

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI İLE
CNC MAKİNESİ SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Mehmet AYBAR

İSTANBUL, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI İLE
CNC MAKİNESİ SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Mehmet AYBAR

Öğrenci No:
140892007

Danışman:
Doç. Dr. Gül Tekin TEMUR ASLAN

İSTANBUL, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık TOPSIS Yaklaşımı İle CNC Makinesi Seçimi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 11.05.2017

Mehmet AYBAR



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140892007 no'lu Mehmet AYBAR'ın 11/05/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda 45 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında oybirliğiyle, kabul kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği
Programı : Endüstri Mühendisliği
Tez Başlığı : Bulanık TOPSIS yaklaşımı ile CNC makinesi seçimi

<u>Tez Sınav Jürisi</u>	<u>Öğretim Üyesi</u>
Danışman	: Doç. Dr. Gül Tekin TEMUR ASLAN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN
Üye	: Doç. Dr. Oğuzhan ERDİNÇ

İmza



TEŐEKKÖR

Bu tez çalışmasında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren Sayın Doç. Dr. Gül Tekin TEMUR ASLAN'a ve Sayın Yrd. Doç. Sabahattin Kerem AYTULUN'a teőekkörü bir borç bilirim.

Benden maddi manevi desteğini esirgemeyen ve bana güvenip, inandıkları için aileme teőekkür ederim.



Adı ve Soyadı : Mehmet AYBAR
Danışmanı : Doç. Dr. Gül Tekin TEMUR ASLAN
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2017
Alanı : Endüstri Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Ahşap işleme, CNC, Makine seçimi, TOPSIS

ÖZ

BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI İLE CNC MAKİNESİ SEÇİMİ

Günümüz rekabet koşullarında imalat firmaları daha kaliteli ve daha hızlı üretim yapmayı amaçlamaktadırlar. CNC işleme merkezleri üreticileri de hızla değişen pazar koşullarına uymak ve çoğalan farklı türdeki talepleri karşılayabilmek açısından model ve çeşitlilik anlamında geniş bir ürün yelpazesi sunmaya yardımcı olmaktadır. Ancak işletmeler, bu çeşitliliğin karşısında, ihtiyaca uygun ekonomik ve teknik kriterlere sahip, doğru ekipmanı seçme problemi ile karşı karşıya gelmektedir.

Bu çalışmada CNC işleme merkezi seçiminde karşımıza çıkacak olan birden fazla alternatif karşısında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) tekniği kullanılarak doğru ve etkin karar verebilmeye yönelik bir uygulama işlenmiştir.

Name and Surname : Mehmet AYBAR
Supervisor : Assoc. Dr. Gül Tekin TEMUR ASLAN
Degree and Date : Master Thesis, 2017
Major : Industrial Engineering
Key Words : CNC, Machine selection, TOPSIS, Wood processing

ABSTRACT

CNC MACHINE SELECTION WITH FUZZY TOPSIS APPROACH

In today's competitive conditions, manufacturing firms aim for performing better quality and faster production. By the help of CNC machines, manufacturers can offer a wide range of models and varieties in order to meet the rapidly changing market conditions and the increasing demands of different types. However, enterprises are faced with the problem of choosing the right equipment and during this process, it is necessary to consider an appropriate economical and technical criteria.

In this study, an affective decision making approach for selection of appropriate CNC machine is conducted by utilizing Fuzzy TOPSIS (FTOPSIS) which is one of important Multi Criteria Decision Making (MCDM) tools.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
KISALTMALAR	v
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ.....	2
1.1. Makine Ekipman Seçiminin Endüstriyel Önemi	2
1.2. Makine Ekipman Seçiminde Öne Çıkan Faktörler	3
1.3. CNC Makine Çeşitleri ve Özellikleri.....	11
1.3.1. CNC Torna Tezgâhı.....	11
1.3.2. CNC Freze Tezgâhı	12
1.3.3. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi.....	17
1.4. CNC Makine Kullanılan Alanlar	17
1.5. Literatürde Makine Ekipman Seçimi	18

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE KULLANILACAK

YÖNTEMLER	20
2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	21
2.1.1. PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation)	23
2.1.2. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Realite)	23
2.1.3. AHP (Analytic Hierarchy Process) – (Analitik Hiyerarşi Süreci).....	24
2.1.4. TOPSIS Yöntemi (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution).....	24
2.2. TOPSIS Uygulama Alanları	25
2.3. TOPSIS Aşamaları.....	26

2.3.1. Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması	26
2.3.2. Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması	27
2.3.3. Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması	28
2.3.4. Adım 4: Pozitif İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması.....	28
2.3.5. Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması	30
2.3.6. Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması	30

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	32
3.1. Bulanık Küme Teorisi Tanımı	32
3.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları	33
3.3. Bulanık Mantığın Uygulandığı Alanlar	36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULANIK TOPSIS.....	37
4.1. Bulanık TOPSIS Adımları	39
4.2. Literatürde Bulanık TOPSIS İle Seçim Problemleri.....	41

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. UYGULAMA	43
5.1. Bulanık TOPSIS ile CNC Makine Seçimi Problemi	44
5.1.1. Teknik Özelliklere Bağlı Kriterler	44
5.1.2. Personele Bağlı Kriterler	46
5.1.3. Maliyete Bağlı Kriterler	46
5.1.4. Servis-Bakım-Onarım Kriterleri	47
5.2. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makine Alternatifleri ve Uzman Görüşleri ...	47
5.3. Karar Matrisleri.....	50
SONUÇ	52
KAYNAKÇA.....	55
EKLER	59

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	22
Tablo 5.1. Dilsel Değerlerin Bulanık Sayılar Olarak Karşılıkları	59
Tablo 5.2. CNC Makine Özellikleri	60
Tablo 5.3. CNC Kriter Tablosu	61
Tablo 5.4. Birinci CNC Makine Satıcısı Anketi	65
Tablo 5.5. İkinci CNC Makine Satıcısı Anketi	66
Tablo 5.6. Karar Verici 1 (Ustabaşı).....	67
Tablo 5.7. Karar Verici 2 (CNC Satıcısı)	67
Tablo 5.8. Karar Verici 3 (Makine Kullanıcısı - CNC Operatörü)	68
Tablo 5.9. Bulanık Kriterler Matrisi	69
Tablo 5.10. Birinci Karar Vericinin Değerlemesi	70
Tablo 5.11. İkinci Karar Vericinin Değerlemesi	71
Tablo 5.12. Üçüncü Karar Vericinin Değerlemesi	72
Tablo 5.13. Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi	73
Tablo 5.14. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	74
Tablo 5.15. Bulanık Ağırlıklar Matrisi	75
Tablo 5.16. Ağırlıkları Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	76
Tablo 5.17. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm	78
Tablo 5.18. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm	79
Tablo 5.19. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm Yakınlık Katsayıları	80
Tablo 5.20 BPİÇ ve BNİÇ yakınlık katsayıları	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1.1. CNC Torna Gövdesi.....	5
Şekil 1.2. CNC kayıt ve Kızak Yapısı.....	5
Şekil 1.3. Fener Mili.....	6
Şekil 1.4. Taret.....	6
Şekil 1.5. Ara Yatak	7
Şekil 1.6. CNC Makine Kontrol Paneli	8
Şekil 1.7. Yatay CNC Torna Tezgâhı	12
Şekil 1.8. Dikey CNC Torna Tezgâhı	12
Şekil 1.9. Masa Tipi (Saatçi) Torna Tezgâhı	13
Şekil 1.10. Tek Sütunlu Freze Tezgâhı	13
Şekil 1.11. Çift Sütunlu Freze Tezgâhı	14
Şekil 1.12. Kopya Freze Tezgâhı	14
Şekil 1.13. Üniversal Freze Tezgâhı	14
Şekil 1.14. Yatay Freze Tezgâhı	14
Şekil 1.15. Dikey Freze Tezgâhı	15
Şekil 1.16. Kremayer Bıçimli Bıçakla Dış Açma Tezgâhı	16
Şekil 1.17. NC Nümerik Kontrollü Tezgâh	16
Şekil 1.18. Özel Freze Tezgâhları	16
Şekil 1.19. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi	17
Şekil.3.1. Kesin Küme İle Bulanık Küme	34
Şekil 3.2. Bulanık Mantık Grafik Gösterimi	35
Şekil 3.3. Aristoteles Mantiğı Grafik Gösterimi	35
Şekil 4.1. Karar Kriterlerinin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları	38
Şekil 4.2. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları	38

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BÇKKV	: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
BNİÇ	: Bulanık Negatif İdeal Çözüm
BPIÇ	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
CNC	: Computer Numerical Control
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çoklu Kriterli Karar Verme
ELECTRE	: Elimination et choix traduisant le realite
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
PTFE	: Polytetra Flouro Ethylene
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

GİRİŞ

Günümüzün modern teknolojisinde, insan iş gücünü asgari ölçüde kullanmak, hataları minimize etmek ve seri üretime geçebilmek için makineler ve bu makineler için takım tezgâhları tasarlanmaktadır. Tasarımcıların amacı hatasız, hızlı, güvenilir ve verimli üretim elde etmek olmuştur. Yıllar boyunca teknolojinin de gelişmesiyle bilgisayarlar, makine endüstrisine entegre olmaya başlamış ve bu durum "Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrol" olarak isimlendirilmiştir. Bu tür makineler; *NC* (Nümerik Kontrollü), *CNC* (Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrollü) ve *High Speed* (Çok Hızlı) olmak üzere üç türde gelişme aşaması göstermiştir.

CNC makine endüstrisinin hızlı gelişmesi üreticileri bu makinalara yatırıma sevk etmiştir. Bu sayede endüstriyel üretim standartlarında artış olmuş ve imalatla seri, hatasız üretime başlanmıştır.

1980'li yıllardan sonra ahşap işleme CNC hızla gelişmiştir ve günümüzde de gelişmeye devam etmektedir. Yurtdışı menşeli CNC makineleri üreticileri, Türkiye'deki makine üreticileri ile son 15 yıldır ortaklaşa CNC düz tabla ahşap işleme makinesi üretmektedir. Her geçen yıl CNC makine hızını, kalitesini, güvenilirliğini ve verimliliğini arttırarak günümüzdeki ahşap teknolojisine katkılarla bulunmaktadır. 1980'li yıllarda Türkiye'deki CNC tabla ahşap işleme makinesi yaklaşık %80'i ithal edilmektedir. Son 15 yılda yerli üretimin artması ile yabancı firmalarla ortak ahşap makine üretimi %50 oranında yükselme sağlamış olup, üreticilerin talebi doğrultusunda Türkiye'de CNC ahşap işleme makinaları artık zorunlu bir ihtiyaç haline gelmiştir. Dolayısı ile CNC Tabla Ahşap İşleme Makinesi seçiminde özenli davranılması gerekmektedir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında, makine ekipman seçimine yönelik işe uygunluk, kalite, amorti süresi, makinenin güvenilirliği ve teknik özellikler gibi seçim kriterleri belirlenerek CNC Tabla Ahşap İşleme Makinesi seçiminde, Bulanık TOPSIS yöntemini yardımıyla işletmeciler için en uygun seçim kararı gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ

1.1. Makine Ekipman Seçiminin Endüstriyel Önemi

Bu bölümde üretimin daha çok proje bazlı hale gelmesinden doğan ihtiyaçları karşılayabilmek için makine ekipman seçiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar incelenecektir.

Günümüzde insan iş gücünü azaltmak ve seri imalata geçebilmek için makineler ve bu makineler için takım tezgâhları tasarlanmıştır. Burada amaç başta insan gücünü daha hızlı verimli ve güvenilir olan makinelerle değiştirmektir.

Bu da genellikle "Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrol (Computer Numerical Control-CNC) olarak adlandırılır. Bu sayede makine bazlı üretimlerde Avrupa standartlarına uygun çalışmalar sağlanırken, seri üretim hatasız bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

CNC makine ekipmanları temel üretim araçlar grubuna aittir. Bu yüzden bu makinelerin seçiminde ayrıntılı özelliklerinin yanı sıra temel üretim ürünlerinin genel özellikleri de önemlidir. CNC seçimini yapmadan önce işletmecinin konunun uzmanları ile birlikte eksiksiz bir AR-GE çalışması yapması gerekmektedir. İlk önce ihtiyaç duyulan makinenin işlevleri, kalitesi, işe uygunluğu, zaman kaybının önlenmesi ve hassasiyetinin doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Bütün bu gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra da fiyat kıyaslaması yapılarak iş için uygun olan makinenin seçimi gerçekleştirilir.

1.2. Makine Ekipman Seçiminde Öne Çıkan Faktörler

Üretim sektöründe makine ekipman seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

1. İşe Uygunluk
2. Teknik Özellikler
3. Kalite
4. Kullanım Kolaylığı
5. Makinenin Güvenirliği
6. Geri Ödeme Süresi
7. Eğitim, Servis ve Yedek Parça Temini

İşe Uygunluk

Makine seçimindeki en önemli kriter ilk başta işe uygun ekipman seçimi ile başlar. Uygun makine seçimi ile yatırımcı elindeki mali kaynakları yapacağı üretimde en verimli şekilde kullanarak yaptığı yatırımı kendisini kısa sürede amorti ederek yeni yatırım imkanı verecektir.

İşletme sahibi öncelikle yapmayı düşündüğü imalata uygun makine ekipmanını seçmelidir. İmalatına uygun ekipman tercihi yatırımcının üretim kapasitesini artmasını, ürün kalitesinin artmasını, işletmedeki dar alanların kaldırılmasını, ürün yelpazesinin genişlemesini, üretim maliyetini optimize etmesini kolaylaştırmakta ve rekabet şansını da arttırmaktadır.

İşe uygun makinenin belirlenmesinde işlenecek malzemenin çeşitliliği, boyutsal hassasiyeti, türü de makine seçiminde önemli rol oynamaktadır.

CNC makine seçiminde işlenecek ürünün analizinin de yapılması gerekmektedir. İşlenecek ürüne uygun makine seçimi, üretim süresince imalat hızının istenilen düzeye çıkmasını ve verimliliğin artmasını sağlayacaktır. İmalatı yapılacak parçanın çeşitliliğine uygun bir makine seçilmesi gerekmektedir.

İmalattaki en büyük kayıplar makinelerin verimsiz çalıştırılmasından kaynaklanmaktadır. İhtiyaca uygun ve gerekli fonksiyonlara sahip makineyi belirledikten sonra makinenin maliyet planlaması gelmektedir.

CNC seçiminde optimum özelliklerde bir makine tercih edilmelidir. Hidrolik sistem, hidrolik motor pompa ve sistem, elektronik kabin kliması gibi özelliklere sahip olması da önemlidir.

Teknik Özellikler

Teknolojinin hızla ilerlediği günümüzde işlerin daha hızlı ve kolay yapılabilmesi için CNC makinelerine büyük ihtiyaç duyulmaktadır. CNC makine seçiminde işlenecek parçanın boyutlarının ve malzeme türünün belirlenmesi gibi, üretim için doğru makinenin seçiminde de makinenin teknik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu bölümde makinenin mekanik yapısının uygunluğu, pozisyonlama hassasiyeti, kızakların yapısı, gibi özellikleri kısaca incelenecektir.

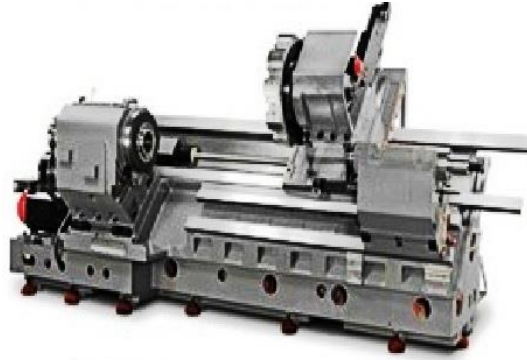
Gövde ve Kızaklar

CNC makinesinde gövde ucuz ve kendi kendini yağlama özelliğine sahip olduğundan dökme demirden imal edilmektedir. (bkz. Şekil 1.1.) Bunun haricinde çelik malzeme de kullanılır, fakat çelik dökme demirden daha dayanıklı ve hafif olmasına rağmen birleştirme sorunları yüzünden fazla tercih edilmemektedir.

Yüksek hassasiyet elde etmek için kızak ve kayıtlar sertleştirilip raspanırlar. Düşük sürtünme sağlamak için yüzeyler PTFE (Polytetra Flouro Ethylene) ile kaplanmaktadır. CNC torna tezgâhlarında aksel hareketler bilyalı vidalar (Ball Screws) yardımıyla sağlanmaktadır. Aksel hareketler çok hızlı, ani hız ve yön değiştirmeli, ani durmalı olduğu için hassas konumlandırmalar oldukça önemlidir. Konvansiyonel tezgâhlarda kullanılan vidalarda sürtünmeden dolayı hem yüksek güç gerekir hem de zamanla vida ile somun arasında boşluklar (Backlash) oluşur. Bu da tezgâhın pozisyonlamadaki hassasiyetini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle CNC tezgâhları için klasik vidalı hareket elemanlarının

kullanılması uygun değildir. İşte bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için sürtünme yerine yuvarlanma hareketine göre hareket eden devir daimli bilyalı vidalar (Recirculating Ball Screws) tercih edilir. (Arslan, 2011)

Kayıt ve kızaklar (bkz. Şekil 1.2.) kesici takımların hareketlerini sağladığı için, bu parçalarda kullanılan malzeme hakkında da bilgi sahibi olmak gerekmektedir. CNC makinelerde lineer kızaklı tezgâhlar tercih edilmektedir.



Şekil 1.1. CNC Torna Gövdesi



Şekil 1.2. CNC Kayıt Ve Kızak Yapısı

Fener Mili ve Punta

CNC tezgâhlarında tezgâh mili tahriki için doğru akım ya da farklı akım motorları kullanılmaktadır. CNC tezgâhlarında işleyen parçanın hassasiyetini etkileyen en önemli parça tezgâh milidir. (MEGEP, CNC Torna Tezgahları, 2013) (bkz. Şekil 1.3.)

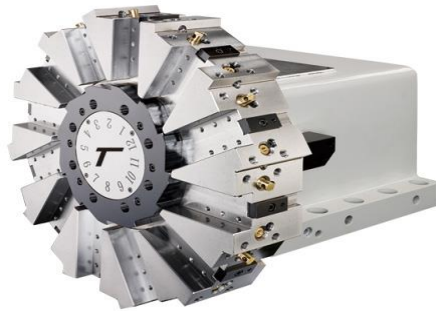


Şekil 1.3. Fener Mili

Taret

Taret, CNC makinelerde kesici takımların takım tutucular vasıtasıyla döner ünitelere bağlandığı kısma denir. (bkz. Şekil 1.4.) İstasyon sayısı çift değerdedir. CNC makinede işlenecek parçaların operasyon sayısına göre istasyon sayısı değişmektedir.

Ana mili ekseninde çalışan takımlar pensler ile bağlanır. Dış çapta çalışan kesici takımlar da takım tutucular ile bağlanır. Bu takımlar iyi bağlanmalıdır ve taretin dönmesini engelleyecek mesafelerde takım bağlanmamalıdır. (MEGEP, 2013)



Şekil 1.4. Taret

Taretler hidrolik ve servo taretler olmak üzere genel olarak 2 çeşittir.

Hidrolik tarette olası bir arızaya müdahale etmek çok fazla zaman alabileceğinden dolayı hız ve işleme süresi açısından servo taretler hidrolik taretlere göre çok daha hızlı takım değiştirme sürelerine sahip oldukları için kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır.

Ara Yataklar

Ara yataklar kullanım amacına göre sabit ve gezer olmak üzere, yüksek hassasiyet oranına sahip karşı ayna ya da punta ile ayna merkezleri arasında işlenmesi istenen parçaların desteklenmesi ve sabitlenmesi için tavsiye edilen bir ekipmandır. Günümüz CNC tezgâhlarında kullanılan ara yataklar programlanabilir özellikte olup açılıp kapanması, kızaklar üzerindeki hareketi kontrol ünitesinden programlanabilir. (Karagöz, 2010) (bkz. Şekil 1.5.)



Şekil 1.5. Ara Yatak

Kontrol Paneli

Kontrol paneli CNC makinenin kumanda edildiği kısımdır. Ana işlem kartı, ekran kartı, alfabetik ve sayısal tuş takımlarından oluşan bu panele veri girişleri gerçekleşir. CRT ekran kısmında yapılan işlemler takip edilir. (bkz. Şekil 1.6.)



Şekil 1.6. CNC Makine Kontrol Paneli

Kalite

Makine seçiminde makinenin kalitesi çok önemli bir diğer unsurdur. Teknolojik özellikler ve yanında sunulan aksesuarlar büyük önem arz etmekte. Son teknolojiye sahip olması ve ömrünün uzun olması kullanılan süre zarfında kendini amorti etmenin yanı sıra yeni yatırımlar için de katkısı olması gerekir. Yüksek teknolojiye sahip olması ve bilgisayarlı sistem ve programlara uyumlu olması gerekir.

Stratejik amaç üretimi arttırarak üretilen ürünlerin kalitesini de yüksek tutmak, üretimde kalitenin devamlı olacağının garantisini verebilmektir.

Garanti süresi ile garanti kapsamının ve yedek parçalarının kolay temin edilebilmesi, bakımlarının ve bu parçaların maliyetinin de uygun olması ve bölgesel servisinin olması da makinenin kalitesi bakımından olumlu bir unsurdur. Bölgesel servis konusu sıklıkla göz ardı edilse de imalatın aksamaması ve minimum gecikme ile işin istikrarında büyük bir önem taşımaktadır. Üretimin aksamaması ve finansal

kayıpların yaşanmaması için makine seçimi yaparken tedarikçi firmanın bu ihtiyaçları karşılama imkanları göz önünde bulundurulmalıdır. Tedarikçi firmanın tam donanımlı servislerinin bulundurması gerekir ki arıza durumunda en geç 24 saat içerisinde ihtiyaca cevap vererek gereken müdahale sağlansın. Kendi bünyesinde gerekli yedek parçalarını bulunduran ve elzem durumlarda en kısa sürede ihtiyacı karşılayan tedarikçi seçiminde öncelik tanınmalıdır.

İşe uygun makinelerde belirlendikten sonra üretici ve tedarikçinin referansları, kimliği ve geçmişi de büyük önem arz etmektedir.

Kullanım Kolaylığı

Gerekli bilgiye sahip olmayan kişiler için işleme merkezi karmaşık ve kullanılması zor bir tezgâh olarak algılanabilir. Tezgâhın karmaşık bir yapıya sahip olduğu doğrudur. Burada her biri farklı işleyişe sahip; bilgisayar donanımı, yazılım, mekanik, elektrik, elektronik, pnömatik ve hidrolik elemanlar bir araya getirilerek belli bir uyum içinde çalıştırılmaktadır. Fakat görünürdeki bu karmaşıklık CNC tezgâhını kullanmayı zorlaştırmaz, aksine kolaylaştırır. (Erer, 2016)

Günümüzde piyasadaki CNC makinelerinde, deneyimi az olan operatörün de kullanabileceği basit yazılımlar tercih edilmektedir. Bu da operatöre seri ve kolay şekilde programa müdahale etmesini sağlamaktadır. Operatörün kontrol panelinde bulunan düğme ve butonların acil müdahale durumlarında hızlı ve doğru şekilde kullanması büyük önem taşımaktadır.

Makinenin Güvenirliliği

Burada üretici ve tedarikçi firmalarının kimliği, referansları, geçmişi büyük ölçekte yol gösterici unsurdur.

Bu yüzden makinenin elektronik, mekanik, elektrik aksamaları, servisinin ve bütün parçaları dahil olmak üzere tek bir üreticiden çıkması çok önemlidir. Böylece

farklı parçaların farklı üreticilerden temin edilmesinde yaşanan sıkıntılar minimuma indirgenerek, üretimin aksaması ile yaşanacak kayıplar önlenmiş olur.

Geri Ödeme Süresi

Makine seçiminden sonra yapılan yatırımın geri kazanılması çok önemlidir. CNC İşleme Merkezi'nin müşterinin mali durumuna göre asgari sürede kendini geri ödemesi gerekmektedir.

CNC tezgâhın takım değiştirme, program yazma ve/veya değiştirme, ölçme gibi kazançlı olmayan zamanlarının minimumda kalması tercih edilmektedir, aksi takdirde geri ödeme süresi artar ve kâr getirme olasılığı azalmaktadır. Tezgâhın arızasız çalışması geri ödeme süresini azaltmaktadır. (Erer, 2016)

CNC makinelerinin üretime sorunsuz devam edebilmeleri için imalatçı firmaların önerdiği ideal çalışma ortamının sağlanması gerekmektedir. Bunlar ısı ve rutubet, ışık ve özellikle voltaj gibi hususlara dikkat edilmesi gereken koşullardır. Bu koşulları sağlamak da maliyet kaybını önlemekte önemli bir husustur.

Makinenin arızasız çalışması ve periyodik bakımlarının düzenli yapılması amorti süresini kısaltmaktadır.

Eğitim, Servis ve Yedek Parça Temini

İmalat başlamadan önce makineyi kullanacak personelin makine konusunda bilgi sahibi olması, bununla birlikte olası arızaların büyümeden önleyebilme amaçlı tedarikçi firmanın personele gerekli eğitim ve teknik desteklerini vermesi gerekir.

Kalifiye bir CNC operatöründe başlıca aranan nitelikler teknik resimleri okuyabilmesi, kumpas, kompratör ve mikrometre gibi aletleri kullanması ve günümüzün hızla gelişen teknoloji dünyasında her daim öğrenmeye açık ve istekli olmasıdır.

Üretici ve tedarikçi firma işletme sahibine gerekli yedek parçayı yıllar boyu işletmeyi iş zaman kaybına uğratmadan temin edebilmesi gerektiği gibi 24 saat servis sağlayacağı garantisini de vermelidir.

1.3. CNC Makine Çeşitleri ve Özellikleri

Bu bölümde endüstride yer alan ve modern üretimin vazgeçilmezi olan CNC işleme merkezlerinin çeşitleri, özellikleri ve işlevleri verilmiştir.

1.3.1. CNC Torna Tezgâhı

Bilgisayar desteği ile çalışan CNC torna tezgâhları yatay ve dikey (bkz. Şekil 1.7. ve bkz. Şekil 1.8.). olarak imal edilir. Bu tezgâhlara imalatın her aşamasında programa müdahale edilebildiği gibi programda istenilen değişiklikler de yapılabilir. CNC torna tezgâhlarda temelde 2 eksen bulunmaktadır. Bu eksenler çapta ilerlemeyi sağlayan “X” eksenini ile boyda ilerlemeyi sağlayan “Z” eksenidir. Tezgâhta bilgisayar ve kontrol ünitesi bulunmaktadır.

CNC torna tezgâhlarının en önemli kısımları,

- ✓ Gövde
- ✓ Karşılık puntası
- ✓ Tezgâh mili
- ✓ Kontrol ünitesi
- ✓ Taret



Şekil 1.7. Yatay CNC Torna Tezgâhı
(Tezmaksan, CNC Yatay Torna, 2016)



Şekil 1.8. Dikey CNC Torna Tezgâhı
(Tezmaksan, CNC Dikey İşleme Merkezi, 2016)

- ✓ Özel işlem torna tezgâhları
- ✓ Üniversal torna tezgâhları
- ✓ Masa tipi (saatçi) torna tezgâhı (bkz. Şekil 1.9.)
- ✓ Bilgisayarlı nümerik kontrollü (CNC) torna tezgâhı
- ✓ Düşey torna tezgâhı
- ✓ Revolver torna tezgâhı
- ✓ Otomat torna tezgâhı
- ✓ Kopya torna tezgâhı
- ✓ Ağır iş torna tezgâhı
- ✓ Çok amaçlı torna tezgâhı

1.3.2. CNC Freze Tezgâhı

CNC freze tezgâhları hammaddeye şekil vermek için kullanılmaktadır. Birden fazla kesici uçları bulunan özel kesicilerle malzeme üzerinden talaş kaldırma işlemi ile malzemeye şekil verme işlemi yapmaktadır. Bilgisayar destekli çalışan bu tezgâhlar X, Y ve Z eksen hareketleri ile prizmatik parça üretiminde

kullanılmaktadırlar. CNC freze tezgâhları yaptıkları işlere göre ayrılır. Bunlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- ✓ CNC freze tezgâhları
- ✓ İmalat freze tezgâhları
 - Tek sütunlu freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.10.)
 - Çift sütunlu freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.11.)
 - Kopya freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.12.)



Şekil 1.9. Masa Tipi Torna Tezgâhı
(Öz Altın Teknik, 2011)



Şekil 1.10. Tek Sütunlu Freze Tezgâhı (Arslan, 2016)



Şekil 1.11. Çift Sütunlu Freze Tezgâhı
(Arslan, 2016)



Şekil 1.12. Kopya Freze Tezgâhı
(Arslan, 2016)

- ✓ Konsollu freze tezgâhları
- Üniversal freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.13.)
- Yatay freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.14.)
- Dikey freze tezgâhı (bkz. Şekil 1.15.)



Şekil 1.13. Üniversal Freze Tezgâhı
(Enka, 2015)



Şekil 1.14. Yatay Freze Tezgâhı
(Arslan, 2016)



Şekil 1.15. Dikey Freze Tezgâhı
(Arslan, 2016)

- ✓ Diş açma freze tezgâhları
 - Kremayer biçimli bıçakla diş açma tezgâhı (bkz. Şekil 1.16.)
 - Vargelleme usulü ile diş açma tezgâhı
 - Azdırma dişli tezgâhı
- ✓ NC nümerik kontrollü freze tezgâhları (bkz. Şekil 1.17.)
- ✓ Yatay delik freze tezgâhları
- ✓ Özel freze tezgâhları (bkz. Şekil 1.18.)



Şekil 1.16. Kremayer Biçimli
Bıçakla Diş Açma Tezgâhı
(Adalı, 2009)



Şekil 1.17. NC Nümerik
Kontrollü Tezgâh



Şekil 1.18. Özel Freze Tezgâhları
(Dirinler, 2016)

- ✓ Taşlama tezgâhları
- ✓ Delik büyütme tezgâhları
- ✓ Matkap tezgâhları

1.3.3. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi

Bilgisayarlı CNC işlem merkezi ile; Sunta, Sentalama, kaplamalı sunta, MDF, MDF lam ve benzeri paneller üzerinde tüm montaj, menteşe, freze ve kanal işlemleri, delik ve raf, akrilik ve pleksi malzeme üzerindeki işleri sorunsuz ve seri olarak kesim, delme işlemleri yapabilir (bkz. Şekil 1.19.)



Şekil 1.19. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi (Varol, 2015)

1.4. CNC Makine Kullanılan Alanlar

Yaptığımız bu çalışmada imalat sektöründe ahşap üzerinde kullanılacak olan düz tabla CNC işleme merkezi ele alınmıştır. 3D özelliklerine sahip ahşap tabla, MDF lam, sunta lam ve ağaç motif işlemlerde kullanılacak olan CNC makine özellikleri ve kriterler anlatılmıştır.

Günümüzde CNC makineleri değişik alanlarda kullanılmaktadır. Bunlar,

- Üretim sanayide
- Montaj işlemlerinin yapıldığı alanlarda
- Baskı ve matbaa sektöründe
- Tarımda
- Endüstriyel üretimde
- Taşlama işlemleri gerektiren imalat alanında
- Muayene ve kontrol
- Otomotiv sanayi
- Ahşap Üretim

gibi alanlarda kullanılmaktadır.

1.5. Literatürde Makine Ekipman Seçimi

Temel üretim araçlar grubundan olan CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi seçiminde makinelere ilişkin ayrıntılı özelliklerin yanı sıra temel üretim ürünlerinin genel özellikleri de önemlidir.

İlgili literatürde yapılan çalışmalarda BTOPSIS ve BAHS yöntemini kullanan İç ve Yurdakul (2008) makine – ekipman seçiminde bulanık sayıların faydasından bahsetmektedirler. Kararsızlık durumlarının modellenenebilmesi açısından üçgen bulanık sayı, trapez bulanık sayılar ve tamsayılarla kriter ağırlığının verilebilmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir. (İç & Yurdakul, 2008)

Acıpayamoğlu (2013)'nın yüksek lisans tezinde yaptığı çalışmada AHP yöntemini kullanarak CNC tezgâh seçiminin öneminden bahsedilmektedir. Bu çalışmasında Acıpayamoğlu uygun teçhizat seçimini, belirlediği kriterler ışığında

kriter hiyerarşisi oluşturarak, ikili karşılaştırma matrisleri ve normalizasyon tekniği ile gerçekleştirmiştir. Makine ekipman seçme süreci işletmeler için önemli bir konu olmuştur, çünkü doğru makine ekipman seçilmemesi, verimlilik, duyarlılık, esneklik ve şirketin tepkisel üretim kapasitesi üzerinde olumsuz sonuçlar bırakmakta ve birçok probleme neden olmaktadır. (Acıpayamoğlu, 2013)

Yılmaz ve Dağdeviren'in (2010) çalışmalarında uyguladıkları PROMETHEE yönteminde bulanık sayılar kullanarak makine seçimindeki belirsizliklerin kolay değerlendirilmesini sağlamışlardır. (Yılmaz & Dağdeviren, 2010)

Perçin (2012)'in üç aşamadan oluşan seçim sürecindeki çalışmasında, CNC seçim ve değerlendirilmesinde iki aşamalı bütünleşmiş bulanık AHS ve TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır. Burada sistematik olarak işleyen makine-teçhizat seçim süreci, üretim ve değer kaybını önlemektedir. (Perçin, 2012)

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE KULLANILACAK YÖNTEMLER

Bilgi ve teknolojinin hızla gelişmesi ve insan gücünün yerini alması ile teknolojik ürünlere talep de çoğalmaktadır. Bu durumda ağır sanayi de müşteri talebine cevap verme açısından ve gelişen teknolojiye ayak uydurarak teknolojik ürünlerde çeşitliliği çoğaltmaktadır. Buradaki amaç değişik işlevlerde ve farklı bütçeye göre uygun ürünü sunmaktır. Fakat bu çok çeşitlilik karşısında müşteri ihtiyaç duyduğu ürüne yatırım yapmak için en uygun ve doğru ürün seçiminde birden fazla seçenekler ile karşı karşıya gelir. Bu çeşitlilik karşısında karar verici seçim yaparken kriterlerini belirleyerek, alternatiflerin de bu kriterlere uygunluğunu saptayarak karar verme işlemini gerçekleştirmiş olur.

Doğru ve etkin karar vermek karar verici açısından rekabet piyasasında başarı sağlamasına olanak tanır. Karar verici probleme ilişkin kriterlerini belirledikten sonra bu kriterlere sahip alternatifleri dikkate alarak en iyi alternatifi saptayarak vereceği karar yöntemine Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) denir.

Üretici ürünlerinin farklı pazar bölümlerine, kendisine en yüksek kâr ve pazar payını kazandıracak şekilde en uygun tahsisini gerçekleştirmek isteyebilir. İmalatçı firma imalatla kullandığı malzemenin farklı imalat kademelerine minimum imalat maliyeti ve maksimum düzeyde kolaylık sağlayacak şekilde dağıtım konusunda karar vermek durumunda kalabilmektedir. (Çınar, 2004)

Karar verme, belirli bir sorunu çözmek ve hedeflenen amaca ulaşmak için, birtakım ölçütler doğrultusunda, mevcut seçenekler arasından bir ya da birkaçını seçme prosedürüdür. (Kaya, Karar Teorisi, 2014)

Çok Kriterli Karar Verme’de çeşitli yöntemler uygulanmaktadır ve karar verici bu yöntemlerden doğru olanının seçmek için aşağıdaki adımları izlemelidir:

- ✓ Probleminin belirlenmesi
- ✓ Kriterlerin sıralanması
- ✓ Alternatiflerin değerlendirilmesi
- ✓ En uygun alternatifin seçilmesi
- ✓ Kararı uygulamak
- ✓ Sonuçları değerlendirmek ve denetlemek

1960'lı yıllarda birden fazla problemle karşılaşınca, karar vermede yardımcı olacak bazı araçların gerekli görülmesiyle ÇKKV yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. ÇKKV metotlarını kullanma amacı seçenek ve kriter sayılarının çok olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucuna mümkün mertebede kolay ve hızlı ulaşmaktır. (Ballı, 2005)

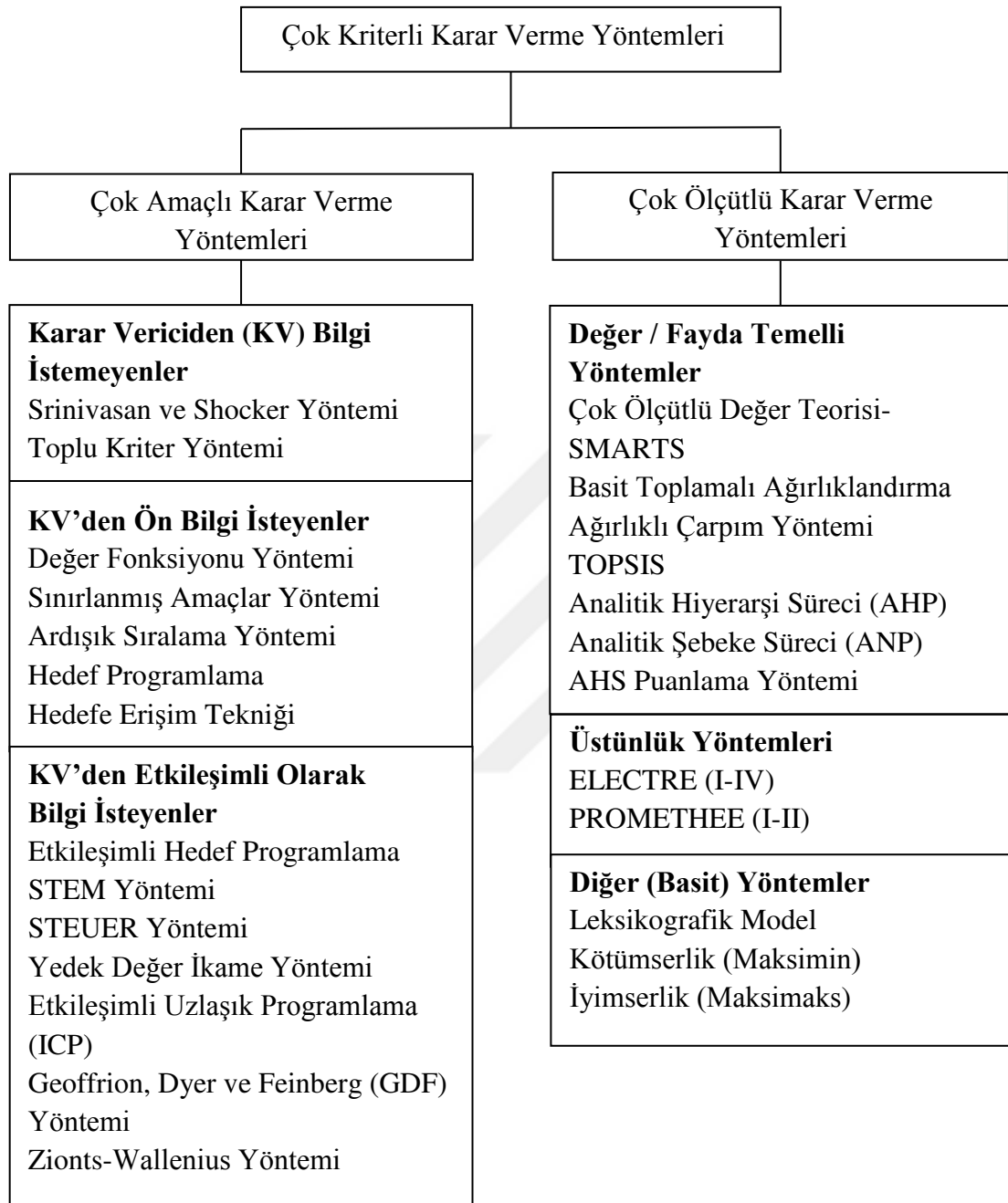
2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV konusunda değişik metotlar geliştirilmiştir. Bu metotların birbirine kıyasla bazı avantajları vardır. Karar vericinin çözüme başlarken karşılaşılabileceği sorunlardan en önemlisi de uygun metodu belirlemesidir. Karar vermek için doğru metot belirlenirken, karar verici sorunun yapısına ve sürecin özelliklerine dikkat etmelidir. (Ersöz & Kabak, 2010)

Çoklu ve farklı kriterlere sahip problemlerle karşı karşıya gelince amacına uygun ve doğru kararı verebilmesi için, karar vericinin tercihleri doğrultusunda bu yöntemlerin arasından uygun olanı seçilir ve yöntemin aşamaları uygulanarak çözüm sağlanmaktadır.

Kabak ve Ersöz'ün hazırladığı tabloda ÇKKV yöntemleri sınıflandırılmıştır (bkz. Tablo 2.1.) (Ersöz & Kabak, 2010)

Tablo 2.1.ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması (Ersöz & Kabak, 2010)



Çok Kriterli Karar Verme’de ağırlıklı olarak 6 yöntem kullanılmaktadır. Bunlar PROMETHEE, ELECTRE, AHP, Bulanık AHP Yöntemi, TOPSIS ve Bulanık Küme Teorisi.

2.1.1. PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation)

1982 yılında Prof. Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilen basit bir sıralama yöntemi olan PROMETHEE yöntemi için karar matrisi başlangıç noktasıdır. Ayrıca bu yöntem ek olarak da PROMETHEE I ve PROMETHEE II de eklenmiştir. Bu yöntemde başlangıçtan sonuca kadar 7 aşama vardır.

PROMETHEE yönteminin üretim yeri seçimi, stok yönetimi, tedarikçi seçimi, portföy oluşturmada, finansal kararların verilmesi gibi konularda kullanıldığı görülmektedir.

2.1.2. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Realite)

Avrupa’da Bernard ROY tarafından geliştirilen bir yöntemdir. 1968’de geliştirilen ELECTRE yönteminin üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde ek olarak 6 yöntem daha geliştirilmiştir. Az kriterle çok alternatif içeren karar verme problemleri için uygun olan bu yöntem sekiz aşamadan oluşur. Yöntemdeki çalışma sıralaması en iyiden en kötüye doğru oluşmaktadır. ELECTRE yönteminin aşamaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

1. Karar Matrisinin Oluşturulması
2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi
3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması
4. Uyumluluk ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi
5. Uyumluluk ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması
6. Uyum Üstünlük ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin Belirlenmesi
7. Toplam Üstünlük Matrisinin Belirlenmesi
8. Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

ELECTRE kolay uygulanabilir olması sebebi ile planlama, kamu sektörü, veri tabanı seçimi, pazarlama v.s. gibi alanlarda tercih edilir.

2.1.3. AHP (Analytic Hierarchy Process) – (Analitik Hiyerarşi Süreci)

Gruplara ve bireylere, karar verme sürecindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı veren güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntem bilimdir. (Saaty, 1980)

AHP yöntemi karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilme sürecinde nitel ve nicel karar kriterlerinin kullanılmasını sağlar. (Armillotta, 2008)

1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen matematik ve psikoloji içerikli karmaşık kararlar alma yöntemidir.

Son zamanlarda AHP yöntemi diğer karar verme yöntemleri ile birleştirilerek yapılan çalışmalar da büyük artış göstermektedir. AHP ve Bulanık Mantık yöntemleri ile birlikte uygulanmıştır.

AHP'nin aşamaları sırasıyla;

1. Problemin belirlenmesi ya da hiyerarşinin kurulması: Ayrıştırma (decomposition)
2. Önceliklerin oluşturulması: Karşılaştırma (pairwise comparison)
3. Sentezleme (synthesis of priorities)
4. Karma kompozisyona göre nihai kararların alınması.

2.1.4. TOPSIS Yöntemi (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution)

ELECTRE yönteminin temel yaklaşımı kullanılarak 1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal

Solution) "İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği" yöntemi geliştirilmiştir.

TOPSIS yöntemi ELECTRE yönteminin temeli üzerine geliştirildiği için yöntemlerin başlangıç aşamalarının aynıdır.

Bu yöntem, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması temeline dayalıdır. Alternatifi n sayıda, ölçütleri m tane olan çok ölçütlü karar verme problemi m boyutlu uzayda n noktaları ile gösterilmektedir. Yani temel düşüncesi, pozitif - ideal çözüme en yakın olan alternatifler seçilerek çözümün maksimum fayda kriterlerini seçmek ve maliyet kriterlerini de minimuma düşürmektir.

2.2. TOPSIS Uygulama Alanları

Literatürde yapılan araştırmalarda TOPSIS yönteminin finans, ulaştırma, risk analizi, üretim tesis yeri seçimi, pazar seçimi, tedarikçi seçimi, kamu sektörü, gibi alanlarda kullanıldığı görülmüştür.

Demireli (2010) yaptığı çalışmada finans sektöründe bankaların performans değerlendirmesinde TOPSIS yöntemi kullanmıştır. Çalışmasında her bir kritere eşit düzeyde ağırlık vererek, Türkiye’de faaliyet gösteren bankaların performanslarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi yapmıştır. (Demireli, 2010)

Özdağoglu (2014)’nın CNC torna tezgâhı seçim çalışmasında TOPSIS yöntemini kullandığını görmekteyiz. Çalışmada, yüksek yatırım maliyeti olan üç farklı CNC torna tezgâhının teknik özellikleri bakımından karşılaştırılması için VIKOR yöntemi kullanılarak seçim yapılmıştır. Sonuçları karşılaştırmak için TOPSIS yöntemi aynı veri setine uygulanmıştır ve sıralamanın değişmediği görülmüştür. (Özdağoglu, 2014)

Ergül (2014) Borsa İstanbul - turizm sektöründe işlem gören şirketlerin performans değerlendirmesini TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapmıştır. Çalışmada çeşitli turizm şirketlerine ait finansal tablolar

kullanarak, bu şirketlerin performansları derecelendirilmiştir. Çalışmada turizm sektöründe işlem gören en yüksek performanslı şirketin saptanmasında ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinin karar vermeyi kolaylaştıran başarılı yöntemler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Ergül, 2014)

2.3. TOPSIS Aşamaları

TOPSIS yöntemi kullanılarak farklı seçeneklerin belirli ölçütler doğrultusunda ve ölçütlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre incelenmesi gerekmektedir. (Yurdakul & İç, 2003)

TOPSIS yönteminin temel amacı, pozitif ideal çözüm noktasına en kısa mesafede ve negatif ideal çözüm noktasına en uzak mesafede olmasıdır.

TOPSIS yöntemi altı aşamadan oluşur. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları açıklanmıştır.

2.3.1. Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

İlk aşamada karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisindeki satırlarda üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarda ise karar vermede kullanılacak değerlendirme etkenleri yer almaktadır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulmuş başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıda gösterilmiştir (Ergül, 2014):

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

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını ve n değerlendirme faktörü sayısını vermektedir.

2.3.2. Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisi, A matrisinin öğelerinden yararlanarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ (kriterler)} \quad (2)$$

C matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.3.3. Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

$$(\sum_{i=1}^n w_i = 1) \quad (4)$$

Akabinde C matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Z matrisi oluşturulur. Z matrisi aşağıdaki gibidir:

$$Z_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.3.4. Adım 4: Pozitif İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması

$A+$ pozitif ideal çözüm noktası, ağırlıklandırılmış normalize matristeki en iyi performans durumunu gösterirken, $A-$ negatif ideal noktası da en kötü performans durumunu göstermektedir. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için Z matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm hesaplaması aşağıda gösterilmiştir.

$$A^+ = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right\} \quad (6)$$

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (7)$$

Negatif ideal çözüm seti ise, Z matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right\} \quad (8)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (9)$$

Formüllerde de J maksimizasyon, J' ise minimizasyon değerlerini göstermektedir. Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı m elemandan oluşmaktadır. Dördüncü adımda pozitif ideal A^+ ve negatif ideal A^- çözüm setleri oluşturulmuştur. (A^+) seti için Z matrisinin her bir sütunundaki en büyük değer, (A^-) seti için Z matrisinin her bir sütunundaki en küçük değer seçilmiş ve setler kriterlerin amaca hizmet edişine göre düzenlenmiştir.

2.3.5. Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Bu yöntemde alternatifler arasındaki mesafe ölçülür ve her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Öklid uzaklık yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise Pozitif İdeal Ayırım (S_i^+) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^+) ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (11)$$

2.3.6. Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$Y_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (12)$$

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



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BULANIK KÜME TEORİSİ

Günlük yaşantımızda her zaman kesinlik içermeyen terimler kullanırız veya karşılaşıyoruz. Bir şeyleri ifade ederken veya bir olayı açıklarken bu bulanık ifadeler her zaman kullanılır. Bu terimlere örnek göstermek gerekirse - uzun yol, kısa insan, büyük, küçük, güneşli, bulutlu gibi kesinlik içermeyen ifadelerden oluşur. Bir insanın boy oranına göre ona uzun boylu veya kısa boylu deriz, havanın durumuna göre güneşli, bulutlu, parçalı bulutlu, açık veya kapalı deriz. Uzun bir yol söz konusu olurken bu yolun uzunluğu ölçütlendirilmediği için bulanık bir ifade durumu söz konusudur. Bulanık küme teorisi, dilsel belirsizlik içeren ifadelerin yaygın olarak kullanıldığı karar verme araçları için çok uygun bir teoridir.

3.1. Bulanık Küme Teorisi Tanımı

Bulanık mantık (fuzzy logic) kavramı Aristoteles'in iki-değerli mantığının (DOĞRU) ve (YANLIŞ) aksine ilk defa 1930 yılında matematikçi-filozof Jan Lukasiewicz tarafından sistematik bir seçenek olarak tanıtılmıştır. Bu yeni mantığa üçüncü cevap olarak "OLASI" bir değer tanımladı. Sonrasında farklı değerler daha oluşturarak "DOĞRU" ile "YANLIŞ" arasında sonsuz değerler olduğunu gösterdi.

1965 yılında Bakü'lü Prof. Lutfi Zadeh tarafından Bulanık Küme Teorisi matematiksel kavramlardan ve kurallardan oluşan düzenli bir sistem olarak tanıtılmıştır. Yaptığı çalışmalarda bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabileceğini de gösterilmiştir. Teori çok kısa sürede bilim ve mühendislikte ilgi odağı olmuştur. (Setafanova, 2012)

Bulanık mantığı bir örnek ile açıklamamız gerekirse; Japonya'da bulunan Sendai metrosu dünyanın en gelişmiş metrosu olarak kabul edilmiştir. Takribi 14 km boyunca 16 istasyonda duran tren, o denli yumuşak hareket etmektedir ki, ayakta duran yolcular sadece hafifçe sallanmaktadır. Vagonların çoğunda, ayakta duran

ortalama yirmi yolcudan ancak dört-beşi bir yere tutunma ihtiyacı hissetmektedir. Bu metroda suyunu hiç dökmeden bir akvaryumu taşımak mümkündür. Bu düzenin temelinde "bulanık mantık" vardır. Işıklı, 2008)

Bu çalışmada Hitachi firmasının uyguladığı sistemin başarısından sonra Japonya'da Bulanık mantık sistemi çok rağbet görmüştür.

Zadeh bulanık mantıktaki işlemleri klasik mantığın genişletilmiş işlemi olarak değerlendirirken, kavramların somut, doğrudan ve açıklayıcı olduğunu söylemektedir. (Zadeh, 1973)

Anlaşılır olmayı ölçme teorisi olmasından dolayı "bulanık mantık" olarak isimlendirilmiştir. Her şeyin derecelendirilebileceği temeline dayanarak geliştirilen bir teoridir.

3.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Klasik kümedeki "Evet" ve "Hayır" üyeliklerinin aksine bulanık kümede üyelikler derece derecedir.

Bulanık küme teorisinde kullanılan değerler 0 (kesinlikle yalan) ve 1 (kesinlikle doğru) arasındadır. Sadece siyah ve beyaz yerine bütün renk skalası kullanılarak kısmen doğru ve kısmen de yanlış olabileceği varsayılır

Kesin kümede sadece siyah ve beyaz bölgelerden oluşmasının aksine bulanık kümede ise gri rengi de yer almaktadır. Beyaz bölge bu kümeye ait olmayan bir eleman olduğunu belirtirken, siyah bölge o kümeye tam aidiyetini ve gri bölgeler ise kısmi bir aidiyet gösterir. (bkz. Şekil 3.1.)

İki dereceli Boole Cebri'nden farklı olarak bulanık küme çok derecelidir.



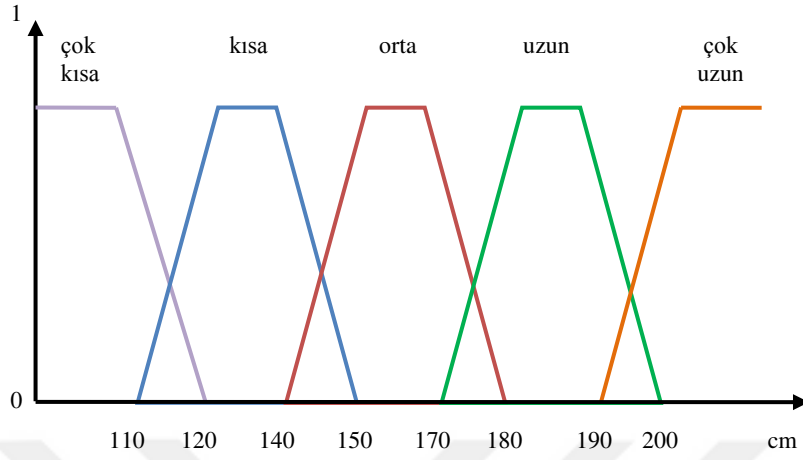
Şekil 3.1. Kesin Küme ile Bulanık Küme (Setafanova, 2012)

Küme tanımını yapacak olursak insanları yaş oranına göre ele alalım, bunlar gençtir veya değildir. Bulanık küme teorisine göre ise genç ve yaşlı terimlerinin değişik dereceleri vardır. Bir alanda bir grup insanın beklediğini varsayalım. Bu insanlar için "Bir araya gelmiş gençler" ifadesini kullanmamız bu kişilerin yaşını göstermez. Aralarında 20 yaş olabileceği gibi, 30, 40 yaş arası insanların da olması söz konusu. Yalnız yaşlı olduklarını da söylemek kafa karışıklığına yol açar. Yaşlı ifadesi 35 yaşa aralığındaki birisi için söylemek zor bir durum. Böyle bir durumda bulanık küme devreye giriyor. Bir bulanık kümeyi oluşturan her eleman kısmen o kümenin üyesi olabildiği için her bir elemanın da üyelik derecesi vardır.

Küme elemanlarının üyelik fonksiyonlarını göstermek için [0.0 ve 1.0] aralığında gerçel sayılar kullanılmaktadır. Üyelik fonksiyonu 1.0 olan bir elemanın tümüyle o kümenin içinde olduğunu gösterirken, fonksiyonu 0.0 olan o kümenin bir elemanı olmadığını veya 0.5 ise de yarı yarıya o kümeye ait olduğunu gösterir.

İkili mantığa dayanan kesin kümelerde elemanın kümeye ait olması 1, olmaması ise 0 ile ifade edilir. İkisi arasında herhangi bir üyelik derecesi yoktur. Bulanık kümelerde ise 0 ve 1 arasında değişen farklı üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür.

Şekil 3.2.'de bulanık mantığa göre ve Şekil 3.3.'te Aristoteles'in mantığına göre kümelerin grafik çizimleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Bulanık Mantık Grafik Gösterimi (Setafanova, 2012)

Çok kısa	kısa	orta	uzun	çok uzun
----------	------	------	------	----------

Şekil 3.3. Aristoteles mantığı grafik gösterimi

Elemanları x olan bir X evrensel (universal) küme düşünürsek.
 Bu elemanların $A \subset X$ alt kümesine aitliği, yani bu alt kümelerin elemanı olup olmadığı X 'in $\{0,1\}$ 'de olan karakteristik fonksiyonu olarak belirlenir. Yani:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } x \in A \\ 0, & \text{eğer } x \notin A \end{cases} \quad (13)$$

(Allahverdi, 2001)

Burada nesnelerin bir kümeye ne kadar ait olduğunu ve aitlikleri derecelendirilmiştir.

3.3. Bulanık Mantığın Uygulandığı Alanlar

İlk olarak çimento sektöründe uygulamaya başlanan bulanık mantığın uygulama alanları daha da genişleyerek denetim sistemleri, nükleer reaktör, kanser araştırmalarında, meteoroloji - hava tahminlerinde, deprem tahminlerinde, psikolojide, ev aletlerinde v.s. gibi alanlarda uygulanmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULANIK TOPSIS

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden (BÇKKV) biri olan Bulanık TOPSIS bulanık ortamlarda grup kararı vermek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde ideal çözümün, Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ) en yakın ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ) en uzak esasına dayalıdır.

Bulanık TOPSIS yöntemi, olumlu tarafları ile birlikte değişen çevresel koşullar ve belirsizlik karşısında karar kriterlerinde meydana gelen değişimlerin yol açtığı negatif durumları önlemede kullanılmaktadır.

Alanlarında uzman kişilerden oluşmakta olan karar vericiler ilk etapta kriterleri ve bu kriterlere göre mevcut alternatifleri değerlendirirler.

Bulanık TOPSIS yöntemi dilsel belirsizliğin olduğu ve grup kararı vermeyi gerektiren durumlarda, problemlerin çözümünde çok kullanışlı bir yöntemdir.

TOPSIS'te Negi'nin (Negi, 1989) üçgensel bulanık sayıları kullanarak doktora tezinde yaptığı çalışmalar ve sonrasında Chen ve Hwang'ın (Chen & Hwang, 1992) yayımladıkları kitapla başlatmışlardır.

Örnek olarak Chen vd. (2006) tarafından geliştirilen dilsel ifadeler ve bu dilsel ifadelerin bulanık sayılar olarak karşılıkları Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. (Chen, Lin, & Huang, 2006)

Dilsel Değişken	Yamuk Bulanık Sayı
Çok Yüksek	(0.8,0.9,0.9, 1.0)
Yüksek	(0.7,0.8,0.8 0.9)
Biraz Yüksek	(0.5,0.6,0.7, 0.8)
Orta	(0.4, 0.5,0.5, 0.6)
Biraz Düşük	(0.2, 0.3,0.4, 0.5)
Düşük	(0.1 0.2, 0.2, 0.3)
Çok Düşük	(0.0, 0.1,0.1,0.2)

Şekil 4.1. Karar Kriterlerinin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları (Chen vd., 2006)

Dilsel Değişken	Yamuk Bulanık Sayı
Çok İyi	(8, 9, 9, 10)
İyi	(7, 8, 8, 9)
Biraz İyi	(5, 6, 7, 8)
Orta	(4, 5, 5, 6)
Biraz Kötü	(2, 3, 4, 5)
Kötü	(1, 2, 2, 3)
Çok Kötü	(0, 1, 1, 2)

Şekil 4.2. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları (Chen vd., 2006)

4.1. Bulanık TOPSIS Adımları:

Bulanık TOPSIS aşamaları sırası ile verilmiştir: (Eleren, 2007)

K tane karar vericiden oluşan ve x_{ij}^K 'nin, i . alternatifin kriter değerini gösterdiği bir grupta alternatiflerin kriter değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} \left[x_{ij}^{~1}(+) x_{ij}^{~2}(+) \dots (+) x_{ij}^{~K} \right] \quad (14)$$

w_j^K nin karar kriterinin önem ağırlığını gösterdiği bir grupta karar kriterlerinin önem ağırlıkları aşağıdaki formülü kullanarak hesaplanır:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} \left[w_j^{~1}(+) w_j^{~2}(+) \dots (+) w_j^{~K} \right] \quad (15)$$

Bulanık karar matrisinin devamında normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur ve $\tilde{R}$ ile gösterilir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad , j, \text{ kazanç ölçütü} \quad c_j^* = \max_i c_{ij}, j \in B \quad (16)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad , j, \text{ maliyet ölçütü} \quad a_j^- = \min_i a_{ij}, j \in C \quad (17)$$

Daha sonra her bir kriterin ağırlıkları dikkate alınarak normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanır:

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij} \right]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} (\otimes) \tilde{w}_j \quad (19)$$

BPIÇ ve BNIÇ de aşağıdaki gibidir,

$$A^* = \left(\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^* \right) \quad (20)$$

$$A^- = \left(\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^- \right) \quad (21)$$

Alternatiflerin BPIÇ ve BNIÇ' den uzaklıkları hesaplanır,

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d \left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^* \right), i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d \left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^- \right), i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

Ve yakınlık katsayıları da,

$$YK_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (24)$$

formülü ile hesaplanarak bu katsayılar göre alternatifler sıralanır.

4.2. Literatürde Bulanık TOPSIS İle Seçim Problemleri

Literatürde yapılan araştırmalarda Bulanık TOPSIS yöntemi ile farklı alanlarda çalışmalar görülmüştür.

✓ Eleren (2007), Bulanık TOPSIS yöntemini deri sektörü örneği ile kuruluş yeri seçiminde kullanmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi, ÇKKV problemlerinin çözümünde önemli ve bir o kadar da basit ve uygulama kolaylığı olan bir yöntemdir. Yöntemin negatif yönlerinin ortadan kaldırılması açısından istatistiksel bir ön çalışma yapılabilir. Bu çalışmada kriterler ve ağırlıkları daha mantıklı belirlenirken, karar vericiler de daha uygun seçim yapabilmektedirler. (Eleren, 2007)

✓ Tekez ve Bark (2016)'ın mobilya sektöründe tedarikçi seçiminde yaptıkları çalışmalar bulunmaktadır. İşletmeler için doğru ekipman seçimi, rekabet güçlerini pozitif etkileyebilecek önemli bir karardır. En uygun olanı bulunulabilmesi için işletme ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu ihtiyaçları karşılayabilecek doğru tedarikçilerin seçilmesi önemlidir. (Tekez & Bark, 2016)

✓ Küçük ve Ecer (2007)'in tedarikçi değerlendirmesi için Bulanık TOPSIS yöntemini kullandıklarını görmekteyiz. Bulanık TOPSIS yönteminde, karar kriterlerinin ve var olan alternatiflerin değerlendirilmesi dilsel değişkenlerle yapılmaktadır. (Küçük & Ecer, 2007)

✓ Kabak (2011) Bulanık TOPSIS yöntemini birliklerin hava savunma öncelik derecelerinin belirlenmesinde kullanmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminde az sayıda karar vericinin olması, kolay uygulanabilir olması ve dilsel değerlendirmelerin kolaylıkla kullanılabilmesi avantajdır. (Kabak, 2011)

Bu tez çalışmasında Bulanık TOPSIS yardımıyla CNC makinesi seçimi gerçekleştirilirken 4 ana grupta toplanan fazla sayıda parametrenin bir arada değerlendirilmesi sağlanarak ilgili yazına katkıda bulunulmuştur.



BEŞİNCİ BÖLÜM

5. UYGULAMA

CNC makine yatırımı pahalı ve uzun soluklu bir yatırım olduğundan, sistematik olmayan bir makine - teçhizat seçim süreci üretim ve değer kaybına neden olabilecektir. Makine – teçhizat seçiminde sağlıklı ve uzun vadeli planlanan bir yatırım için üretici firmanın özellikleri ve uzman değerlendirmeleri büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, makine – ekipman seçiminde izlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır;

- ✓ CNC ile imalatı yapılacak işin tespit edilmesi.
- ✓ Bu imalat için uygun makinelerin belirlenmesi.
- ✓ Makine ekipman seçiminde öne çıkan kriterlerin belirlenmesi.
- ✓ En iyi kriter ve özelliklere sahip makine sayısının minimuma düşürülmesi.
- ✓ Uygun kriterlere sahip makinelerin Bulanık TOPSIS yöntemi ile BPIÇ'ten BNIÇ'e doğru sıralanarak karar verici için en uygun makinenin belirlenmesi.

Yapılan araştırmalarda ve CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi tedarikçi firmalar ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen bilgiler doğrultusunda makine seçim kriterleri belirlenerek, bu kriterler CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makinesi kullanan uzmanlar tarafından ağırlıklandırılmıştır.

5.1. Bulanık TOPSIS ile CNC Makine Seçimi Problemi

Bu çalışmada CNC makine seçiminde Bulanık TOPSIS yöntemi ile üç alternatif arasından seçim yapılmıştır. Seçim aşamasına, işlenecek malzeme ve yapılacak işe karar verilmesi ile başlamaktadır. Bu çalışmada öncelikle, ahşap 3D CNC tezgâhı ile MDF Lam, Sunta Lam ve Ağaç Motif işleme işine göre kriter ve alternatiflerin belirlenmesi sağlanır. Ahşap sektöründe faaliyet gösteren ve CNC makinesi kullanan firmalarda görev alan uzmanların görüşleri ele alınmış ve ahşap sektöründe yoğun olarak kullanılan üç model alternatifi belirlenmiştir. Bu modeller, CNC 1 (Düşük), CNC 2 (Orta) ve CNC 3 (Yüksek) CNC modelleri şeklinde adlandırılmıştır.

Bu çalışmada CNC makinesi seçiminde etkili olan faktörler 4 ana gruba ayrılmıştır: (1) teknik özelliklere bağlı kriterler, (2) personele bağlı kriterler, (3) maliyete bağlı kriterler ve (4) servis-bakım-onarım kriterleri. Aşağıda, her bir kriter için önemli olan faktörler, sektörel niteliklerine göre tanımlanmıştır.

5.1.1. Teknik Özelliklere Bağlı Kriterler

✓ Tabla malzemesi: Tabla malzemesi hem fiyat, hem dayanıklılık ölçütüdür. Bu nedenle CNC seçimini etkiler. Makine tablası alüminyum, fenolik veya kompozit malzemelerden olabilir.

✓ Tabla yapısı: Tabla yapısı, işlem görecekt parçalara daha etkin müdahale edilmesini sağlar. Bu nedenle CNC seçiminde önemlidir. CNC makine tabla yapısı - kare veya baklava dilimli (10*10 mm, 15*15 mm veya 20*20 mm) olacak şekilde imal edilmelidir.

✓ Ağırlık – İskelet: Platin ve profil kaynak tasarımı, şase kısmını oluşturan tüm platin ve profillerin gerginliği alınmış saç kalınlığı en az 2 mm olmalıdır ve makine işlem sırasında sarsıntıları engellemek için toplam ağırlığı minimum 5500 kg olmalıdır, ayrıca yere monte edilmelidir.

✓ Tabla kesme performansı: Electro Spindle motorlar yapılan imalata göre, hp-kw (güç) değeri yüksekliğine göre HSK F 63 veya ISO 30 kullanılmalıdır.

- ✓ Takım değiştirmeye bağlı yıpranma olasılığı: Magazin ünitesi köprü üstünde olmamalı ve takım değiştirme, hareketli ünite ile yüksek hassasiyetle uyumlu çalışmalıdır.
- ✓ Çok fonksiyonlu üç boyutlu programın varlığı: PC tabanlı, Alphacam, Standart Router, 3D, Cabinet, Nesting programlarla birlikte, çok fonksiyonlu üç boyutlu program olmalıdır.
- ✓ Vakumlama esnekliği: Vakumlama en az 8 ayrı bölge olarak elektronik valfler ile otomatik şekilde tek tek kontrol edilebilmelidir ve yapılan imalata göre vakum pompaları minimum 300 m³/h ve katları seçilmelidir.
- ✓ Kalite standartlarına uyum: Standart ve uluslararası normlara, CE, TSE, EN, DIN, ISO standartlarına uygun olmalıdır.
- ✓ Otomatik akış: İşlem sonrası süpürücü sistem, işlenen parçaların dışarı atılması işlemini otomatik gerçekleştirebilmelidir.
- ✓ Kurulum desteği: CNC makine kurulumu, makinenin arıza durumu içi uzaktan internetle erişim, kurulum ve eğitimleri, yüklenecek program ve yazılımları, çizim ve detaylarının varlığı gereklidir.
- ✓ Makine parça kalitesi: Tabla malzemesi, tabla yapısı, şase kısım kaynakları, elektro Spindle motorları, 3D program ve vakumlama sisteminin birbiri ile uyumlu çalışmasına ilişkindir.
- ✓ Makine tamamlayıcı bileşen desteği: CNC makine diğer bileşenleri, makine için gerekli elektrik 30 – 50 KW, toz emme (havalandırma) 250 – 300 mm ve kompresör sistemi 3hp, 130 bar olmalıdır.
- ✓ İşlem kapasitesi: CNC makine ile yapılan işlemler, esnek üretim modelleri, ahşap her türlü panel delim, motiflendirme ve yüksek verimliliği yakalama amacı (zaman ve para kazanımı) içermelidir.
- ✓ Bilgisayar ünitesinin gelişkinliği: CNC makine bilgisayar özellikleri, dokunmatik ekranlı, 19", LCD, klimalı, 8 GB ram, 500 GB (SSHD), DVD-RW, 4 çekirdekli, üzerinde çalışma yapılabilir olmalıdır.
- ✓ Harcadığı güç kaynağı miktarı; Elektrik kw (30-50 kva), CNC elektrik gücü 30-50 KVA arasında ve CNC makine kullanacak program, servo voltaj regülatörü 75 KVA ve CNC bilgisayar kontrol ünitesinin 30 dakikalık güç kaynağı (UPS) yani CNC makine önce online regülatöre-güç kaynağına bağlı olacaktır.

5.1.2. Personele Bağlı Kriterler

- ✓ İş güvenliği ve sağlığı: Makinenin yan ve arka kısımlarına kontrolsüz girişleri engellemek için koruyucu metal güvenlik çemberi ve makine çalışırken çalışma bölgesine kesinlikle girmeme amaçlı lazer güvenlik sistemi, acil durumlar için lazerli stop mevcut olmalıdır.
- ✓ Personel adaptasyonu: İçsel kriterler (ikna kabiliyeti, iletişim becerisi, problem çözebilme, zamanı etkin kullanma) gelişmiş olmalıdır ve rutin güncel iş hakkında CNC personeli ile toplantı yaparak, varsa sorunlara çözüm aramak, mevcut sorunlar için çözüm önerilerini değerlendirmek gerekir.
- ✓ İhtiyaç duyulan personel sayısı: Mesleki yeterlilik (tecrübe, eğitim durumu, program bilgi ve becerisi, yabancı dil); program çizim ve teknik bilgiler dâhilinde en az 1 personel ve CNC çalışma operatörü için de en az 1 personele ihtiyaç bulunmaktadır.
- ✓ Personelin teknik eğitim becerisi: Personele yenilikleri aktarmak, kullanılmayan potansiyel becerilerini ortaya çıkarmak, güncel program ve teknik bilgiler ve diğer değerlendirmeler üzerine haftada 1 saat eğitim vermek gerekmektedir. Amaç kaliteyi üretime yansıtmaktır.

5.1.3. Maliyete Bağlı Kriterler

- ✓ Personel eğitim maliyeti: Olağan düşünme (tahmin etme, tercih etme, inanma), eleştirel düşünme (karar verme, sınıflandırma, değerlendirme); CNC makine için personel eğitimi kişiyle alakalı olmayıp; teknik bilgi ve programsal husus olduğundan makine tesliminde 1 hafta eğitim verilir, her ekstra hafta eğitimi ortalama 1500 Euro'dur (Genelde 2 hafta yeterlidir).
- ✓ Satın alma maliyeti (kurulum alma maliyeti dâhil): Beklenen kâr, ekonomik koşullar, stratejik hedeflere uyum, hedeflenen kitleye yönelen ürün; her şey dâhil fiyat üzerinden anlaşma yapılmalıdır.
- ✓ CNC bıçak takımları maliyeti: Tüm ekstraların maliyete dâhil olması (sevkiyat, depolama, ürün kaybı, tahsilat, müşteri hizmeti, frezeler, bıçaklar, kesiciler ve diğer takımlar) gerekir.

5.1.4. Servis-Bakım-Onarım Kriterleri

- ✓ CNC firma tecrübesi: Hedeflenen kitle, iş kolu seçimi, iş değişikliği; satıcı firmanın köklü geçmişi, geçmiş iş deneyimi yeterliliği, ne kadar tecrübeye sahip olduğu, patent anlaşmaları, önemli parçaların üretimini kendi yapması, makine verimi, makine performansı gibi unsurlara ilişkindir.
- ✓ Güvenlik kriteri: Personelin güvenliği, ürün ve değişik modellerin güvenliği, işyerinin güvenliği; CNC makinede çalışma güvenliği, CNC makine çalışması için önleyici emniyetlerin alınmasına ilişkindir.
- ✓ Acil müdahale: Malzeme, teçhizat, yedek parça, tedarik etme, onarım, elde bulundurmaya ilişkindir.
- ✓ Servis: Sürekli iyileştirme, sürdürülebilirlik, değerlendirme, garanti; CNC makine teknik servis elamanlarının tecrübesi, en az 5 yıl deneyimli olması, sertifikalı/diploma belgeli, insan gücü, sorunlara çözüm odaklı yöntemlere ilişkindir.
- ✓ CNC firmanın üretim gücü: Plan, tedarik, yapım, dağıtım, geri dönüşüm, çevre, iş gücü, istihdam, dünyada söz sahibi olması, piyasa CNC satışları, üretim yeri, CNC üzerine fabrika geçmişi, CNC makinede üretim çeşitliliğine ilişkindir.

Bütün bu kriterler, ilgili alt faktörler ile birlikte EK 5.3'te özetlenmiştir.

5.2. CNC Düz Tabla Ahşap İşleme Makine Alternatifleri ve Uzman Görüşleri

Makine seçim kriterlerinin belirlenmesinde CNC makine satışı yapan şirketler ile doğrudan görüşülerek ve farklı pozisyonlarda görev alan uzman kişilerle yapılan anket sonucunda makine özellikleri belirlenmiştir. Bunlar CNC 1 (Düşük), CNC 2 (Orta) ve CNC 3 (yüksek) olarak adlandırılmıştır ve Tablo 5.2.'de her bir modelin özelliklerine ilişkin bilgi verilmiştir.

İlgili firmaların çeşitli departmanlarında görev alan üç ayrı uzman, ustabaşı, operatör ile görüşülmüştür. İlgili bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

CNC Satıcı Şirket-1

1960 yılında kurulan, CNC makine üretim sektöründe dünya çapında söz sahibi olan firma, 1969'dan bu yana ülkemizde de faaliyet göstermektedir.

CNC Satıcı Şirket -2

1969'dan bu yana ahşap işleme sektöründe hizmet veren CNC makine üretiminde uzmanlaşmış, dünyanın önde gelen ikinci büyük şirkettir. 1971'den bu yana Türkiye distribütörlüğü yapılmaktadır.

Uzman Görüşü-1 (Ustabaşı)

İlgili departmanda görev alan ustabaşı yaklaşık 25 yıllık iş deneyimi ve 10 yıllık CNC makine kullanım tecrübelidir, hem program hem de makine operatör deneyimi söz konusudur, yapılan görüşmelerin doğrultusunda EK Tablo 5.3.'teki belirlenen kriterlerin değerlendirilmesi sağlanmış (bkz. EK Tablo 5.6.) ve bu değerlendirme sonuçlarına göre EK Tablo 5.1.'deki dilsel değerler kullanılarak EK Tablo 5.10.'daki sonuçlar elde edilmiştir.

Uzman Görüşü-2 (CNC Satıcısı)

CNC Makine sektöründe 1969'dan bu yana faaliyet göstermektedir, Avrupa'nın önde gelen CNC üreticilerinden bir tanesinin Türkiye distribütörlüğünü yapmaktadır ve Türkiye ve çevre ülkelerinin uzman bölge satış görevlisi ile yapılan görüşmelerde yine EK Tablo 5.3. kullanılarak EK Tablo 5.7.'deki sonuçlar elde

edilmiştir ve ve EK Tablo 5.1.’deki dilsel değerler kullanılarak ikinci uzman ile yapılan bu değerlendirmelerin neticesinde EK Tablo 5.11’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Uzman Görüşü-3 (Operatör)

CNC düz tabla ahşap işleme makinesi operatörü, CNC makinenin hızlı, verimli ve programlı koordinasyonunu imalatta ahşabın seri ve hatasız işlenip sonuca varılmasını sağlamaktadır. Operatör ile yapılan görüşmelerde EK Tablo 5.3.’teki kriterlere göre EK Tablo 5.8.’deki sonuçlar elde edilmiştir. EK Tablo 5.1.’deki dilsel değerler kullanılarak EK Tablo 5.12.’deki değerler bulunmuştur.

5.3. Karar Matrisleri

Belirlenen makine özelliklerine göre, EK Tablo 5.3.'te kriterler detaylandırılmıştır. Yapılan anketler sonucunda EK Tablo 5.4. ve EK Tablo 5.5.'teki değerler elde edilmiştir ve bu değerler neticesinde bulanık kriterler matrisi elde edilmiştir (bkz. EK Tablo 5.9.).

Karar vericiler ile yapılan değerlendirme sonunda EK Tablo 5.6., EK Tablo 5.7. ve EK Tablo 5.8.'deki değerler elde edilmiştir. Üç ayrı uzman ile üç farklı makine üzerine gerçekleştirilen görüşmeler ve yapılan çalışmalar incelenerek karar vericilerin alternatifleri değerlendirmesi sonucunda EK Tablo 5.10., EK Tablo 5.11. ve EK Tablo 5.12.'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Dilsel değerler kullanılarak yapılan değerlemelerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi neticesinde elde edilen değerler ile karar vericilerinin görüşlerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur (bkz. EK Tablo 5.13.). Bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra normalize edilmiştir ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi bulunmuştur (bkz. EK Tablo 5.14.). Matrisin elde edilmesinde bulanık karar matrisinin sütunlarına dikkat edilir. Her makine seçim kriteri için üçgensel bulanık sayıların maksimum değeri dikkate alınır.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (EK Tablo 5.16.), normalize edilmiş bulanık karar matrisi (EK Tablo 5.14.) ile bulanık ağırlıklar matrisinin (EK Tablo 5.15.) çarpılması sonucu elde edilir.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi kullanılarak BPİÇ ve BNİÇ değerleri hesaplanır. (bkz. EK Tablo 5.17. ve EK Tablo 5.18.). BPİÇ ve BNİÇ değerlerinin hesaplamasından sonra da yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. (bkz. EK Tablo 5.19.)

Son adım olarak da yakınlık katsayısına göre CNC tip makine seçimi gerçekleştirilir. Yakınlık katsayıları (24) numaralı denklem yardımıyla hesaplanmış ve en düşük değerden en yüksek değere doğru sıralanmıştır.

Bu çalışma neticesinde çıkan sonuçlara göre en iyi seçenek 0,06429043 değerlere sahip olan CNC 3 tipi makine uygun görülmüştür. CNC 2 tipi makinenin yakınlık katsayısı 0,06093318; CNC 1'in yakınlık katsayısı ise 0,05835106 olarak bulunmuştur. (bkz. EK Tablo 5.20.)



SONUÇ

İşletmeler hızla değişen piyasa rekabet koşullarına ayak uydurmak için çeşitli makine ekipmana ihtiyaç duymaktadır. Makine üreticileri de bu rekabete ayak uydurarak, makine ve teçhizatların modellerinin işlevlerini sürekli arttırarak, ürünlerde çeşitlilik yaratmaktadırlar.

Bu çeşitlilik karşısında da karar vericinin ihtiyaca uygun makine ekipman seçimi yapması zorlaşmaktadır. Rekabet koşullarına ayak uydurması için işletmenin, ileri teknolojik özelliklere ve düşük maliyette sahip ve kısa sürede kendini amorti edebilecek makine ekipman seçmek zorundadır. Yalnız bu tür makinelerin maliyeti oldukça yüksektir. Bu durum karşısında işletmelerin kârlı bir yatırım yapabilmeleri için ve üretim ve maliyet kaybına uğramamaları için yöneticiler, birçok kriteri göz önünde bulundurarak karar vermek zorundadırlar.

Yapılan literatür çalışmalarında bu tür çok ölçütlü karar verme durumları ile karşı karşıya kalınca, bulanık yöntemlerin kriter ağırlıklarının belirlenmesinde büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

Bu çalışmamızda çok ölçütlü karar verme problemine yönelik makine ekipman seçiminde Bulanık TOPSIS yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle kriter ağırlıkları belirlenerek, bu ağırlıklar bulanık sayılarla ifade edilerek sonuca ulaşılmıştır.

Amaçlanan ve hedeflenen işletmeler için, yatar daire makinesi, delik açma makine ünitesi, kanal açma makinesi, menteşe açma makine ünitesi yani dört makine işlemini, tek başına bir makinede tüm işlemleri program yardımıyla tabla üzerinde doğru CNC tip makine ile işlemek mümkün kılınmaktadır.

İşletmelerin rekabet güçlerini arttırmak ve kaliteli ve firesiz hata ile üretim yapmak hedefleri doğrultusunda, CNC makinelerinin güvenli çalışmayı sağlaması, iş verimini arttırması ve insan faktöründeki hata ve zaman kayıplarını minimize etmesi düşünüldüğünde yüksek maliyetli makinenin amortisman değerlerini gözeterek uygun CNC makinesi seçimi gerçekleştirmenin çok ölçütlü Bulanık TOPSIS

yaklaşımı gibi gelişkin bir yöntemle sağlanmasının büyük ölçüde avantaj sağlayacağı açıktır.

Bu tez çalışmasında, CNC düz tabla ahşap işleme makinesi seçiminde makine için belirlenen bütçeye ve özelliklere göre farklı CNC makine satıcıları ile görüşerek belirtilen kriterlerdeki makineler hakkında detaylı bilgi alınmıştır. CNC makine satıcılarından alınan bilgiler doğrultusunda ilgili departmanlarda farklı pozisyonlarda görev alan uzmanların da değerlendirmesi ile Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak kriterler sıralanmıştır. Bu yöntemi seçmekteki amacımız çok çeşitliliğin karşısında amaca uygun düşük maliyet ve yüksek verimlilikteki makineyi belirlemektir. Farklı pozisyonlarda görev alan uzmanların (satış müdürü, ustabaşı, operatör) bilgisine başvurmakta amaç makine hakkında farklı bakış açılarının sonuçlarını karşılaştırmaktır.

Yaptığımız çalışmada ortalama 15-20 kişilik bir ahşap üretim (masa, evrak dolabı ve etajer) atölyesine sahip küçük işletmeler için, delik açma ünitesi, menteşe açma yerleri, ekleme ve birleştirme için vida yerleri açma ve kesim frezeleri işlemleri göz önünde bulundurularak CNC düz tabla makinesi seçimi gerçekleştirilmiştir. CNC makine satışında dünyada ilk üç sırada yer alan ve dünyada CNC düz tabla satışlarının % 80'ini elinde bulunduran firmaların satış sorumlularına ve atölyede faal olarak çalışan CNC düz tabla ahşap işleme makinesi kullanan operatör ve ustabaşının görüşleri doğrultusunda, seçime etki eden kriterler değerlendirilmiş ve CNC 1 (Düşük), CNC 2 (Orta) ve CNC 3 (Yüksek) tip makineler Bulanık TOPSIS yaklaşımı ile seçilmiştir.

İlk olarak çalışmamızda 1. CNC satıcısı ve 2. CNC satıcısı ile belirlediğimiz 27 kriterin, 1-7 skalasındaki değerler gözetilerek önem derecelerine göre ağırlıklandırılması sağlanmıştır.

İkinci olarak karar verici 1 (Ustabaşı), karar verici 2 (CNC satıcısı) ve karar verici 3 (Kullanıcı-Operatör), belirlediğimiz 27 kriteri gözeterek, CNC 1 (Düşük), CNC 2 (Orta) ve CNC 3 (Yüksek) makinelerini 1 ile 7 skalasındaki sayı değerlerini kullanarak ağırlıklandırmıştır.

Üçüncü olarak bulanık kriterler matrisi oluşturuldu ve Bulanık TOPSIS aşamaları uygulandı. Çıkan yakınsak değere göre, atölye üretim hattına performans ve maliyet açısından en uygun CNC Makine seçimini gerçekleştirildi.

Bu çalışmada bir işletmede satın alınması düşünülen CNC düz tabla ahşap işleme makinesi için belirlenen kriterler analiz edildiğinde, en iyi seçimin en yüksek özellikte olan CNC 3 (YÜKSEK) makinesi olduğu belirlenmiştir.



KAYNAKÇA

Adalı, M. (2009). *Metin Adalı ESOGU*. Ekim 18, 2016 tarihinde <http://151820053033.tr.gg/Di%26%23351%3Bli%C7arklar%26%23305%3Bn-%26%23304%3B%26%23351%3Blenmesi.htm> adresinden alındı

Allahverdi, N. (2001). *Bulanık Mantık ve Sistemler*. Ekim 15, 2016 tarihinde <http://farabi.sutef.gen.tr/bulanik/bulanik/bolum02.htm> adresinden alındı

Armiliotta, A. (2008). Selection of layered manufacturing techniques by an adaptive AHP decision model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 450–461.

Arslan, H. (2011). *CNC Takım Tezgahları*. Kasım 10, 2016 tarihinde <http://www.hamitarслан.com/cnc-takim-tezgahlari.html> adresinden alındı

Arslan, H. (2011). *Freze Tezgahı Çeşitleri*. Kasım 01, 2016 tarihinde <http://www.hamitarслан.com/freze-tezgahi-aparatlari.html> adresinden alındı

Ballı, S. (2005). "Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması". *Yüksek Lisans Tezi*. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Chen, C.-T., Lin, C.-T., & Huang, S.-F. (2006). "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management". *International Journal of Production Economics*, 289-301.

Chen, S.-J., & Hwang, C.-L. (1992). *"Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications"*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Çınar, Y. (2004). "Çok Nitelikli Karar Verme Ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği". *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: ANKARA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ.

Demireli, E. (2010). "TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama". *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*.

Dirinler. (2016). *Drinns DCNC Serisi Gezer Köprü Özel CNC Freze Tezgahı*. Ocak 01, 2017 tarihinde <http://www.drinns.com.tr/ozel-makinalar/drinns-dcnc-serisi-gezer-kopru-ozel-cnc-freze-tezgahi> adresinden alındı

Eleren, A. (2007). Kuruluş Yeri Seçiminin Fuzzy TOPSIS Yöntemi İle Belirlenmesi: Deri Sektörü Örneği. *Akdeniz Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 280-295.

Enka, D. (2015). *CNC Tezgahlar*. Kasım 02, 2016 tarihinde <http://www.enkadisli.com/tezgahlar.html> adresinden alındı

Erer, H. (2002). *CNC İşleme Merkezi Tezgahlarının Seçim Kriterleri*. Ekim 12, 2016 tarihinde <http://www.turkcadcamlar.net/rapor/cnc-secimi/index.html> adresinden alındı

Ergül, N. (2014). BİST- Turizm Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performans Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi*, 325-340.

Ersöz, F., & Kabak, M. (2010). "Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması". *KHO Savunma Bilimleri Dergisi*, 97-125.

İç, Y. T., & Yurdakul, M. (2008). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini Kullanan Makine –Ekipman Seçim Çalışmalarında Bulanıklığın Sonuçlara Etkisinin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 125-140.

Işıklı, Ş. (2008). Bulanık Mantık Ve Bulanık Teknolojiler. *Araştırma Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 105-126.

Kabak, M. (2011). "Birlik Hava Savunma Önceliklerinin Tespitine Bulanık Bir Yaklaşım". *Savunma Bilimleri Dergisi*, 1-17.

Karagöz, M. (2010). Ülkemizde Takım Tezgâhı Pazarı ve Firmalar İçin CNC Seçiminde Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kaya, İ. (2014, Ocak 25). *Karar Teorisi*. Ekim 27, 2016 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü: http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/ihkaya_34638c17305d44dec6b30f7eda960634.pdf adresinden alındı

Kaya, İ., Kılınç, M., & Çevikcan, E. (2008). Makine-Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis ve Makina*, 8-14.

Küçük, O., & Ecer, F. (2007). Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 45-65.

MEGEP. (2013). *CNC Torna Tezgahları*. Ekim 26, 2016 tarihinde Milli Eğitim Bakanlığı: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Cnc%20Torna%20Tezg%C3%A2hlar%C4%B1.pdf adresinden alındı

Negi, D. S. (1989). "Fuzzy Analysis and Optimization". *Ph.D. Thesis* . Kansas State University.

Öz Altın Teknik, H. (2011). *KRASNIC MASAÜSTÜ TORNA TEZGAHI KT-280*. Kasım 01, 2016 tarihinde <http://www.ozaltinteknik.com/Urunler/KRASNIC-MASAUSTU-TORNA-TEZGAHI-KT-280.html> adresinden alındı

Özdağoğlu, A. (2014). "Üretim Faaliyetinde Bulunan İşletmeler İçin Cnc Torna Tezgâhı Alternatiflerinin VIKOR ve TOPSIS Yöntemleri İle Karşılaştırılması". *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 37-57.

Setafanova, E. (2012). "Отворени виртуални светове за професионално изграждане". *Doctoral Dissertation*. Sofya, Sofya: Sofya University Sv. Kliment Ohridski.

Perçin, S. (2012). Bulanık AHS ve TOPSIS Yaklaşımının Makine-Teçhizat Seçimine Uygulanması. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 169-184.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. USA: McGraw-Hill International Book Company.

Tekez, E. K., & Bark, N. (2016). Mobilya sektöründe Bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi. *SAÜ Fen Bil. Der.* , 55-63.

Tezmaksan. (2016). *CNC Dikey İşleme Merkezi*. Kasım 03, 2016 tarihinde <http://www.tezmaksan.com.tr/dahlih-mcv-1060-cnc-dikey-isleme-merkezi-urundetay-788> adresinden alındı

Tezmaksan. (2016). *CNC Yatay Torna*. Kasım 03, 2016 tarihinde <http://www.tezmaksan.com.tr/goodway-ga-2600-cnc-10-yatay-torna-tezgahi-urundetay-22> adresinden alındı

Varol, M. (2015). *Morbidelli Uiversal 3622 Düz Tabla CNC işlem Merkezi*. Kasım 02, 2016 tarihinde <http://www.varolmakina.com/makinalarimiz/morbidelli-uiversal-3622/> adresinden alındı

Yılmaz, B., & Dağdeviren, M. (2010). “Ekipman Seçimi Problemlerinde PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi”. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 811-826, .

Yurdakul, M., & İç, Y. T. (2003). Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü Ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi* , 1-18.

Zadeh, L. A. (1973). Outline of new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 28-44.

EK.1

BULANIK KRİTERLER MATRİSİ DEĞERLERİ		
ÇOK YÜKSEK	7	9,10,10
YÜKSEK	6	7,9,10
BİRAZ YÜKSEK	5	5,7,9
ORTA	4	3,5,7
BİRAZ DÜŞÜK	3	1,3,5
DÜŞÜK	2	0,1,3
ÇOK DÜŞÜK	1	0,0,1

Tablo 5.1. Dilsel Değerlerin Bulanık Sayılar Olarak Karşılıkları

EK.2

ÖZELLİKLERİNE GÖRE CNC TİPLERİ			
	DÜŞÜK (CNC 1)	ORTA (CNC 2)	YÜKSEK (CNC 3)
ÇALIŞMA MESAFESİ (X/Y/Z)	2100/2800/150	2100/3660/150	2100/4200/150
BOŞTAKİ ÇALIŞMA HIZI (X/Y/Z)	120/90/40	70/60/15	70/60/15
EKSEN MOTORLARI (X/Y/Z)	1/1/2	2/2/1,5	4/4/2,2
HAVA BAĞLANTISI ("inch)	1/2	1/2	1/2
BASINÇLI HAVA İHTİYACI (bar)	6	7	9
VAKUM MOTORU (m3/h)	250	900	500-750
ELEKTRİK BAĞLANTI YÜKÜ (kw)	30	35	50
İŞ MİLİ TUTUCU KONİĞİ	İSO 30	HSK F 63	HSK F 63
ÇOKLU DELİK ÜNİTESİ (hp)	1	2	2
ÇOKLU DELİK ÜNİTESİ (delik grubu)	8 DİKEY, 6 YATAY	12 DİKEY, 6 YATAY	24 DİKEY, 12 YATAY
FREZE ÜNİTESİ (kw)	7,5-9	12	16
FREZE ÜNİTESİ (devir/dk)	24.000	24.000-36.000	24.000-36.000
YAĞLAMA ÜNİTESİ	MANUEL	OTOMATİK	TAM OTOMATİK
CNC KONTROL ÜNİTESİ (eksen)	3	3	3
YAZILIM / PROGRAM	NESTİNG MODÜL	ÇOK FONKSİYONLU KABİN TASARIM	CABİNET
MAKİNE AĞIRLIĞI (kg)	4500	4501-5500	5501-7500
TABLA MALZEMESİ	KOMPOZİT (FENOLİK)	ALİMÜNYUM	KOMPOZİT (FENOLİK)- ALİMÜNYUM
TAKIM BOY ÖLÇME	OTOMATİK	OTOMATİK	OTOMATİK
BOŞALTMA SİSTEMİ	YOK	OTOMATİK	OTOMATİK

Tablo 5.2. CNC Makine Özellikleri

EK.3

		KRİTERİN ADI	KRİTERLERİN ÖZELLİKLERİ	AÇIKLAMA
K1	TEKNİK ÖZELLİKLERE BAĞLI KRİTERLER	Tabla malzemesi	Makine tablası alüminyumdan imal edilmiş olmalıdır.	Fenolik veya kompozit olmamalıdır.
K2		Tabla yapısı	Makine alüminyum tabla yapısı	Kare veya baklava dilimli 10*10 mm, 15*15 mm veya 20*20 mm.
K3		Ağırlık	Makinenin toplam ağırlığı minimum 5500 kg olmalıdır.	Platin ve profil kaynak tasarım, şase kısmını oluşturan tüm platin ve profillerin gerginliği alınmış saç kalınlığı en az 2 mm olmalıdır.
K4		Tabla kesme performansı	Electro Spindle motor kullanılmalıdır.	HSK F 63 veya ISO 30.
K5		Takım değiştirmeye bağlı yıpranma olasılığı	Magazin ünitesi köprü üstünde olmamalıdır.	Takım değiştirme, hareketli ünite ile yüksek hassasiyetle uyumlu çalışmalıdır.
K6		Çok fonksiyonlu üç boyutlu programın varlığı	PC tabanlı, Alphacam, Standart Router, 3D, Cabinet, nesting programlarla birlikte olmalıdır.	Çok fonksiyonlu üç boyutlu program.
K7		Vakumlama esnekliği	Vakum tablası (minimum 250*3= 750 m3)	Vakumlama en az 8 ayrı bölge olarak elektronik valfler ile otomatik şekilde tek tek kontrol edilebilmelidir.
K8		Kalite standartlarına uyum	Standart ve uluslararası normlar	Makine CE sertifikalı ve ilgili TSE, EN, DIN, ISO standartlarına uygun olmalıdır.
K9		Otomatik akış	İşlem sonrası süpürücü sistem	İşlenen parçaların dışarı atılması işlemini otomatik gerçekleştirebilmelidir.
K10		Kurulum desteği	CNC makine kurulumu	Makinenin kurulum ve eğitimleri, yüklenecek program ve yazılımları, çizim ve detayları.
K11		Makine parça servis hizmeti	CNC makine parça ve servis	Üretimin kesintisiz sürdürülmesi, için firma geçmişi ve servis kalite hizmeti, acil müdahale birimi olmalıdır.

K12		Makine tamamlayıcı bileşen desteği	CNC makine diğer bileşenleri	Makine için gerekli elektrik, toz emme (havalandırma) ve kompresör sistemi.
K13		İşlem kapasitesi	CNC makine ile yapılan işlemler	Esnek üretim modelleri, ahşap ve her türlü panel delme, motiflendirme ve yüksek verimliliği yakalama amacı (zaman ve para kazanımı).
K14		Bilgisayar ünitesinin gelişkinliği	CNC makine bilgisayar özellikleri	Dokunmatik ekranlı, 19", LCD, klimalı, 8 GB ram, 500 GB (SSHD), DVD-RW, 4 çekirdekli, üzerinde çalışma yapılabilir olmalıdır.
K15		Harcadığı güç kaynağı miktarı	Elektrik kw (30-50 kva)	CNC elektrik gücü 30-50 KVA arasında ve CNC makine kullanacak program, servo voltaj regülatörü 75 KVA ve CNC bilgisayar kontrol ünitesinin 30 dakikalık güç kaynağı (UPS) yani CNC makine önce online regülatöre-güç kaynağına bağlı olacaktır.
K16	PERSONELE BAĞLI KRİTERLER	İş güvenliği ve sağlığı	İş güvenliği ve sağlığı	Makinenin yan ve arka kısımlarına kontrolsüz girişleri engellemek için koruyucu metal güvenlik çemberi ve makine çalışırken çalışma bölgesine kesinlikle girmeme amaçlı lazer güvenlik sistemi, acil durumlar için lazerli stop mevcut olmalıdır.
K17		Personel adaptasyonu	İçsel kriterler (ikna kabiliyeti, iletişim becerisi, problem çözme, zamanı etkin kullanma)	Rutin güncel iş hakkında CNC personeliyle toplantı yapmak, varsa sorunlara çözüm aramak, mevcut sorunlar için çözüm önerilerini değerlendirmek.
K18		İhtiyaç duyulan personel sayısı	Mesleki yeterlilik (deneyim, eğitim durumu, program bilgisi, yabancı dil)	Program çizim ve teknik bilgiler dâhilinde ilk acil için 1 personel ve CNC çalışma operatörü içinde 2 personele ihtiyaç vardır.
K19		Personelin teknik eğitim becerisi	Yenilikleri aktarmak, kullanılmayan potansiyel becerileri ortaya çıkarmak, bilgi toplamak ve bilgiyi değerlendirmek	Personele CNC hakkında ve, hem programsal, hem de teknik, çalışmalar hakkında her hafta 1 saat eğitim programları, bunlar CNC makine, mobilya üretimi, teknik ve genel eğitim bilgileri olabilir, amaç kaliteyi üretime yansıtmak.

K20	MALİYETE BAĞLI KRİTERLER	Personel eğitim maliyeti	Olağan düşünme (tahmin etme, tercih etme, inanma), eleştirel düşünme (karar verme, sınıflandırma, değerlendirme)	CNC makine için personel eğitimi kişiyle alakalı olmayıp; teknik bilgi ve programsal husus olduğundan makine tesliminde 1 hafta eğitim verilir, her ekstra hafta eğitimi ortalama 1500 Euro dur. (Genelde 2 hafta yeterlidir).
K21		Satın alma maliyeti (kurulum alma maliyeti dâhil)	Beklenen kar, ekonomik koşullar, stratejik hedeflere uyum, hedeflenen kitleye yönelik ürün	Her şey dâhil fiyat üzerinden anlaşma yapılmalıdır.
K22		CNC bıçak takımları	CNC makine tüm ekstraların maliyete dahil olması (sevkiyat, depolama, ürün kaybı, tahsilat, müşteri hizmeti, frezeler, bıçaklar, kesiciler)	CNC makine kesici, freze, bıçak ve diğer takımlar.
K23	SERVİS-BAKIM-ONARIMA BAĞLI KRİTERLER	CNC firma tecrübesi	Hedeflenen kitle, iş kolu seçimi, hedef, iş değişikliği	Satıcı firmanın; Köklü geçmişi ve iş deneyimi, ne kadar tecrübeye sahip olduğu, patent anlaşmaları, önemli parçalar burada üretim yapılıyor olması, CNC makine üretimi yapan firma olması, makine verimi, makine performansı, maliyetler.
K24		Güvenlik kriteri	Personelin güvenliği, ürün ve değişik modellerin güvenliği, işyerinin güvenliği	CNC makinede çalışma güvenliği, CNC makine çalışması için önleyici emniyetlerin alınmasıdır.
K25		Acil müdahale	Malzeme, teçhizat, yedek parça, tedarik etme, onarım, elde bulundurma	CNC makinede üretimin aksamaması için 36 saat içinde müdahale ve 120 saat içinde kesin çözüm üretebiliyor olmasıdır.

K26	Servis	Sürekli iyileştirme, sürdürülebilirlik, değerlendirme, garanti	CNC makine teknik servis elamanlarının tecrübesi, en az 5 yıl deneyimli olması, sertifikalı/diploma belgeli, insan gücü, sorunlara çözüm odaklı yöntemler.
K27	CNC firma üretim	Plan, tedarik, yapım, dağıtım, geri dönüşüm, çevre, iş gücü, istihdam	Dünyada söz sahibi olması, dünya CNC satışları, üretim yeri, CNC üzerine fabrika geçmişi, CNC makine üretimi çeşitliliği.

Tablo 5.3. CNC Kriter Tablosu

EK.4

Birinci CNC düz tabla ahşap işleme makine satıcısı.

CNC SATICILAR ARASINDA GERÇEKLEŞTİRİLECEK VE KRİTERLERİN AĞIRLIĞINI BELİRLEYECEK OLAN ANKET			BU KRİTERLERİN CNC SEÇİMİNDE NE KADAR BELİRLEYECİ OLDUĞU 1 İLE 7 ARASINDA BİR SAYI VERİLEREK DEĞERLENDİRİLECEKTİR	
	1. CNC Satıcı şirket	2. CNC satıcı şirket		
K1	1		ÇOK YÜKSEK	7
K2	1		YÜKSEK	6
K3	7		BİRAZ YÜKSEK	5
K4	7		ORTA	4
K5	5		BİRAZ DÜŞÜK	3
K6	7		DÜŞÜK	2
K7	7		ÇOK DÜŞÜK	1
K8	7			
K9	7			
K10	7			
K11	7			
K12	7			
K13	5			
K14	5			
K15	1			
K16	7			
K17	3			
K18	5			
K19	7			
K20	4			
K21	4			
K22	6			
K23	7			
K24	5			
K25	2			
K26	7			
K27	7			

Tablo 5.4. Birinci CNC Makine Satıcısı Anketi

EK.5

İkinci CNC düz tabla ahşap işleme makine satıcısı.

CNC SATICILAR ARASINDA GERÇEKLEŞTİRİLECEK VE KRİTERLERİN AĞIRLIĞINI BELİRLEYECEK OLAN ANKET		
	1. CNC Satıcı şirket	2. CNC satıcı şirket
K1		7
K2		2
K3		4
K4		1
K5		5
K6		5
K7		5
K8		6
K9		6
K10		7
K11		7
K12		7
K13		4
K14		4
K15		7
K16		7
K17		6
K18		7
K19		5
K20		6
K21		1
K22		1
K23		7
K24		5
K25		6
K26		7
K27		7

BU KRİTERLERİN CNC SEÇİMİNDE NE KADAR BELİRLEYECİ OLDUĞU 1 İLE 7 ARASINDA BİR SAYI VERİLEREK DEĞERLENDİRİLECEKTİR	
ÇOK YÜKSEK	7
YÜKSEK	6
BİRAZ YÜKSEK	5
ORTA	4
BİRAZ DÜŞÜK	3
DÜŞÜK	2
ÇOK DÜŞÜK	1

Tablo 5.5. İkinci CNC Makine Satıcısı Anketi

EK.6

KARAR VERİCİ 1 USTABAŞI

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27
CNC1 (DÜŞÜK)	5	3	4	1	4	3	1	2	2	3	4	5	4	4	3	6	1	2	5	1	4	5	7	2	5	4	3
CNC2 (ORTA)	6	4	6	2	4	3	3	4	3	4	4	5	4	4	4	6	2	3	5	1	4	5	7	3	6	5	6
CNC3 (YÜKSEK)	7	7	7	4	6	6	7	6	4	4	4	5	4	5	7	7	3	4	5	1	6	7	7	4	6	6	7

Tablo 5.6. Karar Verici 1

(Karar Verici 1 olarak ifade edilen ustabaşı, marangozhanede üretim yapmakta ve 15 personeli bulunmaktadır. Marangozhanede masa, etajer, dolap v.s. çeşitli ahşap ürünleri üretilmektedir).

KARAR VERİCİ 2 CNC SATICISI

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27
CNC1 (DÜŞÜK)	7	4	4	7	4	6	6	7	2	7	7	7	7	6	5	4	6	6	5	6	7	7	7	7	7	7	7
CNC2 (ORTA)	7	4	5	7	4	6	6	7	6	7	7	7	7	6	5	6	6	6	5	6	7	7	7	7	7	7	7
CNC3 (YÜKSEK)	7	4	6	7	4	6	6	7	6	7	7	7	7	6	5	6	6	6	5	6	7	7	7	7	7	7	7

Tablo 5.7. Karar Verici 2

(Karar Verici 2 olarak ifade edilen kişi, CNC düz tabla ahşap işleme makine satıcısıdır.)

EK.7

KARAR VERİCİ 3 KULLANICI

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27
CNC1 (DÜŞÜK)	7	7	7	5	4	5	6	4	1	5	7	5	4	6	7	7	5	3	1	1	4	7	6	4	7	4	7
CNC2 (ORTA)	7	7	7	5	4	5	6	4	1	5	7	5	4	6	7	7	5	2	2	1	3	7	5	3	7	3	5
CNC3 (YÜKSEK)	7	7	7	5	4	5	6	4	1	5	7	5	4	6	7	7	5	1	1	1	2	7	4	2	7	2	6

Tablo 5.8. Karar Verici 3

(Karar Verici 3 olarak ifade edilen kişi, CNC düz tabla ahşap işleme makinesi operatörüdür.).

BULANIK KRİTERLER MATRİSİ

	1.Şirket	2. Şirket	1. Şirket			2. Şirket			Ortalama		
K 1	1	7	0	1	1	9	10	10	4,5	5,5	5,5
K 2	1	2	0	1	1	0	1	3	0	1	2
K 3	7	4	9	10	10	3	5	7	6	7,5	8,5
K 4	7	1	9	10	10	0	1	1	4,5	5,5	5,5
K 5	5	5	5	7	9	5	7	9	5	7	9
K 6	7	5	9	10	10	5	7	9	7	8,5	9,5
K 7	7	5	9	10	10	5	7	9	7	8,5	9,5
K 8	7	6	9	10	10	7	9	10	8	9,5	10
K 9	7	6	9	10	10	7	9	10	8	9,5	10
K 10	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 11	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 12	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 13	5	4	5	7	9	3	5	7	4	6	8
K 14	5	4	5	7	9	3	5	7	4	6	8
K 15	1	7	0	1	1	9	10	10	4,5	5,5	5,5
K 16	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 17	3	6	1	3	5	7	9	10	4	6	7,5
K 18	5	7	5	7	9	9	10	10	7	8,5	9,5
K 19	7	5	9	10	10	5	7	9	7	8,5	9,5
K 20	4	6	3	5	7	7	9	10	5	7	8,5
K 21	4	1	3	5	7	0	1	1	1,5	3	4
K 22	6	1	7	9	10	0	1	1	3,5	5	5,5
K 23	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 24	5	5	5	7	9	5	7	9	5	7	9
K 25	2	6	0	1	3	7	9	10	3,5	5	6,5
K 26	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10
K 27	7	7	9	10	10	9	10	10	9	10	10

Tablo 5.9. Bulanık Kriterler Matrisi

EK.9**1. KARAR VERİCİNİN PROJE ALTERNATİFLERİNİ DEĞERLENDİRMESİ (USTABAŞI)**

		C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	5	7	9	1	3	5	3	5	7	0	0	1	3	5	7	1	3	5
A 2	CNC 2 (ORTA)	7	9	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	3	5	7	1	3	6
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10

C 7			C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13		
0	0	1	0	1	3	0	1	3	1	3	5	3	5	7	5	7	9	3	5	7
1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7
9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7

C 14			C 15			C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21		
3	5	7	1	3	5	7	9	10	0	0	1	0	1	3	5	7	9	0	0	1	3	5	7
3	5	7	3	5	7	7	9	10	0	1	3	1	3	5	5	7	9	0	0	1	3	5	7
3	5	7	9	10	10	9	10	10	1	3	5	3	5	7	5	7	9	0	0	1	7	9	10

C 22			C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
5	7	9	9	10	10	0	1	3	5	7	9	3	5	7	1	3	5
5	7	9	9	10	10	1	3	5	7	9	10	5	7	9	7	9	10
9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	9	10	10

Tablo 5.10. Birinci Karar Vericinin Değerlemesi

EK.10**2. KARAR VERİCİNİN PROJE ALTERNATİFLERİNİ DEĞERLENDİRMESİ
(CNC SATICISI)**

		C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	9	10	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10
A 2	CNC 2 (ORTA)	9	10	10	3	5	7	5	7	9	9	10	10	3	5	7	7	9	10
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	9	10	10	3	5	7	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10

	C 7		C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13			C 14		
7	9	10	9	10	10	0	1	3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10
7	9	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10
7	9	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10

C 15			C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21			C 22		
5	7	9	3	5	7	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	9	10	10	9	10	10
5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	9	10	10	9	10	10
5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	9	10	10	9	10	10

C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10
9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10
9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10

Tablo 5.11. İkinci Karar Vericinin Değerlemesi

EK.11

**3. KARAR VERİCİNİN PROJE ALTERNATİFLERİNİ DEĞERLENDİRMESİ
(CNC MAKİNA KULLANICISI)**

		C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	9	10	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	5	7	9
A 2	CNC 2 (ORTA)	9	10	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	5	7	9
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	9	10	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	5	7	9

	C 7		C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13			C 14		
7	9	10	3	5	7	0	0	1	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10
7	9	10	3	5	7	0	0	1	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10
7	9	10	3	5	7	0	0	1	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10

	C 15		C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21			C 22		
9	10	10	9	10	10	5	7	9	1	3	5	0	0	1	0	0	1	3	5	7	9	10	10
9	10	10	9	10	10	5	7	9	0	1	3	0	1	3	0	0	1	1	3	5	9	10	10
9	10	10	9	10	10	1	3	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	3	9	10	10

C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
7	9	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	9	10	10
5	7	9	1	3	5	9	10	10	1	3	5	5	7	9
3	5	7	0	1	3	9	10	10	0	1	3	7	9	10

Tablo 5.12. Üçüncü Karar Vericinin Değerlemesi

EK.12

BULANIK KARAR MATRİSİ

		C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	7,67	9,00	9,67	4,33	6,00	7,33	5,00	6,67	8,00	4,67	5,67	6,67	3,00	5,00	7,00	4,33	6,33	8,00
A 2	CNC 2 (ORTA)	8,33	9,67	10,00	5,00	6,67	8,00	7,00	8,67	9,67	4,67	6,00	7,33	3,00	5,00	7,00	4,33	6,33	8,33
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	9,00	10,00	10,00	7,00	8,33	9,00	8,33	9,67	10,00	5,67	7,33	8,67	4,33	6,33	8,00	6,33	8,33	9,67

C 7			C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13			C 14		
4,67	6,00	7,00	4,00	5,33	6,67	0,00	0,67	2,33	5,00	6,67	8,00	7,00	8,33	9,00	6,33	8,00	9,33	5,00	6,67	8,00	5,67	7,67	9,00
5,00	7,00	8,33	5,00	6,67	8,00	3,33	4,67	6,00	5,67	7,33	8,67	7,00	8,33	9,00	6,33	8,00	9,33	5,00	6,67	8,00	5,67	7,67	9,00
7,67	9,33	10,00	6,33	8,00	9,00	4,67	6,00	7,00	5,67	7,33	8,67	7,00	8,33	9,00	6,33	8,00	9,33	5,00	6,67	8,00	5,67	7,67	9,00

C 15			C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21			C 22		
4,33	6,33	8,00	4,33	6,33	8,00	2,33	3,00	4,00	4,00	5,67	7,33	6,33	8,00	9,33	4,00	5,33	6,67	5,00	6,67	8,00	7,00	8,67	9,67
5,00	7,00	8,67	5,67	7,67	9,00	2,33	3,33	4,67	4,33	6,33	8,00	6,33	8,00	9,33	4,00	5,33	6,67	5,00	6,67	8,00	7,00	8,67	9,67
7,00	8,67	9,67	6,33	8,00	9,00	2,67	4,00	5,33	5,00	7,00	8,67	6,33	8,00	9,33	4,00	5,33	6,67	6,33	8,00	9,00	8,33	9,67	10,00

C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
8,33	9,67	10,00	4,00	5,33	6,67	7,67	9,00	9,67	5,00	6,67	8,00	6,33	7,67	8,33
7,67	9,00	9,67	3,67	5,33	6,67	8,33	9,67	10,00	5,00	6,67	8,00	7,00	8,67	9,67
7,00	8,33	9,00	4,00	5,33	6,67	8,33	9,67	10,00	5,33	6,67	7,67	8,33	9,67	10,00

Tablo 5.13. Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi

EK.13**NORMALİZE EDİLMİŞ BULANIK KARAR MATRİSİ**

		C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	0,77	0,90	0,97	0,48	0,67	0,81	0,50	0,67	0,80	0,54	0,65	0,77	0,38	0,63	0,88	0,45	0,66	0,83
A 2	CNC 2 (ORTA)	0,83	0,97	1,00	0,56	0,74	0,89	0,70	0,87	0,97	0,54	0,69	0,85	0,38	0,63	0,88	0,45	0,66	0,86
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	0,90	1,00	1,00	0,78	0,93	1,00	0,83	0,97	1,00	0,65	0,85	1,00	0,54	0,79	1,00	0,66	0,66	1,00

C 7			C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13			C 14		
0,47	0,60	0,70	0,44	0,59	0,74	0,00	0,10	0,33	0,58	0,77	0,92	0,78	0,93	1,00	0,68	0,86	1,00	0,63	0,83	1,00	0,63	0,85	1,00
0,50	0,70	0,83	0,56	0,74	0,89	0,48	0,67	0,86	0,65	0,85	1,00	0,78	0,93	1,00	0,68	0,86	1,00	0,63	0,83	1,00	0,63	0,85	1,00
0,77	0,93	1,00	0,70	0,89	1,00	0,67	0,86	1,00	0,65	0,85	1,00	0,78	0,93	1,00	0,68	0,86	1,00	0,63	0,83	1,00	0,63	0,85	1,00

C 15			C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21			C 22		
0,45	0,66	0,83	0,48	0,80	0,90	0,50	0,64	0,86	0,46	0,65	1,00	0,68	0,86	1,00	0,60	0,80	1,00	0,63	0,83	1,00	0,77	0,90	0,97
0,52	0,72	0,90	0,77	0,93	1,00	0,55	0,71	1,00	0,44	0,72	1,00	0,48	0,86	1,00	0,58	0,75	1,00	0,63	0,83	1,00	0,77	0,90	0,97
0,72	0,90	1,00	0,83	0,97	1,00	0,57	0,86	1,14	0,58	0,81	1,00	0,48	0,86	0,90	0,58	0,75	1,00	0,79	0,83	1,13	0,90	1,00	1,00

C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
0,83	0,97	1,00	0,60	0,80	1,00	0,77	0,90	0,97	0,63	0,83	1,00	0,63	0,77	0,83
0,77	0,90	0,97	0,55	0,80	1,00	0,83	0,97	1,00	0,63	0,83	1,00	0,70	0,87	0,97
0,70	0,83	0,90	0,60	0,80	1,00	0,83	0,97	1,00	0,67	0,83	0,96	0,83	0,97	1,00

Tablo 5.14. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

EK.14**BULANIK AĞIRLIKLAR MATRİSİ**

	C 1			C 2			C 3			C 4			C 5			C 6		
1. ve 2. Şirketlerin ortalaması	0,045	0,06	0,06	0	0,01	0,02	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	0,09	0,07	0,09	0,1

C 7			C 8			C 9			C 10			C 11			C 12			C 13			C 14		
0,07	0,085	0,095	0,08	0,1	0,1	0,08	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08

C 15			C 16			C 17			C 18			C 19			C 20			C 21			C 22		
0,05	0,06	0,06	0,09	0,1	0,1	0,04	0,06	0,08	0,07	0,09	0,1	0,07	0,09	0,1	0,05	0,07	0,09	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06

C 23			C 24			C 25			C 26			C 27		
0,09	0,1	0,1	0,05	0,07	0,09	0,04	0,05	0,07	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1

Tablo 5.15. Bulanık Ağırlıklar Matrisi

EK.15**AĞIRLIKLARI NORMALİZE EDİLMİŞ BULANIK KARAR MATRİSİ**

		C 1			C 2			C 3		
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	0,0346	0,0495	0,0533	0,0000	0,0006	0,0162	0,0300	0,0503	0,0680
A 2	CNC 2 (ORTA)	0,0373	0,0533	0,0550	0,0000	0,0007	0,0178	0,0420	0,0653	0,0825
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	0,0405	0,0550	0,0550	0,0000	0,0009	0,0200	0,0498	0,0728	0,0850

C 4			C 5			C 6			C 7		
0,0243	0,0358	0,0424	0,0190	0,0441	0,0792	0,0315	0,0561	0,0788	0,0329	0,0510	0,0665
0,0243	0,0380	0,0467	0,0190	0,0441	0,0792	0,0315	0,0561	0,0817	0,0350	0,0595	0,0788
0,0293	0,0468	0,0550	0,0270	0,0553	0,0900	0,0462	0,0561	0,0950	0,0539	0,0790	0,0950

C 8			C 9			C 10			C 11		
0,0352	0,0560	0,0740	0,0000	0,0009	0,0330	0,0522	0,0770	0,0920	0,0702	0,0930	0,1000
0,0448	0,0703	0,0890	0,0384	0,0636	0,0860	0,0585	0,0850	0,1000	0,0702	0,0930	0,1000
0,0560	0,0845	0,1000	0,0536	0,0817	0,1000	0,0585	0,0850	0,1000	0,0702	0,0930	0,1000

C 12			C 13			C 14			C 15		
0,0612	0,0860	0,1000	0,0252	0,0498	0,0800	0,0252	0,0510	0,0800	0,0234	0,0379	0,0456
0,0612	0,0860	0,1000	0,0252	0,0498	0,0800	0,0252	0,0510	0,0800	0,0265	0,0418	0,0495
0,0612	0,0860	0,1000	0,0252	0,0498	0,0800	0,0252	0,0510	0,0800	0,0355	0,0511	0,0550

C 16			C 17			C 18			C 19		
0,0567	0,0800	0,0900	0,0220	0,0438	0,0682	0,0308	0,0612	0,0950	0,0336	0,0569	0,0855
0,0693	0,0930	0,1000	0,0220	0,0462	0,0750	0,0308	0,0612	0,0950	0,0336	0,0603	0,0950
0,0747	0,0970	0,1000	0,0164	0,0408	0,0682	0,0392	0,0663	0,0950	0,0336	0,0569	0,0855

C 20			C 21			C 22			C 23		
0,0290	0,0525	0,0850	0,0009	0,0249	0,0400	0,0269	0,0450	0,0533	0,0747	0,0970	0,1000
0,0290	0,0525	0,0850	0,0008	0,0225	0,0368	0,0269	0,0450	0,0533	0,0693	0,0900	0,0970
0,0290	0,0525	0,0850	0,0100	0,0249	0,0384	0,0315	0,0500	0,0550	0,0630	0,0830	0,0900

C 24			C 25			C 26			C 27		
0,0300	0,0560	0,0900	0,0269	0,0450	0,0630	0,0567	0,0830	0,1000	0,0567	0,0770	0,0830
0,0275	0,0560	0,0900	0,0290	0,0485	0,0650	0,0567	0,0830	0,1000	0,0630	0,0870	0,0970
0,0300	0,0560	0,0900	0,0290	0,0485	0,0650	0,0603	0,0830	0,0960	0,0747	0,0970	0,1000

Tablo 5.16. Ağırlıkları Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

EK.16**BPIÇ VE BNIÇ**

P için		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	0,9542	0,9923	0,9497	0,9658	0,9531	0,9448	0,9500	0,9447	0,9860
A 2	CNC 2 (ORTA)	0,9515	0,9916	0,9368	0,9637	0,9531	0,9437	0,9423	0,9322	0,9377
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	0,9498	0,9930	0,8060	0,9563	0,9428	0,9345	0,9241	0,9199	0,9219

C 10	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	C 21
0,9265	0,9125	0,9177	0,9485	0,9481	0,9644	0,9244	0,9555	0,9379	0,9415	0,9447	0,9752
0,9188	0,9125	0,9177	0,9485	0,9481	0,9609	0,9126	0,9524	0,9379	0,9373	0,9447	0,9776
0,9188	0,9125	0,9177	0,9485	0,9481	0,9527	0,9095	0,9584	0,9336	0,9415	0,9447	0,9756

C 22	C 23	C 24	C 25	C 26	C 27	TOPLAM
0,9582	0,9095	0,9416	0,9550	0,9202	0,9279	24,6083
0,9582	0,9146	0,9425	0,9525	0,9202	0,9177	25,4273
0,9545	0,9214	0,9416	0,9525	0,9203	0,9095	25,2097

Tablo 5.17. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm

EK.17**BPİÇ VE BNİÇ**

N için		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	0,0466	0,0101	0,0518	0,0349	0,0531	0,0586	0,0519	0,0575	0,0199
A 2	CNC 2 (ORTA)	0,0491	0,0111	0,0654	0,0374	0,0531	0,0601	0,0605	0,0703	0,0654
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	0,0506	0,0115	0,0707	0,0449	0,0629	0,0689	0,0743	0,0822	0,0805

C 10	C 11	C 12	C 13	C 14	C 15	C 16	C 17	C 18	C 19	C 20	C 21
0,0754	0,0884	0,0839	0,0563	0,0567	0,0367	0,0769	0,0484	0,0676	0,0625	0,0600	0,0277
0,0830	0,0884	0,0839	0,0563	0,0567	0,0402	0,0884	0,0524	0,0676	0,0678	0,0600	0,0252
0,0829	0,0884	0,0839	0,0563	0,0567	0,0480	0,0912	0,0468	0,0704	0,0625	0,0600	0,0269

C 22	C 23	C 24	C 25	C 26	C 27	TOPLAM
0,0432	0,0912	0,0636	0,0473	0,0818	0,0729	1,5249
0,0432	0,0862	0,0632	0,0497	0,0818	0,0835	1,6499
0,0466	0,0794	0,0636	0,0497	0,0811	0,0912	1,7321

Tablo 5.18. Bulanık Negatif İdeal Çözüm

EK.18

P için		TOPLAM
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	24,6083
A 2	CNC 2 (ORTA)	25,4273
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	25,2097

N için		TOPLAM
A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	1,5249
A 2	CNC 2 (ORTA)	1,6499
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	1,7321

Tablo 5.19. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm

EK.19

Tablo 5.20 BPİÇ ve BNİÇ yakınlık katsayıları

A 1	CNC 1 (DÜŞÜK)	0,05835106
A 2	CNC 2 (ORTA)	0,06093318
A 3	CNC 3 (YÜKSEK)	0,06429043

ÖZGEÇMİŞ

İstanbul, 01.05.1976 doğumlu , İlk , Orta , eğitimim sonrası , Vefa Lise ardından Üniversite eğitimimi Beykent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, mehmetaybar@hotmail.com

Mehmet AYBAR

