

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BULANIK ÇKKV TEKNİKLERİ KULLANILARAK DİŞ PROTETİK
RESTORASYON MALZEMESİ SEÇİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ece AKKAYA

TEMMUZ 2025

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BULANIK ÇKKV TEKNİKLERİ KULLANILARAK DIŞ PROTETİK
RESTORASYON MALZEMESİ SEÇİMİ**

Ece AKKAYA

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28/05/2025

Tezin Savunma Tarihi : 01/07/2025

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ertuğrul AYYILDIZ

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

“Bulanık ÇKKV Teknikleri Kullanılarak Diş Protetik Restorasyon Malzemesi Seçimi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Öncelikle tez çalışması sürecinde benden destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ertuğrul AYYILDIZ’a teşekkür ederim. Bu süreçte katkılarından dolayı Endüstri Mühendisliği Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada bana uzman görüşlerini bildirerek yardımcı olan diş hekimleri ve diş teknisyenlerine teşekkür ederim. Ayrıca benden bilgi, görüş ve desteklerini esirgemeyen eşim Dt. Fatih AKKAYA’ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak desteklerini her zaman hissettiğim dostlarıma, her durumda yanımda olan hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Ece AKKAYA

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık ÇKKV Teknikleri Kullanılarak Diş Protetik Restorasyon Malzemesi Seçimi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ertuğrul AYYILDIZ’ın 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. 01/07/2025

Ece AKKAYA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç, Kapsam ve Önemi	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Literatür Araştırması	5
2.2. Çalışmanın Yöntemi.....	9
2.2.1. Fermatean Bulanık Kümeler	10
2.2.2. Önerilen Hibrit Fermatean Bulanık CRITIC-WAPAS Metodolojisi	12
2.3. Problemin Tanımı	16
3. BULGULAR.....	24
3.1. Duyarlılık Analizi.....	30
4. TARTIŞMA.....	32
5. SONUÇLAR.....	35
6. ÖNERİLER.....	36
7. KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BULANIK ÇKKV TEKNİKLERİ KULLANILARAK DIŞ PROTETİK RESTORASYON MALZEMESİ SEÇİMİ

Ece AKKAYA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ertuğrul AYYILDIZ
2025, 42 Sayfa

Diş kaplamaları, dişleri tedavi edebilmek amacıyla yapılan ve diş görünümünü taşıyan yapay protetik restorasyonlardır. Bu çalışma; diş hekimlerinin materyallerin tüm fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin yanı sıra materyalin klinik performanslarını da göz önünde bulundurarak uygulanacak vakaya göre uzman odaklı bir bakış açısıyla en uygun dental protetik malzemeyi seçmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, en uygun alternatifin seçilmesi için Fermatean bulanık kümelerin çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile bütünleştirilen uzantılardan ikisi olan Fermatean Bulanık CRITIC (Kriterler Arası Korelasyonlar Aracılığıyla Kriterlerin Önemi) ve Fermatean Bulanık WASPAS (Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım Yöntemi) yöntemleri kullanılmıştır. Altı alternatif seçilmiş ve bunları değerlendirmek için ise üç ana kriter altında on bir alt kriter listelenmiştir. Çalışmanın sonucunda en iyi alternatif Lava Ultimate CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim), en önemli kriter ise klinik ömür bulunmuştur. Bu çalışmanın önemi diş hekimleri, hasta beklentileri ve bilimsel gerçekler değerlendirilerek en uygun alternatifin seçilmesidir. Diş hekimliğinde protetik restorasyon malzemesi seçimi alanında bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay protetik restorasyon, Zirkonyum, ÇKKV yöntemleri, Fermatean Bulanık CRITIC, Fermatean Bulanık WASPAS.

Master Thesis

SUMMARY

SELECTION OF DENTAL PROSTHETIC RESTORATION MATERIAL USING FUZZY MCDM TECHNIQUES

Ece AKKAYA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Ertuğrul AYYILDIZ
2025, 42 Pages

Dental crowns are artificial prosthetic restorations designed to treat teeth and mimic their natural appearance. This study aims to help dentists select the most suitable dental prosthetic material from an expert-oriented perspective, taking into account all physical, chemical and mechanical properties of the materials, as well as their clinical performance. To address this problem, the Fermatean Fuzzy CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) and Fermatean Fuzzy WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) methods, which are two extensions of Fermatean Fuzzy Sets integrated with multi-criteria decision-making (MCDM) methods, were used. Six alternatives were selected and eleven sub-criteria were listed under three main criteria for their evaluation. As a result of the study, the best alternative was found to be Lava Ultimate CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) and the most important criterion was determined to be clinical longevity. The significance of this study lies in selecting the most appropriate alternative by evaluating dentist expertise, patient expectations and scientific evidence. To the best of our knowledge, this is the first study to use fuzzy MCDM methods in the field of prosthetic restoration material selection in dentistry.

Key Words: Artificial prosthetic restoration, Zirconium, MCDM methods, Fermatean Fuzzy CRITIC, Fermatean Fuzzy WASPAS.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Önerilen metodolojinin akış şeması.....	9
Şekil 2. Metal destekli seramik kron.....	17
Şekil 3. IPS empress II.....	17
Şekil 4. In-Ceram alumina	18
Şekil 5. IPS E-Max CAD/CAM.....	18
Şekil 6. Zirkonya blok.....	19
Şekil 7. Lava ultimate CAD/CAM.....	19
Şekil 8. Kriterlerin ağırlık değerleri.....	28
Şekil 9. Diş protetik restorasyonlarının net skor değerlerine göre sıralanması	30

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Bulanık küme uzantıları.....	6
Tablo 2. ÇKKV yöntemlerini kullanan seçilmiş çalışmalar	8
Tablo 3. ÇKKV yöntemlerini dental ve biyomedikal malzeme seçiminde kullanan seçilmiş çalışmalar	8
Tablo 4. Alternatifleri değerlendirmek için kullanılacak dilsel ifadeler	14
Tablo 5. Alternatifler ve kısaltmalar	16
Tablo 6. Ana kriter, alt kriter, kısaltma ve kaynaklar	20
Tablo 7. Uzmanların özellikleri	24
Tablo 8. Altı alternatif protetik restorasyon için uzman değerlendirmeleri.....	25
Tablo 9. Toplulaştırılmış Fermatean bulanık değerlendirme matrisi.....	26
Tablo 10. Toplulaştırılmış puan değeri	26
Tablo 11. Kriterlerin standart sapmaları	27
Tablo 12. Kriterler arasındaki korelasyon (r_{jq}) değerleri	27
Tablo 13. Kriterler arasındaki ($1 - r_{jq}$) değerleri	27
Tablo 14. Bilgi düzeylerinin miktarı.....	28
Tablo 15. Alternatiflerin WSM ve WPM değerleri	29
Tablo 16. WASPAS yönteminin sonuçları	29
Tablo 17. Duyarlılık analizi sonuçları.....	30

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\tilde{F}$	: Fermatean bulanık sayısı
$\mu_{\tilde{F}}$	: Bulanık sayılar için üyelik derecesi
$\nu_{\tilde{F}}$	: Bulanık sayılar için üye olmama derecesi
$\pi_{\tilde{F}}$	: Bulanık sayılar için belirsizlik derecesi
$\tilde{\alpha}$	: Fermatean bulanık sayısı
$\tilde{\beta}$	: Fermatean bulanık sayısı
λ	: Parametre
$S(\tilde{\alpha})$	: Fermatean bulanık sayısının puan/skor fonksiyonu
z_{ij}	: Bulanık karar matrisi değeri
σ_j	: Kriterler için standart sapma değeri
k	: Kesin değer
r_{jq}	: Kriterler arasındaki korelasyon değeri
φ_j	: Bilgi düzeyi
w_j	: Kriter ağırlığı
Q_i	: Ağırlıklı toplam ve ağırlıklı çarpım modelinin bütünleştirilmiş değeri
AHP	: Analitik hiyerarşi prosesi
CAD	: Bilgisayar destekli tasarım
CAM	: Bilgisayar destekli üretim
CRITIC	: Kriterler arası korelasyonlar aracılığıyla kriterlerin önemi
CODAS	: Kombinatif mesafe bazlı değerlendirme
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
DEMATEL	: Karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı
EDAS	: Ortalama çözümden uzaklığı temel alan değerlendirme
ELECTRE	: Eleme ve seçim gerçeğe dönüştürme
FB	: Fermatean bulanık
FBK	: Fermatean bulanık küme
FBS	: Fermatean bulanık sayı
GLDS	: Kazanılan ve kaybedilen baskınlık puanı
MAGDM	: Çok kriterli grup karar verme

MOORA	: Oran analizi temelinde çok amaçlı optimizasyon
SBK	: Sezgisel bulanık küme
SWARA	: Kademeli ağırlık değerlendirme oranı analizi
TOPSIS	: İdeal çözüme dayalı sıralama tekniği
PBK	: Pisagor bulanık küme
PROMETHEE	: Zenginleştirme değerlendirmeleri için tercih sıralaması organizasyon yöntemi
VIKOR	: Çok kriterli optimizasyon ve uzlaşma çözümü
WASPAS	: Bütünleşik ağırlıklı toplam ve çarpım yöntemi
WSM	: Ağırlıklı toplam modeli
WPM	: Ağırlıklı çarpım modeli

1. GENEL BİLGİLER

1.1. GİRİŞ

Diş kaplamaları, diş kaybı ya da aşırı çürümüş ve madde kaybına uğramış dişleri tedavi edebilmek için yapılan ve diş görünümünü taşıyan yapay protetik restorasyonlardır. Bir diş kaplaması kırık bir dişi eski haline getirmek, fazla çürümüş bir dişe yapılan büyük bir dolguyu desteklemek, kaybolan şeklini ve rengini geri kazandırmak, diş eksikliği olan bir bölgeye yapılan dental implantın üzeri kaplanarak ya da komşu dişlerden destek alınarak köprü şeklinde uygulanabilir. Kayıp diş ve dokularının doğal haline yakın, çiğneme kuvvetlerine dirençli ve estetik özellikli malzemelerin üretilmesi diş hekimliğinde süregelen bir arayıştır (Koştur, 2016). Bu sebeple günümüze kadar pek çok malzeme ve teknik geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

Tarihte bilinen ilk yapay diş örnekleri arkeolojik kazılar sonucu Antik Mısır'da ortaya çıkarılmıştır (Kökdemir, 2003). Ardından Romalılar, M.Ö. 600 ve M.S. 400 tarih aralığında altını işleyip diş kaplaması olarak kullanmışlardır. İlk seramik diş kaplaması ise 1903 yılında Charles Land tarafından Amerika'da geliştirilmiştir (URL-1, 2025). Seramik kronlar ilk başlarda sadece seramik malzemeden üretilen diş kronları şeklinde kullanılmaya başlanmış ancak kolay kırılmaları nedeniyle metal bir altyapı ile kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Yaklaşık 150 yıldır metal altyapılı dental seramikler kullanılmaktadır ancak bazı olumsuzlarla karşılaşmıştır. Bu sorunlar estetik olmamaları, yapılan kaplamanın diş eti birleşim bölgelerinde metalik gri renk görüntüsüne sebebiyet vermesi, korozyon toksisitesi ve alerjik reaksiyon oluşturabilmesi gibi durumlardır (Çakır, 2022). Metal protetik restorasyonlardaki bu dezavantajların üstesinden gelmek için tam seramik sistemler geliştirilmiştir (Çelik, 2021). Bu sebeple periyodik tabloda bulunan adını zirkon mineralinden alan zirkonyum metaline çeşitli kimyasal malzemeler eklenilerek ve farklı teknikler kullanılarak güçlendirilmiş altyapılı, tam seramik protez kaplama malzemeleri üretilmiştir. Zirkonya, estetik ve biyoyumlu olması nedeniyle sabit protezlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Çelik vd., 2021). Modern dünyadaki gelişmeler estetik beklentileri arttırmıştır. Tam seramik sistemler yüksek esneme direnci, kırılma dayanımı, biyoyumluluk ve üstün estetik özelliklere sahiptir. Bu nedenle tam seramik sistemler günümüzde çoğunlukla tercih edilmektedir (Varol vd., 2016). Tam seramik sistemler doğala yakın görünimleri ve üstün biyomekanik özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır (Çakır,

2022). Doğal dişlere yakın estetik özelliklere sahiptir (Özcan, 2008). Seramikler; estetik, inertlik ve biyouyumlulukları nedeniyle protetik restorasyonlar için tercih edilen materyallerdir (Lawn, 1993). Tam seramik sistemler çiğneme kuvvetlerini karşılayabilecek mekanik özelliklere sahiptir (Koştur, 2016). Bu nedenle günümüzde diş hekimliğinde yaygın olarak tercih edilmektedirler.

Bu çalışmada malzeme seçimi yapılırken bulanık çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri olan Fermatean Bulanık CRITIC (Kriterler Arası Korelasyonlar Aracılığıyla Kriterlerin Önemi; Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation) (FB-CRITIC) ve Fermatean Bulanık WASPAS (Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım Yöntemi; Weighted Aggregated Sum Product Assessment) (FB-WASPAS) kullanılmıştır. Bu yöntemlerin kullanımı ile malzeme seçiminde ve tedavide başarı oranı artmıştır. Bu çalışmada bulanık ÇKKV teknikleri kullanılarak alternatifler arasından en uygun diş protetik materyali seçilmiştir. Uygulamada bulanık ÇKKV teknikleri kullanılarak diş protez restorasyon malzemesi seçimi için alternatifler ve kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanacağımız alternatiflerin her biri farklı tekniklerle geliştirilmiş ve günümüzde en çok tercih edilen yapay protetik restorasyonlardır. Altı alternatif seçilmiş ve bunları değerlendirmek için üç ana kriter altında on bir alt kriter sıralanmıştır. Uygulamayı yaparken kriterlerin değerlendirilmesi ve seçilecek alternatifin belirlenirken bu kriterlerin karşılaştırmasında kullanılacak en etkili yöntemlerden biri olan ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır (Erdoğan vd., 2021). Kriterler, günlük yaşamda karar verici konumundaki diş hekimlerinin karşısına sıklıkla çıkan özelliklerdir. Belirlenen kriterler sayısal olarak ifade edilemediğinden bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım ile uzman görüşlerinin dilsel ifadeler ile tanımlanması sonucunda en iyi kararı verebilmek için bulanık kümeler kullanılmıştır (Erdogan ve Ayyildiz, 2022). Dilsel ifadeler ile sayısal veriler kelimelerle tanımlanmaktadır (Karamaşa vd., 2022). Sonuç olarak alternatifler net skor değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve duyarlılık analizi ile sorunun çözümü tamamlanmıştır.

Diş protetik restorasyonunun seçiminde aşağıdaki gözlemler çalışmayı motive etmiştir. Karar verici konumundaki diş hekimleri için alternatiflerin seçiminde kalite, performans ve uzman görüşlerinin etkisiyle birlikte bir çalışma ele alınmamıştır. Literatürde kalite, performans ve uzman görüşlerinin dental malzeme seçimi üzerindeki etkisi, gelişmiş bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak kapsamlı bir şekilde incelenmemiştir. Protetik restorasyonlardan oluşan alternatiflerin çok çeşitli olması ve karmaşık değerlendirme

kriterlerleri, önceki çalışmalarda yeterince modellenmemiştir ve bu durum belirsizlik yaratmaktadır. Diş hekimlerinin hizmet performansı ve süre kapasitesinin arttırılması için en uygun alternatifin seçilmesi üzerine bilinen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, literatürden farklı olarak diş protetik restorasyonlarının ele alınmasını ve karar verici konumundaki diş hekimleri için en uygun alternatifin seçilmesini amaçlamaktadır. Literatürdeki araştırma boşlukları yukarıdaki şekilde değerlendirilmiş olup en uygun yapay protetik restorasyon hangisidir ve kriterlerin en uygun alternatife etkisi ne olmuştur sorularının cevapları aranmaktadır.

Bu çalışmanın ana katkıları ve yenilikleri aşağıdaki gibidir. Diş protez malzemesi seçimi için hibrit bir karar verme metodolojisinin FB-CRITIC ve FB-WASPAS tanıtılması, yapılandırılmış bulanık ÇKKV'nin gerçek dünyadaki diş hekimliği uygulamalarına uygulanabilirliğinin gösterilmesi ve uygulayıcılar için sağlam bir model sağlanması, uzman bilgisine, çok boyutlu klinik ve estetik kriterlere dayalı kapsamlı bir değerlendirme sunmaktır.

1.2. Çalışmanın Amaç, Kapsam ve Önemi

Bu çalışma, diş hekimlerinin materyallerin tüm fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin yanı sıra materyalin klinik performanslarını da göz önünde bulundurarak uygulanacak vakaya göre uzman odaklı bir bakış açısıyla en uygun dental protetik malzemeyi seçmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Protetik restorasyonlarda fonksiyon ve estetiği iyileştirmek diş hekimliğinin hedeflerinden biridir (Abujalala, 2019). Bu çalışmanın yapılmasının nedeni, malzeme seçeneklerinin ve göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin çokluğunun uygun restorasyonun seçimini zorlaştırmasının önüne geçmektir. Bu çalışmanın önemi diş hekimleri, hasta beklentileri ve bilimsel gerçekleri değerlendirerek en uygun alternatifi seçmektir. Farklı kimyasal malzemeler ve çeşitli teknikler kullanılarak geliştirilen sistemlerin kullanım tercihinde güvenilir kararlar vermek amacını içeren bu çalışma, en doğru alternatifi ortaya koymak için uygulanıp sonuçlanmıştır. Edinilen uzman görüşleriyle çalışmanın gerçeğe uygunluğu belirlenmiş ve sonuçlar değerlendirildiğinde karar vericilere ve literatüre fayda sağladığı görülmüştür. Bu çalışma, bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak diş hekimliğinde protetik restorasyon malzemesi seçimi alanında yapılan ilk çalışmadır.

Bu çalışmada diş hekimleri için, hasta beklentileri ve bilimsel gerçekler değerlendirilerek Fermatean Bulanık Küme (FBK)'nin (Senapati ve Yager, 2020) ağırlıklandırma ve sıralama problemlerinin çözümünde ÇKKV yöntemlerinden CRITIC (Diakoulaki vd., 1995) ve WASPAS (Zavadskas vd., 2012) ile birleştirilen FB-CRITIC (Mishra vd., 2021) ve FB-WASPAS (Keshavarz-Ghorabae vd., 2020) yöntemleri kullanılarak alternatifler arasından en uygun diş protetik materyali seçilmiştir. Bu çalışma, diş hekimlerinin vakaya göre uzman odaklı bir bakış açısıyla en uygun dental protetik materyali seçmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Kapsamlı bir literatür taramasına rağmen diş protetik restorasyonlarının seçimi için FB-CRITIC ve FB-WASPAS tekniklerinin kullanıldığı bir çalışma bulunmamıştır. Bu çalışmada ilk kez diş protetik restorasyon seçiminde FB-CRITIC ve FB-WASPAS içeren yeni bir hibrit karar verme çözüm metodolojisi sunulmaktadır. Bu çalışma, çok boyutlu klinik ve estetik kriterlere dayalı optimum protetik malzemelerinin seçiminde diş hekimlerine yardımcı olacak yapılandırılmış bir bulanık ÇKKV modeli önererek literatüre katkıda bulunmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Literatür Araştırması

Bu çalışmada en uygun alternatifin seçilmesi ve en önemli kriterin belirlenmesi için bulanık ÇKKV tekniklerinden FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemleri kullanılacaktır.

Pareto (1896), ÇKKV teorisinde verimlilik kavramını ilk bulan kişidir. Zaman içinde Pareto'nun bu çalışması genişletilmiştir (Koopmans & Tjalling, 1942). John von Neumann ve Oskar Morgenstern (1944) ise, beklenen fayda teorisini bulmuşlardır. Charnes, Cooper ve Fishburn çalışmalarda tanımlanan kavramları genişletmişlerdir (Charnes & Cooper, 1957; Fishburn, 1970). Roy (1971) ise, sıralama ilişkileri kavramına dayalı yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Tüm bu çalışmalar temel alınarak ÇKKV yöntemleri seneler boyunca hızla gelişmiş ve ilerleme sağlamıştır. ÇKKV sürecinde problem belirlenir, yapılandırılır, modeli kurulur ve bu model kullanılarak problemin çözümü sağlanır (Demir vd., 2021). Öncelikle gerekli ölçütler ele alınır, alternatifler belirlenir ve kriterler tanımlanır. Problemlerinin çözümünde dikkate alınan kriterler farklı önem düzeylerinde olabilir. Çözüme varılırken kriterlerin önem düzeyleri, ağırlık düzeyleri ile ifade edilmektedir. Bu aşamaların sonucunda değerlerin ortaya çıkarılmasıyla model kurulmuş olur, alternatiflerin belirlenmesi, kriterlerin değerlendirilmesi ve yapılan duyarlılık analiziyle çözüme ulaşıp karar verme süreci tamamlanır. Bu karar verme sürecinde karşımıza çıkan bilginin belirsizlikler içermesi ve göreceli olması çözümlerin sorgulanmasına ve bulanık mantık anlayışına yol açmıştır.

Bulanık mantık, Zadeh tarafından literatüre ilk olarak 1965 yılında kazandırılmıştır (Zadeh, 1965). Bulanık mantık kavramı ve bulanık küme teorisi ile ilgili terimler de 20. yüzyılın ortalarında uluslararası akademik literatüre girmeye başlamıştır. Bulanık mantık teorisi günlük yaşamda oldukça sık karşılaşılan, bilginin yeterli ve kesin olmadığı, bir sonuca varılması zor, karmaşık durumların karar vericinin problem için bir karara varmasına dayanan süreçlerde kullanılması gerektiği fikri üzerine ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, bulanık küme teorisi tanımlanarak, karar vericinin fikir ve değerlendirmeleri matematiksel olarak modellemeye çalışılmış fakat gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin modellenmesinde bazı kısıtlamalar ile karşılaşmıştır. Bu kısıtlamalar bulanık küme teorisinin gerçek hayatı tam ve kesin olarak tanımlayamamasından kaynaklanmıştır. Bu nedenle araştırmacılar gerçek hayattaki belirsizlikleri daha iyi tanımlayabilmek için yeni tip bulanık kümeler

önermişlerdir. Bu sayede karşılaşılan problemler daha iyi modellenerek daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Bulanık küme uzantıları Tablo 1’de kronolojik olarak özetlenmiştir (Kabak & Erdebilli, 2021).

Tablo 1. Bulanık küme uzantıları

Öneren Araştırmacı	Bulanık Küme Uzantısı
(Zadeh, 1975)	Tip-2 Bulanık Kümeler
(Zadeh, 1975) (Sambuc, 1975) (Jahn, 1975)	Aralık Değerli Bulanık Kümeler
(Atanassov, 1986)	Sezgisel Bulanık Kümeler
(Smarandache, 1998)	Nötrosofik Kümeler
(Garibaldi vd., 2007)	Durağan Olmayan Bulanık Kümeler
(Torra, 2010)	Tereddütlü Bulanık Kümeler
(Yager, 2013)	Pisagor Bulanık Kümeler
(Cuong, 2014)	Resimli Bulanık Kümeler
(Yager, 2017)	Q Seviyeli Orthapair Bulanık Kümeler
(Kutlu Gundogdu ve Kahraman, 2019)	Küresel Bulanık Kümeler
(Senapati ve Yager, 2020)	Fermatean Bulanık Kümeler

Klasik Bulanık Küme (Zadeh, 1965) teorisinin önemi bulanık küme elemanlarının kümeye üye olma derecelerini belirtmesidir. Üyelik fonksiyonu ise $[0,1]$ aralığında ifade edilir. Tip-2 bulanık küme kavramı, klasik bulanık küme teorisinin uzantısı olarak Zadeh tarafından 1975 yılında önerilmiştir (Zadeh, 1975). Bu teorilerin farkı ise klasik bulanık kümede iki boyutlu bir yapıda ifade edilen üyelik fonksiyonu kavramının Tip-2 bulanık kümede üç boyutlu olarak tanımlanmasıdır. Aralık değerli bulanık kümeler Tip-2 bulanık kümelerin bir çeşiti şeklinde Zadeh, Sambuc ve Jahn tarafından önerilmiştir (Zadeh, 1975; Sambuc, 1975; Jahn, 1975). Bu öneride üyelik derecesi alt ve üst sınırlar halinde belirlenerek bir aralık olarak da tanımlanabilmektedir. Sezgisel bulanık küme (SBK) Atanassov tarafından 1986 yılında klasik bulanık kümelerin uzantısı olarak önerilmiştir (Atanassov, 1986). Bu öneride kümeye ait olma ve olmama derecesi toplamı 1’dir. Atanassov yeni bir tanım olan tereddüt (kararsız) derecesini ele almıştır. Bu tanım bir elemanın üye olma ve olamama derecesi dışındaki üyeliğini belirleyemediği durumlarda faydalı olmaktadır. Nötrosofik kümeler Smarandache tarafından 1998 yılında önerilmiştir (Smarandache, 1998). Bu teoride doğru olma derecesi, yanlış olma derecesi, belirli olmama derecesi tanımlanır ve bu değerler $[0,1]$ gerçek sayı kümesinin bir alt kümesi olur. Durağan olmayan bulanık kümeler Garibaldi ve arkadaşları tarafından Tip-2 bulanık kümelerin bir uzantısı olarak önerilmiştir (Garibaldi vd., 2007). Tereddütlü bulanık kümeler ise Torra tarafından önerilmiş ve klasik bulanık kümelerin bir uzantısı olarak bir elemanın bir kümeye ait olma derecesinin birden fazla değeri alabileceğini belirtmiştir (Torra, 2010). Bu durumda verilecek değerler

belirli bir olasılık dağılımına sahip olacaktır. Pisagor bulanık kümeler (PBK), klasik bulanık kümelerin bir uzantısı olarak ve SBK mantığını esas alarak Yager tarafından önerilmiştir (Yager, 2013). Bu teoride, bir elemanın bir kümeye üye olma ve olmama derecesi belirlenir ama bu değerlerin karelerin toplamı 1 değerini geçemez. Resimli bulanık kümeler, Cuong tarafından sezgisel bulanık kümelerin bir uzantısı olarak önerilmiştir (Cuong, 2014). Bu kümelerde, bir elemanın bir kümeye ait olma, olmama, reddetme ve çekimser dereceleri belirlenmektedir. Q seviyeli orthopair bulanık kümeler, SBK ve PBK'nin bir uzantısı olarak Yager tarafından önerilmiştir (Yager, 2017). Bir elemanın bir kümeye ait olma ve olmama derecelerinin q 'ncu dereceden üsleri alınarak tanımlanabileceği belirtilmiştir. Küresel bulanık kümeler; PBK, SBK ve nütrosifik kümelerin uzantısı olarak Kutlu ve Kahraman tarafından geliştirilmiştir (Kutlu Gundogdu ve Kahraman, 2019). Bir elemanın bir kümeye ait olan üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi belirlenir. Bunların kareleri toplamı 1 değerine eşit ve bu değerden daha küçük olabilmektedir. FBK'ler ise Senapati ve Yager tarafından q seviyeli orthopair bulanık kümelerin bir alt kümesi olarak önerilmiştir. Bu önermede $q=3$ alınarak özel bir küme tanımlanmıştır (Senapati ve Yager, 2020). Bulanık mantık, bulanık küme teorisine ve bir elemanın kümeye ait olma derecesinin belirlenmesine dayanmaktadır (Zadeh, 1965). Gerçekleştirilen çalışmalarla birlikte bir elemanın bir kümeye ait olma, olmama ve tereddütlük dereceleri daha ayrıntılı tanımlanmaya çalışılarak ve daha başarılı modellenerek en iyi sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Son zamanlarda araştırmacılar, karar vermenin hem nesnel hem de öznel yönlerini ele almak için FBK'leri FB-CRITIC ve FB-WASPAS gibi ÇKKV tekniklerine entegre etmeye başlamıştır (Senapati ve Yager, 2020; Mishra ve Rani, 2021; Keshavarz-Ghorabae vd., 2020). Bu çalışmaları incelemek için, FB-CRITIC ve FB-WASPAS kullanımına odaklanan bir literatür taraması yapılmıştır. İlgili çalışmaların bir özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. ÇKKV yöntemlerini kullanan seçilmiş çalışmalar

Yazar	Yıl	Amaç	Kullanılan Yöntem
Ayvaz vd.	2024	Operasyonel risk değerlendirmesini geliştirmek.	Fine-Kinney, AHP, WASPAS
Köse vd.	2024	Buzdolabı demontaj hatlarındaki süreçleri optimize etmek.	WASPAS, SWARA
Mishra, Chen & Rani	2023	Yeni bir skor fonksiyonu ve hibrit bir ÇKKV yöntemi geliştirmek.	CRITIC, GLDS
Saraji vd.	2023	Devlet dairelerinde yenilenebilir teknolojilerin benimsenmesini sıralamak.	CRITIC, VIKOR
Akram vd.	2022	Atık bertarafı için en iyi yeri seçmek.	WASPAS
Aro vd.	2022	Kamu sektöründe uzman karar verme sürecini iyileştirmek.	CRITIC, CODAS-SORT
Aytekin vd.	2022	Sağlık kuruluşlarındaki lojistik sistemlerini değerlendirmek.	WASPAS
Erdoğan & Ayyıldız	2022	COVID-19 pandemisi sırasında hastanelerin hizmet performansını değerlendirmek.	CRITIC, TOPSIS
Mishra, Rani & Pandey	2022	Tersine lojistikte talep seçimi problemlerini çözmek.	CRITIC, EDAS
Mishra & Rani	2021	Kuruluşlardaki atık yeri sorunlarını ele almak.	WASPAS

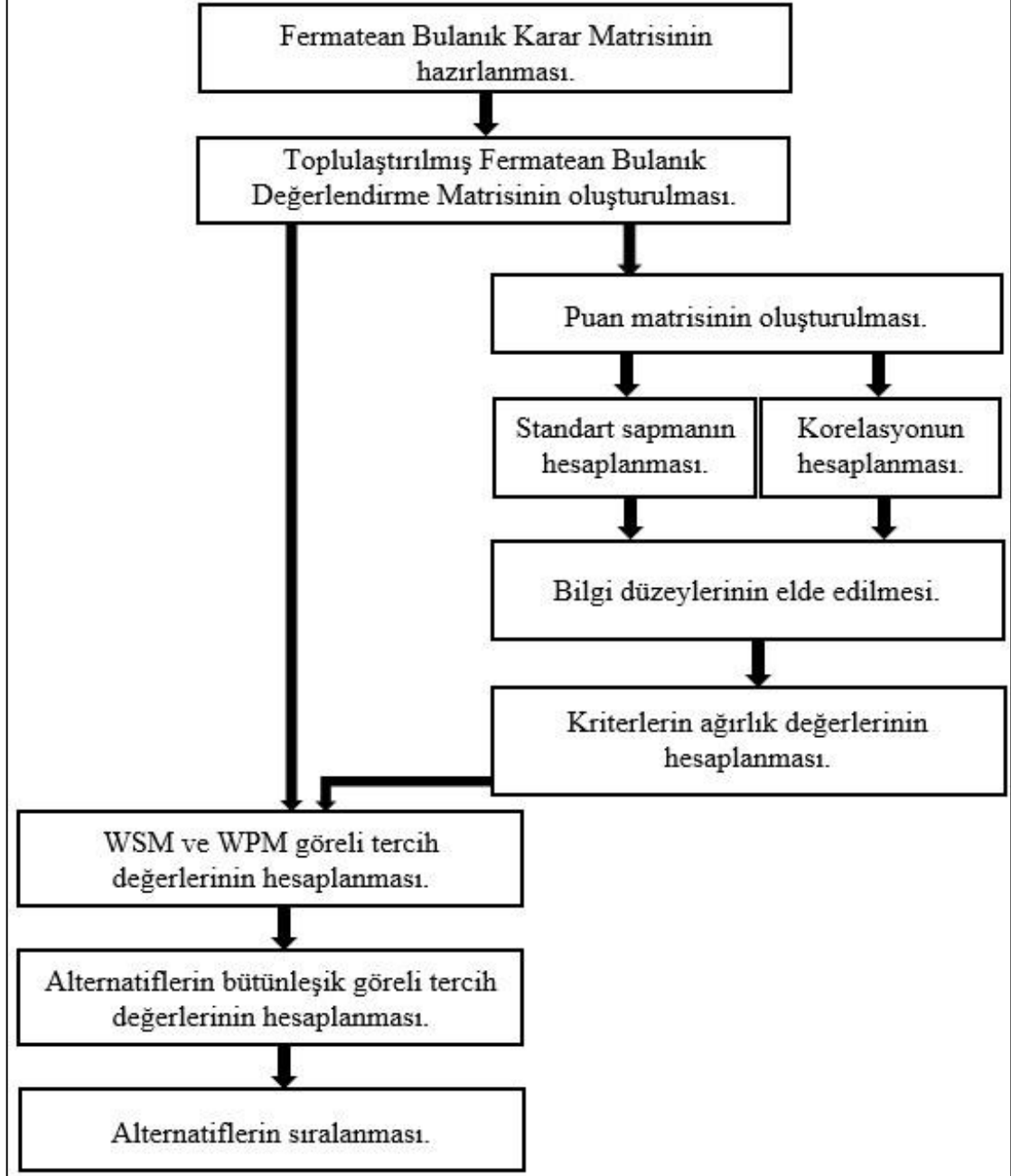
ÇKKV yöntemlerinin kullanımı mühendislik, sağlık ve lojistik alanlarında yaygın olmasına rağmen dental malzeme seçiminde Fermatean Bulanık tabanlı yaklaşımların uygulaması hala sınırlıdır. ÇKKV uygulamalarının dental ve biyomedikal alanlardaki gelişimini daha iyi göstermek için, Tablo 3'te çeşitli ÇKKV teknikleri kullanılarak dental malzeme ve implant seçimine odaklanan seçilmiş çalışmalar sunulmaktadır.

Tablo 3. ÇKKV yöntemlerini dental ve biyomedikal malzeme seçiminde kullanan seçilmiş çalışmalar

Yazar	Yıl	Amaç	Kullanılan Yöntem
Albert & Takacs	2024	En uygun dental implantı seçmek.	VIKOR
Kumar & Rajak	2024	Biyo-implant uygulamaları için metalleri değerlendirmek.	SWARA, WASPAS
Ansari pour vd.	2023	Spinal disk protezi için biyomateryal seçmek.	Fuzzy AHP-TOPSIS
Isabels & Vinodhini	2023	En uygun dental implant malzemesini seçmek.	VIKOR
Bhaskar & Khan	2022	Dental biyomateryal seçimi için hibrit ÇKKV yöntemlerini karşılaştırmak.	AHP, VIKOR, TOPSIS, MOORA, ELECTRE, PROMETHEE
Yadav	2021	En uygun dental kompozit malzemeyi seçmek.	AHP, TOPSIS
Tarım vd.	2019	Sigara içenler arasında diş macunu seçim kriterlerini belirlemek ve sıralamak.	DEMATEL

2.2. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada en uygun alternatifin seçilmesi için yeni bir çalışma olan FBK'nin ağırlıklandırma ve sıralama problemlerinin çözümünde, ÇKKV yöntemleri ile birleştirilen FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. Önerilen entegre bulanık metodolojinin aşamaları aşağıdaki Şekil 1'de özetlenmektedir.



Şekil 1. Önerilen metodolojinin akış şeması

2.2.1. Fermatean Bulanık Kümeler

Geleneksel bulanık kümelerde bir elemanın üyelik derecesini belirlemek için μ kullanılır. Elemanın kümeye üye olmama derecesi ise $1 - \mu$ ile hesaplanır. Bulanık küme kavramında $\mu(x)$ üyelik fonksiyonu $[0,1]$ aralığındadır. Kümede bulunmayan elemanların üyelik fonksiyonu değeri 0, kümede bulunan elemanların üyelik fonksiyonu değeri 1 olarak belirlenmektedir. Kümede bulunup bulunmadıkları anlaşılamayan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre $[0,1]$ aralığında değer belirlenmektedir. Ancak, yalnızca üyelik fonksiyonunu kullanmak bulanıklığı temsil etmek için yetersiz kalabilir. Bu nedenle Atanassov (1986), bulanık küme teorisini genelleştirerek SBK küme teorisini ortaya koymuştur. Üyelik fonksiyonunun yanı sıra, SBK kümelerindeki bir elemanı tanımlamak için üyelik dışı fonksiyon da kullanılır. Üye olma ve olmama derecesinin fonksiyonları $[0,1]$ aralığında değer alabilmektedir. Atanassov (1986), üyelik ve üyelik dışı derecelerin toplamını 1'e tamamlamak için belirsizlik (π) adı verilen üçüncü bir fonksiyon eklemiştir. Senapati ve Yager (2020) tarafından önerilen FBK ise belirsizliğin daha esnek ve genel bir biçimde modellenmesine olanak sağlamaktadır. SBK'ler ve PBK'ler gibi FBK'lerin tanımlarında da üç önemli bileşen kullanılmaktadır. Bunlar üyelik derecesi (μ), üye olmama derecesi (ν) ve belirsizlik derecesidir (π). FBK ile ilgili temel tanımlar aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

Tanım 1: X sabit kümesindeki bir Fermatean bulanık sayısı şu şekilde gösterilebilir (Senapati ve Yager, 2019a).

$$\tilde{F} \cong \{(x, \mu_{\tilde{F}}(x), \nu_{\tilde{F}}(x)); x \in X\} \quad (1)$$

FBK, $\tilde{F} = (\mu_{\tilde{F}}, \nu_{\tilde{F}})$ ile nitelendirilecektir. Bu ifadelerden FBK'de üye olma değeri $\mu_{\tilde{F}}(x): X \mapsto [0,1]$, FBK'ye üye olmama değeri $\nu_{\tilde{F}}(x): X \mapsto [0,1]$ ve

$$0 \leq \mu_{\tilde{F}}(x)^3 + \nu_{\tilde{F}}(x)^3 \leq 1 \quad (2)$$

olarak gösterilmektedir. Belirsizlik derecesi (π) ise aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$\pi_{\tilde{F}}(x) = \sqrt[3]{1 - (\mu_{\tilde{F}}(x))^3 - (\nu_{\tilde{F}}(x))^3} \quad (3)$$

Tanım 2: $\tilde{\alpha} = (\mu_{\tilde{\alpha}}, v_{\tilde{\alpha}})$ Fermatean bulanık sayısının pozitif bir λ reel sayısıyla çarpımı aşağıdaki şekilde tanımlanır (Simic vd., 2021).

$$\lambda \tilde{\alpha} = \left(\sqrt[3]{1 - (1 - \mu_{\tilde{\alpha}}^3)^\lambda}, v_{\tilde{\alpha}}^\lambda \right) \quad (4)$$

Tanım 3: $\tilde{\alpha} = (\mu_{\tilde{\alpha}}, v_{\tilde{\alpha}})$ Fermatean bulanık sayısının pozitif bir λ reel sayı kuvveti aşağıdaki şekilde tanımlanır (Simic vd., 2021).

$$\tilde{\alpha}^\lambda = \left(\mu_{\tilde{\alpha}}^\lambda, \sqrt[3]{1 - (1 - v_{\tilde{\alpha}}^3)^\lambda} \right) \quad (5)$$

Tanım 4: $\tilde{\alpha} = (\mu_{\tilde{\alpha}}, v_{\tilde{\alpha}})$ Fermatean bulanık sayısının skor fonksiyonu aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır (Senapati ve Yager, 2019a).

$$S(\tilde{\alpha}) = \mu_{\tilde{\alpha}}^3 - v_{\tilde{\alpha}}^3 \quad (6)$$

Tanım 5: $\tilde{\alpha} = (\mu_{\tilde{\alpha}}, v_{\tilde{\alpha}})$ Fermatean bulanık sayısının pozitif skor fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır (Keshavarz-Ghorabae vd., 2020).

$$S^+(\tilde{\alpha}) = 1 + S(\tilde{\alpha}) = 1 + \mu_{\tilde{\alpha}}^3 - v_{\tilde{\alpha}}^3 \quad (7)$$

Tanım 6: İki tane $\tilde{\alpha} = (\mu_{\tilde{\alpha}}, v_{\tilde{\alpha}})$ ve $\tilde{\beta} = (\mu_{\tilde{\beta}}, v_{\tilde{\beta}})$ Fermatean bulanık sayısının toplamı ve çarpımı aşağıdaki şekilde gösterilir (Senapati ve Yager, 2019b).

Toplam:

$$\tilde{\alpha} \oplus \tilde{\beta} = \left(\sqrt[3]{\mu_{\tilde{\alpha}}^3 + \mu_{\tilde{\beta}}^3 - \mu_{\tilde{\alpha}}^3 \mu_{\tilde{\beta}}^3}, v_{\tilde{\alpha}} v_{\tilde{\beta}} \right) \quad (8)$$

Çarpım:

$$\tilde{\alpha} \otimes \tilde{\beta} = \left(\mu_{\tilde{\alpha}} \mu_{\tilde{\beta}}, \sqrt[3]{v_{\tilde{\alpha}}^3 + v_{\tilde{\beta}}^3 - v_{\tilde{\alpha}}^3 v_{\tilde{\beta}}^3} \right) \quad (9)$$

2.2.2. Önerilen Hibrit Fermatean Bulanık CRITIC-WASPAS Metodolojisi

Burada henüz yeni bir çalışma olan FBK'nin ağırlıklandırma ve sıralama problemlerinin çözümüne yönelik ÇKKV yöntemleri ile bütünleştirilen uzantılardan ikisi olan FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemleri kullanılacaktır. ÇKKV problemlerinin çözümünde dikkate alınan kriterler farklı önem düzeylerinde olabilmektedirler. Çözüm yapılırken kriterlerin önem düzeyleri, ağırlık düzeyleri ile ele alınmaktadır. FBK'nin çok kriterli karar problemlerinde kullanılması oldukça yeni bir gelişmedir.

Diakoulaki vd. (1995), tarafından önerilen CRITIC yöntemi, objektif kriter ağırlıklarını elde etmek için kullanılan bulanık karar verme yöntemlerinden yararlanılan problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. CRITIC tekniğinde kriterlerin değişkenliği ve diğer kriterlerle arasındaki korelasyonlar ağırlıklandırılmaktadır. Mishra vd. (2021) ise CRITIC'in FBK uzantısını geliştirmiştir. Bu tekniğin uygulama adımları aşağıda özetlenmiştir (Mishra vd., 2021). FB-CRITIC tekniğinin uygulanması için öncelikle Fermatean bulanık karar matrisinin hazırlanması gerekmektedir. Ardından karar probleminin çözümünde başvurulacak kriterler, alternatifler ve değerlendirmelerine başvurulacak karar vericiler ya da uzmanlar belirlenir. Karar vericilerin yetki, bilgi ve sorumluluk farklılıkları düşünüldüğünde, probleme ilişkin değerlendirmelere eşit önem verilmediği durumlar olabilir. Ardından karar vericinin değerlendirmelerinden tek bir yargıya ulaşılır. CRITIC tekniği kullanılarak kriterlerin toplulaştırılmış FB değerlendirme matrisi ve puan matrisi oluşturur. Kriterlerin standart sapmaları ve aralarındaki korelasyon hesaplanır. Bu değerler dikkate alınarak bilgi düzeyleri normalize edilerek kriterlerin ağırlık değerleri elde edilir. Kriterlerin bilgi düzeyleri arttıkça ağırlık değerleri de artmaktadır. Böylelikle kriterlere ilişkin ağırlık değerleri elde edilir. CRITIC yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği, sadece uzman görüşlerinden elde edilen subjektif sonuçların değil kriterler arasındaki standart sapma ve korelasyonun değerlendirilerek objektif olarak sonuca varılmasıdır (Şahin, 2022; Şahin, 2023). CRITIC yöntemi, farklı bulanık kümelerde tanımlanmış uzantıları ile literatürde oldukça yaygın kullanım alanı bulmuştur.

WASPAS yöntemi ağırlıklı toplam modeli (WSM-Weighted Sum Model; Ağırlıklı Toplam Modeli) ve ağırlıklı çarpım modeli (WPM-Weighted Product Model; Ağırlıklı Çarpım Modeli) yöntemlerini kullanan bir ÇKKV yöntemidir. Zavadskas vd. (2012) tarafından literatüre kazandırılmış ve yine literatürde pek çok farklı problemin çözümünde

sıkça tercih edilmiş ve başarıyla uygulanmıştır. Ghorabae vd. (2017) üçüncü parti lojistik sağlayıcılarını değerlendirmek için CRITIC ve WASPAS yöntemlerine dayalı bütünlük bir yaklaşım geliştirmiştir. Keshavarz-Ghorabae vd. (2020) ise WASPAS'ın FBK uzantısını önermiştir. FB-WASPAS yöntemi ise çok kriterli karar problemlerinin çözümünde çözüme doğrudan etki eden önemli bir yöntemdir. WASPAS tekniğinin uygulama adımları şu şekilde özetlenmiştir (Zavadskas vd., 2012; Keshavarz-Ghorabae vd., 2020; Aytekin vd., 2022). Öncelikle Fermatean bulanık karar matrisinin hazırlanması gerekmektedir. Ardından karar probleminin çözümünde başvurulacak kriterler, alternatifler ve değerlendirmelerine başvurulacak karar vericiler ya da uzmanlar belirlenir. Karar vericilerin bilgisine, yetkisine ve sorumluluk farklılıklarına bakıldığında, probleme ilişkin değerlendirmelere eşit miktarda önem verilemeyebilir. Karar vericinin değerlendirmelerinden tek bir yargıya ulaşılır. Ardından, FB-CRITIC tekniği kullanılarak kriterlerin ağırlık değerleri elde edilir. WPM ile WSM göreceli tercih değerleri ve alternatiflerin bütünlük göreceli tercih değerleri hesaplanır. WSM ve WPM yöntemlerinin bir arada kullanılması ile problem sonuçları daha güvenilir olmakta ve alternatiflerin daha doğru bir şekilde sıralanması hedeflenmektedir. Çözüm adımlarının sonucunda ise belirlenen alternatifler net skor değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmakta ve problemin çözümü duyarlılık analizi yapılarak tamamlanmaktadır. Yöntemin en önemli avantajları diğer ÇKKV yöntemlerine göre uygulama sürecinin daha kolay ve kısa olması ayrıca daha doğru sonuç elde etmesidir (Şahin, 2022).

Bu çalışmada, CRITIC yöntemiyle kriter ağırlıkları objektif olarak belirlemiş ve WASPAS yöntemi ile de alternatifler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular diş hekimlerinin kullanacağı protetik restorasyonların seçimlerini kolaylaştırmak amaçlı bütüncül bir bakış açısı sağlamıştır. Önerilen yaklaşımın adımları aşağıda açıklanmaktadır. Adım 1: Karar probleminin çözümünde dikkate alınacak kriterler, alternatifler ve karar vericiler belirlenir. Tablo 4'te verilen dilsel ifadeler kullanılarak ve her bir karar vericiden alınan değerlendirmeler toplanarak bir karar matrisi oluşturulur (Saraji vd., 2021).

Tablo 4. Alternatifleri değerlendirmek için kullanılacak dilsel ifadeler

Dilsel İfadeler		Fermatean Bulanık Sayılar	
		μ	ν
Çok çok düşük	ÇÇD	0,1	0,9
Çok düşük	ÇD	0,1	0,75
Düşük	D	0,25	0,6
Biraz düşük	BD	0,4	0,5
Orta	O	0,5	0,4
Biraz yüksek	BY	0,6	0,3
Yüksek	Y	0,7	0,2
Çok yüksek	ÇY	0,8	0,1
Çok çok yüksek	ÇÇY	0,9	0,1

i alternatifinin j kriterine göre uzman t tarafından değerlendirilmesini yansıtan Fermatean bulanık karar matrisi $E_{ij}^t = (\mu_{ij}^t, \nu_{ij}^t)$ şeklinde ifade edilmektedir.

Adım 2: Fermatean bulanık karar matrisini oluşturmak için uzmanlardan alınan görüşler bir araya getirilerek tek bir yargıya ulaştırılır. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılır (Erdoğan ve Ayyıldız, 2022).

$$z_{ij} = Z(\mu_{ij}, \nu_{ij}) = \left(\sqrt[3]{1 - \prod_{t=1}^d (1 - (\mu_{ij}^t)^3)^{\psi^t}}, \prod_{t=1}^d (\nu_{ij}^t)^{\psi^t} \right) \quad (10)$$

Adım 3: Toplanan değerlendirmeler aşağıdaki puan fonksiyonu ile kesin sayısal sonuçlara ulaştırılır (Gonzales vd., 2022).

$$S(z_{ij}) = \frac{1}{2} \left[((\mu_{zij})^3 - ((\nu_{zij})^3 - \ln(1 + (\pi_{zij})^3)) + 1 \right] \quad (11)$$

Adım 4: Kriterler için standart sapmalar hesaplanır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (k_{ij}^* - \bar{k}_j)^2}{m}} \quad (12)$$

$$\bar{k}_j = \sum_{i=1}^m \frac{k_{ij}^*}{m} \quad (13)$$

Buradaki k_{ij}^* , j kriterine göre i alternatifinin kesin değeri ve m alternatif sayısıdır. $\bar{k}_j$ ise j kriterinin tüm alternatiflerdeki kesin değerinin ortalaması olarak hesaplanır.

Adım 5: Kriterler arasındaki korelasyon değerleri belirlenir.

$$r_{jq} = \frac{\sum_{i=1}^m (k_{ij}^* - \bar{k}_j)(k_{iq}^* - \bar{k}_q)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (k_{ij}^* - \bar{k}_j)^2 \sum_{i=1}^m (k_{iq}^* - \bar{k}_q)^2}} \quad (14)$$

Adım 6: Bilgi düzeyleri hesaplanır.

$$\varphi_j = \sigma_j \left(\sum_{t=1}^n (1 - r_{jt}) \right) \quad (15)$$

Adım 7: Kriter ağırlıkları belirlenir.

$$w_j = \frac{\varphi_j}{\sum_{i=1}^n \varphi_j} \quad (16)$$

Adım 8: Kriter ağırlıklarına ve toplulaştırılmış değerlendirmelere dayanarak WSM (Ağırlıklı toplam model-Weighted Sum Model) için Q^1 ve WPM (Ağırlıklı Çarpım Modeli- Weighted Product Model) için Q^2 değerleri hesaplanır.

$$Q_i^1 = \sum_{j=1}^n w_j Z_{ij} \quad (17)$$

$$Q_i^2 = \prod_{j=1}^n Z_{ij}^{w_j} \quad (18)$$

Adım 9: WSM ve WPM değerleri her bir alternatif için bütünleştirilerek Q_i değerleri elde edilir. Burada λ bütünleştirme parametresidir.

$$Q_i = \lambda Q_i^1 + (1-\lambda) Q_i^2 \quad (19)$$

Adım 10: Alternatiflerin Q_i değerleri Denklem 11 ile hesaplanır. Alternatiflerin kesin skor değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve problemin çözümü tamamlanır.

2.3. Problemin Tanımı

Günümüze gelene kadar çeşitli teknikler kullanılarak geliştirilen yapay protetik restorasyonların arasından seçilerek alternatifler arasına dahil edilen restorasyonlar günümüzde sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada, diş hekimliğinde protetik restorasyon malzemesi seçimi için kullanacak alternatifler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Alternatifler ve kısaltmalar

Alternatif (Diş Kaplamaları)	Kısaltmalar
1. Metal Destekli Seramik Kron	A1
2. IPS Empress II	A2
3. In-Ceram Alumina	A3
4. IPS E-Max CAD/CAM	A4
5. Zirkonya Blok	A5
6. Lava Ultimate CAD/CAM	A6

Metal Destekli Seramik Kron: Uzun yıllardır kullanılan ve halen ülkemizde yapılan kaplamaların %80’ini oluşturan, altyapısı genellikle Nikel ve Kobalt metallerinin karışımı şeklinde, üst yapısı dişin rengini taklit etmeye çalışan porselenden oluşan restorasyonlar olup (Çelik, 2021) Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Metal destekli seramik kron

IPS Empress II: Cam matriks üzerinde kontrollü kristilizasyon yöntemiyle ısı ve basınçla üretilen, lösit kristalleriyle güçlendirilmiş zirkonyum karışımı, altyapı ve üstyapısı doğal dişin rengine benzer tam seramik restorasyonlardır (Abujalala, 2019; Koştur, 2016). Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. IPS empress II

In-Ceram Alumina: Sinterlenmiş zirkonyum oksit altyapısına, ısıyla fırınlanan erimiş cam partiküllerinin infiltre edilmesi ve alümina ile güçlendirilmesiyle elde edilen restorasyonlar olup (Abujalala, 2019; Koştur, 2016) Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. In-Ceram alümina

IPS E-Max CAD/CAM: Cam matriks üzerinde kontrollü kristilizasyon yöntemiyle ısı ve basınçla üretilen, lösit kristalleriyle güçlendirilmiş ve bilgisayar destekli tasarımı ve üretimi yapılmış protetik tam seramik restorasyonlardır (Abujalala, 2019; Koştur, 2016). Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. IPS E-Max CAD/CAM

Zirkonya Blok: Zirkonyum dioksit (ZrO_2) kristalinden oluşan ve bilgisayar destekli tasarımı ve üretimi yapılmış protetik tam seramik restorasyonlar olup (Abujalala, 2019; Koştur, 2016) şekil 6’da gösterilmiştir.



şekil 6. Zirkonya blok

Lava Ultimate CAD/CAM: Silika tozu ve zirkonyum silikat gibi organik materyallerin, %80 nanoseramik dolgu partiküllü paraçacıklarla güçlendirilen ve itriyum ile stabilize edilerek oluşturulan zirkonya bloklardır. Bunlar bilgisayar destekli tasarımı ve üretimi yapılmış protetik tam seramik restorasyonlardır (Abujalala, 2019; Koştur, 2016). şekil 7’de gösterilmektedir.



şekil 7. Lava ultimate CAD/CAM

ÇKKV yönteminde diş hekimliğinde protetik restorasyon malzemesi seçimi için dikkate alınacak kriterler, verilerin elde edilmesinde faydalanılan kaynaklar ve uzman görüşleri Tablo 6’da belirtilmiştir.

Tablo 6. Ana kriter, alt kriter, kısaltma ve kaynaklar

Ana Kriter	Alt Kriter	Kısaltma	Kaynak
Mekanik	Kırılma Dirençleri (N)	C1	(Yazgan, 2020) (Koştur, 2016) (Chen vd., 2014) (Zortuk vd., 2009) (Lawn vd., 2002) (Waltimo ve Könönen, 1993)
	Marjinal Uyum (μm)	C2	(Koyuncu vd., 2021) (Yazgan vd., 2020) (Azar vd., 2018) (Ricciello vd., 2018) (Yücel vd., 2013) (Martins vd., 2012)
	Korozyon	C3	(Güvensoy, 1974) ve Uzman Görüşü
	Termal ve Elektriksel İletkenlik	C4	Uzman Görüşü
	Aşınmaya ve Bozulmaya Karşı Direnç (mm)	C5	(Abujalala, 2019) ve Uzman Görüşü
Görsel	Renk Uyumu (ΔE)	C6	(Yılmaz, 2011) ve Uzman Görüşü
	Işık Geçirgenliği (KO)	C7	(Yılmaz, 2011) ve Uzman Görüşü
	Estetik	C8	(Ünal ve Paken, 2020) (Demirtaş, 2015) ve Uzman Görüşü
Ekonomik	Fiyatlandırma (TL)	C9	(URL-2, 2025)
	Klinik Ömür	C10	Uzman Görüşü
	Uygulama Seans Sayısı	C11	Uzman Görüşü

Mekanik ana kriter için belirlenen alt kriterler şu şekildedir.

Kırılma Dirençleri: Bu kriterde farklı protetik restorasyonların kuvvet altındaki kırılma dirençleri değerlendirilmiştir. Tüm incelenen alternatifler, erkeklerde ortalama 847 N kadınlarda ortalama 597 N olan çiğneme basıncına dayanıklıdır.

Marjinal Uyum: Marjinal aralık protetik restorasyonun bitiş çizgisinin, bu restorasyonun yapıldığı doğal diş ile arasındaki dikey mesafedir. Kabul edilebilir marjinal aralık 120 μm ’den küçük olmalıdır. Bir protetik restorasyonun uzun dönem başarısı için marjinal aralık ve mikro sızıntının az olması çok önemlidir. Marjinal aralık arttıkça mikro sızıntı artar, bakteri ve plak dişe sızar. Bunun sonucunda dişlerde çürük oluşur ve restorasyon başarısız olur. Klinik ortamda veya laboratuvar ortamında yapılan işlemler marjinal uyumun bozulması problemlerine sebebiyet verebilir. Bu problemler hekim kaynaklı, ölçü malzemesi

kaynaklı, laboratuvarında kullanılan malzemelerden kaynaklı, tarama aletlerinden veya CAD/CAM freze makinelerindeki kısıtlamalardan kaynaklı olabilir.

Korozyon: Korozyon, metal veya metal alaşımlarının oksitlenmesi ve kimyasal yapısının bozulmasıdır. Metal altyapılı seramiklerde oluşan korozyon ağızda galvanik akım oluşturur. Galvanik akım ağız sıvısı yoluyla metallerin arasında oluşan elektrik akımı olarak tanımlanır. Bu galvanik akım ağızda tat bozukluğuna, ani elektrik deşarjlarıyla anlık ağrılara ve ağız mukozasında beyaz lezyonlara sebep olur.

Termal ve Elektriksel İletkenlik: Metal altyapılı seramiklerin termal iletkenliği doğal dişe göre üç kat fazladır. Bu durum dişin pulpası diye ifade edilen sinirini korumak açısından olumsuz bir durumdur. Tam seramik kronların termal ve elektriksel iletkenlikleri doğal dişe benzer. Yapılarında serbest elektronlar bulundurmamış olmalarından termal iletkenlikleri düşüktür. Bundan dolayı diş pulpası korunmuş olur ve hassasiyet oluşmaz.

Aşınmaya ve Bozulmaya Karşı Direnç: Dişler gün içerisinde çiğneme ve konuşma sırasında sürekli birbirlerine temas eder. Sürekli olan bu kuvvet zaman içerisinde doğal dişte ve protetik restorasyonda aşınmalara sebep olur. Seramik restorasyonların doğal dişlerden daha sert yapıda olduğu bilinmektedir. Bu nedenle antagonist denilen karşı çenede doğal diş varsa seramik restorasyonda değil doğal dişte daha çok aşınma oluşmaktadır.

Görsel ana kriter için belirlenen alt kriterler aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

Renk Uyum: Günümüzde diş hekimliğinde yapılan restorasyonların çiğneme fonksiyonunu sağlamasının dışında estetik olması ve doğal diş rengiyle uyumlu olması istenmekte ve hedeflenmektedir. Restorasyonun doğal dişlerle uyumlu olması için renk seçimi önemlidir. Renk seçimi, diş hekimi için titizlikle yapılması gereken zor bir işlemdir. Renk seçimi görselle ve aygıtlı olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Renk seçiminin renk skalalarıyla yapılması diş hekimliğinde sıkça kullanılmaktadır. Kullanılacak renk tercihleri için Munsell Renk Sistemi ve CIE L*a*b* Sistemi kullanılabilir.

Işık Geçirgenliği: Transluseri bir objenin ışık geçirgenliği miktarıdır. Opasite ise bir objenin ışık geçirgenliğini engellemesidir. Işık geçirgenliği olan objeye transluser, ışık geçirgenliği olmayan objeye de opak denilmektedir. Transluserinin artması ışık geçirgenliğini artırır. Doğal diş transluser bir yapıya sahiptir.

Estetik: Estetik kişiden kişiye farklılık gösteren sübjektif bir olgudur. Estetik, coğrafik, kültürel, ekonomik, eğitim, cinsiyet, yaş ve psikolojik duruma göre değişkenlik gösterir. Bir restorasyonun estetik sayılabilmesi için doğal dişlerle birlikte etrafındaki bütün dokularla

uyum içinde ve renginin de doğala yakın olması gerekmektedir. Dişlerin en boy oranı, açıkları, diş eti görünümü, gülümseme, orta hattı ve altın oran gibi kavramlar kullanılır.

Ekonomik ana kriter için öne sürülen alt kriterler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Fiyatlandırma: Tam seramik restorasyonlar ileri teknoloji ürünü olup geleneksel metal destekli seramik restorasyonlara göre satış fiyatlandırması açısından pahalıdır. CAD/CAM seramik sistemleri; ağız içi tarayıcı cihazları, transfer için kullanılan programlar ve CAD/CAM freze makineleri gibi yüksek maliyetli cihazlara ihtiyaç duyar. Bu nedenle fiyatı değerlerine göre daha yüksektir. Bu çalışmada fiyatlandırma hastalara yansıtılacağından bu kriter diş hekimleri açısından fayda kriteri olarak belirlenir.

Klinik Ömür: Yapılan restorasyonun marjinal uyumu, kullanılan malzemenin aşınma direnci, hastanın para fonksiyonel alışkanlıkları ve diyet tercihi gibi çeşitli kriterlere göre değişir. Yapılan araştırmalarda genellikle marjinal uyumları iyi olan restorasyonun klinik ömürlerinin de uzun olduğu sonucuna varılmıştır fakat beslenme tercihleri de büyük rol oynamaktadır.

Uygulama Seans Sayısı: Geleneksel laboratuvar ortamında diş teknisyenleri tarafından yapılan metal destekli seramik kron ve zirkonyum altyapılı tam seramik restorasyonların seans sayısı üçtür. İlk seansta hastanın kaplama yapılacak dişine hekim tarafından preparasyon denilen diş kesimi işlemi yapılır ve hastadan diş ölçüsü alınır. Birkaç gün sonra yapılan ikinci seansta laboratuvarda hazırlanan metal ya da zirkonyum altyapının hasta ağzında kontrol provası yapılır. Bir sonraki gün yapılan üçüncü seansta ise laboratuvarda son şekli hazırlanan restorasyonun dentin provası ile hastanın ağzında kontrolü yapılır. Aynı gün yaklaşık bir saat içerisinde restorasyon glaze edilip yani parlatılarak hastanın ağzına simante edilip yapıştırılır. CAD/CAM kullanılarak yapılan tam seramik restorasyonlar ise aynı gün içerisinde tek seansta bitirilebilir. Bu sistemde öncelikle hastanın kaplama yapılacak dişine hekim tarafından preparasyon denen diş kesimi işlemi yapılır. Klasik yöntemle diş ölçüsü alınmasına gerek yoktur. Bunun yerine ağız içi tarayıcı cihazlar ile dişler bilgisayar ortamına aktarılır. Yapılacak restorasyonun şekli, boyutu, rengi bilgisayarda tasarlanır ve CAD/CAM freze makinelerinde birkaç saat içerisinde üretilir. Bu sistemle hasta aynı gün içerisinde yeni kaplama dişlerine sahip olur. Seans sayısının artması geçici diş kaplaması gerekliliğine neden olur. Bu durum da ekstra diş laboratuvarı masrafı yaratır. Hastaya, seanslar arasında restorasyona hazır hale getirilen ana dişine dikkatli bakması, sert, sıcak ve soğuk yiyecekler tüketmemesi tavsiye edilir. Bu uyarıları dikkate almayan hastalarda dişin sinirlerinde hassasiyet ve ana dişin kırılması gibi sorunlar yaşanabilir. Bu

olumsuzluklar planlanan tedaviye ekstra kanal tedavisi ve diş dolgusu gibi yeni tedavi planlamalarının eklenmesine sebep olabilir. Bu ekstra durumlar hastaya ekonomik açıdan yansıtılır. Diş hekimleri açısından ise fayda kriteri olarak belirlenir.

Yapay protetik restorasyonlar, dişleri tedavi edebilmek ve görünüş estetiğini sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu restorasyonların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin yanında klinik performanslarının da göz önünde bulundurularak en uygun seçimin gerçekleştirilmesine olanak sağlamak amacıyla yapılmış olan bu çalışma, altı alternatifin seçilerek ve on bir alt kriterin belirlenerek uzman bakış açısıyla birlikte bu malzemeler arasından en uygun ve en iyi olanın seçilmesi için yapılmıştır. Çalışmanın sonunda yapılan duyarlılık analiziyle de çalışmanın güvenilirliği artırılmıştır. Bu sayede karar vericiler için en doğru sonuca ulaşılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma, diş hekimlerinin kullanacağı protetik restorasyonların seçimlerini kolaylaştırmak amaçlı bütüncül bir bakış açısı sağlamıştır. Bu çalışmada yedi uzmana danışılmıştır. Uzmanların özellikleri Tablo 7’de belirtilmiştir.

Tablo 7. Uzmanların özellikleri

Uzmanlar	Deneyim	Eğitim Seviyesi	İş Ünvanı	Uzmanlık Alanı
Uzman-1	15 Yıl	Yüksek Lisans	Diş Hekimi	Genel Diş Hastalıkları
Uzman-2	14 Yıl	Doktora	Uzman Diş Hekimi	Protetik Diş Hastalıkları
Uzman-3	25 Yıl	Yüksek Lisans	Diş Hekimi	Genel Diş Hastalıkları
Uzman-4	28 Yıl	Yüksek Lisans	Diş Hekimi	Genel Diş Hastalıkları
Uzman-5	14 Yıl	Ön Lisans	Diş Protez Teknisyeni	Diş Protezi
Uzman-6	14 yıl	Yüksek Lisans	Diş Hekimi	Genel Diş Hastalıkları
Uzman-7	20 Yıl	Yüksek Lisans	Diş Hekimi	Genel Diş Hastalıkları

Önerilen yaklaşımın adımları aşağıda açıklanmaktadır.

Adım 1: Uzmanlar Tablo 4’teki dilsel ifadeleri kullanarak diş protetik restorasyon alternatiflerini, belirlenen kriterlere göre değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeler, Tablo 8’de sunulmuştur. Belirlenen tüm kriterler fayda kriteri olarak belirlenir ve değerler yükseldikçe protetik restorasyonun tercih edilebilme değerini artırır.

Tablo 8. Altı alternatif protetik restorasyon için uzman değerlendirmeleri

UZMAN-1							UZMAN-2						UZMAN-3					
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
C1	ÇY	BY	Y	BY	Y	O	ÇY	Y	Y	Y	ÇY	O	Y	BY	Y	BY	D	D
C2	D	BY	D	BD	D	BD	ÇD	Y	D	ÇY	ÇY	ÇY	ÇD	Y	D	Y	Y	Y
C3	Y	D	D	BD	BD	BD	O	D	D	D	D	D	Y	O	O	O	D	D
C4	Y	D	D	BD	BD	BD	Y	D	D	BD	BD	BD	BY	D	D	BD	BD	BD
C5	BD	D	D	D	ÇD	ÇD	BD	D	D	D	ÇD	ÇD	BD	BD	D	ÇD	ÇD	ÇD
C6	D	BY	BY	Y	O	BY	D	BY	BY	Y	O	Y	ÇD	Y	Y	BY	O	Y
C7	D	BY	BY	BY	O	O	ÇD	BY	Y	Y	O	O	D	BY	Y	Y	O	Y
C8	D	D	BY	Y	Y	ÇY	D	D	BY	Y	ÇY	ÇY	O	BY	BY	Y	Y	ÇY
C9	O	BY	BY	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	BD	D	O	Y	Y	ÇY
C10	BD	O	O	BY	Y	ÇY	D	D	D	Y	Y	ÇY	D	D	O	BY	BY	Y
C11	BY	BY	BY	BD	BD	BD	BY	BY	BY	ÇD	ÇD	ÇD	Y	Y	BY	D	D	D
UZMAN-4							UZMAN-5						UZMAN-6					
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
C1	ÇY	BY	BY	Y	Y	ÇY	ÇY	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	BY	BY	Y	O
C2	ÇD	Y	D	D	D	BD	BD	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇD	Y	ÇD	D	D	BD
C3	Y	O	O	O	D	D	Y	D	D	D	D	D	Y	O	O	O	O	O
C4	Y	D	BD	D	BD	BD	BY	D	D	D	D	D	Y	D	O	O	O	O
C5	D	D	BD	D	ÇD	ÇD	ÇY	O	ÇY	Y	ÇY	ÇY	D	O	O	D	D	ÇD
C6	BD	Y	BY	Y	O	Y	O	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇD	BD	ÇY	O	O	Y
C7	D	Y	BY	BY	BY	O	D	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	D	BY	Y	Y	O	ÇY
C8	D	BD	BY	ÇY	ÇY	ÇY	O	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	O	Y	Y	Y	Y	ÇY
C9	D	BY	BY	Y	Y	ÇY	Y	Y	O	Y	Y	ÇY	O	BY	BY	Y	Y	Y
C10	BD	O	O	BY	Y	ÇY	O	O	O	ÇY	ÇY	ÇY	BD	O	O	BY	Y	ÇY
C11	Y	BY	BY	D	ÇD	ÇD	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	BY	Y	Y	D	D	D
UZMAN-7																		
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6												
C1	ÇY	BY	Y	BY	Y	O												
C2	D	Y	BD	BD	D	BD												
C3	O	D	D	D	D	D												
C4	Y	BD	BD	O	O	D												
C5	D	D	D	D	ÇD	ÇD												
C6	ÇD	Y	Y	Y	O	O												
C7	D	Y	Y	Y	O	O												
C8	D	D	Y	Y	Y	Y												
C9	O	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY												
C10	D	O	O	Y	Y	ÇY												
C11	Y	Y	Y	D	D	D												

Bu tablo en iyi sonuca ulaşmak için, değerlendirilecek altı alternatif ile belirlenen on bir alt kriterin alanında bilgili ve deneyimli yedi uzman tarafından değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur.

Adım 2: Uzman değerlendirmeleri Fermatean bulanık sayılara dönüştürülür ve her uzmanın görüşü eşit önem seviyesinde olacak şekilde Denklem 10'a göre hesaplanır. Toplulaştırılmış uzman görüşlerine göre hesaplanmak üzere üyelik dereceleri ve üye olmama derecelerinin değerlendirilmesi Tablo 9'da belirtilmiştir. Böylece uzman görüşlerinden tek bir yargıya ulaşılır.

Tablo 9. Toplulaştırılmış Fermatean bulanık değerlendirme matrisi

	A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		A-6	
	μ	ν	μ	ν	μ	ν	μ	ν	μ	ν	μ	ν
C1	0,777	0,122	0,650	0,252	0,676	0,225	0,672	0,228	0,712	0,192	0,627	0,285
C2	0,243	0,664	0,708	0,192	0,485	0,467	0,630	0,292	0,621	0,307	0,639	0,277
C3	0,660	0,244	0,400	0,504	0,400	0,504	0,414	0,491	0,339	0,552	0,339	0,552
C4	0,676	0,225	0,283	0,585	0,358	0,537	0,409	0,494	0,422	0,481	0,390	0,510
C5	0,505	0,430	0,380	0,521	0,507	0,427	0,410	0,529	0,464	0,545	0,461	0,562
C6	0,320	0,607	0,649	0,256	0,704	0,195	0,668	0,234	0,580	0,328	0,689	0,212
C7	0,238	0,619	0,672	0,228	0,696	0,203	0,676	0,225	0,592	0,315	0,661	0,244
C8	0,400	0,504	0,577	0,350	0,672	0,228	0,718	0,181	0,750	0,149	0,789	0,110
C9	0,556	0,359	0,629	0,278	0,613	0,290	0,735	0,164	0,735	0,164	0,777	0,122
C10	0,375	0,524	0,456	0,449	0,479	0,424	0,672	0,228	0,708	0,192	0,789	0,110
C11	0,663	0,238	0,685	0,216	0,672	0,228	0,485	0,467	0,482	0,482	0,482	0,482

Adım 3: Her bir toplulaştırılmış değerlendirme için alternatiflerin kriterlere göre üye derecesi, üye olmama derecesi ve belirsizlik derecesinin ele alınmasıyla Denklem 11'e göre hesaplanan puan değerleri Tablo 10'da belirlenmiştir.

Tablo 10. Toplulaştırılmış puan değeri

	Puan (Score) Değeri					
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
C1	0,521	0,361	0,390	0,385	0,432	0,338
C2	0,098	0,427	0,217	0,340	0,331	0,350
C3	0,371	0,172	0,172	0,179	0,144	0,144
C4	0,390	0,124	0,152	0,177	0,184	0,167
C5	0,233	0,162	0,235	0,171	0,193	0,188
C6	0,127	0,360	0,422	0,381	0,294	0,404
C7	0,108	0,385	0,413	0,390	0,305	0,373
C8	0,172	0,291	0,385	0,440	0,482	0,539
C9	0,274	0,340	0,325	0,461	0,461	0,521
C10	0,160	0,204	0,219	0,385	0,427	0,539
C11	0,375	0,399	0,385	0,217	0,213	0,213

Adım 4: Puan değerlerine bakılarak belirlenen her bir kriterlerin standart sapmaları Denklem 12 ve Denklem 13'e göre hesaplanarak Tablo 11'de gösterilmektedir.

Tablo 11. Kriterlerin standart sapmaları

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
0,060	0,107	0,079	0,087	0,028	0,100	0,104	0,123	0,089	0,137	0,086

Adım 5: Bütün kriterlerin ikili olarak ele alınıp Denklem 14'te belirtilen formüle göre hesaplanan korelasyon değerleri Tablo 12'de gösterilmektedir. Bu tabloda yer alan korelasyon değerlerinin $(1-r_{jq})$ işlemine göre hesaplaması yapılarak sonraki adım için gerekli olan sayısal veriye ulaşılır. Bütün bu kriter çiftleri için yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 13'te gösterilmektedir.

Tablo 12. Kriterler arasındaki korelasyon (r_{jq}) değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	1,000	-0,813	0,856	0,906	0,613	-0,931	-0,919	-0,671	-0,585	-0,513	0,266
C2	-0,813	1,000	-0,813	-0,838	-0,916	0,652	0,727	0,558	0,604	0,489	-0,361
C3	0,856	-0,813	1,000	0,942	0,552	-0,872	-0,891	-0,842	-0,697	-0,630	0,468
C4	0,906	-0,838	0,942	1,000	0,585	-0,920	-0,963	-0,636	-0,473	-0,376	0,192
C5	0,613	-0,916	0,552	0,585	1,000	-0,397	-0,489	-0,367	-0,550	-0,418	0,396
C6	-0,931	0,652	-0,872	-0,920	-0,397	1,000	0,983	0,696	0,503	0,433	-0,232
C7	-0,919	0,727	-0,891	-0,963	-0,489	0,983	1,000	0,645	0,463	0,367	-0,197
C8	-0,671	0,558	-0,842	-0,636	-0,367	0,696	0,645	1,000	0,925	0,918	-0,813
C9	-0,585	0,604	-0,697	-0,473	-0,550	0,503	0,463	0,925	1,000	0,984	-0,930
C10	-0,513	0,489	-0,630	-0,376	-0,418	0,433	0,367	0,918	0,984	1,000	-0,926
C11	0,266	-0,361	0,468	0,192	0,396	-0,232	-0,197	-0,813	-0,930	-0,926	1,000

Tablo 13. Kriterler arasındaki $(1-r_{jq})$ değerleri

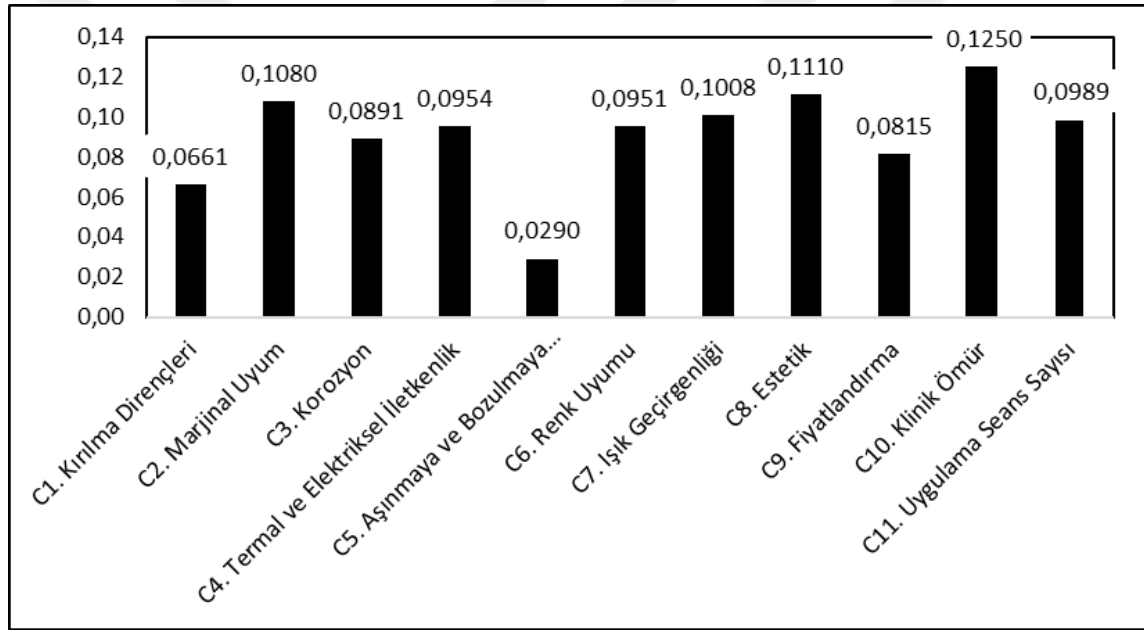
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	0,000	1,813	0,144	0,094	0,387	1,931	1,919	1,671	1,585	1,513	0,734
C2	1,813	0,000	1,813	1,838	1,916	0,348	0,273	0,442	0,396	0,511	1,361
C3	0,144	1,813	0,000	0,058	0,448	1,872	1,891	1,842	1,697	1,630	0,532
C4	0,094	1,838	0,058	0,000	0,415	1,920	1,963	1,636	1,473	1,376	0,808
C5	0,387	1,916	0,448	0,415	0,000	1,397	1,489	1,367	1,550	1,418	0,604
C6	1,931	0,348	1,872	1,920	1,397	0,000	0,017	0,304	0,497	0,567	1,232
C7	1,919	0,273	1,891	1,963	1,489	0,017	0,000	0,355	0,537	0,633	1,197
C8	1,671	0,442	1,842	1,636	1,367	0,304	0,355	0,000	0,075	0,082	1,813
C9	1,585	0,396	1,697	1,473	1,550	0,497	0,537	0,075	0,000	0,016	1,930
C10	1,513	0,511	1,630	1,376	1,418	0,567	0,633	0,082	0,016	0,000	1,926
C11	0,734	1,361	0,532	0,808	0,604	1,232	1,197	1,813	1,930	1,926	0,000

Adım 6: Her bir kriterin korelasyonları ve standart sapmaları dikkate alınarak hesaplanan bilgi düzeyleri Tablo 14’te belirtilmiştir. Kriterlerin bilgi düzeyleri arttıkça ağırlık değerleri de artmaktadır.

Tablo 14. Bilgi düzeylerinin miktarı

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
0,702	1,147	0,945	1,013	0,308	1,009	1,069	1,178	0,865	1,327	1,049

Adım 7: Bilgi düzeyleri normalize edilerek kriterlerin ağırlık değerleri hesaplanır. Hesaplanan bu değerler grafik üzerinde belirtilerek Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Kriterlerin ağırlık değerleri

Adım 8: Her bir alternatif için WSM ve WPM değerleri, bu değerlerin üyelik derecesi ve üye olmama derecesi Tablo 15’te gösterilmiştir. Burada hesaplama yapılırken bir önceki adımda CRITIC yöntemiyle elde edilen kriterlerin ağırlık değerleri kullanılmıştır.

Tablo 15. Alternatiflerin WSM ve WPM değerleri

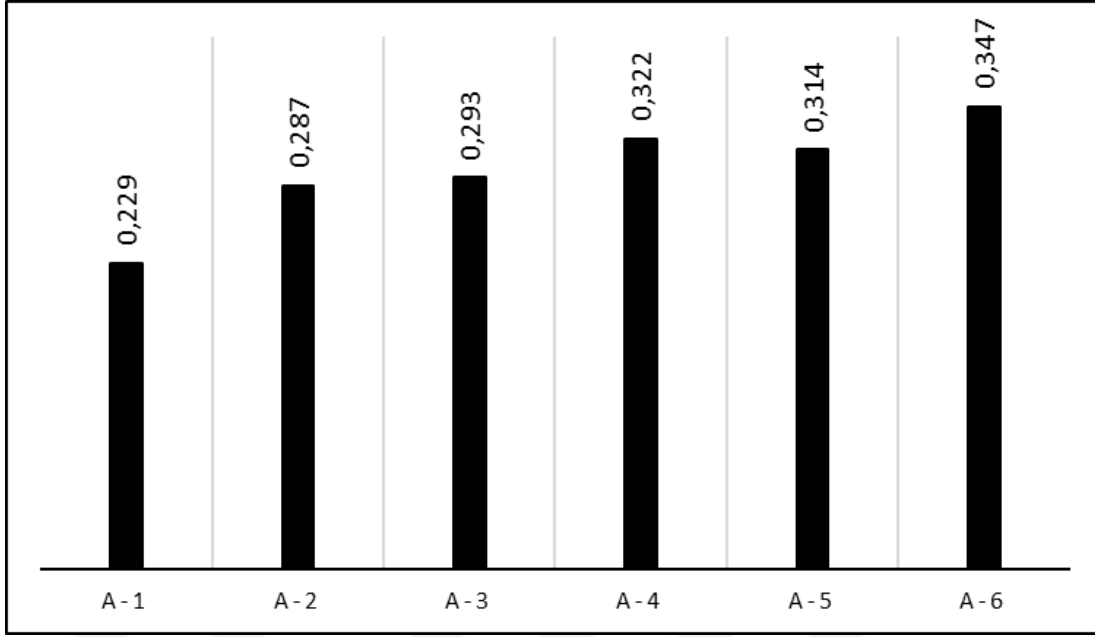
	WSM		WPM	
	μ	ν	μ	ν
A-1	0,549	0,385	0,436	0,500
A-2	0,600	0,316	0,543	0,392
A-3	0,602	0,314	0,555	0,386
A-4	0,632	0,282	0,590	0,359
A-5	0,629	0,290	0,576	0,380
A-6	0,670	0,244	0,598	0,375

Adım 9: λ , WASPAS yönteminde kullanılan bir parametre olup değeri 0,5 olarak belirlenmiştir. Bu sayede WSM ve WPM değerleri eşit önem düzeyinde ele alınmıştır (Ayçin, 2023). Yöntemin bu aşamasında alternatiflerin doğru bir şekilde sıralamasının yapılabilmesi ve alternatiflerin toplam göreceli önemini belirlemek için Denklem 19’da gösterilen formülle hesaplama yapılmıştır. Bu formülle elde edilen sonuçlar Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16. WASPAS yönteminin sonuçları

	μ	ν	π
A-1	0,500	0,439	0,925
A-2	0,573	0,352	0,916
A-3	0,580	0,348	0,914
A-4	0,612	0,318	0,904
A-5	0,604	0,332	0,906
A-6	0,638	0,303	0,893

Adım 10: Sonuç olarak Tablo 16’daki sonuçlar net skor değerlerine dönüştürülür. Bu değere göre alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Değerler grafikte birlikte gösterilmiştir. Sıralama Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Diş protetik restorasyonlarının net skor değerlerine göre sıralanması

3.1. Duyarlılık Analizi

Fermatean Bulanık WASPAS değerlendirilirken hesaplanan WSM ve WPM değerleri bütünleştirilirken λ değeri 0,5 olarak belirlenmiştir. λ parametresi 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir. Bu değeri karar verici belirleyebilir. Bu çalışmada değişen λ değerlerinin değerlendirme sonuçlarına etkisini görebilmek için bu katsayıya 0,1 artışlarla 0 ve 1 arası değerler verilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Hesaplanan kesin skor değerleri Tablo 17’de belirtilmiştir.

Tablo 17. Duyarlılık analizi sonuçları

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
A-1	0,187	0,196	0,205	0,213	0,221	0,229	0,237	0,245	0,252	0,259	0,267
A-2	0,261	0,267	0,272	0,277	0,282	0,287	0,292	0,297	0,302	0,307	0,311
A-3	0,271	0,276	0,280	0,284	0,289	0,293	0,297	0,301	0,306	0,310	0,314
A-4	0,301	0,305	0,309	0,314	0,318	0,322	0,326	0,330	0,334	0,338	0,342
A-5	0,287	0,293	0,298	0,303	0,309	0,314	0,319	0,324	0,329	0,334	0,339
A-6	0,306	0,314	0,323	0,331	0,339	0,347	0,354	0,361	0,369	0,376	0,383

λ katsayısına 0 değeri verildiğinde WASPAS yöntemi WPM ile 1 değeri verildiğinde ise WSM ile aynı sonuçları vermektedir (Ayçin, 2023). Sonuç olarak, Tablo 17'den de anlaşılacağı gibi λ katsayısına verilen değerlerin belirlenen alternatiflerin sıralamasını değiştirmedeği görülmüştür. Yapılan duyarlılık analiziyle de çalışmada kullanılan yöntemin ve yapılan hesaplamaların sonucunun tutarlı olduğu kanıtlanmıştır. Sıralamanın değişmemesi FB-WASPAS metodolojisinin diş protetik restorasyonları üzerindeki etkinliğini vurgulamıştır. Bu durum yapılan çalışmanın yönteminin diş protetik malzemelerinin seçimindeki güvenilirliğini kanıtlamaktadır.



4. TARTIŞMA

Bu çalışma, entegre FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemlerini diş protez restorasyon malzemelerinin seçimine uygulayarak diş hekimlerinin klinik uygulamada karşılaştığı karmaşık çok kriterli kararları ele almaktadır. Özellikle bu, FBK'lerin bu bağlamdaki ilk uygulamalarından biridir ve literatüre yeni bir karar-destek çerçevesi katmaktadır. Önerilen yaklaşım, kriterlerin hem nesnel hem de öznel olarak değerlendirilmesine olanak tanıyarak belirsizlik altında uzman odaklı malzeme seçimi için sistematik bir yapı sağlamaktadır. Bu sayede karar vericiye fayda ve seçim kolaylığı sağlanmıştır.

Çalışmada, hesaplanan kriter ağırlıklarına göre bir sıralama yapılmış ve ilk sırada klinik ömür kriteri belirlenmiştir. Bu bulgu, diş protetik restorasyonlarının uzun vadeli başarısının hem malzeme özelliklerine hem de çiğneme alışkanlıkları ve beslenme tercihleri gibi hastaya özgü faktörlere bağlı olduğu konusunda literatürde var olan fikir birliğini desteklemektedir (Abujalala, 2019). Hastanın sağlığı ve restorasyonun devamlılığı için materyalin klinik ömrünün yüksek olması gerekir. Aksi takdirde tedavi tekrarlanabilir, hekim ve hasta için zaman kaybı yaşanabilir ve bu sebeplerden dolayı olumsuz sonuçlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle diğer kriterlere kıyasla daha önemlidir. Bir diğer kriter olan estetik ise önem sıralamasında ikinci sırada yer almıştır. Estetik algısı kişiden kişiye değişebilir. Kişinin yaşadığı coğrafya, kültürel, ekonomik, psikolojik durumu, yaşı, cinsiyeti ve eğitim durumuna göre estetik değerler değişebilir. Bir restorasyonun estetik görünmesi için doğal dişler ve tüm çevre dokularla uyum içinde görünmesi, renginin doğala yakın olması gerekir (Özcan, 2008). Hekim, restorasyonu yaparken estetik tercih için hastanın görüşünü alır ve kişiye en uygun, sağlık açısından en uyumlu kararları verir. Bu kararlar sonucunda hasta memnuniyeti sağlanır ve restorasyon tercihinine göre yapılan çalışma uzun ömürlü olur. Estetik algı öznel olduğundan ve sosyo-kültürel faktörlerden etkilendiğinden, doğal dişlere en yakın protetik restorasyonlar tercih edilmektedir (Kökdemir, 2003). Estetik sonuçların ikinci en önemli kriter olarak sıralanması, modern diş hekimliğinde hasta memnuniyeti ve doğal görünüme verilen önemin arttığını vurgulamaktadır. Üçüncü en önemli kriter olan marjinal uyum; mikrosızıntıyı en aza indirmek, tekrarlayan çürükleri önlemek ve restorasyonların uzun vadeli devamlılığını sağlamak için gereklidir (Azar vd., 2018). Marjinal uyum için kabul edilebilir marjinal aralık değerinin çok küçük olmasıyla bakteri ve plağın dişe sızmasının önüne geçilmiş olmaktadır. Bu nedenlerle marjinal uyum

diğer kriterler arasında öne çıkmakta ve hastanın diş sağlığı için de önemli olmaktadır. Marjinal uyum ne kadar iyi olursa, restorasyonun uzun ömürlü olma olasılığı da o kadar artmaktadır.

Seçilen alternatifler arasında Lava Ultimate CAD/CAM öne çıkmıştır ve en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Üstün klinik ömrü, mükemmel marjinal uyumu ve olağanüstü estetik özellikleri, gelişmiş CAD/CAM teknolojisinin ve nanoseramik takviyenin faydalarını yansıtmaktadır (Koştur, 2016). Dijital üretimin yüksek doğruluğu daha iyi adaptasyona, gelişmiş biyouyumluluğa ve restorasyon başarısızlığı riskinin azalmasına katkıda bulunur. Bu ürünler bilgisayar destekli tasarıma ve üretime sahip protetik restorasyonlardır. Çalışma sonucunda belirlenen alternatif olan Lava Ultimate CAD/CAM, seçilen alternatifler arasında en gelişmiş restorasyon olup klinik ömür, marjinal uyum, estetik ve diğer kriterler açısından tercih edilecek en iyi restorasyondur. En önemli üç kriter açısından değerlendirildiğinde, bu restorasyonlar CAD/CAM ile oluşturulmuş, güçlendirilmiş zirkonya bloklar olduğu için klinik ömürleri diğer alternatiflere göre daha uzun ve marjinal uyumları daha iyidir. Bu şekilde, belirlenen restorasyon daha uzun ömürlü ve hastanın diş sağlığı için gerekli olmaktadır. Marjinal uyum, restorasyonun başarısı için önemli bir faktördür. Lava Ultimate CAD/CAM, marjinal uyum açısından en iyi restorasyon olarak seçilmiştir. Restorasyon ile gerçek diş arasındaki mesafenin az olması, doğal dişte daha az çürük ve pulpa iltihabı oluşmasını sağlar. Bu sayede doğal diş daha sağlıklı kalır. Doğal diş ile restorasyon arasındaki marjinal uyumun artırılması restorasyonun kırılma direncini artırır. Lava Ultimate CAD/CAM'in marjinal uyumunun iyi olması yüksek kırılma direncine neden olur. Bu da restorasyonun yüksek dayanıklılığı ve uzun klinik ömrü ile sonuçlanır. Lava Ultimate CAD/CAM'in termal genleşme ve iletkenlik katsayıları diş dokularına benzer olduğu için bu özellik daha iyi marjinal uyumluluk sağlar. Bu sayede restorasyonun klinik ömrü de daha uzun olmaktadır. Diğer kriter olan estetik bakımından incelendiğinde ise, Lava Ultimate CAD/CAM restorasyonlarda ağız içi tarayıcılar kullanılarak yüksek doğrulukta ölçümler yapıldığı için dişlerin en boy oranı, gülüş ve merkez hattı gibi kavramlar en uygun şekilde belirlenmektedir. Bu sayede estetik bir görünüm elde edilmektedir. Bu restorasyonlar ışık yansıtma özelliğine, birçok farklı renk derecesine ve tonuna sahip oldukları için doğal diş görünümüne çok yakındırlar. Kimyasal yapıları stabildir ve zaman içinde bozulmazlar. Bu da mükemmel bir estetik görünüm sağlar. Diş hekimliğinde en önemli iki hedef protetik restorasyonun doğala yakın şekilde olmasıyla birlikte estetik ve fonksiyonelliği elde etmektir (Abujalala, 2019). Lava Ultimate CAD/CAM bu koşulları yerine getiren ve yüksek

memnuniyet oranına sahip bir seçenektir. Ağız sıvıları ile mükemmel uyumluluk sağlamak ve yüksek biyouyumluluk göstermektedir. Düşük plak birikimine neden olmaktadır. Dijital olarak üretildikleri için hızlı ve sıfır hata oranı ile tek bir randevuda hazırlanıp hastaya teslim edilebilmektedir. Minimum oklüzyon düzeltmesi gerektirmektedir. Ayrıca, Lava Ultimate CAD/CAM tek vizitlik prosedürlere olanak tanıyarak hasta koltuğu süresini en aza indirir ve genel tedavi verimliliğini artırır (Abujalala, 2019; Koştur, 2016). Stabil kimyasal yapısı ve renk çeşitliliği de görünüm ve uzun vadeli stabilite açısından önemli avantajlar sunar.

Elde edilen sonuçlar uzmanlarla birlikte değerlendirildiğinde uzmanlar arasında fikir birliği sağlandığı görülmüştür. En iyi alternatif olarak belirlenen Lava Ultimate CAD/CAM'in en yüksek teknolojik ürün olduğunu ve çalışmanın sonucuna göre teknolojinin doğru yönde geliştiğinin, klinik ömür, estetik, marjinal uyum, biyouyumluluk ve dayanıklılık özellikleri açısından tercih edilme olasılığını arttırdığını savunmuşlardır. Restorasyonun fiyatlandırılması yüksek olmasına rağmen ürünün mükemmel özellikleriyle karşılığını vermekte olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmanın sonucunda en yüksek kriter ağırlığına sahip kriter ise klinik ömür olarak belirlenmiştir. Görüşlerine danışılan uzmanlar, bir restorasyonu yaparken doğal dişe yakın özellikte olmasının yanında doğal diş eksikliğini ortadan kaldırarak uzun ömürlülükte olmasını hedeflemektedirler. Çünkü sürekli olumsuzluklarla sonuçlanan bir restorasyon hastayı ekonomik açıdan ve zaman açısından zarara uğratmaktadır. Hastanın beklentisi yapılacak restorasyonun doğal diş gibi uzun süreler boyunca kullanmasıdır. Bu nedenle uzmanlar deneyimlerinden edindikleri bilgilere göre klinik ömür kriterinin en önemli kriter olarak seçilmesi sonucunu doğrulamışlardır.

Bu çalışma değerli bilgiler sunmakla birlikte, içeriğindeki bazı kısıtlamaların da kabul edilmesi gerekmektedir. Uzmanların sayısının ve coğrafi çeşitliliğinin sınırlı olması bulguların genellenebilirliğini etkileyebilmektedir. Ayrıca, sadece seçilmiş bir grup malzeme değerlendirilmiştir. Gelecekteki araştırmalara daha fazla malzeme türü, ek kriterler ve daha fazla çeşitlilikte uzmanlar dahil ederek kapsamı genişletilebilir. Ayrıca, hasta sonuçlarını karşılaştıran doğrudan klinik çalışmalar, modelin gerçek dünya ortamlarındaki öngörücü değerini doğrulayabilir. Bu çalışma ile gelecekte yapılacak çalışmalar arasında karşılaştırmalar yapılabilecek ve kullanılan yöntemler hakkında yorumlarda bulunulabilecektir. Bu çalışma, son yıllarda kullanılmaya başlanan ve literatürde yeni bir çalışma olan FBK ile entegre CRITIC ve WASPAS, ÇKKV yöntemlerinin uygulanması ile literatüre katkı sağlamaktadır.

5. SONUÇLAR

Çalışmanın amacı, bulanık ÇKKV tekniklerini kullanarak diş hekimlerinin alternatifler arasından en uygun diş protetik malzemesini seçmelerini sağlamaktır. Bulanık ÇKKV teknikleri kullanılarak diş protetik restorasyon malzemesi seçimi için alternatifler ve kriterler, belirlenen uzmanların görüşleri ile birlikte değerlendirilmektedir. FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemleri, en uygun diş protez restorasyon malzemesinin seçimi için kriterlerin ve alternatiflerin önem sırasının belirlenmesinde kullanılmıştır. Ayrıca, değerlendirme yöntemlerindeki değişikliklere karşı değerlendirme sonuçlarının güvenilirliğini incelemek için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi sonucunda alternatiflerin sıralamasının değişmediği görülmüştür. Bu da çalışmanın metodolojisinin diş protetik malzemesinin seçimindeki güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir.

Kriterlerin ağırlıklarına göre önem sırası; klinik ömür, estetik, marjinal uyum, ışık geçirgenliği, uygulama seans sayısı, termal ve elektriksel iletkenlik, renk uyumu, korozyon, fiyatlandırma, kırılma dirençleri, aşınma ve bozulmaya karşı direnç şeklindedir. Alternatiflerin ağırlıklarına göre önem sırası ise; Lava Ultimate CAD/CAM, IPS E-Max CAD/CAM, Zirkonya Blok, In-Ceram Alumina, IPS Empress II ve Metal Destekli Seramik Kron olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, Fermatean bulanık ÇKKV teknikleri kullanılarak, en yüksek teknoloji ürünü olan Lava Ultimate CAD/CAM, diş protez restorasyon malzemesi seçiminde diş hekimliği için öncelikli alternatif olmuştur. Önerilen bu ürünün sağlık, diş estetiği ve uzun ömürlülük açısından diş hekimleri ve hastalar için en uygun alternatif olduğu belirlenmiştir.

6. ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında en uygun diş protetik restorasyonun belirlenmesi için altı alternatif belirlenmiştir. Bu alternatifler uzman görüşleriyle değerlendirilip FB-CRITIC ve FB-WASPAS yöntemleriyle sonuca ulaştırılmıştır. Bu çalışmayı geliştirmek amacıyla uygulanabilecek seçeneklerden biri seçilen alternatiflerin sayısının arttırılmasıdır. Fakat diğer seçilebilecek alternatiflerin özelliklerinin benzer olması çözümün sonucunda ulaşılabilecek kesin skor değerlerinin birbirine yakın olmasına neden olacaktır.

Çalışmanın geliştirilebileceği bir diğer husus da uzman değerlendirmelerinin ağırlıklarının belirlenmesidir. Uzmanların bilgi, deneyim, eğitim seviyesi, iş unvanı, uzmanlık alanına ve sorumluluklarına göre farklılıkları göze alınarak uzman değerlendirmelerinde eşit önem verilmemesi gerekebilir.

Çalışmanın daha da iyileştirilebilmesi için ise uzman sayısı arttırılabilir. Uzmanların farklı ülke ve şehirlerden seçilip değişen yaşam şartlarına, meslek ve yaş gruplarına göre görüş alınması da göz önüne alınabilir. Bu sayede daha çok uzman görüşü alınarak sonuçlar daha da geliştirilebilir. Ancak böyle bir durumda uzman görüşüne ulaşmak zor olabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abujalala, M. (2019). *Farklı Yüzey İşlemleri Uygulanan Dental Seramiklerin İn Vitro Olarak Aşınma Özelliklerinin Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa.
- Albert, J. & Takacs, A. (2024). Optimization of Multi-Criteria Decision-Making for Dental Implant Selection. *Design of Machines and Structures*, 14(1), 75-83.
- Akram, M., Ali, U., Garcia, G. & Niaz, Z. (2022). 2-Tuple Linguistic Fermatean Fuzzy MAGDM Based on the WASPAS Method for Selection of Solid Waste Disposal Location. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(2), 3811–3837.
- Ansari pour, H., Haeussler, K.L., Ferguson, S.J. & Flohr, M. (2023). Prioritizing biomaterials for spinal disc implants by a fuzzy AHP and TOPSIS decision making method. *Scientific Reports*, 13, 21531.
- Aro, J., Jr, E., Evangelista, S., Maturan, F., Atibing, N. & Ocampo, L. (2022), Fermatean Fuzzy CRITIC-CODAS-SORT for Characterizing the Challenges of Circular Public Sector Supply Chains. *Operations Research Perspectives*, 9, 100246.
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87-96.
- Ayçin, E. (2023). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler*. Ankara: Meteksan Matbaacılık.
- Aytekin, A., Görçün, Ö. Ecer, F., Pamucar, D. & Karamaşa, Ç. (2022). Evaluation of the Pharmaceutical Distribution and Warehousing Companies through an Integrated Fermatean Fuzzy Entropy-WASPAS Approach. *Kybernetes*, 52(11), 5561-5592.
- Ayvaz, B., Tatar, V., Sağır, Z. & Pamucar, D. (2024). An Integrated Fine-Kinney Risk Assessment Model Utilizing Fermatean Fuzzy AHP-WASPAS for Occupational Hazards in the Aquaculture Sector. *Process Safety and Environmental Protection*, 186, 232-251.
- Azar, B., Eckert, S., Kunkela, J., Ingr, T. & Mounajjed, R. (2018). The Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns: Press vs. CAD/CAM. *Braz Oral Res*, 32.
- Bhaskar, A. S. & Khan, A. (2022). Comparative analysis of hybrid MCDM methods in material selection for dental applications. *Expert Systems With Applications*, 209, 118268.
- Charnes, A. & Cooper, W. W. (1957). Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. *Management Science*, 4(1), 38-91.

- Chen, C., Trindade, F.Z., de Jager, N., Kleverlaan, C.J., Feilzer, A.J. (2014) The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dental Materials*, 30 (9), 954-962.
- Cuong, B. C. (2014). Picture Fuzzy Sets. *Journal of Computer Science and Cybernetics*, 30(4), 419-430.
- Çakır, G. (2022). *Tam Seramik Sistemlerdeki Başarısızlık Nedenleri*. Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çelik, H., Başaran, E., Zengingül, A. & Koçoğlu, H. (2021). Sabit Protezlerde Altyapı Materyalleri Ve Sınıflandırmaları. *Selcuk Dent J*, 8, 868-874.
- Demir, G., Özyalçın, A. T. & Bircan, H. (2021). *Çok Kriterli Karar verme Yöntemleri ve ÇKKV Yazılımı ile Problem Çözümü*. Ankara: İlksan Matbaası.
- Demirtaş, H. (2015). *Ortodontistler, Diş Hekimliği Öğrencileri ve Hastaların Ortodontik Tedavi Görmemiş Bireyler Üzerinde Gülümseme Estetiği Algısının Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763–770.
- Erdoğan, M., Kaya, İ., Karaşan, A. & Çolak, M. (2021). Evaluation of autonomous vehicle driving systems for risk assessment based on three-dimensional uncertain linguistic variables. *Applied Soft Computing*, 113, Part A, 107934.
- Erdogan, M. & Ayyildiz, E. (2022). Comparison of Hospital Service Performances under COVID-19 Pandemics for Pilot Regions with Low Vaccination Rates. *Expert Systems with Applications*, 206, 117773.
- Fishburn, P. C. (1970). *Utility Theory for Decision Making*, New York: Wiley.
- Garibaldi, J. M. & Ozen, T. (2007). Uncertain Fuzzy Reasoning: A Case Study in Modeling Expert Decision Making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15(1), 16-30.
- Gonzales, G., Costan, F., Suladay, D., Gonzales, R., Enriquez, L., Costan, E., Atibing, N. M., Aro, J. L., Evangelista, S. S., Maturan, F., Jr., E. S. & Ocampo, L. (2022). Fermatean Fuzzy DEMATEL and MMDE Algorithm for Modelling the Barriers of Implementing Education 4.0: Insights from the Philippines. *Applied Sciences*, 12(2), 689.
- Güvensoy, L. (1974). Ağız Hastalıklarında Galvanik Akımın Önemi. *European Oral Research*, 8(1), 31-38.

- Isabels, K. R. & Vinodhini, G. A. F. (2023). Material Selection for Dental Implant – If VIKOR MCDM Technique. *Advances and Applications in Mathematical Sciences*, 22(8), 1807-1817.
- Jahn K. U. (1975). Intervall-wertige Mengen. *Mathematische Nachrichten*, 68(1), 115-132.
- Kabak, M. & Erdebili, B. (2021). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamalar*. Ankara: İlksan Matbaası.
- Karamaşa, Ç., Ecer, F. & Aytekin, A. (2022). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Bulanık Küme Uzantıları ve Uygulamaları*. Ankara: Meteksan Matbaacılık.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Hashemi-Tabatabaei, M., Zavadskas, E. K., & Kaklauskas, A. (2020). A New Decision-making Approach Based on Fermatean Fuzzy Sets and Waspas for Green Construction Supplier Evaluation. *Mathematics*, 8(12), 1–24.
- Koopmans, Tjalling C. (1942). Serial Correlation and Quadratic Forms in Normal Variables. *Annals of Mathematical Statistics. Institute of Mathematical Statistics*, 13(1), 14-33.
- Koştur, E. (2016). *Fraklı Kalınlıklardaki CAD/CAM Zirkonya, Hibrit Seramik ve Rezin Nano-Seramik Onleylerin Kırılma Dayanıklılıklarının İn-Vitro Olarak Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koyuncu, B., Özpınar, B. & Çağlar, A. (2021). Farklı Yöntemler ile Üretilen Tüm Seramik Restorasyonların Marjinal Uyumu. *EÜ Dişhek. Fak. Dergisi*, 42(2), 152-158.
- Kose, Y., Ayyıldız, E. & Çevikcan, E. (2024). Evaluation of Disassembly Line Layouts Using an Integrated Fermatean Fuzzy Decision-making Methodology: An Application for Refrigerator Disassembly Line. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110090.
- Kökdemir, P. (2003). *Diş Hekimliğinde Estetik Amaçlı Girişimlerin Etik Boyutu*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kumar, A. & Rajak, S. (2025). Selection of Bio-implant Materials Based on Metal Additive Manufacturing using Integrated SWARA and WASPAS MCDM Technique. *Journal of Materials Engineering and Performance*.
- Kutlu Gündoğdu, F. & Kahraman, C. (2019). Spherical Fuzzy Sets and Spherical Fuzzy TOPSIS Method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 36(1), 337-352.
- Lawn, B.R. (1993). *Fracture of brittle solids*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lawn, B.R., Deng Y., Lloyd I.K., Janal, M.N., Rekow, E.D. & Thompson, V.P. (2002). Materials Design of Ceramic-based Layer Structures for Crowns. *J Den Res.*, 81(6), 433-438.

- Martins, L., Lorenzoni, F., Melo, A., Silva, L., Oliveira, J., Oliveira, P. & Bonfante, G. (2012). Internal Fit of Two All-Ceramic Systems and Metal-Ceramic Crowns. *J Appl Oral Sci.*, 20(2), 235–240.
- Mishra, A. & Rani, P. (2021). Multi-criteria Healthcare Waste Disposal Location Selection Based on Fermatean Fuzzy WASPAS Method. *Springer*, 7, 2469–2484.
- Mishra, A. R., Rani, P., & Pandey, K. (2021). Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS Approach for the Selection of Sustainable Third-party Reverse Logistics Providers Using Improved Generalized Score Function. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13, 295–311.
- Mishra, A., Rani, P. & Pandey, K. (2022). Fermatean Fuzzy CRITIC-EDAS Approach for the Selection of Sustainable Third-party Reverse Logistics Providers Using Improved Generalized Score Function. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13, 295–311.
- Mishra, A., Chen S. & Rani, P. (2023). Multicriteria Decision Making Based on Novel Score Function of Fermatean Fuzzy Numbers, the CRITIC Method, and the GLDS Method. *Information Sciences*, 623, 915–931.
- Neumann, von J. & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, 625–643.
- Özcan, A. (2008). *İnsan Dişi Kaplaması Uygulamalarının Kırılma Mekaniği Açısından İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pareto, V. (1896). *Cours D'Economic Politique*. A(2), Rouge, Lausanne, Switzerland.
- Ricciardiello, F., Amato, M., Leone, R., Spagnuolo, G. & Sorrentino, R. (2018). In vitro Evaluation of the Marginal Fit and Internal Adaptation of Zirconia and Lithium Disilicate Single Crowns: Micro-CT Comparison Between Different Manufacturing Procedures. *Open Dent J*, 22(12), 160–172.
- Roy, B. (1971). Problems and Methods with Multiple Objective Functions. *Mathematical Programming*, 1(2), 239–266.
- Smarandache, F. A. (1998). *Unifying Field in Logics. Neutrosophy: Nutrosophic Probability, Set and Logic*. Rehoboth: American Research Press.
- Sambuc, R. (1975) *Fonctions ϕ -floues: Application a l'aide au Diagnostic en Pathologie Thyroïdienne*. University of Marseille, Ph. D. Thesis, France.
- Saraji, M. K., Streimikiene, D., & Kyriakopoulos, G. L. (2021). Fermatean fuzzy critic-copras method for evaluating the challenges to industry 4.0 adoption for a sustainable digital transformation. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17), 9577.

- Saraji, M., Aliasgari, E. & Streimikiene, D. (2023). Assessment of the Challenges to Renewable Energy Technologies Adoption in Rural Areas: A Fermatean CRITIC-VIKOR Approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122399.
- Senapati, T., & Yager, R. R. (2019a). Fermatean Fuzzy Weighted Averaging/Geometric Operators and Its Application in Multi-criteria Decision-making Methods. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85(March), 112–121.
- Senapati, T., & Yager, R. R. (2019b). Some New Operations Over Fermatean Fuzzy Numbers and Application of Fermatean Fuzzy WPM in Multiple Criteria Decision Making. *Informatica (Netherlands)*, 30(2), 391–412.
- Senapati, T., & Yager, R. R. (2020). Fermatean Fuzzy Sets. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(2), 663–674.
- Simic, V., Gokasar, I., Deveci, M., & Isik, M. (2021). Fermatean Fuzzy Group Decision-Making Based CODAS Approach for Taxation of Public Transit Investments. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(12), 4233 - 4248.
- Şahin, M. (2022). *Güncel ve Uygulamalı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Repro Bir Matbaacılık.
- Şahin, M. (2023). *Çok Kriterli Karar Verme Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri*. Ankara: Ada Matbaacılık.
- Tarım, E., Kandemir, E. & Mevsim, V. (2019). The Ordering og Smokers' Toothpaste Choice Criteria with Fuzzy Model. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Dergisi*, 29(3), 394-399.
- Torra, V. (2010). Hesitant Fuzzy Sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(6), 529-539.
- URL-1. (2025, Şubat 17). Diş Hekimliği Tarihçesi: www.tdb.org.tr/index.php adresinden alındı.
- URL-2. (2025, Mayıs 22). 2025 TDB Muayene ve Tedavi Ücret Tarifesi: www.tdb.org.tr/tdb/v2/ekler/2025_Yili_Rehber_Tarife_Kitapcigi.pdf adresinden alındı.
- Ünal, M. & Paken, G. (2020). Gülümseme Estetiğinde Parametreler: Derleme. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Dergisi*, 47(1-3), 213-221.
- Varol, M., Aktaş, G., Güncü, M. & Canay, Ş. (2016). Diş Hekimliği Pratiğinde Zirkonyum ve Uygulamalarına Panoramik Bakış. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Dergisi*, 26(3), 534-541.
- Waltimo, A. & Könönen, M. (1993). A Novel Bite Force Recorder and Maximal Isometric Bite Force Values for Healthy Young Adults. *Scand J Dent Res.*, 101(3), 171-5.

- Yadav, R. (2021). Analytic hierarchy process-technique for order preference by similarity to ideal solution: A multi criteria decision-making technique to select the best dental restorative composite materials. *Polymer Composites*, 42(12), 6867-6877.
- Yager, R. R. (2013). Pythagorean Fuzzy Subsets. *Proceedings of the 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting*, IFSA/NAFIPS 2013, 57–61.
- Yager, R. R. (2017). Generalized Orthopair Fuzzy Sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(5), 1222-1230.
- Yazgan, Y., Atsü, S. & Berksun, S. (2020). Isı İle Preslenen Farklı Tam Seramik Kronların Marjinal Uyumlarının İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Dergisi*, 33(1), 39-47.
- Yazgan, Y. (2020). Isı İle Preslenen Farklı Tam Seramik Kronların Kırılma Dirençlerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Dergisi*, 47(1-3), 97-108.
- Yılmaz, S. (2011). *Farklı Zirkonya Tam Sermik Sistemlerinin Translusensi ve Renk Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa.
- Yücel, M., Aykent, F. & Avunduk, M. (2013). In Vitro Evaluation of the Marginal Fit of Different All-Ceramic Crowns. *J. Dent. Sci.*, 8(3), 225-230.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- Zadeh, L. A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-1. *Information Science*, 8(3), 199-249.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment, *Electronics and Electrical Engineering*, 6(122), 3-6.
- Zortuk, M., Özdemir, E., Eskimez,Ş. & Agüloğlu,S. (2009). Yorulma Testinin, Üç Farklı Tam Seramik Yapım Sistemi Vertikal Kırılma Direnci Üzerine Etkisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 12(1), 16-21.

ÖZGEÇMİŞ

Ece AKKAYA 2008 yılında Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlamış ve 2013 yılında eğitimini tamamlamıştır. Bu süreçte başladığı ve eş zamanlı olarak devam ettiği Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü lisans eğitiminden de 2014 yılında mezun olmuştur. 2019 yılının Aralık ayında Gümüşhane Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğüne Memur olarak atanmıştır. Şuanda bu görevini Trabzon Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğünde Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni olarak sürdürmektedir. 2023 yılı Şubat ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlayan Ece AKKAYA iyi derecede İngilizce bilmektedir.