

ARA TIRMA MAKALES / RESEARCH ARTICLE

Sevil ENTÜRK¹

BULANIK REGRESYON KONTROL GRAFİNİN BULANIK MOD VE BULANIK MEDYAN DÖNÜŞÜM TEKNİKLERİ KULLANILARAK OLUŞTURULMASI VE BİR UYGULAMA

ÖZ

statistiksel süreç kontrolünde sürekli sürecin ortalamasında ve değişkenlikinde kararlı bir artma veya azalma gözlemleniyorsa ve süreçte bir aşınma söz konusuysa regresyon kontrol grafiği kullanılabilir en uygun kontrol grafiği tekniğidir. Bununla birlikte, klasik kontrol grafikleri süreçten alınan verilerin kesin ve tam olarak bilindiği durumlarda kullanılmaktadır. İlgilenilen süreç, ölçüm sisteminden veya çevresel etkenlerden kaynaklanan bir belirsizlik içeriyorsa bulanık küme teorisine dayalı, bulanık kontrol grafikleri süreci modellemede daha etkin bir araç olarak kullanılabilir. Bulanık regresyon kontrol grafiği, verilerin yaklaşık olarak ya da dilsel olarak ifade edildiği ve ortalamasının bir trende sahip olduğu süreçleri belirlemede kullanılan bir kontrol grafiğidir. entürk (2010) tarafından bulanık regresyon kontrol grafiğinin ve bulanık değişim aralığı kontrol grafiğinin teorik yapısı oluşturulmuş ve üçgen bulanık sayılar için α -kesim bulanık orta değişim tekniği kullanılarak uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmada ise, yamuk bulanık sayılar kullanılarak, bulanık mod ve bulanık medyan transformasyon teknikleri için bulanık regresyon kontrol grafiğinin ve bulanık değişim aralığı kontrol grafiğinin teorik yapısı ilk defa oluşturulmuştur. Bulanık regresyon kontrol grafiği ve bulanık değişim aralığı kontrol grafiği için bulanık medyan tekniğine dayalı bir uygulama yapılmış ve uygulama sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık dönüşüm teknikleri, Yamuk bulanık sayılar, Kontrol grafikleri, Regresyon kontrol grafiği.

GENERATING FUZZY REGRESSION CONTROL CHART BY USING FUZZY MOD AND FUZZY MEDIAN TRANSFORMATION TECHNIQUES AND AN APPLICATION

ABSTRACT

In statistical process control, if there is a consistent increase or decrease in process average and variation and there is a tool wear in process, the regression control chart is the most suitable control chart. Therefore, classical control chart is used in the situation that the data is precise. In case that the monitoring process includes vagueness which arises from measurement system or environmental conditions, fuzzy control charts based on fuzzy set theory are useful tools used to model process. The fuzzy regression control chart is a functional technique to evaluate the process in which the average has a trend and data represents a linguistic or approximate value. The theoretical structure of fuzzy regression control chart and fuzzy range control chart was generated by entürk (2010) and an application was carried out for triangular fuzzy number by using α -cut fuzzy midrange technique. In this paper, the theoretical structure of fuzzy regression control chart and fuzzy range control chart are generated for fuzzy mode and fuzzy median by using trapezoidal fuzzy numbers for the first time. An application based on fuzzy median technique carried out for fuzzy regression control chart and fuzzy range control chart. The results are interpreted.

Keywords: Fuzzy transformation techniques, Trapezoidal fuzzy numbers, Control charts, Regression control chart.

¹ Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi İstatistik Bölümü.
E-posta: sdeligoz@anadolu.edu.tr

1.G R

Dünyada hızla geli en teknoloji ve gitgide mükemmele yakla ma iste i ve belki de do anın bir gün aynısının yapay yollarla ortaya çıkarılması arzusu yapay zeka, yapay sinir a ları ve bulanık mantık kavramlarını gündeme getirmektedir. Bulanık mantık, temelde çok de erli mantık, olasılık kuramı ve yapay zeka alanları üzerine oturturulmu bir kavramdır. Yapay zeka araçlarından biri olan bulanık mantık kavramı, her gün kullandı ımız ve davranı larımızı yorumladı ımız bir sisteme ula mamızı sa layan matematiksel bir disiplin olarak kar ımıza çıkmaktadır (enol, 2000).

Bulanık mantık, incelenen olayın çok karma ık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda ki iler in görü ve de er yargılarına yer verilmesine ihtiyaç gösteren durumlarda geçerli olmaktadır. Belirsizlik anlamına gelen bulanık mantık bu prensipten yola çıkarak kesin olmayan bir bilgiyi basit ve kullanı lı bir hale getirmektedir (Timothy, 1995). Bulanık mantık yakla ımı, bulanık küme teorisi üzerine kurulmu bir yakla ımdır. Bulanık mantık tam olmayan bilgiyi ve uzman sistemlerdeki yakla ık yargılamayı elde etmek için kullanılmaktadır. Esas olarak insan dü ünme ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenmekte ve bu belirsizli i sayısalla tırmaya çalı maktadır. Bir ba ka ifadeyle, bulanık mantık “insanların tam ve kesin olmayan bilgileri ı ında tutarlı ve do ru kararlar vermelerini sa layan dü ünme ve karar mekanizmalarının modellenmesi” olarak tanımlanabilmektedir (Türkbe, 2003).

Bulanık mantık yönteminin uygulanabilirli i bulanık küme teorisine dayanmaktadır. Bulanık bir A kümesini a a ıdaki ekilde ifade etmek mümkün olmaktadır:

X bo olmayan bir küme olmak üzere; X' deki bir bulanık A kümesi

$$\forall x \in X \text{ için ; } \sim_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

olarak ifade edilebilmektedir. Burada $\sim_A(x)$ 'e, bulanık kümeye kar ılık gelen üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. $\sim_A(x)$; A'nın elemanlarının istenilen özelli i hangi ölçüde sa ladı ının ifadesi olmaktadır. Bulanık küme teorisinde bir eleman bir kümeye 0 ve 1 dahil olmak üzere, 0 ile 1 arasında de i en üyelik dereceleri ile ait olmaktadır. Ba ka bir deyi le bulanık kümelerde bir bulanık küme elemanı bir kümeye biraz aittir veya biraz de ildir denilebilmektedir (Klir ve Yuan,1995; Zadeh,1965). Bulanık kümelerde kullanılan bulanık mantık üyelik fonksiyonları denetlenen sürecin özelliklerine göre uygulamalarda en çok kullanılan fonksiyonlar olan, Üçgen üyelik fonksiyonu, Yamuk üyelik fonksiyonu, Gauss üyelik fonksiyonu ve Genelle tirilmi Bell üyelik fonksiyonu olarak kar ımıza çıkabilmektedir.

1965 yılında Zadeh (1965) tarafından bulanık küme teorisinin ortaya çıkmasıyla bulanık küme teorisi ile bilinen istatistiksel yöntemler, yapılan çalı malarda birlikte kullanılmaya ba lanmı tır. Bulanık mantık ve istatistiksel yöntemler birbirini tamamlayıcı yöntemler olarak da ifade edilmektedir. Bulanık mantıkta istatistiksel yöntemlerin kullanıldı ı çalı malar “bulanık istatistik” (fuzzy statistics) olarak adlandırılmaktadır (Taheri, 2003). Bulanık mantık teknikleri istatistikte, deney planlamasında, zaman serileri analizinde, regresyon çözümlenmesinde, olasılık teorisinde, konjoint analizinde, parametrik ve parametrik olmayan hipotez testlerinde, kalite kontrolünde ve birçok istatistiksel çalı mada kullanılmaktadır.

Literatürde bulanık kontrol grafiklerini konu alan birçok çalı ma bulunmaktadır. Bulanık kalite kontrol grafikleri ile ilgili ilk çalı mayı Wang ve Raz (1990) niteliksel kontrol grafikleri için gerçekle tirmi tir. Raz ve Wang (1990) di er çalı malarında niteliksel olasılıksal yakla ım ve üyelik yakla ımı olarak iki yöntem geli tirerek p kontrol grafi i ile uygulamı larıdır. Temelleri Wang ve Raz tarafından ortaya atılan bulanık niteliksel kontrol grafikleri için farklı yakla ımlarla (Kanagawa vd,1993; Rowlands ve Wang,1990; El-Shal ve Morris,2000; Hsu ve Chen 2001; Gülbay vd.2004; Cheng,2005; Gülbay ve Kahraman,2006a ve 2006b, entürk vd.,2011; Erginel,2014) literatürde çalı malar mevcuttur.

Niceliksel bulanık kontrol grafiklerinin ilki ise Faraz ve Moghadam (2007) çalışmasıdır. Bu çalışmada Shewhart'ın ortalama kontrol grafiğine alternatif bir yöntem geliştirilmiştir. Önerdikleri yöntemin süreçteki kaymaları da daha net bir şekilde ortaya koyduğunu görmüştür. Bulanık Niceliksel kontrol grafiklerine ilişkin -kesim (-cut) yaklaşımı kullanılarak yapılan ilk çalışma ise ortalama ve de i im aralığı kontrol grafikleri için entürk ve Erginel (2009) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Daha sonra Erginel vd. (2011) yeni bir yaklaşımla bulanık ortalama ve standart sapma kontrol grafiğini oluşturmuştur. Ayrıca Erginel (2011) niceliksel kontrol grafiklerinden birimler kontrol grafiği için, bulanık birimler kontrol grafiğinin teorik yapısını oluşturarak literatüre katkıda bulunmuştur. Niceliksel kontrol grafiklerinden biri olan regresyon kontrol grafiği için bulanık regresyon kontrol grafiği ile ilgili ilk çalışması ise entürk (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. entürk çalışmasında bulanık küme kısımlarından -kesim yöntemini kullanarak bulanık regresyon kontrol grafiğinin ve bulanık de i im aralığı kontrol grafiğinin üçgen ve yamuk bulanık sayılar için teorik yapısını oluşturmuştur. Üçgen bulanık sayılar için -kesim bulanık orta de i im (-cut fuzzy midrange) tekniğini kullanarak alet alınması problemine bulanık regresyon kontrol grafiğini ilk defa uygulamıştır.

Bu çalışmanın amacı ise, bulanık regresyon kontrol grafiği ve bulanık de i im aralığı kontrol grafiğinin teorik yapısını bulanık mod ve bulanık medyan dönüşüm tekniklerini kullanarak oluşturulmasıdır. Bu amaçla yamuk bulanık sayılar kullanılarak, bulanık mod (fuzzy mode) ve bulanık medyan (fuzzy median) dönüşüm tekniği için bulanık regresyon kontrol grafiğinin ve bulanık de i im aralığı kontrol grafiğinin sınırları ilk defa bu çalışmada oluşturulmuştur. Belirtici istatistiksel bir teknik olan medyanın kendi özelliği olan serideki ağırlıklı değerlerden etkilenmemesi durumunu göz önüne alarak bu çalışmada bulanık regresyon kontrol grafiği ve bulanık de i im aralığı kontrol grafiği için bulanık medyan tekniğine dayalı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Yonga levha boyutluk değerleri için uygulama yapılmış ve uygulama sonuçları yorumlanmıştır.

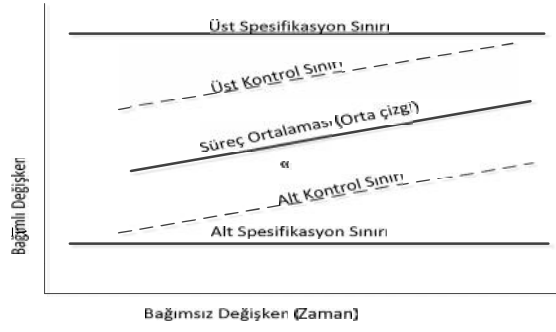
2. BULANIK REGRESYON KONTROL GRAFİ

statistiksel süreç kontrolü (SK) bir sürecin ola an biçimde devam edip etmediğinin istatistiksel yöntemlerle kontrolü olarak tanımlanmaktadır. statistiksel süreç kontrolü ile sürecin ola an bir biçimde devam edip-etmediğini istatistiksel yöntemlerle sınanırken, ola an dı rı bir durum varsa bunun fark edilip giderilmesi amaçlanır. SK'nın bir diğ er amacı da kalite karakteristiklerindeki de i kenliğ i sistematik olarak azaltmaktır (Burnak,1997). Kaliteyi ve üretimi geli tirmede ve süreci izlemede kullanılan SK'nın temel aracı ise kontrol grafikleridir.

Kontrol grafikleri 1920 yılında W.A. Shewhart tarafından ortaya atılmıştır. Shewhart'ın kontrol grafikleri olarak adlandırılan kontrol grafikleri sürecin ilgilenilen karakteristiğine göre niceliksel kontrol grafikleri ve niteliksel kontrol grafikleri olmak üzere iki kategoride incelenmektedir. Niceliksel kontrol grafiklerinde sürecin ilgilenilen karakteristiği ölçümlenebilen bir de er iken, niteliksel kontrol grafiklerinde sürecin ilgilenilen karakteristiği ölçümlenmeyen fakat sayılabilen bir de er olmaktadır. Niceliksel kontrol grafikleri ortalama ve de i im aralığı kontrol grafiği ($\bar{X} - R$) ve ortalama ve standart sapma kontrol grafiği ($\bar{X} - S$) olarak sınıflandırılırken, niteliksel kontrol grafikleri ise p, np, c ve u kontrol grafiği olarak kar ımıza çıkmaktadır (Montgomery, 1991).

Niceliksel ölçüler için geli tirilen kontrol grafikleri uygulamalarda bazı durumlarda yetersiz kalarak süreçteki sapmalar kar ı duyarlı olamamışlardır. Bu sebeple kar ıla lılan sorunları çözebilmek adına niceliksel ölçüler için birçok kontrol grafiği geli tirilmiştir. Söz konusu kontrol grafikleri; de i im katsayısı kontrol grafiği, birimler kontrol grafiği, medyan kontrol grafiği, hareketli ortalamalar kontrol grafiği ve regresyon kontrol grafiğidir.

Regresyon kontrol grafiği sürecin ortalaması düzenli bir artı ya da azalı gösterdiğinde yani örneklerden türetilen göstergeler genel bir eğ ilime sahip olduğ unda kullanılan kontrol grafiğidir. Çünkü sürecin ortalaması düzenli bir artı ya da azalı gösterdiğinde ortalama kontrol grafiği yetersiz kalmaktadır. Klasik regresyon kontrol grafiğinin gösterimi ekil 1 de verilmiştir.



ekil 1. Klasik Regresyon Kontrol Grafiği gösterimi

Örneğin, kesme ve delme işlemlerinde kullanılan aletlerin aşınmaya uğraması durumunda ya da kullanılan malzemenin durdurulan ya da lanma özelliğine sahip olmaması durumunda süreç ortalaması sözü edilen eğilimi gösterebilir ve ilgilenilen kalite karakteristiği zamana bağlı olarak azalabilir ya da artabilir (Burnak,1997). Bu durumda sürecin ortalamasını tahmin etmede en küçük kareler yönteminde yararlanılır. Klasik regresyon kontrol grafiklerinin alet aşınması problemi uygulanması Mandel (1969) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kalite karakteristikleri için Mandelin tanımladığı doğrusal regresyon modeli $(\bar{x}_j = S_0 + S_1 t_j + V)$ şeklindedir. Doğrusal regresyon modelinin parametreleri (S_0, S_1) normal denklemlerin çözümünü temel alan en küçük kareler metodu ile tahmin edilmektedir.

$$\sum_{j=1}^m \bar{x}_j = m S_0 + S_1 \sum_{j=1}^m t_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m \bar{x}_j t_j = S_0 \sum_{j=1}^m t_j + S_1 \sum_{j=1}^m t_j^2 \quad (3)$$

Söz konusu normal denklemlerde $\bar{x}_j = \bar{X}_j - \bar{\bar{X}}$ ile hesaplanır. Burada \bar{X}_j , n örneklem büyüklüğündeki j. örneklemin ortalamasıdır. $\bar{\bar{X}}$ ise genel ortalama olarak ifade edilmektedir. t_j ise j. örneklemin numarasıdır ($j = 1, 2, \dots, m$). Normal denklemlerin çözümüyle tahmin değerleri (\hat{S}_0, \hat{S}_1) aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanır.

$$\hat{S}_0 = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j - \hat{S}_1 \sum_{j=1}^m t_j}{m} \quad (4)$$

$$\hat{S}_1 = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j (t_j - \bar{t})}{\sum_{j=1}^m (t_j - \bar{t})^2} \quad (5)$$

Verilen bilgilerle klasik regresyon kontrol grafiğinin sınırları ise,

$$\text{ÜKS}_{\text{Reg}-\bar{X},j} = \hat{S}_0 + \hat{S}_1 t_j + A_2 \bar{R} \quad (6)$$

$$\text{OC}_{\text{Reg}-\bar{X},j} = \hat{S}_0 + \hat{S}_1 t_j \quad (7)$$

$$\text{AKS}_{\text{Reg}-\bar{X},j} = \hat{S}_0 + \hat{S}_1 t_j - A_2 \bar{R} \quad (8)$$

şeklinde belirlenmektedir. Burada A_2 sabit katsayı iken, \bar{R} ise de i im aralıklarının ortalamasıdır.

Regresyon kontrol grafi i ile birlikte sürecin de i kenli inde meydana gelen de i iminde de i im aralı 1 kontrol grafi i ile izlenmesi gerekmektedir. Klasik de i im aralı 1 kontrol grafi inin sınırları ise;

$$\dot{ÜKS}_R = D_4 \bar{R} \quad (9)$$

$$OÇ_R = \bar{R} \quad (10)$$

$$AKS_R = D_3 \bar{R} \quad (11)$$

eklinde hesaplanmaktadır. Burada D_3 ve D_4 örneklem büyüklü üne ba lı sabit katsayılardır. (Burnak,1997, Montgomery,1991)

Sürecin ortalamasında meydana gelen düzenli artı ve azalı ı, dalgalanmaları ve kaymaları yakalamak ise süreci daha erken kontrol altına almak açısından ve maliyetleri azaltmak açısından oldukça önemlidir. Süreçteki bir sorunun mümkün oldu unca erken tespit edilmesi, kontrol dı ı bir durum varsa nedenlerinin ara tırılması ve sürecin kontrol altına alınarak gerekli önlemlerin alınması ise kalite kontrolünde oldukça önem te kil etmektedir. Bahsedilen söz konusu durumların süreçte kolaylıkla gözlenebilmesi ve süreci daha iyi yansıtan kontrol grafiklerinin olu turabilmesi için klasik kontrol grafikleri yerine bulanık kontrol grafiklerinin kullanımı daha yararlı sonuçlar vermektedir. Klasik kontrol grafikleri verilerin kesin ve tam olarak bilindi i durumlarda kullanıma uygundur. E er ilgilenilen süreç, ölçüm sisteminden veya çevresel etkenlerden kaynaklanan bir belirsizlik içeriyorsa bulanık küme teorisi ve bulanık küme teorisine dayalı bulanık kontrol grafikleri süreci modellemede daha etkin bir araç olarak kullanılabilir.

Bulanık regresyon kontrol grafi i de belirsizlik ortamında süreç verilerini analiz etmede kullanılabilir etkin bir kontrol grafi i dir. Bulanık regresyon kontrol grafi inin teorik yapısı bulanık dönü üm teknikleri ile elde edilebilmektedir. Bulanık mod, -kesim bulanık orta de i im ve bulanık medyan olmak üzere üç dönü üm tekni i bulunmaktadır. Bulanık dönü üm tekniklerin den hangisinin kullanılaca ının seçimi konusunda ise herhangi bir teorik temel bulunmamaktadır. (Wang ve Raz,1990). Bulanık dönü üm teknikleri bulanık sayıları kesin sayılara dönü türmek için kullanılan tekniklerdir. Bu çalı mada bulanık yamuk sayılar kullanılarak bulanık regresyon kontrol grafi i olu turulacaktır. Bir bulanık yamuk sayı ise (a,b,c,d) olmak üzere dört parametre ile özelle mi tir. Söz konusu üyelik fonksiyonunun denklemleri ise,

$$yamuk(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a. \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b. \\ 1, & b \leq x \leq c. \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d. \\ 0, & d < x. \end{cases} \quad (12)$$

eklinde ifade edilmektedir.

entürk (2010) tarafından ilk defa teorik yapısı olu turulan bulanık regresyon kontrol grafi inde, bulanık yamuk sayılar $(X_{a,ij}, X_{b,ij}, X_{c,ij}, X_{d,ij})$ olarak ifade edilirse her bir örne in bulanık ortalaması $(\bar{X}_{a,j}, \bar{X}_{b,j}, \bar{X}_{c,j}, \bar{X}_{d,j})$ olacaktır. Hesaplamaları ise e itliklerde verildi i gibidir:

$$\bar{X}_{a,j} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{a,ij}}{n} \quad \bar{X}_{b,j} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{b,ij}}{n} \quad \bar{X}_{c,j} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{c,ij}}{n} \quad \bar{X}_{d,j} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{d,ij}}{n} \quad (13)$$

Burada $i = 1, 2, \dots, n$ ve $j = 1, 2, \dots, m$.

Her bir bulanık yamuk sayının ortalamasına ili kin bulanık regresyon modelleri ise a a ıda verilen e itliklerle tahmin edilecektir. Denklemlerdeki (S_0, S_1) de erlerinin hesaplanı ı ise e itlik 4 ve 5 de verildi i gibidir.

$$\bar{X}_{Reg-a,j} = \hat{S}_{0a} + \hat{S}_{1a} t_j + v \quad (14)$$

$$\bar{X}_{Reg-b,j} = \hat{S}_{0b} + \hat{S}_{1b} t_j + v \quad (15)$$

$$\bar{X}_{Reg-c,j} = \hat{S}_{0c} + \hat{S}_{1c} t_j + v \quad (16)$$

$$\bar{X}_{Reg-d,j} = \hat{S}_{0d} + \hat{S}_{1d} t_j + v \quad (17)$$

Bulanık yamuk sayılara ili kin genel ortalamaların hesaplanması ise

$$\bar{\bar{X}}_a = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{a,j}}{m} \quad \bar{\bar{X}}_b = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{b,j}}{m} \quad \bar{\bar{X}}_c = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{c,j}}{m} \quad \bar{\bar{X}}_d = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_{d,j}}{m} \quad (18)$$

eklinindedir. Ayrıca $R_{a,j}, R_{b,j}, R_{c,j}, R_{d,j}$ her bir örne in yamuk de i im aralı ı de eri olmak üzere

$$R_{a,j} = X_{enb,a,j} - X_{enk,d,j} \quad (19)$$

$$R_{b,j} = X_{enb,b,j} - X_{enk,c,j} \quad (20)$$

$$R_{c,j} = X_{enb,c,j} - X_{enk,b,j} \quad (21)$$

$$R_{d,j} = X_{enb,d,j} - X_{enk,a,j} \quad (22)$$

de erleri elde edilir ve yamuk de i im aralıklarının ortalaması ise verilen e itlik de ki gibi hesaplanır.

$$\bar{R}_a = \frac{\sum_{j=1}^m R_{a,j}}{m} \quad \bar{R}_b = \frac{\sum_{j=1}^m R_{b,j}}{m} \quad \bar{R}_c = \frac{\sum_{j=1}^m R_{c,j}}{m} \quad \bar{R}_d = \frac{\sum_{j=1}^m R_{d,j}}{m} \quad (23)$$

Böylece yapılan hesaplamalarla yamuk sayılar için bulanık \tilde{X} regresyon kontrol grafi inin sınırları elde edilir.

$$\begin{aligned} \tilde{ÜKS}_{Reg-\bar{X},j} &= (\hat{S}_{0a} + \hat{S}_{1a} t_j + A_2 \bar{R}_a, \hat{S}_{0b} + \hat{S}_{1b} t_j + A_2 \bar{R}_b, \hat{S}_{0c} + \hat{S}_{1c} t_j + A_2 \bar{R}_c, \hat{S}_{0d} + \hat{S}_{1d} t_j + A_2 \bar{R}_d) \\ &= (\tilde{ÜKS}_1, \tilde{ÜKS}_2, \tilde{ÜKS}_3, \tilde{ÜKS}_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{OÇ}_{Reg-\bar{X},j} &= (\hat{S}_{0a} + \hat{S}_{1a} t_j, \hat{S}_{0b} + \hat{S}_{1b} t_j, \hat{S}_{0c} + \hat{S}_{1c} t_j, \hat{S}_{0d} + \hat{S}_{1d} t_j) \\ &= (\tilde{OÇ}_1, \tilde{OÇ}_2, \tilde{OÇ}_3, \tilde{OÇ}_4) \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \tilde{AKS}_{Reg-\bar{X},j} &= (\hat{S}_{0a} + \hat{S}_{1a} t_j - A_2 \bar{R}_d, \hat{S}_{0b} + \hat{S}_{1b} t_j - A_2 \bar{R}_c, \hat{S}_{0c} + \hat{S}_{1c} t_j - A_2 \bar{R}_b, \hat{S}_{0d} + \hat{S}_{1d} t_j - A_2 \bar{R}_a) \\ &= (\tilde{AKS}_1, \tilde{AKS}_2, \tilde{AKS}_3, \tilde{AKS}_4) \end{aligned}$$

Yamuk sayılar için bulanık de i im aralı ı kontrol grafi inin sınırları ise;

$$\begin{aligned} \tilde{ÜKS}_R &= D_4(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c, \bar{R}_d) = (D_4\bar{R}_a, D_4\bar{R}_b, D_4\bar{R}_c, D_4\bar{R}_d) = (\tilde{ÜKS}_{R_1}, \tilde{ÜKS}_{R_2}, \tilde{ÜKS}_{R_3}, \tilde{ÜKS}_{R_4}) \\ O\tilde{C}_R &= (\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c, \bar{R}_d) = (O\tilde{C}_{R_1}, O\tilde{C}_{R_2}, O\tilde{C}_{R_3}, O\tilde{C}_{R_4}) \\ A\tilde{KS}_R &= D_3(\bar{R}_a, \bar{R}_b, \bar{R}_c, \bar{R}_d) = (D_3\bar{R}_a, D_3\bar{R}_b, D_3\bar{R}_c, D_3\bar{R}_d) = (A\tilde{KS}_{R_1}, A\tilde{KS}_{R_2}, A\tilde{KS}_{R_3}, A\tilde{KS}_{R_4}) \end{aligned} \quad (25)$$

eklinde hesaplanır (entürk,2010).

Bulanık yamuk sayılar için bulanık regresyon kontrol grafi i ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafi inin teorik yapısı verildikten sonra söz konusu kontrol grafiklerini bulanık mod ve bulanık medyan dönü üm tekniklerine entegre ederek karar kurallarını olu turmak mümkündür. entürk (2010) çalı masında -kesim bulanık orta de i im dönü üm tekni ine dayalı bulanık regresyon kontrol grafi i ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafi ine ili kin karar kurallarını olu turmu tur. Ancak bu çalı mada bulanık mod ve bulanık medyan dönü üm teknikleri kontrol grafiklerine entegre edilerek karar kuralları olu turulmu tur. zleyen alt bölümlerde söz konusu teorik yapı verilmis tir.

2.1 Bulanık Mod Dönü üm Tekni i ile Bulanık Regresyon Kontrol Grafi i

Bulanık mod, f_{mode} olarak gösterilmektedir. F bulanık küme olmak üzere, F'in bulanık mod de eri, üyelik fonksiyonu l'e e it olan bulanık sayının de eridir.

E itlik de verildi i gibi hesaplanmaktadır (Wang ve raz,1990):

$$f_{\text{mode}} = \{x | \sim_F(x) = 1\}, \quad \forall x \in F. \quad (26)$$

Bulanık regresyon kontrol grafi ini ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafi ini bulanık mod dönü üm tekni ini kullanarak dönü türdü ümüz kontrol grafi i sınırları ise;

$$S_{\text{mod},j} = [b_j, c_j] \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \tilde{ÜKS}_{\text{mod}} &= [\tilde{ÜKS}_2, \tilde{ÜKS}_3] & \tilde{ÜKS}_{\text{mod}} &= [\tilde{ÜKS}_{R_2}, \tilde{ÜKS}_{R_3}] \\ O\tilde{C}_{\text{mod}} &= [O\tilde{C}_2, O\tilde{C}_3] & O\tilde{C}_{\text{mod}} &= [O\tilde{C}_{R_2}, O\tilde{C}_{R_3}] \\ A\tilde{KS}_{\text{mod}} &= [A\tilde{KS}_2, A\tilde{KS}_3] & A\tilde{KS}_{\text{mod}} &= [A\tilde{KS}_{R_2}, A\tilde{KS}_{R_3}] \end{aligned} \quad (28) \quad (29)$$

eklinedir. Bulanık regresyon kontrol grafi inde, Bulanık mod dönü üm tekni ini kontrol sınırlarında karar a masında kullanabilmek için S_j de erinin tanımlanması gerekir. S_j ilgili kontrol grafi inin sınırları ve örneklem de erleri kullanılarak elde edilen bir yüzde orandır (Gülbay ve Kahraman, 2006a, 2006b).

$$S_j = \begin{cases} 0 & , X_{b,ij} \geq \tilde{ÜKS}_3 \\ \frac{\tilde{ÜKS}_3 - X_{b,ij}}{X_{c,ij} - X_{b,ij}} & , (A\tilde{KS}_2 \leq X_{b,ij} \leq \tilde{ÜKS}_3) \wedge (X_{c,ij} \geq \tilde{ÜKS}_3) \\ 1 & , (X_{b,ij} \geq A\tilde{KS}_2) \wedge (X_{c,ij} \leq \tilde{ÜKS}_3) \\ 0 & , (X_{c,ij} \leq A\tilde{KS}_2) \end{cases} \quad (30)$$

S_j de eri daha önceden süreç için belirlenen S de eri ile kar ıla tırılarak sürecin kontrol durumuna a a ıda verilen e itlik ile karar verilir (Gülbay ve Kahraman, 2006a, 2006b).

$$S_{i,j} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & , S_j = 1 \left(X_{b,ij} \geq \tilde{A}KS_2 \wedge X_{c,ij} \leq \tilde{Ü}KS_3 \right) \\ \text{süreç kontrol dı unda} & , S_j = 0 \left(X_{b,ij} \geq \tilde{Ü}KS_3 \vee X_{c,ij} \leq \tilde{A}KS_2 \right) \\ \text{kısmen kontrol altında} & , S_j \geq S \\ \text{kısmen kontrol dı unda} & , S_j < S \end{cases} \quad (31)$$

Bulanık de i im aralı ı kontrol grafi i içinde S_j de erinin hesabı

$$S_j = \begin{cases} 0 & , R_{b,j} \geq \tilde{Ü}KS_{R_3} \\ \frac{\tilde{Ü}KS_{R_3} - R_{b,j}}{R_{c,j} - R_{b,j}} & , (\tilde{A}KS_{R_2} \leq R_{b,j} \leq \tilde{Ü}KS_{R_3}) \wedge (R_{c,j} \geq \tilde{Ü}KS_{R_3}) \\ 1 & , (R_{b,j} \geq \tilde{A}KS_{R_2}) \wedge (R_{c,j} \leq \tilde{Ü}KS_{R_3}) \\ 0 & , (R_{c,j} \leq \tilde{A}KS_{R_2}) \end{cases} \quad (32)$$

ve karar durumu

$$S_{i,j} = \begin{cases} \text{kontrol altında} & , S_j = 1 \left(R_{b,j} \geq \tilde{A}KS_{R_2} \wedge R_{c,j} \leq \tilde{Ü}KS_{R_3} \right) \\ \text{süreç kontrol dı unda} & , S_j = 0 \left(R_{b,j} \geq \tilde{Ü}KS_{R_3} \wedge R_{c,j} \leq \tilde{A}KS_{R_2} \right) \\ \text{kısmen kontrol altında} & , S_j \geq S \\ \text{kısmen kontrol dı unda} & , S_j < S \end{cases} \quad (33)$$

hesaplanabilmektedir.

2.2 Bulanık Medyan Dönü üm Tekni i ile Bulanık Regresyon Kontrol Grafi i

Bulanık medyan, f_{med} olarak ifade edilmektedir. f_{med} de eri, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu altındaki e riyi iki e rit alana bölen de erdir.

$$\int_a^{f_{med}} \tilde{~}_F(x) dx = \int_{f_{med}}^d \tilde{~}_F(x) dx = \frac{1}{2} \int_a^d \tilde{~}_F(x) dx \quad (34)$$

ve burada a ve b, F bulanık kümesinin temel de i keninin bitim noktalarıdır. -kesim bulanık medyan de eri ise f_{med}^r ile ifade edilir (Wang ve raz,1990). j. örneklemin -kesim bulanık medyan de eri $S_{med,j}^r$ ile gösterilirse

$$S_{med,j}^r = \frac{1}{4} (a_j^r + b_j + c_j + d_j^r) \quad (35)$$

e itli i ile hesaplanır. Bulanık medyan dönü üm tekni i ile bulanık \tilde{X} -regresyon kontrol grafi inin sınırları ise,

$$\begin{aligned} \tilde{Ü}KS_{med-Re g-\tilde{X},j}^r &= OC_{med-Re g-\tilde{X},j}^r + A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^r + \bar{R}_d^r}{2} \right) \\ OC_{med-Re g-\tilde{X},j}^r &= f_{med-Re g-\tilde{X},j}^r (O\tilde{C}) = \frac{1}{4} \left(\bar{X}_{Re g-a,j}^r + \bar{X}_{Re g-b,j} + \bar{X}_{Re g-c,j} + \bar{X}_{Re g-d,j}^r \right) \\ \tilde{A}KS_{med-Re g-\tilde{X},j}^r &= OC_{med-Re g-\tilde{X},j}^r - A_2 \left(\frac{\bar{R}_a^r + \bar{R}_d^r}{2} \right) \end{aligned} \quad (36)$$

ifadeleri ile olu turulur. $S_{med-Reg-\bar{X},j}^r$ de erinin bulanık regresyon kontrol grafi i için de eri elde edildikten sonra karar kuralı olu turulmaktadır.

$$S_{med-Reg-\bar{X},j}^r = \frac{1}{4} \left(\bar{X}_{Reg-a,j}^r + \bar{X}_{Reg-b,j}^r + \bar{X}_{Reg-c,j}^r + \bar{X}_{Reg-d,j}^r \right) \quad (37)$$

Bulanık \tilde{X} -regresyon kontrol grafi inin sınırlarına dayanarak olu turulan karar kuralı ise a a ıda verildi i gibidir.

$$Sürec\ Kontrol = \left\{ \begin{array}{l} kontrol\ altında , \quad AKS_{med-x}^r \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq \ddot{U}KS_{med-x}^r \\ kontrol\ dı\ tı , \quad d.d \end{array} \right\} \quad (38)$$

Bulanık medyan dönü üm tekni i ile bulanık \tilde{X} -regresyon kontrol grafi inin sınırları olu turup süreç yorumlanırken sürecin de i kenli inin de yorumlanması gerekti inden bulanık de i im aralı ı kontrol grafi inin sınırları ise,

$$\begin{aligned} \ddot{U}KS_{med-R}^r &= D_4 f_{med-R}^r(O\tilde{C}) \\ O\tilde{C}_{med-R}^r &= f_{med-R}^r(O\tilde{C}) = \frac{1}{4} (\bar{R}_a^r + \bar{R}_b^r + \bar{R}_c^r + \bar{R}_d^r) \\ AKS_{med-R}^r &= D_3 f_{med-R}^r(O\tilde{C}) \end{aligned} \quad (39)$$

elde edilir. $S_{med-R,j}^r$ de eri ile bulanık regresyon kontrol grafi i için karar kuralı olu turulur.

$$S_{med-R,j}^r = \frac{1}{4} (R_{a,j}^r + R_{b,j}^r + R_{c,j}^r + R_{d,j}^r) \quad (40)$$

$$Sürec\ Kontrol = \left\{ \begin{array}{l} kontrol\ altında , \quad AKS_{med-R}^r \leq S_{med-R,j}^r \leq \ddot{U}KS_{med-R}^r \\ kontrol\ dı\ tı , \quad d.d \end{array} \right\} \quad (41)$$

Bulanık yamuk sayılar için bulanık regresyon kontrol grafi i ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafiklerini bulanık mod ve bulanık medyan dönü üm tekniklerine entegre ederek karar kuralları elde edildikten sonra, söz konusu grafikler için uygulama ise bulanık medyan dönü üm tekni i ile yapılmı tır.

3. UYGULAMA: BULANIK REGRESYON KONTROL GRAFİ LE YONGA LEVHA YO UNLUK DE ERLERİNİN İNCELENMESİ

Uygulamada bir üretim sürecinden elde edilen her biri 5 birimden olu an 10 örnek için ölçülen toplam 50 birimlik yonga levha yo unluk de eri üzerinde çalı ılmı tır. Süreç ortalamasında meydana gelen kararlı artma e ilimi durumunda regresyon kontrol grafi i kullanılabilecek en uygun kalite kontrol grafi idir. Sürecin ortalamasında meydana gelen bu kararlı artı n sebebi ise genellikle makine eskimesi ve ya alet a nmasıdır. Süreç, ölçüm sisteminden veya çevresel etkenlerden kaynaklanan bir belirsizlik içeriyorsa bulanık regresyon kontrol grafi i süreci modellemede kullanılabilir. Süreçten elde edilen zamana ba lı bulanık yonga levha yo unluk de erlerinin yamuk bulanık sayılarla elde edili i Tablo 1 de verilmi tır.

Tablo 1: Yonga levha yo unluk de erlerine ait 10 örneklemin yamuk bulanık sayı de erleri

Zaman	$X_{a,ij}$	$X_{b,ij}$	$X_{c,ij}$	$X_{d,ij}$
1	608	609.870	609.880	609.900
	608	608.290	608.300	608.400
	639.100	639.600	639.600	639.800
	601.208	601.209	601.209	602
	602.350	602.449	602.450	603.121
2	625.700	625,740	625,750	626
	594.102	595,530	595,540	596
	591	592,720	592,730	593
	605.010	605,030	605,040	606
	597.680	597,690	597,690	597,700
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	649	650.200	650.200	650.289
	632.490	632.580	632.590	633
	650.800	650.840	650.850	650.890
	640.051	640.058	640.059	640.061
	644.760	644.770	644.770	644.880

İgili verilere ili kin ortalama yonga levha de erleri (14-17) e itlikleri ve onların de i im aralı 1 de erleri ise (19-22) e itliklerinden hesaplanarak Tablo 2 de verilmi tir.

Ortalama yonga levha yo unluk de erleri ba ımlı de i ken ve zaman ba ımsız de i ken olmak üzere Regresyon denklemleri a a ıdaki gibi edilmi tir.

$$\bar{X}_{Reg-a,j} = 606.531 + 4.1515t_j \quad (42)$$

$$\bar{X}_{Reg-b,j} = 607.363 + 4.0816t_j \quad (43)$$

$$\bar{X}_{Reg-c,j} = 607.375 + 4.0812t_j \quad (44)$$

$$\bar{X}_{Reg-d,j} = 607.860 + 4.0376t_j \quad (45)$$

Tablo 2: Yonga levha yo unluk de erleri için bulanık aritmetik ortalama ve bulanık de i im aralı 1 de erleri

Zaman	$\bar{X}_{a,j}$	$\bar{X}_{b,j}$	$\bar{X}_{c,j}$	$\bar{X}_{d,j}$	$R_{a,j}$	$R_{b,j}$	$R_{c,j}$	$R_{d,j}$
1	611.731	612.283	612.287	612.644	37.10	38.39	38.39	38.59
2	602.698	603.342	603.350	603.740	32.70	33.02	33.02	35
3	629.198	629.804	629.814	630.338	77.80	79.53	79.53	79.81
4	623.986	624.758	624.782	625.200	13.64	14.32	14.31	15.98
5	629.366	630.161	630.174	630.364	27	27.37	27.39	28.10
6	624.756	625.355	625.366	625.502	30.12	30.46	30.44	31.04
7	640.752	640.886	640.904	641.016	15.84	16	15.96	16.27
8	647.554	647.598	647.606	647.716	41.20	41.34	41.36	41.41
9	640.172	640.235	640.239	640.328	41.91	42.15	42.14	42.29
10	643.420	643.689	643.693	643.824	17.80	18.26	18.26	18.40

Yonga levha yo unluk de erleri için olu turulacak olan bulanık regresyon kontrol grafi i için bulanık yo unluk de erlerinin de i im aralıklarının ortalamasında hesaplanması gerekmektedir. Bulanık yo unluk de erlerinin de i im aralıkları,

$$\bar{R}_a = 33.51 \quad \bar{R}_b = 34.08 \quad \bar{R}_c = 34.08 \quad \bar{R}_d = 34.69 \quad (46)$$

olarak elde edilmiştir. Hesaplanan de erlerle yonga levha yo unluk de erlerinin bulanık regresyon kontrol grafi i sınırları a a ıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} \tilde{ÜKS}_{Reg-\bar{x},j} &= (606.531 + 4.1515t_j + (0.577)(33.51), \\ &607.363 + 4.0816t_j + (0.577)(34.08), \\ &607.375 + 4.0812t_j + (0.577)(34.08), \\ &607.860 + 4.0376t_j + (0.577)(34.69)) \\ &= (625.87 + 4.1515t_j, 627.03 + 4.0816t_j, 627.03 + 4.0812t_j, 627.70 + 4.0376t_j) \end{aligned}$$

$$O\tilde{Ç}_{Reg-\bar{x},j} = (606.531 + 4.1515t_j, 607.363 + 4.0816t_j, 607.375 + 4.0812t_j, 607.860 + 4.0376t_j) \quad (47)$$

$$\begin{aligned} A\tilde{KS}_{Reg-\bar{x},j} &= (606.531 + 4.1515t_j - (0.577)(34.69), \\ &607.363 + 4.0816t_j - (0.577)(34.08), \\ &607.375 + 4.0812t_j - (0.577)(34.08), \\ &607.860 + 4.0376t_j - (0.577)(33.51)) \\ &= (586.51 + 4.1515t_j, 587.69 + 4.0816t_j, 587.70 + 4.0812t_j, 588.26 + 4.0376t_j) \end{aligned}$$

Burada, n=5 için katsayılar tablosundan bakılan tablo de eri $A_2 = 0.577$ olarak alınmıştır (Kolarik.1995).

$$\begin{aligned} &\text{Bulanık yo unluk de erlerinin bulanık de i im aralı ı kontrol grafi i sınırları ise,} \\ \tilde{ÜKS}_R &= 2.114(33.51, 34.08, 34.08, 34.69) = (70.84, 72.05, 72.05, 73.33) \\ O\tilde{Ç}_R &= (33.51, 34.08, 34.08, 34.69) \quad (48) \\ A\tilde{KS}_R &= 0(33.51, 34.08, 34.08, 34.69) = (0, 0, 0, 0) \end{aligned}$$

eklinde hesaplanır. Burada, n=5 için katsayılar tablosundan elde edilen tablo de erleri $D_4 = 2.114$ ve $D_3 = 0$ dır (Kolarik,1995).

Bulanık medyan dönüşüm tekni ini bulanık regresyon kontrol grafi ine entegre edebilmek için -kesim de erini yamuk bulanık sayılara uygulamak gerekmektedir. -kesim de erini yamuk bulanık sayılara uygulayarak ve bu çalışmada $r = 0.75$ alınarak bulanık aritmetik ortalama ve bulanık de i im aralı ı ortalama de erlerinin -kesimlerine ula ılmıştır. Söz konusu hesaplamalar,

$$\bar{X}_{Reg-a,j}^{0.75} = 606.1172 + 2.0234t_j \quad (49)$$

$$\bar{X}_{Reg-d,j}^{0.75} = 607.4962 + 2.0515t_j \quad (50)$$

$$\bar{R}_a^{0.75} = 33.51 + 0.75(34.08 - 33.51) = 33.94 \quad (51)$$

$$\bar{R}_d^{0.75} = 34.69 - 0.75(34.69 - 34.08) = 34.23 \quad (52)$$

Yonga levha yo unluk de erleri için bulanık \tilde{X} regresyon kontrol grafi inin sınırlarının -kesim ile edili i;

$$\begin{aligned}
 \tilde{ÜKS}_{Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= (606.1172 + 2.0234t_j + (0.577)(33.94), \\
 &607.363 + 4.0816t_j + (0.577)(34.08), \\
 &607.375 + 4.0812t_j + (0.577)(34.08), \\
 &607.4962 + 2.0515t_j + (0.577)(34.23)) \\
 &= (625.7005 + 2.0234t_j + 627.03 + 4.0816t_j, 627.03 + 4.0812t_j, 627.3046 + 2.0515t_j) \\
 \tilde{OÇ}_{Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= (606.1172 + 2.0234t_j, 607.363 + 4.0816t_j, 607.375 + 4.0812t_j, 607.4962 + 2.0515t_j) \quad (53) \\
 \tilde{AKS}_{Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= (606.1172 + 2.0234t_j - (0.577)(33.94), \\
 &607.363 + 4.0816t_j - (0.577)(34.08), \\
 &607.375 + 4.0812t_j - (0.577)(34.08), \\
 &607.4962 + 2.0515t_j - (0.577)(34.23)) \\
 &= (586.3665 + 2.0234t_j + 587.69 + 4.0816t_j, 587.70 + 4.0812t_j, 587.9128 + 2.0515t_j)
 \end{aligned}$$

-kesim bulanık \tilde{R} kontrol grafi inin sınırlarının de erleri

$$\begin{aligned}
 \tilde{ÜKS}_R^{0.75} &= 2.114(33.94, 34.08, 34.08, 34.23) = (71.75, 72.05, 72.05, 72.36) \\
 \tilde{OÇ}_R^{0.75} &= (33.94, 34.08, 34.08, 34.23) \quad (54) \\
 \tilde{AKS}_R^{0.75} &= 0(33.94, 34.08, 34.08, 34.23) = (0, 0, 0, 0)
 \end{aligned}$$

eklinde bulunur.

Bulanık medyan dönü üm tekni i ile yonga levha yo unluk de erleri için bulanık \tilde{X} -regresyon kontrol grafi inin de erleri e itliklerde verildi i gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned}
 \tilde{ÜKS}_{med-Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= 626.4737 + 2.0374t_j \\
 \tilde{OÇ}_{med-Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= 607.0879 + 3.0594t_j \quad (55) \\
 \tilde{AKS}_{med-Reg-\bar{X},j}^{0.75} &= 587.1396 + 2.0374t_j
 \end{aligned}$$

Bulanık medyan dönü üm tekni i ile bulanık de i im aralı ı kontrol grafi i içinde kontrol grafi i sınırlarının olu turulması gerekmektedir. -kesim bulanık \tilde{R} kontrol grafi inin bulanık medyan tekni ine dayalı kontrol sınırları yonga levha yo unluk de erleri için a a ıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 \tilde{ÜKS}_{med-R}^{0.75} &= 2.114(34.0825) = 72.0504 \\
 \tilde{OÇ}_{med-R}^{0.75} &= 34.0825 \quad (56) \\
 \tilde{AKS}_{med-R}^r &= 0
 \end{aligned}$$

Tablo 3: Bulanık regresyon kontrol grafi i için bulanık medyan kontrol sınırları ve süreç kararı

t	$S_{med-\bar{X},j}^r$	$587.4208+3.0594t_j \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 626.7549+3.0594t_j$	Süreç Kontrol
1	610.1473	$590.4802 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 629.8143$	Kontrol Altında
2	613.2067	$593.5397 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 632.8737$	Kontrol Altında
3	616.2661	$596.5991 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 635.9332$	Kontrol Altında
4	619.3256	$599.6585 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 638.9926$	Kontrol Altında
5	622.3850	$602.7179 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 642.0520$	Kontrol Altında
6	625.4444	$605.7774 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 645.1114$	Kontrol Altında
7	628.5038	$608.8368 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 648.1709$	Kontrol Altında
8	631.5633	$611.8962 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 651.2303$	Kontrol Altında
9	634.6227	$614.9556 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 654.2897$	Kontrol Altında
10	637.6821	$618.0151 \leq S_{med-Reg-\bar{X},j}^r \leq 657.3491$	Kontrol Altında

Tablo 3 incelendi inde bulanık medyan dönü üm tekni ine dayalı bulanık regresyon kontrol de erlerine ait tüm yonga levha ortalama yo unluk de erleri kontrol altındadır.

Tablo 4: Bulanık de i im aralı ı kontrol grafi i için bulanık medyan kontrol sınırları ve süreç kararı

t	$S_{med-R,j}^r$	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Süreç Kontrol
1	38.398	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
2	33.866	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
3	79.544	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Dı ında
4	15.003	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
5	27.672	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
6	30.695	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
7	16.106	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
8	41.363	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
9	42.196	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında
10	18.293	$0 \leq S_{med-R,j}^r \leq 72.0504$	Kontrol Altında

Tablo 4 incelendi inde ise bulanık medyan dönü üm tekni ine dayalı bulanık de i im aralı ı kontrol de erlerine ait 3.örneklem için bulanık yo unluk de i im de eri kontrol altında de ildir.

4. SONUÇ VE YORUMLAR

statistiksel süreç kontrolünde, sürecin ortalamasında ve de i kenli inde meydana gelen düzenli artı ve azalı ı, dalgalanmaları ve kaymaları yakalamak ve süreci daha erken kontrol altına almak oldukça önemlidir. Süreç ortalamasında meydana gelen kararlı artı ve azalı ları ortaya koymada ve süreçte bir a nma söz konusu oldu unda ise regresyon kontrol grafi ini kullanmak uygun olmaktadır. Süreç, ölçüm sisteminden veya çevresel etkenlerden kaynaklanan bir belirsizlik içeriyorsa sürecin modellenmesi bulanık regresyon kontrol grafi i ile olmalıdır. Bu çalı mada, bulanık regresyon kontrol grafi i ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafi inin teorik yapısı bulanık mod ve bulanık medyan dönü üm teknikleri kullanarak ilk defa olu turulmu tur. Uygulamada yonga levha yo unluk de erleri, bulanık medyan dönü üm tekni ine dayalı bulanık regresyon kontrol grafi i ve bulanık de i im aralı ı kontrol grafi i ile modellenmi tir. Uygulama sonucunda ise yonga levha yo unluk de erlerine ait sürecin ortalamada kontrol altında iken de i kenlikte kontrol altında olmadı ı sonucuna varılmı tir.

TE EKKÜR

Makale; Anadolu Üniversitesi 1505F293 nolu Yayın ve Ara tırma Te vik Projesi ile desteklenmi tir, bu kapsamda te ekkürlerimi bildiririm.

KAYNAKÇA

- Chakravarty, A. K. and Shtub A., (1985)“New Technology Investments in Multistage Production Systems”, *Decision Science*, vol. 16(3), 248-264.
- Burnak ,N. (1997). *Toplam kalite yönetimi-istatistiksel süreç kontrolü*, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, TEKAM yayın No: TS-97-008-NB.
- Cheng.,C.B. (2005). Fuzzy Process Control: Construction of Control Charts with Fuzzy Numbers, *Fuzzy Sets and Systems*,154 ,287-303.
- El-Shal ,S.M. and Morris, A.S. (2000). A Fuzzy Rule-Based Algorithm to Improve The Performance of Statistical Process Control in Quality Systems, *Journal of Intelligent Fuzzy Systems*, 9 ,207-223.
- Erginel, N. (2008). Fuzzy Individual and Moving Range Control Charts with -cuts, *Journal of Intelligent Fuzzy Systems*, 19, 373-383.
- Erginel, N; entürk, S; Kahraman, C ve Kaya . (2011). Evaluating the Packing Process in Food Industry using Fuzzy \tilde{X} and \tilde{S} Control Charts, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4, 509-520.
- Erginel, N. (2014).Fuzzy Rule Based p-np Control Charts, *Journal of Intelligent Fuzzy Systems*, 27, 159-171.
- Faraz A. and Moghadam.M.B. (2007). Fuzzy Control Chart A Beter Alternative for Shewhart Average Chart, *Quality & Quantity*, 41,375-385.
- Gülbay M. and Kahraman, C.(2006a) Development of Fuzzy Process Control Charts and fuzzy Unnatural Pattern Analyses, *Computational Statistics and Data Analysis*,51, 434-451.
- Gülbay M. and Kahraman.C. (2006b). An Alternative Approach to Fuzzy Control Chart: Direct Fuzzy Approach, *Information Sciences*,77, 1463-1480.
- Gülbay,M; Kahraman C. and Ruan D. (2004). -Cut Fuzzy Control Chart for Linguistic Data, *International Journal of Intelligent Systems*, 19, 1173-1196.

- Hsu, H.M. and Chen, Y.K. (2001). A Fuzzy Reasoning Based Diagnosis System for \bar{X} Control Charts, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 12, 57-64.
- Kanagawa, A ;Tamaki, F. and Ohta, H. (1993).Control Charts for Process Average And Variability Based on Linguistic Data, *Intelligent Journal of Production Research*, 3, 913-922.
- Klir, J.G. and Yuan, B. (1995).*Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*, Prentice Hall , New Jersey.
- Kolarik W J. (1995), *Creating Quality Concepts, Systems, Strategies and Tools*, McGraw Hill.
- Mandel, J. (1969). The Regression Control Chart, *Journal of Quality Technology*, 1 .
- Montgomery, D.C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons. Inc. USA.
- Özdamar, .H. (2013).Regrsyon Kontrol Kartı ve Bir Çalı ma, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 134-137.
- Raz ,T. and Wang,J.H. (1990). Probabilistic and memberships approaches in the construction of control chart for linguistic data, *Production Planning and Control*,1,147-157.
- Rowland, H. and Wang, L.R. (2000). An Approach of Fuzzy Logic Evaluation and Control in SPC, *Quality Reliability Engineering Intelligent*,16, 91-98.
- enol, F. (2000). Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Gazi Üniversitesi Lisans Tezi, Ankara,
- entürk,S. and Erginel,N.(2009). Development of fuzzy $\tilde{X} - \tilde{R}$ and $\tilde{X} - \tilde{S}$ control charts using Γ - cuts, *Information Sciences*, 179, 1542-1551.
- entürk, S, Erginel, N Kaya, and Kahraman, C.(2011).Design of fuzzy \tilde{u} Control charts, *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 17,459-473.
- entürk, S. (2010). Fuzzy Regression Control Chart Based on α -Cut Approximation, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3, 123-140.
- Taheri, S.M.(2003).Trends in Fuzzy Statistics, *Austrian Journal of Statistics*, 32, 239-257.
- Timothy, J.R. (1995). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Mc Graw-Hill, Newyork,
- Türkbey, O. (2003). Makina Sıralama Problemlerinde çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik. Mimarlık. Fakülte Dergisi*, 18, 63-77.
- Wang, J.H. and Raz, T. (1990). On The Construction of Control Charts using Linguistic Variables, *Intelligent Journal of Production Research*, 28, 477-487.
- Zadeh, L.A.(1965).Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8, 338-353.