



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# İmalat sektöründe CMM kullanımının verimlilik ve kaliteye etkileri

## *Effects of CMM use on productivity and quality in manufacturing sector*

Yazar(lar) (Author(s)): Mustafa İMAMOĞLU<sup>1</sup>, Oğuz POYRAZOĞLU<sup>2</sup>, Duygu GÜRKAN KOCATAŞ<sup>3</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0003-4982-2470

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0002-7073-1832

ORCID<sup>3</sup>: 0000-0002-2917-3330

**To cite to this article:** İmamoğlu M., Poyrazoğlu O. ve Kocataş Gürkan D., “İmalat Sektöründe CMM Kullanımının Verimlilik ve Kaliteye Etkileri”, *Journal of Polytechnic*, 27(6): 2193-2200, (2024).

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz:** İmamoğlu M., Poyrazoğlu O. ve Kocataş Gürkan D., “İmalat Sektöründe CMM Kullanımının Verimlilik ve Kaliteye Etkileri”, *Politeknik Dergisi*, 27(6): 2193-2200, (2024).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.1307207

# İmalat Sektöründe CMM Kullanımının Verimlilik ve Kaliteye Etkileri

## Effects of CMM Use on Productivity and Quality in Manufacturing Sector

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Ölçme ve Kontrol
- ❖ CMM
- ❖ Tersine Mühendislik
- ❖ Kalite
- ❖ Anket ve İstatistik Veriler

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Koordinat Ölçme Makinelerinin işletmelere kalite ve verimlilik açısından katkıları, firmalarda kullanımı anket uygulanarak incelenmiştir. İstatistiksel olarak anket sonuçları paylaşılmıştır. / The contributions of Coordinate Measuring Machines to businesses in terms of quality and efficiency and their use in companies were examined by applying a survey. Statistically, the survey results were shared.



Şekil. Grafik özet / Figure. Graphical abstract

### Amaç (Aim)

Literatürde CMM'lerin sadece teknik yönden incelenmesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada CMM'lerin işletmelere kalite ve verimlilik açısından katkıları incelenmiştir. / In the literature, CMMs have only been examined from a technical perspective. In this study, the contributions of CMMs to businesses in terms of quality and efficiency were examined.

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Bu çalışmada temel veri kaynağı olarak anketler kullanılmıştır. Veri toplamak için kullanılan anket 21 sorudan oluşmaktadır. / In this study, questionnaires were used as the main data source. The questionnaire used to collect data consists of 21 questions.

### Özgünlük (Originality)

Çalışma kapsamında yapılan anketteki sorular tamamen özgün olup bu konuda yapılan ilk anket çalışmasıdır. / The questions in the survey conducted within the scope of the study are completely original and they are the first survey made on this subject.

### Bulgular (Findings)

Yapılan anketin analiz sonuçları geniş perspektifte değerlendirilmiş, sonuç ve öneriler kısmında paylaşılmıştır. / The results of the analysis of the survey were evaluated in a broad perspective and shared in the conclusion and recommendations section.

### Sonuç (Conclusion)

İşletmelerin verdiği cevaplara göre yapılan değerlendirmeler detaylı olarak paylaşılmıştır. / Evaluations made according to the answers given by the enterprises are shared in detail.

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# İmalat Sektöründe CMM Kullanımının Verimlilik ve Kaliteye Etkileri

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Mustafa İMAMOĞLU<sup>1</sup>, Oğuz POYRAZOĞLU<sup>1</sup>, Duygu GÜRKAN KOCATAŞ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 31.05.2023 ; Kabul/Accepted : 21.12.2023 ; Erken Görünüm/Early View : 11.03.2024)

## ÖZ

Koordinat Ölçme Makinesi (CMM), üretim süreçlerinde, bir parçanın belirlenen tasarım özelliklerine ve toleranslarına uygunluğunu doğrulamak için kullanılmakta, hatalı parçaların erken tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. Daha az maliyetle daha kaliteli ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada; CMM'lerin kalite ve verimliliğe olan etki düzeyini araştırmak amacıyla Ankara, İstanbul ve Bursa'da bulunan ilgili firmalar ile anket çalışması yapılmıştır. Anketler oluşturulmadan önce araştırmayla ilgili literatür taraması gerçekleştirilmiş, elde edilen bilgiler firma yetkilileri ile paylaşılmıştır. Geri dönüşler değerlendirilerek çalışmanın amacına uygun 21 soru, 5'li likert ölçeği kullanılarak hazırlanmıştır. Elektronik ortamda oluşturulan anket, savunma-havacılık, kalıp, otomotiv, imalat sanayi gibi çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren ve CMM bulunan 30 firmaya gönderilmiştir. Anketin analiz sürecinde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Alınan görüşler değerlendirilmiştir. Sektörde CMM kullanımının son yıllarda oldukça yaygınlaştığı, CMM'lerin yeni bir iş alanı oluşturduğu, kalite ve verimliliği büyük ölçüde arttırdığı sonuçlarına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CMM, boyutsal ölçüm, kalite, anket, ANOVA.

## Effects of CMM Use on Efficiency and Quality in Manufacturing Sector

### ABSTRACT

Coordinate Measuring Machine (CMM) are utilized in manufacturing processes to verify the conformity of a component to specified design features and tolerances, aiding in the early detection of defective parts. It enables the attainment of higher quality products at a lower cost. This study aims to investigate the impact of CMMs on quality and efficiency by conducting a survey with relevant companies in Ankara, Istanbul, and Bursa. Before creating the surveys, a literature review was conducted, and the obtained information was shared with company officials. Based on the feedback, 21 questions were formulated using a 5-point Likert scale to align with the research objectives. The survey, created in electronic format, was sent to 30 companies operating in various sectors such as defense and aviation, mold industry, automotive industry, and manufacturing industry, all of which have CMMs. The responses were evaluated, and the results were shared. One-way Analysis of Variance (ANOVA) was used in the analysis process of the survey. The survey results indicate that CMMs are widely used in major cities, creating a new business area, and significantly increasing both quality and efficiency.

**Keywords:** CMM, dimensional measurement, quality, survey, ANOVA.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

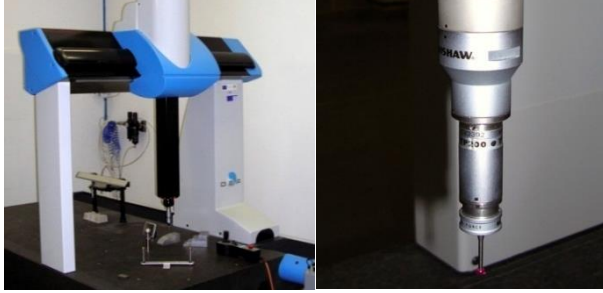
Ülkemizde ve dünya imalat sektöründe rekabet oldukça artmıştır. Üretimde artış, üretim yöntemlerindeki ileri değişiklikler, işçilik maliyetlerini düşürme isteği, ölçüm kabiliyetlerinde iyileştirmeler gibi stratejik noktalardaki gelişmeler, işletmeleri bir adım öne çıkarmaktadır. Verimlilik, üretimi yönlendiren kilit unsur olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle, ölçme sürecinin, uygulama için gerekli verileri sunması ve üretimdeki iş akışına büyük ölçüde uyum sağlaması oldukça önem arz etmektedir. İmalat sanayinde verimin artırılması açısından ölçme ve kalite kavramları önemli bir yer tutmaktadır. İyi bir ölçme işlemi kaliteli ürün eldesinde oldukça etkili olmaktadır. Ölçüm hem ürün performansı hem de süreç ve süreç kontrolü için esas niteliktedir. Ölçüm kabiliyeti iyi olan işletmeler, kalite ve müşteri sayısı açısından rakiplerinin önüne geçmektedir [1-2].

Endüstrinin verimlilik ve kalite kontrole verdiği önem, CMM'lerinin gelişmesine ve yaygın kullanımına katkı sağlamıştır. CMM'ler, üretim hacmi, hassasiyet ve çok amaçlı kullanım için iş akışına göre özelleştirilmiş ölçüm verimliliği sunmaktadır. İkincil malzeme işleme görevlerinin azaltılmasına ve boyutsal hataların daha hızlı tespit edilmesine olanak tanımakta, iş akışlarının uygun hale getirilmesini ve pazara sürme süresinin kısaltılmasını sağlamaktadır [2-3].

Koordinat metrolojisi imalat sanayinde en evrensel ölçüm teknolojisidir. Otomotiv, imalat, savunma, havacılık ve medikal alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürün geliştirme ve tersine mühendislik uygulamalarının yanı sıra, imalat sektörü ve süreç kontrolünde de kullanımı hızla artan CMM'ler, yüksek ölçüm hassasiyeti ve hızı bir arada sağlamaktadır. Ayrıca imalat ile bütünleşik hale getirebilme konusunda

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : duyugurkan@gazi.edu.tr

kullanıcıların işini büyük oranda kolaylaştırmaktadır [4]. CMM'lerin genel çalışma prensibi, ölçümü yapılacak olan parçanın X-Y-Z eksenlerinde, koordinat verilerinin toplanması, eşleştirilmesi ve değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Parçaya ait nokta verilerinin alınması ile önceden belirlenen boyutsal ve geometrik toleransların doğrulanması ya da kullanımda olan parçanın yıpranma oranının tespiti gibi pek çok kontrol yöntemi mümkün olmaktadır. Ölçme ve kontrolde kullanılan CMM'ler ve problemler ihtiyaca göre farklı özellikler taşımaktadır [4]. Şekil 1'de CMM ile ölçüm sistemi görülmektedir.



Şekil 1. Koordinat ölçme makinesi ve prob sistemleri (Coordinate measuring machine and probe systems) [4].

CMM'ler hassas ölçümleme yeteneğini ölçüm uçlarından ve yazılımdan almaktadır. İstenilen ölçü hassasiyeti, ölçülen ürünün büyüklüğü ve biçimi, ürünün geometrik toleransı prob ucu seçiminde dikkat edilecek olan unsurlardan birkaçıdır. Ölçüm hassasiyeti oldukça yüksek olan ve Şekil 1'de verilen prob, [5] parça üzerinde kısa mesafelerde ölçüm yaparak, parça boyutlarını ve geometrik toleransları oldukça iyi düzeyde tespit edebilmektedir. Parça ya da model üzerinden alınan veriler, parçaya özel olarak hazırlanan yazılım sistemleri ile raporlanabilmektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak koordinat ölçüm makinelerine son nesil yazılımlar entegre edilmektedir. İleri seviye bir koordinat ölçme yazılımı, standart tüm geometrik toleransları içermekte, tersine mühendislik, tarama ve grafiksel raporlama yapabilmektedir [4]. Bugünün üç boyutlu veri analiz rutinleri, bir CMM'in, dişliler ve hava folyoları gibi bileşik oluşturulmuş yüzeyleri verimli bir şekilde ölçmesini ve elde edilen ölçüm verilerini analiz etmesini mümkün kılmaktadır. Yazılımların gelişmesi ölçme belirsizliklerin azalmasına ve daha doğru ölçüm yapılmasına olanak sağlayacaktır. Ölçüm makinelerinin diğer fabrika sistemleriyle entegrasyonu, parça işleme sistemleri, takım tezgâhları, kalite kontrol sistemleri ve mühendislik veri tabanlarıyla arabirim sağlamak için ağ oluşturmayı içermektedir [14-19].

Literatürde CMM'lerin ölçüm hassasiyetlerinin artırılması ve ölçüm teknolojilerinin geliştirilmesi gibi teknik konuların incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır [6-11]. Zhao vd. [12], Mafsallı Kol Tipi Koordinat Ölçüm Makinesinin ölçüm uzunluğu doğruluğunu daha da geliştirmek için yeni bir yöntem önermiştir. Deneysel sonuçlar, doğruluğun önemli ölçüde iyileştirildiğini ve önerilen yöntemin etkinliğini

göstermektedir. Ren vd., [13] zamandan ve maliyetten tasarruf etmek amacı ile seyrek örneklem alma yöntemi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yoğun yüzey hatalarını seyrek ölçüm girdileriyle yeniden oluşturmak için bir derin öğrenme modeli sunmuşlardır. Önerilen model, ölçüm süresini önemli ölçüde azaltmıştır. Yöntemin etkinliği, simülasyon ve ölçümler ile doğrulanmıştır.

Literatür incelendiğinde, CMM üzerinde yapılan çalışmaların teknik bilgiyi geliştirme üzerine odaklandığı [6-13] ve CMM'lerin çeşitli akademik çalışmalarda [14-19] ölçüm aracı olarak sıklıkla kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ancak işletmelere kalite ve verimlilik yönünden katkılarının incelendiği bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. CMM'lerin kalite kontroldeki yerini belirlemek ve literatüre katkı sağlamak amacıyla bu çalışmada; Ankara, İstanbul, Bursa illerinde CMM bulunan otuz adet firma ile anket çalışması yapılmıştır. Savunma, havacılık, kalıp, otomotiv, imalat sanayi gibi çeşitli alanlarda faaliyetini sürdüren işletmelerin bu alanda görüş ve önerileri alınmıştır. Çalışma kapsamında, nicel araştırma yöntemleri içerisinde yer alan ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Tarama modeli, birden çok değişken arasındaki etkileşimlerin belirlenmesini ve grup ortalamalarının karşılaştırılmasını sağlamaktadır [20]. Yapılan anketin sonuçları geniş perspektifte değerlendirilmiş ve paylaşılmıştır.

## 2. ARAŞTIRMA VE METOT (RESEARCH AND METHODS)

Bu çalışmada temel veri kaynağı olarak anketler kullanılmıştır. Anketler oluşturulmadan önce araştırma ile alakalı literatür taraması yapılmış ve elde edilen bilgiler firma yetkilileri ile paylaşılmıştır. Geri bildirimler değerlendirilerek çalışmanın amacına uygun sorular hazırlanmıştır. Anketteki sorular tamamen özgündür ve bu konuda yapılan ilk anket çalışması sorularındır. Veri toplamak için kullanılan anket, 21 sorudan oluşmaktadır. Elektronik ortamda hazırlanmış ve işletmelere gönderilmiştir. Her işletmeden bir katılımcı ankete katılmıştır. İşletmeler, çalışılan pozisyon bilgisine göre diğer soru bölümlerine yönlendirilmiştir. Türkiye'nin imalat sanayisinde önemli yeri olan firmaların doldurdukları anketlerden elde edilen veriler, bilgisayar ortamında SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) istatistiksel analiz programına girilmiş, sorulara ilişkin tablolar oluşturulmuş, ayrıca sorulara verilen cevapların çalışan personelin işletmedeki pozisyonu ile ilgisi incelenmiştir. Anket formunda 5'li Likert ölçeği kullanılmıştır. Ölçeklerde yer alan ifadelerde katılım dereceleri 1-Hiç Katılmıyorum, 2-Katılmıyorum, 3-Kararsızım, 4 Katılıyorum ve 5-Kesinlikle Katılıyorum olarak belirlenmiştir [20-21]. "X" ortalama değeri hangi seçenekteki rakama daha yakın ise o seçeneğin tercih edildiği yorumu yapılmıştır. Analizlerde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) tercih edilmiştir [22]. Bağımsız değişkenler için Tek Yönlü Varyans Analizi, ikiden fazla bağımsız değişkenin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark

olup olmadığını araştıran parametrik bir test olarak tanımlanmaktadır. Bu testin yapılabilmesi için örneklemin evrenden rastgele seçilmesi, değişken varyanslarının eşit olması, veri dağılımının her grupta normal dağılım özelliğinde ve değişkenlerin birbirinden bağımsız olması gerekmektedir [23-25].

ANOVA testi verilerinin sayısı arttıkça, analiz hata payı azalacaktır. Test, veri sayısının artması durumunda da oldukça doğru anlamlılık (p) değerleri üretmektedir [26]. Bu durum, ANOVA'nın ideal şartların belirlenmesinde kullanılan güçlü bir test olması ile açıklanmaktadır [24]. Çalışmalar, grup boyutlarının (grupların n sayıları) eşit olması halinde, ANOVA testinin veri artışına karşı güçlü olduğunu; grup boyutları eşit olmadığında, sonuçların artıştan ve anormallikten etkilendiğini göstermektedir [27].

### 3. CMM'İN İŞLETMELERE KALİTE VE VERİMLİLİK YÖNÜNDE KATKILARINA İLİŞKİN BULGULAR (FINDINGS on CMM'S CONTRIBUTIONS to BUSINESSES in QUALITY and EFFICIENCY)

Katılımcı bilgileri, işletmelere sorulan sorular, alınan cevaplar ve değerlendirmeler bu bölümde sunulmuştur.

#### 3.1. Anket Soruları ve Cevaplar (Survey Questions and Answers)

Bu bölümde, katılımcılardan cinsiyet, yaş, eğitim durumları vb. bilgiler talep edilmiş ve alınan bilgiler değerlendirilmiştir. Katılımcı bilgileri Çizelge 1, Çizelge 2, Çizelge 3, Çizelge 4, Çizelge 5 ve Çizelge 6'da gösterilmiştir. Çizelge 1'de katılımcıların cinsiyete göre dağılımı verilmiştir.

**Çizelge 1.** Katılımcıların cinsiyete göre dağılımı (Distribution of participants by gender)

Cinsiyet	Sayı	Yüzde (%)
Erkek	29	96,7
Kadın	1	3,3

Çizelge 1'e göre ankete katılanların %96,7'sinin erkek, %3,3'ünün kadın katılımcılardan oluştuğu, erkek katılımcıların sayısının kadın katılımcıların sayısından oldukça fazla olduğu görülmektedir. Çizelge 2'de katılımcıların yaş aralığı verilmiştir.

**Çizelge 2.** Katılımcıların yaşa göre dağılımı (Distribution of participants according to age)

Yaş	Sayı	Yüzde (%)
20-30	17	54,8
31-40	8	29
41-50	3	9,7
51+	2	6,5
Toplam	30	100

Çizelge 2 incelendiğinde, anketi dolduran katılımcıların %54,8'inin 20-30 yaş, %29'unun 31-40 yaş, %9,7'sinin 41-50 yaş aralığında ve %6,5 oranında katılımcının ise 51 yaş üstü olduğu görülmektedir. Çizelge 3'te katılımcıların eğitim durumlarına ait bilgiler gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Katılımcıların eğitim durumuna göre dağılımı (Distribution of participants by educational status)

Eğitim Durumu	Sayı	Yüzde (%)
İlköğretim/Ortaöğretim	-	-
Lise/Mesleki Lise	5	16,7
2 veya 3 yıllık Yüksekokul	10	33,3
4 yıllık Fakülte	13	43,3
Yüksek Lisans	2	6,7
Doktora	-	-
Toplam	30	100

Katılımcıların %6,7'si yüksek lisans mezunu, %43,3'ü dört yıllık fakülte mezunu, %33,3'ü 2 yıllık yüksekokul mezunu, %16,7'si ise normal lise veya meslek lisesi mezunudur. İlkokul, ortaokul ve doktora mezunu katılımcı bulunmamaktadır (Çizelge 3). Çizelge 4'te bir diğer bilgi olarak katılımcıların çalıştığı birime göre dağılımı gösterilmiştir.

**Çizelge 4.** Katılımcıların çalıştığı birime göre dağılımı (Distribution of participants by unit of employment)

Çalıştığı Bölüm	Sayı	Yüzde (%)
Kalite kontrol	26	86,7
Tasarım	2	6,65
Üretim	2	6,65
Toplam	30	100

Katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%86,7) kalite kontrol biriminde çalışmaktadır (Çizelge 4). Katılımcıların çalıştığı birim hakkında bilgi sahibi olmak, anket sonuçlarının doğru değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Çizelge 5'te katılımcıların çalıştığı pozisyona göre dağılımı gösterilmiştir.

**Çizelge 5.** Katılımcıların çalıştıkları pozisyona göre dağılımı (Distribution of participants by the position they work in)

Çalışılan Pozisyon	Sayı	Yüzde (%)
Birim Yöneticisi	4	3,3
İşletme Sahibi	1	3,3
Kalite kontrol birimi	11	36,7
Kalite kontrol mühendisi	2	6,7
Sorumlu operatör	12	40
Toplam	30	100

Anket formunda çalışılan pozisyona göre soru yönlendirmeleri yapılmıştır. Buradaki amaç doğru kişilere uygun soruları sormaktır. %40 oranında katılımcı işletmelerde sorumlu operatör olarak çalışmaktadır. %36,7 oranındaki katılımcı kalite kontrol biriminde çalışmakta iken, %13,3 oranında katılımcının ise birim yöneticisi olarak çalıştığı görülmektedir (Çizelge 5). Çizelge 6'da katılımcıların kıdem yılına göre dağılımı gösterilmiştir.

**Çizelge 6.** Katılımcıların kıdem yılına göre dağılımları (Distribution of participants by years of seniority)

Çalışılan Süre	Sayı	Yüzde (%)
1-5 Yıl	17	56,7
6-10 Yıl	7	23,3
11-15 Yıl	3	10
16-20 Yıl	1	3,3
21 Yıl ve Üzeri	2	6,7
Toplam	30	100

Çizelge 6 incelendiğinde bu alanda çalışanların kıdem yılının az olması dikkat çekmektedir. Kıdem yılı 1-10 yıl arası olan katılımcılar, toplam katılımcıların %80'ini oluştururken 15 yıl ve üzeri olan katılımcılar sadece %10'unu oluşturmaktadır. Bu durum, CMM kullanımının son yıllarda oldukça yaygınlaşmasının ve yeni bir iş alanı oluşturmasının sonucudur.

Çizelge 1-Çizelge 6'da edinilen bilgiler ışığında katılımcılara sorulan ve CMM'lerin işletmelere kalite ve verimlilik yönünden katkılarını gösteren diğer soru ve cevapların dağılımları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7 incelendiğinde, işletmelerin ankete ilgi gösterdiği ve anketteki tüm sorulara cevap verdiği görülmektedir. Çizelge 7 esas alınarak sırası ile tüm sorular için aşağıdaki değerlendirmeler yapılmaktadır. Yukarıdaki çizelgede "f" (frekans) katılımcı sayısını, "x" ortalama değeri ve "%" ifadesi cevap oranını ifade etmektedir.

1. Genel olarak işletmelerin %90'ının, ürün kalitesini ölçen etkili bir sisteme sahip olduğunu düşündüğü, %6.7'sinin kararsız olduğu, %3.3'ünün ise etkili bir sisteme sahip olmadığı gözlemlenmektedir. İlk soru için ortalama değer 1.70 olup, işletmelerin büyük bir çoğunluğunun ölçüm için etkili bir sisteme sahip oldukları kanısına varılmıştır.

2. İşletmelerin %90'ı, özellikle %66.7'si ürün kalitesinin ölçümünde CMM kullanımını oldukça faydalı bulmaktadır. %6.7'si kararsız kalmış olup, %3.3'ü faydalı bulmadığını belirtmiştir. 2. Soru için ortalama değer 1.90 olarak elde edilmiş, CMM'in ölçümde faydalı bulunduğu değerlendirilmiştir yapılmıştır.

3. Katılımcıların %90'ı, CMM'lerin üretimde verimliliğe katkı sağladığını düşünmektedir. % 6.7'si kararsız olduğunu, %3.3'ü ise herhangi bir katkısının olmadığını belirtmektedir. 3. Soru için ortalama değeri 1.77 ile, CMM'lerin verimliliğe katkı sağladığı sonucuna varılmaktadır.

4. İşletmelerin %46.6'sı CMM'lerin bakım maliyetini fazla bulurken, %26.7'si bu görüşe katılmamaktadır. Ayrıca %26.7'lik diğer kesim kararsız olduğunu belirtmiştir. 4. Soru için ortalama değer 2.57 olarak elde edilmiştir. CMM'lerin bakım maliyetleri işletmelere göre değişmektedir.

5. İşletmelerin %60'ı CMM teminini kolay bulurken %13,3'ü kararsız kalmış ve %26.7'si zor olduğunu belirtmiştir. 2.43 ortalama ile CMM'lerin kolay temin edildiği kanısına varılmıştır. CMM maliyetleri ve satış yapan firma sayısını düşünüldüğünde, katılımcıların %40'ı ülkemizde CMM'lerin temin edilebilirliği zor olduğu kanısına varılmaktadır.

6. Katılımcıların %90'ı CMM'lerin kalibrasyonunun, doğru ve hassas ölçüm için önemli olduğunu söylemiştir. %3.3,3'ü kararsız olduğunu, %6.6'sı ise kalibrasyonun önemli olmadığını belirtmiştir. 2.07 ortalama ile CMM'lerin kalibrasyonunun doğru ve hassas ölçüm için önemli olduğu kanısına varılmıştır.

7. %80'lik kesim, ölçülecek ürüne göre CMM cihaz seçiminin çok önemli olduğunu, 13.6'lık kesim önemli olmadığını, %6.7'lik kesim kararsız kaldığını

belirtmiştir. 2.17 ortalama ile genel yargı, CMM'lerin ürüne göre değişiklik gösterebileceği yönündedir.

8. İşletmelerin %80'i CMM'lerin tersine mühendislik uygulamaları için son derece önemli olduğunu belirtirken %16.7'si tersine mühendislikte CMM kullanmadığını belirtmiştir. %3.3'ü ise kararsız kalmıştır. 1.87 ortalama ile CMM'lerin tersine mühendislik uygulamaları için son derece önemli olduğu kanısına varılmıştır.

9. Katılımcıların %93.3'ü CMM'lerde kullanılan yazılımın, ölçme ve kalite kontrolde çok önemli olduğunu düşünürken %6.6'sı önemsiz bulmaktadır. Ortalamaya bakıldığında 1.73 ile CMM'lerde kullanılan yazılımın ölçme ve kalite kontrolde oldukça önemli olduğu değerlendirilmiştir yapılmıştır.

10. İşletmelerin %76.7'si CMM kullanımının müşteri şikayetlerini ve üretim maliyetlerini azalttığını düşünürken %6.6'sı bu duruma katılmamaktadır. %16.7'si ise bilgisi olmadığını kararsız olduğunu belirtmiştir. 2.03 ortalama ile CMM'lerin, müşteri şikayetlerini ve işletmelerde üretim maliyetlerini azalttığı kanısına varılmıştır.

11. İşletmelerin %73.3'ü CMM'lerin bakım maliyetinin düşük olduğu kanısında iken %13.3'ü katılmamakta ve yine %13.3'ü kararsız kalmaktadır. 2.07 ortalama ile CMM'lerin bakım maliyetinin düşük olduğu değerlendirilmiştir yapılmaktadır.

12. Katılımcıların %86.6'sı, CMM'lerin ölçülerdeki tolerans dışı değişmelerin sebeplerini tespit ederek parçaların bozulmadan gerekli tedbirin alınmasını ve hatalı parça sayısının azalmasını sağladığını düşünmektedir. %10'u bu konuda olmadığını %3.3'ü ise kararsız olduğunu belirtmiştir. 2.03 ortalama ile, CMM'lerin parçalar bozulmadan gerekli tedbirin alınmasını ve hatalı parça sayısının azalmasını sağladığı sonucuna varılmaktadır.

13. Anket katılımcılarının %80'i taşınabilir CMM'lerin üretimde iyileştirmeler sağlayan çok işlevli bir ölçüm aracı olduğunu düşünürken, %6.6'sı bu görüşe katılmamaktadır. %13.3'ü ise kararsız kalmış ve fikir belirtmemiştir. 1.83 ortalama ile, taşınabilir CMM'lerin üretimde iyileştirmeler sağladığı ve çok işlevli olduğu değerlendirilmiştir yapılmaktadır.

14. İşletmecilerin %33.3'ü, taşınabilir CMM'lerin, gelecekte sabit CMM'lerin yerine kullanılabileceğini düşünürken %46.7'si bu görüşü desteklememektedir. %20'si ise kararsız kalmıştır. Ortalamaya bakıldığında 3.13 ile katılımcıların "Taşınabilir CMM gelecekte sabit CMM'in yerini alabilir" hipotezine katılmadıkları kanısına varılmaktadır.

15. Katılımcıların %46.7'si taşınabilir CMM'lerin, sabit CMM'lerden daha avantajlı olduğu görüşünde iken %40'ı bu görüşe katılmamakta ve %13,3'ü ise kararsız kalmaktadır. Ortalamaya değer 2.93 olarak elde edilmiştir. Katılımcıların yaklaşık olarak yarısı taşınabilir CMM'lerin daha avantajlı olduğu hipotezine katılırken diğer yarısının bu görüşe katılmadığı ve kararsız kaldığı görülmektedir.

**Çizelge 7.** CMM'lerin işletmelere kalite ve verimlilik yönünden katkılarını gösteren anket soruları ve cevap dağılımları (Survey questions and answer distributions showing the contribution of CMM to businesses in terms of quality and efficiency)

CMM'lerin İşletmelere Kalite ve Verimlilik Yönünden Katkılarına İlişkin Anket Soruları	Hiç katılmıyorum		Katkılmıyorum		Kararsızım		Katlıyorum		Kesinlikle Katlıyorum		x
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
1. Ürünlerimizin kalitesini ölçen etkili bir sisteme sahibiz.	-	-	1	3,3	2	6,7	13	43,3	14	46,7	1,70
2.CMM'ler, ürün kalitesinin belirlenmesinde fayda sağlar.	-	-	1	3,3	2	6,7	7	23,3	20	66,7	1,90
3.CMM, üretimde verimliliğe katkı sağlar.	-	-	1	3,3	2	6,7	11	36,7	16	53,3	1,77
4.CMM'lerin bakım maliyetleri fazladır.	3	10	5	16,7	8	26,7	10	33,3	4	13,3	2,57
5. CMM'lerin temin edilebilirliği kolaydır.	5	16,7	3	10	4	13,3	12	40	6	20	2,43
6. CMM'lerin kalibrasyonu doğru ve hassas ölçüm için önemlidir.	1	3,3	1	3,3	1	3,3	4	13,3	23	76,7	2,07
7. Ölçülecek ürüne göre CMM seçimi çok önemlidir.	2	6,7	2	6,7	2	6,7	7	23,3	17	56,7	2,17
8. CMM'ler tersine mühendislik uygulamaları için son derece başarılıdır.	2	6,7	3	10	1	3,3	17	56,7	7	23,3	1,87
9. CMM'lerde kullanılan yazılım, ölçme ve kalite kontrolde çok etkilidir.	1	3,3	1	3,3	-	-	13	43,3	15	50	1,73
10. CMM'ler, işletmelerde üretim maliyetlerini ve müşteri şikayetlerini azaltmaktadır.	1	3,3	1	3,3	5	16,7	9	30	14	46,7	2,03
11. CMM'lerin bakım maliyetleri uygun fiyatlı olmaktadır.	3	10	1	3,3	4	13,3	13	43,3	9	30	2,07
12. CMM'ler, tolerans dışı ölçüm sonuçlarının sebeplerini tespit ederek gerekli tedbirin alınmasını sağlamaktadır.	1	3,3	2	6,7	1	3,3	7	23,3	19	63,3	2,03
13. Taşınabilir CMM, üretimde iyileştirmeler sağlayan çok işlevli bir ölçüm aracıdır.	1	3,3	1	3,3	4	13,3	14	46,7	10	33,3	1,83
14. Taşınabilir CMM, gelecekte sabit CMM'lerin yerini alabilir.	6	20	8	26,7	6	20	6	20	4	13,3	3,13
15. Taşınabilir CMM'lerin avantajları, sabit CMM'lerden daha fazladır.	6	20	6	20	4	13,3	6	20	8	26,7	2,93

### 3.2. Cevapların Değerlendirilmesi ve Analizler (Evaluation of Answers and Analysis)

Araştırmanın bu bölümünde verilerin analiz ve değerlendirmelerine ait bilgilere yer verilmiştir. SPSS paket programında iki veya daha fazla grup arası varyant farkıyla ilgili karşılaştırmalar ve yorumlamalar yapılmıştır.

SPSS programında %5 anlamlılık düzeyi kullanılmaktadır. “p” değerinin, 0.05'ten küçük olması halinde iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu kanısına varılmaktadır [28]. Verilen cevapların, çalışılan pozisyona göre gösterdiği değişikliği analiz eden ANOVA sonuçları 8, 9 ve 10 numaralı çizelgelerde gösterilmiştir.

**Çizelge 8.** “CMM kullanımı işletmelerde malzeme sarfiyatını önledi.” ifadesinin çalışılan pozisyona göre değişkenliğine ait tek yönlü ANOVA testi (One-way ANOVA test for the variability of the expression “The use of CMM has prevented material consumption in enterprises” according to the working position.)

CMM Kullanımı	N	X	Sd	Ss	P
Malzeme Sarfiyatını Önledi mi ?					
Birim yöneticisi	3	1	0,012	0,836	0,036
İşletme Sahibi	1	2	0,253		
Kalite kontrol birimi	12	1,08	0,289		
Kalite kontrol mühendisi	2	1,50	0,707		

Sorumlu operatör	12	1,08	0,289
Toplam	30	1,13	0,346

N kişi sayısını, x ortalama değerini, Sd grup içi değişim için serbestlik derecesini, Ss kareler toplamını, P istatistiksel anlamlılık/farklılık değerini ifade etmektedir.

Çizelge 8’de çalışılan pozisyonun, “CMM kullanımı, işletmede malzeme sarfiyatını önledi.” ifadesi üzerinde oluşturduğu farklılık düzeyi araştırılmıştır. İfade için “evet” ve “hayır” cevapları bulunmaktadır. SPSS programında evet cevabına “1” rakamı, hayır cevabına “2” rakamı verilmiştir. Ortalama değer olan “X” değerine hangi rakam daha yakın ise cevap olarak o kabul edilmiş ve yorumlanmıştır. “P” değerinin 0.05’ten küçük olduğu görülmüş ve bu sebeple cevaplar arasında anlamlı bir fark olduğu kanısına varılmıştır. Ayrıca ortalama değere (1.13) bakıldığında, katılımcıların CMM’lerin malzeme sarfiyatını önlediğini düşündükleri görülmektedir.

**Çizelge 9.** “Her ürün ve ölçümde CMM kullanıyor musunuz?” ifadesinin çalışılan pozisyona göre değişkenliğine ait tek yönlü ANOVA testi (“Do you use CMM in every product and measurement?” One-way ANOVA test for the variability of the expression according to the working position)

Her Ürün ve Her Ölçümde CMM Kullanıyor musunuz?	N	X	Sd	Ss	P
Birim yöneticisi	3	1	0,154		
İşletme Sahibi	1	2	0,315		
Kalite kontrol birimi	12	1,42	0,575	1,883	0,040
Kalite kontrol mühendisi	2	2	0,369		
Sorumlu operatör	12	1,67	0,469		
Toplam	30	1,53	0,507		

N kişi sayısını, x ortalama değerini, Sd grup içi değişim için serbestlik derecesini, Ss kareler toplamını, P istatistiksel anlamlılık/farklılık değerini ifade etmektedir.

Çalışılan pozisyonun, “İşletmeniz Üretimini Gerçekleştirdiğiniz Her Ürün ve Ölçümde CMM Kullanıyor musunuz?” sorusu üzerinde anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığı araştırılmış, Çizelge 9’da test sonuçları paylaşılmıştır. Soru için verilen cevap evet ise “1” rakam değeri, hayır ise “2” rakam değeri SPSS programına girilmiştir.

Ortalama “X” değeri “1” rakamına daha yakın ise evet cevabı verildiği, “2” rakamına yakın bir değer ise hayır cevabı verildiği yorumu yapılmıştır. P değerinin, 0.05’ten küçük olması nedeni ile cevaplar arasında anlamlı bir farkın bulunduğu belirlenmiştir. Ortalama değere (1.53) bakıldığında katılımcıların “İşletmede üretimini gerçekleştirdiğimiz her ürün ve ölçümde CMM kullanıyoruz.” cevabını verdiği görülmektedir.

**Çizelge 10.** CMM, işletmede üretim kapasitesine artışa ne kadar katkı sağlamıştır ifadesinin çalışılan pozisyona göre tek yönlü anova testi (One-way anova test of the expression "How much has the CMM contributed to the increase in production capacity in the enterprise")

CMM, İşletmede Üretim Kapasitesine Artışa Ne Kadar Katkı Sağlamıştır?	N	X	Sd	Ss	P
Birim yöneticisi	3	4,67	0,577		
İşletme Sahibi	1	2,00	0,315		
Kalite kontrol birimi	12	5,42	0,575	1,883	0,040
Kalite kontrol mühendisi	2	5,00	0,369		
Sorumlu operatör	12	3,58	0,469		
Toplam	30	4,67	0,507		

N kişi sayısını, x ortalama değerini, Sd grup içi değişim için serbestlik derecesini, Ss kareler toplamını, P istatistiksel anlamlılık/farklılık değerini ifade etmektedir.

Çizelge 10’da, “P” değerinin 0.05’ten küçük olması sebebi ile cevaplar arasında anlamlı bir fark olduğu değerlendirilmiştir. Ortalama değer 4.67 olarak elde edilmiştir. Katılımcılar, CMM’lerin, üretim kapasitesindeki artışa %70 oranında katkı sağladığını belirtmişlerdir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İmalat sektöründe CMM kullanımının verimlilik ve kaliteye etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmanın bu bölümünde bulgulara bağlı sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu anket çalışması, Türkiye’deki üç büyük il (İstanbul, Ankara, Bursa) esas alınarak otuz firma ve yirmi bir soru ile gerçekleştirilmiştir.

➤ Ankete katılanların %96.7’sinin erkek, %3.3’ünün kadın katılımcılardan oluştuğu görülmektedir. Oldukça fazla olan bu fark, genel profil göz önünde bulundurulduğunda da sektörde CMM üzerine çalışan erkek sayısının daha fazla olduğunu göstermektedir.

➤ Anketi dolduran katılımcıların %54.8’inin 20-30 yaş aralığında olduğu, %56.7’sinin 5 yıldan daha az süredir ilgili sektörde çalıştığı belirlenmiştir. Bu durum, işletmelerde CMM’in Türkiye’de hala yeni sayılabilecek bir teknoloji olması, kullanımının son yıllarda yaygınlaşması ve yeni bir iş alanı oluşturması ile açıklanmaktadır.

➤ %16.7 ile CMM’lerin en çok kullanıldığı sektör, uzay ve havacılıktır. İkinci sırayı ise %13.3 ile otomotiv sektörü almaktadır.

➤ Katılımcıların %72.2’si, işletmelerin toplam kalite yönetimi ve sürekli iyileştirmeler konusunda yeterli yatırım yaptığını düşünmemektedir. Ayrıca %83.3’ü CMM’lerin üretim maliyetlerini azalttığını belirtmiştir. Katılımcıların vermiş olduğu cevaplar ile birlikte devreye



alınırken maliyetli görünen CMM'lerin seri üretimde maliyeti oldukça düşürdüğü ve bu nedenle daha çok yatırım yapılması gereken bir alan olduğu tespit edilmiştir.

➤ Ankete katılanların %76.92'si kalite kontrol ve CMM konusunda yeterli sayıda eğitilmiş personel bulunduğu kanısında iken, %50'ye yakını alınan eğitimin CMM kullanımı için yetersiz kaldığını düşünmektedir. Katılımcıların yanıtlarına göre, verilen CMM eğitiminin kalitesinin artırılması, eğitimin detaylandırılması ve daha çok uygulama ağırlıklı olması gerektiği belirlenmiştir.

➤ Katılımcıların % 63.3'ü CMM'leri, ürünlerin istenilen ölçü ve toleranslarda olup olmadığını kontrol etmek için kullanmaktadır. Bu oran, işletmelerde CMM'lerin tersine mühendislikten ziyade yaygın olarak kalite kontrol amaçlı kullanıldığını göstermektedir.

➤ Zaman kaybı maliyetleri artırmakta, müşteri sayısını ise önemli oranda azaltmaktadır. İşletmelerde CMM kullanımı, kayıp zamanı azaltarak üretimi artırmada önemli rol oynamaktadır. Katılımcıların %96.7'si bu fikri benimsemekte, %93.3 oranında katılımcı ise CMM'lerin sektörde rekabet avantajı kazandırdığını belirtmektedir. Veriler göz önünde bulundurulduğunda, CMM'lerin işletmelerde üretim kapasitesine ve rekabete etkisinin ciddi oranlarda olduğu görülmektedir.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Mustafa İMAMOĞLU:** Anket sorularını belirlemiş, işletmeler ile görüşmüş ve anketi uygulamıştır.

**Oğuz POYRAZOĞLU:** Anket sorularını ve kullanılacak yöntemi belirlemiştir. Verilen cevapların değerlendirilmesini ve makalenin genel incelemesini yapmıştır.

**Duygu GÜRKAN KOCATAŞ:** Anket sorularını belirlemiş, cevapların değerlendirmiştir. Makale yazımı ve düzenlemeyi gerçekleştirmiştir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Pinar, A. M. and Güllü, A., "Dairesellik hatası ölçümünde kullanılan yöntemlerin incelenmesi", *Politeknik Dergisi*, 10.2:137-144, (2007).
- [2] Weekers, W. G. and Schellekens, P. H. J., "Compensation for dynamic errors of coordinate measuring machines", *Measurement*, 20.3: 197-209, (1997).

- [3] Lee, G., Mou, J. and Shen, Y., "Sampling strategy design for dimensional measurement of geometric features using coordinate measuring machine", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 37.7: 917-934, (1997).
- [4] Teke, İ., Yandayan, T. and Karadayı, R., "Koordinat ölçüm metrolojisi, üç boyutlu ölçüm cihazı CMM modernizasyonu, kalibrasyonu, verifikasyonu, dünyada ve ülkemizdeki durumu", *Mühendis ve Makine*, 18-25, (2013).
- [5] Puertas, I., Pérez, C. L., Salcedo, D., León, J., Luri, R. and Fuertes, J. P., "Precision study of a coordinate measuring machine using several contact probe" *Procedia Engineering*, 63: 547-555, (2013).
- [6] Işık, U., "Üç Boyutlu Koordinat Ölçme Cihazı (CMM) ile optik tarama cihazının performanslarının karşılaştırılması", *Yüksek Lisans*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2019).
- [7] Stojkic, Z., Culjak, E. and Saravanja, L., "3D measurement-comparison of CMM and 3D scanner", *Proceedings of the 31st DAAAM International Symposium*, Vienna, 780-787, (2020).
- [8] Artkin, F. "CMM machines and industrial applications", *1st International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences*, Konya, 1029-1033, (2023).
- [9] Metz, D., Jantzen, S., Wessel, D., Mies, G., Lüdenbach, J., Stein, M. and Dietzel, A., "Integration of an isotropic microprobe and a microenvironment into a conventional CMM", *Measurement Science and Technology*, 30.11:115007, (2019).
- [10] Ren, J., Ren, M., Sun, L., Zhu, L. and Jiang, X., "Generative model-driven sampling strategy for the high-efficiency measurement of complex surfaces on coordinate measuring machines", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70:1-11, (2021).
- [11] D'Emilia, G., Di Ilio, A., Gaspari, A., Natale, E. and Stamopoulos, A. G., "Uncertainty assessment for measurement and simulation in selective laser melting: a case study of an aerospace part", *ACTA IMEKO*, 9.4:96-105, (2020).
- [12] Gürkan, D. and Korkut, İ., "The effect of tool coating on geometric tolerances in the drilling of AISI 303 austenitic stainless steel", *5th International Iron&Steel Symposium*, Karabük, 74-77, (2021).
- [13] Yılmaz, B., Bayraktar, Ö., Uzun, G. and Güllü, A., "Vermiküler grafitli dökme demirlere uygulanan delmeoperasyonunda kaplamanın ve uç açısının geometrik tolerans değerlerine etkisinin araştırılması", *16th International Materials Symposium*, Denizli 1841-1847, (2016).
- [14] Uzun, G., Yaşar, S. A. and Korkut, İ., "Investigation of the effect of cutting parameters on cutting force and hole quality of Ti-6Al-4V alloy in drilling", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol.7, no.2, 469-475, (2017).
- [15] Baykal, E. and Uzun, G., "AlSi10Mg malzemesinin seçici lazer eritme yöntemiyle üretiminde kontur parametrelerinin parça ölçülerine etkisinin incelenmesi", *VI. International New York Academic*

- Research Congress on Life and Applied Sciences*, New York, 52-58, (2022).
- [16] Yağmur, S., Acır, A. and Şeker, U., “AISI 1050 Çeliğinin delinmesinde kesme parametrelerinin ve kaplama uygulamasının dairesellikten sapma (ovalite) üzerindeki etkilerinin araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 16.3:105-109, (2013).
- [17] Karasar, N., “Bilimsel Araştırma Metodu”, 38, *Taş Kitapçılık*, Ankara, (1984).
- [18] Özçelik, B., “Güvenlik kültürü algısının işten ayrılma niyeti üzerindeki etkisinin incelenmesi”, *Yüksek Lisans*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (2022).
- [19] Gökkaya, A., “Anne babaların; enneagram bilgisi, ebeveyn tutumları ve affedicilik düzeylerinin bazı değişkenlere göre incelenmesi”, *Yüksek Lisans*, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, (2020).
- [20] Can, A., “SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi”, 7, *Pegem Akademi*, Ankara, (2019).
- [21] Field, A., “Discovering Statistics Using SPSS”, 3, *Sage Publications Ltd.*, London, (2009).
- [22] Mishra, P., Singh, U., Pandey, C. M., Mishra, P. and Pandey, G., “Application of student's t-test, analysis of variance, and covariance”, *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22.4:407, (2019).
- [23] Green, Samuel B. and Salkind, Neil J., “Using SPSS for Windows and Macintosh:analyzing and understanding data”, 7, *Pearson*, New Jersey, (2014).
- [24] Wilcox, R., “Introduction to robust estimation and hypothesis testing”, 2, *Elsevier Academic Press*, Burlington (2005).
- [25] Coşkun, R., Altunışık, R., Bayraktaroğlu, S. and Yıldırım, E., “Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamaları”, 8, *Sakarya Kitabevi*, Sakarya, (2015).