdır. Kargo giderleri, iade maliyetleri, sigorta giderleri, outlet ürünler gizli kalite maliyetlerinin tespiti, hesaplanması ve bu maliyetlerin azaltılması için incelenebilecek yerlerdir. Gizli kalite maliyetlerinin farkındalığı, hesaplanması ve önlenmeye çalışılması işletme gelirinin ve işletme karlılığının artırılmasını sağlayacaktır.

Bu alanda yeni çalışmalarda işletmelerde gizli kalite maliyetlerin tespitine yönelik daha detaylı incelemeler ile tespit edilen maliyetlerin kayıt altına alınarak işletme açısından avantaja dönüştürülebilmesi için çalışılmalıdır. Ayrıca Taguchi kalite kaybı ve kalite kayıp fonksiyonu formülü işletmede sadece belli yerlerde değil her faaliyette kullanabilmek için yeni yöntemler ve öneriler sunulmaya çalışılmalıdır. Ayrıca işletmede oluşan gizli kalite maliyetlerinden kaynaklanan bu kayıpların her sektörde araştırılarak gizli kalite maliyet çalışmaları yapılmalıdır.

YAZARLARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Çalışmaya birinci yazar %70 oranında, ikinci yazar %30 oranında katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

Acun, Ö. ve Apalı, A. (2020). Gri temelli maliyet tahmininin mobilya üretim sektöründe uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 11(Ek), 235-244.

Aksoy, E. ve Akçakanat, Ö. (2019). Bankalarda bireysel kredi riskinin GM(1,1) modeli ile tahmin edilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21, 70-98.

Albright, T. L. ve Roth, H. P. (1992). The Measurement of quality costs: An alternative paradigm. *Accounting Horizons*, 6(2), 15-27.

Andrijasevic, M. (2008). Total quality accounting. *Economic Annals*, 53(176), 110-122.

Basık, F. O. (2012). *Rekabet stratejisinde maliyet yönetimi*. Türkmen Kitabevi.

Başakın, E. E., Özger, M. ve Ünal, N. E. (2019). Gri tahmin yöntemi ile İstanbul su tüketiminin modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 22(3), 755-761.

Bayrakçı, E. ve Aksoy, E. (2019). Gri tahmin yöntemi: Bireysel emeklilik sistemi üzerine bir uygulama. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 20-33.

Bilgil, H., Öztürk, Z. ve Özgül, E. (2019). Gri tahmin modeli ve uygulaması. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 3(2), 75-81.

- Blocher, E. J., Stout, D. E., Juras, P. E. ve Smith, S. (2019). *Cost management a strategic emphasis* (8. Baskı). McGraw-Hill Education.
- Cheah, S.-J., Shahbudin, A. S. ve Taib, F. M. (2011). Tracking hidden quality costs in a manufacturing company: An action research. *International Journal of Quality ve Reliability Management*, 28(4), 405-425.
- Chen, Y. S. ve Tang, K. (1992). A pictorial approach to poor-quality cost management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 39(2), 149-157.
- Chiou, H.-K., Tzeng, G.-H. ve Cheng, C.-K. (2004). Grey prediction GM(1,1) model for forecasting demand of planned spare parts in navy of Taiwan. *MCDM 2004, Whistler, B. C. Canada August 6(11)*, 1-8.
- Dahlgaard, J. J. ve Dahlgaard, S. M. (2002). From defect reduction to reduction of waste and customer/stakeholder satisfaction (understanding the new TQM metrology). *Total Quality Management*, 13(8), 1069-1086 .
- Defeo, J. A. (2001). The Tip of the iceberg . *Quality Progress*, 34(5), 29-37.
- Freiesleben, J. (2002). *On the profitability of technology-rooted delivery quality*. Gutenberg Verlag, University of State Gallen.
- Giakatsis, G., Enkawa, T. ve Washitani, K. (2001). Hidden quality costs and the distinction between quality cost and quality loss. *Total Quality Management*, 12(2), 179-190.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2003). Taguchi metodu: Bir uygulama. *Teknoloji Dergisi*, 6(3-4), 9-17.
- Harrington, H. J. (1999). Performance improvement: A total poor-quality cost system. *The TQM Magazine*, 11(4), 221-230.
- Hsu, C.-I. ve Wen, Y.-H. (1998). Improved grey prediction models for the trans-pacific air passenger market. *Transportation Planning and Technology*, 22, 87-107.
- Hu, Y.-C. (2017, Temmuz). Predicting foreign tourists for the tourism industry using soft computing-based Grey–Markov models. *Sustainability*, 9(1228), 1-12.
- Huang, C.-Y., Kuo, C.-C., Kao, Y.-S., Lu, H.-H. ve Chiang, P.-Y. (2014). Forecasting the internet of things market by using the Grey Prediction model based forecast method. *International Conference on Economic Management and Trade Cooperation*, 337-345.
- Huang, K. Y. ve Jane, C.-J. (2009). A hybrid model for stock market forecasting and portfolio selection based on ARX, Grey system and RS theories. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5387-5392.
- Julong, D. (1989). Introduction to Grey system theory. *The Journal of Grey System* 1(1), 1-24.
- Kaygusuz, S. (2012). Gizli fabrika ve gizli kalite maliyetleri. *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 8(1), 17-35.
- Kim, M. W. ve Liao, W. M. (1994). Estimating hidden quality costs with quality loss functions. *American Accounting Association/Accounting Horizons*, 8(1), 8-18.
- Krishnamoorthi, K. (2006). *A first course in quality engineering integrating statistical and management methods of quality*. Pearson Prentice Hall.
- Krishnan, S. K. (2006). Increasing the visibility of hidden failure costs. *Measuring Business Excellence*, 10(4), 77-101.

- Lin, C.-T. ve Hsu, P.-F. (2002). Forecast of non-alcoholic beverage sales in Taiwan using the Grey theory. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 14(4), 1-12.
- Liu, S. ve Lin, Y. (2006). *Grey information theory and practical applications*. Springer-Verlag London Limited.
- Liu, S. ve Lin, Y. (2010). *Grey systems theory and application*. Springer-Verlag London Limited.
- Liu, S. Forrest, J. ve Yang, Y. (2013). Advances in Grey systems research. *The Journal of Grey System*, 25(2), 1-18.
- Liu, S., Yang, y. ve Forrest, J. (2016). *Grey data analysis methods, models and applications*. Springer-Verlag London Limited.
- Liu, Y., Xue, D., Pan, F. ve Hu, X. (2019). Hybrid Gray model based onfractiona order Gray model and Verhulst Model. *The 31th Chinese Control and Decision Conference*, 2048-2053.
- Mahmood, S. ve Kureshi, N. (2015,). A literature review of the quantification of hidden cost of poor quality in the historical perspective. *Journal of Quality and Technology Management*, XI(I), 1-24.
- Mostafaei, H. ve Kordnoori, S. (2012). Hybrid Grey forecasting model for Iran's energy consumption and supply. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(3), 97-102.
- Mugan, C. S. ve Erel, E. (2000). Distribution of quality costs: Evidence from an aeronautical firm. *Total Quality Management*, 11(2), 227-234.
- Oruç, K. O. ve Eroğlu, Ş. Ç. (2017). Isparta ili için doğal gaz talep tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 31-42.
- Oruç, K. O. ve Fındık, A. B. (2020). Gri tahminleme ile Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Sağlığı Merkezi'nde yatan hasta sayılarının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(37), 193-212.
- Öksüz Demirgubuz, M. ve Ömürbek, V. (2020). Gizli kalite maliyetlerinin belirlenmesi üzerine bir uyguama. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 4(2), 165-191.
- Ömürbek, V., Akçakanat, Ö. ve Aksoy, E. (2018). Kamu Sermayeli mevduat bankalarının karlılıklarının Gri tahmin yöntemi ile değerlendirilmesi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5(29), 3455-3468.
- Ömürbek, V., Aksoy, E. ve Akçakanat, Ö. (2018). Bankaların Grup bazlı karlılıklarının Gri tahmin yöntemi ile değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(23), 75-89.
- Öztürk, Z. ve Bilgil, H. (2019). Gri modelleme ile Türkiye sağlık sektöründe harcamaların matematiksel tahmini. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 35(3), 52-58.
- Ross, P. J. (1996). *Taguchi techniques for quality engineering: Loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design*. McGraw-Hill.
- Roy, R. K. (2001). *Design Of experiments using the Taguchi approach 16 steps to product and process improvement*. John Wiley ve Sons.
- Saat, M. (2000). Kalite denetiminde Taguchi yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(3), 97-108.

- Sailaja, A., Basak, P. ve Viswanadhan, K. (2015a). Cost of quality: exploratory analysis of hidden elements and prioritization using analytic hierarchy process. *International Journal of Supply and Operations Management*, 1(4), 489-506.
- Sailaja, A., Basak, P. ve Viswanadhan, K. (2015b). Hidden Costs of quality: Measurement ve analysis. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 6(2), 13-25.
- Schiffauerova, A. ve Thomson, V. (2006). Managing cost of quality: Insight into industry practice. *The TQM Magazine*, 18(5), 1-10.
- Snieska, V., Daunoriene, A. ve Zekeviciene, A. (2013). Hidden costs in the evaluation of quality failure costs. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 3(24), 176-186.
- Starcevic, D. P., Mijoc, I. ve Mijoc, J. (2015). Quantification of quality costs: Impact on the quality of products. *Ekonomski Pregled*, 66(3), 231-251.
- Şahin, E. E. ve Bağcı, B. (2020). Kripto para fiyatlarının tahmininde Gri sistem teorisi: Yöntemsel karşılaştırma. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 219-232.
- Taguchi, G. ve Clausing, D. (1990). Robust quality. *Harvard Business Review*, 68(1), 65-75.
- Taguchi, G., Chowdhury, S. ve Wu, Y. (2004). *Taguchi's quality engineering handbook*. John Wiley ve Sons, Inc.
- Tang, L. ve Xiao, D. (2019). Monthly attenuation prediction for asphalt pavement performance by using GM (1, 1) model. *Hindawi Advances in Civil Engineering*, 2019(2), 1-12.
- Tsai, M.-T., Hsiao, S.-W. ve Liang, W.-K. (2005). Using Grey theory to develop a model for forecasting the demand for telecommunications. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 26(3), 535-547.
- Wu, L., Li, N. ve Zhao, T. (2019). Using the seasonal FGM(1,1) model to predict the air quality indicators in Xingtai and Handan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(14), 14683-14688.
- Wu, M., Qiu, S., Liu, J. ve Zhao, L. (2005). Prediction model based on the Grey theory for tackling wax deposition in oil pipelines. *Journal of Natural Gas Chemistry*, 14(4), 243-247.
- Xie, N.-m. ve Liu, S.-F. (2009). Discrete grey forecasting model and its optimization. *Applied Mathematical Modelling* 33(2), 1173-1186.
- Yang, C.-C. (2008). Improving the definition and quantification of quality costs. *Total Quality Management ve Business Excellence*, 19(3), 175-191.
- Yıldıztekin, İ. (2005). Kalite maliyetleri ölçümlerinde belirlenen fırsat maliyetleri. *Atatürk Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, 19(1), 401-422.
- Yu, L., Xiang, X. ve Yang, L. (2019). A new background value improvement of fractional order accumulated FAGM(1,1) model and its application. *Asian Research Journal of Mathematics*, 12(4), 1-14.
- Yu, M.-C., Wang, C.-N. ve Ho, N.-N.-Y. (2016). A Grey forecasting approach for the sustainability performance of logistics companies. *Sustainability*, 8(866), 2-18.
- Yükçü, S. (1999). *Kalite maliyetlerinin muhasebeleştirilmesi*. Vizyon Eğitim ve Danışmanlık.
- Zhao, J. (2016). A project cost forecasting method based on Grey system theory. *Chemical Engineering Transactions*, 51(2016), 367-372.