

**DOĞALTAŞ CNC MAKİNELERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doğancan AYDOĞMUŞ

Danışman

Doç. Dr. Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2021

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞALTAŞ CNC MAKİNELERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SEÇİMİ**

Doğancan AYDOĞMUŞ

Danışman

Doç. Dr. Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MAYIS 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Doğancan AYDOĞMUŞ tarafından hazırlanan “Doğaltaş Cnc Makinelerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Seçimi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca/05/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Erkan ÖZKAN

İmza

Başkan : Prof. Dr. Melih İPHAR
Eskişehir Osmangazi Ün., Mühendislik Fakültesi

Üye : Doc. Dr. Fatih BAYRAM
Afyon Kocatepe Ün., Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Erkan ÖZKAN
Afyon Kocatepe Ün., Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

...../...../2021

Doğancan AYDOĞMUŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞALTAŞ CNC MAKİNELERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SEÇİMİ

Doğancan AYDOĞMUŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan ÖZKAN

Bu araştırmada, günümüz artan nüfus ile yapı sektörü de hızla ilerlemektedir. Bu ilerleme doğrultusunda doğaltaşlara olan rağbet de gittikçe artmaktadır. Hem güzel görüntüsü hem doğal oluşu hem de insan sağlığı açısından zararlı bir etkisinin bulunmaması doğal taşlara olan ilgiyi iyice artmıştır. Beraberinde tüketici farklı, özel ve hatta kendine has tasarımlar ile üreticilerin kapılarını çalmaya başlamıştır. Üreticiler, gelen talepler doğrultusunda tüketici taleplerine ayak uydurmaya çalışmaktadır. Bu durumda ise üreticileri daha kısa sürede daha kaliteli bir ürün üretmeye itmiştir. Bu şekilde yapılacak üretimler için teknolojik makinalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda doğaltaş sektöründe ve bu sektöre hizmet veren sektörlerde (makine, sarf malzemeler vb.) ürünler geliştirmişlerdir. Sanatsal ve özel projelerde yüzeyi işlenmiş ve özel ebatlarda tasarlanmış dekoratif doğaltaşlara talep artmıştır. Bu tasarımları karşılamak için bilgisayar kontrollü CNC makinelerine talep artmıştır.

Bu çalışmada mermer işleme sektöründe en fazla kullanılan 5 eksenli CNC makine markaları belirlenmiştir. Belirlenen markaların özellikleri hem üreticilerden hem de kullanan operatörlerden alınan makine ve ekipman özellikleri birbirleri ile kıyaslanmıştır. CNC makinelerinin kıyaslanacak özellikleri; ekonomi ölçütü, teknik özellik ölçütü, müşteri memnuniyeti ölçütü ve kullanım koşulları ölçütü 4 ana grupta toplanmıştır. Üretici ve operatörlerden alınan veriler doğrultusunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve İdeal Çözüme Benzer Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) kullanılarak analiz

edilmiştir. Analiz sonucunda makine seçiminde etkili olan yöntem belirlenmiştir.

2021, x + 74 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş, Bilgisayarlı Sayısal Kontrol (CNC), Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS).

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

SELECTION OF NATURAL STONE CNC MACHINES USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Doğancan AYDOĞMUŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Erkan ÖZKAN

In this research, today with the increasing population, the construction industry is progressing rapidly. In line with this progress, the demand for natural stones is increasing day by day. Both its beautiful appearance, its natural nature and the absence of any harmful effects on human health have increased the interest in natural stones. Along with this, the consumer started to knock on the doors of the manufacturers with different, special and even unique designs. Manufacturers try to keep up with consumer demands in line with incoming supplies. In this case, it pushed the manufacturers to produce a higher quality product in a shorter time. Technological machines are needed for the productions to be made in this way. In line with these needs, they have developed products in the natural stone sector and in the sectors that serve this sector (machinery, consumables, etc.). In artistic and special projects, demand for decorative natural stones with surface processed and designed in special sizes has increased. Demand for computer-controlled CNC machines has increased to meet these designs.

In this study, the most used 5-axis CNC machine brands in the marble processing industry were determined. The features of the determined brands were compared with each other with the machine and equipment features obtained from both manufacturers and operators. Compared features of CNC machines; economy criterion, technical feature criterion, customer satisfaction criterion and usage conditions criterion are gathered in 4 main groups. It has been analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the

Ideal Solution-like Preference Ranking Technique (TOPSIS) in line with the data received from the manufacturers and operators. As a result of the analysis, the method that is effective in machine selection has been determined.

2021, x + 74 pages

Keywords: Natural Stone, Computer Numerical Control (CNC), Analytical Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

TEŞEKKÜR

Bu deneysel alıŐmaların ynlendirilmesi, sonuların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmıŐ olduğu büyük katkılarında dolayı tez danıŐmanım Sayın Do. Dr. Erkan ÖZKAN' a ve aileme, yazım sresince yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma, her konuda neri ve eleŐtirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı kıymetli anneme ve babama teşekkür ederim.

Doğancan AYDOğMUŞ
AFYONKARAHİSAR, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1 Bilgisayarlı Sayısal Kontrollü (CNC) Doğaltaş İşleme Makinesi	2
2.2 CNC Tezgâhları ve Tarihçesi	3
2.3. CNC Freze Tezgâh Çeşitleri	5
2.3.1 3 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı	5
2.3.2. 5 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgahı	6
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1 CNC Doğaltaş İşleme Makinesi	10
3.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi (ÇKKVY).....	11
3.3 Analitik Hiyerarşi Proses (AHP)	12
3.4 TOPSIS Yöntemi	17
4. AHP YÖNTEMİ İLE CNC MAKİNASI SEÇİMİ.....	22
4.1 5 Eksenli Doğaltaş CNC Makinesi Seçim Ölçütleri	22
4.1.1 Ekonomi Ölçütü	24
4.1.1.1 Yatırım Maliyeti.....	24
4.1.1.2 Yedek Parça Maliyeti.....	25
4.1.1.3 Magazin Maliyeti	25
4.1.1.4 Kontrol Ünitesi Maliyeti	26
4.1.1.5 Hurda Maliyeti	27
4.1.2 Teknik Özellik Ölçütü.....	28
4.1.2.1 İşleme Boyutu	28
4.1.2.2 Eksen Hızları.....	29
4.1.2.3 Eksen Açılıları.....	30

4.1.2.4 Hareket Mekanizması	31
4.1.2.5 Elektronik İşletim Sistemi.....	33
4.1.3 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü.....	34
4.1.3.1 Servis Şartları.....	35
4.1.3.2 Yedek Parça Bulunabilirliği.....	36
4.1.3.3 Kullanılan Malzeme Kalitesi	37
4.1.4 Kullanım Koşulları.....	38
4.1.4.1 Operatör Eğitimi	39
4.1.4.2 Program Kolaylığı.....	40
4.1.4.3 Güvenlik.....	41
4.2 Ana Ölçütler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi.....	44
4.3 Ekonomi Ölçütü.....	44
4.4 Teknik Özellikler	47
4.5 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü.....	50
4.6 Kullanım Koşulları Ölçütü.....	52
4.7 Toplam Öncelik Tablosu	54
4.8 Genel Sonuç.....	55
4.9 Her Bir Alt Ölçüt Ağırlığının Hesaplanması	56
4.10 Duyarlılık Analizi	57
5. TOPSIS YÖNTEMİNE GÖRE 5 EKSENLİ CNC SEÇİMİ.....	59
5.1 Standart Karar Matrisi Oluşturma.....	61
5.2 Ağırlıklı Standart Karar Matrisi.....	63
5.3 İdeal Pozitif ve İdeal Negatif Değerlerin Oluşturulması	65
5.4 Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması	65
5.5 İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması	66
6. SONUÇ.....	67
7. KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 CNC çalışma sistemi	4
Şekil 2.2 3 eksenli köprü tipi CNC freze tezgâhı	6
Şekil 2.3 5 eksenli bir makine örneği.	7
Şekil 2.4 Yüzey işlemede oluk açma.....	8
Şekil 2.5 5 eksenli işlemede farklı etkili kesme.	9
Şekil 3.1 CNC doğaltaş işleme makinesi	10
Şekil 3.2 Tam hiyerarşik yapı.....	14
Şekil 4.1 CNC makinaları ve kıyaslanma ölçütleri.	23
Şekil 4.2 Doğaltaş makinesi magazini	26
Şekil 4.3 Doğaltaş makinesi kontrol ünitesi.....	27
Şekil 4.4 Eksen açıları.	30
Şekil 4.5 Düz dişli	32
Şekil 4.6 Kremayer dişli.....	32
Şekil 4.7 Elektronik işletim sistemi.....	34
Şekil 4.8 CNC servis ve bakımı	36
Şekil 4.9 CAM/CAD programı ve simülasyonu	41
Şekil 4.10 Güvenlik.....	42
Şekil 4.11 Ana ölçütlerin duyarlılık analiz grafiği.	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 AHP'de kullanılan ölçüt değerleri.....	15
Çizelge 3.2 Ölçütler için ikili kıyaslama matrisinin oluşturulması.....	15
Çizelge 3.3 Rassal gösterge değerleri.....	17
Çizelge 4.1 5 Eksenli CNC Makine Alternatifleri.....	22
Çizelge 4.2 Yatırım Maliyeti Değerleri Ölçütü.....	24
Çizelge 4.3 Yedek Parça Maliyeti Ölçütü.....	25
Çizelge 4.4 Magazin Maliyeti Ölçütü.....	26
Çizelge 4.5 Kontrol Ünitesi Maliyeti Ölçütü.....	27
Çizelge 4.6 Hurda Maliyeti Ölçütü.....	28
Çizelge 4.7 İşleme Boyutları Ölçütü.....	29
Çizelge 4.8 Eksen Hızları Ölçütü.....	29
Çizelge 4.9 Eksen Açıları Ölçütü.....	31
Çizelge 4.10 Hareket Mekanizması Ölçütü.....	33
Çizelge 4.11 Elektronik İşletim Sistemi.....	34
Çizelge 4.12 Servis Şartları Ölçütü.....	36
Çizelge 4.13 Yedek Parça Bulunabilirliği.....	37
Çizelge 4.14 Kullanılan Malzeme Kalitesi.....	38
Çizelge 4.15 Kullanım Koşulları.....	39
Çizelge 4.16 Operatör Eğitimi.....	40
Çizelge 4.17 Program Kolaylığı.....	41
Çizelge 4.18 Güvenlik Ölçütü.....	43
Çizelge 4.19 Deneyimli Operatör Bulunabilirliği.....	44
Çizelge 4.20 Ana Ölçütler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi.....	44
Çizelge 4.21 Ekonomi Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi....	45
Çizelge 4.22 Yatırım Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	45
Çizelge 4.23 Yedek Parça Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	46
Çizelge 4.24 Magazin Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	46
Çizelge 4.25 Kontrol Ünitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	47
Çizelge 4.26 Hurda Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	47

Çizelge 4.27 Teknik Özellik Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi	48
Çizelge 4.28 İşletme Boyutu Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	48
Çizelge 4.29 Eksen Hızları Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	49
Çizelge 4.30 Eksen Açıları Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	49
Çizelge 4.31 Hareket Mekanizması Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	49
Çizelge 4.32 Kullanılan Malzeme Kalitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	50
Çizelge 4.33 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi	50
Çizelge 4.34 Servis Şartları Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	51
Çizelge 4.35 Yedek Parça Bulunabilirliği Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	51
Çizelge 4.36 Kullanılan Malzeme Kalitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.....	52
Çizelge 4.37 Kullanım Koşulları Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi	52
Çizelge 4.38 Eğitim Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	53
Çizelge 4.39 Program Kolaylığı Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	53
Çizelge 4.40 Güvenlik Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi	53
Çizelge 4.41 Ekonomi Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.....	54
Çizelge 4.42 Teknik Özellik Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu	54
Çizelge 4.43 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.....	55
Çizelge 4.44 Kullanım Koşulları Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.....	55
Çizelge 4.45 Genel Sonuç Tablosu	55
Çizelge 4.46 Karma Öncelik Değerleri	56
Çizelge 4.47 Her Bir Alt Ölçüt Ağırlığının Hesaplanması	57
Çizelge 5.1 Ölçütlerin Karar Matrisi.....	60
Çizelge 5.2 Ölçütlerin Standart Karar Matrisi.....	62
Çizelge 5.3 Ölçütlerin Görelî Önem Vektörü Matrisi.....	64
Çizelge 5.4 Ölçütlerin İdeal Pozitif Ve Negatif Değeri	65
Çizelge 5.5 Tüm Ölçütlerin Ayırım Ölçüleri Tablosu	66
Çizelge 5.6 İdeal Çözüme Görelî Yakınlık	66

1. GİRİŞ

Doğal taş sektöründe, üretimde kullanılan klasik takım tezgâhlarının yerini günümüzde bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) makinaları almaya başlamıştır. Bu sektörde çalışan yöneticilerin kararları, firmaların ürettiği ürünlerin kalitesini ve performansını doğrudan etkilenmesinden dolayı makine seçimi önemlidir. Yanlış seçim süreci, kalite ve verimlilikte önemli bir düşüşe neden olabilir. Bu nedenle, makinelere yanlış yatırım yapılmasını önlemek için sistematik bir karar verme işlemlerine ihtiyaç vardır. Karar verme işlemlerine genellikle karmaşık karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde, karar vericilere alternatifleri listelemeye ve en uygun alternatifi seçmeye yardımcı olmak için kullanılabilir. AHP (Analytical Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri, subjektif ölçütler söz konusu olduğunda karar ölçütlerinin hiyerarşik olarak alt ölçütlere indirgenebildiği problemlerin çözümünde etkili bir karar verme metodudur. AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak en önemli ölçütler belirlenir ve en uygun makinenin seçilmesi sağlanır.

Bu çalışmada, CNC tezgâhlarının seçim sürecinde çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak en uygun makinenin seçilebileceği bir model ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Çalışma doğrultusunda, CNC makinalarının özelliklerinin önemi, maliyeti, teknik servis erişim kolaylığı, parça temini, malzeme kalitesi ve montaj kolaylığı gibi parametreler değerlendirilmiştir. AHP ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanmasında, kullanıcılardan ve firmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda, doğaltaş imalatında doğaltaş işleme ve üretim atölyelerinde CNC seçimi için AHP ve TOPSIS tabanlı çok ölçütlü karar verme yöntemi (ÇKKVY) önerilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Bilgisayarlı Sayısal Kontrollü (CNC) Doğaltaş İşleme Makinesi

Electronic Industries Association (EIA) tarafından yapılan tanıma göre CNC, özel depolanmış bir program bilgisayarının, okuma ve yazma belleğinde depolanan kontrol programlarına göre temel sayısal kontrol işlevlerinin bir kısmının veya tamamının gerçekleştirilmesi için kullanıldığı sayısal kontrol sistemidir (Rogério vd. 2010). Otomatik kontrollü mekanik ekipmanla çalışmak, hassaslık, doğruluk, hız, tutarlılık ve esneklik gerektirir. Bu durumda işi yapmak için makine kontrolünde çeşitli bilgisayar uygulamalarının yardımı gerekir. Mikrobilgisayar ile birleştirilen ve yaygın olarak kullanılan mekanik ekipmanlardan biri de Bilgisayarlı Sayısal Kontrollü (CNC) Doğaltaş İşleme makinesidir. CNC işleme makineleri kesme, oyma gibi mekanik işler için kullanılır. Kullanıcı komutuna dayalı olarak belirli nesnelere kontrol etmek, ayırtmak ve yürütmek için kullanılan bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birçok alanda otomatik kontrollü ekipmanların kullanımını artırmıştır. Özellikle imalat endüstrisinde, CNC işleme makinelerinin kullanımında gözle görülür bir artış meydana gelmiştir (Widarto, 2008, Jayachandriah vd. 2014).

CNC, CAM programında tasarlanan ürünün sayıları, harfleri ve sembolleri ile tanımlanan Sayısal kontrol (NC) kodlarına verilen mantıksal sıraya göre malzemeleri işleyen elektromekanik sistemlerdir. Günümüzde takım tezgahlarının yerini alan CNC makineleri ahşap, mermer, plastik, kompozit gibi malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. (Cevindik 2009, Sarıışık ve Oyman 2009, Sarıışık ve Özkan 2015).

CNC makineleri; endüstride yaygın olarak kullanılan doğaltaş, akrilik, cam, ahşap ve plaka üzerinde, çoğunlukla lazer, bıçak veya kesici uç kullanarak kesme ortamı olarak nesnelere oluşturabilen bir makinedir. Düşük maliyetli yüksek performanslı CNC makineleri üretmek amacıyla CNC makinelerinin imalatı ve gömülü algoritmaların temelleri üzerine araştırmalar yaygın olarak uygulanmaktadır. (Jayachandriah vd. 2014)

CNC teknolojisi imalat endüstrisinde, geleneksel makinelere kıyasla esneklik, hassasiyet ve tekrarlanabilirlik açısından avantajlara sahip olduğu için takım tezgahlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulsoy ve Koren 1993). CNC makinesi, NC Koduna göre çalıştığı için çok sayıda özdeş hareketi büyük bir doğrulukla tekrarlayabilmektedir (Ishizaka ve Nemery 2013).

Günümüz bilgisayarları, sayısal kontrol (NC) makinelerinin ilerlemesi ile doğrudan ilişkili olduğu kabul edilmektedir. 1965’li yıllarda, bu NC makinelerine, geleneksel makinelerde CNC teknolojisinin ortaya çıkışını başlatan mini bilgisayarlar yerleştirilmiştir. CNC, büyük miktarlarda yüksek doğrulukta parça veya parça üretme talebinin artması yönünde gelişime ve bu konuda büyümeye öncülük etmiştir. (Wang vd. 2010).

2.2 CNC Tezgâhları ve Tarihçesi

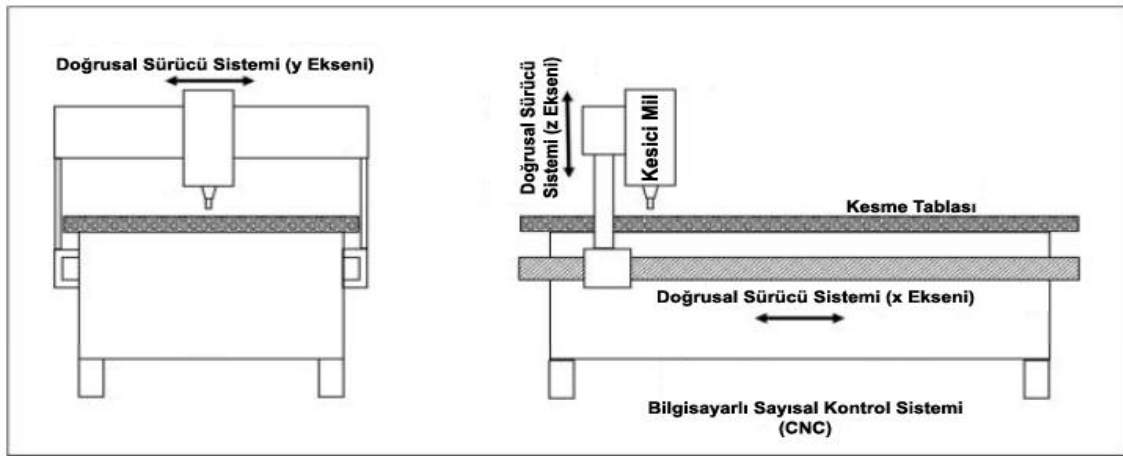
CNC makinelerinin gelişimi, 1940'larda üretilen NC makinelerine dayanmaktadır. Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) 1952 yılında ilk NC takım tezgahının geliştirilmesinden sonra elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte sayısal kontrol de hızlı bir şekilde gelişti. Bugün ileri bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı kontrol üniteleriyle donatılmış bilgisayar kontrollü tezgahlar sanayide kullanılmaktadır. Sayısal kontrol mühendisliğindeki gelişme sadece imalat sektöründe kayda değer bir gelişme yapmakla kalmamış üretim planlama ve dizaynında çok büyük değişimler sağlamıştır (Kılıç 1992).

NC verilerinin takım tezgahlarının tasarımına entegre etmeye yönelik çalışmaların ilerlemesiyle, ilk CNC makineleri 1980'lerde tanıtılmıştır. Bilgisayar teknolojilerindeki sürekli gelişmeler nedeniyle CNC makinelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

İşleme, tasarlanan parçanın, bitmemiş bir parçadan sırayla malzeme kesilerek oluşturulduğu en esnek ve hassas üretim sürecidir (Groover 2010). Diğer üretim süreçleri için imkansız olan tasarım toleranslarına ulaşmak genellikle son süreçtir. Talaşlı imalatın en büyük uygulaması metal işleme endüstrisinde olsa da, hemen hemen her tür işleme

ekipmanı ve aletin tarihi kökenleri doğaltaş, mermer, ağaç işleme ve marangozluktur. Mermer işçiliği imalatı, doğadan elde edilen hammaddelerin farklı üretim teknolojilerine sahip çeşitli büyüklükteki işletmeler tarafından işlendiği önemli bir endüstri grubudur.

Binlerce yıldır, doğaltaş ve mermer işleme makineleri, mekanik olarak kontrol edilmiştir ancak CNC'nin ortaya çıkmasıyla doğaltaş işleme yöntemi tamamen şekil değiştirmiştir. Doğaltaş işlemlerinde CNC makineleri, hızları, hassaslıkları, maliyet ve işçilik avantajları nedeniyle tercih edilerek yaygınlaşmıştır. CNC doğaltaş ve mermer işleme makinelerinin en yaygın türlerinden biri, göze hitap eden ürünleri şekillendirme ve dekoratif şekiller vermek için kullanılan düz tabla CNC yönlendiricileridir. CNC düz tabla yönlendiricileri, bir taban, bir düz kesme tablası, kesme milini taşıyan bir kızak, kızığa düz tabla (x eksen) boyunca süren doğrusal bir tahrik sistemi olan basit bir tasarıma sahiptir. Kızak (y eksen) boyunca kesimi, kesme milini yukarı ve aşağı (z eksen) doğru doğrusal hareket ettiren bir sürücü sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.1'de bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) sistemini basitçe gösterilmiştir.



Şekil 2.1 CNC çalışma sistemi (Camci vd. 2018).

Yönlendirme işlemi, işlem görmemiş ham ürünün (doğaltaş) kesim tablasına sabitlenmesiyle başlar. Malzeme, tabla üzerindeki vakum delikleri vasıtasıyla kesim tablasına sabitlenir. Ürünler CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) / CAM (Bilgisayar Destekli İmalat) yazılımı kullanılarak tasarlanır ve ardından CNC yönlendiricisine aktarılır. CNC yönlendiricisi, işlem görmemiş ham ürünü yüksek hızlı iş milini kullanarak CAD / CAM'de yapılan tasarım ve çizimlere göre işlemektedir. İmalat şirketleri,

öngörülemeyen piyasadaki değişiklikleri karşılayabilmek için birlikte çalışabilecek ve güvenilir imalat sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Birlikte çalışabilir, açık üretim sistemlerinin tasarlanması ve işletilmesi sürecinde sistem seviyesi, bileşen seviyesi (yani makine ve kontrol) ve hızlanma süresini azaltma sorunları arasında bir ayırım yapılması gerekmektedir (Mehrabı 2000, Ulsoy ve Koren 1993).

CNC ile alakalı yapılan araştırmalar, CNC tezgahlarının sistemi, bileşenleri ve cihazların rampa süreleri ile alakalıdır (Zhang vd. 2002).

Ayrıca bilgisayar yardımı ile yapılan bilgisayar destekli tasarım CAD ve bilgisayar destekli imalat CAM süreçlerini birleştirerek CAD-CAM ve bunların CNC ve DNC makineleri ile kombinasyon, Esnek İmalat Sistemleri Flexible Manufacturing System (FMS) önerildi (Kutlu 2006).

2.3. CNC Freze Tezgâh Çeşitleri

Doğaltaş sektöründe köprü tipi CNC freze tezgahları kullanılmaktadır.

- 3 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı
- 5 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı

2.3.1 3 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı

3 eksenli köprü tipi CNC freze tezgâhı basit ve sağlam bir yapıya sahiptir. Bu makine tasarımında X eksenini ve Z eksenini aynı kolon üzerinde hareket ettirmek ve Y eksenini bu iki eksenle bağımsız olarak hareket ettirmektedir. Bu nedenle yüksek mukavemetli parçaların işlenmesi için uygun bir tasarımdır. Ancak, işlenecek iş parçasının boyutları tabla boyutları ile sınırlı olduğu için büyük parçaların ve ahşap plakaların işlenmesine uygun değildir. Üç eksenli köprü tipi CNC freze tezgâhı yapısı Şekil 2.2'de gösterilmektedir (Uyar vd. 2012).



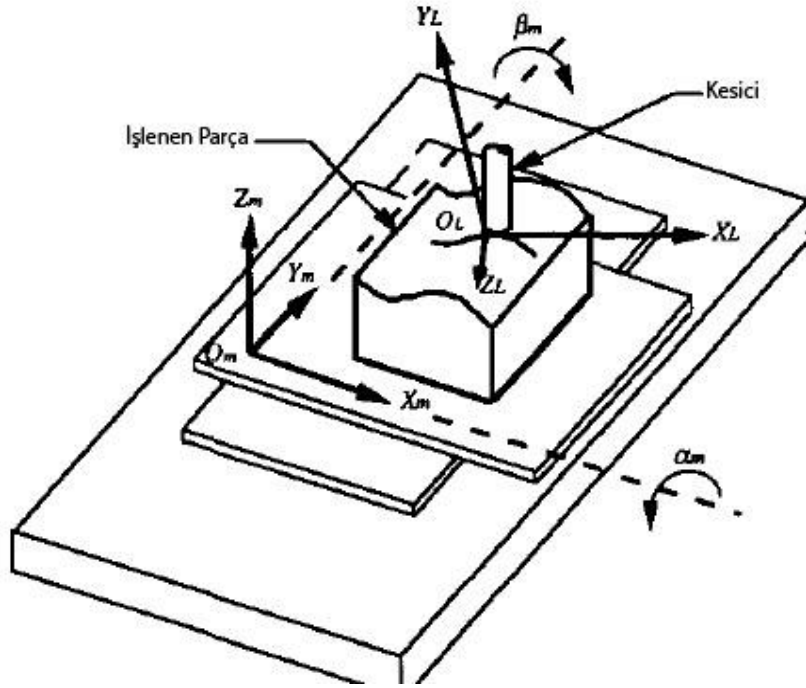
Şekil 2.2 3 eksenli köprü tipi CNC freze tezgâhı (İnt.Kyn.1).

Daha büyük işleme kapasitelerine sahip CNC tezgahlarında eksen sayısı 3 veya daha fazla olabilir. Üçüncü eksen, tezgâh taretinin (takımların takım tutucular vasıtasıyla takıldığı kısım) eksen hareketleridir. Özellikle endüstriyel tip CNC torna tezgahlarında (Endüstriyel tip CNC torna tezgahlarında) makinenin yapısal direncini arttırmak, daha hassas imalat yapmak ve talaşları kesim alanından çıkarmak için yapısal detaylarda bazı tasarım değişiklikleri yapılmıştır.

2.3.2. 5 Eksenli Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı

Modern imalatta, 5 eksenli makineler otomobil, uçak ve gemi inşa endüstrilerinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Albert, 1986). 5 eksenli bir makine, üç ekseninden ikisi boyunca iki derece daha dönme serbestliğine sahiptir. Farklı makineler, iş mili veya masa üzerinde farklı dönme eksenlerine sahip olabilir. Şekil 2.3'te 5 eksenli makinenin bir örneği Şekil 2.3'de gösterildiği gibi, makine koordinatı X, Y ve Z eksenlerinin kayma hareketleri yanı sıra, örnek 5 eksenli makine, parçayı X eksenini boyunca α , açısı ile Y eksenini boyunca β açısı ile döndürebilir. Şekil 2.3'de ayrıca daha sonraki bölümlerde tanıtılacak olan yerel bir koordinat sistemini (X, -Y, -Z) göstermektedir. Takımın yalnızca X, Y ve Z eksenleri boyunca hareket ettirilebildiği geleneksel 3 eksenli bir makineye kıyasla, 5 eksenli bir makinedeki takım, uygun şekilde parça yüzeyinde kesme konumuna ulaşmak için yönlendirilebilir. Düzeltmeleri eşzamanlı olarak hareket ettirebilmenin avantajı,

takımın verimli işleme için en uygun konumda yönlendirilebilmesidir (Uyar vd. 2012).



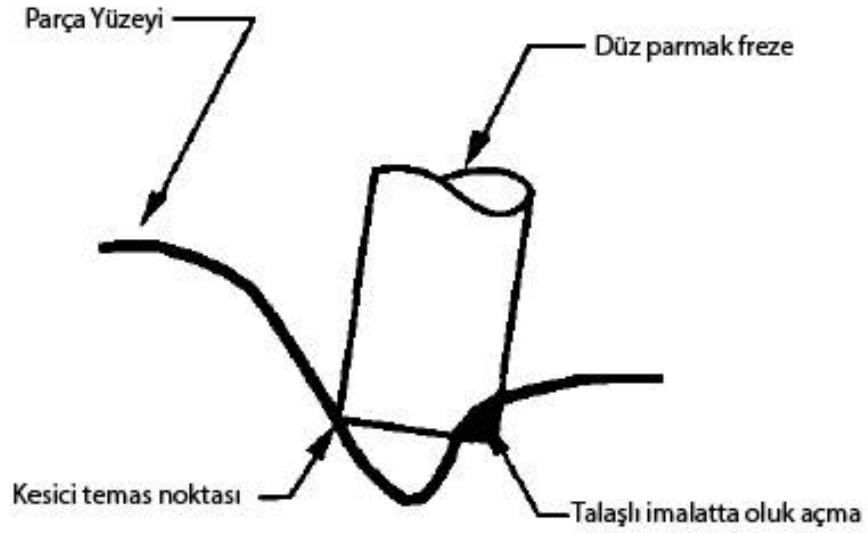
Şekil 2. 3 5 eksenli bir makine örneği (Lee and Chang 1996).

Döner eksenler α ve β , sırasıyla makine koordinat sisteminin X, Y ve Z eksenleri etrafında makine tablasının veya makine mili kafasının dönüşlerini karakterize eder (Şekil 2.3). Merkez çizgisi X, Y ve Z eksenlerinden birine paralel olan bir döner eksene ortogonal döner eksen adı verilir. Bunun tersine, bir döner eksenin merkez çizgisi bir açıyla eğimli ise, buna ortogonal olmayan döner eksen denir (Vickers ve Quan 1989).

5 eksenli makinelerin çok çeşitli kinematik konfigürasyon ve yapılarda tasarlanabileceği açıktır. Bu nedenle, makinelerin karşılaştırılması, imalat endüstrilerindeki uygulamalar için uygun makinelerin seçilmesinde ve yeni 5 eksenli CNC makinelerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

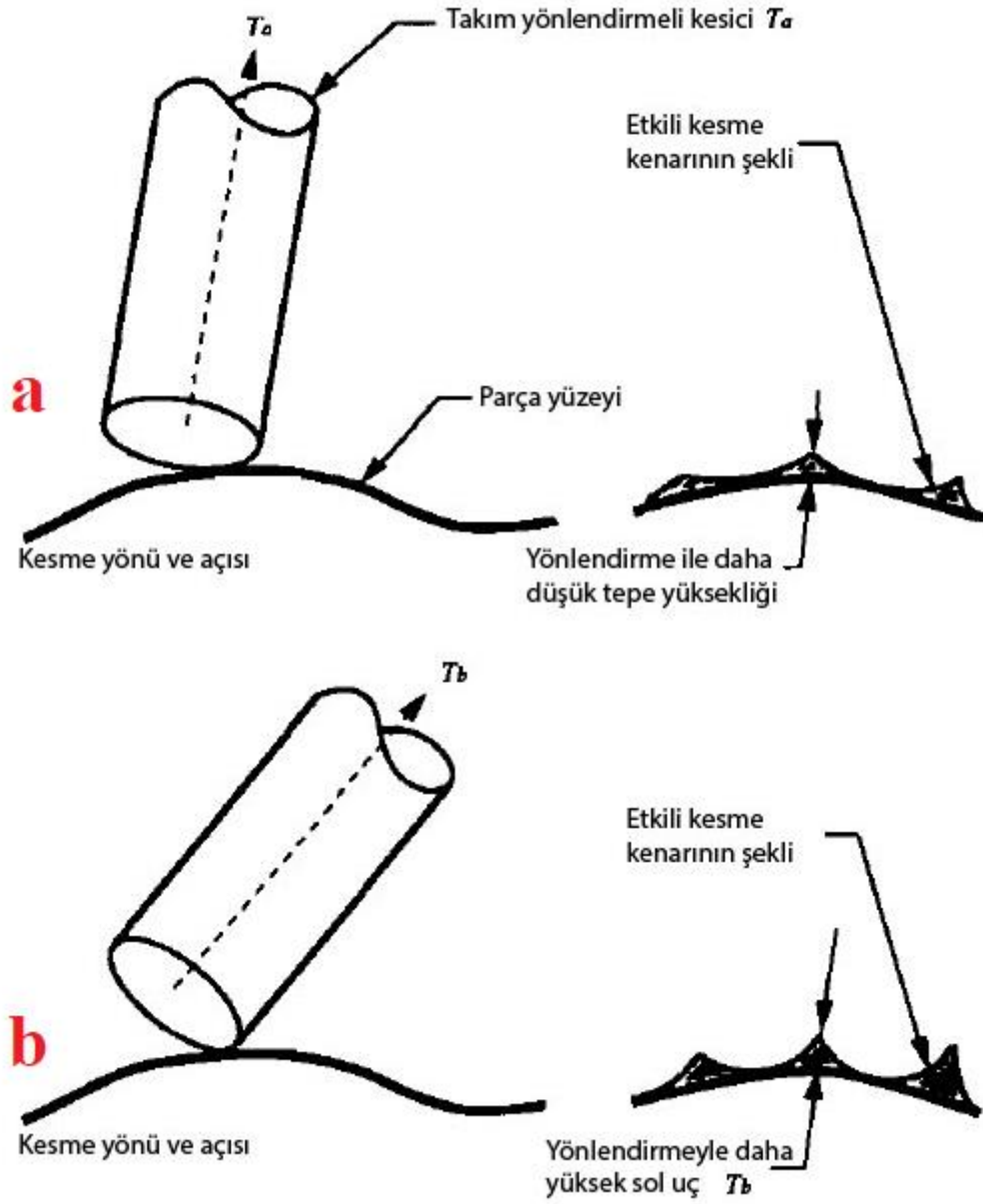
Verimlilik ve ortaya çıkan yüzey kalitesi nedeniyle, serbest biçimli yüzeylerin 5 eksenli işlenmesi endüstride daha fazla ilgi görmektedir. 5 eksenli işlemede kullanılan takımalar genellikle düz parmak frezelerdir (Vickers and Quan, 1989). Bir takım bir açıyla yönlendirildiğinden, etkili kesme kenarı daha geniştir ve parça yüzeyinde kalan uç,

geleneksel 3 eksenli işlemeden çok daha azdır (Marciniak, 1991). 5 eksenli bir makine, karmaşık bir parçayı daha az kurulumla işleyebilir, bu da işleme maliyetini ve süresini azaltır. Ayrıca geleneksel bir 3 eksenli makine tarafından erişilemeyen alanlara da ulaşabilir.



Şekil 2.4 Yüzey işlemede oluk açma (Lee and Chang 1996).

Oyulmuş bir yüzeyi işlemek yüzeydeki değişen yüzey eğriliği ve yüzeyin çok yüzölçümlü olması nedeniyle oldukça zordur (Farin 1998). Oluk açma işlemi, oyma yüzey işlemede karşılaşılan en kritik sorundur (Şekil 2.4). Şekil 2.5'a da gösterildiği gibi, takım yönü değiştiğinde, etkili kesme kenarı da değişmektedir. Aynı kesicinin farklı takım oryantasyonu Şekil 2.5b'de gösterildiği gibi farklı bir etkili kesici kenar oluşturur.



Şekil 2.5 5 eksenli işlemede farklı etkili kesme (Lee and Chang 1996).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 CNC Doğaltaş İşleme Makinesi

Bu çalışmada; farklı marka ve modellere sahip, doğaltaş sektöründe tercih edilen 5 eksenli 18kW (Şekil 3.1) ve üzeri motor gücüne sahip CNC Doğal Taş İşleme Makineleri kullanılmıştır.



Şekil 3. 1 CNC doğaltaş işleme makinesi (İnt.Kyn.2).

3.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi (ÇKKVY)

Karar yöntemleri ve çeşitleri gün geçtikçe artmaktadır. Yöntemlerin her biri, karar vericilerin farklı bir dizi alternatif karar arasından seçim yapmalarına yardımcı olmak için sayısal teknikler kullanır. Alternatiflerin belirli ölçütler üzerindeki etkisine ve dolayısıyla karar vericilerin genel faydasına dayanarak elde edilir. Karar yöntemlerini karşılaştırmaya ve en iyisini seçmeye çalışırken her zaman ortaya çıkan zorluk, bir kısır döngüye girilmesidir.

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇKKV) ve aynı zamanda Çok Ölçütlü Analiz, (ÇKA) veya Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi, (ÇKKVY) olarak da adlandırılır. (Mulliner vd. 2013), ÇKKVY'yi "seçmek ve sıralamak için çok sayıda (genellikle çelişen) ölçütlerin toplanmasına ve dikkate alınmasına izin veren bir dizi yöntem" olarak algılayan Zopounidis (2002) tarafından oluşturulan bir ÇKKVY tanımından alıntı yapar. Karar sürecine yardımcı olacak bir dizi alternatifi tanımlayan metodolojik bakış açısından ÇKKVY seçenekler kümesi arasında alternatif yaklaşımların, en iyiyi vurgulayan bir seçim sağlama amacıyla çok sayıda karar Ölçütü açısından bir dizi alternatifin değerlendirilmesiyle ilgilenmektedir (Matteo vd. 2016).

Karar verme problemlerinde üç önemli unsur vardır. Bunlar; karar verici alternatifler ve ölçütlerdir. Karar verici, en iyi eylemi seçmeye karar veren kişidir. Alternatifler, olası eylem seçenekleridir ve karar verme sorununun ayrılmaz parçalarıdır. Karar problemi yaratmak için en az iki alternatife ihtiyaç vardır. Öte yandan ölçütler (ölçütler, değişkenler) karar alıcı için çekici olan bir dizi göstergelye karakterize edilir (Gasimov 2004).

ÇKKVY hem bir yaklaşımı temsil eder hem de çoklu, tek tip olmayan ve çelişkili ölçütlerle karakterize edilebilen sorunlarla karşılaşan kişilere kendi değer yargılarına göre seçim yapmalarında yardımcı olmak için tasarlanmış teknik veya yöntemleri içerir. ÇKKVY, son yıllarda yöneylem araştırmasının en hızlı gelişen dalı olarak görülmekte ve bu alanın özü olan problem çözmede sistem düşüncesi, istikrarlı ve bilimsel yaklaşımın özelliklerini yenileyen ve canlandıran bir alanı temsil etmektedir (Çınar 2004).

Çok ölçütli karar verme teknikleri üç adımdan oluşur: ilgili ölçütlerin ve alternatiflerin belirlenmesi, bu ölçütlerin alternatifler üzerindeki etkilerinin sayısal ölçümlerinin ve ölçütlerin göreceli öneminin belirlenmesi ve sayısal değerlendirme her bir alternatifin sırasını belirlemek için işlem yapar (Mulliner vd. 2013). Çok ölçütli karar problemlerinin temel amacı, ilgili tüm ölçütler açısından en yüksek düzeyde tatmin sağlayan en iyi alternatifi belirlemektir (Chatterjee ve Chakraborty 2012).

Çok ölçütli karar verme teknikleri, ölçüt sayısının fazla olduğu karar verme problemlerinde kullanılır. Çok ölçütli karar verme tekniklerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu tekniklerden bazıları; Weighted Sum Model (WSM), Elimination And Choice Expressing Reality (ELECTRE), Technique For Order Of Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations (PROMETHEE), Analytic Network Process (ANP), Simple Additive Weighting (SAW), Vise Ölçütüjumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR), Decision Making Trial And Evaluation Laboratory (DEMATEL) ve Analytic Hierarchy Process (AHP)'dir. Litaratür araştırmaları sonucunda makine seçimi için en çok kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleridir.

3.3 Analitik Hiyerarşi Proses (AHP)

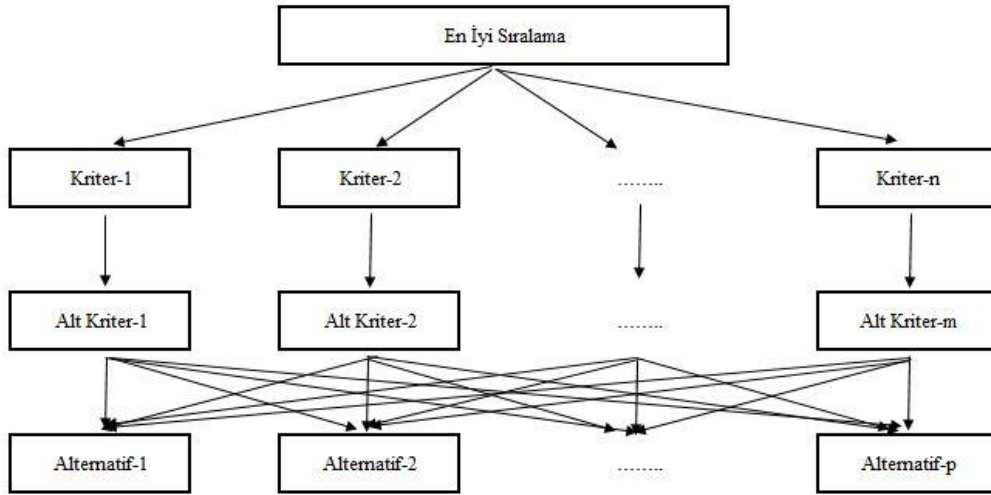
Saaty, 1971 yılında ABD Savunma Bakanlığıyla ortak bir çalışma yürütürken, AHP' nin de temellerini atmıştır. Çalışmasında, ulusun refah seviyesine katkısına göre endüstrilere elektrik dağıtımının oranlanması problemini ele almıştır (Saaty 1972). AHP Yönteminin teorik olarak gelişimi, 1974 ve 1978 yılları arasında gerçekleşmiştir.

Belton ve Gear (1982), ikili karşılaştırma yöntemindeki temel sorunları çözerek yenilenmiş AHP yöntemini duyurmuştur. 1994 yılında ise Saaty, yapılan düzenlemeleri uygun bulmuş olup, ideal AHP yöntemi olarak kabul etmiştir. Saaty, "*Karar Verme ve Öncelikler Temel İlkeleri - Fundamentals of Decision Making and Priority*" adlı kitabında AHP yönteminin kolay uygulanabilir bir yöntem olma gerekçelerini bir araştırma konusu ile açıklamaktadır (Saaty 1994).

Karmaşık karar verme problemleri için en popüler tekniklerden biri, Saaty tarafından geliştirilen ve bir karar verme problemini hedefler, (ölçütler) ve alternatifler hiyerarşileri sistemine ayıran analitik hiyerarşi sürecidir. Bir AHP hiyerarşisi, belirli bir karar durumunu tam olarak karakterize etmek için gerektiği kadar seviyeye sahip olabilir. Bir dizi işlevsel özellik, AHP'yi kullanışlı bir metodoloji yapar. Bunlar, öznel yargıları, birden çok karar vericiyi içeren karar durumlarını yönetme becerisini ve tercih tutarlılığı ölçütlerini sağlama becerisini içerir. İnsanların gerçekte düşünme şeklini yansıtmak üzere tasarlanan AHP, en çok saygı gören ve en çok kullanılan karar verme yöntemi olmaya devam etmektedir. AHP, somut olan (yani nesnel) ve somut olmayan (yani öznel) nitelikleri özellikle farklı bireylerin öznel yargılarının karar sürecinin önemli bir bölümünü oluşturduğu durumlarda bile verimli bir şekilde ele alabilir. AHP'nin diğer çok ölçütlü yöntemlere göre avantajları; esnekliği, karar vericilere sezgisel çekiciliği ve tutarsızlıkları kontrol etme becerisidir. Genel olarak, kullanıcılar veri girişinin ikili karşılaştırma biçimini basit ve kullanışlı bulur (Rao 2008).

1977'den beri, AHP'yi ekonomi, sosyal ve yönetim bilimlerindeki yapılandırılmamış sorunları çözmeye yardımcı olmak için bir karara ulaşabilmek için yardımcı olarak önermiştir (Saaty 1980; Cheng vd. 1999).

AHP'de karar vericinin amacı doğrultusunda karar vericiye ait ölçütlerin ve alt ölçütlerin belirlenmesi ve hiyerarşik bir yapı oluşturulması ilk adımı oluşturur. Yani AHP'de öncelikle amaç belirlenir ve bu amaçla ölçütler oluşturulur. Daha sonra her bir ölçüt için alternatif ölçütler belirlenir. Sonuç olarak, karar vermek için hiyerarşik bir düzen (Şekil 3.2) oluşturulur (Scholl vd. 2005).



Şekil 3. 2 Tam hiyerarşik yapı (Scholl vd. 2005).

Karşılaştırma için ölçütler oluşturulur. Bu ikili karşılaştırmalar AHP'nin ikinci adımını oluşturur. İkili karşılaştırma terimi, iki faktörün veya Ölçütün birbiriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin görüşüne dayanır. İkili karşılaştırmalar, karar ölçütlerinin ve alternatif ölçütlerin öncelik dağılımlarını belirlemek tasarlanmıştır. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, hiyerarşideki öğeler, üst düzey öğeye göre önemlerini belirlemek için çiftler halinde karşılaştırılır (Chandran 2005). Karar verme için n ölçüt, $n \times n$ boyutunda bir A matrisi oluşturulur. Bu matris, i satır öğesinin j sütun öğesine kıyasla ne kadar önemli olduğunu gösteren değerler içermektedir. Bu değerler aynı zamanda Çizelge 3.1'de 1-9 arası tek sayılardan oluşan önem derecelerine göre değerlendirilmektedir. Eğer hiyerarşi belirlenen düzeyi karşılaştırılacak n kadar eleman içeriyorsa toplam $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma yapmak gerekmektedir. Bu karşılaştırmalar matrisler şeklinde düzenlenmektedir. (Byun, 2001).

AHP'de kullanılan 9'lu ölçek Çizelge 3.1'de verilmiştir (Saaty 1980). Ancak 1, 3, 5, 7, 9 ölçeklerinden herhangi biri olabilir. Ölçek ne kadar büyükse, değerlendirme hassasiyeti o kadar yüksek olur.

Çizelge 3.1 AHP'de kullanılan ölçüt değerleri (Saaty, 1980).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettiriyor.
7	Çok önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı düzeyde önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

Çizelge 3.2'teki ikili karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlarının bir matrisidir. Bu matriste bir elemanın kendisiyle karşılaştırılması Çizelge 3.1'te belirtilen 1-9 baz ölçeğinde 1 sayısı olarak ifade edileceğinden, matrisin köşegenine 1 değeri yazılmaktadır. Tüm değerler matrisin köşegeninde 1 olduğu için n elemanlı bir matriste karşılaştırma yapmaktadır. (Pesen, 2012).

Çizelge 3.2 Ölçütler için ikili kıyaslama matrisinin oluşturulması (Vargas, 1990; Pesen 2012).

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt n
Ölçüt 1	w1/w1	w1/w2	w1/wn
Ölçüt 2	w2/w1	w2/w2	w2/wn
.....
Ölçüt n	wn/w1	wn/w2	wn/wn

Farklı ölçütlerin ikili karşılaştırmaları Çizelge 3.2'de gösterildiği gibidir. Matristeki $w1 / w1$ terimi, hedefe ulaşmak için i ölçütü j ölçütüne göre ne kadar önemli olduğunu ifade

etmektedir.

İkili karşılaştırma matrisinin özellikleri aşağıdadır.

- Matrisin köşegenleri 1 (bir)' e eşittir.
- Matris kare matristir ve elemanlarının tümü pozitif sayıdır.
- Matris tam tutarlı ise (tutarlılık oranı CR=0), $a_{ij}.a_{jk}=a_{ik}$ eşitliği sağlanır.
- Matris tam tutarlı ise her hangi bir satırdan matrisin diğer tüm faktörlerine ulaşılır.
- Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör, AHP matrisinde ağırlık veya göreceli önem vektörü olarak tanımlanır.
- Değerlendirmede açılım, n sayılı 2'li kombinasyon kadar yapılabilir (Saaty, 1980).

Ölçütlere göre CNC makineleri puanlanırken olası hataların test edilmesi ve tutarlılığın ölçülmesi gerekmektedir.

Tutarlılık analizinde amaç yalnızca “A, B'den daha önemlidir; B, C'den daha önemliyse, A, C'den daha önemlidir ”ama aynı zamanda“ A, B'den 2 kat daha önemlidir ve B, C'den 3 kat daha önemlidir. Orantılı bir tutarlılığı hesaplamak da önemlidir. Tutarlılık oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Saaty ve Özdemir, 2003).

Bir karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için en büyük özdeğerinin (λ) matris boyutuna (n) eşit olması gerekmektedir.

n = Matris Eleman veya Ölçüt Sayısı

$$\text{Tutarlılık Göstergesi } CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Uyum indeksinin bulunması ile çıkan değer, uyum oranı formülünde kullanılmaktadır.

$$\text{Tutarlılık Oranı } CR = \frac{CI}{RI}$$

RI = Rassallık İndeksi

Hesaplanan CR değerinin 0.10' dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10' dan büyük olması ya AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki

tutarsızlığını gösterir (Saaty 1980).

Çizelge 3.3'te n matris boyutuna göre rassal değerleri görülmektedir. Boyut büyüdükçe rassal değerlerde bir artış bulunmaktadır.

Çizelge 3.3 Rassal gösterge değerleri (Saaty 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Olasılık															
Gösterge Değerleri	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

3.4 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Çok amaçlı karar verme problemi 'm' alternatif sayısı ve 'n' ölçüt sayısı ile n boyutlu uzayda m nokta ile gösterilebilir. Hwang ve Yoon (1981) çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözümünden en kısa mesafe ve negatif ideal çözümden en uzak mesafe fikrine göre TOPSIS yöntemini oluşturmuştur. Daha sonra bu fikir Zeleny (1982) ve Hall (1989) tarafından uygulanmıştır ve Yoon (1987) ve Hwang, Lai ve Liu (1993) tarafından geliştirilmiştir. (Yoon ve Hwang 1995).

ÇKKVY yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi; ekonomik yönetim sorunları, veritabanı seçimi, muhasebe-finans, sermaye yatırımı, karar desteği, üretim, makro-ekonomik planlama, pazarlama, ürün tasarımı, pazarlama stratejisi, planlama, portföy seçimi, risk analizi, uygulama incelemeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, politika-strateji, ulaşım, silah kontrolü, eğitim, çevre kararları, sağlık, kamu sektörü, pazar seçimi, portföy seçimi, bilgisayar ve bilgi seçimi gibi alanlarda kullanılabilir (Özkan 2007).

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması (İnt.Kyn.10).

Satırlardaki alternatifler, sütunlarında değerlendirme ölçütü karar matrisleri oluşturulur. Karar matrisi (3.1) A'daki a_{ij} , j Ölçütüne göre A matrisindeki alternatif i'nin gerçek değerini gösterir (Rao 2008):

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2 : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması (İnt.Kyn.10).

Karar matrisi oluşturulduktan sonra, formül (3.2) kullanılarak normalleştirilmiş karar matrisi (R) elde edilir (Mahmoodzadeh vd. 2007).

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.2)$$

R matrisi (3.3) aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması (İnt.Kyn.10).

Öncelikle amaca göre değerlendirme ölçütlerine ilişkin göreceli ağırlık değerleri belirlenir. Daha sonra, R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar, karşılık gelen değeriyle çarpılır ve V matrisi oluşturulur. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi eşitlik 3.4'te gösterilmiştir (Rao 2008).

$$V_{ij} = \left(\sum_{i=1}^n w_i = 1 \right). \quad (3.4)$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi (3.5) aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Adım 4: İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması (İnt.Kyn.10).

İdeal çözüm ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken, olumsuz ideal çözüm en kötü değerlerden oluşur. İdeal çözümler 3.6 ve 3.7 eşitlikleri kullanılarak hesaplanabilir. Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon) ve 'J' maliyet (minimizasyon) değeridir (Yurdakul ve İç 2005).

İdeal çözüm kümesi oluşturmak için V matrisindeki ağırlıklı değerlendirme faktörlerinden en büyüğü, yani sütun değerleri (ilgili değerlendirme faktörü minimize edilmişse en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm kümesinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.6)$$

Formülünden hesaplanacak ideal çözüm kümesi $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm kümesi, V matrisindeki ağırlıklı değerlendirme faktörlerinin en küçüğü, yani sütun değerleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimize edilmişse en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm kümesinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.7)$$

Formülünden hesaplanacak negatif ideal çözüm kümesi $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm kümesi, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması (İnt.Kyn.10).

Alternatif J'nin ideal çözümden uzaklığı ideal çözüm kümesi (S_i^*) ve negatif ideal çözümden uzaklığı, negatif ideal ayırım (S_i^-) 3.8 ve 3.9 eşitlikleri kullanılarak hesaplanır (Mahmoodzadeh vd. 2007).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3.8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.9)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması (İnt.Kyn.10).

3.10 no'lu eşitlikten yararlanarak ideal çözüme göreli yakınlık C_i^* hesaplanır (Olson, 2004).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (3.10)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

4. AHP YÖNTEMİ İLE CNC MAKİNASI SEÇİMİ

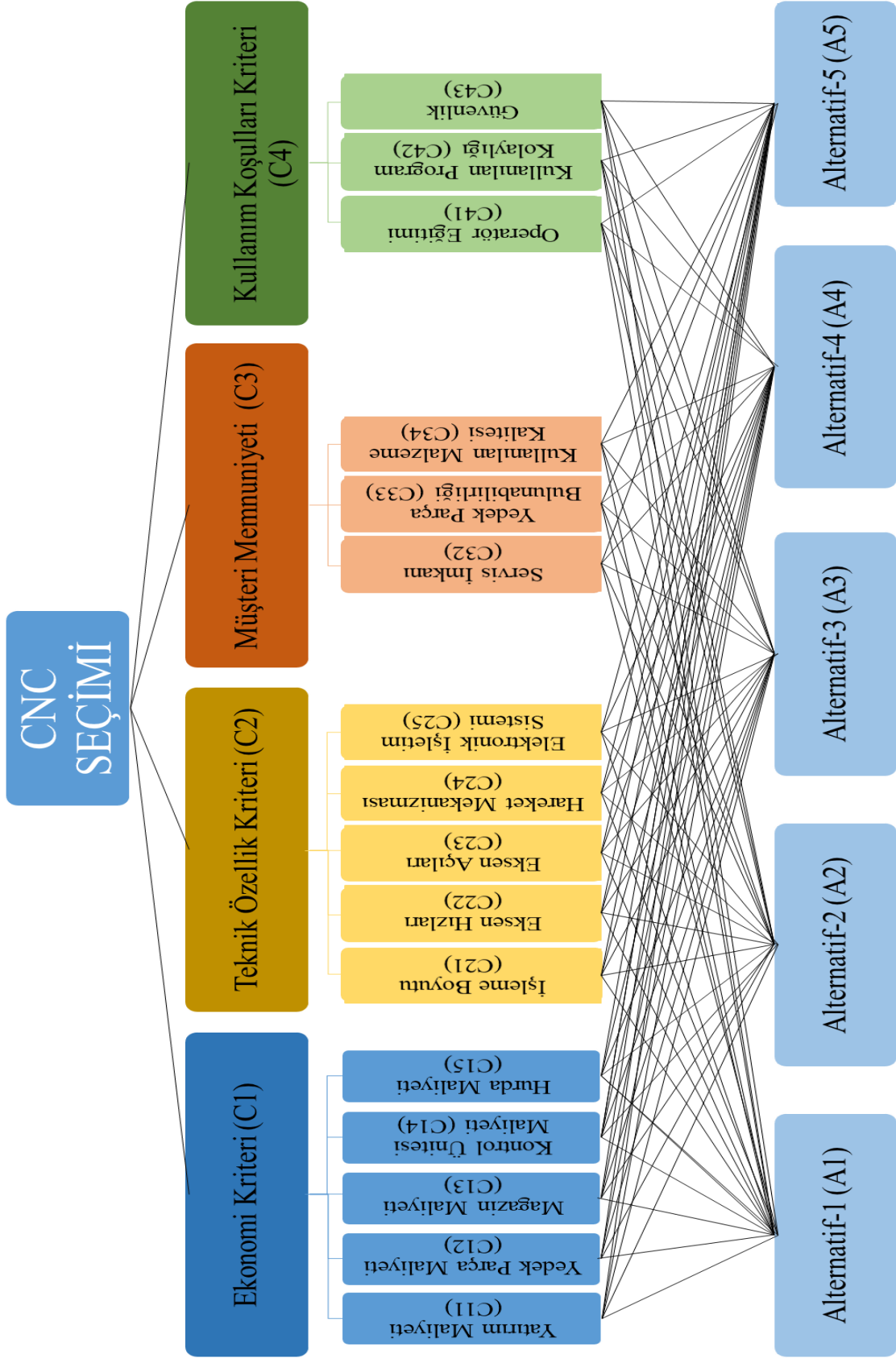
Firmanın finansal limitleri dâhilinde, teknik ve tasarım özellikleri, motor gücünün 18 kW ve üzeri olduğu ölçüler dâhilinde uygun 5 eksenli CNC makinesi belirlenmiştir. Belirlenen 5 farklı marka CNC makineleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. AHP yöntemi ile kıyaslanarak seçilecektir. Böylece karar vericinin kişisel tercihleri ve tüm ölçütler dikkate alınarak algoritmaya uygun, en iyi CNC makinesi seçilmiştir.

Çizelge 4. 1 5 Eksenli CNC Makine Alternatifleri.

5 Eksenli CNC Makinaları	Çalışmada Kullanılan Makina Kodları
Alternatif-1	(A1)
Alternatif-2	(A2)
Alternatif-3	(A3)
Alternatif-4	(A4)
Alternatif-5	(A5)

4.1 5 Eksenli Doğaltaş CNC Makinesi Seçim Ölçütleri

Karar verme hiyerarşisi algoritması oluşturulduktan sonra matrislerle ikili karşılaştırma yapılmıştır. Bir CNC Makinesi satın alırken tercih edilen her seçenek, karar verme ölçütlerine göre öncelik durumu hesaplanarak belirlenmiştir. CNC Makinesi tercih etme ölçütlerinden, donanım, motor türü, tezgah, satış sonrası hizmetler ve hareket mekanizması kalitesi ölçütleri (Şekil 4.1) kıyaslanması için veriler, CNC Makinesi satış ve distribütörlük yapan bayilerden elde edilmiştir. Donanım, motor türü, tezgah, satış sonrası hizmetler ve hareket mekanizması imkânı ölçüt değerlendirme, karar vericinin öznel değerlendirmesine göre analitik hiyerarşide kullanılan 1-9 ölçekli ölçüt değerleri kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 4. 1 CNC makineleri ve kıyaslanama ölçütleri.

4.1.1 Ekonomi Ölçütü

Ekonomi ölçütünün değerlendirmesinde; 18kW ve üzeri motor gücüne sahip CNC makine alternatifleri, CNC makinesini alım sırasında ve sonrasında oluşan ve oluşabilecek ekonomik giderler incelenmiştir. Oluşabilecek ekonomik giderler ise; ilk yatırım maliyeti, yedek parça maliyeti, magazin maliyeti, kontrol ünitesi maliyeti ve hurda maliyeti olmak üzere 5 alt ölçütte incelenmiştir. Ekonomik veriler, firmalarla görüşerek alınmıştır. Fiyatların değerleri % 20 düşürülerek ve 2019 yılı dolar (\$) kuru ortalaması temel alınarak yazılmıştır.

4.1.1.1 Yatırım Maliyeti

Yatırım maliyetleri, CNC makinesi alımı sırasında toplam giderleri içermektedir. Yatırım maliyetleri bir defaya mahsus ve sabit giderlerdir. Yapılan yatırım miktarı üretim kapasitesini belirler. Ancak, işletme maliyetlerinden farklı olarak, yatırım maliyetleri, üretimin toplam kapasite içindeki farklılaşmadan etkilenmemektedir. Seçilen 5 farklı markalı CNC makinesi alternatiflerinin ilk yatırım maliyetini gösterir tablo Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Yatırım Maliyeti Değerleri Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Yatırım Maliyetleri (\$)
(A1)	200.000 – 250.000
(A2)	250.000 – 300.000
(A3)	200.000 – 250.000
(A4)	250.000 – 300.000
(A5)	200.000 – 250.000

4.1.1.2 Yedek Parça Maliyeti

Yedek parça maliyeti Ölçütü; şirketlerin karlılığını yüksek tutmak ve sürekliliğini sağlamak için makine, ekipman, cihaz ve taşınmaz varlıkların beklenen işlevlerini korumak ve sürdürmek için yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirilen teknik faaliyetlerin birleşimidir (İnt. Kyn. 24). İşletmeler, yedek parça ile sağlanacak faydanın maksimum seviyede olmasını ve toplam yedek parça maliyetinin minimum seviyede olmasını istemektedir (Şekil 4.2). Ancak yedek parça maliyeti için aranan optimum seviye ülke, insan, sektör, makine-teçhizat türü vb. birçok faktöre bağlıdır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4. 3 Yedek Parça Maliyeti Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Yedek Parça Maliyetleri (\$)
(A1)	2.500 – 3.000
(A2)	3.500 – 4.000
(A3)	2.000 – 2.500
(A4)	3.000 – 3.500
(A5)	2.500 – 3.000

4.1.1.3 Magazin Maliyeti

CNC makinelerde birden fazla kesici takım kullanılmaktadır. Bu kesiciler magazin adı verilen bir sette bulunur ve programdaki sıraya göre makine tarafından otomatik olarak değiştirilmektedir. Magazinın büyüklüğüne göre içinde bulunan kesici uç miktarı artmakta, bulunan kesici uç miktarına göre oluşacak maliyet de artmakta veya azalmaktadır (Çizelge 4.4).



Şekil 4. 2 Doğaltaş makinesi magazini (İnt.Kyn.23).

Çizelge 4. 4 Magazin Maliyeti Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Magazin Maliyetleri (\$)
(A1)	5.000 – 5.500
(A2)	1.500 – 2.000
(A3)	3.000 – 3.500
(A4)	5.000 – 5.500
(A5)	4.500 – 5.000

4.1.1.4 Kontrol Ünitesi Maliyeti

Bu ünite, ekran tuş takımı ana işlem kartı (CPU) eksenlerinden ve diğer birçok elektronik devre elemanından oluşur. İş mili motor eksen motorları, takım magazini ve diğer yardımcı elemanlar buradan kontrol edilir (Şekil 4.3). Bu cihazların programlandığı şekilde çalıştırılması veya durdurulması bu ünite tarafından sağlanır. Kontrol ünitesindeki aritmetik ünite programda gerekli tüm hesaplamaları yapar. Bu ünite ayrıca tüm fonksiyonların ve elektronik cihazların doğru çalışıp çalışmadığını ve hareket konumlarının doğru olup olmadığını sürekli olarak kontrol eder.

CNC makinesi alırken kontrol üniteleri makine fiyatına dahil edilmemektedir. CNC makinesi ile kontrol ünitesi ayrı ayrı fiyatlandırılmaktadır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4. 5 Kontrol Ünitesi Maliyeti Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Kontrol Ünitesi Maliyetleri (\$)
(A1)	5.000 – 5.500
(A2)	4.500 – 5.000
(A3)	3.500 – 4.000
(A4)	4.000 – 4.500
(A5)	4.500 – 5.000



Şekil 4. 3 Doğaltaş makinesi kontrol ünitesi (İnt.Kyn.4).

4.1.1.5 Hurda Maliyeti

Satın alınmak istenen makine için varsa daha önceden satın almış kişilere, ana satış bayilerine ve piyasadaki muadillerine bakılmalıdır. Bu sayede alınmak istenen makine için aklınızda ortalama bir piyasa değeri oluşmaktadır. Bununla birlikte, yıllardır kullandığınız ekipmanı satıyorsanız, amortismanı hesaba katmanız gerekmektedir. Yaşlanma, yıpranma ve eskime, piyasa değerini makineyi satın aldığınız zamanki değer altına düşürmektedir. Piyasa değerini belirlemek için kullanılan yöntemlerden makinenin maliyetini, karşılaştırılabilir muadil satışları, değiştirme maliyetini ve uzman görüşünü dikkate alması gerekmektedir. Bu dört faktör ikinci el piyasa değerini belirlemede önem arz etmektedir.

İkinci el piyasa değerini belirleyen etkenler olarak, makinenin ilk alım (sıfır) maliyeti, teknik servis ve yedek parça temini hızı, kolay ve basit kullanımlı olması ve piyasasında hızlı ve kolay satılabilmesi gerekmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 6 Hurda Maliyeti Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Hurda Maliyetleri (\$)
(A1)	80.000 – 100.000
(A2)	100.000 – 120.000
(A3)	80.000 – 100.000
(A4)	100.000 – 120.000
(A5)	80.000 – 100.000

4.1.2 Teknik Özellik Ölçütü

Günümüzde tüm bilgisayar tabanlı elektronik cihazların elektronik kısımlarını donanım teknolojileri başlığı altında ifade etmek mümkündür. Belirli bir sürede belirli bir işlemi yapmaya çalışan tüm cihazların bir işlemcisi vardır.

Yalnızca donanım özelliklerine bağlı olarak performans ve kapasite artışı sağlanamaz. Doğru yazılım kullanımı ve kullanıcı bilgisi de donanım kadar performansı etkiler. Bu hususlar göz önüne alındığında, donanım seçiminde kullanıcının bilgi seviyesi ve yapılacak işin niteliği de büyük önem taşımaktadır.

4.1.2.1 İşleme Boyutu

5 eksenli işleme verimli bir şekilde işleyebileceğiniz parça boyutları ve biçimleri bakımından sınırsız olanaklar sağlamaktadır. “5 eksenli” terimi kesme takımının hareket edebileceği yön sayısını ifade eder. 5 eksenli bir işleme merkezinde, kesme takımı X, Y ve Z doğrusal eksenleri üzerinde hareket eder ve iş parçasına herhangi bir yönden yaklaşmak için A ve B eksenlerinde dönmektedir. Tek bir ayarla bir parçanın beş tarafı da işlenebilmektedir.

İşleme alanı, üreticinin tüketiciden alabileceği sipariş boyutlarını belirlemektedir. İşlem alanı ne kadar büyük olursa o kadar büyük parçalar işlenebilmektedir. Fakat işlem alanı büyüdükçe CNC makinesinin maliyeti de fazlalaşmaktadır. Üretici makine seçerken alabileceği siparişleri göz önünde bulundurarak işlem alanının büyüklüğünü belirlemeli ve en uygun düzeyde bir boyut seçmelidir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4. 7 İşleme Boyutları Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	İşleme Boyutu (mm)		
	X	Y	Z
(A1)	4.000	3.500	2.000
(A2)	3.650	3.300	1.000
(A3)	2.000	3.500	520
(A4)	3.300	1.600	650
(A5)	4.500	4.000	1.500

4.1.2.2 Eksen Hızları

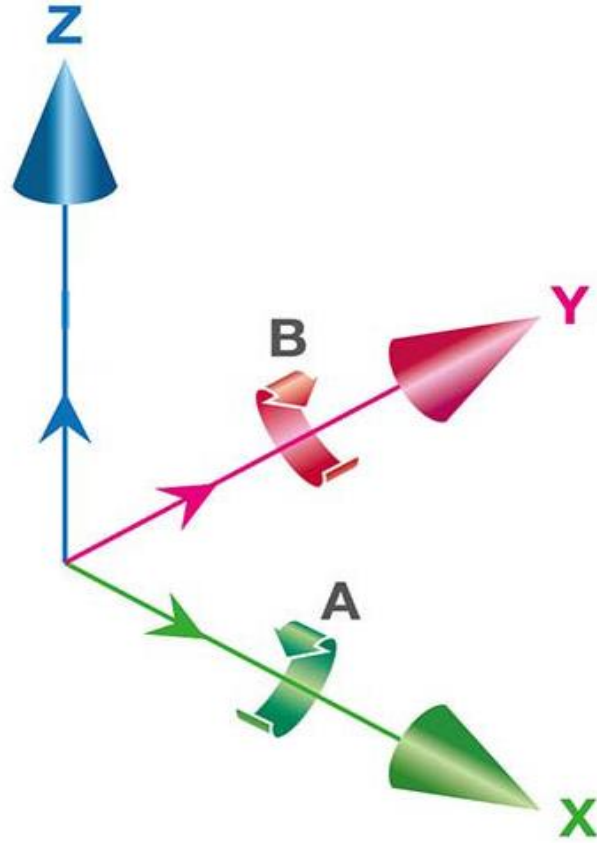
Eksen hızı; kesici takımın iş parçası çevresinde bir dakikada metre cinsinden aldığı yoldur. İş parçası çevresinde kesici ucun eksenler arası alacağı yol ve kesme pozisyonuna gelme zamanı, üretim süresini etkilemektedir. Bu durum üreticinin iş akışını etkilerken, iş parçasının daha fazla sürede bitmesi ve buna bağlı olarak daha çok enerji harcayacağından dolayı üretim maliyetinin artmasına yol açmaktadır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4. 8 Eksen Hızları Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Eksen Hızları (m/dk)		
	X	Y	Z
(A1)	40	40	8
(A2)	30	30	7,5
(A3)	35	35	7,5
(A4)	60	70	18
(A5)	30	30	18

4.1.2.3 Eksen Açıları

Kartezyen koordinat sistemine göre, X, Y, Z eksenleri, doğrusal hareketli 5 eksenli işlemede beş eksenin üçünü kapsar. Belirlenen A Ekseni (4'üncü eksen) ve B Ekseni (5'inci eksen) kesebilme açılarını belirtmektedir. Bu iki eksenin kesme birimlik dereceleri 0 ile 370 derece arasında olup bu şartlar içinde kalan kesme açıları kıyaslanmıştır. Bir objenin döndükçe düzlemsel hareket halinde yuvarlandığını düşünüldüğünde, objenin yuvarlanması dördüncü eksen veya A eksenidir. Aynı yuvarlanma düzleminde objenin farklı açıda yuvarlanmaya devam etmesi beşinci eksen veya B eksenidir (Şekil 4.4). Seçilen CNC makinesi alternatiflerinin eksen açıları tablosu Çizelge 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4. 4 Eksen açıları (İnt.Kyn.5).

Çizelge 4. 9 Eksen Açıları Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Eksen Açıları (°)	
	A	B
(A1)	+/- 200	+/- 115
(A2)	+/- 140	+/- 370
(A3)	+/- 105	+/- 370
(A4)	+/- 90	+/- 380
(A5)	+/- 100	+/- 370

4.1.2.4 Hareket Mekanizması

CNC makinelerinde üç temel eksen vardır. Dikey işleme merkezinde tablanın boylamasına hareket etmesini sağlayan X eksen, enine hareketi sağlayan Y eksen ve kesicinin yukarı aşağı hareket etmesini sağlayan Z eksen. Her eksen, bir kademeli motor ve bu kademeli motorun miline doğrudan bağlı bir sonsuz vidadan oluşur. X, Y, Z eksenlerinin hareketi kademeli motorlar ile tahrik edilirken, dairesel hareket bir triger kayışı kasnağı yardımıyla iletilmektedir (Uyar vd. 2012).

Hareket mekanizması dişliler ve miller ile sağlanmaktadır. Miller dişlilere göre hassasiyet sağlamakta zorlandığı için hareketi sağlamak için dişliler kullanılmaktadır. Bu dişliler iki çeşittir. Bunlar; düz dişli ve kremayer dişlidir.

Düz dişliler, imalat maliyetlerinin düşük olması, aksenal kuvvet aktarmamaları ve bakımlarının kolay olması sebebiyle tercih edilmektedir. Gürültülü çalışırlar. Düz dişli gruplarında yüksek indirgeme oranı sağlanamamaktadır. Yüksek indirgeme oranı sağlayabilmek için bu dişli gruplarının bir kaç kademeli olarak tahrik aktarımında bulunmaları gerekmektedir (Şekil 4.5). Seçilen CNC makinesi alternatiflerinin hareket mekanizması tablosu Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4. 5 Düz dişli (İnt.Kyn.23).

Kremayer dişliler, dairesel hareketi çizgisel harekete çevirebilmek için yaygın olarak kullanılmaktadır mekanizmalar kremayer dişlilerdir. Bunlarda dişli genellikle düz dişli olmakla birlikte helisel dişli olarak da imal edilmektedir (Şekil 4.6). Dişli normal dişli prensiplerine göre dizayn edilmektedir. Kremayer ise dişlinin modülüne uygun olarak istenen boyda imal edilmektedir (İnt. Kyn. 26).



Şekil 4. 6 Kremayer dişli (İnt.Kyn.23).

Çizelge 4. 10 Hareket Mekanizması Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Hareket Mekanizması
(A1)	Kremayer Dişli
(A2)	Kremayer Dişli
(A3)	Düz Dişli
(A4)	Düz Dişli
(A5)	Düz Dişli

4.1.2.5 Elektronik İşletim Sistemi

Elektronik işletim sistemi; CNC makinesinin eksen hareketleri, kesim motorlarının hareketi, kesici kafanın hareketi ve yönlendirilmesi gibi birçok işlemi yöneten ve bu işlemler arasında haberleşmeyi sağlayan bir parçadır. Bu haberleşme elektronik işletim sisteminin oluşturduğu ve atadığı kodlar yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Sistem kodları yapılan iş çeşidine göre farklı numara veya harfler ile belirlemektedir. Bu belirlenen kodlar iş parçasına uygulanacak işlemin çeşidine göre makine parçalarına iletilmektedir. CNC makinelerinin bir nevi anakartıdır. Elektronik işletim sisteminin (Şekil 4.7) en çok kullanılan markalar arasında sıra ile Fanuc (Japonya), Siemens (Almanya), Mitsubishi (Japonya), Heidenhein (Almanya) ve Fidia (İtalya) 'dır. CNC makinesinde işlem sırasında oluşacak herhangi bir hatanın çözümü, haberleşmeyi sağlayan kodlar ile düzeltilebilmektedir. Seçilecek elektronik işletim sisteminin kodlaması kolay, anlaşılır ve kullanan kişi sayısının fazla olması gerekmektedir. Seçilen CNC makinesi alternatiflerinin elektronik işletim sistemi tablosu Çizelge 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4. 7 Elektronik işletim sistemi (İnt.Kyn.7).

Çizelge 4. 11 Elektronik İşletim Sistemi.

5 Eksenli CNC Makinaları	Elektronik İşletim Sistemi
(A1)	Siemens
(A2)	Fanuc
(A3)	Siemens
(A4)	Heidenhein
(A5)	Mitsubishi

4.1.3 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü

İşletmelerin geleceğini belirleyen ana faktör müşteridir. Bir rekabet ve hayatta kalma aracı olarak kabul edilen müşteri hizmetleri, mevcut müşterileri işletmeye bağlayan, yeni bir müşteri portföyünün oluşmasında ve müşterilerin satın alma alışkanlıklarının sürekliliğinde en önemli faktördür. Müşteri; ticari veya kişisel amaçlarla belirli bir işletmenin belirli bir marka mülkünü satın alan kişi veya kuruluşlardır (Taşkın 2000)

Müşteri memnuniyeti; müşterinin alınan hizmetlerden memnuniyet düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Bu seviyenin yükseltilmesi, müşterinin ihtiyaçlarının karşılanması ve

talebinin karşılanması ile mümkündür. Bunun için "müşteri her zaman haklıdır" sloganının daha kapsamlı ele alınması gerekmektedir.

Müşterinin uzun süre müşteriniz olarak kalması, sizi veya sunduğunuz ürün veya hizmetleri arkadaşlarınıza ve iş arkadaşlarınıza tavsiye etmesi ve sizden daha fazla hizmet veya ürün satın alması, müşterinin memnun bir müşteri olduğunu göstermektedir.

4.1.3.1 Servis Şartları

Üretici firma ürünlerinin bakım ve onarımını üretici firma adına belirlenen şartlara göre garanti süresi içerisinde ücretsiz olarak yapar. Üretici firma ile imzalanan sözleşme, üreticinin gözetim, muayene ve kontrolünü, görevlendirildikleri bölgelerde faaliyet gösteren bağımsız alt yüklenici şirketlerine aittir (Tek 1999).

Servis sürecinde müşteri ile temasa geçilen ve hizmetin fiziksel olarak dağıtıldığı noktalar olan yetkili servisler (Şekil 4.8), erişilebilirlikleri, zamanında hizmet vermeleri ve hizmet koşullarına etkileri nedeniyle servis kalitesini etkilemektedir (Bienstock vd. 1997). Hizmet alanının fiziksel görünümü ve hizmet için kullanılan modern donanım hizmet kalitesinin boyutlarından biridir (Parasuraman vd. 1991). Hizmetlerin lokasyonu, çalışma saatleri ve müşterinin hizmete ulaşmak için harcadığı süre, firmayı tekrar seçmemelerinin ana nedenleri arasındadır (Keaveney 1995). Erişilebilirlik ve zamanında hizmet, müşterinin zamandan ve paradan tasarruf etmesini sağladığı için algılanan değeri artırır (Barnes 2003).

Memnuniyet derecelerini belirlenirken, kullanıcıların memnuniyet durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok memnunum, memnunum, az memnunum, memnun değilim, hiç memnun değilim olarak 5 farklı memnuniyet derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.12).



Şekil 4. 8 CNC servis ve bakımı (İnt.Kyn.9).

Çizelge 4. 12 Servis Şartları Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Servis Şartları
(A1)	Çok Memnun
(A2)	Memnun
(A3)	Çok Memnun
(A4)	Memnun
(A5)	Az Memnun

4.1.3.2 Yedek Parça Bulunabilirliği

Şirketin yetkili servis ağı tarafından sağlanan periyodik bakım, arızalı ürünün tamiri ve ürün yedek parçalarının temini olarak tanımlanmaktadır. Ürün garantileri kapsamında verilen bakım/onarım hizmetleri, ürünün kullanım ömrü boyunca müşteri tarafından en çok kullanılan ve uzun vadeli müşteri ilişkileri kurmada firmaların yararlandığı servis bileşenidir.

Markalar konusunda olumlu bir deneyim yaratmak ve aynı ürün veya ürün setinin tekrar tercih edilmesini sağlamak için firmalar tarafından düzenli olarak verilmesi gerekmektedir (Hogan vd. 2005). Beklenen performansı yerine getiremeyen markalar, müşteri tarafından algılanan adaletsizliği en aza indiren bakım / onarım hizmeti, müşteri

tarafından algılanan marka değeri ve memnuniyeti üzerinde çok etkilidir (Ralson 2003; Bloemer vd. 1992).

Memnuniyet derecelerini belirlenirken, kullanıcıların memnuniyet durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok memnunum, memnunum, az memnunum, memnun değilim, hiç memnun değilim olarak 5 farklı memnuniyet derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4. 13 Yedek Parça Bulunabilirliği.

5 Eksenli CNC Makinaları	Yedek Parça Bulunabilirliği
(A1)	Çok Memnun
(A2)	Memnun
(A3)	Memnun
(A4)	Az Memnun
(A5)	Az Memnun

4.1.3.3 Kullanılan Malzeme Kalitesi

Her türlü malzeme işleme düşünülerek tasarlanan özel şasi, çelik kaynaklı konstrüksiyon olarak imal edilmelidir. Tüm gerilmeler hafifletilmeli ve çalışma ömrü boyunca makinenin boyutsal stabilitesinden ödün vermemelidir. Her türlü doğal taşın işlenebileceği ve taşınabileceği şekilde tasarlanmalıdır.

Isıl işlemde amaç; ön imalat sırasında oluşan talaşlı imalat, soğuk şekillendirme ve kaynak gibi dâhili kalıcı gerilmeleri ortadan kaldırmaktır. Çelikteki gerilmelerin azaltılması, metalin önceden belirlenmiş bir sıcaklığa getirildikten sonra hızlı, orta hızda veya yavaşça soğutulmasıyla mümkündür. Malzemelere yüksek mukavemet, yüksek akma noktası, yüksek süneklik ve plastisite kazandıran bir işlemdir. Böylece malzemeyi birçok yönden geliştirir. Bu işlem, yapıdaki gerilmelerin giderilmesi ve tokluğun artırılması için önce sertleştirildikten sonra belirli bir sıcaklıkta tutularak yapılır.

Memnuniyet derecelerini belirlenirken, kullanıcıların memnuniyet durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok memnunum, memnunum, az memnunum, memnun değilim, hiç

memnun değilim olarak 5 farklı memnuniyet derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4. 14 Kullanılan Malzeme Kalitesi.

5 Eksenli CNC Makinaları	Kullanılan Malzeme Kalitesi
(A1)	Çok Memnun
(A2)	Çok Memnun
(A3)	Memnun
(A4)	Memnun
(A5)	Az Memnun

4.1.4 Kullanım Koşulları

Takım tezgahları alanındaki en büyük gelişme, 1950 yılında sayısal programlamaya göre çalışan ve Sayısal Kontrol (NC-Numerical Control) makinelerinin hayata geçirilmesiyle başlar. Seramikten yapılmış takımların kullanılmasıyla kesme hızları ve işleme kaliteleri büyük değerlere ulaşmıştır. Aynı tarihlerde ve takım tezgahı her iki uygulamada da hem kalite hem de miktar açısından büyük gelişmeler göstermiştir.

Önceden bilinen mekanik otomat makinesini içeren bu gelişme, pim kontrollü, kam kontrollü, kopya kontrollü, tek akslı, çok akslı transfer makineleri olarak bilinen geniş bir takım tezgahları yelpazesi yaratmıştır. CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) tezgahları, NC makinelerin bilgisayarlarla donatılmasıyla oluşturulmuş, bilgisayar ve kişisel bilgisayar kullanımı ile bu makineler optimizasyon seviyesinde işlem yapmaya başlamıştır (Ergün, 2004).

Memnuniyet derecelerini belirlenirken, kullanıcıların memnuniyet durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok memnunum, memnunum, az memnunum, memnun değilim, hiç memnun değilim olarak 5 farklı memnuniyet derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4. 15 Kullanım Koşulları.

5 Eksenli CNC Makinaları	Kullanım Koşulları
(A1)	Çok Memnun
(A2)	Çok Memnun
(A3)	Memnun
(A4)	Memnun
(A5)	Az Memnun

4.1.4.1 Operatör Eğitimi

CNC operatörü, makine parçaları ve benzeri mekanik parçalar üreten atölye ve fabrikalarda çalışan kişidir. Bir CNC makine operatörü, CNC tezgâhlarının işleme merkezlerinde, frezeleme, tornalama, taşlama gibi işleme teknikleri ile hazır programları kullanarak, gerektiğinde parametrelerde ve program verilerinde değişiklik yaparak, kendi başına ve belirli bir süre içinde işleme bilgi ve becerisine sahiptir.

Her CNC makinasının alt yapısı aynıdır. Fakat makinaları farklılaştıran kendilerine özel teknik ayrıcalıklar vardır. Bu durumlarda ise CNC makinesi kullanacak operatöre teknik eğitim vermelidir. Bu eğitimin amacı, makinede herhangi bir sıkıntı olduğu takdirde operatörün inisiyatif alarak problemi çözmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede üretim akışındaki aksamalar giderilmiş olunmaktadır.

Memnuniyet derecelerini belirlenirken, kullanıcıların memnuniyet durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok memnunum, memnunum, az memnunum, memnun değilim, hiç memnun değilim olarak 5 farklı memnuniyet derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4. 16 Operatör Eğitimi.

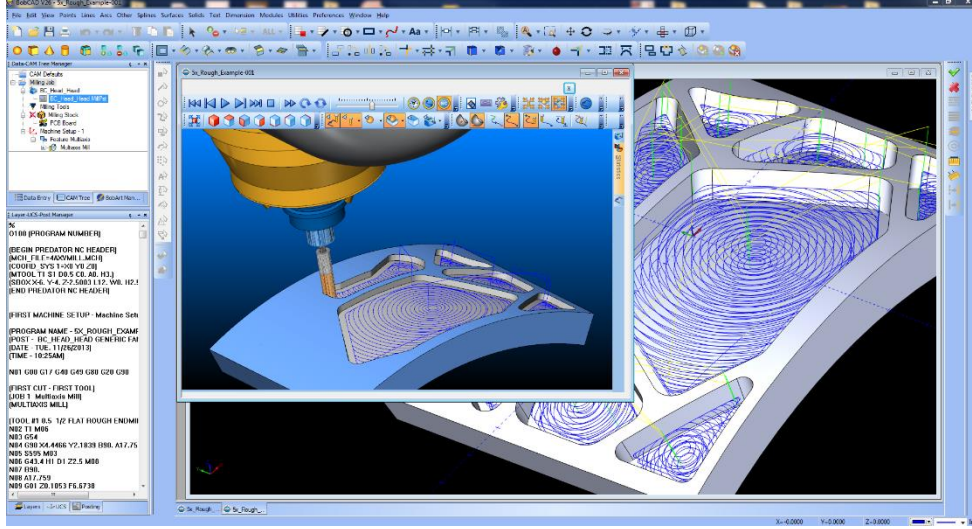
5 Eksenli CNC Makinaları	Operatör Eğitimi
(A1)	Çok Memnun
(A2)	Memnun
(A3)	Az Memnun
(A4)	Az Memnun
(A5)	Az Memnun

4.1.4.2 Program Kolaylığı

Bilgisayar sayısal kontrolü, CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) takım tezgâhlarının sayısal komutlarla bilgisayar tarafından kontrol edilmesidir. CNC makineleri, bilgisayarlı bir kontrol birimine gönderilen NC programları ile eksenlerini hareket ettiren dişliler ve motorlar sayesinde, belirtilen ölçü, ilerleme ve dönüş ile kısa sürede iş parçalarını toplu olarak üreten makinelerdir. Bilgisayarlı kontrol ünitesi ile kesicilerle ilgili bazı teknik ve ofset bilgileri makinenin hafızasında kalıcı olarak saklanabilir. Ayrıca üretimin her aşamasında programa müdahale edilir ve programda istenilen değişiklikler yapılabilmektedir.

CNC makinelerinin kullandıkları programların kolay, anlaşılır ve ulaşılabilir olması önemlidir. Bu sayede operatör, kullandığı programlar ile ilgili bir aksilik yaşadığında sorunu çözmek için farklı programlar ile veya makinenin kullandığı programdaki aksiliği onarmak için zorlanmaması gerekmektedir. CAD/CAM yazılımları arasında en çok kullanılanlar CATIA, Siemens NX ve Pro Engineer programlarıdır (Şekil 4.9).

Kolaylık derecelerini belirlenirken, kullanıcıların kullanım kolaylığı durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok kolay, kolay, az kolay, kolay değil, hiç kolay değil olarak 5 farklı kolaylık derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.17).



Şekil 4. 9 CAM/CAD programı ve simülasyonu (İnt.Kyn.8).

Çizelge 4. 17 Program Kolaylığı.

5 Eksenli CNC Makinaları	Operatör Eğitimi
(A1)	Kolay
(A2)	Kolay
(A3)	Kolay
(A4)	Az Kolay
(A5)	Az Kolay

4.1.4.3 Güvenlik

İş sağlığı ve güvenliği, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek için alınması gereken tedbirleri, yapılacak uygulamaları ve verilecek eğitimleri içeren çok geniş bir sistemdir (Yanturalı 2015).

Doğaltaş işlemlerinde kullanılan CNC makinelerinde; işlenen malzemenin büyüklüğüne, CNC operatörünün dalgınlığına, işlem sırasında oluşabilecek olağan dışı durumlara karşı iş sağlığı ve iş güvenliği donanımları bulunması gerekmektedir. Fabrika ve üretim atölyelerinde çalışan operatörler ve buralara hizmet veren OSGB ler den alınan verilere ve görüşlere göre;

* İşlem sırasında çalışma alanına bilinçli veya bilinçsiz müdahale mümkün olmamalıdır

(Şekil 4.10).

* Uygun olmayan kesme kuvveti, uygun olmayan dönüş hızı, yanlış sıkma, parça kırılması, elektrik kesintisi için önlemler alınmalıdır.

* Spindle, eksen, taret, talaş konveyörü gibi sistemler ancak bilinçli bir komut veya butona basmak suretiyle hareket edebilmeli

* Sabitleme aletleri (ayna, pens, mengene gibi) kesme kuvvetlerini karşılayacak kadar pratik ve basit olmalı, parça deforme olmamalı, sıkıştırma gibi tehlikelere neden olmamalıdır.

* Makinede aktif yangın önleme tedbirleri alınmalıdır (yangın algılama alarm mekanizması, duman-basınç tahliyesi vb.) gibi güvenlik donanımlarına sahip olmalıdır.

Güvenlik derecelerini belirlenirken, kullanıcıların makine üzerinde ve etrafında bulunan güvenlik durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok güvenli, güvenli, az güvenli, güvenli değil, hiç güvenli değil olarak 5 farklı güvenlik derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.18).



Şekil 4. 10 Güvenlik (İnt.Kyn.6).

Çizelge 4. 18 Güvenlik Ölçütü.

5 Eksenli CNC Makinaları	Güvenlik
(A1)	Çok Güvenlikli
(A2)	Çok Güvenlikli
(A3)	Güvenlikli
(A4)	Güvenlikli
(A5)	Güvenlikli

4.1.4.4 Deneyimli Operatör Bulunabilirliği

Tecrübeli operatörlerin mevcudiyeti, işletmedeki boş pozisyonları doldurmak için uygun ve nitelikli adaylara ulaşma, işletme içinde mevcut olanları belirleme veya işletme dışından olanların başvuru yapmasına imkân verme sürecidir.

İşletmelerin nitelikli ve üretken işgücünü bulmak ve seçmek büyük zaman, para ve enerji gerektirmektedir. Kadro ve seçme faaliyetlerine yatırım yapmanın maliyetinin, yanlış kişileri işe alma maliyetinin çok altında olduğu artık anlaşılmaktadır.

Deneyimli operatör bulunabilirliği, karmaşık yapıya CNC makinelerini kullanacak ve yönetecek biri olması gerekmektedir. Koordinasyonu sağlayıp makineyi en verimli şekilde kullanması üretim gücünü artırırken iş bitirme süresini azalmaktadır. Bu durum üreticiye hem zamandan kar ettirirken hem de kullanılan enerji miktarını da azaltarak üreticiye avantaj sağlamaktadır.

Kolaylık derecelerini belirlenirken, kullanıcıların kullanım kolaylığı durumları göz önüne alınmıştır. Bunlar; çok kolay, kolay, az kolay, kolay değil, hiç kolay değil olarak 5 farklı kolaylık derecesine ayrılmaktadır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4. 19 Deneyimli Operatör Bulunabilirliği.

5 Eksenli CNC Makinaları	Deneyimli Operatör Bulunabilirliği
(A1)	Kolay
(A2)	Çok kolay
(A3)	Kolay
(A4)	Zor
(A5)	Zor

4.2 Ana Ölçütler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi

Çizelge 4.20'de gösterildiği gibi, CNC makinesinin seçimini etkileyen her bir ana ölçüt karşılaştırılmış ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Matris oluşturulurken; uzman ekip, üretici firmalardan ve operatörlerden elde edilen bilgilerden yararlanılmıştır.

Çizelge 4. 20 Ana Ölçütler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi.

Ölçütler	Ekonomik (C1)	Teknik Özellik (C2)	Garanti (C3)	Kullanım Koşulları (C4)	Geo. Ort.	GÖV (W)
Ekonomik (C1)	1	3.000	3.000	5.000	2.590	0.519
Teknik Özellik (C2)	0.333	1	3.000	3.000	1.316	0.264
Garanti (C3)	0.333	0.333	1	1.000	0.577	0.116
Kullanım Koşulları (C4)	0.200	0.333	1.000	1	0.508	0.102
Total					4.992	1.000

$$\lambda_{\max}: 4.115 \quad CR: 0.042 \leq 0.1$$

4.3 Ekonomi Ölçütü

Ekonomi ölçütünün değerlendirilmesinde; belirlenen 18kW ve üzeri motor gücüne sahip CNC makine markalarında, birbirleri arasındaki yatırım maliyeti, yedek parça maliyeti, magazin maliyeti, kontrol ünitesi maliyeti ve hurda maliyeti alt ölçütleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama yatırım maliyeti (C11), yedek parça maliyeti (C12), magazin maliyeti (C13),

kontrol ünitesi maliyeti (C14) ve hurda maliyeti (C15) kullanan servis ve bayilerden alınan bilgilere göre değerlendirilmiştir. Seçilen CNC makinelerdeki ekonomik ölçütleri birbirleri arasında mukayese edilip üstünlük ve kullanım amacına göre 1 ile 9 arasında değerler verilmiştir.

Ekonomik ana ölçütlerinin alt ölçütleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.21’de verilmiştir. Bu karşılaştırma üretim ve uygulama sektöründe faaliyet gösteren firmaların da verdiği bilgiler ışığında uygulanmıştır.

Çizelge 4. 21 Ekonomi Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi.

Ölçütler	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	Geo. Ort.	GÖV (W)
C 11	1	3.000	3.000	5.000	5.000	2.954	0.443
C 12	0.333	1	7.000	3.000	5.000	2.036	0.305
C 13	0.333	0.143	1	1.000	3.000	0.678	0.102
C 14	0.200	0.333	1.000	1	1.000	0.582	0.087
C 15	0.200	0.200	0.333	1.000	1	0.422	0.063

$$\lambda_{\max}: 5.424 \quad CR: 0.095 \leq 0.1$$

Yatırım maliyeti (C11) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4. 22 Yatırım Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 11	A1	A2	A3	A4	A5	Geo Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	5.000	5.000	2.954	0.466
A2	0.333	1	3.000	3.000	3.000	1.552	0.245
A3	0.333	0.333	1	1.000	1.000	0.644	0.102
A4	0.200	0.333	1.000	1	3.000	0.725	0.114
A5	0.200	0.333	1.000	0.333	1	0.467	0.074

$$\lambda_{\max}: 5.247 \quad CR: 0.055 \leq 0.1$$

Yedek parça maliyeti (C12) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4. 23 Yedek Parça Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 12	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	5.000	3.000	5.000	5.000	3.272	0.515
A2	0.200	1	1.000	1.000	3.000	0.903	0.142
A3	0.333	1.000	1	2.000	1.000	0.922	0.145
A4	0.200	1.000	0.500	1	3.000	0.786	0.124
A5	0.200	0.333	1.000	0.333	1	0.467	0.074

λ_{\max} : 5.323 CR: **0.072 ≤ 0.1**

Magazin maliyeti (C13) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4. 24 Magazin Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 13	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	5.000	3.000	3.000	2.667	0.444
A2	0.333	1	3.000	5.000	1.000	1.380	0.229
A3	0.200	0.333	1	1.000	1.000	0.582	0.097
A4	0.333	0.200	1.000	1	1.000	0.582	0.097
A5	0.333	1.000	1.000	1.000	1	0.803	0.133

λ_{\max} : 5.309 CR: **0.069 ≤ 0.1**

Kontrol ünitesi maliyeti (C14) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4. 25 Kontrol Ünitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 14	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	5.000	5.000	2.954	0.461
A2	0.333	1	1.000	3.000	5.000	1.380	0.215
A3	0.333	1.000	1	2.000	3.000	1.149	0.179
A4	0.200	0.333	0.500	1	1.000	0.506	0.079
A5	0.200	0.200	0.333	1.000	1	0.422	0.066

$$\lambda_{\max}: 5.386 \quad CR: 0.086 \leq 0.1$$

Hurda maliyeti (C15) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4. 26 Hurda Maliyeti Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 15	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	5.000	3.000	2.667	0.430
A2	0.333	1	3.000	5.000	3.000	1.719	0.277
A3	0.333	0.333	1	1.000	1.000	0.644	0.104
A4	0.200	0.200	1.000	1	1.000	0.525	0.085
A5	0.333	0.333	1.000	1.000	1	0.644	0.104

$$\lambda_{\max}: 5.403 \quad CR: 0.090 \leq 0.1$$

4.4 Teknik Özellikler

Teknik özellik ölçütünün değerlendirilmesinde; belirlenen 18kW ve üzeri motor gücüne sahip CNC makine markalarında, birbirleri arasındaki işleme boyutları, eksen hızları, eksen açıları, hareket mekanizması ve elektronik işletim sistemi ölçütleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama; işleme boyutları (C21), eksen hızları (C22), eksen açıları (C23), hareket mekanizması (C24) ve elektronik işletim sistemi (C25) ölçütleri, kullanan operatörlerce ve bayilerden alınan makine özelliklerinin işe uygunluklarına göre değerlendirilmiştir. Seçilen CNC makinelerdeki teknik özellikler birbirleri arasında mukayese edilip üstünlük ve kullanım amacına göre 1 ile 9 arasında değerler verilmiştir.

Teknik özellikler ana kriterinin alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi Çizelge

4.27’de verilmiştir. Bu karşılaştırma üretim ve uygulama sektöründe faaliyet gösteren firmaların da verdiği bilgiler ışığında uygulanmıştır.

Çizelge 4.27 Teknik Özellik Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi.

Ölçütler	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25	Geo. Ort.	GÖV (W)
C 21	1	1.000	3.000	5.000	3.000	2.141	0.306
C 22	1.000	1	5.000	7.000	7.000	3.005	0.429
C 23	0.333	0.200	1	5.000	5.000	1.108	0.158
C 24	0.200	0.143	0.200	1	1.000	0.356	0.051
C 25	0.333	0.143	0.200	1.000	1	0.394	0.056

$$\lambda_{\max}: 5.344 \quad CR: 0.077 \leq 0.1$$

İşleme boyutu (C21) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4. 28 İşletme Boyutu Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 21	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	1.000	3.000	3.000	7.000	2.290	0.343
A2	1.000	1	5.000	5.000	4.000	2.512	0.376
A3	0.333	0.200	1	3.000	5.000	1.000	0.150
A4	0.333	0.200	0.333	1	3.000	0.582	0.087
A5	0.143	0.250	0.200	0.333	1	0.299	0.045

$$\lambda_{\max}: 5.386 \quad CR: 0.086 \leq 0.1$$

Eksen hızları (C22) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4. 29 Eksen Hızları Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 22	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	5.000	5.000	2.954	0.421
A2	0.333	1	5.000	5.000	9.000	2.371	0.338
A3	0.333	0.200	1	3.000	3.000	0.903	0.129
A4	0.200	0.200	0.333	1	1.000	0.422	0.060
A5	0.200	0.111	0.333	1.000	1	0.375	0.053

λ_{\max} : 5.380 CR: **0.085 ≤ 0.1**

Eksen açıları (C23) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4. 30 Eksen Açılı Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 23	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	1.000	1.000	3.000	3.000	1.552	0.240
A2	1.000	1	3.000	5.000	7.000	2.537	0.392
A3	1.000	0.333	1	3.000	7.000	1.476	0.228
A4	0.333	0.200	0.333	1	5.000	0.644	0.100
A5	0.333	0.143	0.143	0.200	1	0.267	0.041

λ_{\max} : 5.381 CR: **0.085 ≤ 0.1**

Hareket mekanizması (C24) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4. 31 Hareket Mekanizması Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 24	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	5.000	7.000	3.160	0.445
A2	0.333	1	5.000	5.000	7.000	2.255	0.317
A3	0.333	0.200	1	3.000	3.000	0.903	0.127
A4	0.200	0.200	0.333	1	1.000	0.422	0.059
A5	0.143	0.143	0.333	1.000	1	0.369	0.052

λ_{\max} : 5.376 CR: **0.084 ≤ 0.1**

Kullanılan malzeme kalitesi (C25) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4. 32 Kullanılan Malzeme Kalitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 25	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	1.000	1.000	3.000	5.000	1.719	0.259
A2	1.000	1	3.000	5.000	7.000	2.537	0.382
A3	1.000	0.333	1	3.000	9.000	1.552	0.234
A4	0.333	0.200	0.333	1	3.000	0.582	0.088
A5	0.200	0.143	0.111	0.333	1	0.254	0.038

$$\lambda_{\max}: 5.350 \text{ CR: } \mathbf{0.078 \leq 0.1}$$

4.5 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü

Müşteri memnuniyeti ölçütünün değerlendirilmesinde; belirlenen 18kW ve üzeri motor gücüne sahip CNC makine markalarında, birbirleri arasındaki servis şartları (31), yedek parça bulunabilirliği (C32) ve kullanılan malzeme kalitesi (C33) kıyaslanmıştır. Kıyaslama müşteri memnuniyeti, servis şartları, yedek parça bulunabilirliği ve kullanılan malzeme kalitesi kullanan operatörlerce ve kullanıcı firmaların görüşlerine göre değerlendirilmiştir. Seçilen CNC makinelerde ki donanım özelliklerini birbirleri arasında mukayese edilip üstünlük ve kullanım amacına göre 1 ile 9 arasında değerler verilmiştir.

Garanti ana ölçütünün alt kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.33’de verilmiştir. Bu karşılaştırma üretim ve uygulama sektöründe faaliyet gösteren firmaların da verdiği bilgiler ışığında uygulanmıştır.

Çizelge 4. 33 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi.

Ölçütler	C 31	C 32	C 33	Geo. Ort.	GÖV (W)
C 31	1	3.000	5.000	2.466	0.637
C 32	0.333	1	3.000	1.000	0.258
C 33	0.200	0.333	1	0.405	0.105

$$\lambda_{\max}: 3.039 \text{ CR: } \mathbf{0.033 \leq 0.1}$$

Servis şartları (C31) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4. 34 Servis Şartları Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 31	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	1.000	2.000	1.000	5.000	1.585	0.269
A2	1.000	1	3.000	3.000	3.000	1.933	0.328
A3	0.500	0.333	1	1.000	3.000	0.871	0.148
A4	1.000	0.333	1.000	1	7.000	1.185	0.201
A5	0.200	0.333	0.333	0.143	1	0.316	0.054

$$\lambda_{\max}: 5.329 \text{ CR: } \mathbf{0.073 \leq 0.1}$$

Yedek parça bulunabilirliği (C32) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4. 35 Yedek Parça Bulunabilirliği Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 32	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	5.000	3.000	9.000	7.000	3.936	0.545
A2	0.200	1	1.000	3.000	3.000	1.125	0.156
A3	0.333	1.000	1	2.000	5.000	1.272	0.176
A4	0.111	0.333	0.500	1	4.000	0.594	0.082
A5	0.143	0.333	0.200	0.250	1	0.299	0.041

$$\lambda_{\max}: 5.292 \text{ CR: } \mathbf{0.065 \leq 0.1}$$

Kullanılan malzeme kalitesi (C33) alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4. 36 Kullanılan Malzeme Kalitesi Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 33	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	1.000	3.000	2.000	3.000	1.783	0.308
A2	1.000	1	1.000	3.000	3.000	1.552	0.268
A3	0.333	1.000	1	4.000	5.000	1.461	0.252
A4	0.500	0.333	0.250	1	1.000	0.530	0.091
A5	0.333	0.333	0.200	1.000	1	0.467	0.081

λ_{\max} : 5.323 CR: **0.072 ≤ 0.1**

4.6 Kullanım Koşulları Ölçütü

Kullanım koşulları ölçütünün değerlendirilmesinde; belirlenen 18kW ve üzeri motor gücüne sahip CNC makine markalarında, birbirleri arasındaki eğitim (C41), program kolaylığı (C42), ve güvenlik (C43) özellikleri kıyaslanmıştır. Eğitim, program kolaylığı ve güvenlik özelliği kullanan operatörlerce ve firmaların görüşlerine göre değerlendirilmiştir. Seçilen CNC makinelerdeki kullanım koşulları özelliklerini birbirleri arasında mukayese edilip üstünlük ve kullanım amacına göre 1 ile 9 arasında değerler verilmiştir. Bu değerler elde edilirken Çizelge 3.4’de ki AHP’de kullanılan ölçüt değerleri tablosundaki değerler kullanılmıştır.

Kullanım koşulları ana ölçütlerinin alt ölçütleri arasında ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.37’de verilmiştir. Bu karşılaştırma üretim ve uygulama sektöründe faaliyet gösteren firmaların da verdiği bilgiler ışığında belirlenmiştir.

Çizelge 4. 37 Kullanım Koşulları Ölçütü İçin İlgili Alt Ölçütler İle İkili Karşılaştırma Matrisi.

Ölçütler	C 41	C 42	C 43	Geo. Ort.	GÖV (W)
C 41	1	1.000	3.000	1.442	0.405
C 42	1.000	1	5.000	1.710	0.481
C 43	0.333	0.200	1	0.405	0.114

λ_{\max} : 3.029 CR: **0.025 ≤ 0.1**

Eğitim alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4. 38 Eğitim Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 41	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	3.000	5.000	2.667	0.407
A2	0.333	1	3.000	5.000	7.000	2.036	0.311
A3	0.333	0.333	1	1.000	3.000	0.803	0.123
A4	0.333	0.200	1.000	1	3.000	0.725	0.111
A5	0.200	0.143	0.333	0.333	1	0.316	0.048

λ_{\max} : 5.309 CR: **0.069** \leq 0.1

Program kolaylığı alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4. 39 Program Kolaylığı Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 42	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	2.000	3.000	5.000	2.460	0.397
A2	0.333	1	3.000	3.000	5.000	1.719	0.277
A3	0.500	0.333	1	3.000	3.000	1.084	0.175
A4	0.333	0.333	0.333	1	1.000	0.517	0.083
A5	0.200	0.200	0.333	1.000	1	0.422	0.068

λ_{\max} : 5.300 CR: **0.067** \leq 0.1

Güvenlik alt ölçütü dikkate alınarak, alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4. 40 Güvenlik Alt Ölçütü İkili Karşılaştırma Matrisi.

C 43	A1	A2	A3	A4	A5	Geo. Ort.	GÖV (W)
A1	1	3.000	3.000	3.000	5.000	2.667	0.419
A2	0.333	1	5.000	3.000	5.000	1.904	0.299
A3	0.333	0.200	1	1.000	3.000	0.725	0.114
A4	0.333	0.333	1.000	1	1.000	0.644	0.101
A5	0.200	0.200	0.333	1.000	1	0.422	0.066

λ_{\max} : 5.353 CR: **0.079** \leq 0.1

4.7 Toplam Öncelik Tablosu

Her CNC Makinesi için belirlenen öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak karma (composite) öncelikler vektörü elde edilir. Bu değerler karar vericinin alternatif tercihlerine ilişkin yargısal algılamalarının yoğunluğunu temsil eder. Karar verici karma öncelik değeri en büyük olan CNC makinasını seçecektir.

Ekonomi, teknik özellik, garanti ve kullanım koşulları ana ölçütlerin oluşturduğu ağırlık faktörleri ile karar seçeneklerinin önceliklerini sentezleyen karma değer tabloları Çizelge 4.41-4.44'de verilmiştir

Çizelge 4. 41 Ekonomi Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.

	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	Toplam
Ağırlıklı Puan	0.443	0.305	0.102	0.087	0.063	
A1	0.466	0.515	0.444	0.461	0.430	0.476
A2	0.245	0.142	0.229	0.215	0.277	0.211
A3	0.102	0.145	0.097	0.179	0.104	0.121
A4	0.114	0.124	0.097	0.079	0.085	0.110
A5	0.074	0.074	0.133	0.066	0.104	0.081

Çizelge 4. 42 Teknik Özellik Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.

	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25	Toplam
Ağırlıklı Puan	0.306	0.429	0.158	0.051	0.056	
A1	0.343	0.421	0.240	0.445	0.259	0.360
A2	0.376	0.338	0.392	0.317	0.382	0.359
A3	0.150	0.129	0.228	0.127	0.234	0.157
A4	0.087	0.060	0.100	0.059	0.088	0.076
A5	0.045	0.053	0.041	0.052	0.038	0.048

Çizelge 4. 43 Müşteri Memnuniyeti Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.

	C 31	C 32	C 33	Toplam
Ağırlıklı Puan	0.637	0.258	0.105	
A1	0.269	0.545	0.308	0.344
A2	0.328	0.156	0.268	0.277
A3	0.148	0.176	0.252	0.166
A4	0.201	0.082	0.091	0.159
A5	0.054	0.041	0.081	0.053

Çizelge 4. 44 Kullanım Koşulları Ölçütü Toplam Öncelikleri Tablosu.

	C 41	C42	C43	Toplam
Ağırlıklı Puan	0.405	0.481	0.114	
A1	0.407	0.397	0.419	0.404
A2	0.311	0.277	0.299	0.293
A3	0.123	0.175	0.114	0.147
A4	0.111	0.083	0.101	0.097
A5	0.048	0.068	0.066	0.060

4.8 Genel Sonuç

Bu karma değer puanlarının bulanık bir yapı gösterdiği söylenebilir. Çünkü karar verici ölçütlerin birbirlerine göre kıyaslarken Analitik Hiyerarşi Sürecinde kullanılan ölçek değerleri olan 1-9 aralığında puanlar kullanılmıştır. CNC Makinesi seçiminde belirlenen ölçütlerin birbirleri arasında, kesin bir rakam olmayıp yaklaşık rakamlardır. Yaklaşık rakamlar da bulanık rakamlar olarak yorumlanmaktadır (Özkan, 2003).

Çizelge 4. 45 Genel Sonuç Tablosu.

	C1	C2	C3	C4	GÖV (W)	
A1	0.476	0.360	0.344	0.404	0.519	0.423
A2	0.211	0.359	0.277	0.293	0.264	0.266
A3	0.121	0.157	0.166	0.147	0.116	0.138
A4	0.110	0.076	0.159	0.097	0.102	0.106
A5	0.081	0.048	0.053	0.060		0.067

Bu nedenle, Çizelge 4.45’de verilen ağırlıkların yaklaşık rakamlar olduğu ve %1 oranında düşük ya da yüksek olabileceği kabul edilebilir. Bu kabul doğrultusunda Çizelge 4.51’de verilen ağırlıkların 0,99 ile çarpımları ve 1,01 ile çarpımları dikkate alınarak karma öncelik değerler yeniden hesaplanmış ve Çizelge 4.46’da verilmiştir.

Çizelge 4. 46 Karma Öncelik Değerleri.

	Ağırlıkların %1 Alt değerleri için	Karma Değerler	Ağırlıkların %1 Üst değerleri için
A1	0.419	0.423	0.427
A2	0.264	0.266	0.269
A3	0.137	0.138	0.140
A4	0.105	0.106	0.107
A5	0.066	0.067	0.068

4.9 Her Bir Alt Ölçüt Ağırlığının Hesaplanması

Ana ölçüt ve alt ölçüt ağırlıkları AHP yönteminde olduğu gibi aynı şekilde hesaplanır. 18 alt ölçüt için birleştirilmiş ağırlıklar daha sonra her bir ana ölçüt ağırlığı ve her bir alt ölçüt ağırlığı ayrı ayrı çarpılarak hesaplanır. Her bir alt ölçüt için birleştirilmiş ağırlıklar Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4. 47 Her Bir Alt Ölçüt Ağırlığının Hesaplanması.

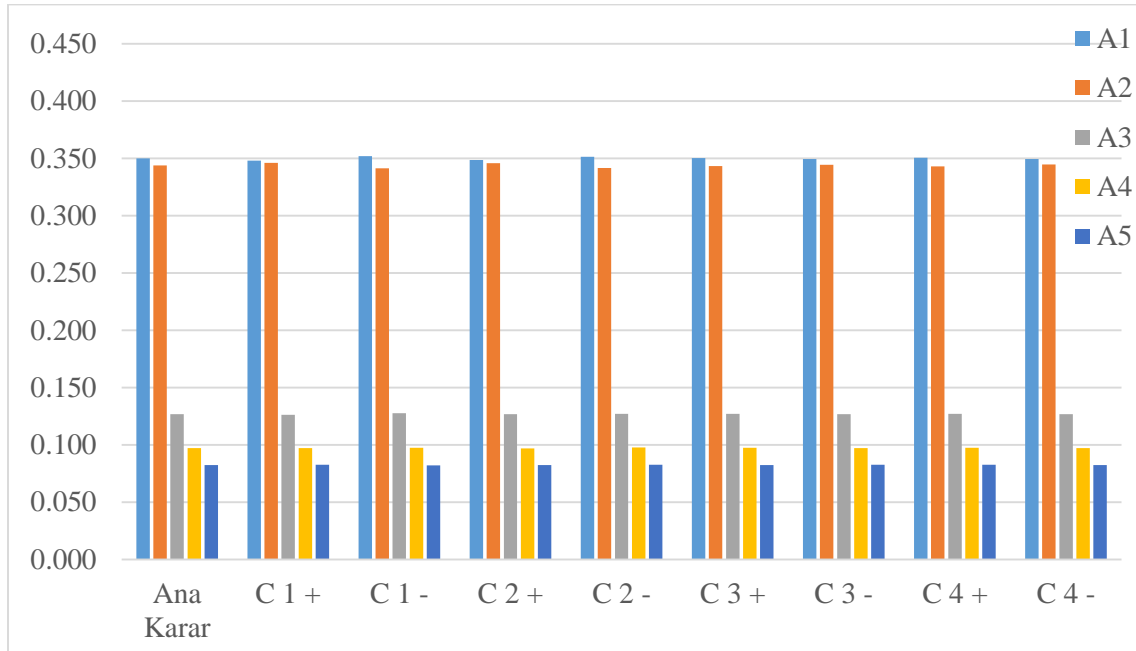
Ana Ölçütler	Alt Ölçütler	Ağırlıklar		
		Alt Ölçüt	Ana Ölçüt	Kombine
Ekonomi Ölçütü (C1)	Yatırım Maliyeti (C11)	0.443	0.519	0.230
	Yedek Parça Maliyeti (C12)	0.305		0.158
	Magazin Maliyeti (C13)	0.102		0.053
	Kontrol Ünitesi Maliyeti (C14)	0.087		0.045
	Hurda Maliyeti (C15)	0.063		0.033
Teknik Özellik Ölçütü (C2)	İşleme Boyutu (C21)	0.306	0.264	0.081
	Eksen Hızları (C22)	0.429		0.113
	Eksen Açılırları (C23)	0.158		0.042
	Hareket Mekanizması (C24)	0.051		0.013
	Elektronik İşletim Sistemi (C25)	0.056		0.015
Müşteri Memnuniyeti (C3)	Servis İmkânı (C31)	0.637	0.116	0.074
	Yedek Parça Bulunabilirliği (C32)	0.258		0.030
	Kullanılan Malzeme Kalitesi (C33)	0.105		0.012
Kullanım Koşulları Ölçütü (C4)	Operatör Eğitimi (C41)	0.405	0.102	0.041
	Kullanılan Program Kolaylığı (C42)	0.481		0.049
	Güvenlik (C43)	0.114		0.012
	Toplam	4.000	1.000	1.000

Seçilen 5 alternatif marka CNC makineleri birbirleri arasında AHP yöntemi uygulanarak kıyaslanmıştır. Çizelge 4.45’de bulunan veriler ışığında, alternatifler arasından A1 markalı CNC makinesi seçilmiştir.

4.10 Duyarlılık Analizi

Eşleştirilmiş karşılaştırma matrisleri, karar vericilerin geçmiş deneyimlerine, uzmanlıklarına ve değer yargılarına göre, bireysel veya grup kararları olsa bile matrisleri değişen öznel kararlardır. Karşılaştırma matrislerinin değerlendirilmesinde herhangi bir nedenle farklılıklar ortaya çıkabilir. Bu değişikliklerin karar sonucunu değiştirmede ne kadar etkili olduğunu belirlemek için "Duyarlılık Analizi" yapılır. Her bir ana ölçütteki değişimin diğer ana ölçüt ve seçeneklerde nasıl bir değişikliğe neden olduğunu gösteren bir analiz vardır (Saaty 1990, Kuruüzüm ve Atsan 2001).

AHP yöntemi için duyarlılık analizi sonuçları grafiği Şekil4.11’da verilmiştir.



Şekil 4. 11 Ana ölçütlerin duyarlılık analiz grafiği.

Duyarlılık analizi yapılan ikili karşılaştırma matrislerindeki ana ölçüt için öz vektör değerleri, AHP yönteminde birkaç durum için artırılmış veya azaltılmıştır. AHP yönteminde her bir ölçütün öz vektör değeri, yapılan duyarlılık analizi sonucunda yüzde 35'e kadar artmıştır. Nihai öncelik sıralamasında ve yargı değerlendirmelerinde herhangi bir değişiklik kaydedilmemektedir (Şekil 4.11). "Alternatif 1", karar verme süreci için her zaman en uygun alternatif olarak seçilebilir ve nihai önceliklerde sırasıyla "Alternatif 2", "Alternatif 3" "Alternatif 4" ve "Alternatif 5" izlemektedir. Duyarlılık analizinden, önerilen AHP modelinin nihai sonucu esas olarak teknik özellik ana ölçütteki düşüştürme duyarlıdır.

5. TOPSIS YÖNTEMİNE GÖRE 5 EKSENLİ CNC SEÇİMİ

TOPSIS yöntemi ile yapılan karar verme sürecinde AHP yönteminde bulunan veriler kullanılmıştır. TOPSIS uygulamasında ölçütler ve alt ölçütler sabit tutulmuş olup çözüm işlemi bu yöntem ile değerlendirilmiştir. TOPSIS yöntemi, AHP yönteminde değerlendirilen yapı bu yöntemle karar matrisi şeklinde uyarlanmıştır. Ana ölçüt ve Alt ölçütlerin önem dereceleri AHP yönteminde belirlenen önem dereceleridir.

Her CNC Makinesi için belirlenen öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak karma (composite) öncelikler vektörü elde edilir. Bu değerler karar vericinin alternatif tercihlerine ilişkin yargısal algılamalarının yoğunluğunu temsil eder. Karar verici karma öncelik değeri en büyük olan CNC makinasını seçecektir.

Ölçütlerin ağırlık faktörleri ile karar seçeneklerinin önceliklerini sentezleyen karma değer tablosu Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5. 1 Ölçütlerin Karar Matrisi.

GÖV (W)	0.443	0.305	0.102	0.087	0.063
	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15
A1	0.466	0.515	0.444	0.343	0.492
A2	0.245	0.142	0.229	0.376	0.234
A3	0.102	0.145	0.097	0.150	0.125
A4	0.114	0.124	0.097	0.087	0.088
A5	0.074	0.074	0.133	0.045	0.061
GÖV (W)	0.306	0.429	0.158	0.051	0.056
	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25
A1	0.343	0.421	0.240	0.361	0.265
A2	0.376	0.338	0.392	0.400	0.392
A3	0.150	0.129	0.228	0.129	0.265
A4	0.087	0.060	0.100	0.060	0.090
A5	0.045	0.053	0.041	0.052	0.035
GÖV (W)	0.637	0.258	0.105		
	C 31	C 32	C 33		
A1	0.545	0.308	0.303		
A2	0.156	0.268	0.264		
A3	0.176	0.252	0.270		
A4	0.082	0.091	0.086		
A5	0.041	0.081	0.077		
GÖV (W)	0.405	0.481	0.114		
	C 41	C 42	C 43		
A1	0.407	0.397	0.419		
A2	0.311	0.277	0.299		
A3	0.123	0.175	0.114		
A4	0.111	0.083	0.101		
A5	0.048	0.068	0.066		

5.1 Standart Karar Matrisi Oluşturma

Karar matrisindeki her bir değerin bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek matris normalize edilir.

ltlerin normalize edilmiş standart karar verme matrisini sentezleyen tablo, izelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5. 2 Ölçütlerin Standart Karar Matrisi.

GÖV (W)	0.443	0.305	0.102	0.087	0.063
	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15
A1	0.843	0.900	0.830	0.837	0.856
A2	0.443	0.248	0.429	0.391	0.465
A3	0.184	0.254	0.181	0.325	0.128
A4	0.207	0.216	0.181	0.179	0.120
A5	0.133	0.129	0.250	0.096	0.142
GÖV (W)	0.306	0.429	0.158	0.051	0.056
	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25
A1	0.636	0.751	0.457	0.645	0.543
A2	0.697	0.603	0.748	0.715	0.663
A3	0.278	0.229	0.435	0.230	0.298
A4	0.161	0.107	0.190	0.107	0.406
A5	0.083	0.095	0.079	0.094	0.108
GÖV (W)	0.637	0.258	0.105		
	C 31	C 32	C 33		
A1	0.907	0.622	0.609		
A2	0.259	0.541	0.530		
A3	0.293	0.510	0.542		
A4	0.137	0.185	0.173		
A5	0.069	0.163	0.154		
GÖV (W)	0.405	0.481	0.114		
	C 41	C 42	C 43		
A1	0.754	0.755	0.775		
A2	0.575	0.527	0.553		
A3	0.227	0.333	0.210		
A4	0.205	0.159	0.187		
A5	0.089	0.129	0.122		

5.2 Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

Daha önceden hesaplanmış görelî önem vektörü değerleri ile standart karar matrisindeki verilerin çarpımı sonucunda elde edilir. Standart karar matrisindeki her bir sütundaki değerler ile belirlenen ölçütlerin görelî önem vektörü ile çarpımı sonucu ağırlıklı standart karar matrisi elde edilir.

Ölçütlerin görelî önem vektörü ile işleme girmesi sonucu ağırlıklı standart karar verme matrisini tablosu Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5. 3 Ölçütlerin Görelî Önem Vektörü Matrisi.

GÖV (W)	0.443	0.305	0.102	0.087	0.063
	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15
A1	0.373	0.275	0.085	0.073	0.054
A2	0.196	0.076	0.044	0.034	0.029
A3	0.081	0.077	0.018	0.028	0.008
A4	0.092	0.066	0.018	0.016	0.008
A5	0.059	0.039	0.025	0.008	0.009
GÖV (W)	0.306	0.429	0.158	0.051	0.056
	C 21	C 22	C 23	C 24	C 25
A1	0.194	0.322	0.072	0.033	0.030
A2	0.213	0.259	0.118	0.036	0.037
A3	0.085	0.098	0.069	0.012	0.017
A4	0.049	0.046	0.030	0.005	0.023
A5	0.025	0.041	0.012	0.005	0.006
GÖV (W)	0.637	0.258	0.105		
	C 31	C 32	C 33		
A1	0.578	0.160	0.064		
A2	0.165	0.140	0.056		
A3	0.187	0.132	0.057		
A4	0.087	0.048	0.018		
A5	0.069	0.163	0.154		
GÖV (W)	0.405	0.481	0.114		
	C 41	C 42	C 43		
A1	0.305	0.363	0.088		
A2	0.233	0.254	0.063		
A3	0.092	0.160	0.024		
A4	0.083	0.076	0.021		
A5	0.036	0.062	0.014		

5.3 İdeal Pozitif ve İdeal Negatif Değerlerin Oluşturulması

İdeal pozitif ve negatif çözüm değerlerinin oluşturulması için ağırlıklı standart karar matrisindeki veriler çözüm seti formülünde ilgili alanlara değerler yazılır. Her bir ölçüt sütunu için ideal pozitif ve ideal negatif çözüm değerleri hesaplanır.

Ölçütlerin ağırlıklı standart karar verme matrisindeki veriler ile işleme girmesi sonucu ideal pozitif ve ideal negatif değerlerin tablosu Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5. 4 Ölçütlerin İdeal Pozitif Ve Negatif Değeri.

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5
V+	0.059	0.275	0.085	0.073	0.054
V-	0.373	0.039	0.018	0.008	0.008
	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	Ölçüt 10
V+	0.025	0.322	0.118	0.036	0.037
V-	0.213	0.041	0.012	0.005	0.006
	Ölçüt 11	Ölçüt 12	Ölçüt 13		
V+	0.044	0.160	0.064		
V-	0.578	0.042	0.016		
	Ölçüt 14	Ölçüt 15	Ölçüt 16		
V+	0.305	0.363	0.088		
V-	0.036	0.062	0.014		

5.4 Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Her bir karar noktası için değerlendirme faktörü değerinin ideal pozitif ve ideal negatif çözümlerinin sapmalarını bulmak için ağırlıklı karar matrisinde elde edilen veriler ile ideal pozitif ve negatif veriler, ayırmacılık ölçüleri formülü kullanılarak bulunur.

Ölçütlerin ideal pozitif ve ideal negatiftaki veriler ile işleme girmesi sonucu bütün

ölçütleri içeren ayırım ölçüleri tablosu Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5. 5 Tüm Ölçütlerin Ayırım Ölçüleri Tablosu.

Si+	Si-
0.644	0.579
0.367	0.595
0.466	0.534
0.541	0.592
0.585	0.648

5.5 İdeal Çözüme Görelî Yakınlığın Hesaplanması

Her bir Ölçütün ideal çözüme göreceli yakınlığının hesaplanmasında ideal pozitif ve negatif ideal ayırma ölçülerinde hesaplanan veriler kullanılır. Burada kullanılan ölçüt, ideal negatif ayrımcılık değerinin ideal pozitif ve negatif değere bölünmesiyle elde edilir. Ölçütlerin ayırım ölçülerindeki veriler ile işleme girmesi sonucu bütün ölçütleri içeren ideal çözüme görelî yakınlığı tablosu Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5. 6 İdeal Çözüme Görelî Yakınlık.

	Pi	Sıralama
Alternatif-1	0.473	5
Alternatif-2	0.619	1
Alternatif-3	0.534	2
Alternatif-4	0.523	4
Alternatif-5	0.526	3

6. SONUÇ

Bu çalışmada, CNC makinalarının seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi ve İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) kullanılarak makina tercihi yapılmaya çalışılmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemi ile belirlenen ölçütler objektif ve subjektif olarak değerlendirilmiş olup CNC makinaları tercihleri yapılmıştır. Piyasada aktif olarak çalışan fabrikalar, üretim atölyeleri, piyasadan beklenti ve talep halinde olan müşteriler ile görüşüldükten sonra bu doğrultuda tercihler yapılmıştır.

CNC makine seçiminde, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılabilirlik ve alternatifler arasından en iyisini seçmek için ideal bir yöntemdir.

AHP ve TOPSIS yöntemi ile 5 eksenli ve doğaltaş sektöründe yaygın olarak kullanılan olan Alternatif – 1, Alternatif – 2, Alternatif – 3, Alternatif – 4 ve Alternatif – 5 CNC makineleri değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırmada üretici ve tüketicinin arz-talep ettiği beklentiler doğrultusunda ilgili web sayfaları, CNC makine üreticileri ve CNC makinesi kullanıcılarından alınan bilgiler ışığında belirlenen ölçütler ile karar verme yöntemlerinden olan AHP ve TOPSIS yöntemleri ile yapılan değerlendirmede en büyük karma değere sahip CNC makinesi seçilmiştir.

AHP ve TOPSIS yöntemi ile CNC makinaları değerlendirilmiş olup 5 eksenli CNC makinaları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada üretici ve tüketicinin arz-talep ettiği beklentiler doğrultusunda belirlenen ölçütler ile AHP yöntemi ile yapılan kıyaslama sonucunda 5 eksene sahip makinelerde Alternatif – 1 CNC makinası belirgin bir şekilde en büyük değere sahiptir. TOPSIS yöntemi ile yapılan kıyaslama sonucunda ise Alternatif – 2 CNC makinesi karma değerler sıralamasında en büyük değere sahip olduğu saptanmıştır.

Son olarak, bu çalışmadan da anlaşıldığı üzere, AHP ve TOPSIS yöntem uygulamalarının doğaltaş ebatlama ve işleme faaliyetinde bulunan işletmelerde, makine seçerken mevcut alternatifleri etkin bir şekilde değerlendirmede yardımcı olabileceğini göstermektedir.

7. KAYNAKLAR

- Albert M, 1986, Five-Axis Machining Proves Its Worth. *Modern Machine Shop*, 59, 54-62.
- Barnes K G, 2003, Establishing Meaningful Customer Relationship, Why Some Companies and Brands Mean More to Their Customers, *Managing Service Quality*, 13, 178-186.
- Belton, V, and Gear T, 1982, On a Short-coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies, 228-230.
- Bienstock C C, Mentzer J T, Bird M M, 1997 Measuring Physical Distribution Service Quality, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25, 31-44.
- Bloemer J M, Lemmink J G, 1992, The Importance Of Customer Satisfaction In Explaining Brand and Dealer Loyalty. *Journal of Marketing Management*, 8, 351-363.
- Byun D H, 2001, The AHP Approach For Selecting An Otomobile Purchase Model, *Information and Managment*, 38.
- Chandran B, Golden B, Wasil E, 2005, Linear Programming Models For Estimating Weights In The Analytic Hierarchy Process, *Computers and Operations Research*, 32, 2235-2254.
- Camci A, Temur G T, Beskese A, 2018, CNC Router Selection For SMEs in Woodwork Manufacturing Using Hesitant Fuzzy AHP Method, *Journal of Enterprise Information Management*.
- Cevindik M, 2009, Üç Eksenli CNC ile Mermer İşlemede Elektrik Enerji Tüketimine Etki Eden Parametreler. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Chatterjee P, Chakraborty S, 2012, Material Selection Using Preferential Ranking Methods, *Materials and Designs*, 35, 384-393.
- Cheng C H, Yang K L, Hwang C L, 1999, Evaluating Attack Helicopters by AHP Based on Linguistic Variable Weight, *European Journal of Operational Research*, 116, 423-435.

- Çınar Y, 2004, Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ergün M, 2004, Sayısal Kontrollü Tezgâhlar ve Programlama Prensipleri, Mercan Ofset Ambalaj San.Tic., İzmir.
- Farin G, 1998, Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Desing, Santiago, CA Academic Press.
- Gasimov R N, 2004, Karar Analizi, Osman Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- Groover M P, 2010, Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes and System, 4th edition, John Wiley and Sons, p.456, USA
- Hall A D, 1989, Metasystems Methodology, A New Synthesis and Unification, Oxford Pergamon Press.
- Hogan S, Almquist E, Glynn S E, 2005, Brand-Building: Finding the Touchpoints that Count, Journal of Business Strategy, 21, 11-18.
- Hwang C L, Lai Y J, Liu T Y, 1993, A New Approach for Multiple Objective Decision Making, Computers and Operational Research, 8, 889-899.
- Hwang C L, Yoon K, 1981, Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application, Springer, New York.
- Ishizaka A, Nemery P, 2013, Multi-Criteria Decision Analysis, Methods and Software, Published By John Wiley & Sons Ltd, First Edition.
- Jayachandraiah B, Krishna O V, Khan P A, Reddy R A, 2014, Fabrication of Low Cost 3-Axis Cnc Router, Int. J. Eng. Sci. Invent, 3, 1–10.
- Keaveney S M, 1995, Customer Switching Behavior in Service Industries, An Expletory Study, Journal of Marketing, 59, 71-82.
- Kılıç R, 1992, CNC İmalat Sistemleri Eğitimi ve Model Optimizasyonu.
- Kutlu M, 2006, Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgahı Tasarım ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.

- Kuruüzüm A, Atsan N, 2001, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1, 83-105.
- Lee Y S, Chang, T C, 1996, Application of Convex Hull For Tool Interference Avoidance in 5-Axis CNC Machining, In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, American Society of Mechanical Engineers, 80494, V001T01A032.
- Mahmoodzadeh S, Shahrabi J, Pariazar M, Zaeri M S, 2007, Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique International, Journal of Human and Social Sciences 3, 135-140.
- Matteo U D, Pezzimenti, P M and Garcia D A, 2016, Methodological Proposal for Optimal Location of Emergency Operation Centers through Multi-Criteria Approach. Sustainability.
- Marciniak K, 1991, Geometric Modeling For Numerical Controlled Machining, Oxford University Press, Oxford.
- Mehrabi M G, Ulsoy A G, Koren Y, 2000, Reconfigurable Manufacturing Systems, Key To Future Manufacturing, Journal Of Intelligent Manufacturing 11, 403–419.
- Mulliner E, Smallbone K, Maliene V, 2013, An Assessment of Sustainable Housing Affordability Using a Multiple Criteria Decision Making Method, Omega, 41, 270–279.
- Olson D L, 2004, Comparison of Weights in TOPSIS Models, Pergamon Mathematical and Computer Modelling, 1-8.
- Özkan M M, 2003, Bulanık Hedef Programlama, Ekin Kitapevi, İstanbul.
- Özkan Ö, 2007, Personel Seçiminde Karar Verme Yöntemlerinin İncelenmesi AHP, ELECTRE ve TOPSIS Örneği Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Parasuraman A, Berry L L, Zeithaml V A, 1991, Understanding Customer Expectations of Service, MIT Sloan Management Review, 33, 39-48.
- Uyar S, Beler F, Çetinkaya K, 2012, Eğitim Amaçlı 4 Eksenli Masa Üstü CNC Freze

Tasarımı ve Prototipi, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 04-05 Ekim, Ankara, Türkiye.

Ulsoy A G, Koren Y, 1993, Control of Machining Processes, ASME Journal of Dynamic Systems Measurement, 115, 301–307.

Rogério P, Rogério M, 2010, Prototype CNC Machine Design, International Conference on Industry Applications.

Pesen E, 2012, Analitik Hiyerarşi Proses ile Ar-Ge Projesi Seçimi, İş Makinaları Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Mersin.

Ralson R W, 2003, The Effects of Customer Service, Branding and Price on the Perceived Value of Local Telephone Service, Journal of Business Research, 56, 201-213.

Rao R V, 2008, Evaluation of Environmentally Conscious Manufacturing Programs Using Multiple Attribute Decision-Making Methods, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B - Engineering Manufacture, 222, 441-451.

Saaty T L, 1972, An eigenvalue allocation model for prioritization and planning. Working paper, Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania.

Saaty T L, 1980, The Analytical Hierarchy Process, Mc Grow-Hill Company, New York.

Saaty T L, 1990, An Exposition of the AHP in Reply to the Paper, Remarks on the Analytic Hierarchy Process. Management Science 36(3), 259-268, New York.

Saaty T L, 1994, Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research 74(3), 426-447, New York.

Saaty T L, Özdemir M S, 2003, Why The Magic Number Seven Plus or Minus Two, Mathematical and Computer Modelling 38, New York.

Sarıışık G, Oyman E, 2009, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesinde Bilgisayar Kontrollü Doğal Taş İşleme Makinaları (CNC) Kullanımı ile Yeni Ürün Geliştirme, Mermer Artıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması. I. Mermer Artıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması

Sempozyumu, Diyarbakır.

Sarışık G, Özkan E, 2015, Bilgisayar Kontrollü Makineler (CNC) ile Doğal Taş Artıklarının İşlenmesi ve Modellenmesi, 7. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

Scholl A, vd, 2005, Solving Multiattribute Design Problems With Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis, An Empirical Comparison, European Journal Of Operational Research 164.

Taşkın E, 2000, Müşteri İlişkileri Eğitimi, Papatya Yayınları, İstanbul

Tek Ö B, 1999, Pazarlama İlkeleri, Beta Yayınları, İstanbul.

Vargas L G, 1990, An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications, European Journal of Operational Research, 48.

Vicceksg W, Quan K W, 1989, Ball-Mills Versus End-Mills For Curved Surface Machining. Journal of Engineeringfor Indusrry, 11, 22-26.

Wang Y, Zhou H, Zhang S, Zhang H, The Research of CNC Machine Appearance Design Based on Evolution Theory, IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT), 2010, June 2–5, Singapur.

Widarto D, 2008, Teknik Pemesinan Untuk SMK, Jakarta Dirketorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.

Yanturalı B, 2015, İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi ve Bir Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Yoon K, 1987, A Reconciliation Among Discrete Compromise Solutions, The Journal of The Operational Research Society, 38, 277-286.

Yoon K P, Hwang C, 1995, Multible Attribute Decision Making, An Introduction, Sage Publications, Inc.

Yurdakul M, İç Y T, 2005, Development of a performance measurement model for manufacturing companies using the AHP and TOPSIS approaches, International Journal of Production Research, 43, 4609-4641.

Zeleny M, 1982, Multiple Criteria Decision Making, New York, Mc Graw Hill.

Zhang J, Chan F T S, Li P, Lau H C W, Ip R W L, Samaranayak P, 2002, Investigation of the Reconfigurable Control System For an Agile Manufacturing Cell, International Journal of Production Research, 3709–3723.

İnternet Kaynakları

- 1 -<https://www.machinetoolsexpress.com/timtostan-haberler-kao-ming-detay-216>
01.04.2021
- 2- http://dipram.ch/index.php?module=content_mod&menuid=9&itemid=64&lang=fr.
01.04.2021
- 3- https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/2f782184ac46b00_ek.pdf,
- 4- <https://www.memurbilgi.com/nasil-olunur/cnc-operatoru-nedir-nasil-olunur-ve-maaslari-ne-kadar/>, 15.05.2021
- 5- <https://www.engineering.com/story/the-what-why-and-how-of-5-axis-cnc-machining>,
15.05.2021
- 6- <https://cursos.delenaformacion.com/cursos-a-distancia-informatica/5051-curso-75-de-programacion-de-maquinas-de-control-numeric-cnc.html>, 15.05.2021
- 7- <https://www.fanucamerica.com/products/cnc/fanuc-simulators>, 15.05.2021
- 8- <https://cadcamoffice.com/gallery/>, 15.05.2021
- 9- <https://upack.com.tr/cozumler/ariza-bakim-calismasi/>, 15.05.2021
<https://www.makinaegitimi.com/cnc-dik-islem-freze-tezgahinda-sifirlama/>, 20.05.2021
- 10.https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105293/mod_resource/content/0/10.%C3%87ok%20%C3%961%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-II.pdf 18.06.2021

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Doğancan AYDOĞMUŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Çaycuma / ZONGULDAK - 11.04.1992
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (e-posta) : dogancan.92@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Anadolu Meslek ve Meslek Lisesi, Bilişim Teknolojileri Bölümü, (2006-2010)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği (2011-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı, (2017-2018)
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, (2017-2021)

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Bazalto Madencilik San. Ve Tic. Ltd. Şti. (2018-2021)