



Cusum, Ewma Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması: Aydınlatma Sektöründe Bir Uygulama

Zehra Berna AYDIN
Bursa Uludağ Üniversitesi / Prof. Dr.
berna@uludag.edu.tr
Orcid No: 0000-0003-1313-7543

Özet

İşletmeler günümüzde varlıklarını sürdürebilmeleri ve rekabet edebilmeleri için kaliteye önem vermelidirler. Ürün ve hizmetlerini müşterinin istek ve ihtiyaçları doğrultusunda geliştirip üreten kalite kontrol tekniklerini uygulayarak süreçlerini iyileştiren işletmelerin böylece verimliliği ve rekabet edebilirliği artacaktır. Çalışmada istatistiksel kalite kontrol tekniklerinden Cusum, Ewma, kontrol grafikleri anlatılmış bu grafiklerin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde elektrikli aydınlatma ekipmanları imalat sanayinde bir firmanın ürettiği aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümleri kullanılmıştır. Yapılan kontrol grafik analizi sonucunda; Cusum ve Ewma kontrol grafiklerinden aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümlerine ilişkin sürecin kontrolde olduğu görülmüştür. Süreç ortalamasındaki küçük ve sürekli kaymaları belirlemek için Ewma, küçük kaymalar için de Cusum grafikleri kullanılmalıdır.

Anahtar sözcükler: Cusum Kontrol Grafikleri, Ewma Kontrol Grafikleri, Kalite, İstatistiksel Kalite Kontrol.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Zehra Berna AYDIN, Bursa Uludağ Üniversitesi.

Atıf / Citation: AYDIN B. (2024). Cusum, Ewma Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması: Aydınlatma Sektöründe Bir Uygulama. *İstatistik Araştırma Dergisi*, 14 (1), 36-45.

Comparison of Cusum, Ewma Control Charts: An Application in the Lighting Industry

Abstract

Businesses must attach importance to quality in order to survive and compete today. The efficiency and competitiveness of businesses that improve their processes by applying quality control techniques that develop and produce their products and services in line with the demands and needs of the customers will increase.

In the study, Cusum, Ewma, control charts, which are among the statistical quality control techniques, were explained and these charts were compared. In the application part of the study, current measurements of lighting equipment produced by a company in the electrical lighting equipment manufacturing industry were used. As a result of the control chart analysis; From the Cusum and Ewma control charts, it was seen that the process regarding the current measurements of the lighting equipment was under control.

Keywords: Cusum Control Charts, Ewma Control Charts, Quality, Statistical Quality Control.

1. Giriş

Günümüz bilgi çağında; artan rekabet ve teknolojideki yenilikler iş dünyasında değişimi beraberinde getirmektedir. Eskiden üretim, maliyete dayanan rekabet koşulları artık yerini kaliteye, nitelikli işgücü ve müşteri odaklı üretime bırakmıştır. Bu değişim müşteri odaklı yönetim, toplam kalite yönetimi, altı sigma, EFQM modeli gibi kavramların doğmasına ve uygulanmasına zemin hazırlamıştır. Küresel rekabet müşteriyi öne çıkardığından kaliteli mal ve hizmetin zamanında müşteriye ulaştırılması gerekmektedir. İşte buda kaliteye önem vermek ve kalite yönetim sistemlerini kurarak ürün kalitesini sürekli geliştirmekle olacaktır.

Kalite yönetiminde kalitenin önemli iki anlamı vardır. Birincisi; kalite, ürün özelliklerinin müşteri ihtiyaçlarını karşılama ve müşteri memnuniyetini sağlamasıdır. Bu açıdan bakıldığında kalitenin anlamının gelir odaklı olduğunu söylemek mümkündür. Yüksek kalitenin daha fazla gelir sağlayacağı düşünülmektedir. Ancak yüksek kalite, yatırımların ve maliyetlerin artmasına neden olmakta ve daha çok maliyeti beraberinde getirmektedir. İkincisi ise; kalite süreç iyileştirme mükemmelle ulaşma veya eksiklikleri giderme anlamına gelmektedir. Söz konusu eksiklikleri giderme işlerin yinelenerek tekrar yapılmasını ve bunun beraberinde var olan müşteri memnuniyetsizliğini ve şikâyetlerini vs. gidermeyi sağlamaktadır. Bu açıdan da kalite maliyet odaklı olmakta ve daha yüksek kalite daha düşük maliyeti de beraberinde getirmektedir. (Halis,2000:23)

Bir ürünün kalitesi; ürün tasarımından üretim mühendisliğine, üretim işlemlerine, denetim ve test etmeye, satış ve servis hizmetlerini kapsamaktadır. Ürün kalitesi yalnızca ürünün kontrolü olmayıp, sistemde çalışan tüm kişilerin sorumluluğunu da içermektedir (Demir,1994:664-665).

Ürün kalitesinde kullanım amacı ve fiyat faktörü dışında çeşitli alt faktörler mevcuttur. Bu alt faktörleri sıralamak gerekirse; tüketicinin istek ve gereksinimlerinin karşılama derecesi (Juran,1962:1-2). tasarlanan kalite düzeyine uyma derecesi, diğer firmalar tarafından üretilen eşdeğer ürünler karşısında tüketicinin tercihine sahip olma derecesi, ürünün kalite özellikleri, ekonomik kullanma süresi, güvenilirliği, çalışma karakteristikleri, tasarım ve imalat maliyetleri, üretim yöntemleri ve tamir ve bakım maliyetleri gibi kriterlerin biri veya birkaçı ürünün kalite düzeyini belirlemek amacı ile kullanılabilir. Bu bağlamda bir ürünün kalitesi tüketici taleplerini mümkün en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan mühendislik ve imalat karakteristiklerinin bileşiminden oluşur. Bu alt faktörlerin seçiminde işletme politikaları, ürün cinsi, imalat yöntemleri ve teknolojik olanaklar göz önüne alınır (Kobu,1989:13-14).

Kalite isteklerini sağlamak için uygulama teknikleri ve faaliyetlere muayene adı verilir. Muayene kalite kontrolün bir fonksiyonudur. Gerçekleşen kalite düzeyinin kabul edilebilirliği konusunda karar verilmesini sağlar (Ünlü ve Fındık, 2001: 92).

Feigenbaum kontrolü; bir yönetsel faaliyet için yetki ve sorumluluğun birleştirildiği süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu birleşme, yöneticinin sonuçları incelemesini ve düzeltici kararları etkin biçimde almasını kolaylaştıracaktır (Demir,1994:670).

Kalite kontrolünde ise; üretimi yapılan ürünlerin örnekleme yöntemi ile sürekli teste tabi tutulmaktadır. Kalite kontrolü işlenmiş ürünün teknik-tasarım özellikleri ile ilgilidir. Burada iki işlev söz konusudur:

- ✓ Özellikleri taşıyabilecek süreçlerin yeteneğini saptamak.
- ✓ Süreçlerin özelliklere uyumunu kontrol etmek.

Kuşkusuz bu kalite kayıplarını azaltacaktır. Kalite kontrolü, tüketicinin taleplerini en ekonomik düzeyde karşılamak, kalitenin yaratılması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabaların birleştirilip, eşgüdümlediği bir sistemdir (Feigenbaum,1976:14).

Kalite kontrol kaliteye ilişkin standartların belirlenmesi, denetleme-gözetleme işlemlerinin örgütlenmesi ve yöntemlerinin geliştirilmesi, kalitenin bozulmasına yol açan koşulların ortadan kaldırılması, kalite sorunlarına ilişkin olarak işletmenin tüm birimlerine danışmanlık hizmetlerinin sağlanması çalışmalarını da içermektedir (Baruçugil,1988:275).

Kalite kontrol ek yük ve masraf kaynağı olarak görülse de kalitesiz ürün veya hizmetlerin neden olacağı maliyetlerle karşılaştırıldığında çok daha düşük olduğu görülecektir (Çabuk, 2013: 48)

Bir işletmede kalite kontrol uygulaması sonunda gerçekleşmesi istenen amaçlar; ürün kalite düzeyinin yükseltilmesi, ürün tasarımının geliştirilmesi, kolay işlenebilir malzeme araştırılması, işletme maliyetlerinde azalma, ıskarta, işçilik ve malzeme kayıplarında azalma, rakiplere karşı firma prestijinin artırılması, işçi işveren ilişkilerinde olumlu gelişme sağlanması, müşteri şikâyetlerinin azaltılmasıdır (Ünlü ve Fındık: 2001, 90).

İstatistiksel süreç kontrol teknikleri ürün kalitesini geliştirmek ve süreçleri izlemek için endüstride sıklıkla kullanılmaktadır. Süreçleri kontrol altına almak oluşabilecek kusurları önceden belirleyip önlem almak ve süreçleri iyileştirmede kontrol grafikleri önemli araçlardır. Kontrol grafikleri özel nedenlerin varlığının süreçte ortaya çıktığı anda belirlemek, sürecin doğal toleranslarını ölçmek ve süreci kontrol altında tutarak spesifikasyonları karşılama yeterliliğini ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır (Işığışok, 2005:74-75).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan kontrol grafik türleri; Shewart, Cusum, Ewma'dır. Literatürde farklı alanlarda bu grafiklerin uygulaması söz konusudur. Wu vd.(2010) sürece ilişkin ortalama ve varyans değişkenliğini gösteren cusum kontrol grafiği ile standart cusum kontrol grafiğini kıyaslayan bir çalışma yapmıştır. Yang vd. (2011) normal dağılım özelliği göstermeyen süreçler için parametrik olmayan Ewma işaret kontrol grafiği önerisinde bulunmuşlardır. Maravelakis (2012) ölçüm hatalarının Cusum ve Ewma kontrol grafikleri üzerindeki etkisini incelemiştir (Ertuğrul & Özçil, 2015:15). Koshti (2011) çalışmasında Cusum kontrol grafiklerinin shewhart kontrol grafiklerinden küçük kaymalarda daha etkili olduğunu göstermiştir. Tran ve Tran (2016) çalışmalarında süreçteki değişimleri Markov Zinciri yaklaşımından faydalanarak yeni bir yöntemle kaymaları kareli katsayı kullanarak cusum grafikleri oluşturmuşlardır. Diğer kontrol grafiklerine göre bu yöntemle çizilen cusum grafiklerinin değişimleri yakalamada daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Tran, Heuchenne ve Thomassey (2022) çalışmalarında Cusum kontrol grafiklerinin performansını Nelder-Mead optimizasyon algoritması ile belirli bir aralıktaki kaymaların iplik kalitesinin izlenmesinde etkisini göstermişlerdir. Grafiklerinin önerilen tasarımının finans, endüstriyel süreçler vb. gibi çeşitli alanlarda uygulanabileceğini ifade etmişlerdir.

Çalışmada elektrikli aydınlatma ekipmanları imalat sanayinde bir firmanın ürettiği aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümleri kullanılmıştır. Cusum, Ewma, kontrol grafikleri uygulanarak istatistiksel süreç kontrol çalışması yapılmıştır. Üretim sürecinde değişkenliğin azaltılması ve maksimum faydayı sağlayacak kontrol grafiği

önerisinde bulunulması amaçlanmıştır. Ayrıca bu grafiklerin karşılaştırılması yapılarak avantajları üzerinde durulmuştur.

2. Literatür Cusum Kontrol Grafikleri

Cusum kontrol grafikleri, 1960'lı yıllarda Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu grafikler ortalamalardaki küçük değişimleri, Shewhart kontrol grafiklerine göre daha iyi göstermektedir. (Türkmen, 2018: 47-48).

Burada örneklem ortalamaları ile hedef ortalama arasındaki sapmaların kümülatif değerleri hesaplanarak Cusum kontrol grafiği üzerinde işaretlenir. Bu grafikte örneklem ortalamaları yerine bireysel gözlem değerleri kullanılmaktadır. Burada örneklem değerlerinin hedef değerden cebirsel sapmalarının kümülatif toplamı (S_j) grafik üzerinde gösterilerek örneklem verilerindeki bilgi dikkate alınır. Ayrıca Cusum kontrol grafikleri, küçük süreç kaymalarını belirlemede Shewhart kontrol grafiklerinden daha üstündür. Bu üstünlük $n=1$ örneklem hacminde etkilidir. Ayrıca süreç ortalamasından $1,5\sigma$ veya 2σ kayma olması durumunda, standart kontrol grafikleri Cusum grafiklerine göre daha etkili olacaktır (Işığışık, 2020:292).

Cusum kontrol grafikleri oluşturulurken kullanılan sütunlar aşağıda Eşitlik 1.1'de verilmiştir:

- ✓ $j = 1 \dots k$ olmak üzere örneklem numaraları sütunu,
- ✓ Bireysel gözlemler (X_j) sütunu veya örneklem ortalamaları sütunu,
- ✓ Her bir bireysel gözlem değerleri ile (veya örneklem ortalaması) süreç ortalaması arasındaki cebirsel sapmalar sütunu;

$$(X_j - \bar{X}) \text{ veya } (\bar{X}_j - \mu_0)$$

- ✓ Cebirsel sapmaların kümülatif toplamı sütunu;

$$S_j = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}) \text{ veya } S_j = \sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \mu_0) \quad (1.1)$$

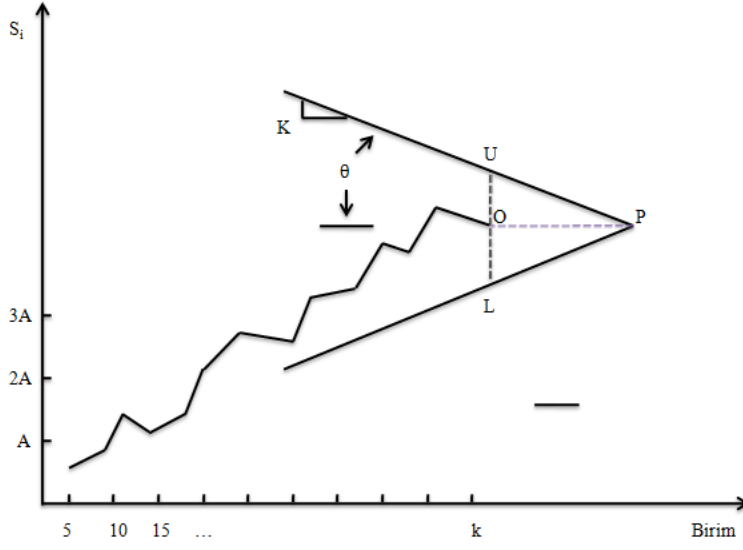
Bireysel gözlem değerleri yerine örneklem ortalamaları serisinin kullanılması durumunda, örneklem hacmi $n \geq 1$ için, j . örnek ortalaması \bar{X}_j , hedef değer veya süreç ortalaması μ_0 ve örnek sayısı k olmak üzere, Cusum değerlerinin hesaplanması Eşitlik 1.2'de verilmiştir (Montgomery, 1991: 282).

$$S_j = \sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \mu_0) = (\bar{X}_k - \mu_0) + \sum_{i=1}^{k-1} (\bar{X}_i - \mu_0) = (\bar{X}_j - \mu_0) + S_{j-1} \quad (1.2)$$

Süreç ortalaması μ_0 , hedef değer veya süreç ortalamasına eşit olduğu sürece, hesaplanan kümülatif toplamlar yaklaşık olarak sıfır değerini alacaktır. Süreç hedef ortalamasının dışına çıkması durumunda iki durum söz konusudur:

- ✓ Süreç ortalamasının giderek artması sonucu hesaplanan kümülatif toplamların artış gösterip Cusum grafiklerinin artma eğiliminde olması.
- ✓ Süreç ortalamasının giderek azalması sonucu hesaplanan kümülatif toplamların azalış gösterip Cusum grafiklerinin azalma eğiliminde olmasıdır (Oktay & Özçomak, 2001: 364-365).

V Maskesi Yöntemi: Barnard tarafından 1959'da sürecin kontrol altında olup olmadığının tespit edilmesinde Cusum kontrol grafiklerinde V maskesi yöntemi önerilmiştir. (Montgomery, 1991: 283). S_1, \dots, S_j bütün kümülatif toplamların V maskesinin kolları arasında kalması durumunda sürecin kontrol altında olduğunu göstermektedir. Kolların dışında kalan herhangi bir kümülatif toplam olması durumunda sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. Aşağıda V maske yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Cusum Grafiğinde Kullanılan V Maskesi. Kaynak: (Oktay,1994:75).

3. Ewma Kontrol Grafiği

1959 yılında Roberts tarafından geliştirilen Ewma (Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama) kalite kontrol grafiği, süreç ortalamalarındaki, küçük fakat sürekli sapmalara karşı daha duyarlı olması sebebiyle Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak geliştirilmiştir. Ewma grafiği, Cusum grafiği gibi süreçte meydana gelen küçük sapmaları saptamak amacıyla kullanılan ağırlıklandırılmış bir hareketli ortalama kontrol grafiğidir. Ewma kontrol grafiğinin gücü, Cusum grafiğine eşdeğerdir (Işığışık, 2020:307).

Ewma kontrol grafikleri, zaman serilerinin analizinde de kullanılmaktadır. Ewma, geçmiş ve mevcut gözlemlerin ağırlıklandırılmış ortalaması olduğundan normallik varsayımına karşı duyarsızdır. Alt örnek hacminin bire eşit olduğu durumlar için uygulanması idealdir (Ertuğrul ve Özçil: 2015,17).

Örneklem hacmi n , örneklem ortalamaları X_j ($j = 1,2,3,4, \dots, t, \dots, k$) olmak üzere t dönemin üstel hareketli ortalaması Eşitlik 1.3'deki gibidir:

$$Z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda) Z_{t-1} \quad (1.3)$$

Burada $0 < \lambda \leq 1$ koşulu geçerli olup $Z_0 = \mu$ 'dür. $t = 0,1,2, \dots$ olmak üzere Z_t değerleri dizisi üstel ağırlıklı hareketli ortalama olarak ifade edilir. Kontrol sınırlarının hesaplanmasında standart sapma kullanılacağından Z_t değerinin standart sapması:

$$\sigma_{Z_t} = \sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)n}} \quad (1.4)$$

şeklinde elde edilir. σ 'nın bilinmemesi durumunda eşitlik 1.5'deki formül kullanılarak standart sapma tahmin edilir.

$$s = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (1.5)$$

Uygulamada kullanılan anakütle ortalaması ve standart sapması bilinmemesi durumunda kontrol sınırları Eşitlik 1.6'da gösterilmiştir.

$$UCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} + \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (1.6)$$

$$CL_{EWMA} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL_{EWMA} = \bar{\bar{X}} - \bar{R} \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

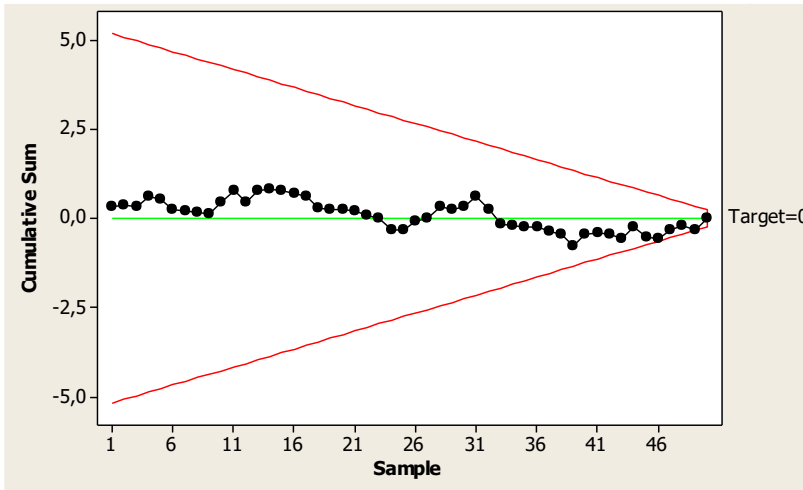
λ değeri $0 < \lambda \leq 1$ aralığında bir sabittir. $\lambda = 1$ olarak belirlendiği zaman Ewma değeri en son gözlem değerine bağlı olacaktır. Bu durumda Ewma değerinin belirlenmesinde önceki gözlemlerin etkisi söz konusu olmayacaktır. Roberts (1959), Crowder (1987) ve Lucas-Saccucci (1987) ortalama seviyesindeki kaymaların tespitinde, büyük λ değerlerinin büyük çaptaki kaymaları tespit ve küçük λ değerlerinin süreç seviyesindeki küçük kaymaların tespitinde optimal sonuçları vermektedir. (Ertuğrul ve Özçil: 2015,17).

4. Materyal ve Metot

Çalışmada; materyal olarak, elektrikli aydınlatma ekipmanları imalat sanayinde bir firmanın ürettiği aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümleri kullanılmıştır. Bu veriler, 2023 yılı Ekim ayında örnekte 5 gözlem olmak üzere toplam 250 gözlem sayısından oluşmaktadır. Literatürde en çok kullanılan Cusum ve Ewma kontrol grafikleri kıyaslanarak işletme açısından kalitenin artırılması yönünde öneride bulunulmuştur. Verilerin hazırlanmasında Microsoft Excel programı ve kontrol grafiklerinin çiziminde ise Minitab istatistik programı kullanılmıştır.

5. Bulgular

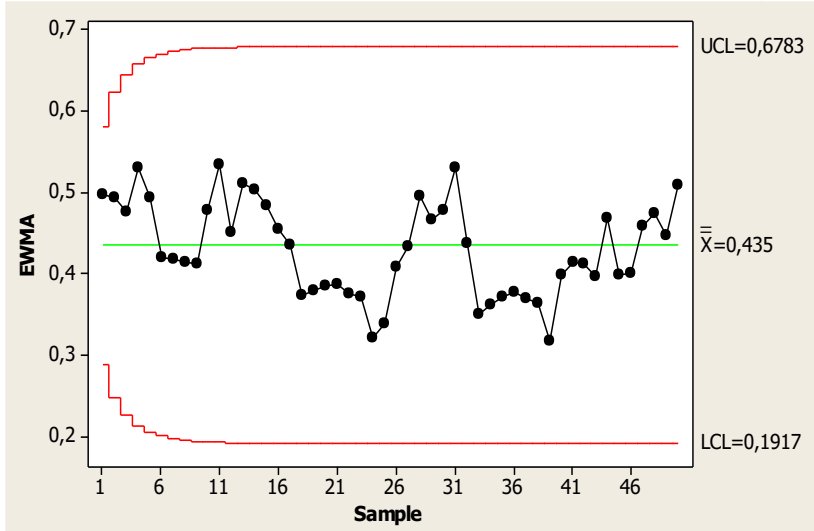
Cusum kontrol grafiğinde, S_j birikimli değerler, örneklerin ortalaması ve genel ortalama değerleri k yerine örneklem ortalamasına alınarak Eşitlik 1.2 deki formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Örneklem hacmi 5 ve gözlem sayısı 50 olan aydınlatma ekipmanına ait akım değerlerine ilişkin Cusum grafiği aşağıda Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Cusum Kontrol Grafiği.

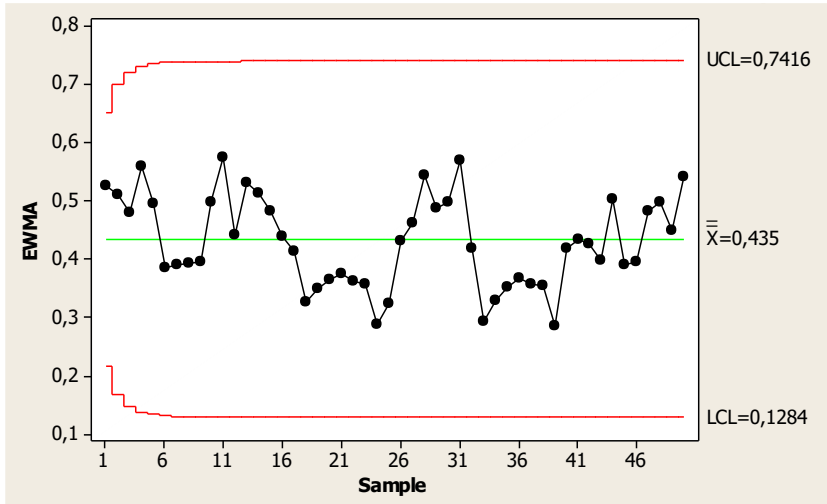
Cusum kontrol grafiği literatürde yaygın kullanılan V maskesi yöntemi ile hesaplanmıştır. V maskesi hesaplanırken 1 standart sapmalı kaymalar dikkate alınmıştır. Cusum grafiği üzerine işaretlenen noktalar Shewhart grafiklerinin aksine ortalamaları göstermemektedir. Cusum grafiklerinde süreç ortalamasından sapmaların kümülatif sapmaları dikkate alındığından ortalama kararlılık olup olmadığı belirlenmektedir. Şekil 2’de gözlemler grafikte V maskesinin iki kolu arasında olduğu için sürecin kontrol altında olduğuna karar verilir. V maskesinin alt kolunun dışında gözlem değerlerinin olması süreç ortalamasının yukarıya doğru kayma eğiliminde olduğunu, V maskesinin üst kolunun dışında gözlem değerlerinin olması ise; süreç ortalamasının aşağı doğru kayma eğiliminde olduğunu göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Daha sonra aydınlatma ekipmanına ait akım ölçüm değerlerine ilişkin birkaç λ değerleri için Eşitlik 1.3 yardımıyla veriler ve ortalamaları t döneme ait üstel hareketli ortalama değerleri hesaplanarak Ewma kontrol grafikleri çizilmiştir. Aşağıda $\lambda = 0,20$ değeri için standartlar verilmediğinde Ewma kontrol grafiği Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. $\lambda = 0,20$ için Ewma Kontrol Grafiği.

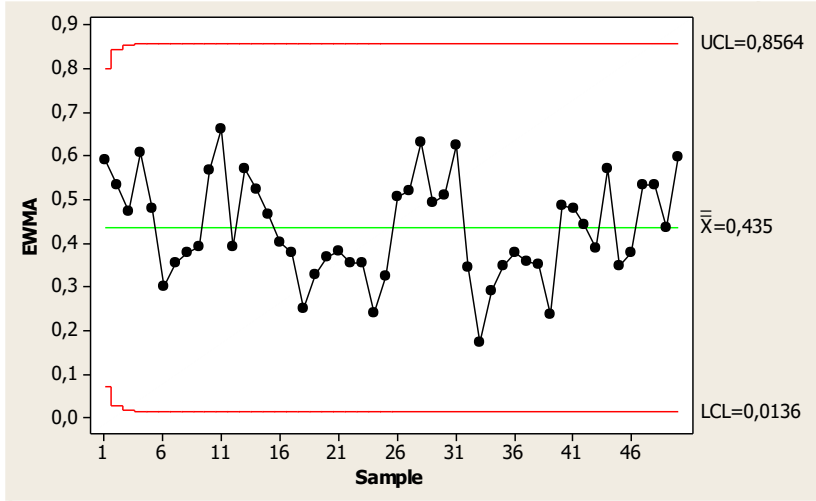
$\lambda = 0,20$ değeri gerçek örneklem ortalamasının ağırlığının 0,20 olduğunu gösterir ve standartlar verilmediğinde çizilen Ewma kontrol grafiğine baktığımızda üst kontrol sınırı 0,6783, orta çizgi 0,435 ve alt kontrol sınırı 0,1917 olarak bulunmuştur. Grafikte tüm noktalar üst kontrol ve alt kontrol sınırları arasında yer aldığı için süreç kontrol altındadır. Aşağıda $\lambda = 0,30$ değeri için standartlar verilmediğinde Ewma kontrol grafiği Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. $\lambda = 0,30$ için Ewma Kontrol Grafiği.

$\lambda = 0,30$ değeri gerçek örneklem ortalamasının ağırlığının 0,30 olduğunu gösterir ve standartlar verilmediğinde çizilen Ewma kontrol grafiğine baktığımızda üst kontrol sınırı 0,7416 orta çizgi 0,435 ve alt kontrol sınırı 0,1284 olarak bulunmuştur. Grafikte tüm noktalar üst kontrol ve alt kontrol sınırları arasında yer aldığı için süreç kontrol altındadır.

Son olarak da büyük ve küçük kaymaları aynı oranda belirlemek için tercih edilen örnekleri ağırlıklandırma katsayısı $\lambda = 0,50$ değeri alınarak standartlar verilmediğinde Ewma kontrol grafiği aşağıda Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. $\lambda = 0,50$ için Ewma Kontrol Grafiği.

$\lambda = 0,50$ değeri gerçek örneklem ortalamasının ağırlığının 0,50 olduğunu gösterir ve standartlar verilmediğinde çizilen Ewma kontrol grafiğine baktığımızda üst kontrol sınırı 0,8564 orta çizgi 0,435 ve alt kontrol sınırı 0,0136 olarak bulunmuştur. Grafikte tüm noktalar üst kontrol ve alt kontrol sınırları arasında yer aldığı için süreç kontrol altındadır. Çizilen kontrol grafikleri sonucunda süreç ortalamasındaki küçük ve sürekli kaymaları belirlemek için Ewma, küçük kaymalar için de Cusum grafikleri kullanılmalıdır.

6. Sonuç

Kalite, dünyada meydana gelen hızlı değişikliklerle günümüzde her alanda varlığını arttırmıştır. Artık bu kavram tüketicilerin aradığı özellik olmayıp özel sektör ve kamu alanlarında da aranılan bir özellik haline gelmiştir. Bu durum üretilen mal ve hizmetlerin aynı kalite düzeyinde sürdürülebilmesini gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda etkin bir kalite sisteminin ve yönetiminin oluşturulması ise kalitenin güvence altına alınıp standartlaştırmayı zorunlu hale getirmiştir.

Küresel rekabet ortamında, istatistiksel kalite kontrol tekniklerini uygulayan ve ürün için kalite güvence sistemlerini kuran işletmeler varlıklarını sürdürebileceklerdir. İstatistiksel kalite kontrol tekniklerinden biri olan kontrol grafikleri, süreçleri iyileştirme ve geliştirmede günümüzde kullanılmaktadır. Bu grafikler sayesinde süreçteki değişkenliğin azaltılması ve sürecin performansının artırılması söz konusudur.

Çalışmada elektrikli aydınlatma ekipmanları imalat sanayinde bir firmanın ürettiği aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümlerine Cusum, Ewma kontrol grafikleri uygulanmıştır.

Cusum grafiği V maskesi yöntemine göre oluşturulmuştur. Ewma grafikleri ise; λ değeri 0,20, 0,30 ve 0,50 alınarak oluşturulmuştur. Büyük λ değerleri büyük çaptaki kaymaları tespit etmekte ve küçük λ değerleri ise süreç seviyesindeki küçük kaymaların tespitinde optimal sonuçları vermektedir. Cusum ve Ewma kontrol grafiklerinden aydınlatma ekipmanına ait akım ölçümlerine ait sürecin kontrolde olduğu görülmüştür. Bu grafiklerin avantajı önceki gözlem değerlerinin kontrol noktalarını etkilemesidir. Ewma'nın Cusum'a göre üstünlüğü ise; hata derecelerini alırken önceki değerleri de ele alarak ağırlıklandırmasıdır. Burada Ewma ve Cusum kontrol grafikleri arasından seçim yapılacaktır; öncelikle süreç hakkında gereken bilgiler elde edildikten sonra karar verilmelidir. Eğer çalışma kapsamında süreç ortalamasındaki küçük ve sürekli kaymaların belirlenmesi gerekiyorsa Ewma kontrol grafikleri Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak kullanılabilir. Süreçteki küçük kaymalar belirlenecekse $n=1$ örneklem hacminde o zaman Cusum kontrol grafikleri tercih edilmelidir. Gelecek çalışmalarda Markov zinciri yaklaşımından faydalanarak farklı sektörlerdeki verilere küçük kayma düzeylerine göre Cusum grafiği oluşturularak Shewart ve Ewma grafikleri ile performans açısından karşılaştırılması yapılabilir.

Sonuç olarak Ewma, Cusum ve Shewhart grafiklerini uygularken işletmeler süreç hakkında tam olarak bilgi sahibi olması gerekmektedir. Nitel ve nicel verilerine göre bu grafikler yardımı ile süreci izleyerek kalite düzeylerini artırabilir. İşletmeler bu kontrol grafiklerini kullanarak süreçlerinde kontrol dışılık bir durum gözlediğinde bu durumun neden kaynaklandığını önceden tespit ederek süreci iyileştirmek için önlem ve tedbirleri alabilir. Bir başka ifadeyle kendilerine maksimum fayda sağlayacak kontrol grafiklerini tercih etmelidirler. İşletmeler süreçleri yönetme ve geliştirmede kontrol grafiklerini sadece kalite bölümünde değil diğer bölümlerde de uygularsalar her alanda kalitedeki başarıları artacaktır.

Kaynaklar

- Albin, S.L., Kang, L. ve Shea, G. (1997). “An X Ewma Chart for Individual Observations”. *Journal of Quality Technology*, 29 (1), 41-48.
- Barutçugil, İ. (1988). *Üretim Sisteminde Yönetim Teknikleri*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
- Çabuk, S. N. (2013). “Kalite Yönetim Sistemlerinde Temel Kavramlar: Kalite Güvence ve Kalite İyileştirme” *Kalite Yönetim Sistemleri*, editör. D. Taşçı ve S.N. Çabuk. 46-73 Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 2013.
- Demir, H. (1994). *Üretim/İşlemler Yönetimi*, İstanbul: Beta Yayınevi.
- Demir ve Mirtağoğlu, (2016). “Shewhart Cusum ve Ewma Kontrol Grafiklerinin Makine Sanayine Uygulanması”. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 254-265.
- Ertuğrul, İ. ve Özçil, A. (2015). “Kalite Kontrol Grafiklerinden “Shewart, Cusum ve Ewma” nın Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması”. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17(28), 14-26.
- Feigenbaum A.U. (1976). *Total Quality Control*, New York, Mc Graw Hill.
- Halis, M. (2000). *Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri ISO 9002 Kalite Belgesi Çalışmaları*, İstanbul, Beta Yayınevi.
- Işığışık, E. (2004). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*, Bursa, Ezgi Yayınevi.
- Işığışık, E. (2020). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*, Bursa, Sigma Akademi Yayınevi.
- Juran, J.M. (1962). *Quality Control Handbook*, New York, Mc. Graw-Hill.
- Kobu, B. (1989). *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Koshti V.V. (2011). ‘Cumulative sum Control Chart’. *International of Physics and mathematical Sciences* , 1(1), 28-32.
- Montgomery, D.C. (1991). *Introduction to Statistical Process Control, Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc., Newyork.
- Montgomery, D.C. (2001). *Introduction to Statistical Process Control, Fourth Edition*, John Wiley & Sons, Inc., Newyork.
- Oktay, E. ve Özçomak, M.S. (2001). “Cusum Kontrol Grafikleri ve Bir Uygulama”. *Atatürk Üniversitesi ve idari Bilimler Dergisi*, 15(1-2), 361-387.
- Öztürk, A. (2009). *Kalite Yönetimi ve Planlaması*, Bursa, Ekin Yayınevi.
- Tran, P.H. ve Tran, K.P. (2016). “ The efficiency of CUSUM schemes for monitoring the coefficient of variation”. (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/asmb.2213 Erişim tarihi:10.11.2023
- Tran, P.H., Heuchenne, H. ve Thomassey, S. (2022). “Enhanced CUSUM control charts for monitoring Coefficient of Variation: A case study in Textile industry ”. *IFAC PapersOnLine* 55-(10) 1195–1200.
- Türkmen, B. C. (2018). *X ortalama-S, Cusum ve Ewma Kalite Kontrol Grafiklerinin Bir Seramik Karo Üretim İşletmesinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul: TR.
- Ünlü, K. ve Fındık, F. (2001). “Kalite Güvence Sistemleri”. *A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 89-98.