



# Zemin Kaplama Ürünlerinin Kalite Boyutlarının Garvin Modeli ve Aralık Değerli Fermatean Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Entegrasyonu ile Analizi

*Analyzing the Quality Dimensions of Flooring Products with the Integration of the Garvin Model and the Interval-Valued Fermatean Fuzzy Analytical Hierarchy Process*

Hilal Singer\* 

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

## Öz

Döşemeler, yapılarda katları birbirinden ayıran ve üzerlerinde yürünebilen, beklenebilen ve vakit geçirilebilen yapı elemanlarıdır. Döşemeler değişik etkilere maruz kaldığından beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için uygun bir şekilde malzemelerle kaplanması gerekir. Artan ulusal ve uluslararası rekabet ile çeşitli ve değişen tüketici zevkleri nedeniyle, zemin kaplama endüstrisinin ürün kalitesini geliştirmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, zemin kaplama ürünlerinin kalite boyutları tanımlanmış ve bu boyutlar uzman bilgisine dayalı bir karar verme yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Literatürde sıkça kullanılan Garvin modeli çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik boyutları eklenerek sekiz boyuttan on bir boyuta genişletilmiştir. Önerilen on bir kalite boyutu aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, uygunluk, performans ve dayanıklılık boyutlarının rekabetçi kalite açısından oldukça önemli olduğunu göstermiştir. İlave olarak, uygulanan yöntemin çıktıları karşılaştırmalı analiz ile güçlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik hiyerarşi prosesi, aralık değerli fermatean bulanık küme, ürün kalite boyutları, zemin kaplama endüstrisi

## Abstract

Floorings are the construction elements that divide the building into different levels and can be walked, waited, and spent time on them. Since floorings are exposed to different forces, they should be properly covered with materials in order to fulfill their expected functions. Due to the increasing national and international competition and diverse and changing consumer pleasures, it is important for the flooring industry to improve product quality. In this study, the quality dimensions of flooring products are defined, and these dimensions are analyzed by an expert knowledge-based decision-making approach. The Garvin model, which is frequently used in the literature, is expanded from eight dimensions to eleven dimensions by adding environmentalism, economy, and safety dimensions. The proposed eleven quality dimensions are evaluated by the interval-valued Fermatean fuzzy AHP method. The findings of the study demonstrate that conformance, performance, and durability dimensions are highly important in terms of competitive quality. Additionally, the outputs of the applied method are strengthened by the comparative analysis.

**Keywords:** Analytic hierarchy process, interval-valued fermatean fuzzy set, product quality dimensions, flooring industry


## 1. Giriş

Döşemeler, yapılarda katları birbirinden ayıran ve üzerlerinde yürünebilen, beklenebilen ve vakit geçirilebilen yapı elemanlarıdır. Yatay taşıyıcı olan döşemelerin ana işlevleri, kat yüklerini taşıyıcı elemanlara iletmek ve uygun bir zemin oluşturmaktır. Değişik etkilere maruz kalan döşemelerin

beklenen fonksiyonları yerine getirebilmesi için önemli olan bileşenlerden biri malzeme kaplamasının uygunluğudur. Masif ağaç malzeme, ahşap-esaslı malzemeler, PVC, taş ve seramik döşeme kaplama amacıyla kullanılabilen malzemelerdendir (Döngel 2005, Döngel vd. 2008).

İşletmelerin çoğu günümüzde iki önemli zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Birçok ürün ve hizmet kategorisinde hem fiyata hem de kaliteye dayalı rekabet artmaktadır. Kalite, karmaşık ve çok yönlü bir kavramdır. Ürün kalitesi, en geniş anlamda, bir ürünün tüketici beklentilerini karşılama veya aşma yeteneğidir (Hoe ve Mansori 2018). Kalite, müşteri memnuniyetini belirlemede ve etkilemede önemli bir rol

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [hilal.singer@hotmail.com](mailto:hilal.singer@hotmail.com)

Hilal Singer  [orcid.org/0000-0003-0884-2555](https://orcid.org/0000-0003-0884-2555)



oinar ve iş stratejilerinin de en önemli bileşenidir. Yüksek ürün kalitesi işletmelerin rekabet gücünü artırmada kilit bir unsur olarak görülür. Ürün kalitesinin tanımlanması, ölçülmesi ve geliştirilmesi için bir çerçeve olarak Garvin (1984) tarafından sekiz kritik kalite boyutu önerilmiştir: performans, özellik, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık, hizmet görme yeteneği, estetik ve algılanan kalite (Jaskulska 2013). Bu sekiz boyutun optimal konfigürasyonunu içeren bir ürün rekabetçi kalite sağlar; diğer bir deyişle, bu boyutlar arasında stratejik dengenin kurulması artan küresel rekabet ortamında faaliyet gösteren işletmelerin başarısı için önemlidir (Kumar vd. 2021).

Literatürde, çeşitli ürün grupları için kalite boyutlarını belirleme ve önceliklendirme gayesiyle bazı çalışmalar yürütülmüştür. Sinclair vd. (1993), ofis mobilyalarının değerlendirilmesinde önemli olan kalite boyutlarını araştırmışlardır. Karnes vd. (1995), giyim endüstrisinde ürün kalitesinin tüketici bakış açısıyla ölçümü için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yönteminin kullanımını önermişlerdir. Ayrıca, ilgili kalite boyutlarının önem sırasını şu şekilde belirlemişlerdir: özellik, görünüm, dayanıklılık, kaliteli görüntü, uyum, konfor, güvenilirlik, giysi bakımı ve işçilik. Sebastianelli ve Tamimi (2002), ürün kalite boyutları ile kalitenin tanımlanması arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmaya katılan işletmelerin çoğu, kalitenin kullanıcı tarafından nasıl tanımlandığı ile ilgilenmiştir. Kianpour vd. (2014), mevcut ürün kalite boyutlarına çevre dostu boyutunun eklenmesini önermişlerdir. Wudhikarn vd. (2015a), en uygun çatı ürününü analitik ağ süreci ile seçmek için Garvin'nin beş kalite boyutunu ve yaşam döngüsü maliyetlerini dikkate almışlardır. Wudhikarn vd. (2015b), yeni geliştirilen ürünler arasından seçim yapmak için analitik ağ süreci yöntemi ile Monte Carlo analizini önermişlerdir. Sharma ve Kumar (2016), toplu taşıma sektöründe ürün-hizmet kalite boyutlarının değerlendirilmesi için sıradan bulanık AHP yöntemini önermişlerdir. Hazen vd. (2017), yeniden üretilen ürünlerin algılanan kalitesinin kullanım ömrü, özellik, performans ve hizmet görme yeteneği boyutlarına dayanan çok boyutlu bir yapı olduğunu öne sürmüşlerdir. Özveri ve Kabak (2018), işletmelerin ürün kalitesinin etkinliğini ölçmek için bulanık veri zarflama analizi yöntemini kullanmışlardır. Gouda vd. (2019) yeşil kalite boyutlarını belirlemek için karbon ayak izi yaklaşımı ile Garvin modelini bütünleştirmiş ve karar çerçevesine izlenebilirlik ve standardizasyon boyutlarını eklemiştir. Çavdar ve Zerdali (2020) tarafından yürütülen anket çalışmasında, beyaz eşya, tüketici elektroniği, elektrikli ev aletleri, mobilya, ev tekstili, giyim, ayakkabı ve mobilya ürün grupları tüketicilerin perspektifinden incelenmiştir.

Çalışmalarında, Garvin modeli çevrecilik ve fiyat boyutları ile genişletilmiştir. Kumar vd. (2021), en iyi-en kötü yöntemi kullanarak polimer endüstrisi için ürün kalite boyutlarını sıralamışlardır. Luczak vd. (2022), basketbol ayakkabılarının kalite açısından sınıflandırılması için insan faktörleri mühendisliğini ve Garvin modelini dikkate almışlardır.

Ürün kalite boyutlarının önemi aynı değildir. Güvenilir ve bilgilendirici sonuçlar elde etmek için uzman görüşleri toplanmalı ve bilimsel bir teknikle analiz edilmelidir. En popüler bilimsel tekniklerden biri çok kriterli karar vermedir (ÇKKV). Bu teknik, karmaşık karar durumlarını ve süreçlerini karar destek araçlarıyla inceler. ÇKKV tekniğinin temel amaçları, birbiriyle çelişen birden çok kriteri önceliklendirmek ve karşılaştırma matrislerine dayalı olarak bir aday kümesinden en iyi alternatifini seçmektir (Kim ve Chung 2013). ÇKKV ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan AHP genellikle diğerlerinden daha pratik ve önemli özellikler gösterir. Bu yöntemde, karar vericilerin bilgilerine, tecrübelerine ve düşüncelerine göre kriterler ve alternatifler değerlendirilir. AHP yöntemi, karar problemlerini hiyerarşik olarak yapılandırır ve basit ikili karşılaştırmalar yoluyla en uygun kararı belirler. Hiyerarşik yapılar, karmaşık karar problemlerinin basitleştirilmesine ve kolaylıkla çözülmesine yardımcı olur. Bireysel yargıların tutarsızlığını kontrol edebiliyor olması kararların kalitesini ve güvenilirliğini yükseltir (Singer ve Özşahin 2023). Değerlendirme sürecinin bulanık doğası nedeniyle karar elemanlarının doğru ve net derecelendirmelerinin yapılması zordur. Kesin sayısal yargılar elde etmek problemin karmaşıklığı, düşünmenin sınırlılığı, öznellik ve verilerdeki sınırlamalar nedeniyle birçok uygulamada kolay değildir. İnsan yargıları, çoğunlukla kesin değildir ve kesin sayısal değerler ile yeterince temsil edilememektedir. Karar vermede, genellikle sözel etiketler tercih edilir. Bu kapsamda, bulanık kümeleri ÇKKV yöntemleri ile bütünleştirmek önemlidir. Karar verme sürecinin daha esnek ve uygun hale getirilmesi için AHP yönteminin genişletilmesi ve en uygun kararın daha kesin bir şekilde tanımlanmasına izin veren bulanık bir yaklaşımın oluşturulması gerekir (Zavadskas vd. 2020).

Bulanık mantık, insan muhakemesini taklit eder. Karar verici değerlendirmelerinin belirsizliği ile başa çıkmak için bulanık küme teorisi sağlam bir araçtır (Bostancıoğlu 2021). Bulanık derecelendirmeler ve ölçekler, karar vericilere bilgi doğruluk düzeylerini daha iyi ifade etme olanağı sağlar (Zavadskas vd. 2020). Aralık değerli Fermatean bulanık küme, sıradan bulanık kümenin oldukça yeni varyantlarından biridir. Bu kümenin üye olma, üye olmama ve tereddüt parametreleri

esnek aralık değerleri ile tanımlandığı için belirsizlikler daha net bir şekilde ele alınır. Aralık değerli Fermatean bulanık küme, karar vericilerin kesin sayısal değerlendirmeler yapma ile ilgili endişelerini gidermek için oldukça uygundur (Ilieva ve Yankova 2022). Bu nedenlerle, AHP yöntemi belirsizliklere karşı sağlam sonuçlar elde etmek için aralık değerli Fermatean bulanık küme ile güncellenmiştir. Literatürde, farklı karar problemlerini çözmek için Fermatean bulanık küme temelli AHP yaklaşımları kullanılmıştır (Alkan ve Kahraman 2023, Camci vd. 2022, Zeng vd. 2022). Ayrıca,

literatürde farklı ÇKKV yöntemlerinin Fermatean bulanık küme ile birleştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar da yürütülmüştür. Çizelge 1, dikkate değer Fermatean bulanık küme temelli bazı ÇKKV çalışmalarını sunmaktadır. Açık ki, aralık değerli Fermatean bulanık AHP yönteminin ürün kalite boyutlarının değerlendirilmesi için kullanımı ve ayrıca zemin kaplama endüstrisine uygulanması yeni konsepttir. Literatürdeki bu boşluk, aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi ile zemin kaplama ürünü kalite değerlendirme modeli tasarlamak için önemli bir motivasyondur.

**Çizelge 1.** Fermatean bulanık küme temelli ÇKKV çalışmaları.

Yazar(lar)	ÇKKV yöntemi	Konu
Keshavarz-Ghorabae vd. (2020)	WASPAS	Yeşil tedarikçi değerlendirme
Gul vd. (2021)	TOPSIS	Mesleki risk değerlendirmesi
Ayyıldız (2022)	SWARA	Sürdürülebilir kalkınma amaçları
Camci vd. (2022)	AHP	Tedarikçi seçimi
Ilieva ve Yankova (2022)	TOPSIS	COVID-19 aşularının değerlendirilmesi
Kirişçi vd. (2022)	ELECTRE	Biyomedikal malzeme seçimi
Mishra vd. (2022a)	COPRAS	Desalinasyon teknolojisi seçimi
Mishra vd. (2022b)	CRITIC, EDAS	Üçüncü parti tersine lojistik servis sağlayıcısı seçimi
Rani ve Mishra (2022)	WASPAS	E-atık geri dönüşümü
Rani vd. (2022)	CRITIC, COPRAS	Turizm değerlendirmesi
Simić vd. (2022)	MEREC, CoCoSo	Kentsel ulaşım planlaması
Yang vd. (2022)	TOPSIS	Liman değerlendirme
Zeng vd. (2022)	AHP	Çevrimiçi öğretim kalitesi değerlendirme
Alkan ve Kahraman (2023)	AHP	Tedarik zinciri dijital dönüşüm stratejilerinin önceliklendirilmesi
Deliktaş vd. (2023)	Birleştirme operatörlerine dayalı ağırlıklandırma, Hedef programlama	Ömrünü tamamlamış binalar kapsamında sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi
Deveci vd. (2023)	SWARA	Sürdürülebilir madencilik için risk değerlendirmesi
Farid vd. (2023)	CODAS	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi
Fetanat vd. (2023)	MEREC, REGIME	Negatif emisyon teknolojilerinin önceliklendirilmesi
Görçün vd. (2023)	FUCOM, MAIRCA	Blokszincir teknolojisi seçim sistemi
Hooshangi vd. (2023)	TOPSIS	Güneş enerjisi çiftlik yeri belirleme
Rao ve Sujatha (2023)	WASPAS	Tıbbi atık arıtma teknolojisi seçimi
Saha vd. (2023)	MARCOS	Depo yeri seçimi
Simic vd. (2023)	ITARA, MARCOS	Tıbbi atık dezenfeksiyon tesisi yer seçimi
Zeng vd. (2023)	TOPSIS, Entropi	Düşük karbonlu şehir değerlendirmesi

**CRITIC:** Kriterler arası korelasyon yoluyla kriterlerin önem tespiti, **CoCoSo:** Kombine uzlaşık çözüm, **CODAS:** Birleştirilebilir mesafe bazı değerlendirme, **COPRAS:** Karmaşık nisbi değerlendirme, **EDAS:** Ortalama çözüm uzaklığına göre değerlendirme, **ELECTRE:** Gerçeği açıklayan eleme ve seçim, **FUCOM:** Tam tutarlılık yöntemi, **ITARA:** Kayıtsızlık eşiği temelli nitelik oran analizi, **MEREC:** Kriterlerin kaldırma etkilerine dayalı yöntem, **MAIRCA:** Çok nitelikli ideal-gerçek karşılaştırma analizi, **MARCOS:** Uzlaşma çözümüne göre alternatiflerin ölçülmesi ve sıralaması, **SWARA:** Adım adım ağırlık değerlendirme oran analizi, **TOPSIS:** İdeal çözüme benzerliğe göre tercih sıralama, **WASPAS:** Ağırlıklandırılmış bütünlük toplam çarpım değerlendirmesi.

### 1.1. Amaç ve Katkı

Zemin kaplama ürünleri, inşaat sektöründe ve mekân tasarımı-nda sıkça kullanılmakta olup, karar vericilerin beklentilerinin karşılanması açısından üstün kalitede olmaları önemlidir. Ancak, zemin kaplama ürünlerinin kalite boyutlarının değerlendirilmesi hususunda literatürde bir boşluk bulunmaktadır. Kalite boyutlarının analizi ürün geliştirme, tasarım ve satın alma süreçleri açısından önemlidir. Öte yandan, farklı ürün grupları ile ilgili kalite boyutu değerlendirme süreçlerinde belirsizliklerin ele alınması açısından geçmiş çalışmalar eksiklikler içermektedir. Bu çalışmanın amacı, zemin kaplama ürünleri için kalite boyutlarını Garvin modeli temelinde incelemek, zemin kaplama ürünü kalite değerlendirme problemini uzmanların bakış açısından ele almak için aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi ile bir karar çerçevesi oluşturmak ve zemin kaplama endüstrisine faydalı bir kılavuz sunmaktır. Mevcut çalışma, Garvin modelini çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik boyutları ile genişleterek daha kapsamlı bir çok kriterli analiz gerçekleştirmektedir. Önerilen on bir kalite boyutunun değerlendirilmesi bulanık ÇKKV problemi olarak ele alınmakta ve problemin uzman perspektifinden çözümü için aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemin bu alana ilk kez uygulanması çalışmanın bir diğer yeniliğini sunmaktadır. Sonuç olarak, mevcut çalışma zemin kaplama endüstrisine kalite değerlendirmesi için yeni bir bakış açısı sunmakta ve kalite karar süreçlerine rehberlik edebilecek değerli bilgiler sağlamaktadır.

## 2. Gereç ve Yöntem

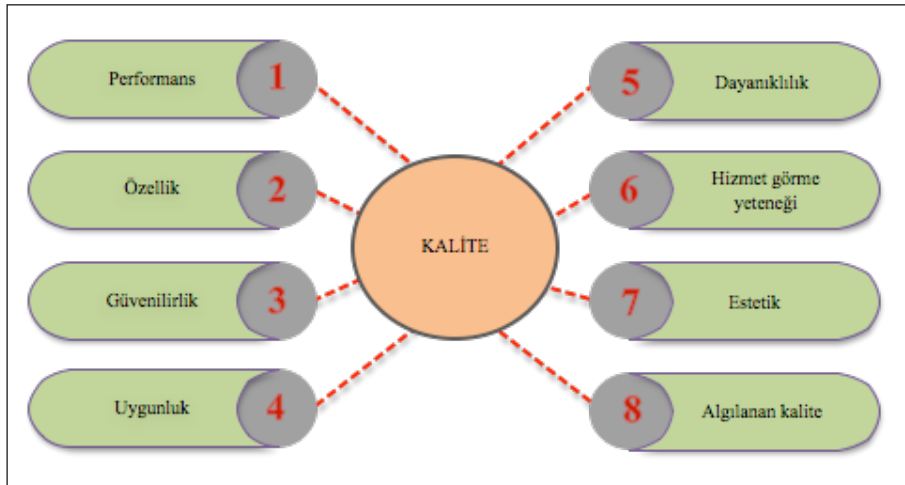
### 2.1. Genişletilmiş Garvin Modeli

Kalite, tüketicilerin çok sayıda benzer ürün arasından han-

gisini satın alacaklarına karar verirken etkili bir faktördür. Tüketicilerin ürün kalitesini önemseydiği gerçeği, işletmelerin gelecekte varlıklarını sürdürebilmeleri için ürünlerinin kaliteli olmasına özen göstermesine bir neden sağlar. Bir ürünün kalitesinin kontrol edilebilmesi ve iyileştirilebilmesi için kalitenin tanımlanması ve ölçülmesi gerekir. Ürün kalitesinin nicelleştirilmesi için uygun değerlendirme kriterleri belirlenmelidir. Garvin (1984) ürün kalitesinin tanımlanmasına, ölçülmesine ve geliştirilmesine yardımcı olmak için sekiz boyuttan oluşan bir çerçeve sunmuştur. Performans, özellik, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık, hizmet görme yeteneği, estetik ve algılanan kalite Garvin modelini oluşturan kalite boyutlarıdır (Şekil 1) (Ghylin vd. 2008). Bu kalite boyutları arasından performans, özellik ve dayanıklılık ürün açısından ele alınırken, güvenilirlik ve uygunluk temel üretim bakış açısıyla ilgilidir. Estetik, algılanan kalite ve hizmet görme yeteneği ise sıklıkla kullanıcının tanımlanmasıyla ilgilidir (Chen vd. 2009). Garvin'in sekiz kalite boyutu, geniş bir ürün yelpazesini kapsayan sağlam bir karar çerçevesidir ve ürünlerin değerlendirilmesine yönelik doğru nitelikleri seçmek için iyi bir başlangıç noktasıdır. Garvin modeli, bir üründe kaliteyi açıklayan önemli yönleri göz önünde bulundurarak kaliteye genel bir bakış sunar (Sousa ve Voss 2002).

Kalitenin sekiz kritik boyutu aşağıdaki gibi kısaca açıklanabilir (Garvin 1984, Wudhikarn vd. 2015b).

- Performans: Bir ürünün temel işlevsel özelliklerini temsil eder. Ürünün performans özelliklerinin ölçülmesi genellikle kolaydır. Bu nedenle, performans boyutundan yararlanılarak benzer ürünler arasında önceliklendirme veya sınıflandırma yapılabilir.
- Özellik: Ürüne çekicilik katan ve temel fonksiyonu tamamlayan karakteristiklerdir.



Şekil 1: Ürün kalitesinin boyutları.



- **Güvenilirlik:** Ürünün belirli bir süre içerisinde bozulma ve arızalanma potansiyelini belirtilir. Birim zamandaki arıza oranı ve arızalar arası ortalama süre güvenilirlik ile ilgili göstergelerden bazılarıdır.
- **Uygunluk:** Ürünün tasarımının ve işleyiş özelliklerinin standartlara uyma derecesidir.
- **Dayanıklılık:** Bir ürünün ne kadar süre kullanılacağını ölçer. Teknik olarak, ürünün onarımın imkânsız olduğu bir noktaya kadar bozulmadan önce kullanıma dayanma yeteneği olarak tanımlanır.
- **Hizmet görme yeteneği:** Onarım kolaylığı, hız, yeterlilik ve nezaket ile ilgilidir. Şikâyetleri ele alma ve vaka çözme mekanizmaları başarısız olursa, müşteriler servis hizmetinden memnun olmayabilir.
- **Estetik:** Bireyin yargısını ve kişisel tercihini içerdiği için öznelidir. Ürünün nasıl görüldüğü, sesi, tadı veya kokusu hakkında basit sorular estetik çekiciliği ölçmek için kullanılır.
- **Algılanan kalite:** Kalitenin ürün özelliklerinden ziyade itibar, marka adı, imaj veya reklam ile temsil edilmesidir (Garvin 1984, Wudhikarn vd. 2015b).

İşletmeler seçilen birkaç boyutta rekabet etmek zorunda kalabilir. Bir ürün için kalite boyutlarından birine yüksek öncelik ayrılabilirken, diğerlerine daha az öncelik verilebilir. Rekabet avantajı elde etmek için stratejik olarak önemli kalite niteliklerini tanımlamak ve bunlardan yararlanmak esastır. Garvin modeli, kalitenin değerini en üst düzeye çıkarmaya yardımcı bir çerçeve sağlar. Ancak, geleneksel Garvin modeli bazı eksikliklere sahiptir. Ürünün kalitesine ve müşterinin memnuniyetine etki eden günümüzün güncel boyutları ile Garvin modelinin genişletilmesi gerekir. Ayrıca, mevcut literatür zemin kaplama endüstrisi için kalite boyutlarının karar destek araçlarıyla analizini ihmal etmektedir. Bu çalışmada, üç farklı boyutun ilave edilmesiyle zemin kaplama ürünlerinin değerlendirilmesini amaçlanmaktadır. Mevcut Garvin modeline çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik boyutları eklenerek on bir boyuttan oluşan zemin kaplama ürünü kalite değerlendirme modeli önerilmiş ve aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi ile boyutlar arasındaki öncelikler ortaya çıkarılmıştır. Önerilen boyutlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- **Çevrecilik:** Ürünün çevreye yönelik olumlu/olumsuz etkilerinin durumuna dair ölçüttür.
- **Ekonomiklik:** Ürünün değerini ve yol açtığı kalite maliyetlerinin toplamını belirtir.

- **Güvenlik:** Ürünün kullanımı ile herhangi bir zararın veya yaralanmanın meydana gelip gelmeyeceğinin ölçütüdür. Tasarım ve sağlık açısından ele alınır. Hem ürün hem de kullanıcı bakış açısı ile ilgilidir.

## 2.2. Aralık Değerli Fermatean Bulanık Küme

Bulanık küme teorisi, keskin sınırların ve kesin sayıların olmadığı karar problemlerinin ele alınmasında ve çoklu ve çelişen kriterler altında kararların modellenmesinde etkilidir (Díaz vd. 2022). Bu çalışmada, aralık değerli Fermatean bulanık küme belirsizliği iyi bir şekilde ele alması, popülerliği, kullanılabilirliği ve güncelliği gibi yönleri göz önünde bulundurularak tercih edilmiştir (Rani vd. 2022). Bu bulanık küme üç boyutludur ve üye olma, üye olmama ve tereddüt dereceleri  $[0,1]$  aralığındaki sayılarla temsil edilir. Bu bulanık kümedeki kısıtlama, üye olma ve üye olmama parametrelerinin ilgili üst sınırlarının küp toplamının 1'den küçük veya eşit olmasıdır (Ilieva ve Yankova 2022). Aralık değerli Fermatean bulanık küme ile ilgili bazı tanımlar aşağıda verilmiştir.

**Tanım 1:** Bir aralık değerli Fermatean bulanık küme ( $F$ ) Denklem (1) ile temsil edilir (Rani ve Mishra 2022).

$$F = \{ \langle x, [\mu_{F_L}(x), \mu_{F_U}(x)], [v_{F_L}(x), v_{F_U}(x)] \rangle; x \in X \} \quad (1)$$

Burada;  $\mu_F(x)$  ve  $v_F(x)$  sırasıyla üye olmama ve üye olma derecesini gösterir. Ayrıca,  $0 \leq \mu_{F_L}(x), \mu_{F_U}(x), v_{F_L}(x), v_{F_U}(x) \leq 1$  ve  $(\mu_{F_U}(x))^3 + (v_{F_U}(x))^3 \leq 1$  gibidir. Tereddüt derecesi Denklem (2) aracılığıyla hesaplanabilir.

$$\pi_F(x) = \left[ \frac{\sqrt[3]{1 - (\mu_{F_U}(x))^3 - (v_{F_U}(x))^3}}{\sqrt[3]{1 - (\mu_{F_L}(x))^3 - (v_{F_L}(x))^3}} \right] \quad (2)$$

**Tanım 2:**  $F = ([\mu_F^L, \mu_F^U], [v_F^L, v_F^U])$ ,  $F_1 = ([\mu_{F_1}^L, \mu_{F_1}^U], [v_{F_1}^L, v_{F_1}^U])$  ve  $F_2 = ([\mu_{F_2}^L, \mu_{F_2}^U], [v_{F_2}^L, v_{F_2}^U])$  üç aralık değerli Fermatean bulanık sayı ve  $\lambda > 0$  olması durumunda ana aritmetik işlemler şunlardır (Sergi vd. 2022):

$$F_1 \oplus F_2 = \left( \left[ \frac{\sqrt[3]{(\mu_{F_1}^L)^3 + (\mu_{F_2}^L)^3 - (\mu_{F_1}^U)^3 (\mu_{F_2}^U)^3}}{\sqrt[3]{(\mu_{F_1}^U)^3 + (\mu_{F_2}^U)^3 - (\mu_{F_1}^L)^3 (\mu_{F_2}^L)^3}} \right], [v_{F_1}^L v_{F_2}^L, v_{F_1}^U v_{F_2}^U] \right) \quad (3)$$

$$F_1 \otimes F_2 = \left( [\mu_{F_1}^L \mu_{F_2}^L, \mu_{F_1}^U \mu_{F_2}^U], \left[ \frac{\sqrt[3]{(v_{F_1}^L)^3 + (v_{F_2}^L)^3 - (v_{F_1}^U)^3 (v_{F_2}^U)^3}}{\sqrt[3]{(v_{F_1}^U)^3 + (v_{F_2}^U)^3 - (v_{F_1}^L)^3 (v_{F_2}^L)^3}} \right] \right) \quad (4)$$

$$\lambda F = \left( \left[ \sqrt[3]{1 - (1 - (\mu_F^L)^3)^\lambda}, \sqrt[3]{1 - (1 - (\mu_F^U)^3)^\lambda} \right], [(v_F^L)^\lambda, (v_F^U)^\lambda] \right) \quad (5)$$

$$F^\lambda = \left( \left[ (\mu_F^L)^\lambda, (\mu_F^U)^\lambda \right], \left[ \sqrt[3]{1 - (1 - (v_F^L)^3)^\lambda}, \sqrt[3]{1 - (1 - (v_F^U)^3)^\lambda} \right] \right) \quad (6)$$

### 2.3. Aralık Değerli Fermatean Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP yöntemi, karmaşık karar problemlerini basitleştirmek ve çözmek için sıklıkla kullanılır. AHP süreci, dört ana adımdan oluşur: hiyerarşi oluşturma, ikili karşılaştırmalar yapma, tutarlılık kontrolü ve önceliklerin sentezi (Singer ve Özşahin 2018). Karar problemi ayrıştırılarak hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Bu yapı genellikle amaç, kriterler ve alternatifler listesini içerir. Aynı seviyedeki elemanlar bir değerlendirme ölçeği kullanılarak üst seviyedeki elemana göre ikili karşılaştırılır. Karar verici görüşlerine göre her seviye için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Tripathi vd. 2022). Ancak, kesin sayılarla karar elemanlarının karşılaştırılması karar vericinin sınırlı bilgi ve becerisi nedeniyle her zaman mümkün olmayabilir. Çok sayıda karar elemanının olduğu bir süreçte belirsizlik kaçınılmaz olmaktadır. Dilsel etiketlerin kullanımı ile karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliği artmaktadır. Bu nedenle, klasik AHP yöntemi bulanık kümeler ailesi ile bütünleştirilerek modifiye edilmiştir (Efe ve Kurt 2018, Verma ve Chandra 2021). Bulanık AHP yaklaşımı, Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık küme teorisinden ortaya atılmıştır. Bu yaklaşım, olağan matematiksel terimlerin açıklayamadığı belirsizliği dilsel etiketler aracılığıyla ele alır. Alkan ve Kahraman (2023), klasik AHP yöntemini aralık değerli Fermatean bulanık küme ile birleştiren bir çalışma sunmuştur. Bu çalışma doğrultusunda, ele alınan

karar problemini çözmek için uygulanan aralık değerli Fermatean bulanık AHP prosedürü şu şekildedir:

**Adım 1:** Karar elemanları Çizelge 2'deki aralık değerli Fermatean bulanık AHP ölçeğine göre ikili karşılaştırılarak karar matrisi oluşturulur.

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Denklem (7)'de F, bulanık ikili karşılaştırma matrisini;  $f_{ij}$ ,  $i$ . karar elemanının  $j$ . karar elemanına göre derece tercihini;  $n$  ise incelenen karar elemanlarının sayısını belirtir.

**Adım 2:** İkili karşılaştırmaların tutarlılığı Denklem (8) ile kontrol edilir.  $0.10$ 'un altındaki tutarlılık oranları karşılaştırma sonuçlarının kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

$$\text{tutarlılık oranı} = \frac{\left( \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right)}{\text{rastgele tutarlılık indeksi}} \quad (8)$$

Burada;  $\lambda_{\max}$ , matrisin maksimum özdeğerini gösterir. Saaty (1977) tarafından  $n$ 'nin farklı değerleri için önerilen rastgele tutarlılık değerleri Çizelge 3'te görülebilir.

**Adım 3:** Farklar matrisi ( $D = (d_{ij})_{n \times n}$ ) Denklem (9) ve Denklem (10) aracılığıyla elde edilir.

**Çizelge 2.** Aralık değerli Fermatean bulanık AHP ölçeği.

Dilsel etiket	Aralık değerli Fermatean bulanık sayı			
	$\mu_L$	$\mu_U$	$\nu_L$	$\nu_U$
Kesinlikle düşük önemli - KDÖ	0	0	0.95	1
Çok düşük önemli - ÇDÖ	0.1	0.2	0.8	0.9
Düşük önemli - DÖ	0.2	0.3	0.7	0.8
Biraz düşük önemli - BDÖ	0.35	0.4	0.6	0.65
Eşit önemli - EÖ	0.5	0.5	0.5	0.5
Biraz yüksek önemli - BYÖ	0.6	0.65	0.35	0.4
Yüksek önemli - YÖ	0.7	0.8	0.2	0.3
Çok yüksek önemli - ÇYÖ	0.8	0.9	0.1	0.2
Kesinlikle yüksek önemli - KYÖ	0.95	1	0	0

**Çizelge 3.** Rastgele tutarlılık indeksi.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele tutarlılık değeri	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$d_{ijL} = \mu_{ijL}^3 - v_{ijV}^3 \quad (9)$$

$$d_{ijV} = \mu_{ijV}^3 - v_{ijL}^3 \quad (10)$$

**Adım 4:** Çarpımsal matris ( $S = (s_{ij})_{n \times n}$ ) Denklem (11) ve Denklem (12) kullanılarak oluşturulur.

$$s_{ijL} = \sqrt[3]{1000^{d_{ijL}}} \quad (11)$$

$$s_{ijV} = \sqrt[3]{1000^{d_{ijV}}} \quad (12)$$

**Adım 5:** Tereddüt dereceleri ( $T = (t_{ij})_{n \times n}$ ) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$t_{ij} = 1 - (\mu_{ijV}^3 - \mu_{ijL}^3) - (v_{ijV}^3 - v_{ijL}^3) \quad (13)$$

**Adım 6:** Normalize edilmemiş ağırlıklar ( $R = (r_{ij})_{n \times n}$ ) Denklem (14) uygulanarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \left( \frac{s_{ijL} + s_{ijV}}{2} \right) t_{ij} \quad (14)$$

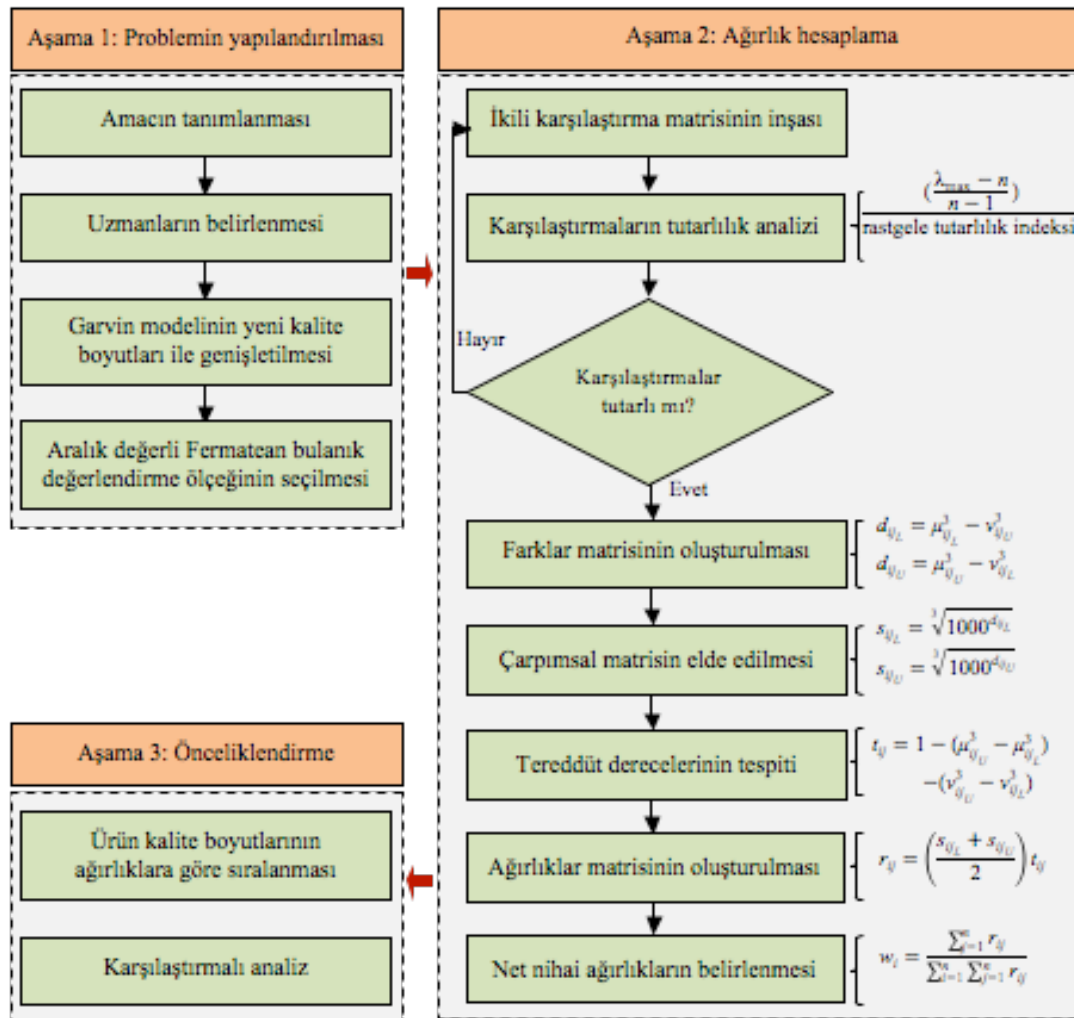
**Adım 7:** Net nihai ağırlıklar ( $w_i$ ) aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}} \quad (15)$$

### 3. Uygulama

#### 3.1. Karar Verme Çerçevesi

Bu çalışmada, zemin kaplama ürünlerinin kalite boyutları tanımlanmış ve bu boyutlar uzman bilgisine dayalı bir karar verme yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Araştırma metodolojisi, üç ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, literatür araştırması ve uzman görüşleri dikkate alınarak Garvin modeli genişletilmiştir. Ardından, ürün kalite boyutlarının ağırlık vektörünü belirlemek için aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Son aşamada, nihai bir sıralama sonucu elde etmek için önceliklendirme prosedürü başlatılmıştır. Çalışmanın işleyişi Şekil 2'de gösterilmiştir.

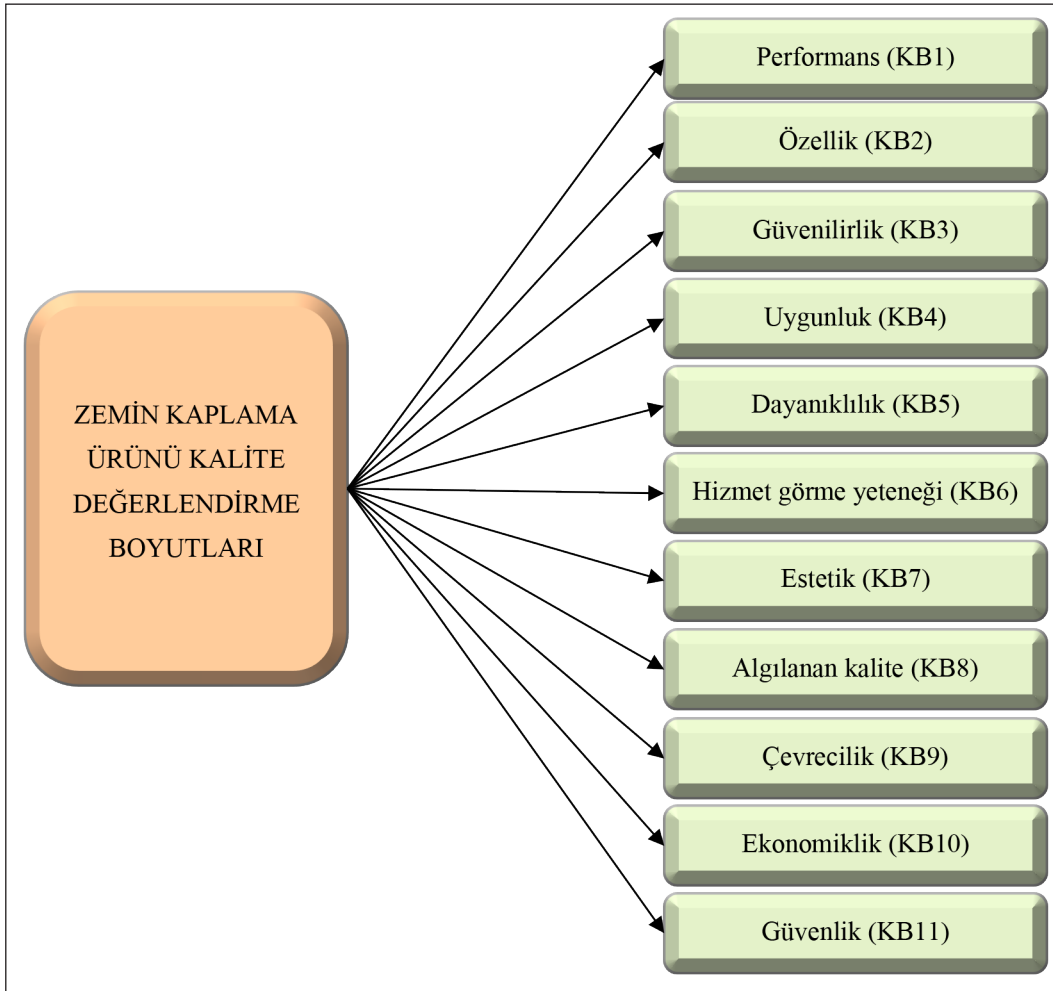


Şekil 2. Çalışmanın işleyişi.

Klasik Garvin modeli sekiz kalite boyutundan oluşmaktadır. Bu model ürün kalitesini değerlendirmek için oldukça değerli bir araç olsa da, günümüzün değişen iş ve tüketici dinamikleri nedeniyle bazı eksikliklere sahiptir. Örneğin, günümüzde ürün ve hizmet kalitesini değerlendirirken çevresel etki ve sürdürülebilirlik önemli bir faktör haline gelmiştir. Dolayısıyla, klasik Garvin modelinin hem günümüz şartlarına hem de incelenen ürün grubuna yönelik güncellenmesi önemlidir. Bu çalışmada, uzman görüşlerine ve çalışmanın kaynak araştırması sonuçlarına dayanarak modele üç farklı boyut eklenmiştir. Zemin kaplama ürünleri için tanımlanan kalite değerlendirme boyutları şunlardır: performans, özellik, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık, hizmet görme yeteneği, estetik, algılanan kalite, çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik (Şekil 3). Çalışmada dikkate alınan kalite boyutları, Türkiye’de mühendislik fakültesi ile endüstride çalışan, zemin kaplama ürünleri üzerine uluslararası çalışmaları olan, daha önce ÇKKV çalışmalarında yer alan ve alanında en az beş yıllık deneyime ve en az yüksek lisans derecesine sahip

on uzman tarafından değerlendirilmiştir. Uzmanlar, araştırma konusuyla ilgili deneyimleri, eğitimleri, bilgileri ve yayınları dikkate alınarak seçilmiştir.

Ürün kalite boyutlarının ikili mukayeseleri uzman ekip tarafından yapılmıştır. Bulanık AHP soru formları Çizelge 2’de verilen sözel ifadelerle hazırlanmıştır. Uzmanlardan her bir boyut çifti arasındaki tercihlerini sözel olarak belirtmeleri istenmiştir. Yanıtlayıcılar, kişisel bilgi ve uzmanlık temelinde yargılarda bulunmuştur. Uzman görüşleri ile analiz verilerini elde etmek için yüz yüze görüşme yöntemi seçilmiş ve fikir birliğine varma süreci uygulanmıştır. İki kalite boyutu arasındaki karşılaştırma tercihleri Çizelge 2’de verilen dilsel etiketler ile ifade edilmiştir. Uzmanların yanıtları ilk aşamada derlenmiş ve ardından ikinci değerlendirme turuna geçilmiştir. Üç turluk görüş birleştirme sürecinden sonra nihai fikir birliğine varılmıştır. Ardından, dilsel ifadeler karşılık gelen aralık değerli Fermatean bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4’te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan ürün kalitesi değerlendirme boyutları.



Ürün kalite boyutlarının öncelik değerlerini belirlemek için aralık değerli Fermatean bulanık AHP yönteminin hesaplama prosedürü uygulanmıştır. Öncelikle, farklar matrisi Denklem (9) ve Denklem (10)'un yardımıyla Çizelge 5'teki gibi oluşturulmuştur.

Bir sonraki adımda, çarpımsal matris Denklem (11) ve Denklem (12) aracılığıyla Çizelge 6'daki gibi elde edilmiştir.

Tereddüt dereceleri Denklem (13) kullanılarak hesaplanmış ve normalizasyon işleminden önceki ağırlıklar Denklem (14) uygulanarak Çizelge 7'deki gibi elde edilmiştir.

**Çizelge 4.** İkili karşılaştırma matrisi.

	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10	KB11
KB1	EÖ	KYÖ	BYÖ	BDÖ	BYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KYÖ	YÖ	YÖ	BYÖ
KB2		EÖ	ÇDÖ	KDÖ	ÇDÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	DÖ	DÖ	ÇDÖ
KB3			EÖ	BDÖ	BDÖ	YÖ	YÖ	ÇYÖ	BYÖ	BYÖ	BDÖ
KB4				EÖ	BYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	KYÖ	YÖ	YÖ	BYÖ
KB5					EÖ	YÖ	YÖ	ÇYÖ	BYÖ	BYÖ	BYÖ
KB6						EÖ	BDÖ	BYÖ	BDÖ	BDÖ	DÖ
KB7							EÖ	BYÖ	BDÖ	BDÖ	DÖ
KB8								EÖ	DÖ	DÖ	ÇDÖ
KB9									EÖ	BYÖ	BDÖ
KB10										EÖ	BDÖ
KB11											EÖ

**Çizelge 5.** Farklar matrisi.

	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10	KB11
KB1	[0.00, 0.00]	[0.86, 1.00]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]	[0.15, 0.23]	[0.50, 0.73]	[0.50, 0.73]	[0.86, 1.00]	[0.32, 0.50]	[0.32, 0.50]	[0.15, 0.23]
KB2	[-1.00, -0.86]	[0.00, 0.00]	[-0.73, -0.50]	[-1.00, -0.86]	[-0.73, -0.50]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[-0.50, -0.32]	[-0.50, -0.32]	[-0.73, -0.50]
KB3	[-0.23, -0.15]	[0.50, 0.73]	[0.00, 0.00]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[0.32, 0.50]	[0.32, 0.50]	[0.50, 0.73]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]
KB4	[0.15, 0.23]	[0.86, 1.00]	[0.15, 0.23]	[0.00, 0.00]	[0.15, 0.23]	[0.50, 0.73]	[0.50, 0.73]	[0.86, 1.00]	[0.32, 0.50]	[0.32, 0.50]	[0.15, 0.23]
KB5	[-0.23, -0.15]	[0.50, 0.73]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]	[0.00, 0.00]	[0.32, 0.50]	[0.32, 0.50]	[0.50, 0.73]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]
KB6	[-0.73, -0.50]	[0.15, 0.23]	[-0.50, -0.32]	[-0.73, -0.50]	[-0.50, -0.32]	[0.00, 0.00]	[-0.23, -0.15]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[-0.50, -0.32]
KB7	[-0.73, -0.50]	[0.15, 0.23]	[-0.50, -0.32]	[-0.73, -0.50]	[-0.50, -0.32]	[0.15, 0.23]	[0.00, 0.00]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[-0.50, -0.32]
KB8	[-1.00, -0.86]	[0.15, 0.23]	[-0.73, -0.50]	[-1.00, -0.86]	[-0.73, -0.50]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[0.00, 0.00]	[-0.50, -0.32]	[-0.50, -0.32]	[-0.73, -0.50]
KB9	[-0.50, -0.32]	[0.32, 0.50]	[-0.23, -0.15]	[-0.50, -0.32]	[-0.23, -0.15]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]	[0.32, 0.50]	[0.00, 0.00]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]
KB10	[-0.50, -0.32]	[0.32, 0.50]	[-0.23, -0.15]	[-0.50, -0.32]	[-0.23, -0.15]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]	[0.32, 0.50]	[-0.23, -0.15]	[0.00, 0.00]	[-0.23, -0.15]
KB11	[-0.23, -0.15]	[0.50, 0.73]	[0.15, 0.23]	[-0.23, -0.15]	[-0.23, -0.15]	[0.32, 0.50]	[0.32, 0.50]	[0.50, 0.73]	[0.15, 0.23]	[0.15, 0.23]	[0.00, 0.00]

**Çizelge 6.** Çarpımsal matris.

	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10	KB11
KB1	[1.00, 1.00]	[7.20, 10.00]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]	[1.42, 1.71]	[3.19, 5.35]	[3.19, 5.35]	[7.20, 10.00]	[2.07, 3.19]	[2.07, 3.19]	[1.42, 1.71]
KB2	[0.10, 0.14]	[1.00, 1.00]	[0.19, 0.31]	[0.10, 0.14]	[0.19, 0.31]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[0.31, 0.48]	[0.31, 0.48]	[0.19, 0.31]
KB3	[0.59, 0.70]	[3.19, 5.35]	[1.00, 1.00]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[2.07, 3.19]	[2.07, 3.19]	[3.19, 5.35]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]
KB4	[1.42, 1.71]	[7.20, 10.00]	[1.42, 1.71]	[1.00, 1.00]	[1.42, 1.71]	[3.19, 5.35]	[3.19, 5.35]	[7.20, 10.00]	[2.07, 3.19]	[2.07, 3.19]	[1.42, 1.71]
KB5	[0.59, 0.70]	[3.19, 5.35]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]	[1.00, 1.00]	[2.07, 3.19]	[2.07, 3.19]	[3.19, 5.35]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]
KB6	[0.19, 0.31]	[1.42, 1.71]	[0.31, 0.48]	[0.19, 0.31]	[0.31, 0.48]	[1.00, 1.00]	[0.59, 0.70]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[0.31, 0.48]
KB7	[0.19, 0.31]	[1.42, 1.71]	[0.31, 0.48]	[0.19, 0.31]	[0.31, 0.48]	[1.42, 1.71]	[1.00, 1.00]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[0.31, 0.48]
KB8	[0.10, 0.14]	[1.42, 1.71]	[0.19, 0.31]	[0.10, 0.14]	[0.19, 0.31]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[1.00, 1.00]	[0.31, 0.48]	[0.31, 0.48]	[0.19, 0.31]
KB9	[0.31, 0.48]	[2.07, 3.19]	[0.59, 0.70]	[0.31, 0.48]	[0.59, 0.70]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]	[2.07, 3.19]	[1.00, 1.00]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]
KB10	[0.31, 0.48]	[2.07, 3.19]	[0.59, 0.70]	[0.31, 0.48]	[0.59, 0.70]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]	[2.07, 3.19]	[0.59, 0.70]	[1.00, 1.00]	[0.59, 0.70]
KB11	[0.59, 0.70]	[3.19, 5.35]	[1.42, 1.71]	[0.59, 0.70]	[0.59, 0.70]	[2.07, 3.19]	[2.07, 3.19]	[3.19, 5.35]	[1.42, 1.71]	[1.42, 1.71]	[1.00, 1.00]

**Çizelge 7.** Ağırlıklar matrisi.

	KB1	KB2	KB3	KB4	KB5	KB6	KB7	KB8	KB9	KB10	KB11
KB1	1.00	7.37	1.44	0.59	1.44	3.31	3.31	7.37	2.14	2.14	1.44
KB2	0.10	1.00	0.19	0.10	0.19	0.59	0.59	0.59	0.32	0.32	0.19
KB3	0.59	3.31	1.00	0.59	0.59	2.14	2.14	3.31	1.44	1.44	0.59
KB4	1.44	7.37	1.44	1.00	1.44	3.31	3.31	7.37	2.14	2.14	1.44
KB5	0.59	3.31	1.44	0.59	1.00	2.14	2.14	3.31	1.44	1.44	1.44
KB6	0.19	1.44	0.32	0.19	0.32	1.00	0.59	1.44	0.59	0.59	0.32
KB7	0.19	1.44	0.32	0.19	0.32	1.44	1.00	1.44	0.59	0.59	0.32
KB8	0.10	1.44	0.19	0.10	0.19	0.59	0.59	1.00	0.32	0.32	0.19
KB9	0.32	2.14	0.59	0.32	0.59	1.44	1.44	2.14	1.00	1.44	0.59
KB10	0.32	2.14	0.59	0.32	0.59	1.44	1.44	2.14	0.59	1.00	0.59
KB11	0.59	3.31	1.44	0.59	0.59	2.14	2.14	3.31	1.44	1.44	1.00

Son adımda, Denklem (15) kullanılarak nihai ağırlıklar belirlenmiştir.

### 3.2. Bulgular ve Tartışma

Şekil 4, ürün kalite boyutları için elde edilen ağırlıkları grafiksel olarak sunmaktadır. Ürün kalite boyutlarının sıralama düzeni şu şekildedir: uygunluk ( $w = 0.196$ ), performans ( $w = 0.191$ ), dayanıklılık ( $w = 0.114$ ), güvenlik ( $w = 0.109$ ), güvenilirlik ( $w = 0.104$ ), çevrecilik ( $w = 0.073$ ), ekonomiklik ( $w = 0.068$ ), estetik ( $w = 0.048$ ), hizmet görme yeteneği ( $w = 0.042$ ), algılanan kalite ( $w = 0.031$ ), özellik ( $w = 0.026$ ). Bu sıralama sonucu, ürün kalitesini değerlendirirken her bir boyutun ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Çalışmanın bulgularına dayanarak, uygunluk, performans ve dayanıklılık boyutlarının rekabetçi kalite açısından oldukça önemli olduğu sonucuna varılabilir.

Uygunluk, zemin kaplama ürünlerinin belirli standartlara ne kadar uygun olduğunu ölçen kritik bir boyuttur. Bu, ürünlerin kullanılabilirliğini de belirler. Bir ürünün uygunluk açısından yüksek bir değere sahip olması, endüstrinin düzenlemelere uygun ürünler ürettiğini gösterir. Uygunluk eksikliği, ürünlerin pazarlama veya kullanım sırasında sorunlar yaşayabileceği anlamına gelmektedir. Bir ürünün standartlara uygun olması, işletmenin tüketicilerin güvenini kazanmasına ve sektördeki rekabette avantaj sağlamasına yardımcı olur.

Performans, zemin kaplama ürünlerinin belirli koşullarda nasıl çalıştığını değerlendirmede önemlidir. Performans özellikleri, bir ürünün değerini ve işlevselliğini belirler. Ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak, performans beklentilerine uygunluğunun sürekli olarak takip edilmesi ve iyileştirilmesi gerekir. Tüketiciler, zemin kaplama ürünlerinin beklentilerini karşılayıp karşılamadığını değerlendirmek için performansını göz önünde bulundururlar. Bu nedenle, ürünlerin performansının değerlendirilmesi tüketici memnuniyetini artırmanın ve sektör içinde itibarı yükseltmenin kilit bir unsuru olarak öne çıkar.

Dayanıklılık, bir zemin kaplama ürününün ne kadar süre boyunca dayanabileceğini ve ne kadar dirençli olduğunu belirtir. Tüketiciler, zemin kaplamalarının uzun süre dayanmasını bekler ve sık sık bakım gerektirmemesini ister. Bu nedenle, dayanıklılık boyutuna odaklanmak tüketici sadakatini korumak için kritik bir faktördür. Dayanıklı ürünler, tüketicilere uzun vadeli bir yatırımın güvencesini sunar, yeniden değiştirme veya onarım maliyetlerini azaltabilir ve marka sadakatini oluşturur.

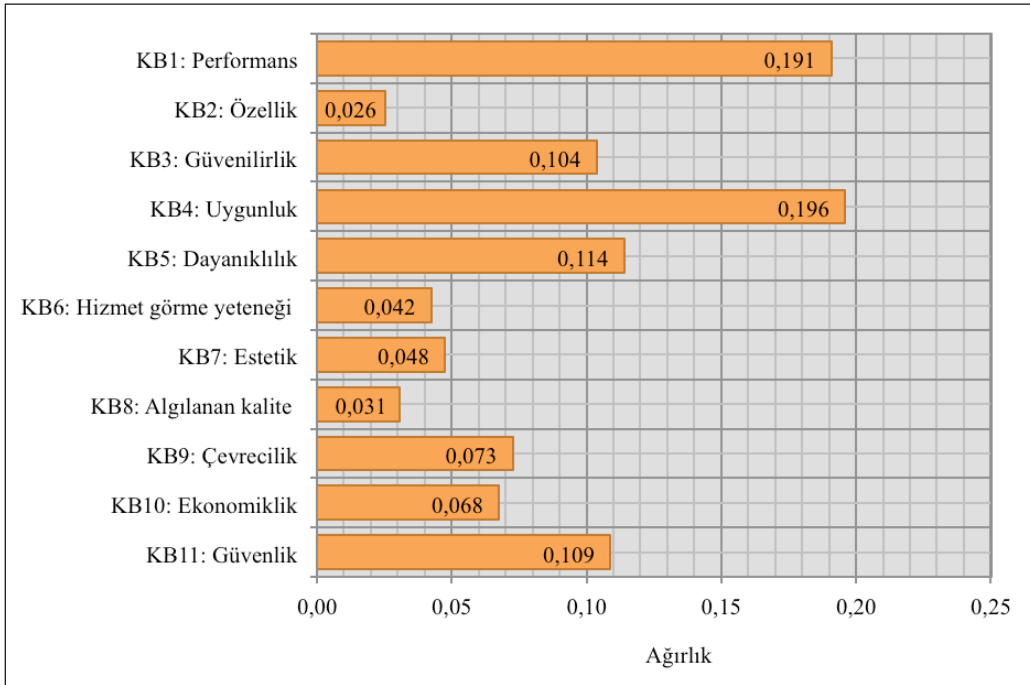
Zemin kaplama endüstrisinin ürün kalitesi ile ilgili atılacak adımlarda öncelikle uygunluk, performans ve dayanıklılık boyutlarına odaklanması ve her boyuta yönelik beklentilerin karşılanması gerekir. Ürünlerin uygunluk, performans ve dayanıklılık açısından gereksinimleri karşılaması, tüketicilerin güvenini kazanmak ve pazarda liderlik konumunu sağlamak için kritik bir adımdır. Bu boyutlara yönelik yatırım yapmak, endüstrinin genel kalite seviyesini artırabilir ve uzun vadede başarı için temel bir faktör olabilir. Öte yandan, hizmet görme yeteneği, algılanan kalite ve özellik daha az önemli boyutlardır.

Artan ulusal ve uluslararası rekabet ile çeşitli ve değişen tüketici zevkleri nedeniyle, zemin kaplama endüstrisinin ürün kalitesini geliştirmeye ihtiyacı vardır. Bir kalite planı oluşturulduktan sonra, etkili metodolojiler veya bu metodolojilerle birlikte gelişmiş teknolojiler önceliklendirilen kalite boyutları altında üretim süreçlerini yönetmek için uygulanabilir. Etkili bir kalite kontrol sistemi de ürün kalitesinin artırılması açısından önem teşkil etmektedir. Kalite yönetimi bir süreçtir ve sürekli iyileştirmeyi içerir. Ürün kalitesini artırmak için sürekli olarak veriler analiz edilmeli, hatalar tanımlanmalı ve düzeltici önlemler alınmalıdır.

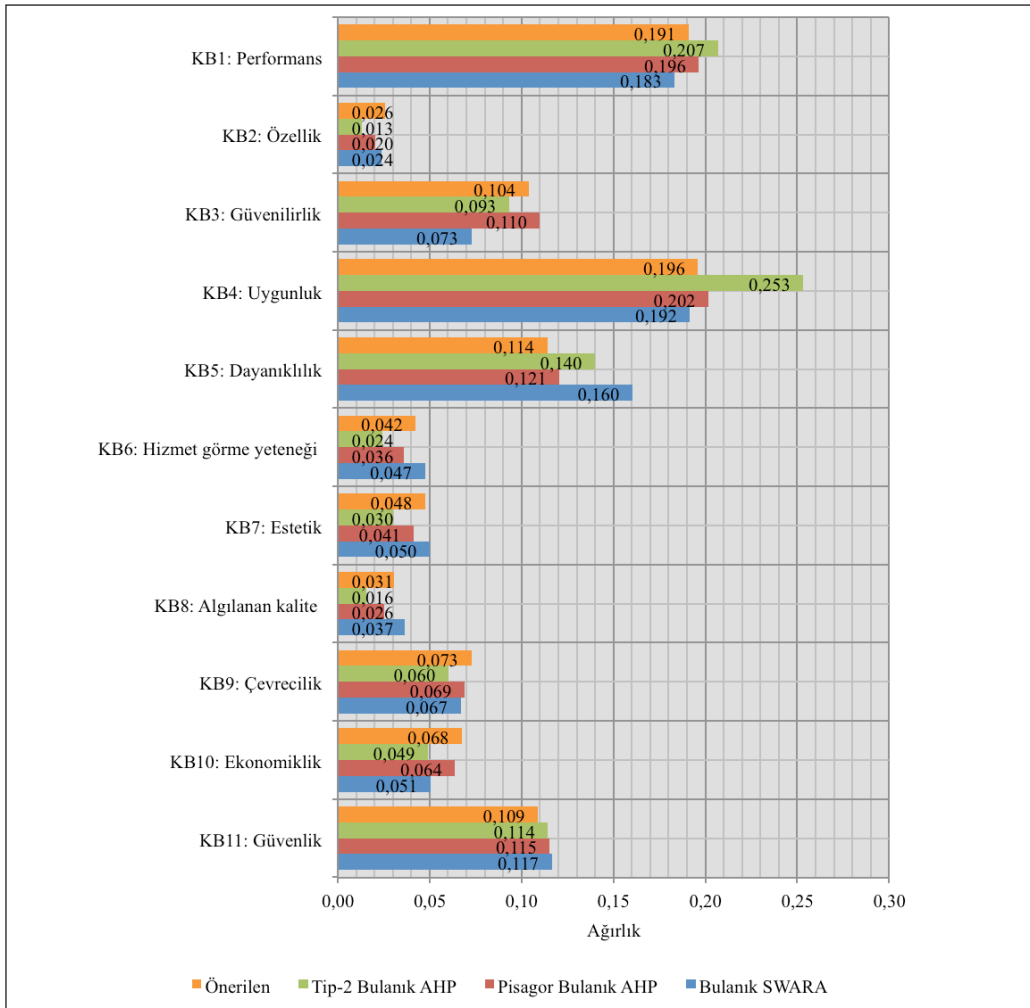
Karar verme uygulamalarında elde edilen sonuçların güçlendirilmesi için genellikle ilave işlemler gerçekleştirilir. Bu kapsamda, çalışmada karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Uygulanan yöntemin çıktıları, bulanık SWARA, aralık değerli Pisagor bulanık AHP ve aralıklı tip-2 bulanık AHP yöntemleri (ayrıntılar için bkz. Şengül ve Çağıl 2020, Seker ve Kahraman 2021, Celik ve Akyuz 2018) uygulanarak incelenmiştir. Karşılaştırmalı analiz sonuçları Şekil 5'te grafiksel olarak sunulmuştur. Şekilde görülebileceği üzere, uygunluk, performans ve dayanıklılık ilk üç sırada yer almaktadır. Diğer ürün kalite boyutları da sıralamadaki konumlarını korumuştur. Sonuç olarak, grafiksel karşılaştırma mevcut sonuçların güvenilir ve kabul edilebilir olduğuna işaret etmiştir.

### 4. Sonuç

Bu çalışma, zemin kaplama ürünlerinin kalitelerinin değerlendirilmesine odaklanarak karar verme sürecinde hangi kalite boyutlarının dikkate alınması gerektiğini araştırmaktadır. Öncelikle, literatür araştırması ve uzman görüşleri doğrultusunda ürün kalite boyutları tanımlanmaya çalışılmıştır. Zemin kaplama ürünü kalitesinin değerlendirilmesine yönelik bir çerçeve sağlama maksadıyla literatürde sıkça kullanılan Garvin modeli çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik boyutları eklenerek sekiz boyuttan on bir boyuta genişletilmiştir. Önerilen on bir kalite boyutunun değeren-



Şekil 4. Ürün kalite boyutlarının önem ağırlıkları.



Şekil 5. Karşılaştırmalı analiz sonuçları.



dirilmesi bulanık ÇKKV problemi olarak kabul edilmiştir. Aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi ile ürün kalite boyutları analiz edilmiştir. Son aşamada, uygulanan yöntemin çıktılarını güçlendirmek için karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırma boyunca uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Ürün kalite boyutlarının azalan düzende sıralaması uygunluk, performans, dayanıklılık, güvenlik, güvenilirlik, çevrecilik, ekonomiklik, estetik, hizmet görme yeteneği, algılanan kalite, özellik olarak elde edilmiştir.
- Sonuçlar, zemin kaplama endüstrisinin ürün elde etme sürecinde yüksek kalite için öncelikle uygunluk, performans ve dayanıklılık boyutlarına odaklanması gerektiğini göstermiştir. Bu boyutlara öncelik vermek, tüketici memnuniyetini artırmanın yanı sıra işletmeye sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlayabilir. Tüketiciler, ihtiyaçlarına uygun yüksek kaliteli zemin kaplamalarını tercih edeceklerdir. Ayrıca, rekabetçi bir avantaj elde etmek, sektördeki diğer oyuncuların önünde olmayı ve yeni tüketiciler kazanmayı kolaylaştırabilir. Sonuç olarak, bu boyutlara odaklanmak hem tüketici memnuniyetini artırmak hem de uzun vadeli iş başarısını desteklemek için akıllıca bir strateji olabilir.
- Karşılaştırmalı analiz, çalışmanın sonuçlarını ve aralık değerli Fermatean bulanık AHP yönteminin uygulanabilirliğini desteklemiştir.
- Elde edilen sonuçlar, zemin kaplama endüstrisinde yüksek kalite elde etmenin önemini vurgulamakta ve bir yol haritası sunmaktadır.

Literatürde, bazı ürün grupları için kalite boyutları analiz edilmiştir. Yazar bilgisine göre, literatürde zemin kaplama ürünlerinin kalite boyutlarının önceliklendirilmesine ve bu amaç için bulanık ÇKKV yönteminin kullanımına ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, zemin kaplama ürün grubuna odaklanan bu çalışmada kalite boyutları için elde edilen bulgular endüstriyel açıdan oldukça önemlidir. Mevcut çalışmanın değeri şu şekilde listelenebilir:

- Zemin kaplama ürünlerini kapsayan genel kalite değerlendirme boyutları incelenmiştir.
- Garvin modeli çevrecilik, ekonomiklik ve güvenlik boyutları ile genişletilmiştir.
- Modeldeki on bir kalite boyutunun değerlendirilmesi bulanık ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır.

- Ürün kalite boyutlarının önceliklendirilmesi için ilk kez aralık değerli Fermatean bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır.
- Karar problemi uzman perspektifinden incelenmiştir.
- Tanımlanan zemin kaplama ürünü kalite değerlendirme boyutlarının önem ağırlıklarının ortaya çıkarılması sonucunda zemin kaplama endüstrisine değerli bir rehber sunulmuştur.

Mevcut çalışma, literatüre önemli katkılarda bulunsa da, bazı sınırlılıklar taşımaktadır. Zemin kaplama ürünleri için tanımlanan kalite boyutları arasındaki nedensel ilişkiler (etkileşimler) hesaba katılmamıştır. Bu etkileşimlerin sonuçlar üzerine olan etkisi bulanık bilişsel harita gibi yöntemler ile incelenebilir. Karar verme çerçevesi, zemin kaplama ürünleri için tasarlanmıştır. Bu nedenle, diğer ürün kategorileri için doğrudan uygulanamayabilir. İleriki çalışmalarda önerilen yaklaşım farklı ürün grupları için kullanılabilir. Gıda ürünleri, elektronik cihazlar, giyim veya otomobil parçaları gibi farklı ürün kategorileri için söz konusu yaklaşımın ne kadar etkili olduğu uzman veya tüketici perspektifinden araştırılabilir. Zemin kaplama ürünleri için önerilen karar verme çerçevesi tanımlanan kalite boyutları ile sınırlıdır. Lakin problemlerin doğasına göre kalite boyutları ve boyut sayısı değiştirilebilir. Ayrıca, farklı karar destek yöntemleri probleme dâhil edilebilir ve elde edilen bulgular bu çalışmanın sonuçları ile mukayese edilebilir.

## 5. Kaynaklar

- Alkan, N., Kahraman, C. 2023.** Prioritization of supply chain digital transformation strategies using multi-expert Fermatean fuzzy analytic hierarchy process. *Informatica*, 34: 1-33. Doi:10.15388/22-infor493
- Ayyıldız, E. 2022.** Fermatean fuzzy step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and its application to prioritizing indicators to achieve sustainable development goal-7. *Renew. Energy*, 193: 136-148. Doi:10.1016/j.renene.2022.05.021
- Bostancıoğlu, E. 2021.** Double skin façade assessment by fuzzy AHP and comparison with AHP. *Archit. Eng. Des. Manag.*, 17: 110-130. Doi:10.1080/17452007.2020.1735292
- Camci, A., Ertürk, ME., Gül, S. 2022.** A novel Fermatean fuzzy analytic hierarchy process proposition and its usage for supplier selection problem in industry 4.0 transition. in: H. Garg [ed.], *Q-Rung Orthopair Fuzzy Sets*. Springer, Singapore, pp. 405-437.
- Celik, E., Akyuz, E. 2018.** An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: the case of ship loader. *Ocean Eng.*, 155: 371-381. Doi:10.1016/j.oceaneng.2018.01.039

- Chen, SC., Chang, L., Huang, TH. 2009.** Applying six-sigma methodology in the Kano quality model: an example of the stationery industry. *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, 20: 153-170. Doi:10.1080/14783360802622847
- Çavdar, E., Zerdali, N. 2020.** Farklı mamul grupları için kalite boyutları önem değerlendirmesi. *İşletme Ekon. ve Yönetim Araştırmaları Derg.*, 2: 222-233.
- Deliktaş, D., Karagoz, S., Simić, V., Aydın, N. 2023.** A stochastic Fermatean fuzzy-based multi-choice conic goal programming approach for sustainable supply chain management in end-of-life buildings. *J. Clean. Prod.*, 382: 135305. Doi:10.1016/j.jclepro.2022.135305
- Deveci, M., Varouchakis, E.A., Brito-Parada, P.R., Mishra, A.R., Rani, P., Bolgkoraou, M., Galetakis, M. 2023.** Evaluation of risks impeding sustainable mining using Fermatean fuzzy score function based SWARA method. *Appl. Soft Comput.*, 139: 110220. Doi:10.1016/j.asoc.2023.110220
- Díaz, H., Teixeira, AP., Guedes Soares, C. 2022.** Application of Monte Carlo and Fuzzy Analytic Hierarchy Processes for ranking floating wind farm locations. *Ocean Eng.*, 245: 1-10. Doi:10.1016/j.oceaneng.2021.110453
- Döngel, N. 2005.** Ahşap ve ahşap esaslı döşeme kaplama malzemelerinin (parke) teknik özellikleri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Döngel, N., Küreli, İ., Söğütü, C. 2008.** Kuru sıcaklığın ahşap ve ahşap esaslı döşeme kaplama malzemelerinde parlaklık ve renk değişimine etkisi. *Politek. Derg.*, 11: 255-263.
- Efe, B., Kurt, M. 2018.** Bir liman işletmesinde personel seçimi uygulaması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Derg.*, 8: 417-427. Doi:10.7212%2Fzkufbd.v8i2.750
- Farid, HMA., Bouye, M., Riaz, M., Jamil, N. 2023.** Fermatean fuzzy CODAS approach with topology and its application to sustainable supplier selection. *Symmetry*, 15: 433. Doi:10.3390/sym15020433
- Fetanat, A., Tayebi, M., Mofid, H. 2023.** Water-energy-carbon nexus and sustainability-oriented prioritization of negative emissions technologies for the oil & gas industry: A decision support system under Fermatean fuzzy environment. *Process Saf. Environ. Prot.*, 179: 462-483. Doi:10.1016/j.psep.2023.09.037
- Garvin, DA. 1984.** What does "product quality" really mean? *MIT Sloan Manag. Rev.*, 26: 25-43.
- Ghylin, KM., Green, BD., Drury, CG., Chen, J., Schultz, JL., Uggirala, A., Abraham, JK., Lawson, TA. 2008.** Clarifying the dimensions of four concepts of quality. *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 9: 73-94. Doi:10.1080/14639220600857639
- Gouda, SK., Awasthy, P., Krishnan, TS., Sreedevi, R. 2019.** What does "green quality" really mean? *TQM J.*, 31: 52-69. Doi:10.1108/TQM-06-2018-0080
- Görçün, ÖF., Pamucar, D., Biswas, S. 2023.** The blockchain technology selection in the logistics industry using a novel MCDM framework based on Fermatean fuzzy sets and Dombi aggregation. *Inf. Sci.*, 635: 345-374. Doi:10.1016/j.ins.2023.03.113
- Gul, M., Lo, HW., Yucesan, M. 2021.** Fermatean fuzzy TOPSIS-based approach for occupational risk assessment in manufacturing. *Complex Intell. Syst.*, 7: 2635-2653. Doi:10.1007/s40747-021-00417-7
- Hazen, BT., Boone, CA., Wang, Y., Khor, KS. 2017.** Perceived quality of remanufactured products: construct and measure development. *J. Clean. Prod.*, 142: 716-726. Doi:10.1016/j.jclepro.2016.05.099
- Hoe, LC., Mansori, S. 2018.** The effects of product quality on customer satisfaction and loyalty: evidence from Malaysian engineering industry. *Int. J. Ind. Mark.*, 3: 20. Doi:10.5296/ijim.v3i1.13959
- Hooshangi, N., Mahdizadeh Gharakhanlou, N., Ghaffari Razin, SR. 2023.** Evaluation of potential sites in Iran to localize solar farms using a GIS-based Fermatean Fuzzy TOPSIS. *J. Clean. Prod.*, 384: 135481. Doi:10.1016/j.jclepro.2022.135481
- Ilieva, G., Yankova, T. 2022.** Extension of interval-valued Fermatean fuzzy TOPSIS for evaluating and benchmarking COVID-19 vaccines. *Mathematics*. 10: 1-22. Doi:10.3390/math10193514
- Jaskulska, J. 2013.** Quality of service and product as the main factors influencing customers' satisfaction in the clothing retailing industry in Ireland - case study of Zara Plc. *Dublin Business School, Dublin, İrlanda.*
- Karnes, CL., Sridharan, SV., Kanet, JJ. 1995.** Measuring quality from the consumer's perspective: a methodology and its application. *Int. J. Prod. Econ.*, 39: 215-225. Doi:10.1016/0925-5273(95)00027-L
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Hashemi-Tabatabaei, M., Zavadskas, EK., Kaklauskas, A. 2020.** A new decision-making approach based on fermatean fuzzy sets and waspas for green construction supplier evaluation. *Mathematics*, 8: 1-24. Doi:10.3390/math8122202
- Kianpour, K., Jusoh, A., Asghari, M. 2014.** Environmentally friendly as a new dimension of product quality. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, 31: 547-565. Doi:10.1108/IJQRM-06-2012-0079
- Kim, Y., Chung, ES. 2013.** Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea. *Appl. Math. Model.*, 37: 9419-9430. Doi:10.1016/j.apm.2013.04.040
- Kirişci, M., Demir, I., Şimşek, N. 2022.** Fermatean fuzzy ELECTRE multi-criteria group decision-making and most suitable biomedical material selection. *Artif. Intell. Med.*, 127: 1-23. Doi:10.1016/j.artmed.2022.102278

- Kumar, L., Ibne Hossain, NU., Fazio, SA., Awasthi, A., Jaradat, R., Babski-Reeves, K. 2021.** A data driven decision model for assessing the enablers of quality dimensions: context of industry 4.0. *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, 35: 896-910. Doi:10.1016/j.cirpj.2021.10.003
- Luczak, T., Burch, R., Smith, B., Chander, H., Carruth, D., Lamberth, J., Crane, C., Bollwinkel, D., Burgos, B. 2022.** Using human factors engineering and Garvin's product quality to develop a basketball shoe taxonomy. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part P J. Sport. Eng. Technol.*, 236: 60-69. Doi:10.1177/1754337120965421
- Mishra, AR., Liu, P., Rani, P. 2022a.** COPRAS method based on interval-valued hesitant Fermatean fuzzy sets and its application in selecting desalination technology. *Appl. Soft Comput.*, 119: 1-17. Doi:10.1016/j.asoc.2022.108570
- Mishra, AR., Rani, P., Pandey, K. 2022b.** Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS approach for the selection of sustainable third-party reverse logistics providers using improved generalized score function. *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, 13: 295-311. Doi:10.1007/s12652-021-02902-w
- Özveri, O., Kabak, M. 2018.** İşletmelerin ürün kalitesi etkinliğinin analiz edilmesi için bulanık veri zarflama analizi yönteminin kullanılması. *Anadolu Üniversitesi Sos. Bilim. Derg.*, 18: 145-158.
- Rani, P., Mishra, AR. 2022.** Interval-valued fermatean fuzzy sets with multi-criteria weighted aggregated sum product assessment-based decision analysis framework. *Neural Comput. Appl.*, 34: 8051-8067. Doi:10.1007/s00521-021-06782-1
- Rani, P., Mishra, AR., Deveci, M., Antucheviciene, J. 2022.** New complex proportional assessment approach using Einstein aggregation operators and improved score function for interval-valued Fermatean fuzzy sets. *Comput. Ind. Eng.*, 169: 1-20. Doi:10.1016/j.cie.2022.108165
- Rao, CN., Sujatha, M. 2023.** A consensus-based Fermatean fuzzy WASPAS methodology for selection of healthcare waste treatment technology selection. *Decis. Mak. Appl. Manag. Eng.*, 6: 600-619. Doi:10.31181/dmame622023621
- Saha, A., Pamucar, D., Gorcun, OF., Raj Mishra, A. 2023.** Warehouse site selection for the automotive industry using a fermatean fuzzy-based decision-making approach. *Expert Syst. Appl.*, 211: 118497. Doi:10.1016/j.eswa.2022.118497
- Saaty, TL. 1977.** A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J. Math. Psychol.*, 15: 234-281. Doi:10.1016/0022-2496(77)90033-5
- Sebastianelli, R., Tamimi, N. 2002.** How product quality dimensions relate to defining quality. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, 19: 442-453. Doi:10.1108/02656710210421599
- Seker, S., Kahraman, C. 2021.** Socio-economic evaluation model for sustainable solar PV panels using a novel integrated MCDM methodology: a case in Turkey. *Socioecon. Plann. Sci.*, 77: 1-14. Doi:10.1016/j.seps.2020.100998
- Sergi, D., Sari, IU., Senapati, T. 2022.** Extension of capital budgeting techniques using interval-valued Fermatean fuzzy sets. *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 42: 365-376. Doi:10.3233/JIFS-219196
- Sharma, MG., Kumar, G. 2016.** Prioritizing quality of product and service dimensions with respect to a product-service system in the public transport sector. *Qual. Manag. J.*, 23: 23-36. Doi:10.1080/10686967.2016.11918487
- Simic, V., Ebadi Torkayesh, A., Ijadi Maghsoodi, A. 2023.** Locating a disinfection facility for hazardous healthcare waste in the COVID-19 era: a novel approach based on Fermatean fuzzy ITARA-MARCOS and random forest recursive feature elimination algorithm. *Ann. Oper. Res.*, 328: 1105-1150. Doi:10.1007/s10479-022-04822-0
- Simić, V., Ivanović, I., Đorić, V., Torkayesh, AE. 2022.** Adapting urban transport planning to the COVID-19 pandemic: an integrated Fermatean fuzzy model. *Sustain. Cities Soc.*, 79: 1-26. Doi:10.1016/j.scs.2022.103669
- Sinclair, SA., Hansen, BG., Fern, EF. 1993.** Industrial forest product quality: an empirical test of Garvin's eight quality dimensions. *Wood Fiber Sci.*, 25: 66-76.
- Singer, H., Özşahin, Ş. 2023.** Applying an interval-valued Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process to rank factors influencing wooden outdoor furniture selection. *Wood Mater. Sci. Eng.*, 18: 322-333. Doi:10.1080/17480272.2021.2025427
- Singer, H., Özşahin, Ş. 2018.** Employing an analytic hierarchy process to prioritize factors influencing surface roughness of wood and wood-based materials in the sawing process. *Turkish J. Agric. For.*, 42: 364-371. Doi:10.3906/tar-1801-138
- Sousa, R., Voss, CA. 2002.** Quality management re-visited: a reflective review and agenda for future research. *J. Oper. Manag.*, 20: 91-109. Doi:10.1016/S0272-6963(01)00088-2
- Şengül, D., Çağıl, G. 2020.** Bulanık swara ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile iş değerlemesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Derg.*, 11, 965-976. Doi:10.24012/dumf.715363
- Tripathi, AK., Agrawal, S., Gupta, RD. 2022.** Comparison of GIS-based AHP and fuzzy AHP methods for hospital site selection: a case study for Prayagraj City, India. *GeoJournal*, 87: 3507-3528. Doi:10.1007/s10708-021-10445-y
- Verma, R., Chandra, S. 2021.** Interval-valued intuitionistic fuzzy-analytic hierarchy process for evaluating the impact of security attributes in fog based Internet of Things paradigm. *Comput. Commun.*, 175: 35-46. Doi:10.1016/j.comcom.2021.04.019

- Wudhikarn, R., Chakpitak, N., Neubert, G. 2015a.** An analytic network process approach for the election of green marketable products. *Benchmarking*, 22: 994-1018. Doi:10.1108/BIJ-10-2012-0069
- Wudhikarn, R., Chakpitak, N., Neubert, G. 2015b.** Use of an analytic network process and monte carlo analysis in new product formula selection decisions. *Asia-Pacific J. Oper. Res.*, 32: 1-28. Doi:10.1142/S0217595915500074
- Yang, S., Pan, Y., Zeng, S. 2022.** Decision making framework based Fermatean fuzzy integrated weighted distance and TOPSIS for green low-carbon port evaluation. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 114: 1-8. Doi:10.1016/j.engappai.2022.105048
- Zadeh, LA. 1965.** Fuzzy sets. *Inf. Control*, 8: 338-353.
- Zavadskas, EK., Turskis, Z., Stević, Ž., Mardani, A. 2020.** Modelling procedure for the selection of steel pipe supplier by applying the fuzzy ahp method. *Oper. Res. Eng. Sci. Theory Appl.*, 3: 39-53. Doi:10.31181/oresta2003034z
- Zeng, S., Gu, J., Peng, X. 2023.** Low-carbon cities comprehensive evaluation method based on Fermatean fuzzy hybrid distance measure and TOPSIS. *Artif. Intell. Rev.* 56: 8591-8607. Doi:10.1007/s10462-022-10387-y
- Zeng, S., Pan, Y., Jin, H. 2022.** Online teaching quality evaluation of business statistics course utilizing Fermatean fuzzy analytical hierarchy process with aggregation operator. *Systems*, 10: 1-25. Doi:10.3390/systems10030063