

JOBS

İşletme Bilimi Dergisi
2020
Cilt:8 Sayı:3



JOBS

İşletme Bilimi Dergisi
The Journal of Business Science

Sakarya Üniversitesi / Sakarya University
İşletme Fakültesi / Sakarya Business School

i

Cilt/Volume : 8
Sayı/Issue : 3
Yıl/Year : 2020

ISSN: 2148-0737
DOI: 10.22139/jobs

İNDEKS BİLGİLERİ/ INDEXING INFORMATION



Kurucu Sahip/Founder

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ

İmtiyaz Sahibi / Owner

Prof. Dr. Kadir ARDIÇ

Editör / Editor

Prof. Dr. Mahmut AKBOLAT

Editör Yardımcıları / Assoc. Editors

Prof. Dr. Mustafa Cahit UNGAN

Arş. Gör. Dr. Özgün ÜNAL

Mizanpaj Editörü / Layout Editor

Arş. Gör. Mustafa AMARAT

Danışma Kurulu/Advisory Board

Prof. Dr. Ahmet Vecdi CAN	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent SEZEN	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof. Dr. Dilaver TENGİLİMOĞLU	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Erman COŞKUN	İzmir Bakırçay Üniversitesi
Prof. Dr. Kadir ARDIÇ	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet BARCA	Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Neşet HİKMET	South Carolina Üniversitesi
Prof. Dr. Nihat ERDOĞMUŞ	İstanbul Şehir Üniversitesi
Prof. Dr. Orhan BATMAN	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Recai COŞKUN	İzmir Bakırçay Üniversitesi
Prof. Dr. Remzi ALTUNIŞIK	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Selahattin KARABINAR	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Sıdıka KAYA	Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Şevki ÖZGENER	Nevşehir Üniversitesi
Prof. Dr. Türker BAŞ	Galatasaray Üniversitesi
Doç. Dr. Surendranath Rakesh JORY	Southampton Üniversitesi

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Kadir ARDIÇ
Prof. Dr. Mahmut AKBOLAT
Prof. Dr. Mustafa Cahid ÜNĞAN
Arş. Gör. Dr. Özgün ÜNAL

Sekreteryaya / Secreteria

Arş. Gör. Mustafa AMARAT
Arş. Gör. Ayhan DURMUŞ

iv

Dergimize yayınlanmak üzere gönderilen makalelerin yazımında etik ilkelere uyulduğu ve yazarların ilgili etik kurulundan gerekli yasal onayları aldığı varsayılmaktadır. Bu konuda sorumluluk tamamen yazarlara aittir. İşletme Bilimi Dergisi'nde yer alan makalelerin bilimsel sorumluluğu yazara aittir. Yayınlanmış eserlerden kaynak gösterilmek suretiyle alıntı yapılabilir.

It is assumed that the articles submitted for publication in our journal are written in ethical principles and the authors have obtained the necessary legal approvals from the relevant ethics committee. The responsibility of this matter belongs to the authors. Scientific responsibility for the articles belongs to the authors themselves. Published articles could be cited in other publications provided that full reference is given.

İşletme Bilimi Dergisi; www.dergipark.gov.tr/jobs Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi jobs@sakarya.edu.tr Esentepe Kampüsü 54187 Serdivan/SAKARYA

Bu Sayıda Katkıda Bulunan Hakemler *Reviewers List of This Issue*

İşletme Bilimi Dergisi
2020
Cilt:8 Sayı:3

Prof. Dr. Burhanettin ZENGİN	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Semra BORAN	Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Aydın YILMAZER	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Doç. Dr. Emrah ÖZSOY	Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Samet GÜNER	Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Sema POLATÇI	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Sema YİĞİT	Ordu Üniversitesi
Doç. Dr. Vahit YİĞİT	Süleyman Demirel Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KAR	Kırıkkale Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Emre ORUÇ	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ersin IRK	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Fatih BUDAK	Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CANKAYA	Hitit Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Musa Said DÖVEN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIRIM	Sakarya Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurperihan TOSUN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÖZTÜRK	İzmir Bakırçay Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Rojan GÜMÜŞ	Dicle Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Sedat DURMUŞKAYA	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Serkan DENİZ	Yalova Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Serap TAŞKAYA	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Dr. Elif Elçin GÜNAY	Sakarya Üniversitesi
Dr. Mustafa KOÇ	Sakarya Üniversitesi

Değerli Bilim İnsanları,

İşletme Bilimi Dergisinin 8. Cilt 3. Sayısı ile sizlerin huzurunda olmaktan gurur duyuyoruz. İşletme Bilimi Dergisi olarak faaliyete başladığımız ilk günden bu yana İşletme Biliminin farklı disiplinlerinden yayınlar ile hazırlanmış, zengin içerikler ile alana katkı sağlama gayesindeyiz. Bu sayımızda da yayınlanan 7 makalemiz ile bu gayemizi gerçekleştirmenin mutluluğunu hissediyoruz.

Sayımızın ilk makalesi Murat NAZLI ve Hande ARBAK tarafından hazırlanan "Hastanelerde sağlık hizmetleri hakkındaki e-şikayetlerin stratejik önemi" başlıklı makaledir. Makalede sağlık endüstrisindeki hastaların e-şikayetlerinin stratejik önemini anlamak ve analiz etmek amaçlanmaktadır. Ortaya koyduğu sonuçlar bakımından sağlık yöneticilerin önemli doneler sunan makalenin alana katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Sayımızın ikinci makalesi Ferda ALPER AY ve Canan UÇAR YENİHAYAT kaleminden çıkan "112 acil sağlık çalışanlarının hasta güvenliği kültürü algılarının incelenmesi" başlıklı makaledir. Makalede günümüzün önemli konularından olan hasta güvenliği hakkında 112 acil servis çalışanlarının algılarının bazı sosyo-demografik özelliklere göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Makalenin Sağlık Yönetimi alanına katkı sağlayacağına inanmaktayız.

Sayımızın bir diğer makalesi Sibel SATICI, Recep SATICI ve Burcu ÖZCAN'ın hazırlanmış olduğu, programlanabilir güç kaynağı cihazının ölçüm yeterliliğinin analiz edilmesi amaçlanan, "Programlanabilir güç cihazının ölçüm yeterliliğinin GAGE R&R ile analiz edilmesi" başlıklı makaledir. Makalenin ortaya koymuş olduğu sonuçların e ölçüm sisteminin yeterliliğinin belirlenmesinin kalite iyileştirme çalışmaları için önemli bir unsur olması nedeniyle alana ve uygulamaya katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Ercan TAŞKIN, H. Yelda ŞENER ve Betül BİLGİÇ tarafından hazırlanan "Eskişehir destinasyon markasının geliştirilmesinde lületaşı" başlıklı makalemiz Eskişehir destinasyon markasının geliştirilmesine yönelik olarak lületaşı işlemeciliğini; eğitim, ürün tasarımı, tanıtım, destinasyon marka imajına ve şehrin ekonomisine katkısı bakımından durum değerlendirmesi, sorun tespiti ve öneriler sunmak amacıyla hazırlanmıştır. Turizm alanına katkı sağlayacağını düşündüğümüz makalemizin sonuçları oldukça ilgi çekicidir.

Sayımızın beşinci makalesi Güler SAĞLAM ARI, Nuray GÜNERİ TOSUNOĞLU ve Berrin FİLİZÖZ tarafından kaleme alınan; örtük liderlik teorileri çerçevesinde kadınların ve erkeklerin zihinlerindeki lider ve kadın lider prototiplerini ortaya koymayı amaçlamayan "Yönetici bir kadın ise lider prototipi farklılaşır mı?" başlıklı makalemizdir. Çalışmada lider olarak seçilme ve etkili bulunmada kritik olan örtük liderlik teorilerinin açıklanması, Türkiye'de kadınların karşı karşıya kaldıkları

zihinsel kalıpları görmek açısından önem arz ettiğine inanmaktayız.

Sayımızda yer alan bir diğer makalede Dursun KELEŞ ve Abitter ÖZULUCAN havayolu işletmelerinin finansal performanslarının rasyo yöntemi ile analiz edilerek sonuçların ortaya konulmasını amaçlamaktadır. "Havacılık işletmelerinde Rasyo yöntemi ile finansal performans ölçümü: Borsa İstanbul (BİST)'da işlem gören iki havayolu işletmesi üzerine bir araştırma" başlıklı bu makalemizin havayolu işletmeleri yöneticilerinin ve diğer finansal bilgi kullanıcıların alacakları kararların sağlıklı olabilmesi için, havayolu işletmelerinin finansal performanslarının ölçülmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi büyük önem arz etmekte bakımından literatüre katkı sağlayacağı inancındayız.

Sayımızın yedinci makalesi olan ve Nurzahit KESKİN'in kaleme aldığı "Bir yönetim gurusu olarak Alfred D. Chandler ve işletme tarihi üzerindeki etkilerine yönelik analitik bir değerlendirme" başlıklı makalenin amacı modern işletme tarihinin babası kabul edilen Alfred D. Chandler, Jr.'ın işletme tarihi üzerindeki etkilerine yönelik analitik bir değerlendirme yapmaktır. Makalenin İşletme Bilimine gönül veren herkesin okuması gereken bir eser olduğunu düşünüyoruz.

Önceki sayılarımızda olduğu gibi bu sayımızda da gerçekleştirdiğimiz, işletmeciliğin farklı disiplinlerinden değerli çalışmaları bir araya getirmek artık dergimizin geleneği haline gelmiştir. Sayımıza katkı sunan bilim insanlarına kıymetli çalışmalarıyla zengin bir içerik sunmamıza olana verdikleri için şükran duyuyoruz. Dergi politikası olarak bundan sonraki sayılarımızda da işletme bilimine dayalı farklı disiplinlerden gelen çalışmaları yayınlamaya özen göstereceğiz. Sayımızın hazırlanmasına katkı sunan hakemlerimize, editör kurulumuza, danışma kurulumuza ve dergi sekreteryamıza teşekkürlerimi sunarım. Dergimizin okurlarımız ve bilim insanlarına faydalı olması dilekleriyle sonraki sayılarımızda işletmeciliğin güncel çalışmalarını bilim dünyasının hizmetine sunmak için siz değerli bilim insanları ve araştırmacıların katkılarını bekliyoruz.

Saygılarımızla...

Prof. Dr. Mahmut AKBOLAT

Editör

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Yıl (Year) 2020 Cilt (Vol.) 8 Sayı (No) 3

İşletme Bilimi Dergisi

2020

Cilt:8 Sayı:3

Araştırma Makaleleri/Research Articles

- The strategic importance of e-complaints about the health services of the hospitals**
Hastanelerde sağlık hizmetleri hakkındaki e-şikayetlerin stratejik önemi 373-398
Murat NAZLI ve Hande ARBAK
-
- Uluslararası Mesleki Uygulama Çerçevesi Açısından İç Denetim Süreci Ve Değerlendirilmesi**
Internal Audit Process And Evaluation In Terms Of International Professional Practices Framework 399-425
Ferda ALPER AY ve Canan UÇAR YENİHAYAT
-
- Programlanabilir güç cihazının ölçüm yeterliliğinin GAGE R&R ile analiz edilmesi**
Measuring qualification of the programmable power device By Gage R&R analysis 427-449
Sibel SATICI, Recep SATICI ve Burcu ÖZCAN
-
- Eskişehir destinasyon markasının geliştirilmesinde lületaşı**
Meerschaum in the development of eskişehir destination brand 451-475
Ercan TAŞKIN, H. Yelda ŞENER ve Betül BİLGİÇ
-
- Yönetici bir kadın ise lider prototipi farklılaşır mı?**
Is the leader prototype different if the manager is a woman? 477-501
Güler SAĞLAM ARI, Nuray GÜNERİ TOSUNOĞLU ve Berrin FİLİZÖZ
-
- Havacılık işletmelerinde Rasyo yöntemi ile finansal performans ölçümü: Borsa İstanbul (BİST)'da işlem gören iki havayolu işletmesi üzerine bir araştırma**
Measurement of financial performance by ratio method in aviation enterprises: a research on two airlines enterprises trading in the Istanbul stock market 503-534
Dursun KELEŞ ve Abitter ÖZULUCAN

Biografi/Biography

- Bir yönetim gurusu olarak Alfred D. Chandler ve işletme tarihi üzerindeki etkilerine yönelik analitik bir değerlendirme**
Alfred D. Chandler as a management gurus and an analytical evaluation on his effects on business history 535-562

PROGRAMLANABİLİR GÜÇ CİHAZININ ÖLÇÜM YETERLİLİĞİNİN GAGE R&R İLE ANALİZ EDİLMESİ

Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi

427

Arş. Gör. Sibel SATICI

*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
sibel.ozkardes@kocaeli.edu.tr*

ORCID ID: 0000-0002-2010-833X

Recep SATICI

*Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
receptsatici1992@gmail.com*

ORCID ID: 0000-0002-0869-476X

Dr. Öğr. Üyesi Burcu ÖZCAN

*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr*

ORCID ID: 0000-0003-0820-4238

ÖZ

Amaç: Günümüzde kalite iyileştirme çalışmalarının asıl amacı değişkenliği azaltarak hatalı ürün üretimini en düşük seviyede gerçekleştirmektir. Kaliteyi arttırmak için yapılan çalışmalardan önce ölçüm sisteminin yeterliliğinin incelenmesi gerekmektedir. Çünkü üretim sürecinde uygun olmayan bir ürün üretildiğinde sürecin yeterliliği ile ilgili bir sorun olmamasına rağmen eğer ölçüm sistemi bunu ölçebilecek yeterliliğe sahip değilse ya da ölçüm hatalarından kaynaklanan değişkenlikler mevcut ise yapılacak kalite iyileştirme çalışmaları sonuçsuz kalabilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için öncelikle ölçüm sisteminin yeterliliğinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada programlanabilir güç kaynağı cihazının ölçüm yeterliliğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Ölçüm sistemindeki değişkenlik tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik olmak üzere iki bileşene sahiptir. Tekrar edilebilirlik ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenliği ifade ederken, tekrar üretilebilirlik ise operatör ve operatör-parça etkileşiminden kaynaklanan değişkenliği ifade etmektedir. Bu değişkenliklerin analizi Gage R&R analizi olarak ifade edilmektedir. Bu analiz için genellikle Varyans Analizi (ANOVA) yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada güç kaynağı cihazının ölçüm yeterliliğinin Gage R&R analizi için ANOVA yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular: Bu çalışmada, beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın güvenlik laboratuvarındaki programlanabilir güç kaynağı cihazının EN 60335-1

standardına göre çay makinesi güç ölçümü için yeterliliği Gage R&R yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada, 3 operatör farklı zaman dilimlerinde 10 adet çay makinesinin 2'şer kez gücünü ölçmüştür.

Sonuç: Analizden elde edilen sonuçlar toplam değişkenliğin %1,34'ünün ölçüm sisteminin değişkenliğinden, %98,66'sının ise parça değişkenliğinden kaynaklandığını göstermektedir. Ölçüm sisteminin değişkenliğinin %1,24'ü operatörden, %0,10'u ise ölçüm cihazından kaynaklanmaktadır. Ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan göstergelerden birisi olan %R&R, ölçüm sisteminin hassasiyetinin toplam toleransa oranını yüzdesel olarak ifade eden %P/T ve ölçüm sisteminin kalitesine ilişkin göstergelerden birisi olan ve farklı kategori sayısı olarak da ifade edilebilen Sinyal-gürültü oranı (SNR) değerleri ele alınmıştır. Analiz sonucunda %R&R değeri 11,56; %P/T değeri 9,87; SNR değeri ise 12 olarak elde edilmiştir. Bu değerler literatürde belirtilen istenilen değerlere sahip olduğundan ölçüm sisteminin çay makinesinin gücünü ölçmek için yeterli olduğunu söylemek mümkündür.

Anahtar kelimeler: Programlanabilir Güç Cihazı, Gage R&R Analizi, Ölçüm Sistemi

MEASURING QUALIFICATION OF THE PROGRAMMABLE POWER DEVICE BY GAGE R&R ANALYSIS

ABSTRACT

Aim: Today, the main purpose of quality improvement studies is to reduce the variability and realize the production of faulty products at the lowest level. Sufficiency of the measurement system should be examined before the studies to increase the quality are conducted. Because when an inappropriate product is produced in the production process, although there is no problem with the adequacy of the process, if the measurement system is not capable of measuring it or there are variations due to measurement errors, the quality improvement studies to be performed may be inconclusive. In order not to waste the efforts made to increase the quality, it is necessary to analyze the adequacy of the measurement system first. This study aims to analyze the measurement capability of the programmable power supply device.

Method: The variability in the measuring system has two components: repeatability and reproducibility. Repeatability refers to variability arising from the measuring instrument, while reproducibility refers to variability arising from operator and operator-part interaction. The analysis of these variations is expressed as Gage R&R analysis. Analysis of variance (ANOVA) method is generally used for this analysis. In this study, ANOVA method was used for Gage R&R analysis of the measurement capability of the power supply device.

Findings: In this study, the adequacy of the programmable power supply device in the security laboratory of a company operating in the white goods sector for tea machine power measurement according to EN 60335-1 standard was analyzed by Gage R&R method. In the study, 3 operators measured the power of 10 tea machines 2 times at different times.

Result: The results obtained from the analysis show that 1.34% of the total variability is caused by the variability of the measurement system and 98.66% is due to the part variability. 1.24% of the variability of the measurement system is caused by the operator and 0.10% is due to the measuring device. To evaluate the acceptability of the measurement system, %R&R, which is one of the indicators commonly used, %P/T, which expresses the ratio of the sensitivity of the measurement system to the total tolerance as a percentage, and the Signal-to-noise ratio (SNR, which can also be expressed as the number of different categories) values, which is one of the indicators of the quality of the measurement system, were discussed. According to the results obtained from the analysis, the %R&R value is 11.56; %P/T value 9.87; SNR value was obtained as 12. Since these values have the desired values stated in the literature, it is possible to say that the measuring system is sufficient to measure the power of the tea machine.

Keywords: Programmable Power Device, Gage R&R Analysis, Measurement System

**Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi**

429

I. GİRİŞ

Kalite iyileştirme çalışmalarının amaçları arasında değişkenliği azaltma ve hatalı ürün üretimini sıfıra indirme bulunmaktadır. Bir ürünün uygun olmadığı tespit edildiğinde genellikle değişkenlik prosesle ilişkilendirilir ve bu nedenle proses kapasitesini artırmak için iyileştirmeler yapılmaktadır. İzlenen sürecin doğru olmasına rağmen ölçüm sisteminin yetersizliği sebebiyle iyileştirme için harcanan çabalar sonuçsuz kalabilmektedir. Ölçüm sisteminin yeterli olduğu durumlarda ise ölçüm yaparken yapılan hatalar proses değişkenliği ile karşılaştırıldığında kabul edilemez seviyede olabilmektedir. Bu nedenle iyileştirme çalışmalarından önce bir ölçüm sisteminin ya da üretim sürecinin değişkenliğinin incelenmesi gerekmektedir. Bu durum ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığının nasıl belirlenmesi gerektiği problemini ortaya çıkarmıştır.

Üretim ortamında, laboratuvar ortamında ya da herhangi bir araştırmada eğer bir ölçüm sistemi kullanılacaksa bunun öncelikle doğrulanması gerekmektedir. Çünkü ölçümlerin toleranslar içerisinde yer alıp almadığının belirlenmesi ancak yeterli bir ölçüm sisteminin varlığı ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle bir ölçüm sisteminin yeterliliğinin belirlenmesi kalite iyileştirme çabaları için önemli bir unsurdur. Bir ölçüm

sistemi ile bir parçanın boyutlarının ölçüldüğünü varsaydığımızda, ölçüm sistemi bize her zaman parçanın kesin boyutuna ilişkin sonuçları vermemektedir. Ölçüm sisteminin yetersizliğinden dolayı yapılan yanlış ölçümler ürünün kalite açısından doğru değerlendirilememesine neden olabilmektedir. Ölçülen değerler bazı hatalardan dolayı gerçek değerden sapan ölçümlerdir. Bu ölçüm işlemi sırasında meydana gelen değişkenliğin bir kısmı ölçülen parçadan bir kısmı operatörden bir kısmı da ölçüm sisteminden kaynaklanabilmektedir. Genellikle ölçüm sistemini iyileştirme çalışmalarının üç amacı bulunmaktadır. Bunlar, ölçülen toplam değişkenliğin ne kadarının ölçüm sistemine bağlı olduğunu belirlemek; sistemdeki değişkenlik kaynaklarını izole etmek ve daha kapsamlı bir projede ya da uygulamada sistemin kullanılıp kullanılmayacağı konusunda karar vermektir (Burdick, 2003). Birçok ölçüm sistemi yeterlilik çalışmasında, ölçüm sistemi parça üzerinde farklı operatörler tarafından farklı zaman dilimlerinde tekrar ölçümler elde etmek için kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda ölçüm sisteminin değişkenliği iki bileşenden oluşmaktadır. Bunlar, tekrar edilebilirlik (repeatability) ve tekrar üretilebilirlik (reproducibility) (AIAG, 2002). Tekrar edilebilirlik, sistemde aynı parça için aynı operatör ve aynı zaman dilimlerinde ölçüm yapıldığında sistemden ya da ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenliği ifade etmektedir. Tekrar üretilebilirlik ise operatörlerden ya da zamandan kaynaklanan değişkenliği ifade etmektedir. Bu yapılan çalışmalarda sistemin tekrar edilebilirliği ve tekrar üretilebilirliği Gage R&R şeklinde ifade edilmektedir.

Gage R&R çalışmaları, çeşitli endüstriyel uygulamalardaki ölçüm sistemlerini değerlendirmek için yaygın olarak yürütülmüştür. Gage R&R çalışmalarında sistemi analiz etmek ve değişkenlik bileşenlerini tahmin etmek için iki yönlü ANOVA kullanımı oldukça yaygındır (Al-Refaie & Bata, 2010). Vardeman ve Vanvalkenburg (1999) tarafından yapılan çalışmada iki yönlü rastgele etki modellerinin Gage R&R çalışmaları için kullanımı mevcut uygulamalara eleştirel bir gözle bakmak ve bazı basit gelişmelere işaret etmek amacıyla basit terimlerle açıklanmıştır.

Bu çalışmada, beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın güvenlik laboratuvarındaki programlanabilir güç kaynağı cihazının TS EN 60335-1 standardına göre çay makinesi güç ölçümü için yeterliliği Gage R&R yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada, firma tarafından üretimi yapılan 10 adet çay makinesi için 3 operatör tarafından farklı zaman dilimlerinde 2'şer kez güç ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sisteminin yeterliliğinin belirlenmesi problemini çözmek için farklı yöntemlerin kullanıldığı analizler yapılmaktadır. Bu çalışmada ise Gage R&R analizi için ANOVA yöntemi

kullanılmıştır. Ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan göstergelerden birisi olan %R&R, ölçüm sisteminin hassasiyetinin toplam toleransa oranını yüzdesel olarak ifade eden %P/T ve ölçüm sisteminin kalitesine ilişkin göstergelerden birisi olan Sinyal-gürültü oranı (SNR) değerleri ele alınmıştır. Analizden elde edilen sonuçlar toplam değişkenliğin %1,34'ünün ölçüm sisteminin değişkenliğinden %98,66'sının ise parça değişkenliğinden kaynaklandığını göstermektedir. Ölçüm sisteminin değişkenliğinin %1,24'ü tekrar üretilebilirlikten %0,10'u ise tekrar edilebilirlikten kaynaklanmaktadır. Yapılan analizden elde edilen sonuçlara göre %R&R değeri 11,56; %P/T değeri 9,87; SNR değeri ise 12 olarak elde edilmiştir. Bu değerler literatürde belirtilen istenilen değerlere sahip olduğundan ölçüm sisteminin çay makinesinin gücünü ölçmek için yeterli olduğunu söylemek mümkündür.

1.1. Literatür İncelemesi

Literatürde Gage R&R analizi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Otomotiv sektörü, sağlık sektörü, ilaç sektörü, enerji sektörü gibi farklı alanlarda bu konuyla ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Burdick ve ark. (2003) çalışmalarında varyans analizini göz önünde bulundurarak ölçüm sistemlerinin yeterliliklerinin incelenmesi üzerine istatistiksel yöntemler üzerinde durmuştur. ANOVA yöntemindeki ilgili parametrelere ilişkin güven aralığı oluşturulması vurgulanmıştır. Güven aralığı oluşturulmasına ilişkin kullanılan uyarlanmış geniş örneklem yöntemine ilişkin ele alan bir yaklaşıma Burdick ve Larsen (1997) tarafından yapılan çalışmada yer verilmiştir.

Gao et al. (2007) yaptıkları çalışmada ilaç sektöründeki dissolüsyon test ölçüm sistemlerinin aparat, operatör ve tablet kaynaklı değişkenliğini incelemek üzere Gage R&R kullanmıştır.

Erdman et al. (2010) sağlık sektöründe yaptıkları çalışmada hemşirelerin kulak termometresi ile yaptıkları vücut sıcaklığı ölçümlerini Gage R&R analizinin ilkeleri doğrultusunda değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucunda Gage R&R çalışması, mevcut ölçüm prosedürü ile bir ölçümün gerçek sıcaklıktan 0,64 dereceye kadar değişebileceğini göstermiştir. Bu da yapılan ölçümlerin güvenilirliğinin %99 olduğunu göstermektedir.

Peruchi ve ark. (2013) çalışmalarında korelasyon özelliklerine sahip ölçüm sistemlerinin Gage R&R yöntemi ile nasıl analiz edildiği araştırmıştır. Bu çalışmanın literatüre katkısı ölçüm sisteminin çok değişkenli analizi için ağırlıklı ana bileşenlerin göz önünde bulundurulduğu bir yöntem önermesidir.

Aquila ve ark. (2018) iç içe Gage R&R yöntemini kullanarak Brezilya'da rüzgar enerjisi üreten dört ana eyalette ortalama rüzgar hızı davranışlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu dört eyalette 2012-2015 yılları arasında her aya ilişkin rüzgarın ortalama hızları toplanmıştır. Bu çalışmada mevsimsellik etkisi, yıllar boyunca tekrarlanan ölçümler ve eyaletler arasındaki rüzgar ortalama hızı arasındaki fark değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu üç faktörün etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir.

Wrzochal ve Adamczak (2019) tarafından yapılan çalışmada rulmanların titreşimlerini ölçen ölçüm sisteminden elde edilen sonuçlarla en iyi tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik parametrelerini belirlemek için Gage R&R kullanılmıştır.

Literatürdeki bazı çalışmalarda ölçüm sistemlerini değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılmıştır. Lin et al. (1997) ölçüm değişkenliğini azaltmak için Taguchi yöntemini kullanmıştır. Ayrıca bu çalışmada Gage R&R çalışması yapılarak iyileştirmeler doğrulanmış, ürün değişkenliği üzerindeki azaltma etkisini göstermek için süreç yeterlilik analizi kullanılmıştır.

Majeske (2008) tarafından yapılan çalışmada otomotiv gövde paneli için ölçüm sisteminden elde edilen veriler kullanılmıştır. Genellikle ölçüm sisteminin analizinde kullanılan her bir gösterge tek bir değişkeni ifade ettiği kabul edilirken bu durum otomotiv gövde paneli üretimi için ise ölçüm sisteminin kalitesine ilişkin birçok gösterge ele alınmaktadır. Bu nedenle ölçüm sisteminin kalitesini incelemek için dört farklı gösterge kullanılmıştır. Bu çalışmada bir faktörlü, iki faktörlü ve üç faktörlü ölçüm sistemleri için varyans-kovaryans matrisini tahmin etmede Çoklu Varyans Analizi yöntemi (MANOVA) kullanılmıştır.

II. YÖNTEM

Kararlı koşullar altında bulunan bir ölçüm sisteminden çoklu bir şekilde elde edilen ölçümlerin istatistiksel özellikleri ile ölçüm verilerinin kalitesi ifade edilmektedir. Gage R&R'ın amacı esas süreç değişkenliğini ortaya çıkarmak için ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliği saptayarak sistem değişkenliğinden ayrıştırmaktır. Bu ayrıştırmanın temel nedeni toplam değişkenliğin hem süreç değişkenliğinden hem de ölçüm sisteminden kaynaklanıyor olmasıdır. Amaç, ihtiyaçlar doğrultusunda bir ölçüm sistemi geliştirmektir. İhtiyaçlara uygun bir ölçüm sisteminin doğru ve hassas bir şekilde ölçüm yapması gerekmektedir. Ölçüm sisteminin doğru ölçüm yapması, ölçüm sisteminin sapmaya veya sistematik ölçüm hatasına maruz kalma derecesi olarak tanımlanırken, ölçüm sisteminin

hassas olması ise ölçüm sisteminin aynı nesne üzerinde tekrarlanan ölçümlerin standart sapması olan ölçüm yayılımına maruz kalma derecesi olarak tanımlanabilir.

Ölçüm sistemi sonucunda ölçümü yapılan ürünün toplam değişkenliği süreçten ya da parçadan kaynaklanan değişkenlik ve ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik olmak üzere iki farklı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar Denklem 1’de ifade edilmektedir. Ölçüm sistemi “Gage” olarak adlandırılmaktadır.

$$\sigma_{Toplam}^2 = \sigma_{Parça}^2 + \sigma_{Gage}^2 \quad (1)$$

Süreçten kaynaklanan değişkenlik, ölçümü yapılan parçanın üretimi sırasında oluşan değişkenliği temsil etmektedir. Ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik ise ölçüm sisteminin belirsizliğinden kaynaklanan değişkenliği temsil etmektedir. Toplam değişkenliğin karesi, parçadan kaynaklı değişkenliğinin karesi ve ölçüm sisteminden kaynaklı değişkenliğin karesinin toplamına eşittir. Ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlik tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik olmak üzere iki farklı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar Denklem 2’de ifade edilmektedir.

$$\sigma_{Gage}^2 = \sigma_{Tekrar\ edilebilirlik}^2 + \sigma_{Tekrar\ üretilebilirlik}^2 \quad (2)$$

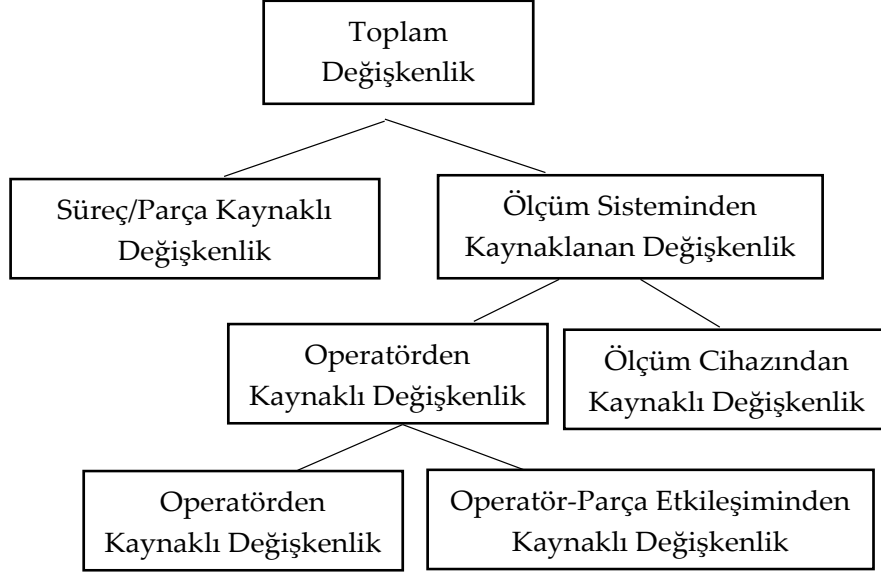
Tekrar edilebilirlik, ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenlik olarak ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, aynı operatörün, aynı parçayı, aynı ölçüm cihazı ile ölçtüğünde ortaya çıkan değişkenliktir. Tekrar üretilebilirlik ise operatörden kaynaklanan değişkenlik olarak ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, aynı parçanın, aynı ölçüm cihazı ile farklı operatörler tarafından ölçüm yapılmasıyla ortaya çıkan değişkenliktir. Tekrar üretilebilirlik hem operatörlerin farklılıklarından kaynaklanan etkiyi hem de operatör-parça etkileşiminden kaynaklanan etkiyi içermektedir. Toplam değişkenliği etkileyen faktörler Şekil 1’de gösterilmektedir.

2.1. Yöntem Çeşitleri

Gage R&R yöntemlerinden birisi olan Average & Range (A&R) yöntemi tekrar sayısı iki veya üç olduğunda kullanılmaktadır. Bu yöntem, ölçüm sistemlerinin tekrarlanabilirliğini ve tekrar üretilebilirliğini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Ölçüm sisteminin değişkenliğini belirleyebilmek için \bar{X} grafiği ve R grafiği kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da kullanılan diğer bir Gage R&R yöntemi ise Varyans Analizi (ANOVA) yöntemidir. Bu yöntem ölçüm sistemlerinin tekrarlanabilirliğini ve tekrar üretilebilirliğini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemin amacı, ölçüm sisteminin maksimum

değişkenliğini ölçüm yapılan parçadan kaynaklanan değişiklik ve ölçüm sisteminden kaynaklanan değişiklik olarak ayırmaktır.



Şekil 1.

Toplam Değişkenliği Etkileyen Faktörler

Bir ölçüm cihazının veya tezgâhının başlangıç aşamasında; yeni bir operatörü değerlendirmede; cihaz kalibrasyonundan sonra ya da ölçüm sisteminin toleranslar açısından yeterince hassas olmadığından şüphe edildiğinde bu yöntem kullanılmaktadır. ANOVA yönteminin A&R yönteminden farkı ölçüm sistemini değerlendirirken parça-operatör etkileşimini de dikkate almasıdır. Bu yöntemde tekrar üretilebilirlikten kaynaklanan değişkenlik, operatörden kaynaklı değişkenlikten ve operatör-parça etkileşiminden kaynaklı değişkenlikten oluşmaktadır. Denklem 2, ve Denklem 3 bir arada düşünüldüğünde Denklem 4 ortaya çıkmaktadır. Denklem 1 ve Denklem 4 birlikte düşünüldüğünde Denklem 5 ortaya çıkmaktadır.

$$\sigma_{\text{Tekrar üretilebilirlik}}^2 = \sigma_{\text{Operatör}}^2 + \sigma_{\text{Operatör} \times \text{Parça}}^2 \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{Gage}}^2 = \sigma_{\text{Operatör}}^2 + \sigma_{\text{Operatör} \times \text{Parça}}^2 + \sigma_{\text{Tekrar edilebilirlik}}^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{Toplam}}^2 = \sigma_{\text{Parça}}^2 + \sigma_{\text{Operatör}}^2 + \sigma_{\text{Operatör} \times \text{Parça}}^2 + \sigma_{\text{Tekrar edilebilirlik}}^2 \quad (5)$$

2.2. Yöntemin Adımları

Bu çalışmada, Gage R&R analizinde ANOVA yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemi üç adımda özetlemek mümkündür (Al-Refaie & Bata, 2010):

İlk olarak Gage R&R ölçüm modelinin geliştirilmesi adımı yer almaktadır. Rastgele seçilmiş p tane parça olduğu varsayılmaktadır. Rastgele seçilmiş operatörün her biri n kez aynı ölçüm cihazı ile parçayı ölçmektedir. Bu durumda y_{ijk} j operatörü tarafından ölçülen i parçasının k tekrarlı ölçümünü ifade etmektedir ve Denklem 6'daki gibi gösterilmektedir.

$$y_{ijk} = x + P_i + O_j + (PO)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, p \\ j = 1, 2, \dots, o \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (6)$$

Denklem 6'da gösterilen x , ölçümün gerçek değerini ifade etmektedir. P_i , O_j ve $(PO)_{ij}$ parça, operatör ve parça-operatör etkileri için ifade edilen bağımsız parametrelerdir. ε_{ijk} ise hata terimidir. Bu parametreler ortalaması 0 ve varyansları sırasıyla $\sigma_{Parça}^2$, $\sigma_{Operatör}^2$, $\sigma_{Operatör \times Parça}^2$, $\sigma_{Tekrar edilebilirlik}^2$ olan normal dağılıma sahiptir. Böylelikle herhangi bir ölçümün toplam varyansı Denklem 5'teki gibi gösterilmektedir.

İkinci adım olarak Gage R&R analizi için ANOVA modelinin geliştirilmesi yer almaktadır. İki yönlü ANOVA Gage R&R analizindeki bileşenlerin varyanslarını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Denklem 5'teki ifadeye dayanarak kareler toplam Denklem 7'deki şekilde gösterilmektedir.

$$SS_{Toplam} = SS_{Parça} + SS_{Operatör} + SS_{Operatör \times Parça} + SS_{Tekrar edilebilirlik} \quad (7)$$

Denklem 7'deki $SS_{Parça}$, $SS_{Operatör}$, $SS_{Operatör \times Parça}$, $SS_{Tekrar edilebilirlik}$ ifadeleri sırasıyla parçanın, operatörün, operatör ve parça etkileşiminin ve tekrar edilebilirliğin kareleri toplamını göstermektedir. Denklem 5'te gösterilen bileşenlerin varyansları Denklem 8, Denklem 9, Denklem 10 ve Denklem 11'de gösterilen eşitlikler ile tahmin edilmektedir.

$$\hat{\sigma}_{Parça}^2 = \frac{MS_{Parça} - MS_{Operatör \times Parça}}{on} \quad (8)$$

$$\hat{\sigma}_{Operatör}^2 = \frac{MS_{Operatör} - MS_{Operatör \times Parça}}{pn} \quad (9)$$

$$\hat{\sigma}_{Operatör \times Parça}^2 = \frac{MS_{Operatör \times Parça} - MS_{Tekrar edilebilirlik}}{n} \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{Tekrar edilebilirlik}^2 = MS_{Tekrar edilebilirlik} \quad (11)$$

Son adımda ölçüm sisteminin yeterliliğini değerlendirmek amacıyla literatürde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda da yer alan bazı göstergelerin kullanılması yer almaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğinin ölçülmesi için yaygın olarak kullanılan göstergelerden birisinin %R&R olduğu görülmüştür. Bu gösterge ölçüm sisteminden kaynaklı değişkenliğin toplam değişkenliğe oranını ifade etmektedir. Denklem 12'de nasıl hesapladığı gösterilmektedir.

$$\%R\&R = \frac{\sigma_{\text{ölçüm Sistemi}}}{\sigma_{\text{Toplam}}} \times 100 \quad (12)$$

%R&R değerinin değerlendirilmesine ilişkin bilgilere Tablo 1’de yer verilmektedir (AIAG, 2010; Al-Refaie & Bata, 2010).

Tablo 1.
%R&R Değerleri

%R&R Değerleri	Durum
%R&R≤10	İstenilen değer
10<%R&R≤30	Kabul edilebilir
%R&R>30	Kabul edilemez

Gage R&R analizinde kullanılan göstergelerden bir diğeri de P/T oranıdır (AIAG, 2002). Bu oran ölçüm sisteminin hassasiyetinin toplam toleransa oranı şeklinde ifade edilmektedir. Yüzde olarak Denklem 13’teki gibi gösterilmektedir.

$$\%P/T = \frac{6 \times \sigma_{\text{ölçüm Sistemi}}}{\text{Tolerans}} \quad (13)$$

%P/T değerinin %10 veya daha az olması durumunda ölçüm sisteminin yeterli olduğunu söylemek mümkündür. Bu değer %30’dan büyük olması ise ölçüm sisteminin yetersiz olduğunu göstermektedir (AIAG, 2002).

Ölçüm sistemi ile ilgili kalite göstergelerinden bir diğeri de sinyal-gürültü oranıdır (Al-Refaie & Bata, 2010). Bu oran farklı kategori sayısı olarak da ifade edilmektedir (Peruchi et al., 2013). SNR ya da S/N şeklinde gösterilmektedir. Burada sinyal parçanın değişkenliğini, gürültü ise ölçüm sisteminin değişkenliğini ifade etmektedir. SNR değeri Denklem 14’teki gibi hesaplanmaktadır. Bu değer ölçüm sisteminin parçaları kaç gruba ayırabildiğini göstermektedir.

$$SNR = \frac{\sqrt{2} \sigma_{\text{Parça}}}{\sigma_{\text{ölçüm Sistemi}}} \quad (14)$$

SNR değerinin 5 veya daha büyük olması ölçüm sisteminin yeterli olduğunu göstermektedir. Bu değer 2’den küçük olduğunda ölçüm sisteminin yetersiz olduğunu söylemek mümkündür (Burdick et al., 2003).

III. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Ev ve benzeri yerlerde kullanılan elektrikli cihazlar için güvenlik kuralları TS EN 60335-1 standardında belirtilmektedir. Bu çalışmada bu standarda göre test yapan uluslararası bir güvenlik laboratuvarında bulunan programlanabilir güç cihazı ile elektrikli çay makinesinin güç ölçümü yapılarak bir Gage R&R çalışması yapılmıştır. Firmanın güvenlik laboratuvarında üretilen ürünlerin standartlara uygun olup olmadığını test

eden ölçüm sisteminin yeterliliğinin değerlendirilmesi adına yapılan analizler bu çalışma ile başlamıştır. Bu çalışmanın amacı ölçüm sistemindeki ve programlanabilir güç cihazındaki değişkenlikleri belirleyerek, ölçüm sisteminin güç ölçümünü yapmak ve çay makinelerinin güçlerinin istenilen standartlarda olduklarını belirleyebilmek için yeterli olup olmadığını belirlemektir.

Gage R&R çalışmalarında sık görülen ve kabul edilebilir bir yaklaşımla örneklem sayısı belirlenebilmektedir. Bu yaklaşımda parça sayısı, operatör sayısı ve tekrar sayısının çarpımı ile elde edilecek veri noktası sayısının 60 olması gerektiğine yer verilmiştir. Ayrıca operatör sayısının 4, tekrar sayısının 3 olması ile elde edilen sonuçların ölçüm sistemine ilişkin bir gelişme yaratmadığı ortaya çıkmıştır (Minitab, 2017). Bu nedenle bu çalışmada 3 operatör, 10 adet parçayı 2'şer kez ölçmüştür. Toplamda 60 veri noktasından oluşan bir örneklem kullanılmıştır. Operatörlerin ölçüm sıralarını belirlemek için Minitab programının Gage R&R modülü kullanılmıştır. Böylelikle ölçüm sırası yani hangi operatörün hangi çay makinesini test edeceği rassal olarak belirlenmiştir. Çay makinelerinin ölçüm sırasının rassal olarak belirlenmesi operatörlerin numunelerden daha az etkilenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca operatörlerin iki ölçümü arasındaki etkileşimini de en aza indirmek için ölçümler farklı haftalarda yapılmıştır. Belirlenen ölçüm sırasına göre ölçümler yapıldıktan sonra değerler tablo haline getirilmiştir. Tablo 2'de ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Ölçümü yapılan çay makinesinin beyan gücü 230 V için 1600 W idi. TS EN 60335-1 standardına göre ısıtmalı cihazlar için güç tolerans değerleri +%5 ve -%10'dur. Bu değerlere göre güç ölçümü yapılan çay makinesinin tolerans değerleri alt sınır için 1440 W, üst sınır için ise 1680 W olmaktadır. Ölçüm tablosu oluşturulduktan sonra Minitab programının "Gage R&R Study Crossed" modülü ile analiz yapılmıştır.

**Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi**

**Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi
438**

**Tablo 2.
Ölçüm Sonuçları**

Ölçüm Sırası	Parça	Operatör	Ölçüm Değeri (W)	Ölçüm Sırası	Parça	Operatör	Ölçüm Değeri (W)
1	7	Operatör-1	1543,7	31	6	Operatör-1	1561,9
2	10	Operatör-1	1604,6	32	10	Operatör-1	1602,9
3	2	Operatör-1	1575,7	33	9	Operatör-1	1638,1
4	4	Operatör-1	1552,2	34	7	Operatör-1	1543,4
5	6	Operatör-1	1563,4	35	4	Operatör-1	1551,9
6	5	Operatör-1	1525,4	36	3	Operatör-1	1600,2
7	8	Operatör-1	1562,5	37	1	Operatör-1	1548,6
8	1	Operatör-1	1548,2	38	5	Operatör-1	1524,6
9	9	Operatör-1	1638,1	39	8	Operatör-1	1561,7
10	3	Operatör-1	1599,7	40	2	Operatör-1	1575,4
11	6	Operatör-2	1571,7	41	2	Operatör-2	1582,2
12	7	Operatör-2	1548,5	42	4	Operatör-2	1560,1
13	10	Operatör-2	1609,2	43	7	Operatör-2	1548,5
14	2	Operatör-2	1582,5	44	1	Operatör-2	1553,9
15	9	Operatör-2	1644,9	45	8	Operatör-2	1568,4
16	8	Operatör-2	1568,4	46	3	Operatör-2	1608,6
17	1	Operatör-2	1557,8	47	10	Operatör-2	1608,2
18	5	Operatör-2	1532,1	48	6	Operatör-2	1570,1
19	3	Operatör-2	1608,8	49	9	Operatör-2	1644,7
20	4	Operatör-2	1558,5	50	5	Operatör-2	1531,5
21	7	Operatör-3	1544	51	9	Operatör-3	1639
22	10	Operatör-3	1605,9	52	4	Operatör-3	1552,1
23	3	Operatör-3	1599,7	53	8	Operatör-3	1561,9
24	5	Operatör-3	1524,3	54	6	Operatör-3	1562,1
25	6	Operatör-3	1566,6	55	10	Operatör-3	1603,7
26	8	Operatör-3	1564,1	56	1	Operatör-3	1548,8
27	4	Operatör-3	1551,9	57	7	Operatör-3	1544,1
28	2	Operatör-3	1576,1	58	3	Operatör-3	1599,9
29	1	Operatör-3	1548,5	59	5	Operatör-3	1524,7
30	9	Operatör-3	1638	60	2	Operatör-3	1576,3

Tablo 3'te varyansa bağlı Gage R&R analizi sonuçları gösterilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde toplam değişkenliğin %1,34'ünün ölçüm sisteminin değişkenliğinden %98,66'sının ise parça değişkenliğinden kaynaklandığı görülmektedir. Parçadan kaynaklı değişkenliğin toplam değişkenliğe katkısının yüksek olması ölçüm sisteminin parçaları güvenilir

bir şekilde ayırt ettiğini göstermektedir. Ölçüm sisteminin değişkenliğinin %1,24'ü tekrar üretilebilirlikten, %0,10'u ise tekrar edilebilirlikten kaynaklanmaktadır. Tekrar üretilebilirlikten kaynaklanan değişkenliğin, tekrar edilebilirlikten kaynaklanan değişkenlikten daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin %1,24'ünün operatörden kaynaklı olduğunu, ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenliğin ise %0,10 olduğunu göstermektedir. Denklem 1'de ifade edildiği gibi Tablo 3'te toplam değişkenliğin varyansı, "Gage" olarak adlandırılan ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin varyansı ile parçadan kaynaklanan değişkenliğin varyansının toplamına eşittir. Denklem 2'de gösterildiği gibi Tablo 3'te ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin varyansının, tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik bileşenlerinin varyansları toplamına eşit olduğu görülmektedir. Denklem 3'te ifade edildiği gibi tekrar üretilebilirlikten kaynaklanan değişkenliğin varyansı, operatörden kaynaklanan değişkenliğin varyansı ile operatör parça etkileşiminden kaynaklanan değişkenliğin varyansı toplamına eşittir. Tablo 3'teki tekrar üretilebilirlik ve operatör ifadelerinin varyanslarının eşit olması operatör parça etkileşiminden kaynaklanan bir değişkenlik olmadığını göstermektedir.

**Tablo 3.
Varyansa Bağlı Minitab Gage R&R Analiz Sonucu**

	Bileşen Varyansı	% Katkı (Bileşen Varyansı)
Toplam Gage R&R	15,5835	1,34
Tekrar edilebilirlik	1,1413	0,10
Tekrar üretilebilirlik	14,4423	1,24
Operatör	14,4423	1,24
Parça-Parça	1150,6342	98,66
Toplam Değişkenlik	1166,2177	100,00

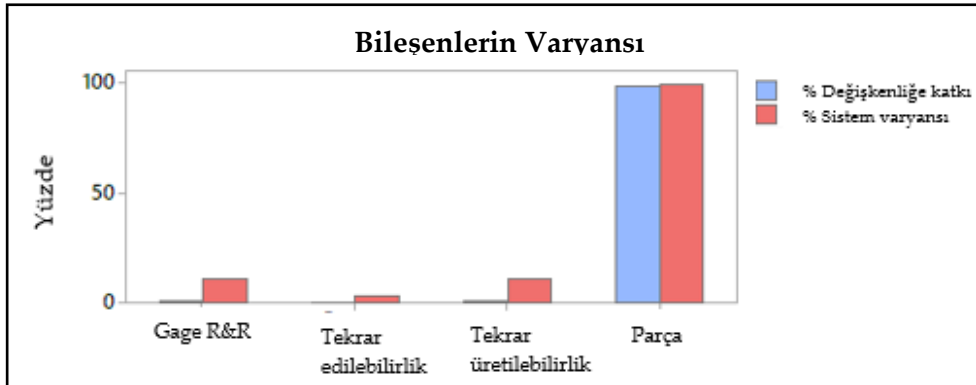
Tablo 4'te standart sapmaya bağlı Gage R&R analizi sonuçları gösterilmektedir. Bu tabloda yer alan ve ölçüm sisteminin yeterliliğini analiz etmek için kullanılan göstergelere bakıldığında %R&R değerinin 11,56 olduğu görülmektedir. Bu değer toplam sistem değişkenliğinin yüzde 11,56'sının ölçüm sisteminden kaynaklandığı anlamına gelmektedir. Analiz sonucunda elde edilen %R&R değerinin literatürde yer alan kabul edilebilir aralıkta yer alması, ölçüm sisteminin yeterliliğinin kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. %P/T değerinin 9,87 çıkması, ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenliğin parça değişkenliğini ölçebilmesi için istenilen düzeyde olduğunu göstermektedir. Analiz sonucunda farklı kategori sayısı

olarak da ifade edilen SNR değeri 12 olarak elde edilmiştir. Bu değer 5 veya daha büyük olması ölçüm sisteminin parça değişkenliğini ölçebilecek yeterlilikte olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.
Standart Sapmaya Bağlı Minitab Gage R&R Analiz Sonucu

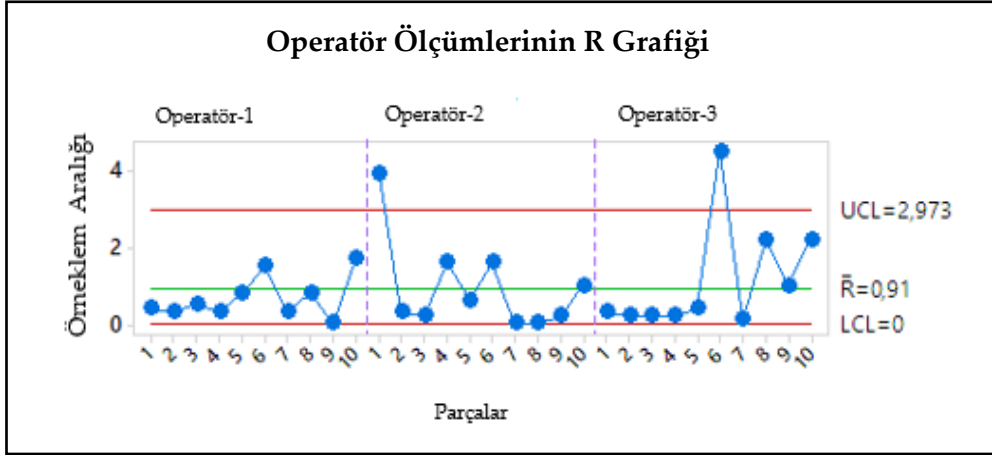
	Standart Sapma (SD)	6 × SD	%R&R	%P/T
Toplam Gage R&R	3,9476	23,686	11,56	9,87
Tekrar edilebilirlik	1,0683	6,41	3,13	2,67
Tekrar üretilebilirlik	3,8003	22,802	11,13	9,5
Operatör	3,8003	22,802	11,13	9,5
Parça-Parça	33,921	203,526	99,33	84,8
Toplam Değişkenlik	34,15	204,9	100	85,37

Şekil 2’de sistemdeki bileşenlerin varyansları gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde toplam varyansın %1,34’ü ölçüm sisteminin değişkenliğinden %98,66’sı ise parça değişkenliğinden oluşmaktadır. Ölçüm sisteminin değişkenliğinin %1,24’ü tekrar üretilebilirlikten, %0,10’u ise tekrar edilebilirlikten kaynaklanmaktadır.



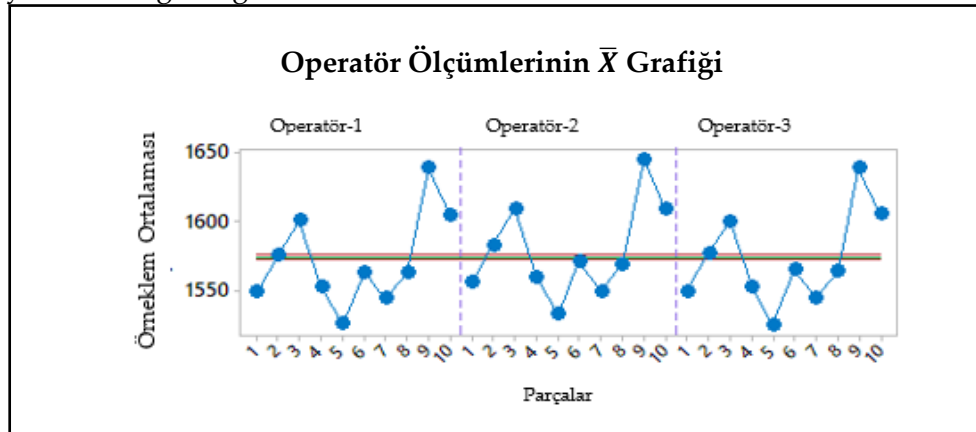
Şekil 2.
Sistemdeki Değişkenliğin Dağılımı

Şekil 3’te operatör ölçümlerinin R grafiği gösterilmektedir. Operatör ölçümleri arasındaki farkın sınırlar içerisinde kalması ölçümlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir. R grafiği incelendiğinde Operatör-2’nin birinci ölçümünün ve Operatör-3’ün ise altıncı ölçümünün sınırlar dışarısında kaldığı görülmektedir. Bu durum operatörlerin ölçüm sırasında çevresel faktörlerden etkilenmiş olabileceğini ya da ölçümleri yaparken bir hata yapmış olabileceğini göstermektedir.



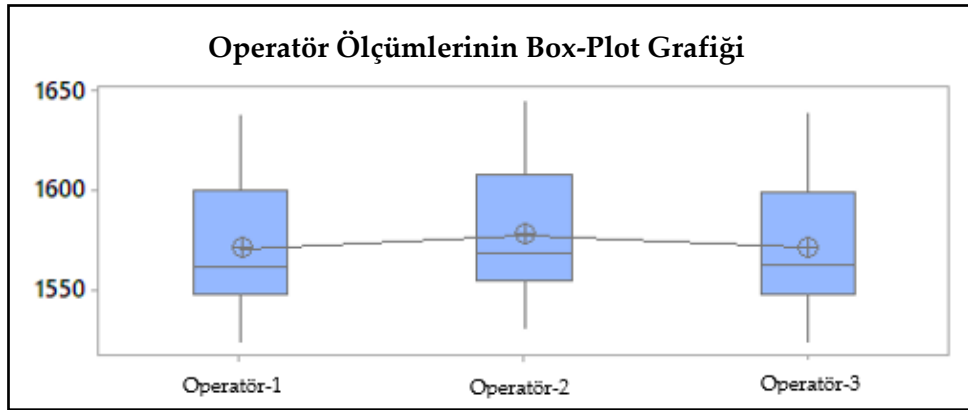
Şekil 3.
R Grafiği

Şekil 4'te operatörlerin ölçümlerinin \bar{X} grafiği yer almaktadır. Bu grafik her operatörün her parçadaki ölçümlerinin ortalamaları ile oluşturulmaktadır ve parçaların rassallığı hakkında bilgi vermektedir. Limitlerin dışındaki parçaların varlığı numunelerin rassal seçildiğini göstermektedir. İyi bir ölçüm sistemi için ölçümlerin kontrol dışında olması gerekmektedir. Ölçümlerin kontrol dışında olması, parçadan kaynaklanan değişkenliğin ölçüm sisteminden kaynaklanan değişkenlikten daha fazla olduğunu ifade etmektedir. Grafikte ortalama değeri $\bar{X} = 1573,5$ 'tir. Üst limit $UCL = 1575,3$ iken alt limit değeri $LCL = 1571,8$ 'dir. Grafik incelendiğinde sadece Operatör-1'in 2.parça için yaptığı ölçümlerin ortalaması kontrol limitleri arasında yer almaktadır. Bu noktanın dışında, diğer operatörlerin her parça için yaptığı ölçümlerin ortalamasının kontrol limitlerinin dışarısında olduğu görülmektedir. Bu durum ölçüm sisteminin yeterli olduğunu göstermektedir.



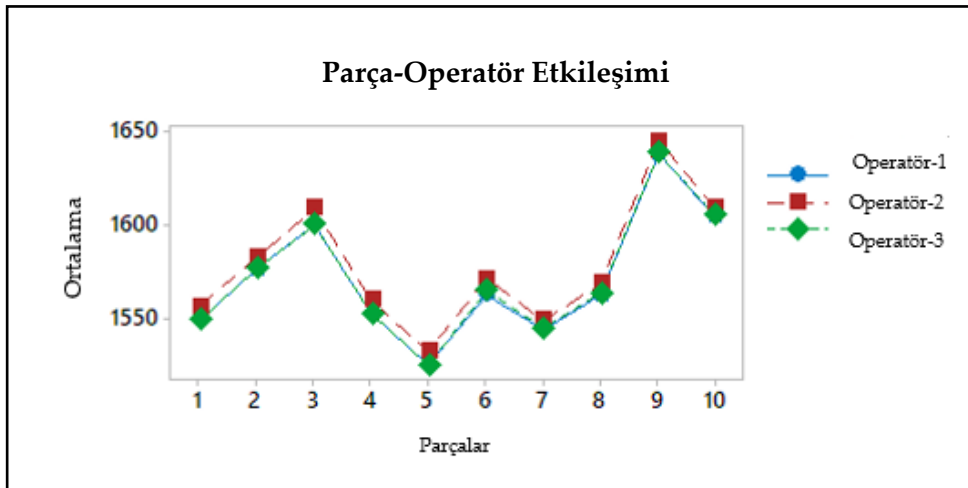
Şekil 4.
 \bar{X} Grafiği

Şekil 5'te operatörlerin ölçümlerinin box-plot grafiği yer almaktadır. Bu grafikte her operatörün tüm ölçümlerinin ortalaması ve ortalamalar arasında bir çizgi gösterilmektedir. Diyagramlar arasındaki çizginin yatay olması her operatör için ortalama ölçümlerin benzer olduğunu göstermektedir. Grafikte Operatör-2'nin ölçümlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi araştırıldığında bu operatörün ölçümlerini diğer operatörlere göre daha uzun sürede yaptığı anlaşılmıştır.



Şekil 5.
Operatör Ölçümlerinin Box-Plot Grafiği

Şekil 6'da operatör ve parça arasındaki etkileşimi gösterilmektedir. Tüm operatörler için çizginin paralel olması, operatörlerin parçadan etkilenmediğini göstermektedir.



Şekil 6.
Parça-operatör Etkileşimi

IV. SONUÇ ve ÖNERİLER

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan rekabet ortamında işletmeler varlıklarını sürdürebilmek için hatalı ürün üretimini sıfıra indirmeye yönelik çalışmalar yapmaya başlamıştır. Ürünün hatalı olup olmadığının değerlendirilebilmesi için kullanılan ölçüm sisteminin yeterli olması gerekmektedir. Bu sebeple ölçüm sisteminin yeterliliğinin belirlenmesi kalite iyileştirme çalışmaları için önemli bir unsurdur. Bu durum ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığının nasıl belirlenmesi gerektiği problemini ortaya çıkarmıştır.

Parçaların farklı operatörler tarafından farklı zaman dilimlerinde ölçülmesi için kullanılan ölçüm sisteminin operatörlerden ya da zamandan kaynaklanan değişkenliğini ifade etmek için kullanılan tekrar üretilebilirlik, aynı parça için aynı operatör ve aynı zaman dilimlerinde ölçüm yapıldığında sistemden ya da ölçüm cihazından kaynaklanan değişkenliği ifade etmek için kullanılan tekrar edilebilirlik olmak üzere iki bileşeni bulunmaktadır. Sistemin tekrar edilebilirliği ve tekrar üretilebilirliği Gage R&R şeklinde ifade edilmektedir. Ölçüm sistemlerini değerlendirmek için kullanılan Gage R&R çalışmalarında sistemi analiz etmek ve değişkenlik bileşenlerini tahmin etmek için iki yönlü ANOVA kullanımı oldukça yaygındır (Al-Refaie & Bata, 2010).

Bu çalışmada beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın güvenlik laboratuvarındaki programlanabilir güç kaynağı cihazının TS EN 60335-1 standardına göre çay makinesi güç ölçümü için yeterliliği Gage R&R yöntemi ile analiz edilmiştir. Literatürde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelenerek 3 operatör, 10 adet parça ve 2 kez ölçümden oluşan toplamda 60 veri noktası kullanılmıştır. ANOVA yöntemi kullanılarak bileşenlerin değişkenlikleri tahmin edilmiştir. Analizden elde edilen sonuçlar toplam değişkenliğin %1,34'ünün ölçüm sisteminin değişkenliğinden %98,66'sının ise parça değişkenliğinden kaynaklandığını göstermektedir. Ölçüm sisteminin değişkenliğinin %1,24'ü tekrar üretilebilirlikten %0,10'u ise tekrar edilebilirlikten kaynaklanmaktadır. Ölçüm sisteminin yeterliliğini değerlendirmek için literatürde bu konuyla ilgili yapılmış çalışmalarda da kullanılan %R&R, %P/T ve Sinyal-gürültü oranı (SNR) değerleri ele alınmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda %R&R değeri 11,56; %P/T değeri 9,87; SNR değeri ise 12 olarak elde edilmiştir. Bu değerler literatürde belirtilen istenilen değerlere sahip olduğundan ölçüm sisteminin çay makinesinin gücünü ölçmek için yeterli olduğunu söylemek mümkündür.

Bu çalışmada ele alınan konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalarda ölçüm sisteminin yeterliliğini analiz etmek için literatürdeki

çalışmalarda da yer alan MANOVA yöntemi kullanılarak uygulama tekrarlanabilir. Bu iki yöntemin etkinliğine yönelik karşılaştırmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- AIAG; Automotive Industry Action Group. (2010). *Measurement System Analysis*.
- AIAG; Automotive Industry Action Group. (2002). *Measurement System Analysis, Third ed.* Detroit, MI.
- Al-Refaie, A., & Bata, N. (2010). Evaluating measurement and process capabilities by GR&R with four quality measures. *Measurement*, 43(6), 842-851. doi:10.1016/j.measurement.2010.02.016
- Aquila, G., Peruchi, R. S., Junior, P. R., Rocha, L. S., Rodrigo de Queiroz, A., Pamplona, E., & Balestrassi, P. P. (2018). Analysis of the wind average speed in different Brazilian states using the nested GR&R measurement system. *Measurement*, 115, 217-222. doi: 10.1016/j.measurement.2017.10.048
- Burdick, R. K., & Larsen, G. A. (1997). Confidence intervals on measures of variability in R&R studies. *Journal of Quality Technology*, 29, 261-273. doi: 10.1080/00224065.1997.11979768
- Burdick, R. K., Borrer, C. M., & Montgomery, D. C. (2003). A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. *Journal of Quality Technology*, 35(4), 342-354. doi: /10.1080/00224065.2003.11980232
- Erdmann, T. P., Does, R., & Bisgaard, S. (2009). Quality Quandaries*: A Gage R&R Study in a Hospital. *Quality Engineering*, 22(1), 46-53. doi:10.1080/08982110903412924
- Gao, Z., Moore, T., Smith, A., Doub, W., Westenberger, B., & Buhse, L. (2007). Gauge Repeatability and Reproducibility for Accessing Variability During Dissolution Testing: A Technical Note. *AAPS PharmSciTech*, 8(4), 11-15.
- Lin, C.-Y., Hong, C.-L., & Lai, J.-Y. (1997). Improvement of A Dimensional Measurement Process Using Taguchi Robust Designs. *Quality Engineering*, 9(4), 561-573. doi:10.1080/08982119708919078
- Majeske, K. D. (2008). Approval criteria for multivariate measurement systems. *Journal of Quality Technology*, 40, 140-153. doi: /10.1080/00224065.2008.11917721
- Minitab. (2017, Mayıs 1). *Quality Magazine*. <https://www.qualitymag.com/articles/93931-gage-rr-are-10-parts-3-operators-and-2-replicates-enough> (Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2020).
- Peruchi, R. S., Balestrassi, P. P., Anderson, P., Ferreira, J. R., & Carmelossi, M. (2013). A new multivariate gage R&R method for correlated characteristics.

International Journal of Production Economics, 144(1), 301-315. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.02.018

Vardeman, S., & VanValkenburg, E. (1999). Two-Way Random-Effects Analyses and Gauge R&R Studies. *Technometrics*, 41(3), 202-211. doi: 10.1080/00401706.1999.10485669

Wrzochal, M., & Adamczak, S. (2019). Application of a Gage R&R study in evaluation of rolling bearing measurement system accuracy. *Transportation Research Procedia*, 934-939. doi:10.1016/j.trpro.2019.07.131

**Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi**

445

MEASURING QUALIFICATION OF THE PROGRAMMABLE POWER DEVICE BY GAGE R&R ANALYSIS

EXTENDED ABSTRACT

One of the aims of quality improvement studies is to reduce variability and reduce the production of defective products to zero. When a product is found to be unsuitable, variability is often associated with the process and therefore improvements are made to increase process capability. Although the process followed is correct, efforts made for improvement can be fruitless due to the insufficiency of the measurement system. In cases where the measurement system is sufficient, errors made while measuring can be at an unacceptable level when compared with process variability. For this reason, it is necessary to examine the variability of a measurement system or production process before improvement studies. This situation has revealed the problem of how to determine whether the measurement system is sufficient or not. If a measurement system is to be used, this must first be verified. Because it is possible to determine whether the measurements are within the tolerances only with the presence of an adequate measurement system. The purpose of Gage R&R is to determine the variability arising from the measurement system and to separate it from the system variability to reveal the main process variability. The main reason for this decomposition is that the total variability is due to both the process variability and the measurement system. The variability of the measuring system consists of two components, repeatability and reproducibility. Repeatability refers to the variability caused by the system or the measuring device when the same part is measured by the same operator and at the same time intervals. Reproducibility refers to the variability arising from operators or time. The repeatability and reproducibility of the system is expressed in the form of Gage R&R.

In the literature, there are studies on this subject in different fields. Gao et al. (2007) used Gage R&R to examine the variability of dissolution test measurement systems in the pharmaceutical industry due to apparatus, operator, and tablets. Erdman et al. (2010) evaluated the body temperature measurements made by nurses with ear thermometers in line with the principles of Gage R&R analysis in their study in the health sector. Aquila et al. (2018) aimed to evaluate the average wind speed behavior in four main wind energy generating states in Brazil using the Gage R&R method. The purpose of Gage R&R is to determine the variability arising from the measurement system and to separate it from the system variability to reveal the main process variability. One of the methods used for Gage R&R analysis is the Average&Range (A&R) method. It is used when the number of repetitions is two or three to estimate the repeatability and reproducibility of measurement systems \bar{X} graph and R graph are used to determine the variability of the measurement system. Another Gage R&R method used in this study is the Analysis of Variance (ANOVA) method. The purpose of this method is to separate the maximum variability of the measuring system into change caused by the part being measured and the change caused by the measuring system. In the initial phase of a measuring device or bench; evaluating a new operator; after instrument calibration or when it is suspected that the measuring system is not sensitive enough in terms of tolerances, the ANOVA method is used. The difference of the ANOVA method from the A&R method is that it also takes the part-operator interaction into account while evaluating the measurement system.

In some studies in the literature, different methods have been used to evaluate measurement systems. Lin et al. (1997) used the Taguchi method to reduce measurement variability. In addition, in this study, improvements were verified by conducting a Gage R&R study, process capability analysis was used to show the reduction effect on product variability. In the study conducted by Majeske (2008), the Multiple Variance Analysis method (MANOVA) was used to estimate the variance-covariance matrix for one-factor, two-factor and three-factor measurement systems.

In this study, the adequacy of the programmable power supply device in the security laboratory of a company operating in the white goods sector for tea machine power measurement according to the TS EN 60335-1 standard was analyzed using the Gage R&R method. The aim of this study is to determine the variations in the measuring system and the programmable power device, and to determine whether the power of the measuring system is sufficient to determine that they meet the desired standards. The power measurements were made 2 times in different time periods by 3 operators for 10 tea

machines produced by the company. In order to solve the problem of determining the adequacy of the measurement system, analyzes are made using different methods. In this study, ANOVA method was used for Gage R&R analysis. To evaluate the acceptability of the measurement system, %R&R, which is one of the indicators commonly used, %P/T, which expresses the ratio of the sensitivity of the measurement system to the total tolerance as a percentage, and the Signal-to-Noise Ratio (SNR) values, which is one of the indicators of the quality of the measurement system, were discussed. The results obtained from the analysis show that 1.34% of the total variability is caused by the variability of the measurement system and 98.66% is due to the part variability. 1.24% of the variability of the measurement system is due to reproducibility and 0.10% from repeatability. According to the results obtained from the analysis, the %R&R value is 11.56; %P/T value 9.87; SNR value was obtained as 12. The %R&R value means that 11.56 percent of the total system variability is caused by the measurement system. The fact that %P/T value is 9.87 indicates that the variability arising from the measurement system is at the desired level in order to measure the part variability. If the SNR value is 5 or more, it indicates that the measuring system is sufficient to measure the part variability. As a result of the analysis the equality of variances of the reproducibility and the operator expressions each other shows that there is no variation arising from the operator part interaction. Since these values have the desired values stated in the literature, it is possible to say that the measuring system is sufficient to measure the power of the tea machine.

**Programlanabilir
Güç Cihazının
Ölçüm
Yeterliliğinin
Gage R&R İle
Analiz Edilmesi**