

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI VE  
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ORMAN ENDÜSTRİSİNDE ÖRNEK UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**End. Müh. Hilal SİNGER**

**OCAK 2019  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI VE  
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ORMAN ENDÜSTRİSİNDE ÖRNEK UYGULAMA**

**End. Müh. Hilal SİNGER**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce  
"ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 / 12 / 2018  
Tezin Savunma Tarihi : 04 / 01 / 2019**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hilal SİNGER Tarafından Hazırlanan**

**YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI VE  
ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ORMAN ENDÜSTRİSİNDE ÖRNEK UYGULAMA**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 18 / 12 / 2018 gün ve 1783 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN** .....

**Üye : Doç. Dr. Fatih YAPICI** .....

**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇAKAR** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörlerin Araştırılması ve Önceliklendirilmesi: Orman Endüstrisinde Örnek Uygulama” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince her konudaki desteği ve yardımlarından dolayı değerli danışman hocam Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN’e teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve desteğini esirgemeyen Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca daima yanımda olan ve bugünlere ulaşmamdaki emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hilal SİNGER  
Trabzon 2019

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörlerin Araştırılması ve Önceliklendirilmesi: Orman Endüstrisinde Örnek Uygulama” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/01/2019

Hilal SİNGER

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Araştırması .....	3
1.3. Orman Ürünleri Sanayi .....	7
1.4. Odunun İşlenmesi.....	9
1.5. Yüzey Pürüzlülüğü .....	11
1.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Tanımı .....	11
1.5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri .....	12
1.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri .....	14
1.5.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler .....	15
1.6. Çok Kriterli Karar Verme.....	17
1.6.1. Karar ve Karar Verme .....	17
1.6.2. Karar Verme Türleri.....	18
1.6.3. Çok Kriterli Karar Vermenin Tanımı .....	19
1.6.4. Çok Kriterli Karar Vermenin Yapısı .....	20
1.6.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması .....	21
1.7. Bulanık Mantık, Bulanık Küme Teorisi ve Bulanık Sayılar .....	23
1.8. Çalışmada Kullanılan Yöntemler .....	25
1.8.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi .....	25
1.8.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi.....	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	32

2.1.	Problem ve Yöntem.....	32
2.2.	Biçme İşlemi için Faktörlerin Belirlenmesi .....	33
2.3.	Planyalama İşlemi için Faktörlerin Belirlenmesi .....	35
2.4.	Analiz .....	36
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA .....	50
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	57
5.	KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ		



## Yüksek Lisans Tezi

### ÖZET

#### YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI VE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: ORMAN ENDÜSTRİSİNDE ÖRNEK UYGULAMA

Hilal SİNGER

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN  
2019, 65 Sayfa

Ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü nihai ürünlerin kalitesinin değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olan faktörlerin önceliklerinin belirlenmesinin ürün kalitesinin artırılmasında başarı için kilit rol oynayacağı bir gerçektir. Bu nedenle bu tez, biçme ve planyalama işlemlerinde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkilere sahip olan faktörlerin önceliklendirilmesine odaklanmaktadır. İlk olarak, üç seviyeden (amaç, ana faktörler ve alt faktörler) oluşan karar problemlerinin hiyerarşik yapıları tasarlanmıştır. İkinci olarak, yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin ağırlıklarını belirlemek için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve bulanık AHP yöntemleri kullanılmıştır. Son olarak, yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin önceliklendirilmesi AHP ve bulanık AHP ile elde edilen ağırlıklara göre yapılmıştır. Biçme işlemi için en önemli faktörler besleme hızı, kesme hızı, diş tipi ve geometrisi ve testere diş sayısı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, besleme hızı, bıçak geometrisi, yonga tipi ve kalınlığı ve malzeme kusuru planyalama işlemi için en önemli faktörler olarak bulunmuştur.

Çalışmanın bulguları, mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin tatmin edici yüzey kalitesi sağlamak için yukarıda bahsi geçen faktörlere daha çok odaklanması gerektiğini göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi açısından mobilya ve orman ürünleri endüstrisine faydalı bir rehber sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik hiyerarşi prosesi, Bulanık analitik hiyerarşi prosesi, Planyalama, Biçme, Yüzey pürüzlülüğü, Ahşap



Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION AND PRIORITIZATION OF FACTORS INFLUENCING SURFACE  
ROUGHNESS: SAMPLE APPLICATION IN THE FOREST INDUSTRY

Hilal SİNGER

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Industrial Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Şükrü ÖZŞAHİN  
2019, 65 Pages

The surface roughness of wood and wood-based materials is very significant in terms of assessing the quality of final products. It is a fact that determining the priorities of factors that poses an important effect on surface roughness will play the key role for success in enhancing the product quality. Therefore, this thesis focuses on the prioritization of factors that have significant effects on the surface roughness of wood and wood-based materials in sawing and planing processes. Firstly, hierarchical structures of the decision problems that consist of three levels (goal, main factors and subfactors) were devised. Secondly, the analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy AHP methods were employed to determine the weights of the surface roughness factors. Finally, the prioritization of the surface roughness factors was done according to the weights obtained via AHP and fuzzy AHP. The most significant factors for the sawing process were detected as feed speed, cutting speed, tooth shape and geometry, and number of teeth. Furthermore, feed speed, tool geometry, chip shape and thickness, and material defect were found as the most important factors for the planing process.

The findings of the study showed that the furniture and forest products industry should focus more on the above-mentioned factors to provide satisfying surface quality. Consequently, this study provides a useful guide to the furniture and forest products industry in terms of the improvement of the surface quality of wood and wood-based products.

**Key Words:** Analytic hierarchy process, Fuzzy analytic hierarchy process, Planing, Sawing, Surface roughness, Wood

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye'nin odun arz talep durumu.....	8
Şekil 2. Planya makinası.....	9
Şekil 3. Daire testere örneği .....	10
Şekil 4. Yüzey karakteristiklerinin görünümü.....	12
Şekil 5. $R_a$ (a), $R_{max}$ (b) ve $R_z$ (c).....	14
Şekil 6. ÇKKV süreci .....	20
Şekil 7. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırması .....	22
Şekil 8. Üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonunun gösterimi.....	25
Şekil 9. AHP şeması .....	26
Şekil 10. AHP'deki elemanların bir hiyerarşisi.....	27
Şekil 11. Çalışmanın aşamaları .....	32
Şekil 12. Biçme işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısı .....	34
Şekil 13. Planyalama işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısı .....	35
Şekil 14. Biçme işlemi için ana faktörlerin ağırlıkları.....	50
Şekil 15. Biçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları .....	51
Şekil 16. Biçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin ağırlıkları.....	51
Şekil 17. Biçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin ağırlıkları .....	52
Şekil 18. Biçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları .....	52
Şekil 19. Planyalama işlemi için ana faktörlerin ağırlıkları .....	53
Şekil 20. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları .....	54
Şekil 21. Planyalama işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin ağırlıkları .....	54
Şekil 22. Planyalama işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin ağırlıkları .....	55
Şekil 23. Planyalama işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları .....	55

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Saaty'nin karşılaştırma skalası.....	28
Tablo 2. RC indeksi.....	29
Tablo 3. Bulanık değerlendirme skalası.....	31
Tablo 4. Biçme işlemi için ana faktörlerin amaca göre AHP ile değerlendirilmesi.....	38
Tablo 5. Biçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	38
Tablo 6. Biçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	38
Tablo 7. Biçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	38
Tablo 8. Biçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	39
Tablo 9. Planyalama işlemi için ana faktörlerin amaca göre AHP ile değerlendirilmesi.....	39
Tablo 10. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	39
Tablo 11. Planyalama işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	40
Tablo 12. Planyalama işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	40
Tablo 13. Planyalama işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi.....	40
Tablo 14. Biçme işlemi için AHP nihai sonuçları.....	41
Tablo 15. Planyalama işlemi için AHP nihai sonuçları.....	42
Tablo 16. Biçme işlemi için ana faktörlerin amaca göre bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	43
Tablo 17. Biçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	43
Tablo 18. Biçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	44
Tablo 19. Biçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	44

Tablo 20. Biçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	45
Tablo 21. Planyalama işlemi için ana faktörlerin amaca göre bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	45
Tablo 22. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	45
Tablo 23. Planyalama işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	46
Tablo 24. Planyalama işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	46
Tablo 25. Planyalama işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi.....	47
Tablo 26. Biçme işlemi için bulanık AHP nihai sonuçları .....	48
Tablo 27. Planyalama işlemi için bulanık AHP nihai sonuçları .....	49

## SEMBOLLER DİZİNİ

AHP	: Analitik hiyerarşi prosesi
ANP	: Analitik ağ süreci
ARAS	: Toplanan oran değerlendirme
BOCR	: Fayda, fırsat, maliyet ve risk
CI	: Tutarlılık indeksi
COPRAS	: Karmaşık nisbi değerlendirme
CP	: Uzlaşık programlama
CR	: Tutarlılık oranı
ÇAKV	: Çok amaçlı karar verme
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
ÇNKV	: Çok nitelikli karar verme
ELECTRE	: Gerçeği açıklayan eleme ve seçim
LINMAP	: Tercihin çok yönlü analizi için doğrusal programlama tekniği
MAUT	: Çok nitelikli fayda teorisi
MDF	: Orta yoğunlukta lif levha
MOORA	: Oran analizi temeline dayalı çok amaçlı optimizasyon
ORESTE	: Depolama ve organizasyon ilişkisel özet verisi
PROMETHEE	: Zenginleştirilmiş değerlendirme için tercih sıralama organizasyonu metodu
$R_a$	: Ortalama pürüzlülük
RC	: Rastgele tutarlılık indeksi
$R_{max}/R_y$	: En büyük pürüzlülük
$R_z$	: On nokta yüksekliği
SAW	: Basit toplamlı ağırlıklandırma
TKKV	: Tek kriterli karar verme
TOPSIS	: İdeal çözüme benzerliğe göre tercih sıralama tekniği
VIKOR	: Çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm
$Y_i$	: Profil ortalama çizgisinden sapma
$Y_p$	: En yüksek tepe
$Y_v$	: En derin nokta

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Üretim, hayatımızda önemli bir rol oynamaktadır. Sadece ürünlerin nasıl üretildiğine ve bizlere nasıl ulaştırıldığına değil, aynı zamanda ürünlerin ne kadar kaliteli üretildiğine de önem vermekteyiz. Dünyanın dört bir yanındaki üreticiler, tüketicinin beklentilerini karşılamak için sürekli olarak yeni ve gelişmiş ürün üretmeye çalışmaktadır. Çabalar, üretim sistemleri, üretim prosesleri veya üretim materyalleri üzerine odaklanabilir. Üretim prosesleri alanındaki farklı süreçler, nihai ürünlerin kalitesi üzerindeki etkileri açısından değerlendirilebilir [1].

Ağaç malzeme, işlenme kolaylığı, işlenme sırasında düşük enerji tüketimi gereksinimi, farklı renk ve desenlerde bulunabilirliği, ses ve ısı iletim özellikleri ile yüzey işlemleri için uygunluğu gibi özellikleri nedeniyle iç ve dış dekorasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Masif ağaç malzeme, biçme, planyalama, zımparalama vb. işlemlerden geçirildikten sonra nihai bir ürün haline gelir [3]. Genel olarak işleme tabi tutulan odunun yüzey kalitesi hem işleme koşulları hem de odun özellikleriyle ilgili birçok faktörden etkilenmektedir. İşleme koşulları ile ilgili en önemli faktörler kesme hızı, diş adımı, kullanılan bıçağın körlüğü, kesme açısı ve kesme yönü iken odun özellikleri ile ilgili en önemli faktörler yoğunluk, rutubet miktarı ve anatomik özelliklerdir. Nihai ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde önemli bir kıstas olan yüzey pürüzlülüğü, işlemenin ve odunun anatomik yapısının bir kombinasyonudur [4]. Bu sebeple, yüksek kaliteli bir yüzeye ulaşmak için işleme koşulları ve odun özelliklerine ilişkin faktörlerin değerlendirilmesi önemlidir.

Herhangi bir odun işleme sürecinin karakterizasyonu odunun anizotropik ve heterojen yapısı nedeniyle kolay değildir. Odun özellikleri bir türden başka bir türe ve hatta bir ağacın içinde bile büyük ölçüde değişiklik gösterebilmektedir [5]. Ayrıca, odunun herhangi bir işlemde bağımsız yüzey dokusu oluşturan spesifik anatomik yapı içermesinden dolayı odun yüzey verileri karmaşıktır [6]. Yüzey pürüzlülüğü, son işlem maliyetleri ve ağaç ürünlerinin algılanan kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahip olsa da odunun yüzey pürüzlülüğünün nasıl ölçüleceği ve değerlendirileceği konusunda bir fikir birliği yoktur. Çünkü odunun anatomik özellikleri yüzey verilerinin ölçülmesini ve

değerlendirilmesini etkilemektedir. Sonuç olarak, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi üzerine genel standartlarda verilen yöntemler ve öneriler odun yüzeylere iyi uygulanamamaktadır [7].

Bir tasarım ve üretim prosesinin en iyilenmesi, her zaman ürünün gereksinimleri ve işleme kabiliyetine uygun sınırlamalar ile ilişkilidir. Ürünün gereksinimleri, hammadde seçimini, arzu edilen yüzey özelliklerinin sağlanması için gerekli işlemleri ve piyasadaki talebi etkilemektedir. Estetik gereksinimler gibi sayısal olarak kolayca ifade edilemeyen çok sayıda çeşitli kriterler ve değişkenler nedeniyle odunun yüzey pürüzlülüğünün doğru bir şekilde değerlendirilmesi mümkün değildir. Burada, deneyimler büyük rol oynamaktadır [4].

Odunun yüzey pürüzlülüğünü etkileyen çok sayıda faktör vardır ki, bunların bazılarının kontrolü mümkün iken bazılarının kontrolü mümkün değildir. Odun işleme sürecinde çeşitli faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemek için çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır [8]. Bu çalışmalar, her faktörün odunun yüzey kalitesi üzerinde farklı bir etkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmış ve yüzey pürüzlülüğü faktörlerinden hangisinin daha fazla önem arz ettiğini söylemenin zor olduğunu vurgulamıştır. Ancak, ele alınan faktörlerin çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi vasıtasıyla önceliklendirilmesi araştırmacılara yararlı bilgiler sunmaktadır. Bu amaçla, ÇKKV yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve analitik ağ süreci (ANP) yaygın olarak kullanılmaktadır.

AHP ve bulanık AHP, araştırmacılar tarafından karmaşık karar problemleriyle başa çıkmak için güçlü yöntemler olarak kabul edilmiş ve birçok problemin çözümünde kullanılmıştır. Bu yöntemler, farklı faktörler arasındaki öncelikleri belirlemek için etkili bir şekilde uygulanabilir. Bu nedenle bu çalışmada, ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin biçme ve planyalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğüne etki eden önemli faktörlerin analizi AHP ve bulanık AHP ile gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasını yürütmek için izlenen adımlar aşağıdaki gibidir.

1. Literatür araştırmasının sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin belirlenmesi
2. Uzman görüşü doğrultusunda karşılaştırma/değerlendirme matrislerinin oluşturulması
3. Tüm matrislerin tutarlılıklarının sağlanmasının ardından değerlendirme skorlarının birleştirilmesi

4. AHP ve bulanık AHP yöntemlerinin hesaplama prosedürüne dayanarak yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin ağırlıklarının elde edilmesiyle faktörler arasındaki önceliklerin tespit edilmesi

Bıçme ve planyalama süreçleri için işleme koşullarına ve odun özelliklerine ilişkin birçok faktörün önceliklerinin ÇKKV yöntemleriyle belirlenebileceği gösterilmiş olup bu çalışma ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi açısından literatüre katkıda bulunmaktadır.

## 1.2. Literatür Araştırması

Farklı disiplinlerde ÇKKV yöntemi kullanan araştırmalar katlanarak artmıştır. ÇKKV yöntemleri, belirli bir sorunun olası çözümü olarak önceden tanımlanmış alternatifleri sıralamak ve ele alınan kriterlerin ve/veya faktörlerin önem derecesini tespit etmek için kullanılmaktadır. AHP, problemleri çözmeye kapsamlı bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Farklı mühendislik dallarındaki birçok çalışma çeşitli karar problemlerini çözmek için AHP'yi kullanmıştır. Bu çalışmalara su kalitesi parametrelerinin önceliklendirilmesi [9], güneş ev sistemi paketi seçimi [10], inşaat projelerinde güvenlik risklerinin önceliklendirilmesi [11], küçük nehir tipi hidroelektrik santralinin seçimi [12], güvenlik kriterlerine dayanarak yüklenicilerin seçilmesiyle dönüşüm bakım projelerinde kayıp önleme [13], enerji yönetimi iyileştirmesi için Sırbistan'daki imalat sektörlerinin önceliklendirilmesi [14], haşere kontrolü için uygun stratejilerin seçilmesi [15], insan performansının artırılabilmesi için yönetim stillerinin karşılaştırılması [16], güneş termik güç santrali yatırım projelerinin seçimi [17], mobil servislerin ve önemli faktörlerinin değerlendirilmesi [18] ve teknoloji transferi için önemli faktörlerin önceliklendirilmesi [19] örnek olarak verilebilir. Bunlar ve benzeri çalışmalar, AHP'nin karar problemlerini çözmeye oldukça başarılı olduğunu kanıtlamıştır. Öte yandan, ikili karşılaştırma sürecinde bulanık sayıların kullanılmasına dayanan bulanık AHP yöntemi de yenilenebilir enerji yaygınlaştırma programlarının değerlendirilmesi için önemli faktörlerin analizi [20], yer seçimi [21], performans değerlendirme [22, 23], üniversite işletme kuluçkalarının stratejik yönetimi için faktörlerin önceliklendirilmesi [24], personel seçimi [25], yenilenebilir enerji planlaması [26] gibi karar problemlerinin çözümünde başarıyla kullanılmış ve birçok çalışmada bulanık AHP'nin etkili bir bulanık ÇKKV yöntemi olduğu vurgulanmıştır.



ÇKKV yöntemleri odun biliminde sınırlı bir kullanım alanına sahip olsa da, diğer mühendislik bilimlerinde olduğu gibi başarıyla uygulanmıştır. Smith ve arkadaşları [27] keresteyi köprü malzemesi olarak kullanmayı etkileyen faktörleri analiz etmek için AHP'yi kullanmışlardır. Bir diğer çalışmada, Azizi [28] AHP, ANP ve BOCR (fayda-fırsat-maliyet-risk) yapılarını uygulayarak kavak odununu tedarik etmek için en iyi seçeneği belirlemiştir. Lipušček ve arkadaşları [29] odun ürünlerini çevreye etkileri açısından sınıflandırmak için AHP yöntemini kullanmışlardır. Azizi ve Modarres [30] tarafından yapılan bir çalışmada AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak en iyi yapı paneli seçilmiştir. Azizi ve arkadaşları [31] AHP'yi kullanarak ithal edilen en iyi orta yoğunlukta lif levha (MDF) ürününü seçmişlerdir. Kuzman ve Grošelj [32] AHP yöntemiyle içerisinde ahşap yapının da yer aldığı farklı yapı türlerini karşılaştırmışlardır. Bir diğer çalışmada, Sarfi ve arkadaşları [33] yonga levha ve MDF pazarlarını etkileyen faktörleri analiz etmek için AHP'yi kullanmışlardır. Son olarak, Karakuş ve arkadaşları [34] tarafından yapılan bir çalışmada TOPSIS, MAUT ve CP ile en iyi özelliklere sahip nanokompozitler tahmin edilmiştir. Yapılan kapsamlı literatür araştırmasının sonuçlarına dayanarak, AHP ve/veya başka bir ÇKKV modelinin ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin önceliklendirilmesi amacıyla kullanılmadığını söylemek mümkündür.

Nihai ürünün yüzey kalitesini iyileştirmek için son yıllarda ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırma çalışmaları artış göstermiştir. Bu yürütülen çalışmalar, işleme sürecinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen her faktörün öneminin farklı olduğunu ortaya koymuştur. Çeşitli faktörlerin ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini incelemek için yapılan bazı çalışmalar hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

Sofuoğlu ve Kurtoğlu [3], “Masif Ağaç Malzemenin Planyalanması ve Zımparalanmasında İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkileri” adlı çalışmalarında; Türkiye’de yaygın olarak kullanılan çeşitli sert ağaç (sapsız meşe ve karakavak) ve yumuşak ağaç (karaçam ve Toros sediri) türleri için planyalama ve zımparalama deneylerinde farklı zımpara numarası, besleme oranı, kesme açısı, bıçak sayısı ve bıçak izi değerleri dikkate alınarak yüzey pürüzlülüğü incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, en yüksek pürüzlülük değerleri sapsız meşede görülmüştür.

Tiryaki ve arkadaşları [5], “Oduunun Zımparalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünü ve Güç Tüketimini Azaltmak için Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması” başlıklı çalışmalarında; aşındırıcı tipi, basınç miktarı, işleme hızı, odun türü ve aşındırıcı tane sayısı parametrelerini dikkate alarak odunun zımparalanmasındaki yüzey pürüzlülüğünü ve güç tüketimini geliştirdikleri yapay sinir ağı modelleri aracılığıyla tahmin etmişlerdir. Sürecin optimize edilmesine yönelik örneklerde, aşındırıcı tane sayısının artırılması ve diğer işlem parametrelerinin sabit olması durumunda yüzey pürüzlülüğünün ve güç tüketiminin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Gurau ve arkadaşları [6], “Orta Yoğunlukta Lif Levhanın Yüzey Pürüzlülüğü Parametrelerine Tür ve Öğütme Disk Mesafesinin Etkisi” konulu çalışmalarında; üç farklı disk mesafesi (0,06; 0,15 ve 0,6 mm) ve farklı ağaç türlerinden (kayın, kavak, huş, sarıçam ve %50 sarıçam-%50 kayın) üretilen MDF’leri dikkate almışlar ve yüzey pürüzlülüğü için yeni bir değerlendirme yaklaşımı önermişlerdir. Sonuç olarak, 0,6 mm mesafe ve kayın liflerinden yapılmış paneller için en yüksek pürüzlülük değerleri ölçülmüştür.

Burdurlu ve arkadaşları [8] “Karaçam ve Karakavak’ın Rendelenmesi ve Zımparalanmasında Bıçak Sayısı ve Zımpara Tanecik Büyüklüğünün Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi” adlı çalışmalarında; farklı zımpara numarası (60, 80, 120, 180 ve 220), bıçak sayısı (2, 3 ve 4) ve besleme hızı (5 ve 9 m/dk) değerlerini dikkate alarak teğet ve radyal yüzeyler üzerinde incelemeler yapmışlardır. Çalışmada, zımparalanmış yüzey açısından karakavak için teğet yüzeyde 180 ve karaçam için teğet yüzeyde 220 numaralı zımparada en iyi sonuca ulaşılmıştır. Rendelenmiş yüzey bakımından ise 2 bıçak ve 5 m/dk için teğet yüzeyde iyi neticeler elde edilmiştir.

Iskra ve Hernández [35], “Frezelenmiş Kâğıt Huşunun Yüzey Kalitesi Üzerine Kesme Parametrelerinin Etkisi ve Yüzey Pürüzlülüğü Tahmin Modellemesi” adlı çalışmalarında; kesme derinliğinin, besleme hızının ve lif yönünün pürüzlülük üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar, yüzey pürüzlülüğü ve kesme derinliği arasında anlamlı bir ilişki olmadığını, pürüzlülüğün büyük ölçüde besleme hızına ve lif yönüne bağlı olduğunu ve besleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün doğrusal olarak arttığını göstermiştir.

Aguilera [36], “Orta Yoğunlukta Lif Levha Biçmede Kesme Enerjisi ve Yüzey Pürüzlülüğü” adlı çalışmada; MDF için uzunlamasına yönde biçmede gerekli olan kesme enerjisini değerlendirmiş ve ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir.

Çalışmada, kesme enerjisi ile yüzey pürüzlülüğü arasında yakın bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Budakçı ve arkadaşları [37], “Farklı Daire Testereler ile Kesilen Isıl İşlem Uygulanmış Odunun Yüzey Pürüzlülüğünü Değerlendirme” konulu çalışmalarında; 28, 48, 60, 72 ve 96-dişli daire testereleri dikkate almışlardır. Sonuçlar, ısıl işlemin odunun yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını ve odunun rengini değiştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, düzgün yüzey elde etmek için 28 testere diş sayısı önerilmiştir.

Tiryaki ve arkadaşları [38], “İşleme Prosesinde Odunun Yüzey Pürüzlülüğünü Modellemek için Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması” adlı çalışmalarında; odun türü (kayın ve ladin), besleme oranı (7 ve 14 m/dk), kesici sayısı (1, 2 ve 4), kesme derinliği (0,5 ve 1,5 mm), ilkbahar-yaz odunu ve zımpara numarası (80 ve 100) değişkenlerinin planyalama işleminde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmışlar ve yapay sinir ağları ile modellemişlerdir. Düzgün yüzeyler, besleme hızı ve kesme derinliği azalışıyla kesici sayısı ve zımpara numarası artışıyla elde edilmiştir.

Kminiak ve arkadaşları [39], “Kayın Odununun Enine Biçilmesi Sırasında Daire Testere Bıçaklarının Takım Aşınması Üzerine Yüzey Kalitesinin Bağımlılığı” adlı çalışmalarında, farklı diş sayısı değerlerini (24, 40 ve 60) ve kesme mesafelerini dikkate almışlardır. Sonuçlar, 40-dişli testere bıçağının en uygun neticeler elde ettiğini, testere bıçağı aşınmasının mesafe ile orantılı olarak arttığını ve aşınmanın yüzey kalitesi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir.

Rolleri ve arkadaşları [40], “Yüzey Pürüzlülüğü ve Islanabilirlik Değişimi: Monteri Çamı Odununun Frezelenmesi Sırasında Kesme Mesafesinin Etkisi” adlı çalışmalarında; farklı besleme hızı (22, 30 ve 38 m/dk), kesme hızı (44, 50 ve 56 m/s) ve kesme mesafesi (0, 2000, 4000, 6000, 8000 ve 10000 m) değerlerinde yüzey pürüzlülüğündeki değişimi açıklamışlardır. Neticelere göre, besleme hızı arttığında pürüzlülük artmakta, kesme hızı arttığında pürüzlülük azalmakta ve 0-2000 m arasında ve 8000 m’den sonra pürüzlülük azalış göstermektedir.

Özşahin ve Singer [41], “Odunun Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Proses Parametrelerinin Etkilerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi” başlıklı çalışmalarında; odun türü, bıçak sayısı, besleme oranı ve kesme derinliği değişkenlerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmişlerdir. Planyalama sürecinin optimize edilmesine yönelik örneklerde, besleme oranındaki ve kesme derinliğindeki azalışın yüzey pürüzlülüğünü azalttığı görülmüştür.

Literatür araştırması, odun bilimi alanında ÇKKV yöntemlerinin kullanımını içeren çalışmaların sayısının az olduğunu ve diğer mühendislik bilimlerinde AHP ve bulanık AHP ile birçok karar probleminin çözüldüğünü göstermiştir. Bununla birlikte, bir ÇKKV yöntemi henüz biçme ve planyalama işlemlerinde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörleri önceliklendirmek için kullanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın ana amaçları AHP ve bulanık AHP vasıtasıyla odun yüzey pürüzlülüğü faktörleri için öncelik değerlerini elde etmek ve ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesini arttırmak için çabalayan mobilya ve orman ürünleri endüstrisine yararlı bir kılavuz sağlamaktır.

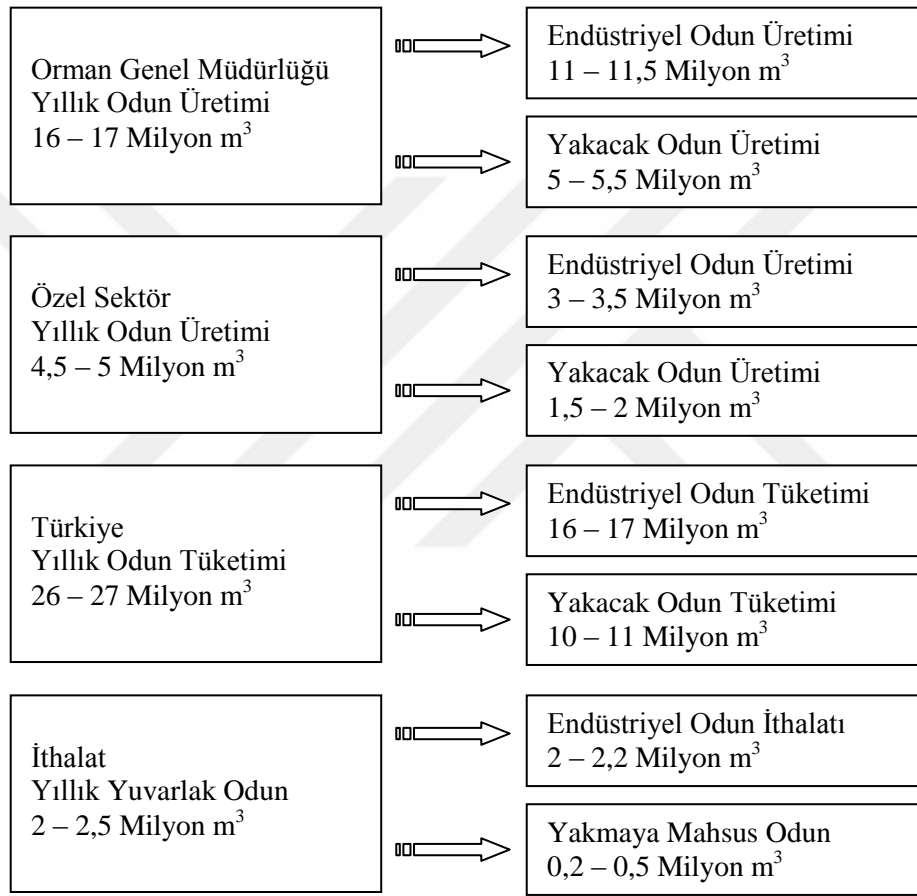
### 1.3. Orman Ürünleri Sanayi

Orman ürünleri sanayi; irili ufaklı binlerce işletmeden oluşan, imalat sanayinin bir alt sektörüdür. Uluslararası standart sanayi sınıflandırmasına göre imalat sanayinin ikili bir alt sanayi grubu olan orman ürünleri sanayi, ara malı üreten sanayiler arasında yer alan ağaç ve mantar ürünleri ile tüketim malı üreten sanayiler arasında yer alan mobilya sanayinden oluşmaktadır [42, 43]. Bu sektör, ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ham ürünlerin özellikle odunun yarma, kesme, biçme ve soyma şeklinde biçim değiştirerek, yongalayarak veya liflere ayırarak yapıştırıcı madde kullanarak veya kullanmaksızın presleme, buharlama, kurutma, emprenye etme ve benzeri işlemlerle odunun bünyesini değiştirmeden veya değiştirerek yarı mamul veya mamul üreten, gerektiğinde birinin mamulünü hammadde olarak kullanıp bütünleşmiş düzende üretim yapan bir sanayi koludur [43, 44].

Orman ürünleri sanayisi üç ana grupta sınıflandırılabilir [45].

1. Birincil İmalat Sanayi
  - Kereste endüstrisi
  - Levha endüstrisi (kaplama, kontrplak, kontratabla, yonga levha, lif levha vb.)
  - Kâğıt hamuru ve kâğıt endüstrisi
2. İkincil İmalat Sanayi
  - Birinci imalat sanayisinin mamul ve yarı mamullerini hammadde olarak kullanan parke, doğrama, mobilya, prefabrik ev üretimi vb.
3. Diğer Orman Ürünleri Sanayi
  - Müzik aletleri, ayakkabı kalıbı, ahşap oyuncak, ahşap torna mamulleri, kalem sanayi vb.

Türkiye’de yıllık olarak yaklaşık 25 milyon m<sup>3</sup> odun tüketilmekte olup bunun 17 milyon m<sup>3</sup>’ü Orman Genel Müdürlüğü tarafından, 5 milyon m<sup>3</sup>’ü özel sektör tarafından ve 2,5 milyon m<sup>3</sup>’ü de ithalat yoluyla temin edilmektedir. Tüketilen miktarın 15 milyon m<sup>3</sup>’ü endüstriyel odun olarak, 10 milyon m<sup>3</sup>’ü ise yakacak odun olarak kullanılmaktadır. Türkiye’nin endüstriyel odun tüketiminin %88’i ülke kaynaklarından karşılanmakta olup kişi başı endüstriyel odun üretimi 0,2 m<sup>3</sup> iken tüketim 0,22 m<sup>3</sup>’tür (bkz. Şekil 1) [43, 46].



Şekil 1. Türkiye’nin odun arz talep durumu

Orman ürünleri sektörü imalat alanında sanayi istihdam endeksi, 2011 yılında 107,8, 2012 yılında ortalama 111,3 ve 2013 yılı ilk iki döneminde 111,9 olmuştur. Orman ürünleri sektöründe kapasite kullanım oranları ise işletmelere göre değişmekte olup, küçük ölçeklilerde %40, orta ölçeklilerde %55, büyük ölçeklilerde ise %80 olduğu tahmin edilmektedir. Orman ürünleri sektörünün tam kapasite çalışmama nedenlerinin %54’ü iç talep, %19,4’ü dış talep yetersizliğinden, %6,6’sı çalışanlarla ilgili sorunlardan, %5,9’u

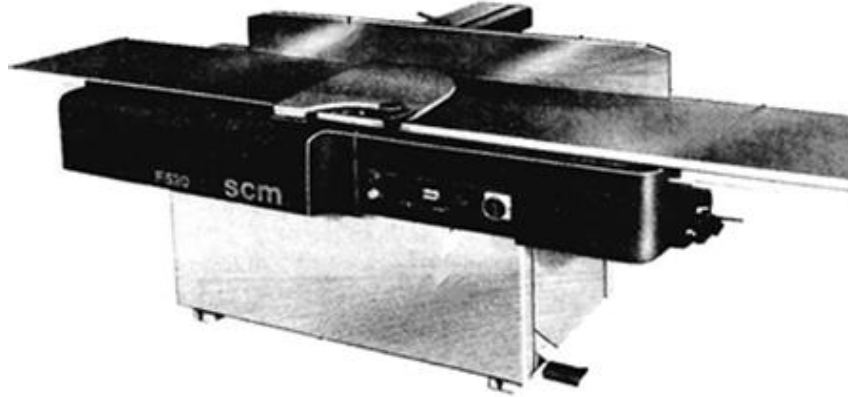
hammadde yetersizliğinden, %4,9'u finansmandan ve %9,2'si diğer nedenlerden kaynaklanmaktadır [47].

#### 1.4. Odunun İşlenmesi

İşleme, üretim sürecinin birçok aşamasında temel bir rol oynar ve çoğu durumda kesilerek gerçekleşir. Genellikle, materyalin şeklini, boyutunu ve yüzey kalitesini değiştirir. Farklı işleme eylemleri için en uygun takım seçimlerinin yapılması ve seçilen takımların uzun ömürlü olmalarını sağlamak amacıyla akılcı bir şekilde kullanılması önemlidir [48].

Son yıllarda odun işleme faaliyeti, yetersiz odun kaynağı ve artan çevre bilinci nedeniyle büyük önem kazanmıştır. Odunun işlenmesi, düzgün yüzeylere ulaşmak maksadıyla işleme çalışmalarını içerir. Bu işleme çalışmaları kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

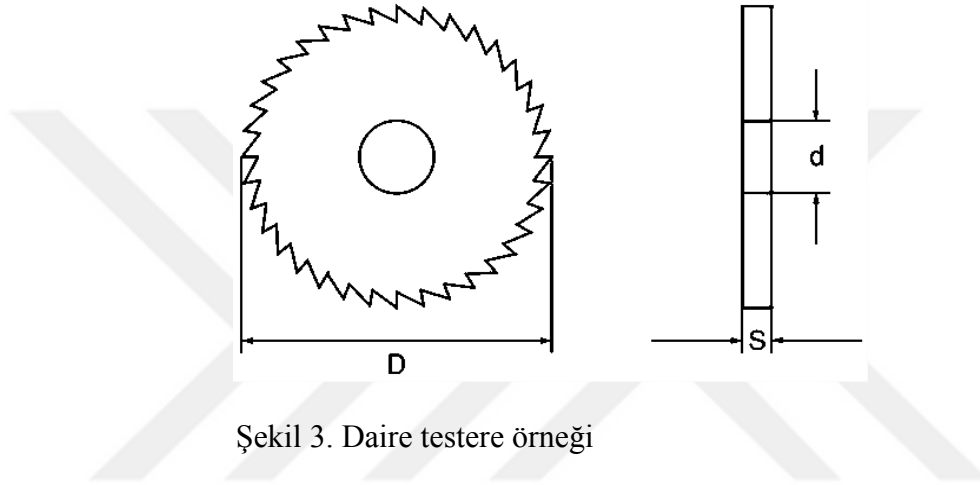
Planyalama, biçmenin ardından belirli ölçülerdeki odunun yüzeyinin düzeltilmesi faaliyetidir. Planyalama işlemi, genellikle iki safhada gerçekleştirilmektedir. Bu safhalar, kaba planyalama ve son planyalamadır [49]. Şekil 2'de örnek bir planya makinası verilmiştir.



Şekil 2. Planya makinası [49].

Bilinen en eski odun işleme tekniklerinden biri olan tornalama, parçaların eksenleri etrafında döndürülmesi suretiyle gerçekleşmektedir. Delgi işlemleri, birleştirme elemanlarının kullanılabilmesi amacıyla parçalar üzerine uygulanır. Mobilyacılıkta yoğun

kullanım yerine sahip olan lamba-zıvana açma, ağaç malzeme konstrüksiyon öğelerinin birleştirilmesinde kullanılır. Frezeleme, parçaların yüzeylerinin ve/veya kenarlarının biçimlendirilmesinde ve düzgünleştirilmesinde kullanılmaktadır. Zımparalama, yüzey kusurlarının düzeltilmesidir [49]. Biçme, hem birincil hem de ikincil odun işleme sektörlerinde en çok kullanılan işleme faaliyetlerinden biri olup çoğu araştırma çalışmaları şerit ve daire testere ile odunun işlenmesine odaklanmıştır. Ancak, daire testere odun işlemede daha yaygın olarak kullanılmaktadır [50].



Şekil 3. Daire testere örneği

Orman endüstri ürünleri, biçme, planyalama vb. işleme faaliyet(ler)inden sonra oluşmaktadır. Ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin işlenmesi, belirli bir boyuta kesme, kesin şekil ve ölçü verme, arzu edilen yüzey kalitesini sağlama gibi özel amaçlara ulaşmak için gerçekleştirilir [4]. Bu malzemeleri işlemede genel amaçlar ise aşağıda yer alan maddelerde belirtildiği gibidir.

1. İşlenen malzemelerin yanında kesici aletlerdeki kayıpların azaltılması
2. Ürünü oluşturan elemanların yüzey düzgünlüğü, şekil ve ölçülerinin gerekli duyarlılığı sağlayacak şekilde ürün kalitesinin artırılması
3. Ürün çıktısının artırılması
4. Maliyetlerin azaltılması
5. Makinelerdeki önlemler ile çalışan güvenliğinin artırılması
6. Çalışma ortamındaki seslerin ve tozların çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması [49].

Odun ortotropik bir materyal olduğundan ötürü özellikleri üç ana yönde (radyal, teğet ve boyuna) farklıdır. Bu üç yön sadece farklı mekanik özellikler tarafından değil, aynı zamanda farklı anatomik yapılar tarafından da karakterize edilir [50].

Odun, anizotropik bir yapıya sahip olduğu için geçerli matematiksel ilişkilerin türetilmesi oldukça güçtür. Her ne kadar ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin ekonomik olarak işlenmesinin ve üretilmesinin önemi büyük olsa da geçmişte işleme süreçlerinin bilgisi, odunun karmaşık yapısı nedeniyle deneysel ilişkiler ve pratik önerilerle sınırlı kalmıştır [48].

İşlenmiş odun yüzeyler, genellikle malzemenin özelliklerine ve işleme sürecine bağlı olarak ortaya çıkabilen çeşitli kusurlara sahiptir [4]. Odunun işlenmesinde karşılaşılan bu kusurlar aşağıdaki gibi iki farklı gruba ayrılabilir.

- İşleme sırasındaki kusurlar: bıçak yanığı, dalma, yonga izi, pürüzlü liflilik, kalkık liflilik, gevşek liflilik, lif kopması, kenar yarılmaları, parlak yonga izi oluşumu ve yarıklardır.
- İşlemeden sonra oluşan kusurlar: iz oluşumları, yerel çekmeler, yıllık halka renklenmeleri, çatlaklar ve çarpılmalarıdır [49].

İşleme sırasında ortaya çıkan pürüzlülük iki ana bileşene sahiptir. Bunlar, odun yapıısından kaynaklı pürüzlülük ve işleme kaynaklı pürüzlüktür [48].

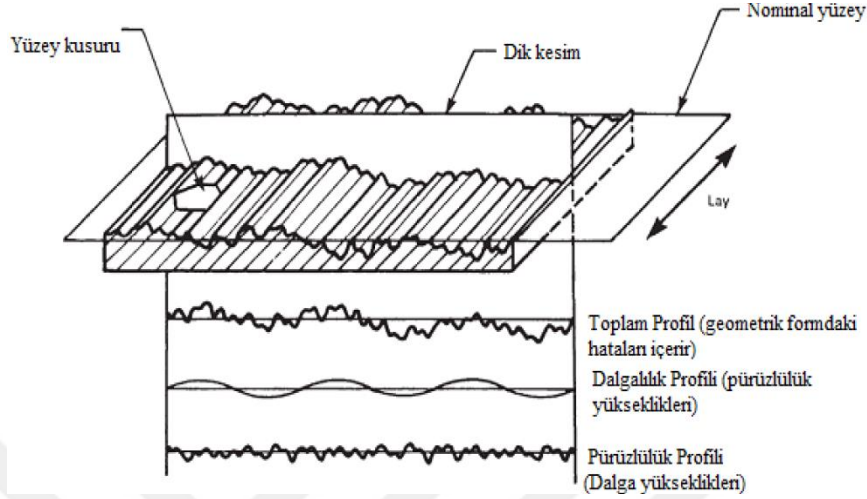
## **1.5. Yüzey Pürüzlülüğü**

### **1.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Tanımı**

Odun bilimi alanında yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırmalar son yıllarda önemli ölçüde artmıştır [51]. İşlenmiş odun yüzeylerin kalitesini değerlendirmek için standart bir öneri olmadığı gibi odunun yüzey pürüzlülüğünün tanımı ve nasıl ölçüleceği konusunda da bir fikir birliği bulunmamaktadır. Gözenekli malzeme olan odun, spesifik bir anatomiye sahip olduğu için homojen materyallerle kıyaslandığında yüzey dokusunun tanımını yapmak zorlaşır. Bu nedenle, yüzey kalitesinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi esnasında dikkate alınan mevcut standartlar işlenen odun için her zaman uygulanabilir değildir. Bununla birlikte, odunun ve kesme aletinin arasındaki etkileşimin sonucu olarak yüzey üzerindeki büyüklüğü işleme kalitesini karakterize eden düzensizlikler ortaya çıkmaktadır.



Üretim sürecinin veya malzeme durumunun neden olduğu bu yüzey düzensizlikleri pürüzlülük olarak tanımlanabilir [7].



Şekil 4. Yüzey karakteristiklerinin görünümü [52].

Ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesi genellikle yüzey düzensizlikleri ile belirlenir. Düzensizlikler, yüzey pürüzlülüğü olarak değerlendirilmekte olup bunların yüksekliği, genişliği ve şekli bir ürünün yüzey kalitesini belirler. Odun işleme endüstrisinin birçok alanında yüzey kalitesi önemli bir husustur. Çünkü odun iyi planlanmış ve/veya zımparalanmış olsa bile yüzeydeki girintilerden dolayı çok düzgün ürün yüzeyi elde edilemeyebilir [53].

Pürüzlülük, üretimde gerçekleştirilen işlemlerin sonucunda oluşan yüzeydeki hataları yansıtır. Yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesi ve izlenmesi ürün kalitesinin üretim boyunca aynı seviyede tutulması için gereklidir. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü üretimin ileriki safhalarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir [3].

### 1.5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Odun yüzey topografisi karmaşıktır ve birçok faktörden etkilenir. Bu faktörlerin bazıları işleme prosesi ile ilgili iken diğerleri malzemeye ilişkindir. Yüzey topografyasının aşırı karmaşıklığı nedeniyle yüzey birkaç parametre ile açıklanamamaktadır. Her parametre topografyanın sadece bir yönünü karakterize edebilir. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğü

ölçümü tarihinde (1930'lardan beri) sayısız yüzey pürüzlülüğü parametresi önerilmiş ve bunların birçoğu uluslararası ve ulusal standartlar olarak tanıtılmıştır [4].

Yüzey pürüzlülüğü parametreleri, bir yüzeyin iki boyutlu profilini profil ortalama çizgisine göre vermekle birlikte girintilerin ve çıkıntıların meydana getirdiği düzensizlikleri de göstermektedir. Bu parametreler arasında en çok kullanılanları şunlardır [54]:

- Ortalama pürüzlülük ( $R_a$ )
- En büyük pürüzlülük ( $R_{max}/R_y$ )
- On nokta yüksekliği ( $R_z$ )

$R_a$ , örnek uzunluğu içerisindeki profil ortalama çizgisinden sapmalar ( $Y_i$ ) ile ilgili değerlerin aritmetik ortalamasının alınmasıdır (bkz. Formül 1) [55].

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (1)$$

$R_{max}$ , en yüksek tepenin ( $Y_p$ ) ve en derin noktanın ( $Y_v$ ) toplamıdır (bkz. Formül 2) [55].

$$R_{max} = Y_p + Y_v \quad (2)$$

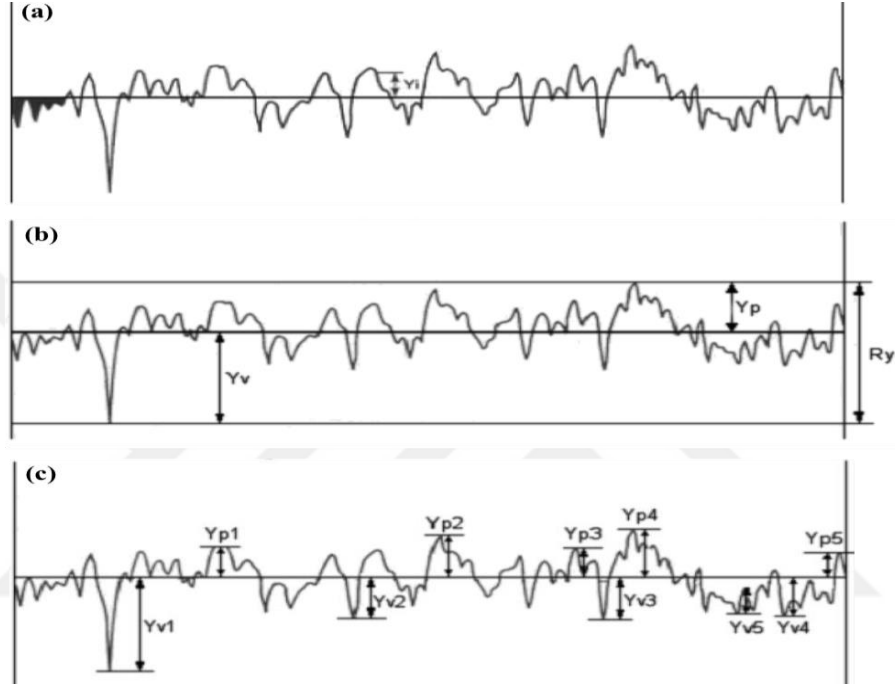
$R_z$ , numune uzunluğu içerisindeki beş  $Y_p$  ile beş  $Y_v$ 'nin ortalamalarının toplamını ifade etmektedir (bkz. Formül 3) [54].

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 Y_{pi}}{5} + \frac{\sum_{i=1}^5 Y_{vi}}{5} \quad (3)$$

Yüzey pürüzlülüğü parametrelerinden bahsi geçen  $R_a$ ,  $R_{max}$  ve  $R_z$  Şekil 5'te gösterilmiştir.

Yüzey kalitesinin sayısal değerlendirilmesi farklı yüzey dokuları arasında karşılaştırmaların yapılmasına imkân veren pürüzlülük parametrelerinin hesaplanmasını gerekli kılar. Ölçüm cihazlarındaki yazılımda bulunan standart parametreler, metaller ve diğer homojen materyaller için başarıyla kullanılmıştır. Ancak, bu parametreler odunun iç

anatomik varyasyonu nedeniyle odun için güvenilir olabilir ve gerçek pürüzlülük değerinden daha büyük sonuçlar gösterebilir [7]. Ayrıca, çok farklı yüzeylerde benzer  $R_a$  değerleri görülebilmektedir. Özetle, yüzey pürüzlülüğü parametreleri odun yüzey topografyası hakkında yeterli bilgi verememektedir. Yüzey pürüzlülüğündeki genel değişim odun anatomisine ve bulanıklığa (belirsiz odun verisine) atfedilebilir [6].



Şekil 5.  $R_a$  (a),  $R_{max}$  (b) ve  $R_z$  (c) [55].

Pürüzlülük parametreleri, farklı işlem değişkenleri arasında karşılaştırmaların yapılmasına izin veren yüzeylerden hesaplanabilir. Bu parametrelerin faydalı olabilmesi için pürüzlülük ölçümlerini ve hesaplamalarını etkileyen faktörlerin standardizasyonu gereklidir. Odun için en uygun ölçme aletlerinin, ölçme yöntemlerinin ve pürüzlülük parametrelerinin seçimi bu faktörlerden bazılarıdır [6].

### 1.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

İşleme kalitesinin bir göstergesi olan yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için birçok yöntem ortaya konulmuştur. Ancak, odunun yüzey pürüzlülüğü için standart bir parametre olmadığı gibi ölçüm yöntemi de bulunmamaktadır. Standart bir ölçüm yönteminin

bulunmayışı araştırmacıları metaller veya diğer homojen materyaller için önerilen standartları kullanmaya zorlamıştır. Bu durum, çeşitli ölçüm aletlerinin ve değerlendirme parametrelerinin kullanılmasına yol açtığı için birçok çalışmada önemli veriler (ölçüm çözünürlüğü, form hatalarının nasıl giderildiği hakkında bilgi vb.) eksiktir. Bu yüzden, aynı tipteki işlemleri karşılaştırmak bile zordur. Çünkü sonuçlar, yüzey verilerinin ölçülme ve değerlendirilme şekli nedeniyle farklılık gösterebilir [7].

Niteliksel ve niceliksel olarak yüzey pürüzlülüğü değerlendirilebilir. Yüzeyin niteliksel olarak değerlendirilmesinde görsel ve dokunsal yöntemler kullanılabilir. Ancak, bu yöntemler ile yapılan değerlendirmeler insanın öznel algısına dayanmaktadır. Başka bir deyişe, hem görsel hem de dokunsal değerlendirmeler ile sadece brüt karşılaştırmaların yapılması mümkün olup odunun yüzey özellikleri hakkında spesifik bilgi elde edilememektedir. Yüzey kalitesinin objektif ve niceliksel olarak değerlendirilmesi için ölçüm araçları kullanılmalı ve yüzey pürüzlülüğü sayısal değerler ile ifade edilmelidir. Bu amaçla, dokunmalı iğne tarama, optik, ultrasonik ve video kamera kullanımı ile görüntü analizi gibi yöntemler kullanılabilir. Ancak, pürüzlülük odunun anatomisi ile ilgili birçok faktöre bağlı olduğu için yüzey değerlendirme yöntemleri bazen yetersiz kalabilmektedir [7, 56].

#### **1.5.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler**

Yüzey pürüzlülüğü, odun yüzeylerin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Çünkü bir odun ürününün estetik değeri yüzey topografisi ile yakından ilişkilidir. Ancak, odunun anizotropik ve heterojen yapısı nedeniyle yüzey kalitesinin değerlendirilmesi karmaşık bir süreçtir [4].

Ağaç malzemenin uygun işlenmesi için gerekli koşullar genel olarak üç grupta incelenir:

1. Bıçak/kesici aletlerin mekanik durumu
2. Aletlerin/makinelerin ayarlanması ve alıştırılması
3. Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri [49].

Odunun özellikleri (anatomisi, yoğunluk, rutubet vb.), proses kinematiği, makine koşulları (tasarım, titreşim, takım aşınması, takım bakımı vb.) ve diğer faktörler (sıcaklık, havadaki nem, vernikleme, boyama, böcek nedeniyle yüzey hasarı vb.) odun yüzeyin karmaşıklığını artırır [57].

Odunun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan araştırmalarda karşılaşılan en büyük zorluklardan biri odun türlerinin içyapılarındaki değişkenliklerdir. Bu durum, her bir odun türünün ayrı işlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, işlenen odunun yüzey kalitesinin hem işleme koşullarından hem de odunun özelliklerinden etkilediğini söylemek mümkündür. İşleme koşulları ile ilgili önemli faktörler kesme hızı, diş aralığı, kesme açısı, bıçak körelmesi, kesme yönü, kesme derinliği, bıçak izi, iş parçasının titreşimi ve kesme şeklidir. Odun özelliklerine ilişkin önemli faktörler ise tür, yoğunluk, rutubet miktarı, ilkbahar-yaz odunu oranı, sertlik, elastikiyet modülü ve anizotropik yapıdır [4].

Lif yönü açısı, besleme oranı, kesme hızı, kesme derinliği, rutubet miktarı, kesme yönü, bıçak/diş sayısı ve odun türü gibi faktörler planyalama ve biçme sırasında odun yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkiler. Pürüzlülüğün azaltılması için rutubet miktarının, lif yönü açısının, besleme oranının ve kesme derinliğinin azaltılması, bıçak/diş sayısının ve kesme hızının artırılması gerekir [8].

Ahşabın güzelliği karmaşık yapısının bir sonucudur. Odun, bir ağacın gövdesi boyunca birbirine paralel düzenlenmiş dolgunsuz uzun hücrelerden oluştuğu için odunun yüzeyi mükemmel bir pürüzsüzlüğe sahip olamamaktadır. Ayrıca, her ölçüm tekniği odunun anatomisinden az ya da çok etkilenmektedir ve bu da ölçüm belirsizliğine neden olmaktadır. Yüzeyin değerlendirilmesi bakımından yoğunluk, odunun yüzey özelliklerini etkileyebilecek önemli bir faktördür. Yoğunluk ile yakından ilişkili olan sertlik ise deformasyonlara karşı yüzeyin direncini etkiler. Odunun kimyasal bileşenleri (özellikle selüloz ve hemiselülozlar) higroskopiktir, yani odun her zaman kendi rutubeti ile civarındaki havanın rutubeti (denge rutubet miktarı) arasında dengede olmaya eğilimlidir. Su alma veya verme sırasında, odunun rutubeti lif doygunluk noktasının altında iken odun blokların boyutu ve şekli değişir (çekme ve şişme). Odunun rutubet miktarındaki küçük değişiklikler bile yüzey geometrisini ve dolayısıyla pürüzlülüğü etkilemektedir [51].

Odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler aynı zamanda işleme süreçlerinin ekonomisi üzerinde de büyük bir etkiye sahiptir. Piyasada rekabet edebilirlik açısından üretim hayati bir rol oynadığı için bu faktörlerin önem derecesinin tayini önemlidir.

Sonuç olarak, nihai ürünün kalitesini belirlemede önemli bir parametre olan yüzey pürüzlülüğü iki bileşene ayrılmaktadır. Bu bileşenlerden ilki parçanın işlenmesine bağlı iken ikincisi malzemenin anatomik yapısına bağlıdır [48]. Bu nedenle, yüksek kaliteli yüzeyler elde etmeyi amaçlayan mobilya ve orman ürünleri endüstrisine yararlı bir rehber

sağlamak için işleme koşullarına ve odunun özelliklerine ilişkin faktörlerin değerlendirilmesi gerekir.

## **1.6. Çok Kriterli Karar Verme**

### **1.6.1. Karar ve Karar Verme**

Karar, herhangi bir konu hakkında verilen yargı olarak tanımlanabilir. Karar verme ise karar vericinin değerlerine ve tercihlerine göre alternatifleri belirleme ve seçme çalışmasıdır. Karar verme yönetim ve liderlik için önemlidir ve her karar verme süreci son bir seçim üretmektedir [58].

Karar verme süreci, bir başlangıç noktasından nihai karar elde edilinceye dek gerçekleştirilen faaliyetleri kapsar. Karar vericiler genellikle birden fazla ölçütü ve bu ölçütler arasındaki etkileşimleri dikkate alarak karara varırlar. Başka bir deyişle, kişi problemin hedefleri doğrultusunda alternatifler arasından en etkin olanını bir karara vararak seçmektedir. Bu nedenle, verilen kararın etkili olabilmesi için karar verme sürecinin safhalarının bilinmesi gerekir. Bu süreç genellikle aşağıda belirtilen adımlardan oluşur [59].

1. Problemin tanımı
2. Amaçların, kısıtların ve ölçütlerin belirlenmesi
3. Seçeneklerin/alternatiflerin belirlenmesi
4. Problemin çözümü
5. Kararın uygulanması
6. Sonuçların değerlendirilmesi

Karar verme; psikolojik ve maddesel güçlük içerir, etkinlik ve rasyonelliğe dayalıdır, pahalıdır, problem çözme faaliyetidir, irade ve yetkiye müstenittir, geleceğe dönüktür ve öngörüye dayanır, bir zaman aralığını gerekli kılar, alternatif giderler meydana getirir, planlama faaliyetidir [60]. İyi karar verme; kişinin karar verme açısından gelişim göstermesini, seçeneklerin tanımlanmasını, yargının açıklığını, kararın sağlamlığını ve birçok yeteneğin karışımını gerektirir [58].

### 1.6.2. Karar Verme Türleri

Karar verme türleri çeşitli açılardan sınıflandırılabilir. Bu bölüm, kriter sayısı (tek ve çok), mevcut bilgi (belirlilik, belirsizlik ve risk altında) ile yanıtlayıcı sayısı (bireysel ve grup) bakımından üç farklı sınıflandırmaya yer vermiştir.

**Kriter Sayısı:** Karar verme, seçeneklerin/alternatiflerin değerlendirildiği ölçüt sayısına göre tek kriterli karar verme (TKKV) ve ÇKKV olmak üzere ikiye ayrılır.

- **TKKV:** Karar verme sürecinde mevcut alternatiflerin değerlendirilmesinin tek bir ölçüt dikkate alınarak gerçekleştirilmesidir. TKKV problemi daha az karmaşıktır. Çünkü tek ölçütün en iyi değeri ile alternatifi belirleyerek kesin bir karar verilebilir [61].
- **ÇKKV:** Birden fazla ölçütün bulunduğu durumdaki karar vermedir. Tipik ÇKKV problemi, değerlendirilmesi gereken birçok alternatifi ve alternatiflerin değerlendirilmesi için gerekli olan birtakım ölçütleri içerir. Her alternatif, her ölçüt için bir performans değerine sahip olup bu değerlere dayanarak alternatifler değerlendirilebilir ve sıralanabilir [62].

**Mevcut Bilgi:** Karar verme, eldeki mevcut bilgiye göre belirlilik, belirsizlik ve risk altında karar verme şeklinde üçe ayrılabilir.

- **Belirlilik altında karar verme:** Deterministik bir yapıya sahip olan bu tür problemlerde her seçeneğin sonuçlarına ilişkin elde tam bir bilgi bulunmaktadır [63]. İlgili kişi, olası sonuçları bilerek kendisine en çok fayda sağlayan seçeneği/alternatifi seçer.
- **Belirsizlik altında karar verme:** Belirsizlik altında karar vermede olayların meydana gelme olasılıkları bilinmemektedir. Bunun nedeni, genellikle geçmiş ile ilgili yetersiz bilgiye sahip olunması yahut tecrübe eksikliğidir. Burada, tam bilgi sahibi olunmadan karara varılmaktadır [64].
- **Risk altında karar verme:** Karar, ilgili ölçütte mevcut seçeneklerin/alternatiflerin bir risk değerinde meydana geleceği varsayımı altında verilir [63]. Burada, geçmiş kayıtlara, ölçümlere ve/veya deneyimlere dayalı olarak olasılıklar bilinmektedir.

**Karar Verici:** Karar verme, kararın bir kişi tarafından verildiği bireysel karar verme ile birden fazla kişinin karar verdiği grup kararı verme şeklinde iki ayrı sınıfa ayrılabilir.

- Bireysel karar verme: Bu süreçte karar, grup kararlarına kıyasla hızlı elde edilebilir ve verilen kararın kolay revizesi mümkündür. Ancak, az sayıda alternatif ve etkili fikir üretilir [65].
- Grup kararı verme: Birden çok kişinin girdisi ve geribildirimine dayalı bir karar problemi için çözüme ulaşma sürecidir. Genel olarak, tatmin edici çözüm (nihai karar) grup tarafından en kabul edilebilir olanıdır [66].

### 1.6.3. Çok Kriterli Karar Vermenin Tanımı

Üretim organizasyonları, uygun üretim stratejileri, ürün ve proses tasarımları, üretim teknolojileri ve makine-ekipman seçiminde sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Üretim ortamındaki karar vericiler, bir dizi çelişen ölçütlere dayanan çok çeşitli alternatifleri değerlendirmek zorunda oldukları için seçim kararları daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu durumlarda ÇKKV kullanılabilir [58].

ÇKKV, genellikle birden fazla çelişen kistas ile tanımlanan alternatifler üzerinde bir tercih kararına varma olarak tanımlanır [66]. Mevcut seçeneklerin sayısının iki veya daha fazla olması durumunda karar verici belirlenen kistasları göz önünde bulundurup taleplerini en iyi biçimde karşılayacak seçeneği belirleyip bir karara varmalıdır [67].

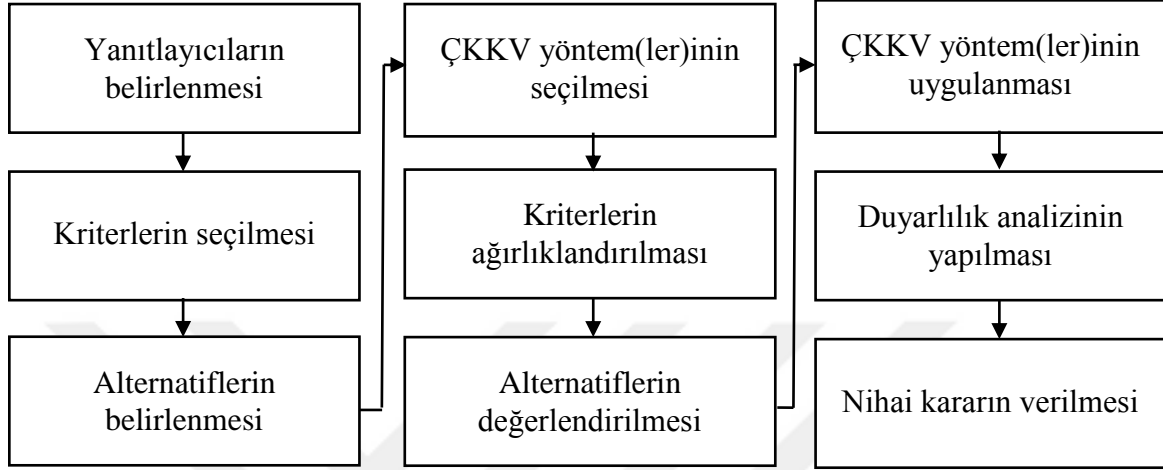
ÇKKV'de problem alternatifler arasından birinin seçimi, alternatiflerin sıralanması veya alternatiflerin sınıflandırılması şeklinde olabilir [68]. Seçim probleminin amacı en iyi seçeneğin/alternatifin belirlenmesi, sıralama probleminin amacı seçeneklerin/alternatiflerin en iyiden kötüye doğru sıralanması ve son olarak sınıflandırma probleminin amacı ise seçeneklerin/alternatiflerin ilgili gruplara ayrılmasıdır.

Bilgisayarların ve bilgi teknolojisinin yaygın kullanımı ÇKKV'yi etkin karar vermeyi desteklemede önemli ve faydalı hale getirmiştir. ÇKKV yöntemleri karar verme sürecini daha açık, rasyonel ve verimli hale getirerek kararların kalitesini artırmaya yardımcı olmaktadır. ÇKKV analizi, aynı ölçekle ölçülemeyen ve çelişen birden fazla ölçütün varlığında ve farklı alternatiflerin mevcudiyetinde gerçekleştirilebilmektedir [62].

Bazı ölçütleri kullanarak herhangi bir alternatifi seçmeye çalıştığımızda dikkate alınan ölçütler arasındaki çelişen konuları hesaba katmamız gerekir. Karar vermede bir ölçütün dikkate alınması durumunda karar vermek kolaydır, ancak yanıtlayıcılar birden fazla çelişen ölçütten oluşan karar problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Ölçüt sayısının artması durumunda gerekli işlemler artmakta ve karar verme zorlaşmaktadır. Bu



nedenle, etkin bir karara varmak için ÇKKV sürecinin hangi aşamalardan oluştuğunu bilmek önemlidir. ÇKKV süreci genellikle Şekil 6’da verilen adımlardan oluşmaktadır [69].



Şekil 6. ÇKKV süreci

#### 1.6.4. Çok Kriterli Karar Vermenin Yapısı

Tipik bir ÇKKV probleminde alternatifler, kriterler ve kriterlerin ağırlık değerleri bulunmaktadır. ÇKKV uygulama sürecinde sıkça kullanılan temel kavramlar hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

**Alternatifler:** Karar verme süreci içerisinde analizlenen, en az iki sayıda olan nesnelere (seçenekler) dir.

**Kriterler:** Seçenekleri/alternatifleri değerlendirmede kullanılan, problem yapısına göre büyütülmesi ya da küçütülmesi istenen ölçütlerdir.

**Kriter ağırlığı:** Her bir ölçütün önem derecesini ve önceliğini belirtmek amacıyla kullanılan katsayılarıdır.

**Hedefler:** İstenen gayenin elde edilebilmesi için önceden belirlenmiş olan değer ve seviyeleri ifade eder.

**Karar matrisi:** Her problemin çözümü için öncelikle bir karar/değerlendirme matrisinin oluşturulması gerekir [68].

Bir ÇKKV modeli çoğunlukla Eşitlik 4’te ki gibi matris formatında ifade edilir. Her bir ölçütün önem derecesini belirten ağırlıklar ise Eşitlik 5’te ki gibi gösterilebilir [70].

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \end{array} \right. \\ A_2 & \left[ \begin{array}{cccc} x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \end{array} \right. \\ \vdots & \left[ \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \end{array} \right. \\ A_m & \left[ \begin{array}{cccc} x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad (4)$$

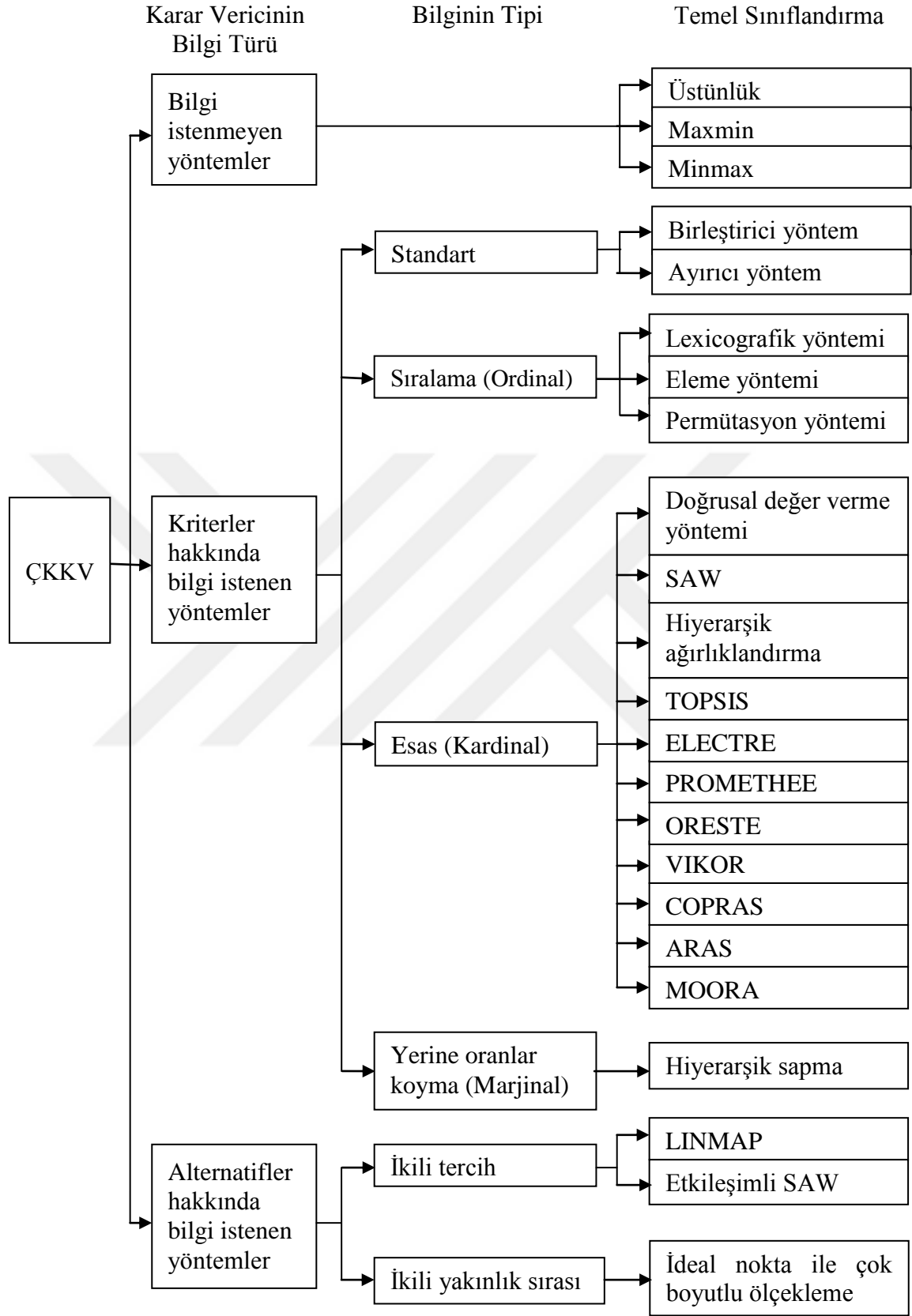
$$W = [W_1 \quad W_2 \quad \cdots \quad W_n] \quad (5)$$

Burada;  $A_1, A_2, \dots, A_m$  olası alternatifler,  $K_1, K_2, \dots, K_n$  değerlendirme kriterleri,  $x_{ij}$   $K_j$  kriterinde  $A_i$  alternatifinin performans değeri,  $W_j$  ise  $K_j$  kriterinin ağırlığıdır [70]. Alternatiflerin performans değerlerini temsil eden  $x_{ij}$  gerçek sayılar, aralıklar, olasılık dağılımları veya nitel değerler şeklinde olabilir [68].

### 1.6.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

ÇKKV yöntemleri; karar verici sayısına göre tek ve grup biçiminde olan yöntemler, bilgi türü açısından deterministik, stokastik ve bulanık yöntemler olarak sınıflandırılabilir [71]. Hwang ve Yoon [72], ÇKKV yöntemlerinin temel bir sınıflandırmasını yapmışlardır. Günümüz gelişmeleri doğrultusunda bu sınıflandırmaya Zavadskas ve Turskis [73] tarafından bazı uyarlamalar yapılmıştır. ÇKKV yöntemlerinin bu uyarlamaları içeren temel sınıflandırması Şekil 7'de verilmiştir.

ÇKKV bir dizi kıstasın varlığında karar problemlerinin çözümüyle uğraşır. ÇKKV yöntemleri, en çok tercih edilen seçeneği tanımlamak, detaylı değerlendirme için sınırlı sayıdaki seçeneği listelemek, kabul edilebilir olasılıkları belirlemek veya seçenekleri sıralamak için kullanılabilir. ÇKKV yaklaşımları, karmaşık karar problemlerini analiz etmek için bir dizi sistematik prosedür sunmaktadır. Bu prosedürler arasında karar problemlerinin daha küçük ve anlaşılabilir unsurlara bölünmesi, her bir unsurun analiz edilmesi ve anlamlı bir çözüm elde etmek için bunların mantıklı bir şekilde entegre edilmesi yer almaktadır [74].



Şekil 7. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırması [73].

ÇKKV problemleri, Hwang ve Yoon [72] tarafından çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. ÇNKV seçim, değerlendirme ve sıralama gibi işlemlerden oluşur iken ÇAKV hedeflere dayalı olarak en iyi alternatifi tasarlar.

ÇNKV’de; kriterlerin tanımlanması niteliklerledir, amaç net değildir, nitelikler açık ve belirgindir, kısıtlar çözümde etkin değildir, alternatifler sonlu sayıdadır, karar vericiyle etkileşim çok fazla değildir, kullanımı seçim/değerlendirme içindir. ÇAKV’de; kriterlerin tanımlanması amaçlardır, amaç açık ve belirgindir, nitelikler net değildir, kısıtlar çözümde etkindir, alternatifler sonsuz sayıdadır, karar vericiyle etkileşim çoğunlukla gerçekleşir, kullanımı tasarım içindir [72].

ÇAKV’de, alternatiflerin önceden belirlenmesi yerine bir dizi amaç fonksiyonu bir takım kısıtlara tabi tutularak optimize edilir. En tatmin edici ve etkili çözüm aranır. ÇNKV’de, az sayıda alternatif çoğu kez nicelleştirilmesi zor olan bir dizi nitelik karşısında değerlendirilmelidir. Genellikle en iyi sonuç, her bir niteliğe göre alternatifleri karşılaştırmak suretiyle belirlenir [75].

ÇKKV yaklaşımları, ele alınan tüm alternatiflerin sıralanmasında ve her bir kriterin nicelleştirilmesinde kullanılabildikleri için karar vericilerin en iyi seçim kararında bulunmalarına yardımcı olmaktadır [74].

### **1.7. Bulanık Mantık, Bulanık Küme Teorisi ve Bulanık Sayılar**

Bulanıklık, belirsizliğin bir ifadesi olarak açıklanmaktadır. Bulanık mantık, özellikle üyelik fonksiyonlarını kullanarak kesin olmayan bilgilerle uğraşmak için kullanılan bulanık küme teorisinin bir konusudur [76]. Bulanık mantık, “evet” yada “hayır”, “doğru” yada “yanlış” gibi klasik değişkenler yerine “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerleri kullanan çok değişkenli bir teoridir [25].

Birçok koşulda, kesin veriler gerçek hayatta olan durumları modellemek için yetersizdir. Çünkü insan yargıları ve tercihleri çoğunlukla öznel, belirsiz ve muğlaktır ve tam sayısal değerlerle kestirilemez. İnsan kararının belirsizliğini, muğlâklığını ve öznelliğini çözmeye amacıyla karar verme sürecinde dilsel terimleri ifade etmek bulanık küme teorisi ortaya atılmıştır [26].

Klasik küme teorisi, varlığın belirli bir kümenin üyesi olup olmadığı ile ilgilidir. Diğer bir ifadeyle, bir varlık kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Bu teoride bir varlığın

kümeye ait olup olmadığını belirten kesin bir sınır bulunmaktadır. Varlığın bir kümede aynı anda hem olması hem de olmaması durumuna izin verilmez. Bulanık küme teorisinde ise varlıkların kısmen kümeye ait olması kabul edilen bir durumdur. Bu nedenle birçok gerçek dünya uygulamaları klasik küme teorisi tarafından tanımlanamaz ve ele alınamaz [77].

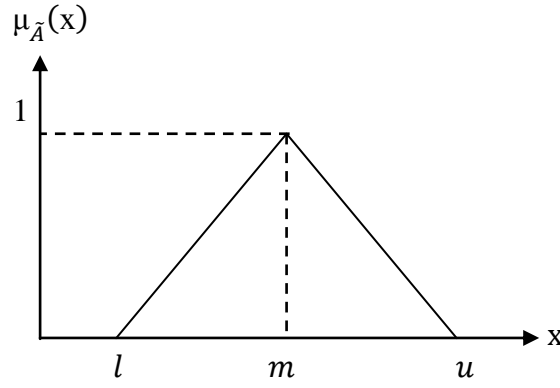
X söylem uzayında bulanık bir alt küme  $\tilde{A}$  üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Bu üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ,  $\tilde{A}$  kümesindeki her bir  $x$  elemanını  $[0,1]$  aralığındaki bir sayı ile eşler. Üyelik fonksiyonu,  $x$  elemanının bulanık küme olan üyelik derecesini temsil etmektedir. Üyelik fonksiyonun değeri ne kadar büyük olursa,  $x$  elemanının bulanık kümenin elemanı olma derecesi o kadar güçlüdür [21]. Bir  $x$  elemanı ilgili bulanık kümenin kesinlikle üyesi ise üyelik fonksiyonunun değeri 1, kesinlikle üyesi değil ise 0 olmaktadır.

Bulanık sayılar, reel doğru  $R$  üzerinde bulanık küme olarak adlandırılır. Bulanık sayıların üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x) : R \rightarrow [0,1]$  olup parçalı sürekli ve konveks bulanık alt küme olma özelliklerine sahiptir. Üçgen bulanık sayılar, hesaplama kolaylığı nedeniyle en çok tercih edilen bulanık sayılardır [23].

Üçgen bulanık sayılar  $\tilde{A} = (l, m, u)$  biçimde ifade edilebilir. Burada  $m$  en olası değeri,  $l$  ve  $u$  değerleri ise sırasıyla en küçük ve en büyük değerleri belirtmektedir.  $\tilde{A}$  üçgen bulanık sayısının üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  ile ifade edilir. Üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu Eşitlik 6'da verilmiştir [22].

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ veya } x > u \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x \leq m \\ (u - x)/(u - m), & m \leq x \leq u \end{cases} \quad (6)$$

Şekil 8'de bir üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu ve parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 8. Üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonunun gösterimi

İki pozitif üçgen bulanık sayı olarak  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  verilmesi durumunda bu bulanık sayılar üzerinde gerçekleştirilebilecek ana aritmetik işlemler şunlardır [23]:

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (7)$$

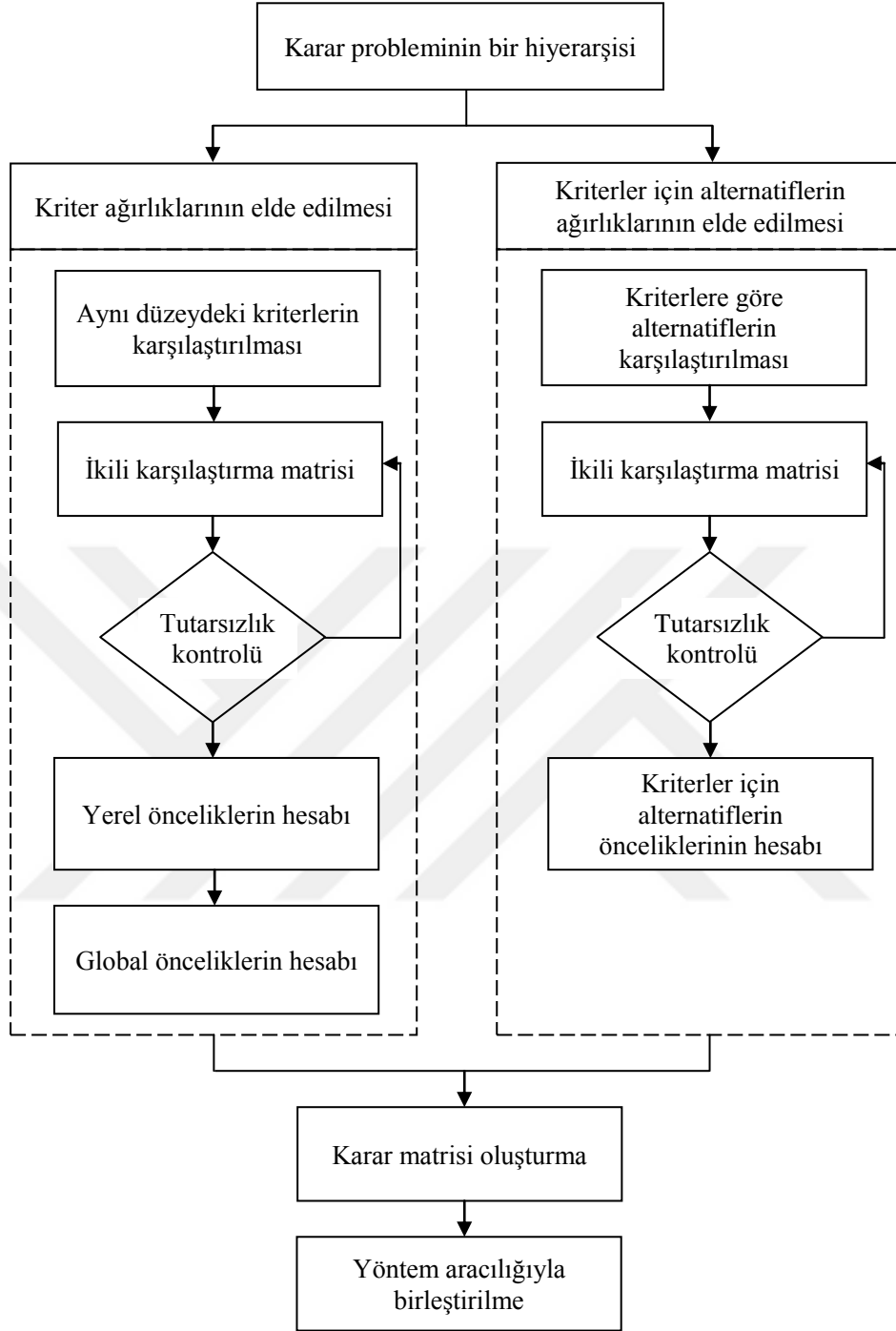
$$\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (8)$$

$$\tilde{M}_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (9)$$

## 1.8. Çalışmada Kullanılan Yöntemler

### 1.8.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi

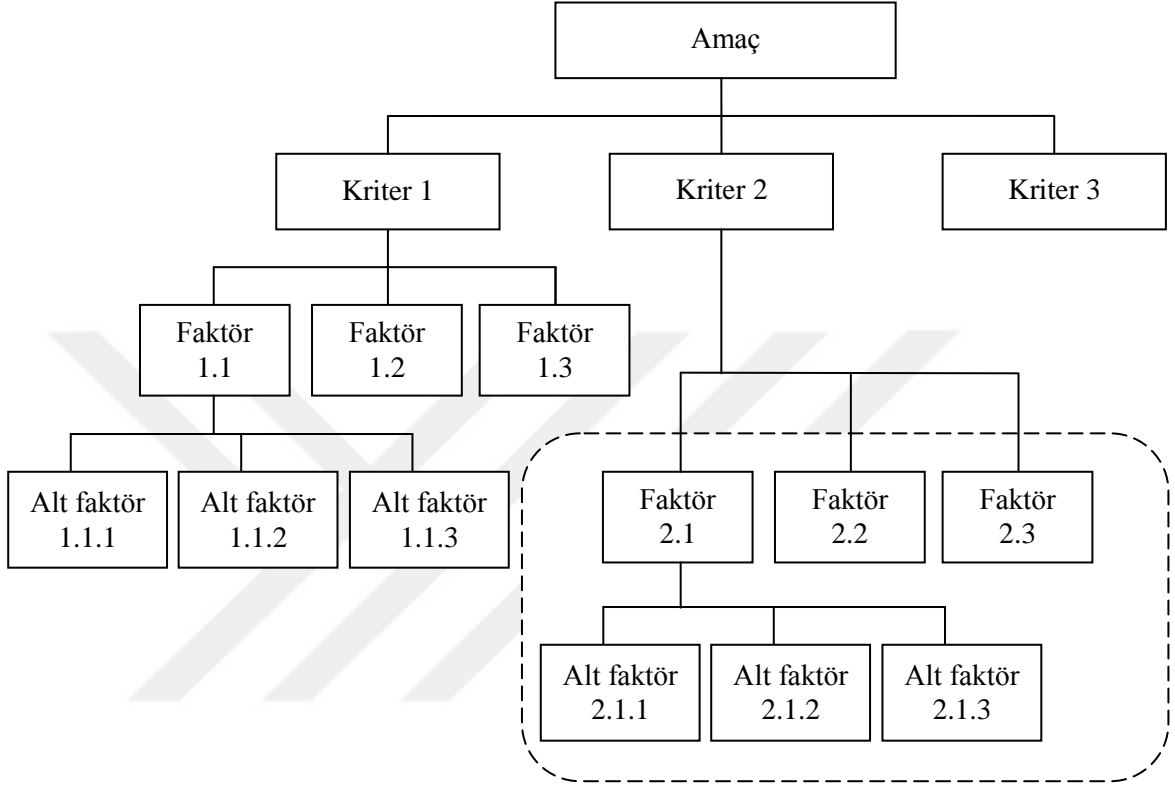
AHP, karmaşık problemleri çözmek için uygulanabilecek bir karar verme yöntemidir [78]. Bu yöntem dört ana adımdan oluşur: birincisi, problemi alt problemlere ayırarak elemanların bir hiyerarşisinin oluşturulması; ikincisi, elemanların karşılaştırılması; üçüncüsü, tutarlılık kontrolü; dördüncüsü, önceliklerin sentezidir [18]. Bir problemin AHP kullanılarak çözülmesinde izlenen genel adımlar Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. AHP şeması [17].

İlk safhada, karar problemi hiyerarşik olarak tasvir edilir. AHP, bir ÇKKV problemini karar elemanlarının bir hiyerarşisine ayırır. Amaç en üst düzeyde ifade edilirken, amaca katkıda bulunan ana ölçütler ve alt ölçütler daha düşük seviyelerde listelenir. Alternatifler hiyerarşik yapının son seviyesinde yer alır ve ölçütlere göre değerlendirilir [17].

AHP, kriterler veya alternatifler arasındaki hiyerarşik bağlantının organize bir tanımını sağlar. Her zaman bir amaç ile başlar ve yukarıdan aşağıya doğru bir karar ağacı geliştirir. AHP'deki elemanların bir hiyerarşisi Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. AHP'deki elemanların bir hiyerarşisi [19].

İkinci safha, ölçütlerin ve alternatiflerin karşılaştırılmasıdır. İkili karşılaştırmalar sayesinde hiyerarşinin her seviyesi için bir matris oluşturulur. Matris sayısı, her seviyedeki elemanların sayısına bağlıdır [14]. AHP'deki ikili karşılaştırmalar Saaty'nin 1-9 skalasına dayanmaktadır (bkz. Tablo 1). Amaç, her düzeydeki elemanların önceliklerini (önemini) belirlemektir [16].



Tablo 1. Saaty'nin karşılaştırma skalası

Önem değeri	Değer tanımları
1	Her iki faktör eşit öneme sahip
3	İlk faktör ikinci faktörden daha önemli
5	İlk faktör ikinci faktörden çok önemli
7	İlk faktör ikinci faktörden çok güçlü bir öneme sahip
9	İlk faktör ikinci faktörden mutlak üstün bir öneme sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler

AHP analizi, hiyerarşinin aynı düzeyinde yer alan elemanların daha üst düzeyde bulunan ana elemana göre ikili karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Karşılaştırma matrisindeki her bir öge ( $a_{ij}$ ),  $i$ . ölçütün  $j$ . ölçüte göre derece tercihini ifade eder. Karar verici  $k$ 'nın bireysel tercihi  $a_{ijk}$  olarak temsil edilebilir. Karar vericilerin genel kararları geometrik ortalama (bkz. Formül 10) ile hesaplandıktan sonra Eşitlik 11'deki gibi bir karşılaştırma matrisine ( $D$ ) aktarılır [11].

$$a_{ij} = \sqrt[n]{a_{ij1} \times a_{ij2} \times \dots \times a_{ijn}} \quad (10)$$

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Karşılaştırma matrisi  $D$ 'nin özellikleri aşağıda verilen eşitlikteki gibidir [11].

$$a_{ij} > 0; a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}; \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

AHP'nin ana avantajı, kararların tutarsızlığını kontrol etme ve azaltma kabiliyetidir. Bu yöntemin çıktısının kalitesi yapılan karşılaştırmaların tutarlılığına bağlıdır [11]. Her bir kriter, maksimum özdeğerin, tutarlılık indeksinin (CI) ve tutarlılık oranının (CR) bulunması suretiyle ölçülür. Yanıtlayıcının karar vermesinde tutarlılığı sağlamak için

kullanılan CR karşılaştırmaların ne kadar tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu indeks Formül 13 kullanılarak hesaplanır [19].

$$CR = \frac{CI}{RC} \quad (13)$$

CI değeri Formül 14 kullanılarak hesaplanabilir. Eşitlikte;  $\lambda_{\max}$ , matrisin maksimum özdeğerini;  $n$ , ise matris boyutunu ( $n \times n$ ) ifade eder. Formül 13'te yer alan rastgele tutarlılık indeksinin (RC) değeri ise Tablo 2'den elde edilebilir.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (14)$$

Tablo 2. RC indeksi [15].

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RC	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Eğer hesaplanan CR değeri 0,10'a denk yahut küçük ise yapılan karşılaştırmalar kabul edilebilirdir. Aksi halde karşılaştırma sonuçları kabul edilmemeli ve tekrar gözden geçirilmelidir. Her bir karşılaştırma tutarlılık kriterlerini sağlayana kadar bu prosedür tekrarlanır [15].

Yöntemin son safhasında, matematiksel süreç normalize işlemini gerçekleştirme ve her bir matrisinin ağırlıklarını belirleme maksadıyla başlar. Bu işlem, her sütunun öğelerini aynı sütunun öğelerinin toplamına bölmeyi gerektirir. Daha sonra ağırlıklar normalize edilmiş matrisin sıra ortalamasının alınması suretiyle elde edilir. Alternatiflerin öncelikler matrisinin ve ağırlıklı kriterler matrisinin birleştirilmesiyle alternatiflerin sıralaması belirlenir [10].

AHP'nin son derece yararlı bir karar verme yöntemi olduğu literatürdeki birçok çalışmada vurgulanmıştır. Bu yöntemin popülaritesinin nedeni, objektif faktörlerin yanı sıra subjektif faktörlerin de üstesinden gelebilmesi ve AHP'nin kalbi olarak bilinen ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması suretiyle hem kriterlerin ağırlıklarının hem de alternatiflerin skorlarının ortaya çıkarılabilmesi gerçeğinde yatmaktadır [9].

### 1.8.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Klasik AHP yöntemi, net kararlara dayanmaktadır. Gerçekte, karar vericilerin kararlarındaki belirsizlikten dolayı ölçüm faktörleriyle ilgili kesin veriler elde etmek zordur. Her karar verici, elemanları değerlendirirken net sayılar yerine dilsel ifadeleri tercih eder. Bu nedenle, bulanık AHP yöntemi farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır [20]. Literatürde çeşitli bulanık AHP yöntemleri vardır. Bu çalışmada, Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemi [79] hesaplama kolaylığı ve etkinliği nedeniyle tercih edilmiştir.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesne kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  hedef kümesi olsun. Her bir nesne her bir hedefi sırasıyla gerçekleştirmek suretiyle dikkate alınır. Böylece, her bir nesne için  $m$  genişletilmiş analiz değerleri;  $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n$ ; şeklinde elde edilebilir. Burada,  $M_{g_i}^j (j = 1, 2, \dots, m)$  üçgen bulanık sayılardır. Yöntemin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [24].

1. Bulanık sentetik mertebenin değeri,  $i$ . nesneye göre aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (15)$$

2.  $S_i = (l_i, m_i, u_i) \geq S_j = (l_j, m_j, u_j)$ 'nin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$V(S_i \geq S_j) = \begin{cases} 1, & m_i \geq m_j \\ 0, & l_j \geq u_i \\ \frac{l_j - u_i}{(m_i - u_i) - (m_j - l_j)}, & \text{dd.} \end{cases} \quad (16)$$

Burada;  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$  ve  $i \neq j$ 'dir.

3. Diğer tüm  $(n - 1)$  bulanık sayılara göre  $S_i$ 'nin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V(S_i \geq S_j | j = 1, 2, \dots, m; i \neq j) = \min V(S_i \geq S_j | j = 1, 2, \dots, m; i \neq j) \quad (17)$$

4. Bulanık matrisin ağırlık vektörü,  $w'_i = \min V(S_i \geq S_j | j = 1, 2, \dots, m; i \neq j)$  varsayımı altında hesaplanır.

$$w_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i} \quad (18)$$

$w_i$ , bulanık olmayan bir değerdir. Bu çalışmadaki değerlendirmeler için kullanılan skala Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Bulanık değerlendirme skalası

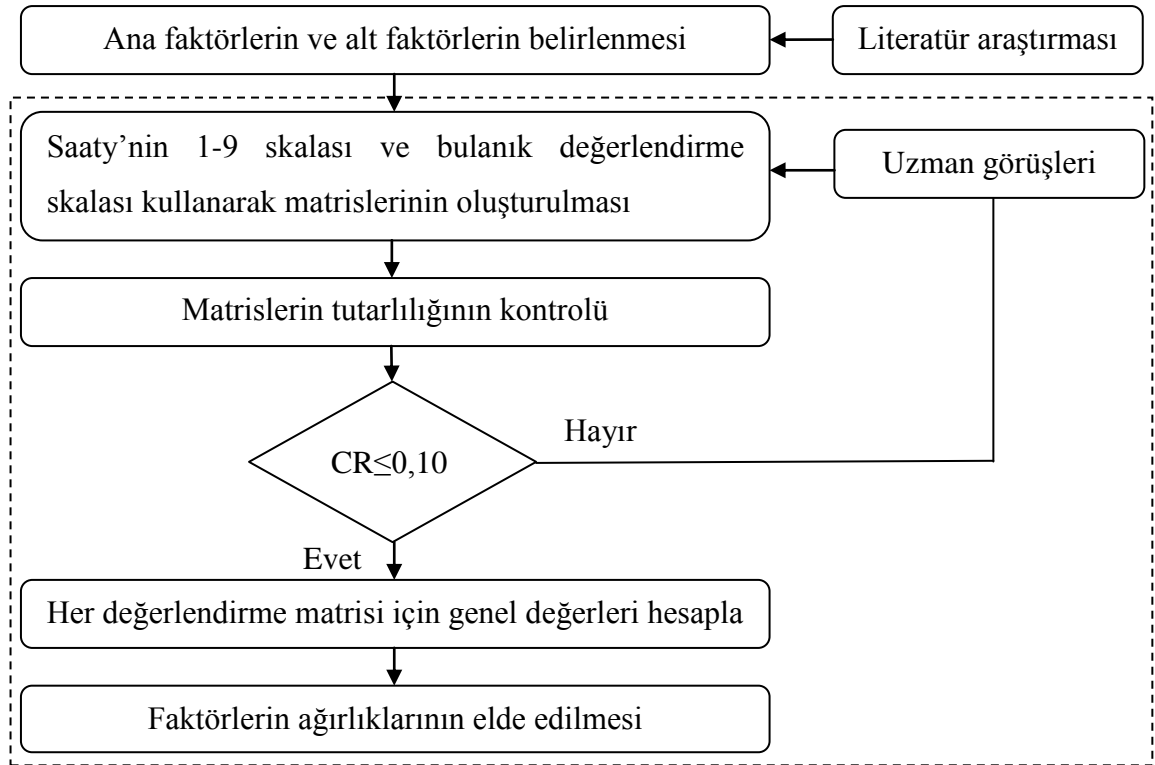
Dilsel ölçek	Üçgen bulanık ölçek	Üçgen karşıt bulanık ölçek
Mutlak önem	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)
Ara	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Çok güçlü	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Ara	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Güçlü	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Ara	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Zayıf	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Ara	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Eşit önem	(1,1,1)	(1,1,1)

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Problem ve Yöntem

Odunun yüzey pürüzlülüğü, nihai ürünün yüzey kalitesi hakkında bilgi sağladığı için özellikle mobilya ve dekorasyon endüstrisi açısından oldukça önemlidir. Ancak, daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere birçok etken nedeniyle odunun yüzey verileri karmaşıktır. Bu yüzden, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin değerlendirilmesi karmaşık bir ÇKKV problemi olarak kabul edilmiş ve ele alınmıştır.

Bu çalışma, testere ve planya ile ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etki eden önemli faktörlerin AHP ve bulanık AHP kullanılarak önceliklendirilmesine odaklanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin hesaplanan ağırlıklarını dikkate alarak faktörler arasındaki öncelikler belirlenmiştir. Şekil 11, bu çalışmanın aşamalarını göstermektedir.



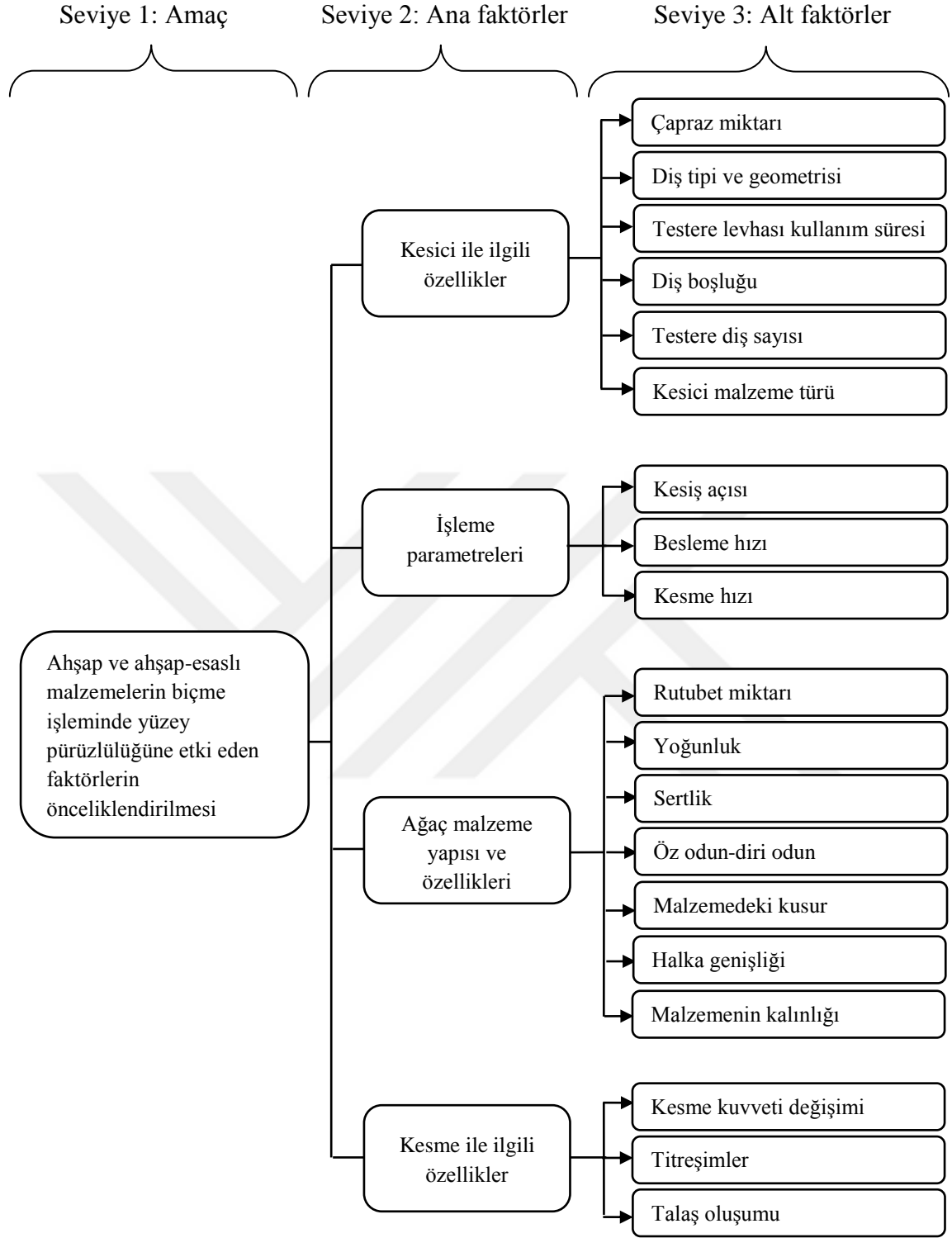
Şekil 11. Çalışmanın aşamaları

Öncelikle, literatür araştırmasına dayanarak odunun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili ana faktörler ve alt faktörler belirlenmiştir. Her iki problem içinde üç seviyeden (amaç, ana faktörler ve alt faktörler) oluşan hiyerarşik yapı inşa edilmiştir. Faktörlerin ağırlıklarını belirlemek için uzman görüşleri alınarak ikili karşılaştırma/değerlendirme matrisleri oluşturulmuştur. Matrislerin tutarlılığının sağlanmasının ardından geometrik ortalama ile genel değerler elde edilmiş ve ardından her bir yüzey pürüzlülüğü faktörünün ağırlığı elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin önceliklendirilmesi, AHP ve bulanık AHP ile elde edilen ağırlıklara göre yapılmıştır.

## 2.2. Biçme İşlemi için Faktörlerin Belirlenmesi

Bu çalışmanın ilk amacı, biçme işleminde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin önceliklendirilmesidir. Literatür araştırması sonucunda odunun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili faktörler tanımlanmıştır. Biçme işleminde odunun yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörleri önceliklendirmek için üç seviyeli bir hiyerarşik model geliştirilmiştir. Biçme işlemi için ana faktörleri ve alt faktörleri içeren karar probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 12’de gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere karar problemi üç düzeyden oluşmaktadır. Amaç hiyerarşik yapının birinci seviyesinde yer alırken ana faktörler ikinci seviyede listelenmiştir. Karar probleminin hiyerarşik yapısının son seviyesi ise alt faktörlere aittir.

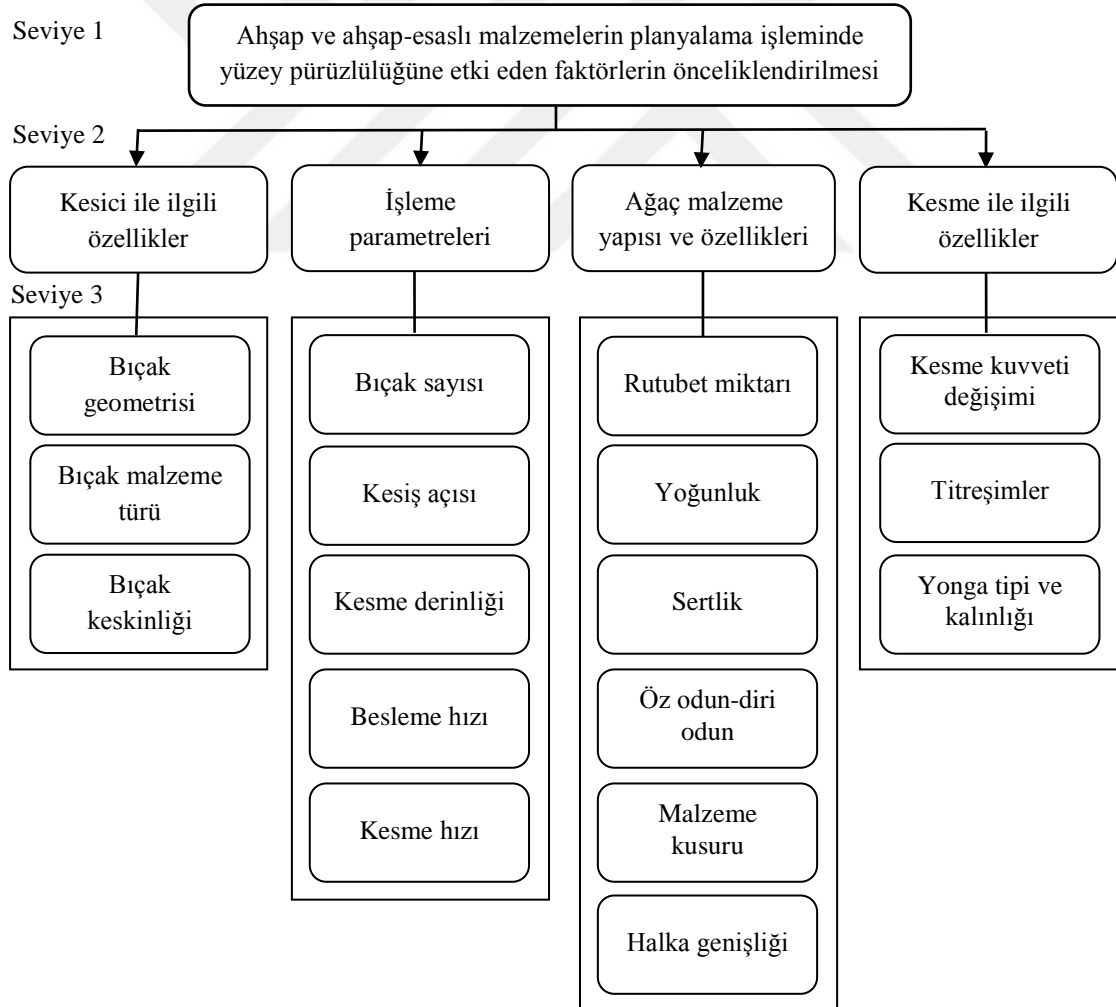
Biçme işlemi için geliştirilen model içerisinde dört ana faktör, kesici ile ilgili özellikler (TF<sub>1</sub>), işleme parametreleri (TF<sub>2</sub>), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (TF<sub>3</sub>) ve kesme ile ilgili özellikler (TF<sub>4</sub>) olarak tanımlanmıştır. Her ana faktör çeşitli alt faktörlere ayrılmıştır. Kesici ile ilgili özelliklerin alt faktörleri, çapraz miktarı (TF<sub>11</sub>), dış tipi ve geometrisi (TF<sub>12</sub>), testere levhası kullanım süresi (TF<sub>13</sub>), dış boşluğu (TF<sub>14</sub>), testere dış sayısı (TF<sub>15</sub>) ve kesici malzeme türü (TF<sub>16</sub>) olarak belirlenmiştir. İşleme parametrelerinin alt faktörleri, kesiş açısı (TF<sub>21</sub>), besleme hızı (TF<sub>22</sub>) ve kesme hızı (TF<sub>23</sub>) olarak belirlenmiştir. Ağaç malzeme yapısı ve özelliklerinin alt faktörleri, rutubet miktarı (TF<sub>31</sub>), yoğunluk (TF<sub>32</sub>), sertlik (TF<sub>33</sub>), öz odun-diri odun (TF<sub>34</sub>), malzemedeki kusur (TF<sub>35</sub>), halka genişliği (TF<sub>36</sub>) ve malzemenin kalınlığı (TF<sub>37</sub>) olarak tanımlanmıştır. Son olarak kesme ile ilgili özelliklerin alt faktörleri, kesme kuvveti değişimi (TF<sub>41</sub>), titreşimler (TF<sub>42</sub>) ve talaş oluşumu (TF<sub>43</sub>) olarak belirlenmiştir.



Şekil 12. Biçme işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısı

### 2.3. Planyalama İşlemi için Faktörlerin Belirlenmesi

Bu çalışmanın ikinci amacı, planyalama işleminde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin önceliklendirilmesidir. Biçme işlemindeki gibi kapsamlı bir literatür araştırması yapılmış ve planyalamada odunun yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli faktörler belirlenmiştir. Ardından, üç seviyeden (ilk seviye: amaç, ikinci seviye: ana faktörler ve üçüncü seviye: alt faktörler) oluşan karar probleminin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. Planyalama işlemi için geliştirilen modelinin hiyerarşik yapısı Şekil 13'te gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere amaç hiyerarşinin en üst seviyesine yerleştirilmiştir. Ayrıca, ikinci seviyede dört ana faktör ve üçüncü seviyede on yedi alt faktör bulunmaktadır.



Şekil 13. Planyalama işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısı



Planyalama işlemi için dört ana faktör belirlenmiştir: kesici ile ilgili özellikler (PF<sub>1</sub>), işleme parametreleri (PF<sub>2</sub>), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (PF<sub>3</sub>) ve kesme ile ilgili özellikler (PF<sub>4</sub>). Kesici ile ilgili özellikler ana faktörü üç alt faktörü içerir: bıçak geometrisi (PF<sub>11</sub>), bıçak malzeme türü (PF<sub>12</sub>) ve bıçak keskinliği (PF<sub>13</sub>). İşleme parametreleri ana faktörü beş alt faktörden oluşmaktadır: bıçak sayısı (PF<sub>21</sub>), kesiş açısı (PF<sub>22</sub>), kesme derinliği (PF<sub>23</sub>), besleme hızı (PF<sub>24</sub>) ve kesme hızı (PF<sub>25</sub>). Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri ana faktörü altı alt faktörden oluşmaktadır: rutubet miktarı (PF<sub>31</sub>), yoğunluk (PF<sub>32</sub>), sertlik (PF<sub>33</sub>), öz odun-diri odun (PF<sub>34</sub>), malzeme kusuru (PF<sub>35</sub>) ve halka genişliği (PF<sub>36</sub>). Son olarak, kesme ile ilgili özellikler ana faktörü üç alt faktör içerir: kesme kuvveti değişimi (PF<sub>41</sub>), titreşimler (PF<sub>42</sub>) ve yonga tipi ve kalınlığı (PF<sub>43</sub>).

#### 2.4. Analiz

Bu çalışmada, biçme ve planyalama işlemlerinde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli faktörler AHP ve bulanık AHP kullanılarak analiz edilmiştir. İlk adımda amaç belirlenmiştir. Birinci amaç ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin biçme işleminde yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin önceliklendirilmesi olarak belirlenirken ikinci amaç bu malzemelerin planyalama işleminde yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin önceliklendirilmesidir. Amaçlar ışığında yapılan literatür araştırması sonucunda odun yüzey pürüzlülüğü faktörleri biçme ve planyalama işlemleri için ayrı olarak belirlenmiştir.

AHP ve bulanık AHP ile ana faktörler ve alt faktörler bir hiyerarşik yapıda düzenlenmiştir ve gerçekleştirilen bir dizi ikili karşılaştırmalar sayesinde faktörler için sayısal değerler elde edilmiştir. Uzmanların bilgisinin modele aktarılması son modelin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin ikili karşılaştırmasını yapmak için Orman Endüstri Mühendisliği ve Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümlerinden uzmanlar içeren bir karar verme ekibi oluşturulmuştur. Ekipteki uzmanlar, ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili birçok ulusal ve uluslararası bilimsel yayına sahiptir. Her uzman, kişisel bilgi ve uzmanlık temelinde kararlar vermiştir.

AHP ve bulanık AHP tabanlı bir çalışmayı doğru bir şekilde gerçekleştirmek için yöntemin aşamaları takip edilmelidir. Bunlardan birincisi problemin alt problemlere ayrıştırılması yani amaçtan başlayıp yukarıdan aşağıya doğru faktörlerin belirlenmesidir.

Saaty, ayrıştırma yapılırken sorunu yediden fazla faktör haline getirmemeyi önermiştir. Çünkü insan beyni, çok sayıda nesne olması durumunda belirli bir yapısal karmaşıklık düzeyini yönetemeyebilmektedir [80]. Bu öneri ışığında, odun yüzey pürüzlülüğü faktörlerini önceliklendirmek için hem biçme işlemi için hem de planyalama işlemi için hiyerarşik yapılar inşa edilmiştir. Her iki hiyerarşik yapıda da amaç en üst seviyede, ana faktörler ikinci seviyede ve alt faktörler üçüncü seviyede yer almaktadır. Biçme işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısını Şekil 12’de, planyalama işlemi için karar probleminin hiyerarşik yapısını ise Şekil 13’te görmek mümkündür.

Karar problemi ayrıştırıldığında ve hiyerarşik yapı oluşturulduğunda her seviyedeki faktörlerin önemini belirlemek için önceliklendirme prosedürü başlar. AHP ve bulanık AHP yöntemleri ilk önce ana faktörlerin ve alt faktörlerin ağırlıklarını elde etmek için ikili karşılaştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. İkili karşılaştırma faktörlerin hangisinin diğerine hâkim olacağı bakımından gerçekleştirilir. Bu karar daha sonra tamsayı olarak ifade edilir. AHP’de, bir faktör diğer faktöre göre daha baskın ise 1 ve 9 aralığında uygun bir değer atanır. Karşılaştırılan elemanların eşit öneme sahip olduğu düşünülürse matristeki ilgili alana 1 değeri atanır. Bulanık AHP’de ise dilsel ölçek kullanılarak önem derecesi belirlenir ve dilsel ifadeye karşılık gelen üçgen bulanık sayı hesaplamalarda dikkate alınır. Bu çalışmada, uzmanlardan mevcut çalışma kapsamında biçme işlemi için dört ana faktörü ve on dokuz alt faktörü, planyalama işlemi için ise dört ana faktörü ve on yedi alt faktörü karşılaştırmaları istenmiştir. İlk olarak uzmanlar, karar probleminin amacına göre ana faktörleri değerlendirmişlerdir. Daha sonra ise uzmanlar, ana faktörlere göre alt faktörleri karşılaştırmışlardır. AHP yöntemi için Tablo 1’de verilen 1-9 skalası kullanılırken bulanık AHP için Tablo 3’te verilen skala kullanılmıştır.

Karşılaştırma matrislerini oluşturduktan sonra her birinin tutarlılığı/tutarsızlığı hesaplanmıştır. Hesaplamanın bir sonucu olarak her bir matrisin CR değerinin 0,10’un altında olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca dayanarak tüm matrislerdeki kararların tutarlılığının/tutarsızlığının kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Bir sonraki adımda her bir matris için genel sonuçlar puanların geometrik ortalamalarının hesaplanması suretiyle elde edilmiştir. Tüm değerlendirme matrislerinin tutarlı olduğu görüldükten sonra ağırlıklar hesaplanmıştır.

Testere ile işlemede odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etki eden faktörler için oluşturulan AHP değerlendirme/karşılaştırma matrisleri Tablo 4 – 8’de görülebilir.

Tablo 4. Biçme işlemi için ana faktörlerin amaca göre AHP ile değerlendirilmesi

Ana faktör	TF <sub>1</sub>	TF <sub>2</sub>	TF <sub>3</sub>	TF <sub>4</sub>	Ağırlık
TF <sub>1</sub>	1,000	0,794	1,587	2,154	0,303
TF <sub>2</sub>		1,000	2,289	1,710	0,354
TF <sub>3</sub>			1,000	1,260	0,181
TF <sub>4</sub>				1,000	0,162

Tablo 5. Biçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>11</sub>	TF <sub>12</sub>	TF <sub>13</sub>	TF <sub>14</sub>	TF <sub>15</sub>	TF <sub>16</sub>	Ağırlık
TF <sub>11</sub>	1,000	0,693	2,080	0,909	0,550	1,817	0,164
TF <sub>12</sub>		1,000	2,466	2,289	1,587	2,466	0,274
TF <sub>13</sub>			1,000	1,000	0,693	1,000	0,112
TF <sub>14</sub>				1,000	0,693	2,520	0,151
TF <sub>15</sub>					1,000	2,714	0,211
TF <sub>16</sub>						1,000	0,088

Tablo 6. Biçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>21</sub>	TF <sub>22</sub>	TF <sub>23</sub>	Ağırlık
TF <sub>21</sub>	1,000	0,255	0,794	0,171
TF <sub>22</sub>		1,000	2,080	0,582
TF <sub>23</sub>			1,000	0,247

Tablo 7. Biçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>31</sub>	TF <sub>32</sub>	TF <sub>33</sub>	TF <sub>34</sub>	TF <sub>35</sub>	TF <sub>36</sub>	TF <sub>37</sub>	Ağırlık
TF <sub>31</sub>	1,000	1,260	1,326	4,579	0,693	2,289	5,593	0,212
TF <sub>32</sub>		1,000	2,714	3,634	0,693	1,587	3,271	0,192
TF <sub>33</sub>			1,000	2,466	0,523	1,145	3,107	0,122
TF <sub>34</sub>				1,000	0,168	0,550	2,080	0,055

Tablo 7'nin devamı

Alt faktör	TF <sub>31</sub>	TF <sub>32</sub>	TF <sub>33</sub>	TF <sub>34</sub>	TF <sub>35</sub>	TF <sub>36</sub>	TF <sub>37</sub>	Ağırlık
TF <sub>35</sub>					1,000	2,884	5,944	0,273
TF <sub>36</sub>						1,000	3,557	0,107
TF <sub>37</sub>							1,000	0,039

Tablo 8. Biçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>41</sub>	TF <sub>42</sub>	TF <sub>43</sub>	Ağırlık
TF <sub>41</sub>	1,000	1,101	0,941	0,333
TF <sub>42</sub>		1,000	0,585	0,266
TF <sub>43</sub>			1,000	0,401

Planya ile işlemede odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etki eden faktörler için oluşturulan AHP değerlendirme/karşılaştırma matrisleri Tablo 9 – 13'te görülebilir.

Tablo 9. Planyalama işlemi için ana faktörlerin amaca göre AHP ile değerlendirilmesi

Ana faktör	PF <sub>1</sub>	PF <sub>2</sub>	PF <sub>3</sub>	PF <sub>4</sub>	Ağırlık
PF <sub>1</sub>	1,000	0,669	1,170	1,495	0,249
PF <sub>2</sub>		1,000	1,495	2,340	0,361
PF <sub>3</sub>			1,000	1,682	0,237
PF <sub>4</sub>				1,000	0,153

Tablo 10. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>11</sub>	PF <sub>12</sub>	PF <sub>13</sub>	Ağırlık
PF <sub>11</sub>	1,000	5,207	1,627	0,566
PF <sub>12</sub>		1,000	0,435	0,122
PF <sub>13</sub>			1,000	0,312

Tablo 11. Planyalama işlemleri için işleme parametrelerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>21</sub>	PF <sub>22</sub>	PF <sub>23</sub>	PF <sub>24</sub>	PF <sub>25</sub>	Ağırlık
PF <sub>21</sub>	1,000	2,913	0,760	0,427	1,047	0,176
PF <sub>22</sub>		1,000	0,669	0,240	0,398	0,083
PF <sub>23</sub>			1,000	0,380	1,107	0,170
PF <sub>24</sub>				1,000	2,632	0,403
PF <sub>25</sub>					1,000	0,168

Tablo 12. Planyalama işlemleri için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>31</sub>	PF <sub>32</sub>	PF <sub>33</sub>	PF <sub>34</sub>	PF <sub>35</sub>	PF <sub>36</sub>	Ağırlık
PF <sub>31</sub>	1,000	0,955	1,257	2,590	0,604	2,000	0,191
PF <sub>32</sub>		1,000	1,565	3,162	0,562	1,495	0,195
PF <sub>33</sub>			1,000	1,682	0,435	1,075	0,130
PF <sub>34</sub>				1,000	0,319	0,473	0,072
PF <sub>35</sub>					1,000	1,861	0,283
PF <sub>36</sub>						1,000	0,129

Tablo 13. Planyalama işlemleri için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>41</sub>	PF <sub>42</sub>	PF <sub>43</sub>	Ağırlık
PF <sub>41</sub>	1,000	0,904	0,537	0,244
PF <sub>42</sub>		1,000	0,376	0,231
PF <sub>43</sub>			1,000	0,525

Bıçme ve planyalama işlemleri için belirlenen ana ve alt faktörlerin öncelikleri AHP yönteminin hesaplama prosedürüne göre elde edilmiştir. Nihai sonuçlar bıçme işlemleri için Tablo 14’te, planyalama işlemleri için Tablo 15’te özetlenmiştir.

Tablo 14. Biçme işlemi için AHP nihai sonuçları

Ana faktör	Yerel önem	Alt faktör	Yerel önem	Yerel sıralama	Global önem	Global sıralama
Kesici ile ilgili özellikler (TF <sub>1</sub> )	0,303	Çapraz miktarı (TF <sub>11</sub> )	0,164	3	0,050	8
		Diş tipi ve geometrisi (TF <sub>12</sub> )	0,274	1	0,083	3
		Testere levhası kullanım süresi (TF <sub>13</sub> )	0,112	5	0,034	14
		Diş boşluğu (TF <sub>14</sub> )	0,151	4	0,046	10
		Testere diş sayısı (TF <sub>15</sub> )	0,211	2	0,064	5
		Kesici malzeme türü (TF <sub>16</sub> )	0,088	6	0,027	15
İşleme parametreleri (TF <sub>2</sub> )	0,354	Kesiş açısı (TF <sub>21</sub> )	0,171	3	0,061	6
		Besleme hızı (TF <sub>22</sub> )	0,582	1	0,206	1
		Kesme hızı (TF <sub>23</sub> )	0,247	2	0,087	2
Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (TF <sub>3</sub> )	0,181	Rutubet miktarı (TF <sub>31</sub> )	0,212	2	0,038	12
		Yoğunluk (TF <sub>32</sub> )	0,192	3	0,035	13
		Sertlik (TF <sub>33</sub> )	0,122	4	0,022	16
		Öz odun-diri odun (TF <sub>34</sub> )	0,055	6	0,010	18
		Malzemedeki kusur (TF <sub>35</sub> )	0,273	1	0,049	9
		Halka genişliği (TF <sub>36</sub> )	0,107	5	0,019	17
		Malzemenin kalınlığı (TF <sub>37</sub> )	0,039	7	0,007	19
		Kesme ile ilgili özellikler (TF <sub>4</sub> )	0,162	Kesme kuvveti değişimi (TF <sub>41</sub> )	0,333	2
Titreşimler (TF <sub>42</sub> )	0,266	3		0,043	11	
Talaş oluşumu (TF <sub>43</sub> )	0,401	1		0,065	4	

Tablo 15. Planyalama işlemi için AHP nihai sonuçları

Ana faktör	Yerel önem	Alt faktör	Yerel önem	Yerel sıralama	Global önem	Global sıralama
Kesici ile ilgili özellikler (PF <sub>1</sub> )	0,249	Bıçak geometrisi (PF <sub>11</sub> )	0,566	1	0,141	2
		Bıçak malzeme türü (PF <sub>12</sub> )	0,122	3	0,030	14
		Bıçak keskinliği (PF <sub>13</sub> )	0,312	2	0,078	4
İşleme parametreleri (PF <sub>2</sub> )	0,361	Bıçak sayısı (PF <sub>21</sub> )	0,176	2	0,064	6
		Kesiş açısı (PF <sub>22</sub> )	0,083	5	0,030	14
		Kesme derinliği (PF <sub>23</sub> )	0,170	3	0,062	7
		Besleme hızı (PF <sub>24</sub> )	0,403	1	0,145	1
		Kesme hızı (PF <sub>25</sub> )	0,168	4	0,061	8
Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (PF <sub>3</sub> )	0,237	Rutubet miktarı (PF <sub>31</sub> )	0,191	3	0,045	10
		Yoğunluk (PF <sub>32</sub> )	0,195	2	0,046	9
		Sertlik (PF <sub>33</sub> )	0,130	4	0,031	13
		Öz odun-diri odun (PF <sub>34</sub> )	0,072	6	0,017	15
		Malzeme kusuru (PF <sub>35</sub> )	0,283	1	0,067	5
		Halka genişliği (PF <sub>36</sub> )	0,129	5	0,031	13
Kesme ile ilgili özellikler (PF <sub>4</sub> )	0,153	Kesme kuvveti değişimi (PF <sub>41</sub> )	0,244	2	0,037	11
		Titreşimler (PF <sub>42</sub> )	0,231	3	0,035	12
		Yonga tipi ve kalınlığı (PF <sub>43</sub> )	0,525	1	0,080	3

Biçme işlemi için yapılan AHP analizinin yerel sonuçlarına göre; kesici ile ilgili özellikler grubunda diş tipi ve geometrisi (0,274), işleme parametreleri grubunda besleme hızı (0,582), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubunda malzemedeki kusur (0,273) ve kesme ile ilgili özellikler grubunda talaş oluşumu (0,401) önemli faktörler olarak bulunmuştur. Global sonuçlar ise besleme hızının (0,206) en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

Planyalama işlemi için yapılan AHP analizinin yerel sonuçlarına göre; kesici ile ilgili özellikler grubunda bıçak geometrisi (0,566), işleme parametreleri grubunda besleme hızı (0,403), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubunda malzeme kusuru (0,283) ve kesme ile ilgili özellikler grubunda yonga tipi ve kalınlığı (0,525) önemli faktörler olarak bulunmuştur. Global sonuçlar ise besleme hızının (0,145) en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

AHP analizinin gerçekleştirilmesinin ardından odun yüzey pürüzlülüğü faktörleri bulanık AHP ile analiz edilmiştir. Testere ile işlemede odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etki eden faktörler için oluşturulan bulanık AHP değerlendirme/karşılaştırma matrisleri Tablo 16 – 20’de görülebilir.

Tablo 16. Biçme işlemi için ana faktörlerin amaca göre bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Ana faktör	TF <sub>1</sub>	TF <sub>2</sub>	TF <sub>3</sub>	TF <sub>4</sub>
TF <sub>1</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,693; 0,794; 1,000)	(1,000; 1,587; 2,080)	(1,587; 2,154; 2,621)
TF <sub>2</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,817; 2,289; 2,714)	(1,101; 1,710; 2,621)
TF <sub>3</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(0,794; 1,260; 1,817)
TF <sub>4</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,355; 0,411; 0,147; 0,087)^T$				

Tablo 17. Biçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>21</sub>	TF <sub>22</sub>	TF <sub>23</sub>
TF <sub>21</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,203; 0,255; 0,347)	(0,585; 0,794; 1,000)
TF <sub>22</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,066; 2,080; 3,752)
TF <sub>23</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,000; 0,834; 0,166)^T$			



Tablo 18. Biçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>11</sub>	TF <sub>12</sub>	TF <sub>13</sub>	TF <sub>14</sub>	TF <sub>15</sub>	TF <sub>16</sub>
TF <sub>11</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,630; 0,693; 0,794)	(1,587; 2,080; 2,520)	(0,606; 0,909; 1,587)	(0,437; 0,550; 0,794)	(1,260; 1,817; 2,289)
TF <sub>12</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,587; 2,466; 2,884)	(1,260; 2,289; 3,302)	(1,000; 1,587; 2,080)	(2,000; 2,466; 2,884)
TF <sub>13</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(0,693; 1,000; 1,442)	(0,630; 0,693; 0,794)	(1,000; 1,000; 1,000)
TF <sub>14</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)	(0,630; 0,693; 0,794)	(2,080; 2,520; 2,924)
TF <sub>15</sub>					(1,000; 1,000; 1,000)	(2,289; 2,714; 3,107)
TF <sub>16</sub>						(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,188; 0,361; 0,010; 0,171; 0,270; 0,000)^T$						

Tablo 19. Biçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	TF <sub>31</sub>	TF <sub>32</sub>	TF <sub>33</sub>	TF <sub>34</sub>	TF <sub>35</sub>	TF <sub>36</sub>	TF <sub>37</sub>
TF <sub>31</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(1,119; 1,260; 1,442)	(1,145; 1,326; 1,587)	(3,557; 4,579; 5,593)	(0,630; 0,693; 0,794)	(1,817; 2,289; 2,714)	(4,579; 5,593; 6,604)
TF <sub>32</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,587; 2,714; 3,780)	(2,466; 3,634; 4,718)	(0,523; 0,693; 0,843)	(1,260; 1,587; 1,957)	(2,884; 3,271; 3,634)
TF <sub>33</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(2,000; 2,466; 2,884)	(0,394; 0,523; 1,145)	(0,874; 1,145; 1,419)	(2,714; 3,107; 3,476)
TF <sub>34</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)	(0,144; 0,168; 0,203)	(0,523; 0,550; 0,585)	(1,587; 2,080; 2,520)
TF <sub>35</sub>					(1,000; 1,000; 1,000)	(2,466; 2,884; 3,271)	(4,932; 5,944; 6,952)
TF <sub>36</sub>						(1,000; 1,000; 1,000)	(2,520; 3,557; 4,579)
TF <sub>37</sub>							(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,327; 0,221; 0,003; 0,000; 0,449; 0,000; 0,000)^T$							

Tablo 20. Biçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>41</sub>	PF <sub>42</sub>	PF <sub>43</sub>
PF <sub>41</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,909; 1,101; 1,357)	(0,830; 0,941; 1,063)
PF <sub>42</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(0,550; 0,585; 0,693)
PF <sub>43</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,327; 0,009; 0,664)^T$			

Planya ile işlemede odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etki eden faktörler için oluşturulan bulanık AHP değerlendirme/karşılaştırma matrisleri Tablo 21 – 25’te görülebilir.

Tablo 21. Planyalama işlemi için ana faktörlerin amaca göre bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Ana faktör	PF <sub>1</sub>	PF <sub>2</sub>	PF <sub>3</sub>	PF <sub>4</sub>
PF <sub>1</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,485; 0,669; 0,931)	(0,855; 1,170; 1,682)	(1,414; 1,495; 1,565)
PF <sub>2</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,189; 1,495; 1,861)	(1,682; 2,340; 2,913)
PF <sub>3</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(1,189; 1,682; 2,178)
PF <sub>4</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,258; 0,491; 0,251; 0,000)^T$				

Tablo 22. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>11</sub>	PF <sub>12</sub>	PF <sub>13</sub>
PF <sub>11</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(4,120; 5,207; 6,260)	(1,189; 1,627; 2,213)
PF <sub>12</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(0,330; 0,435; 0,604)
PF <sub>13</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,860; 0,000; 0,140)^T$			

Tablo 23. Planyalama işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>21</sub>	PF <sub>22</sub>	PF <sub>23</sub>	PF <sub>24</sub>	PF <sub>25</sub>
PF <sub>21</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(1,861; 2,913; 3,936)	(0,537; 0,760; 1,107)	(0,343; 0,427; 0,595)	(0,760; 1,047; 1,316)
PF <sub>22</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(0,485; 0,669; 1,057)	(0,193; 0,240; 0,319)	(0,325; 0,398; 0,537)
PF <sub>23</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(0,316; 0,380; 0,485)	(0,795; 1,107; 1,607)
PF <sub>24</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)	(2,060; 2,632; 3,162)
PF <sub>25</sub>					(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,170; 0,000; 0,087; 0,641; 0,102)^T$					

Tablo 24. Planyalama işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>31</sub>	PF <sub>32</sub>	PF <sub>33</sub>	PF <sub>34</sub>	PF <sub>35</sub>	PF <sub>36</sub>
PF <sub>31</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,760; 0,955; 1,316)	(1,075; 1,257; 1,565)	(2,000; 2,590; 3,130)	(0,452; 0,604; 0,783)	(1,732; 2,000; 2,236)
PF <sub>32</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(1,189; 1,565; 1,861)	(2,632; 3,162; 3,663)	(0,427; 0,562; 0,707)	(1,278; 1,495; 1,732)
PF <sub>33</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)	(1,316; 1,682; 1,968)	(0,302; 0,435; 0,639)	(0,809; 1,075; 1,316)
PF <sub>34</sub>				(1,000; 1,000; 1,000)	(0,237; 0,319; 0,411)	(0,427; 0,473; 0,537)
PF <sub>35</sub>					(1,000; 1,000; 1,000)	(1,495; 1,861; 2,432)
PF <sub>36</sub>						(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,246; 0,267; 0,034; 0,000; 0,425; 0,028)^T$						

Tablo 25. Planyalama işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi

Alt faktör	PF <sub>41</sub>	PF <sub>42</sub>	PF <sub>43</sub>
PF <sub>41</sub>	(1,000; 1,000; 1,000)	(0,748; 0,904; 1,150)	(0,429; 0,537; 0,727)
PF <sub>42</sub>		(1,000; 1,000; 1,000)	(0,310; 0,376; 0,500)
PF <sub>43</sub>			(1,000; 1,000; 1,000)
$W = (0,000; 0,000; 1,000)^T$			

Bıçme ve planyalama işlemleri için belirlenen ana ve alt faktörlerin öncelikleri bulanık AHP yönteminin hesaplama prosedürüne göre elde edilmiştir. Nihai sonuçlar bıçme işlemi için Tablo 26'da, planyalama işlemi için Tablo 27'de özetlenmiştir.

Bıçme işlemi için yapılan bulanık AHP analizinin yerel sonuçlarına göre; kesici ile ilgili özellikler grubunda diş tipi ve geometrisi (0,361), işleme parametreleri grubunda besleme hızı (0,834), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubunda malzemedeki kusur (0,449) ve kesme ile ilgili özellikler grubunda talaş oluşumu (0,664) önemli faktörler olarak bulunmuştur. Global sonuçlar ise besleme hızının (0,342) en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

Planyalama işlemi için yapılan bulanık AHP analizinin yerel sonuçlarına göre; kesici ile ilgili özellikler grubunda bıçak geometrisi (0,860), işleme parametreleri grubunda besleme hızı (0,641), ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubunda malzeme kusuru (0,425) ve kesme ile ilgili özellikler grubunda yonga tipi ve kalınlığı (1,000) önemli faktörler olarak bulunmuştur. Global sonuçlar ise besleme hızının (0,315) en önemli faktör olduğunu göstermektedir.

Tablo 26. Biçme işlemi için bulanık AHP nihai sonuçları

Ana faktör	Yerel önem	Alt faktör	Yerel önem	Yerel sıralama	Global önem	Global sıralama
Kesici ile ilgili özellikler (TF <sub>1</sub> )	0,355	Çapraz miktarı (TF <sub>11</sub> )	0,188	3	0,067	5
		Diş tipi ve geometrisi (TF <sub>12</sub> )	0,361	1	0,128	2
		Testere levhası kullanım süresi (TF <sub>13</sub> )	0,010	5	0,004	12
		Diş boşluğu (TF <sub>14</sub> )	0,171	4	0,061	7
		Testere diş sayısı (TF <sub>15</sub> )	0,270	2	0,096	3
		Kesici malzeme türü (TF <sub>16</sub> )	0,000	6	0,000	14
İşleme parametreleri (TF <sub>2</sub> )	0,411	Kesim açısı (TF <sub>21</sub> )	0,000	3	0,000	14
		Besleme hızı (TF <sub>22</sub> )	0,834	1	0,342	1
		Kesme hızı (TF <sub>23</sub> )	0,166	2	0,068	4
Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (TF <sub>3</sub> )	0,147	Rutubet miktarı (TF <sub>31</sub> )	0,327	2	0,048	9
		Yoğunluk (TF <sub>32</sub> )	0,221	3	0,032	10
		Sertlik (TF <sub>33</sub> )	0,003	4	0,001	13
		Öz odun-diri odun (TF <sub>34</sub> )	0,000	5	0,000	14
		Malzemedeki kusur (TF <sub>35</sub> )	0,449	1	0,066	6
		Halka genişliği (TF <sub>36</sub> )	0,000	5	0,000	14
		Malzemenin kalınlığı (TF <sub>37</sub> )	0,000	5	0,000	14
		Kesme ile ilgili özellikler (TF <sub>4</sub> )	0,087	Kesme kuvveti değişimi (TF <sub>41</sub> )	0,327	2
Titreşimler (TF <sub>42</sub> )	0,009	3		0,001	13	
Talaş oluşumu (TF <sub>43</sub> )	0,664	1		0,058	8	

Tablo 27. Planyalama işlemi için bulanık AHP nihai sonuçları

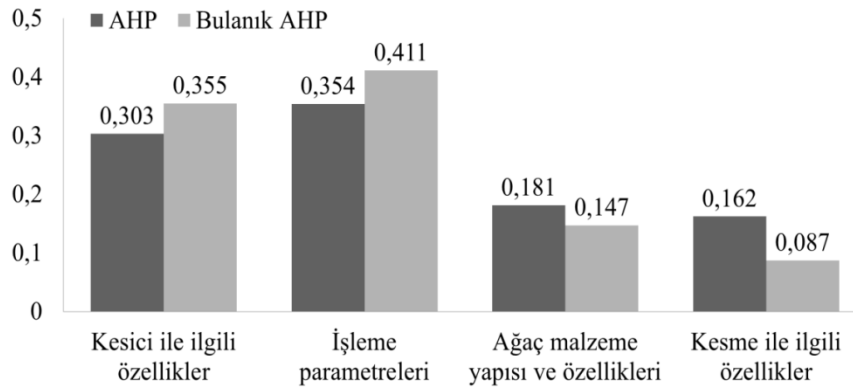
Ana faktör	Yerel önem	Alt faktör	Yerel önem	Yerel sıralama	Global önem	Global sıralama
Kesici ile ilgili özellikler (PF <sub>1</sub> )	0,258	Bıçak geometrisi (PF <sub>11</sub> )	0,860	1	0,222	2
		Bıçak malzeme türü (PF <sub>12</sub> )	0,000	3	0,000	12
		Bıçak keskinliği (PF <sub>13</sub> )	0,140	2	0,036	9
İşleme parametreleri (PF <sub>2</sub> )	0,491	Bıçak sayısı (PF <sub>21</sub> )	0,170	2	0,083	4
		Kesim açısı (PF <sub>22</sub> )	0,000	5	0,000	12
		Kesme derinliği (PF <sub>23</sub> )	0,087	4	0,043	8
		Besleme hızı (PF <sub>24</sub> )	0,641	1	0,315	1
		Kesme hızı (PF <sub>25</sub> )	0,102	3	0,050	7
Ağaç malzeme yapısı ve özellikleri (PF <sub>3</sub> )	0,251	Rutubet miktarı (PF <sub>31</sub> )	0,246	3	0,062	6
		Yoğunluk (PF <sub>32</sub> )	0,267	2	0,067	5
		Sertlik (PF <sub>33</sub> )	0,034	4	0,008	10
		Öz odun-diri odun (PF <sub>34</sub> )	0,000	6	0,000	12
		Malzeme kusuru (PF <sub>35</sub> )	0,425	1	0,107	3
		Halka genişliği (PF <sub>36</sub> )	0,028	5	0,007	11
Kesme ile ilgili özellikler (PF <sub>4</sub> )	0,000	Kesme kuvveti değişimi (PF <sub>41</sub> )	0,000	2	0,000	12
		Titreşimler (PF <sub>42</sub> )	0,000	2	0,000	12
		Yonga tipi ve kalınlığı (PF <sub>43</sub> )	1,000	1	0,000	12

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın amaçları, biçme ve planyalama işlemlerinde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin önceliklendirilmesi ve nihai ürünün yüzey kalitesini arttırmada kullanılacak yararlı bir kılavuzun sağlanması olup faktörlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için AHP ve bulanık AHP kullanılmıştır.

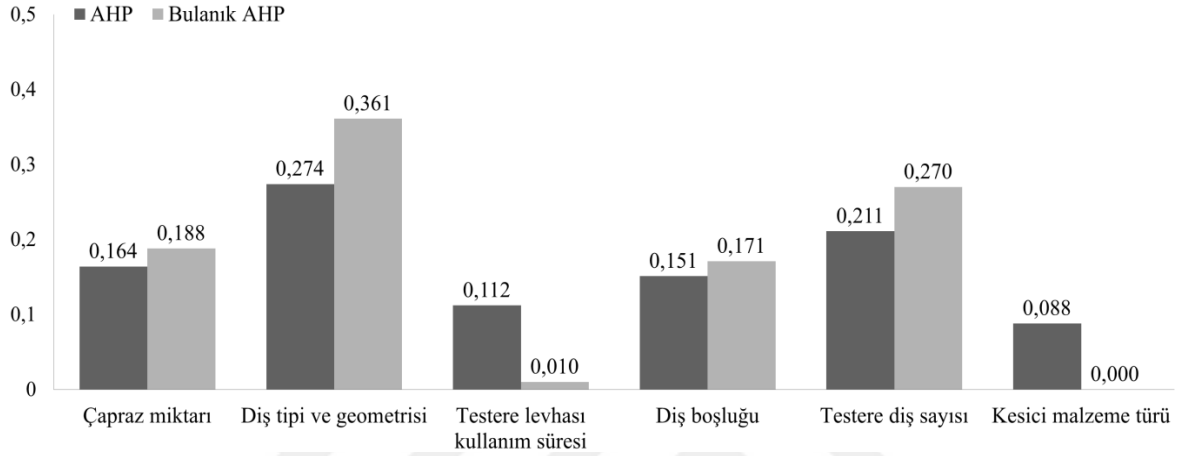
Literatür araştırması ve uzman görüşü doğrultusunda her iki odun işleme süreci içinde dört ana faktör, kesici ile ilgili özellikler, işleme parametreleri, ağaç malzeme yapısı ve özellikleri ve kesme ile ilgili özellikler olarak belirlenmiş, ana faktörler ilgilenilen işleme sürecine uygun olacak şekilde alt faktörlere ayrılmış ve iki işleme süreci içinde hiyerarşik yapıların inşa edilmesinin ardından AHP ve bulanık AHP kullanılarak faktörlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Her bir odun yüzey pürüzlülüğü faktörü için elde edilen AHP ve bulanık AHP bulguları biçme işlemi için sırasıyla Tablo 14 ve Tablo 26’da, planyalama işlemi sırasıyla için Tablo 15 ve Tablo 27’de özetlenmiştir.

Biçme işlemi için ana faktörlerin amaca göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 14’te sunulmuştur. Bu şekilden açıkça görülmektedir ki, yüzey pürüzlülüğü ana faktörlerinin ağırlıklara göre azalan düzende sıralaması, işleme parametreleri > kesici ile ilgili özellikler > ağaç malzeme yapısı ve özellikleri > kesme ile ilgili özellikler olmuştur. Çalışmanın bu sonuçlarına dayanarak, biçme işleminde işleme parametrelerinin ve kesici ile ilgili özelliklerin diğer ana faktörlerle mukayese edildiğinde daha önemli olduklarını söylemek mümkündür.



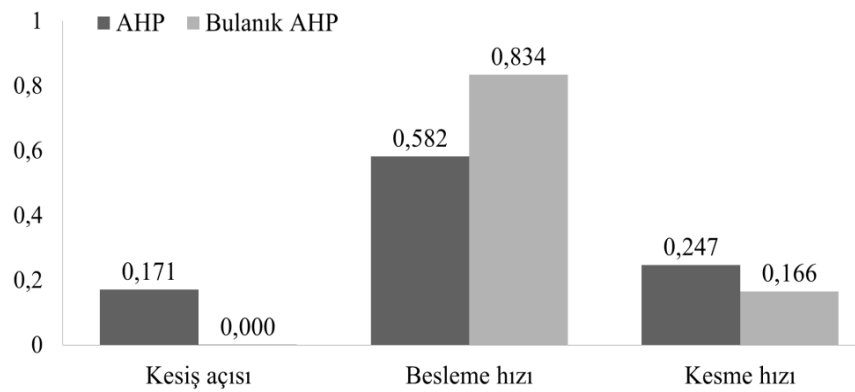
Şekil 14. Biçme işlemi için ana faktörlerin ağırlıkları

Bıçme işlemi için alt faktörlerin kesici ile ilgili özelliklere göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 15'te sunulmuştur. Kesici ile ilgili özellikler grubunda ilk iki önemli faktörün diş tipi ve geometrisi ve testere diş sayısı olduğu şekilden görülmektedir. Kesici ile ilgili özellikler grubu için hesaplanan diğer ağırlıklar incelendiğinde görülmektedir ki en düşük öncelik kesici malzeme türüne aittir.



Şekil 15. Bıçme işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları

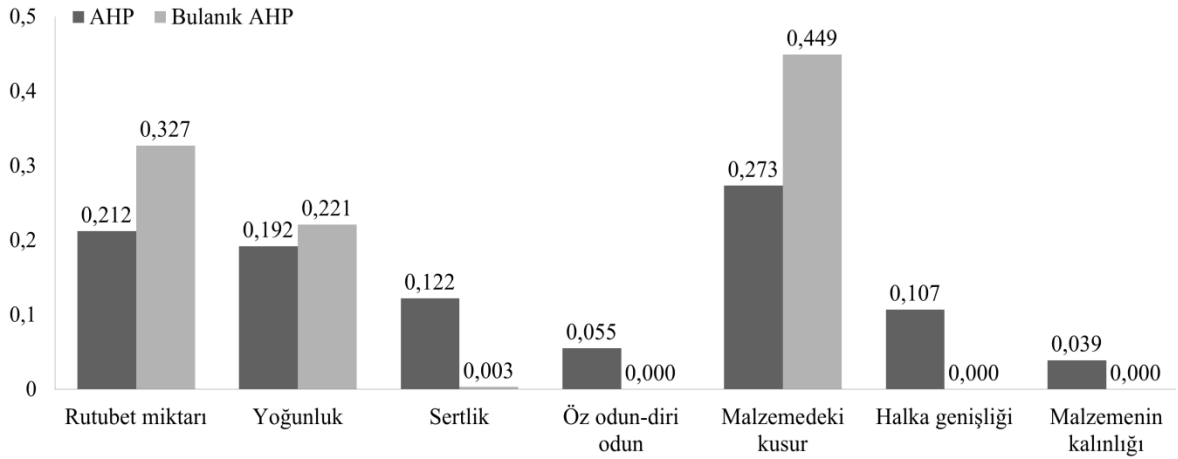
Bıçme işlemi için alt faktörlerin işleme parametrelerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 16'da görülebilir. İşleme parametrelerine ait faktörler için elde edilen sonuçlar, besleme hızı alt faktörünün en yüksek öneme sahip olduğunu ve bu alt faktörün ardından kesme hızı alt faktörünün geldiğini göstermektedir.



Şekil 16. Bıçme işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin ağırlıkları

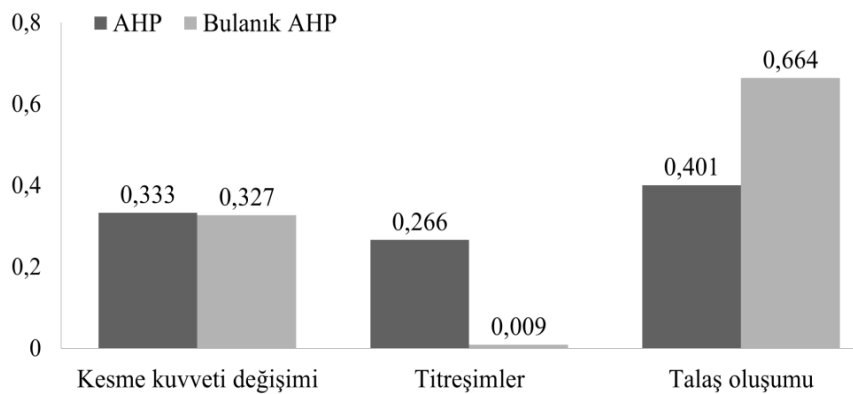


Bıçme işlemi için alt faktörlerin ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 17’de sunulmuştur. Bu sonuçlar, malzemedeki kusur alt faktörünün maksimum ağırlıklara sahip olduğunu göstermektedir. Bu grupta yer alan rutubet miktarı alt faktörü ise ikinci sırada yer almaktadır. Malzemenin kalınlığı, halka genişliği ve öz odun-diri odun için bulanık AHP ile elde edilen ağırlık değerleri, bu faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin az olduğunu göstermektedir.



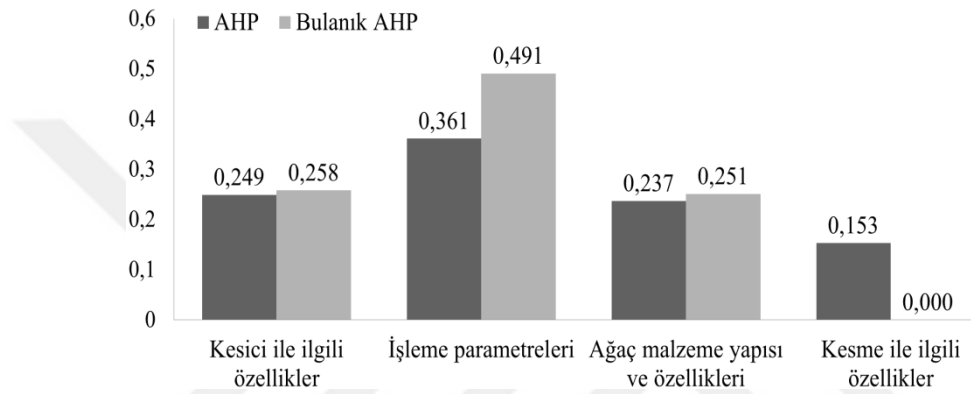
Şekil 17. Bıçme işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin ağırlıkları

Bıçme işlemi için alt faktörlerin kesme ile ilgili özelliklerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 18’de görülebilir. Kesme ile ilgili özellikler grubunun alt faktörlerinin ağırlıklara göre azalan düzende sıralaması, talaş oluşumu > kesme kuvveti değişimi > titreşimler olmuştur. Bu sonuç, talaş oluşumu alt faktörünün bu gruptaki diğer alt faktörlerden daha önemli olduğuna işaret etmiştir.



Şekil 18. Bıçme işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları

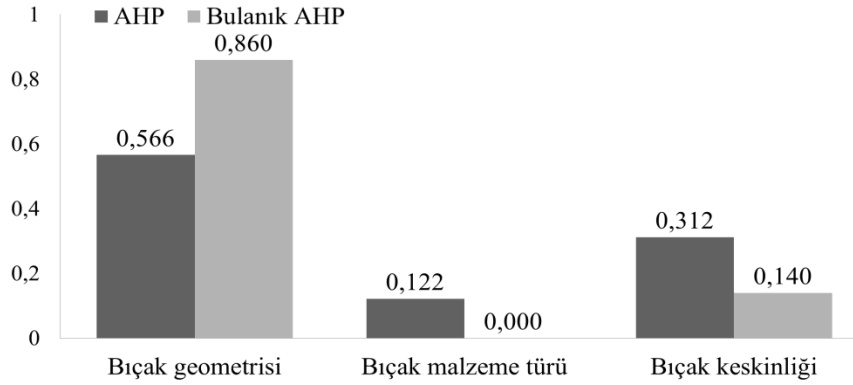
Planlayalama işleminin için ana faktörlerin amaca göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 19’da görülebilir. Yüzey pürüzlülüğü ana faktörlerinin ağırlıklarına göre azalan düzende sıralaması, işleme parametreleri > kesici ile ilgili özellikler > ağaç malzeme yapısı ve özellikleri > kesme ile ilgili özellikler olmuştur. Bu sonuç göstermektedir ki, işleme parametreleri ve kesici ile ilgili özellikler ana faktörleri diğer ana faktörlerden daha çok planya ile odun işleminde yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 19. Planyalama işleminin için ana faktörlerin ağırlıkları

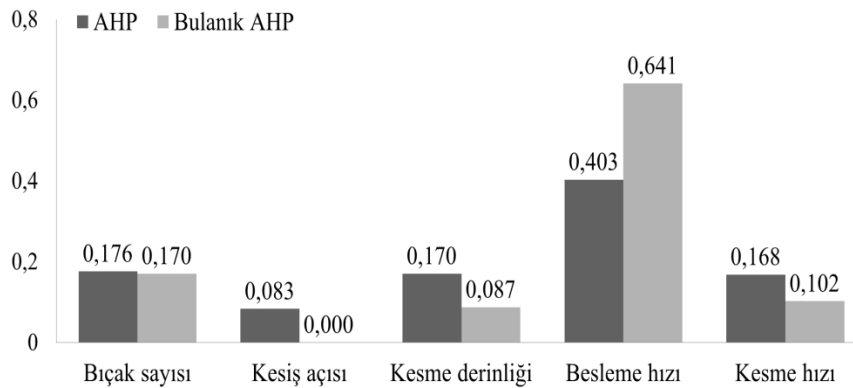
Bıçma ve planyalama işlemlerinde ana faktörler için AHP ve bulanık AHP ile elde edilen neticelere göz atıldığında benzer bir sıralama elde edildiği görülebilir. Bu sıralama sonucuna dayanarak, işleme parametreleri ve kesici ile ilgili özellikler ana faktörlerinin iki odun işleme süreci için de önem arz ettiği söylenebilir.

Planyalama işleminin için alt faktörlerin kesici ile ilgili özelliklere göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 20’de sunulmuştur. Kesici ile ilgili özellikler grubuna ait olan alt faktörler için bıçak geometrisi > bıçak keskinliği > bıçak malzeme türü şeklinde bir sıralama elde edilmiştir. Bu sıralama sonucu, bıçak geometrisi alt faktörünün kesici ile ilgili özellikler grubundaki diğer alt faktörlerden daha önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 20. Planyalama işlemi için kesici ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları

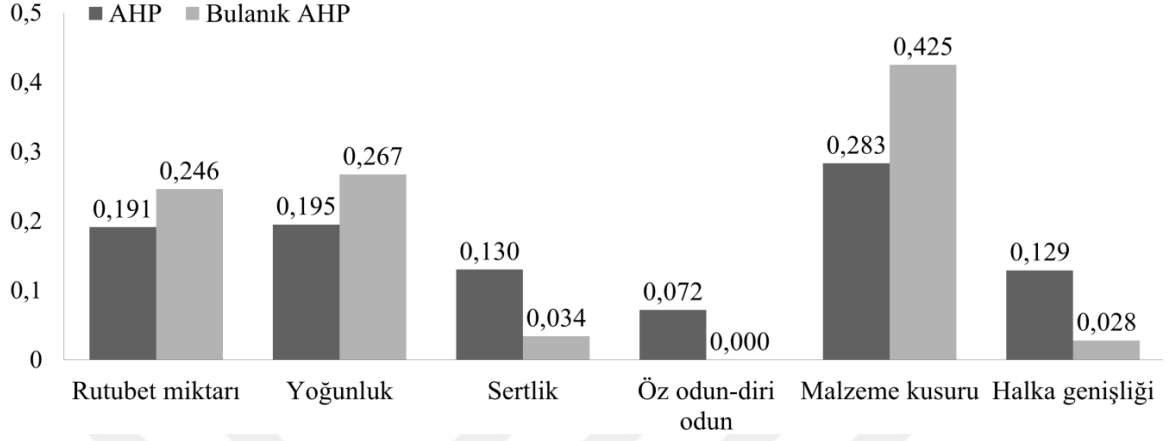
Planyalama işlemi için alt faktörlerin işleme parametrelerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 21’de görülebilir. İşleme parametreleri ana faktörünün odun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili alt faktörlerinin sonuçları incelendiğinde besleme hızı alt faktörünün en yüksek ağırlık değerlerine sahip olduğunu görmek mümkündür. İşleme parametreleri grubu için hesaplanan diğer ağırlıklar incelendiğinde görülmektedir ki en düşük öncelik kesiş açısına aittir.



Şekil 21. Planyalama işlemi için işleme parametrelerine ait faktörlerin ağırlıkları

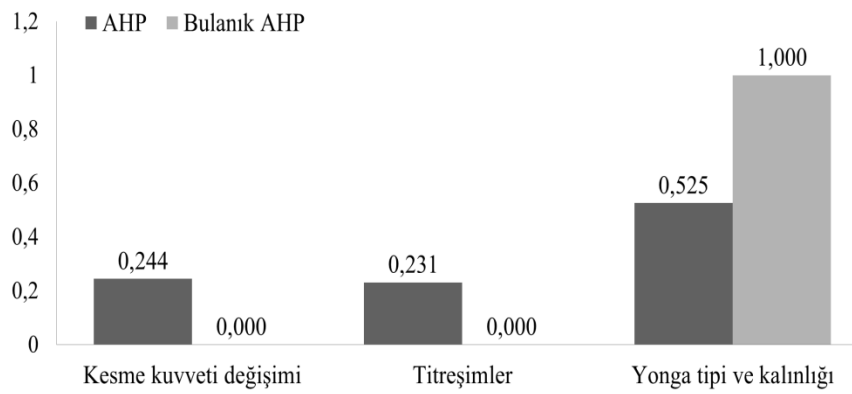
Planyalama işlemi için alt faktörlerin ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 22’de sunulmuştur. Bu şekildeki ağırlıklar incelendiğinde görülmektedir ki, ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubunda malzeme kusuru alt faktörü en yüksek öneme sahiptir. Bu grupta yer alan yoğunluk alt

faktörü ise ikinci sırada yer almaktadır. Öz odun-diri odun alt faktörü ise ağaç malzeme yapısı ve özellikleri grubu içerisinde en az öneme sahip olan alt faktördür.



Şekil 22. Planyalama işlemi için ağaç malzeme yapısı ve özelliklerine ait faktörlerin ağırlıkları

Planyalama işlemi için alt faktörlerin kesme ile ilgili özelliklerine göre AHP ve bulanık AHP ile değerlendirilme sonuçları Şekil 23'te görülebilir. Bu sonuçlar, yonga tipi ve kalınlığı alt faktörünün maksimum ağırlık değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Kesme kuvveti değişimi ve titreşimler için bulanık AHP ile elde edilen ağırlık değerleri, bu alt faktörlerin odun yüzey pürüzlülüğüne olan katkısının az olduğunu göstermektedir.



Şekil 23. Planyalama işlemi için kesme ile ilgili özelliklere ait faktörlerin ağırlıkları

Bıçme işlemi için hesaplanan global sonuçlar incelendiğinde, besleme hızının, kesme hızının, diş tipi ve geometrisinin ve testere diş sayısının en önemli faktörler olduğu

görülmektedir. Planyalama işlemi için hesaplanan global sonuçlar incelendiğinde ise önemli faktörlerin, besleme hızı, bıçak geometrisi, yonga tipi ve kalınlığı ve malzeme kusuru olduğu görülebilir. İki odun işleme süreci için de besleme hızı en önemli faktör olarak belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, besleme hızı alt faktörü düzgün odun yüzeyler elde edilmesinde diğer faktörlerden daha fazla kilit rol oynamaktadır.

Pek çok araştırmacı, besleme hızının ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini bildirmiş ve sonuçlar pürüzsüz bir yüzey elde etmede besleme hızının önemli bir faktör olduğunu göstermiştir [35, 38, 81]. Birçok araştırmacı, son ürünün yüzey kalitesi için diş tipinin ve geometrisinin doğrudan sorumlu olduğunu belirtmiştir [37, 39]. Öte yandan, önceki çalışmalarda kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir [40, 82]. Yonga tipi ve kalınlığı ve bıçak geometrisi hakkında temel bilgiye sahip olmanın önemi literatürde ayrıca vurgulanmıştır [83, 84]. Magoss [85]'a göre, odunun yüzey pürüzlülüğü açısından basınç, besleme hızı, tane büyüklüğü ve kesme hızı en önemli operasyonel parametrelerdir. Ayrıca, Lu [86] çalışmasında kesme koşulları, takım aşınması, takım ve iş parçasının malzeme özellikleri ve bunlara ilaveten kesme hızı, kesme derinliği, besleme oranı, takım geometrisi gibi işleme parametrelerinin işlenmiş parçaların yüzey kalitesinin üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın bulgularının ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili mevcut literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Odun yüzey pürüzlülüğü faktörleri için yapılan değerlendirmeler AHP ve bulanık AHP kullanılarak analiz edilmiştir. Her iki işleme süreci için işleme koşullarına ve odun özelliklerine ilişkin birçok faktörün önceliklerinin önerilen yöntemlerle elde edilebileceği gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara dayanarak bu çalışmanın ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi için yararlı bilgiler sunduğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çağımızın artan rekabetçi pazarlarında ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesinin artırılması önemlidir. Yüzey pürüzlülüğü, malzemelerin görsel görünümü üzerinde birincil etkiye sahiptir. Ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörlerin belirlenmesi yüksek kaliteli bir yüzeye sahip nihai ürünün üretimi için çok önemlidir ve uygulayıcıların en yüksek öneme sahip etkenlere odaklanmalarına yardımcı olur. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olan faktörlerin önceliklerinin belirlenmesinin ürün kalitesinin artırılmasında başarı için kilit rol oynayacağı bir gerçektir.

Biçme ve planyalama süreçlerinde çeşitli faktörlerin odunun yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek için çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmalar göstermiştir ki her bir faktör odunun yüzey kalitesi üzerinde farklı bir etkiye sahiptir. Ancak, odunun karmaşık yapısı nedeniyle hangi faktörün bir diğer faktörden daha önemli olduğunu söylemek zordur. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, AHP yöntemi biçme ve planyalama işlemlerinde ahşap ve ahşap-esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili faktörlerin önceliklendirilmesi için kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı ışığında biçme ve planyalama işlemleri için kesici ile ilgili özellikler, işleme parametreleri, ağaç malzeme yapısı ve özellikleri ve kesme ile ilgili özellikler gibi dört ana faktör belirlenmiştir. Daha sonra, her bir ana faktör ilgilene işleme sürecinin yapısına uygun olacak şekilde çeşitli alt faktörlere ayrılmıştır. Biçme işlemi için on dokuz alt faktör göz önüne alınırken planyalama işlemi için on yedi alt faktör dikkate alınmıştır. Türkiye'deki uzmanlardan toplanan veriler faktörlerin önceliklerini tespit etmek için biçme ve planyalama işlemlerine yönelik geliştirilen modellerde kullanılmıştır. Uzmanların bakış açıları çalışmanın tüm süreci boyunca kullanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen ana faktörler ve alt faktörler için AHP ve bulanık AHP kullanılarak ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Çalışmada, elde edilen yerel önem ve global önem sonuçlarına dayalı olarak yapılan yerel sıralama ve global sıralama sayesinde yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin önemi belirlenmiştir. Çalışmada görülmüştür ki, her iki işleme süreci için de işleme parametreleri ana faktörü diğerlerine kıyasla daha çok önem arz etmektedir. Kesici ile ilgili özellikler ana grubunda biçme işlemi için dış tipi ve geometrisi alt faktörü ve planyalama işlemi için

bıçak geometrisi alt faktörü, işleme parametreleri ana grubunda hem biçme hem de planyalama işlemi için besleme hızı alt faktörü, ağaç malzeme yapısı ve özellikleri ana grubunda her iki işleme süreci içinde malzeme kusuru alt faktörü ve son olarak kesme ile ilgili özellikler ana grubunda biçme işlemi için talaş oluşumu alt faktörü ve planyalama işlemi için yonga tipi ve kalınlığı alt faktörü yerel önem sonuçlarına göre yapılan yerel sıralamada önemli görülmüştür. Bu sonuçlar, mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin ana faktör bazında hangi faktörlere daha çok odaklanması gerektiğini göstermiştir.

Genel sonuçlar, mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin tatmin edici yüzey kalitesi sağlamak için biçme işleminde besleme hızı, kesme hızı, diş tipi ve geometrisi ve testere diş sayısına odaklanması gerektiğini ortaya çıkarmış ve planyalama işleminde besleme hızı, bıçak geometrisi, yonga tipi ve kalınlığı ve malzeme kusuru faktörlerine odaklanmasının yararlı olacağını göstermiştir.

Mevcut çalışmanın literatüre olan başlıca katkısı iki yönlüdür. İlki, odun yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin karmaşık bir ÇKKV problemi olarak değerlendirilebileceği gösterilmiştir. İkincisi, bu çalışma yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin hesaplanan ağırlıklarına dayanarak her bir faktör için bir öncelik tayin etmiştir. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü faktörlerinin önceliklerinin belirlenmesinin işlenen odunun yüzey kalitesinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynayacağını, mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin pazarda daha rekabetçi kalması için bir yol haritası sunacağını ve biçme ve planyalama süreçlerinin ekonomisinin iyileştirilmesine katkıda bulunacağını söylemek mümkündür. Bu açıdan bu çalışma, mobilya ve orman ürünleri endüstrisi için yararlı bilgiler içermektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere ilgili literatürde yürütülen çalışmalarda bir ÇKKV yönteminin odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerine etki eden faktörlerinin önceliklendirilmesine yönelik kullanımı hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular endüstriyel açıdan oldukça önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, önerilen metodoloji odun yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkiye sahip olan faktörlerin önem derecelerini belirlemek için kolayca kullanılabilir. Değerlendirme sonuçlarının analizi, ahşap ve ahşap-esaslı ürünlerin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi açısından mobilya ve orman ürünleri endüstrisine yararlı bir rehber sağlamaktadır. Ayrıca, bu çalışma odun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili gelecekteki çalışmalar için bir yol haritası sunmaktadır. Daha ileriki araştırmalarda bu çalışmanın bulguları deneysel çalışmaların sonuçlarıyla mukayese edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Tseng, T., L., Konada, U. ve Kwon, Y., A Novel Approach to Predict Surface Roughness in Machining Operations Using Fuzzy Set Theory, Journal of Computational Design and Engineering, 3,1 (2016) 1-13.
2. Söğütlü, C., Nzokou, P., Koc, I., Tutgun, R. ve Döngel, N., The Effects of Surface Roughness on Varnish Adhesion Strength of Wood Materials, Journal of Coatings Technology and Research, 13,5 (2016) 863-870.
3. Sofuoğlu, S., D. ve Kurtuğlu, A., Effects of Machining Conditions on Surface Roughness in Planing and Sanding of Solid Wood, Drvna Industrija, 66,4 (2015) 265-272.
4. Csanády, E., Magoss, E. ve Tolvaj, L., Quality of Machined Wood Surfaces, Springer International Publishing, Basel, 2015.
5. Tiryaki, S., Özşahin, Ş. ve Aydın, A., Employing Artificial Neural Networks for Minimizing Surface Roughness and Power Consumption in Abrasive Machining of Wood, European Journal of Wood and Wood Products, 75,3 (2017) 347-358.
6. Gurau, L., Ayrilmis, N., Benthien, J., T., Ohlmeyer, M., Kuzman, M., K. ve Racasan, S., Effect of Species and Grinding Disc Distance on the Surface Roughness Parameters of Medium Density Fiberboard, European Journal of Wood and Wood Products, 75,3 (2017) 335-346.
7. Gurau, L. ve Irle, M., Surface Roughness Evaluation Methods for Wood Products: A Review, Current Forestry Reports, 3,2 (2017) 119-131.
8. Burdurlu, E., Usta, İ., Ulupınar, M., Aksu, B. ve Erarslan, T., C., The Effect of the Number of Blades and the Grain Size of Abrasives in Planing and Sanding on the Surface Roughness of European Black Pine and Lombardy Poplar, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29,4 (2005) 315-321.
9. Sutadian, A., D., Muttill, N., Yilmaz, A., G. ve Perera, B., J., C., Using the Analytic Hierarchy Process to Identify Parameter Weights for Developing a Water Quality Index, Ecological Indicators, 75 (2017) 220-233.
10. Ahammed, F. ve Azeem, A., Selection of the Most Appropriate Package of Solar Home System Using Analytic Hierarchy Process Model in Rural Areas of Bangladesh, Renewable Energy, 55 (2013) 6-11.
11. Aminbakhsh, S., Gunduz, M. ve Sonmez, R., Safety Risk Assessment Using Analytic Hierarchy Process (AHP) during Planning and Budgeting of Construction Projects, Journal of Safety Research, 46 (2013) 99-105.



12. Fuentes-Bargues, J., L. ve Ferrer-Gisbert, P., S., Selecting a Small Run-of-River Hydropower Plant by the Analytic Hierarchy Process (AHP): A Case Study of Miño-Sil River Basin, Spain, Ecological Engineering, 85 (2015) 307-316.
13. Hadidi, L., A. ve Khater, M., A., Loss Prevention in Turnaround Maintenance Projects by Selecting Contractors based on Safety Criteria Using the Analytic Hierarchy Process (AHP), Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 34 (2015) 115-126.
14. Jovanović, B., Filipović, J. ve Bakić, V., Prioritization of Manufacturing Sectors in Serbia for Energy Management Improvement-AHP Method, Energy Conversion and Management, 98 (2015) 225-235.
15. Abdollahzadeh, G., Damalas, C., A., Sharifzadeh, M., S. ve Ahmadi-Gorgi, H., Selecting Strategies for Rice Stem Borer Management Using the Analytic Hierarchy Process (AHP), Crop Protection, 84 (2016) 27-36.
16. Albayrak, E. ve Erensal, Y., C., Using Analytic Hierarchy Process (AHP) to Improve Human Performance: An Application of Multiple Criteria Decision Making Problem, Journal of Intelligent Manufacturing, 15,4 (2004) 491-503.
17. Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J., P. ve Pla-Rubio, A., An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-Based Multi-Criteria Decision Approach for the Selection of Solar-Thermal Power Plant Investment Projects, Energy, 66 (2014) 222-238.
18. Nikou, S. ve Mezei, J., Evaluation of Mobile Services and Substantial Adoption Factors with Analytic Hierarchy Process (AHP), Telecommunications Policy, 37,10 (2013) 915-929.
19. Lee, S., Kim, W., Kim, Y., M. ve Oh, K., J., Using AHP to Determine Intangible Priority Factors for Technology Transfer Adoption, Expert Systems with Applications, 39,7 (2012) 6388-6395.
20. Heo, E., Kim, J. ve Boo, K., J., Analysis of the Assessment Factors for Renewable Energy Dissemination Program Evaluation Using Fuzzy AHP, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14,8 (2010) 2214-2220.
21. Chou, T., Y., Hsu, C., L. ve Chen, M., C., A Fuzzy Multi-Criteria Decision Model for International Tourist Hotels Location Selection, International Journal of Hospitality Management, 27,2 (2008) 293-301.
22. Sun, C., C., A Performance Evaluation Model by Integrating Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods, Expert Systems with Applications, 37,12 (2010) 7745-7754.
23. Seçme, N., Y., Bayrakdaroğlu, A. ve Kahraman, C., Fuzzy Performance Evaluation in Turkish Banking Sector Using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS, Expert Systems with Applications, 36,9 (2009) 11699-11709.

24. Somsuk, N. ve Laosirihongthong, T., A Fuzzy AHP to Prioritize Enabling Factors for Strategic Management of University Business Incubators: Resource-Based View, Technological Forecasting & Social Change, 85 (2014) 198-210.
25. Dağdeviren, M., Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22,4 (2007) 791-799.
26. Kaya, T. ve Kahraman, C., Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of Istanbul, Energy, 35,6 (2010) 2517-2527.
27. Smith, R., L., Bush, R., J. ve Schmoltdt, D., L., A Hierarchical Model and Analysis of Factors Affecting the Adoption of Timber as a Bridge Material, Wood and Fiber Science, 27,3 (1995) 225-238.
28. Azizi, M., A model of Supplying Poplar Wood for Iranian Paper & Wood Factories, Journal of Forestry Research, 19 (2008) 323-328.
29. Lipušček, I., Bohanec, M., Oblak, L. ve Stirn, L., Z., A Multi-Criteria Decision-Making Model for Classifying Wood Products with respect to Their Impact on Environment, International Journal of Life Cycle Assessment, 15,4 (2010) 359-367.
30. Azizi, M. ve Modarres M., A Decision Making Model for Investment and Development of Construction Panels, Journal of Forestry Research, 22 (2011) 301-310.
31. Azizi, M., Momeni, E. ve Mohebbi, N., Providing a Decision-Making Model for Importing Medium-Density Fiberboard Product, Journal of the Indian Academy of Wood Science, 9,2 (2012) 115-129.
32. Kuzman, M., K. ve Grošelj, P., Wood as a Construction Material: Comparison of Different Construction Types for Residential Building Using the Analytic Hierarchy Process, Wood Research, 57,4 (2012) 591-600.
33. Sarfi, F., Azizi, M. ve Arian, A., A Multiple Criteria Analysis of Factors Affecting Markets of Engineered Wood Products with respect to Customer Preferences: A Case Study of Particleboard and MDF, Forest Science and Practice, 15,1 (2013) 61-69.
34. Karakuş, K., Aydemir, D., Öztel, A., Gunduz, G. ve Mengelöglu, F., Nanoboron Nitride-Filled Heat-Treated Wood Polymer Nanocomposites: Comparison of Different Multicriteria Decision-Making Models to Predict Optimum Properties of the Nanocomposites, Journal of Composite Materials, 51,30 (2017) 4205-4218.
35. Iskra, P. ve Hernández, R., E., The Influence of Cutting Parameters on the Surface Quality of Routed Paper Birch and Surface Roughness Prediction Modeling, Wood and Fiber Science, 41,1 (2009) 28-37.

36. Aguilera, A., Cutting Energy and Surface Roughness in Medium Density Fiberboard Rip Sawing, European Journal of Wood and Wood Products, 69,1 (2011) 11-18.
37. Budakçı, M., İlçe, A., C., Korkut, D., S. ve Gürleyen, T., Evaluating the Surface Roughness of Heat-Treated Wood Cut with Different Circular Saws, BioResources, 6,4 (2011) 4247-4258.
38. Tiryaki, S., Malkoçoğlu, A. ve Özşahin, Ş., Using Artificial Neural Networks for Modeling Surface Roughness of Wood in Machining Process, Construction and Building Materials, 66 (2014) 329-335.
39. Kminiak, R., Gašparík, M. ve Kvietková, M., The Dependence of Surface Quality on Tool Wear of Circular Saw Blades during Transversal Sawing of Beech Wood, BioResources, 10,4 (2015) 7123-7135.
40. Roller, A., Burgos, F. ve Aguilera, A., Surface Roughness and Wettability Variation: The Effect of Cutting Distance during Milling of Pinus Radiata Wood, Drvna Industrija, 67,3 (2016) 223-228.
41. Özşahin, Ş. ve Singer, H., Modeling the Effects of Process Parameters on the Surface Roughness of Wood Using Artificial Neural Networks, International Forest Products Congress, Eylül 2018, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 709-720.
42. Özcan, B., Orman Ürünleri Sanayisinin Önemi ve Ülke Ekonomisine Katkısı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, 61 (1991) 16-40.
43. Yıldırım, İ., Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Üretim Planlama Sisteminin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Geliştirilmesi ve Uygulaması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011.
44. Anonim, Orman Ürünleri Sanayi Genel Müdürlüğü 1980-1990 Faaliyetleri, Gelişim Matbaası, Ankara, 1991.
45. Öztürk, K., Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Çalışan Algısının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2016.
46. Kaplan, E., Orman Ürünleri Sanayinde Hammadde Sorunları ve Özel Sektör Girişimciliğinin Geleceği, KTÜ Orman Fakültesi, Panel, Nisan 2011, Trabzon.
47. <http://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/7.pdf>. 05 Aralık 2018.
48. Csanády, E. ve Magoss, E., Mechanics of Wood Machining, Springer International Publishing, New York, 2013.
49. Malkoçoğlu, A., Ahşap İşleme Teknolojisi Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2017.

50. Nasir, V. ve Cool, J., A Review on Wood Machining: Characterization, Optimization, and Monitoring of the Sawing Process, Wood Material Science & Engineering, (2018). doi: 10.1080/17480272.2018.1465465
51. Sandak, J. ve Negri, M., Wood Surface Roughness-What Is It, Trees and Timber Research Institute, Italy, 2005.
52. ANSI/ASME B46.1, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standards Institute, 1985.
53. Budakci, M., Gurleyen, L., Cinar, H. ve Korkut, S., Effect of Wood Finishing and Planing on Surface Smoothness of Finished Wood, Journal of Applied Sciences, 7,16 (2007) 2300-2306.
54. Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 4,1 (2003) 92-102.
55. Mitutoyo SJ-301, Surface Roughness Tester, User's Manual, Mitutoyo Corporation, Japan, 2001.
56. Hendaro, B., Shayan, E., Ozarska, B. ve Carr, R., Analysis of Roughness of a Sanded Wood Surface, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28,7-8 (2006) 775-780.
57. Sandak, J., Modeling Wood Surface Geometry After Wood Machining, Trees and Timber Research Institute, Italy, 2005.
58. Chakraborty, S., Applications of the MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 54,9-12 (2011) 1155-1166.
59. Aytürk, S., Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
60. Baştuğ, İ., Karar Verme Sürecinde Sezginin Önemi ve Türk Merkezi Yönetimindeki Geçerliliği, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale, 2006.
61. Chatterjee, N., C. ve Bose G., K., Selection of Vendors for Wind Farm under Fuzzy MCDM Environment, International Journal of Industrial Engineering Computations, 4,4 (2013) 535-546.
62. Karande, P., Zavadskas, E., K. ve Chakraborty, S., A Study on the Ranking Performance of Some MCDM Methods for Industrial Robot Selection Problems, International Journal of Industrial Engineering Computations, 7,3 (2016) 399-422.

63. Ballı, S., Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2005.
64. Güner, H., Bulanık Ahp ve Bir İşletme için Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2005.
65. İmrek, M., K., Yöneticiler için Karar Verme Teknikleri El Kitabı, Beta Yayınları, İstanbul, 2003.
66. Ma, J., Lu, J., ve Zhang, G., Decider: A Fuzzy Multi-Criteria Group Decision Support System, Knowledge-Based Systems, 23,1 (2010) 23-31.
67. Zavadskas, E., K., Antuchevičienė, J. ve Kapliński, O., Multi-Criteria Decision Making in Civil Engineering. Part II–Applications, Engineering Structures and Technologies, 7,4 (2015) 151-167.
68. Zavadskas, E., K., Kaklauskas, A., Turskis, Z. ve Tamošaitiene, J., Selection of the Effective Dwelling House Walls by Applying Attributes Values Determined at Intervals, Journal of Civil Engineering and Management, 14,2 (2008) 85-93.
69. Kim, Y. ve Chung, E., S., Fuzzy VIKOR Approach for Assessing the Vulnerability of the Water Supply to Climate Change and Variability in South Korea, Applied Mathematical Modelling, 37,22 (2013) 9419-9430.
70. Wang, Y., J., A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model by Associating Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution with Relative Preference Relation, Information Sciences, 268,1 (2014) 169-184.
71. Brauers, W., K., M., Zavadskas, E., K., Turskis, Z. ve Vilutiene, T., Multi-Objective Contractor's Ranking by Applying the Moora Method, Journal of Business Economics and Management, 9,4 (2008) 245-255.
72. Hwang, C., L. ve Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
73. Zavadskas, E., K. ve Turskis, Z., Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods in Economics: An Overview, Technological and Economic Development of Economy, 17,2 (2011) 397-427.
74. Samari, D., Azadi, H., Zarafshani, K., Hosseininia, G. ve Witlox, F., Determining Appropriate Forestry Extension Model: Application of AHP in the Zagros Area, Iran, Forest Policy and Economics, 15 (2012) 91-97.
75. Pohekar, S., D. ve Ramachandran, M., Application of Multi-Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning–A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8,4 (2004) 365-381.

76. Zadeh, L., A., Fuzzy Sets, Information and Control, 8,3 (1965) 338-353.
77. Chen, G. ve Pham, T., T., Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems, CRC Press, Florida, 2001.
78. Saaty T., L., A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, 15,3 (1977) 234-281.
79. Chang, D-Y., Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95,3 (1996) 649-655.
80. Vidal, L., A., Sahin, E., Martelli, N., Berhoune, M. ve Bonan, B., Applying AHP to Select Drugs to be Produced by Anticipation in a Chemotherapy Compounding Unit, Expert Systems with Applications, 37,2 (2010) 1528-1534.
81. Hernández, R., E. ve Cool, J., Effects of Cutting Parameters on Surface Quality of Paper Birch Wood Machined across the Grain with Two Planing Techniques, Holz als Roh- und Werkstoff, 66,2 (2008) 147-154.
82. Kvietková, M., Gašparík, M. ve Gaff, M., Effect of Thermal Treatment on Surface Quality of Beech Wood after Plane Milling, BioResources, 10,3 (2015) 4226-4238.
83. Gurleyen, L., The Study for the Strain of Hardwood Materials against Machines and Cutters in Planning Process, Scientific Research and Essays, 5,24 (2010) 3903-3913.
84. Tiryaki, S., Odunun İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Faktörler, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 15,2 (2014) 176-182.
85. Magoss, E., Evaluating of the Surface Roughness of Sanded Wood, Wood Research, 60,5 (2015) 783-790.
86. Lu, C., Study on Prediction of Surface Quality in Machining Process, Journal of Materials Processing Technology, 205,1-3 (2008) 439-450.

## ÖZGEÇMİŞ

Hilal SINGER 1994 yılında Artvin'in Arhavi ilçesinde doğdu. 2012 yılında Arhavi Anadolu Lisesi'nden okul birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 2016 yılında bölüm birincisi ve fakülte üçüncüsü olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Yabancı dili İngilizcedir.

### Tezden üretilen makaleler:

- Singer, H. ve Özşahin, Ş., Employing an Analytic Hierarchy Process to Prioritize Factors Influencing Surface Roughness of Wood and Wood-Based Materials in the Sawing Process, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 42,5 (2018) 364-371.