



Open Access Journal
e-ISSN: 0000 – 0000

Araştırma Makalesi

Cilt 8 - Sayı 5: 1279-1296 / Eylül 2025

Volume 8 - Issue 5: 1279-1296 / September 2025

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMLARININ İHALEYİ KAZANACAK KURULUŞUN SEÇİMİNDE KULLANILMASI

Serhat ALTINTAŞ^{1*}, Latif Onur UĞUR¹

¹Düzce University, Graduate Education Institute, Department of Civil Engineering, Düzce, Türkiye

Özet: Bu çalışmanın amacı, yüklenici seçim süreçlerinde kazanan kuruluşun, özellikle Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarının entegrasyonunu incelemekte ve bu yöntemlerin etkinliğini değerlendirmektir. Çalışma inşaat sektörüne yüklenici seçim kriterleri anlayışına ve en iyi yüklenici seçim süreçlerinin analiz edilmesi, seçilmesi için bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımları ile katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda kullanılan yöntemler, firmaların performansını objektif bir şekilde ölçülerek karşılaştırılmıştır. Sağlanan Python betiğinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yöntemlerini kullanarak yüklenici firmaların değerlendirilmesinin nasıl gerçekleştirdiğini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Çalışmada, ihalede başarılı bir yüklenici seçimi karar verme süreci için kritik faktörleri belirlemek, bu faktörleri değerlendirmek ve sonuçları analiz etmek amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yöntemlerinin nasıl uygulanabileceğini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Ayrıca, her iki yaklaşımın avantajları, dezavantajları ve uygulama bağlamında karşılaştırılması yapılarak, ihale süreçlerinde karar verme süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik öneriler sunulmaktadır. Bu çalışmanın Analitik Hiyerarşi Prosesi sonuçlarına göre; Firma-1 %78 ile en iyi performansa sahip firma olarak öne çıktığı tespit edilmiştir. Kalite, teknik yeterlilik ve maliyet gibi kriterlerde yüksek puanlar almış olduğu sonucuna varılmıştır. Bulanık Mantık sonuçlarına göre; Firma-1 yine %68.20 ile en yüksek puanı almış, ancak Bulanık Mantıkta bazı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bulanık mantıkta Firma-15, Firma-8 gibi firmalar öne çıkarken, Analitik Hiyerarşi Prosesi sonuçlarında daha geride kalan firmalar olduğunda tespit edilmiştir. Bu da Bulanık Mantık değerlendirme kriterlerinin esnekliğini ve bu iki yöntemin farklı neticeler verebileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, iş dünyasındaki profesyoneller, akademisyenler ve karar alıcılar için ihale süreçlerinde etkili karar verme stratejileri geliştirmek amacıyla bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Python, Analitik hiyerarşi prosesi, Çok kriterli karar verme, Bulanık mantık

Use of Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic Approaches in Selection of the Organization That Will Win the Tender

Abstract: The purpose of this study is to examine the integration of the winning organization, especially Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic approaches, in contractor selection processes and evaluate the effectiveness of these methods. The study will contribute to the understanding of contractor selection criteria in the construction industry and Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic approaches, which are a method for analyzing and selecting the best contractor selection processes. The methods used in this context were compared by objectively measuring the performance of the companies. It explains in detail how the provided Python script performs the evaluation of contractor companies using Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic methods. The study explains in detail how Analytical Hierarchy Process and Fuzzy Logic methods can be applied to identify critical factors for the decision-making process of successful contractor selection in the tender, evaluate these factors and analyze the results. Additionally, by comparing the advantages, disadvantages and application context of both approaches, suggestions are offered to improve decision-making processes in tender processes. According to the Analytical Hierarchy Process results of this study; It was determined that Company-1 stood out as the company with the best performance with 78%. It was concluded that it received high scores in criteria such as quality, technical competence and cost. According to Fuzzy Logic results; Company-1 again received the highest score with 68.20%, but it was determined that there were some differences in Fuzzy Logic. While companies such as Company-15 and Company-8 stand out in fuzzy logic, it has also been determined that there are companies that lag behind in the Analytical Hierarchy Process results. This shows the flexibility of Fuzzy Logic evaluation criteria and the conclusion that these two methods can give different results. This study aims to provide a basis for professionals, academics and decision makers in the business world to develop effective decision-making strategies in tender processes.

Keywords: Python, Analytic hierarchy process, Multi-criteria decision making, Fuzzy logic

***Sorumlu yazar (Corresponding author):** Düzce University, Graduate Education Institute, Department of Civil Engineering, Düzce, Türkiye

E mail: serhat_altintas@msn.com (S. ALTINTAŞ)

Serhat ALTINTAŞ  <https://orcid.org/0009-0003-1905-6346>

Latif Onur UĞUR  <https://orcid.org/0000-0001-6428-9788>

Gönderi: 12 Şubat 2025

Kabul: 11 Haziran 2025

Yayınlanma: 15 Eylül 2025

Received: February 12, 2025

Accepted: June 11, 2025

Published: September 15, 2025

Cite as: Altıntaş S, Uğur LO. 2025. Using analytical hierarchy process and fuzzy logic approaches in selecting the organization that will win the tender. BSJ Eng Sci, 8(5): 1279-1296.



1. Giriş

İnşaat sektörü, ülkelerin ekonomik büyümesi ve kalkınması açısından kritik bir öneme sahiptir. Ekonomik faaliyetlerin temel itici güçlerinden biri olan bu sektör, ulusların sürdürülebilir kalkınması için vazgeçilmez bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Diğer yapıların yanı sıra binaların, yolların, köprülerin sağlanması, istihdam yaratılması, gayrisafi yurtiçi hasılaya, milli gelire, ekonomik büyümeye ve dünya ekonomisinin gelişmesine yapılan katkılarında göstergesi olduğu belirtilmektedir. Ekonomik katkıya ve ekonomik kalkınmayı yönlendiren bir etken olmasına rağmen, sektörde yürütülen inşaat projelerinin, geç teslim süreçleri, maliyet, kalite ve güvenlik performansı projelerin temel hedeflerini karşılamama özelliği taşıdığı da bilinmektedir. Bu durumların oluşmasındaki temel süreç özellikle dünyanın gelişmekte olan inşaat pazarlarında inşaat projelerinin ihale sürecinde bölüm kriterlerinin verimsiz uygulanmasından kaynaklanan zayıf yüklenici seçimi ve kaynaklarla ilgili sorunlarla da ilişkilendirilmektedir (Okereke vd., 2022).

Yüklenici değerlendirmesi ve seçimi, inşaat projelerinde (ister kamu ister özel sektör olsun) hayati bir süreç olduğu ifade edilmektedir. Müşterinin gereksinimleri ve proje hedefleri doğrultusunda projeyi teslim edebilecek deneyimli ve uygun bir yüklenicinin seçilmesi amaçlanmaktadır. Yüklenici seçimi, inşaat projelerinin başarısını ve ilerlemesini etkileyen önemli bir karar süreci olup bu, yüklenicinin yanlış seçilmesi durumunda sonuçların düşük kalite, programın aşılması ve projenin maliyet performansında istenmeyen zarar ve artışlara sebep olacağı anlamına gelmektedir. En iyi teklif sahibinin başarısı çoğu zaman ihale gereksinimlerinin uygunluğuna, müşterinin ve proje yöneticilerinin bilgi ve deneyimlerine dayanan zor bir iştir. Müşterinin bir proje için yetenekli bir yüklenicinin seçimine yönelik kararını etkileyen temel göstergeler dizisi yüklenici seçim kriterleri olarak bilinmektedir (Eze vd., 2020).

Yüklenici seçim kriterleri, zaman, maliyet ve kalite performansıyla ilgili ön yeterlilik ve ihale değerlendirme kriterlerinin bir karışımıdır. Proje müşterilerinin ve danışmanların kararları, diğerlerinin yanı sıra yüklenicilerin geçmiş performansı, benzer bir işteki önceki deneyimler, müşterilerin yüklenicilerle ilgili bilgi ve deneyimleri, mali kapasite ve yüklenicilerin itibarı gibi faktörler tarafından şekillendirilmektedir. Bu faktörler, eldeki iş için yüklenici seçimini ve gelecekteki patronajı da etkilemektedir (Onyeagam vd., 2019).

Yüklenici değerlendirme kriterleri, proje teslimiyle ilgili risklerin en aza indirilmesine, müşteri için değerin en üst düzeye çıkarılmasına ve proje üyeleri arasında uzun vadeli bir ilişki kurulmasına yardımcı olmaktadır. Seçim kriterlerinin etkili bir şekilde takip edildiği şantiyelerde kazalar da azalmaktadır. En düşük teklif kriterini kullanma geleneği, proje performansında her zaman en iyi sonuçlar vermemektedir. Etkili yüklenici bölümü için birçok kriter savunulmaktadır. Yüklenici veya müteahhit seçiminde yalnızca teklif fiyatına odaklanmak, projelerin

tesliminde yaşanan sorunların temel nedeni olmaktadır. Ülkemizde olduğu gibi diğer birçok ülkede de hala en düşük teklifi veren kesim geleneğinin uygulamada olduğunu görülmektedir. Araştırmalar, en düşük teklifi verenin projeyi planlanan sürenin ve maliyetin aşıldığı ve kalitenin tehlikeye girebileceği bir duruma sokma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir (Maqsoom vd., 2020).

Bunun nedeni, proje temellerini ve yüklenicilerin kar ve gelirlerini etkileyen sorunlara neden olduğu tespit edilen en düşük maliyet anlayışı olduğu ve yüklenicilerin ön yeterliliği ve bölümlerine ilişkin çalışmalar, özellikle uluslararası sahnelerde çok büyük rol oynamaktadır. Ayrıca yüklenicilerin seçim kriterlerinin proje müşterileri ve inşaat performansı üzerindeki faydaları araştırmacılar tarafından ayrıntılı olarak ele alınmadığı ve yüklenicilerin seçimi ve ön yeterliliğine ilişkin mevcut az sayıda çalışma yüklenici seçim kriterlerine odaklanmaktadır (Eke vd., 2019; Khoso vd., 2021).

Bu bağlamda, bu çalışmada küresel pazarlarda rekabetin arttığı günümüzde, ihale süreçlerinin etkili bir şekilde yönetilmesi ve kazanan kuruluşun belirlenmesi, bir organizasyonun sürdürülebilirliği ve başarısı için kritik bir öneme sahip olmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, özellikle Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık, karmaşık kararlar almak ve belirsizlikle başa çıkmak için kullanılan önemli araçlardır. Bu çalışma, ihale süreçlerinde kazanan kuruluşun belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanmasını ele almaktadır. İhale süreçlerinde karar verme, çeşitli faktörlerin bir araya geldiği karmaşık bir süreçtir. Maliyetler, kalite, süre, teknik yetenekler gibi çeşitli kriterler göz önüne alınmalı ve bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmektedir. Bu noktada, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık gibi yöntemler, karar verme sürecini yapılandırmak ve belirsizlikle başa çıkmak adına değerli araçlar sunmaktadır. Yüklenicilerin seçimi, bir teklifin değerlendirilmesi ve yüklenicinin uygunluğunun değerlendirilmesi için temel olarak kullanılan belirli kriterlere bağlı olup inşaat projelerinde uygun yüklenicinin değerlendirilmesi ve seçimi için bir dizi faktör ve kriteri tanımlayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Herhangi bir müşterinin temel faaliyetlerinden biri yüklenici seçimi olup en iyi yükleniciyi seçmek için uygun ve kesin bir yöntem olmadan, bir projenin tamamlanması muhtemelen etkilenmektedir. Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarının ihaleyi kazanacak kuruluşun seçiminde kullanılması incelenmektedir. Bu model, proje yönetim ekiplerinin, yalnızca en düşük teklife dayanmayan bir seçim sürecinde tatmin edici sonuçlar sunma olasılığı en yüksek olan yüklenicileri belirlemesine yardımcı olabileceği planlanmaktadır. Bu çalışma inşaat sektörüne iki şekilde katkıda bulunmaktadır; birincisi, seçim kriterleri anlayışını önem derecelerini de kapsayacak şekilde genişletmekte, ikincisi ise en iyi yüklenicinin analiz edilmesi ve seçilmesi için yeni bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve

Bulanık Mantık yaklaşımlarını uygulamaktadır. Çalışmamız kapsamında tespit edilen literatür taraması geniş ölçekli, mevcut araştırmaları kapsamı ve çalışmanın yeniliği ve özgünlüğü konusunda zayıflıklara yol açmaması adına, en yakın sonuçları veren ulusal alanda ve uluslararası alanda yapılan makaleden oluşmaktadır. Bu kapsamda yapılan literatür çalışmaları aşağıdaki gibidir;

1.1. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Alan Yazın Literatür Taraması

Betonarme binaların deprem performansının bulanık mantık yöntemiyle değerlendirilmesi ile ilgili çalışmada, binaların performansı beton basınç dayanımı, kat sayısı, zemin kat alanı, kolon ve perde alanı ve mimari parametreler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmada Afyon, Bingöl ve Van illerinde sırasıyla 2002, 2003 ve 2011 yıllarında meydana gelen depremlerden etkilenen 18, 28 ve 146 binanın verileri kullanılmış, 192 bina verisinden 94 bina veri olarak işlenerek MATLAB (matrix laboratory) bulunan bulanık mantık kuralları uygulanarak test edilmiştir. Değerlendirilen binalar hafif, orta ve ciddi hasar görmüş veya yıkılmış binalar olup, önerilen yöntem, hızlı ikinci aşama (veya ikinci düzey) değerlendirme olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlara göre %88 başarı oranına ulaşılmış olup, bu durum betonarme binaların sismik performansının belirlenmesinde kullanılabilecek bulanık mantık yönteminin önemini olduğu sonucuna varmışlardır (Yıldız vd., 2024).

Yığma duvarların mekanik davranışının belirlenmesinde bulanık mantık yöntemleri ile yapılan çalışmada, malzeme özelliklerinin yanı sıra duvarın mekanik davranışı, yerinde duvar testleri ve sayısal analizlerin de gerekli olduğu, akıllı öğrenme tekniklerinin desteğiyle duvarların durumunun tahminlene çalışması yapılmıştır. Bu, deneyi ve modellemeyi destekleyecek bulanık mantık gibi matematiksel araçların kullanımının, çalışılan olgunun tekrarlanmasına gerek kalmadan karmaşık mühendislik sorunlarının çözümünde faydalı olduğunu tespit etmişlerdir. Duvarın davranışının daha doğru ve hızlı bir şekilde analiz edilebilmesi için akıllı öğrenme tekniklerinden biri olan bulanık yöntem kullanılarak analizler yapılmış ve deneysel analizin uygulandığı çalışmalardaki verilerle karşılaştırılmış, duvarın davranışı, esnekliği ve enerji kapasitesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulanıklaştırmada, duvarın özelliklerini etkileyecek malzeme parametreleri ve duvar yük kapasiteleri girdi olarak kullanılmış, farklı çalışmalardan otuz beş veri seti, deney ve modelleme verisi alınarak, tahmin sonuçları ampirik sonuçlarla karşılaştırıldığında faydalı ve uygulanabileceği sonucuna varmışlardır. (Zengin vd., 2023).

‘SMRGT’ olarak bilinen yeni bir bulanık mantık modelinin akış katsayısı oranını tahminlemesi ile ilgili çalışmada, bulanık mantık sistemi üzerine kurulu bir akıllı model kullanılmıştır. Bulanık modelde yağış, sıcaklık, nem, eğim ve arazi kullanım verileri girdi değişkenleri olarak dikkate alınmış, veriler basit fonksiyonu ve bulanık kural oluşturma tekniğine (SMRGT) ilişkin orijinal açıklaması,

bulanık Mamdani metodolojisine dayandırılmış ve çıktı olarak akış katsayısını kullanılmıştır. Modelin sonuçları mevcut verilerle karşılaştırıldığında maksimum, minimum, ortalama, standart sapma, çarpıklık, varyasyon ve korelasyon katsayıları yedi istatistiksel parametre olduğu, dört tür hata kriteri, Ortalama Mutlak Göreli Hata (MARE), Ortalama Karesel Hata (MSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Karekök Hata (RMSE) olduğu ve dağılım diyagramından oluştuğu sonucuna varmışlardır (Güzel vd., 2024).

1.2. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) Alan Yazın Literatür Taraması

Endonezya’da petrol ve gaz sektöründe hizmet sunan yerel bir firmada dünya petrol fiyatlarının düştüğü 2015 yılında kurulmuştur. 2024’ün başlarında SOE’den ve özel sektörden Jambi Projesi, Lampung Projesi, Jambi Projesi ve Cepu Projesi olmak üzere 4 ihale teklifi almış ancak birim sınırlamaları nedeniyle bu firmanın bir karar alma süreci olmadığı için yapılan bu çalışmada 3 projeye yönelik önerilerde bulunmak amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılmıştır. Bu Analitik Hiyerarşi Süreci değerlendirmesinde kullanılan kriterler pazarlama ve satış, müşteriler, finansal fizibilite, yönetim ve proje spesifikasyonlarıdır, bu kriterlerin her birinin çeşitli alt kriterleri ve toplam 13 alt kriterde toplanmıştır. Değerlendirmeye göre en yüksek ağırlığa sahip kriter finansal fizibilite (%51,4), en yüksek ağırlığa sahip alt kriter ise ödeme gücü (%22,9) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonrasında sıralamaya göre alınması önerilen 3 proje Jambi projesi (%33,4), Cepu Projesi (%30,7) ve Lampung Projesi (%19) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu analiz, KİT girişimlerinin özel sektör girişimlerinden daha güçlü ödeme kabiliyetine, güvenilirliğe ve algılanan kârlılığa sahip olduğunu da göstermektedir (Wibisono vd., 2024).

Yükleniciler inşaat projelerinde tamamlayıcı bir rol oynamaktadır ve onların nitelikleri projenin başarısının çeşitli yönlerini doğrudan etkilemektedir. Yüklenicilerin tarafsız seçimi dünya çapında inşaat sektöründe, özellikle de nihai seçimde tarafsızlığın önemli olduğu kamu projelerinde bir zorluk olduğu ifade edilmektedir. Yüklenicileri değerlendirirken, seçim sürecini insan beyni için zorlu hale getiren çok sayıda faktörün dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, bulanık teoriyi uygulayarak yüklenicinin ön yeterliliğini değerlendirmek için iki yöntemi tanıtmakta ve karşılaştırmaktadır. Buradaki fikir, yüklenicilerin seçimiyle ilgili karar vermede insan yargılarının matematiksel bir sistemde kullanılmasını kolaylaştırmaktır. Çalışmada Buckley yöntemini kullanarak seçim kriterleri için bulanık ağırlığın belirlenmesine dayanmaktadır. Daha sonra yüklenicilerin yeterlilik sıralamasında Bulanık TOPSIS ve Bulanık SAW yöntemleri kullanılmıştır. Uygulanan yöntemin, yüklenicilerin nitelik bazlı seçiminin kalitesini artırdığı ve uygun olmayan yüklenicilerin işe alınmasından kaynaklanabilecek olası kayıpları önleyebileceği sonucuna varılmıştır (Tafazzoli vd., 2024). Tedarikçi seçme süreci, endüstriyel inşaat projelerinin

yönetiminde zorlu bir süreçtir. Yapılan bu çalışmada inşaat şirketleri, birden fazla veri tabanına yayılmış büyük miktarda veri üretmekte olup bu veriler, gelecekteki projelere ilişkin kararları desteklemek amacıyla kullanılmadığını tespit etmişlerdir. Bu soruna çözüm bulmak amacıyla endüstriyel projelerde uzmanlaşmış inşaat firmalarına özel bir veri ambarı geliştirilmiştir. Metodoloji olarak, inşaat yönetimi kararlarını desteklemek ve tedarikçileri farklı iş türleri için değerlendirmek için doğrudan sorgulamalara olanak tanıyan ve ilgili raporları üreten Çevrimiçi Analitik İşleme (OLAP) kullanmışlardır. Bu yaklaşımı benimseyen inşaat şirketlerinin, projeleri için hangi tedarikçileri seçecekleri konusunda daha bilinçli kararlar alarak ekonomik performanslarının arttığı tespit edilmiştir. Bu şirketlerin, ellerindeki verilerden yararlanarak karar verme süreçlerinin kalitesini artırabileceği ve endüstriyel inşaat projelerinin süreçlerinin iyileştirebileceği sonucuna varmışlardır (Ahmad vd., 2023).

1.3. Python Alan Yazın Literatür Taraması

Python ile difüzyon sınırlı toplama; dendritik yapılar ve algoritmik sanat üzerine yapılan çalışmada, difüzyon sınırlı toplama, basitliği ve nano ve mikropartikül toplamaları gibi fizikteki geniş uygulamaları nedeni ile bu çalışmada Python ile difüzyon sınırlı toplama algoritması yazılmıştır. Python'un Turtle kütüphanesi, toplamı büyüdükçe bilgisayar monitöründe çizmek için kullanılmış ve algoritma Raspberry Pi üzerinde çalıştırılmıştır. Difüzyon sınırlı toplama simülasyonu için ucuz ve taşınabilir bir ortam oluşturularak algoritmada iki farklı seçenek yerleştirilmiştir. Sonuçlar çarpışmadan sonra birincil parçacığın agreganın dışına dönmesine izin vermediği ve ikincisinin, birincil parçacığın agreganın hem içinden hem de dışından süzülmesine izin verdiği tespit edilmiştir. Algoritma ile 500-2000 birincil parçacıktan oluşan küresel dendritik yapılar elde edildiği bu yapıların fraktal boyutu 1,68 civarında olduğu, poroziteleri %50'nin altında ve dönme yarıçapları da hesaplanarak dendritik yapıları kullanan algoritmik sanat örnekleri de verilebileceği sonucuna varmışlardır (Allahverdi vd., 2024).

Elektrikli scooter ve bisikletler için yol ağı kısıtlamalarının python tabanlı değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmada, elektrikli scooterlar için optimal yol tercihlerinde dikkate alınan parametrelerden eğim, yol sınıfı, yol uzunluğu ve arazi örtüsü parametreleri üzerinde, bir başlangıç noktası ve bir yolun bulunduğu çeşitli uygulamalar ve incelemeler yapılmıştır. Araştırma için en kısa yol problemini, maliyet hesaplamalarını ve çeşitli veri işleme yöntemlerini kullanmak için Dijkstra Algoritması, QGIS GIS yazılımı, Python programlama dili ve çeşitli modüller kullanılarak uygulamalar çalışma başlıkları altında karşılaştırılmış ve farklı parametrelerin optimal rota tercihlerine etkisi karşılaştırılarak tartışılmıştır. Araştırma sonuçları parametrelerin farklı çalışmalardaki uygulamalarda sonuçları doğrudan etkilediği, çeşitlilik getirdiği ve beklenen sonuçların elde edildiği tespit edilmiştir. Elektrikli scooter gibi araçların

kat edebileceği maksimum mesafe veya süre gibi ek parametrelerin eklenmesi, daha hassas ve çeşitli kaynakların kullanılması bu tür araştırmaların önemini daha da geliştireceği sonucuna varmışlardır (Erener vd., 2024).

C# ve Python programlama dillerinin SQL SERVER DML işlemlerinde performans ve kodlama açısından karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmada, programlama dilleri arasında en yaygın kullanılan C# ve Python dilleri, işlem performansı ve SQL DML (veri manipülasyonu) gerçekleştirmek için yazılması gereken kod miktarı açısından değerlendirmişlerdir. En yaygın kullanılan veri tabanı yönetim sistemlerinden biri olan MSSQL veri tabanı üzerinden insert, select, update, delete gibi işlemleri gerçekleştirilerek ve işlem sonuçlarını ekrana yazdırarak işleme performansı açısından her iki programlama dilinin de diğerine önemli bir üstünlüğü olmadığı gözlemlendi ancak işlem sürelerine bakıldığında matematiksel olarak Python dili daha iyi performans sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca kod boyutu ve okunabilirlik açısından C# genel olarak kod okunabilirliği açısından daha okunabilir bir dil olarak değerlendirilse de bu çalışma için yazılan programlar bağlamında iki programlama dili arasında kod okunabilirliği açısından bir fark tespit edilmemiştir. Sonuçlar kod boyutu açısından Python açık bir üstünlük sağladığı, her iki dilin birbirine göre üstün özelliklere sahip olduğu ve bu iki dil arasında veri işleme dili (DML) işlemlerinde birbirlerine tercih sebebi olabilecek kesin bir üstünlüğün olmadığı, dil seçimi projenin gereksinimlerine, ekosisteme ve ekibin becerilerine göre yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır (Yeşilyurt vd., 2024).

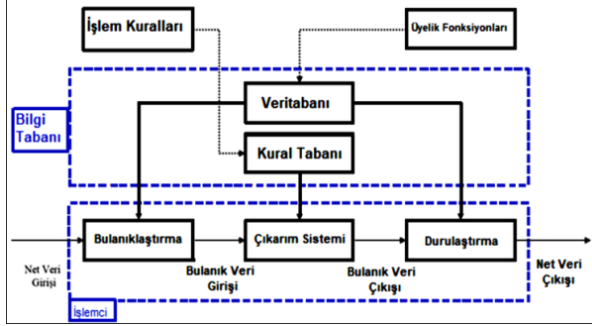
2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, ihale süreçlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli ihalelere ait veriler kullanılacaktır. Çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler, firmaların performansını objektif bir şekilde ölçülerek karşılaştırılmıştır. Sağlanan Python betiğinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yöntemlerini kullanarak yüklenici firmaların değerlendirilmesinin nasıl gerçekleştirdiğini detaylı bir şekilde açıklamaktadır.

2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, 1965 yılında Kaliforniya Üniversitesi'nde Lotfi Zadeh tarafından bulunmuş ve geliştirilmiş ve "bulanık" adını verilmiştir. Geleneksel bilgisayar mantığının kafa karıştırıcı veya kesin olmayan verileri işleyemeyeceğine inanılmaktadır. İnsanlar gibi, bir bilgisayar da "doğru ve yanlış" içinde geniş bir değer aralığını entegre edebilmektedir. Bunlar "kesinlikle evet", "belki evet", "söyleyemem", "belki hayır" ve "kesinlikle hayır" şeklinde olabilmektedir (Umarusman, 2023; Çetinkaya vd., 2024). Bulanık mantık, bir makine öğrenme çerçevesi veya yapay zeka kullanıldığında karar verme stratejisi olarak kullanılmaktadır. Genel olarak "0 ile 1" arasında değişen gerçek değişken değerlerinin değerlendirilmesi olarak ifade edilmektedir. Bulanık

mantık, “0 ile 1” arasındaki gerçek sayıları temsil etmek için uygulanmakta olup, bulanık mantık oldukça belirsiz olan her şeyi ifade etmektedir. Bir senaryo belirsiz olduğunda, bilgisayar “doğru ve yanlış” bir sonuç üretemeyebilmektedir. Boole Mantığına göre, “1 doğru’yu, 0 ise yanlış’ı” temsil etmektedir. Buna karşılık, bulanık mantık yöntemi, “doğru ve yanlıştan” daha fazla potansiyel değer olabilecek bir sorunun tüm belirsizliklerini dikkate almakta olup bulanık mantık, problem çözümleri olarak kesin değerler elde etmek için kullanılmaktadır (Kannan vd., 2023; Özdem vd., 2024; Öztekin., 2024).



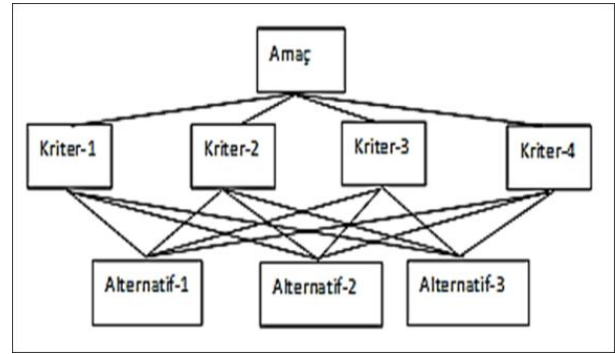
Şekil 1. Bulanık mantık sistemi işleyişi.

2.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi

Analitik Hiyerarşi Süreci, 1970’li yıllarda matematikçi Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bir karar verme tekniğidir. Analitik Hiyerarşi, orijinal olarak geliştirilen Çok Kriterli karar verme yöntemlerinden biri olduğu belirtilmektedir. Kısaca ikili karşılaştırmalardan oran ölçekleri elde etme yöntemi olup karar vermeye yardımcı olmak için değerlendirme problemlerinde fayda teorisinin kullanılması zaten iyi bilinen resmi bir yaklaşım olduğu ifade edilmektedir. Ancak fayda teorisine dayalı karar verme modelleri, karar vericinin farklı kriter veya hedeflere yönelik değer ölçeklerini temsil eden fayda fonksiyonlarının oluşturulmasını gerektirmektedir (Princivishvamar vd., 2023). Bu yöntem, çok kriterli karmaşık bir problemi bir hiyerarşi yapısına basitleştirmektedir. Hiyerarşi, karmaşık bir problemin çok seviyeli bir yapıda temsili olarak tanımlanır; burada ilk seviye hedef/amaç/amaçtır, ardından alt seviyeler, kriterler ve alt kriterler gelir ve son seviyeye kadar alternatifler gelmektedir. Bu yaklaşımla, karmaşık bir problem bölümlere ayrılabilir ve daha sonra bir hiyerarşi biçimine düzenlenebilir, böylece problem daha yapılandırılmış ve sistematik görünmektedir (Gürler, 2023).

Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi dört ana aşamadan oluşmaktadır. Birincisi, modeli bir hiyerarşiye göre yapılandırmak; ikincisi, kriterlerin alt kriterlerin ve alternatiflerin önemlerine göre ikili karşılaştırmalar yoluyla karşılaştırmalı yargısını yürütmek; Üçüncüsü, ikili karşılaştırmaların sonucunu bir değerlendirme matrisinde özetlemek; son olarak, normalleştirilmiş değerlendirme matrisinden elde edilen alternatiflerin tercihlerinin sırasını sentezlemektir. Otuz beş yıldan fazla

bir süredir varlığını sürdüren Analitik Hiyerarşi Süreci, çok çeşitli uygulama alanlarında uygulanmakta olup metodolojisi, özellikle problem modelleme, çiftler arası karşılaştırmalar, yargı ölçekleri, türetme yöntemleri, tutarlılık endeksleri, eksik matris, ağırlıkların sentezi, duyarlılık analizi ve grup kararları alanlarında bazı sınırlamaları aşmak amacıyla daha da geliştirilmiştir [94, 95]. Analitik Ağ Süreci (ANP), bağımlılıklarla ilgilenen Analitik Hiyerarşi Süreci’nin bir genellemesi olup, gerçek hayattaki birçok Çok Kriterli karar verme (MCDM) problemi, farklı kriterler arasındaki etkileşimi ve bağımlılığı, ayrıca iç ve dış bağımlılıklar şeklinde farklı alt kriterler arasındaki etkileşimi ve bağımlılığı veya kriterlere alternatiflerden gelen geri bildirimler içerebilmektedir. Analitik Ağ Süreci yöntemi, aşağıda belirtilen unsurlar arasındaki tüm bu etkileşimleri, bağımlılıkları ve geri bildirimleri modellemeye olanak tanımlanmaktadır (Jagoda vd., 2020; Mızrak vd., 2023).



Şekil 2. AHP yönteminin hiyerarşik yapısı.

2.3. Python Programlama Dili

Python, basitliği ve okunabilirliğiyle tanınmış bir programlama dilidir. Guido van Rossum tarafından yaratılmış ve ilk olarak 1991’de yayınlanmıştır. Python, önemli miktarda boşluk kullanımıyla kod okunabilirliğini vurgulamaktadır. Nesne yönelimli, prosedürel ve işlevsel programlama dahil olmak üzere birden fazla programlama paradigmasını desteklemektedir. Python’un kapsamlı standart kütüphanesi, sağlam çerçeveleri ve geniş topluluk desteğiyle, onu web ve yazılım geliştirmeden bilimsel ve matematiksel hesaplamaya kadar çeşitli uygulamalar için oldukça çok yönlü ve uygun hale getirmektedir. Sözdizimi sezgisel olacak şekilde tasarlanmıştır ve kodu daha okunabilir, bu da onu programlamaya yeni başlayanlar için mükemmel bir seçim haline getirmektedir. Güçlü ve kullanıcı dostu veri analizi kütüphaneleri sayesinde Python, veri bilimi ve makine öğreniminin yükselişinde de önemli bir rol oynamaktadır. Artan popüleritesi ve geniş kapsamlı uygulamalarıyla Python, dünyada en çok aranan programlama dillerinden biri haline gelmiştir (Lazebna., 2021; Allahverdi vd., 2024; Erener vd., 2024).



Şekil 3. Python programlama dili ekran görüntüsü.

2.4. Veri Setleri

Farklı sektörlerden ve büyüklüklerden gelen ihalelerin detaylı bir analizi için seçilmiştir. Bu ihaleler, maliyet, süre, kalite, teknik kapasite gibi çeşitli kriterlerin değerlendirildiği tipik ihale süreçlerini temsil etmektedir. Çalışmanın temel metodolojisi, çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesini içermektedir. İlk aşamada, ihale süreçlerinde önemli olan faktörler belirlenecek ve bu faktörlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak tespit edilecektir. Daha sonra, belirsizlikle başa çıkmak ve bulanık bilgiyi işlemek için Bulanık Mantık yöntemleri uygulanacaktır. Analitik Hiyerarşi Prosesi aşamasında, karar vericilerle yapılan görüşmeler ve literatür taraması sonucunda belirlenen kriterler için bir karar matrisi oluşturulmuş, ardından bu matris üzerinden ağırlık vektörleri hesaplanacaktır. Bulanık mantık aşamasında ise, belirlenen kriterlerin bulanıklık dereceleri uzman görüşleri ve geçmiş veri analizleri kullanılarak belirlenmiş, Bulanık Mantık kuralları oluşturulmuş ve çıkarım süreci gerçekleştirilecektir. Sonuçlar, Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yöntemlerinin ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının getirdiği avantajlar ve dezavantajlar açısından karşılaştırılacak ve değerlendirilecektir. Bu aşamadan elde edilen bulgular, ihale süreçlerinde karar verme stratejilerini iyileştirmek için öneriler sunmak amacıyla analiz edilecektir.

2.5. İhale Süreçlerindeki Karar Verme Zorlukları ve İhtiyaçları Belirleme

İhale süreci genellikle, potansiyel teklif sahiplerinin uzmanlık, deneyim ve mali istikrarlarına göre değerlendirildiği ön yeterlilik aşamasından başlayarak birkaç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşama, müşterinin projeye teklif vermeye davet edebileceği en nitelikli ve yetenekli yüklenicileri belirlemesine yardımcı olduğu için çok önemlidir. Ön yeterliliğin ardından yüklenici ve alt yüklenicilerin teklifleri sunulur ve bunlar daha sonra müşteri veya ihaleyi veren kuruluş tarafından değerlendirilir ve karşılaştırılmaktadır. Bu aşama, yüklenicinin önerdiği proje zaman çizelgesi, bütçe ve kalite standartları da dahil olmak üzere tekliflerin kapsamlı bir incelemesini içermektedir. Teklifler değerlendirildikten sonra müşteri genellikle en yüksek

teklifi verenleri ikinci tur müzakerelere katılmaya davet edilmektedir. Bu aşamada müşteri, teklif sahiplerinden ek bilgi veya açıklama talep edebilir ve ayrıca sözleşme şartlarını müzakere etmektedirler. Son olarak, başarılı teklif sahibine bir sözleşme verilmektedir. Sözleşme genellikle proje için ayrıntılı spesifikasyonlar ve gereksinimlerin yanı sıra üzerinde anlaşılan bütçe ve zaman çizelgesini de içermektedir. Başarılı teklif sahibi daha sonra projeyi yönetmekten ve projenin zamanında, bütçe dahilinde ve gerekli kalite standartlarında tamamlanmasını sağlamaktan sorumlu olmaktadır. Bu süreçte inşaat dünyasında bir proje için teklif verme süreci karmaşık ve zorluklarla dolu olabilmektedir. Hem müteahhitler hem de taşeronlar için inşaat ihale süreci, dikkatle yönetilmesi gereken çeşitli zorluklar getirmektedir. Çalışmada ihale süreçlerindeki yüklenici seçimi karar verme zorlukları ve ihtiyaçları beş ana başlık altında aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir. Bunlar;

- Yüklenici seçimindeki firmaların yanlış veya eksik ihale belgeleri,
- Yüklenici seçimindeki firmaların ihale hazırlığı için sınırlı süre,
- Yüklenici seçimindeki firmaların paydaşlar arasında etkisiz iletişim,
- Yüklenici seçimindeki firmaların değerlendirme sürecinde şeffaflık eksikliği,
- Yüklenici seçimindeki firmaların uygun olmayan teklif sahiplerinin teklif vermesidir.

İnşaat ihale süreci zorluklarla dolu olabilir ancak bu zorlukların doğru araç ve stratejilerle ele alınması, sorunsuz ve etkili bir ihale sürecinin sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. Paydaşlar arasındaki iletişim ve işbirliği kanallarının iyileştirilmesi, net satın alma süreçlerinin, kalite güvence kriterlerinin oluşturulması ve yetkin değerlendirme süreçlerinin sağlanması, en uygun yüklenicinin seçilmesine ve müşteri beklentilerini ve son kullanıcıları karşılayacak başarılı proje tesliminin takip edilmesine yardımcı olmaktadır.

2.6. Araştırmanın Ana Amacını ve Alt Hedeflerini Tanımlama

Bu çalışmanın ana amacı Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bulanık mantık yaklaşımlarının ihaleyi kazanacak yüklenici kuruluşun seçiminde kullanılması incelenmektedir. Bu model, proje yönetim ekiplerinin, yalnızca en düşük teklife dayanmayan bir seçim sürecinde tatmin edici sonuçlar sunma olasılığı en yüksek olan yüklenicileri belirlemesine yardımcı olabileceği planlanmaktadır. Bu amaçla çalışmamızın alt hedefleri aşağıdaki gibidir. Bunlar;

- Yüklenici olacak firmanın tespit edilmesi,
- Yüklenici olacak projenin tamamlanması için en iyi maliyetin tespit edilmesi,
- Yüklenici olacak firmanın önceki projelerde sunduğu iş kalitesini tespit edilmesi,
- Yüklenici olacak firmanın projeyi zamanında teslim etme oranının tespit edilmesi,
- Yüklenici olacak firmanın genel itibarı ve güvenilirliğinin tespit edilmesi,

-Yüklenici olacak firmanın teknik donanım ve insan kaynakları açısından projeyi başarıyla tamamlayabilme yeteneğinin tespit edilmesi,
 -Yüklenici olacak firmanın finansal sürdürülebilirlik ve ödeme gücünün tespit edilmesi,
 -Yüklenici olacak firmanın proje yönetimi alanındaki deneyimi ve başarısının tespit edilmesi,
 -Yüklenici olacak firmanın iş güvenliği politikaları ve güvenlik performansının tespit edilmesi,
 -Yüklenici olacak firmanın geçmişte katıldığı ihalelerdeki deneyimi ve başarısının tespit edilmesi,
 Yukarıda tespit edilen ihale süreçlerindeki yüklenici seçimi karar verme zorluklarına çözüm olacak ihtiyaç gereksinimleri Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yöntemlerinin ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının getirdiği avantajlar ve dezavantajlar açısından karşılaştırılacak ve değerlendirilecektir. Bu çalışma inşaat sektörüne iki şekilde katkıda bulunmaktadır; birincisi, seçim kriterleri anlayışını önem derecelerini de kapsayacak şekilde genişletmekte, ikincisi ise en iyi yüklenicinin analiz edilmesi ve seçilmesi için yeni bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarını uygulanmaktadır.

2.7. Veri Toplama ve Hazırlığı

Bu bölümde bir inşaat sözleşmesinin verilmesinden önce yüklenicilerin değerlendirilmesi ve seçilmesi, inşaat sürecinin hayati bir parçası olup, potansiyel teklif sahiplerinin ön yeterliliklerinin belirlenmesi ve ön yeterlilik alan yükleniciler tarafından sunulan tekliflerin değerlendirilmesiyle ilgili prosedürler normalde bir müşterinin temsilcisi tarafından gerçekleştirilir ve nihayetinde proje için bir yüklenicinin seçilmesine yol açmaktadır. Niteliklendirme ve teklif değerlendirme süreçleri yeterli ve uygun kriterlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu genişleme, alternatif proje teslim sistemleri biçimlerinin daha fazla kullanılmasına yol açmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarını gibi bir kararalma aracının yüklenici seçimi ve yeterliliğine uygulanması, bir projenin başarılı olmasını sağlamak için özellikle yararlı olabilmektedir. Çünkü herhangi bir projeyi tamamlamak için nitelikli ve yetenekli bir yüklenici seçmek, ayrılan bütçe dahilinde ve kabul edilebilir kalitede sonuçların zamanında teslim edilme olasılığını artırmaktadır. Kriterlere göre seçilerek analiz edilen 20 firmaya ait veriler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kriterlere göre tespit edilen firmalara ait veriler

Firma	Maliyet	Kalite	Zamanında Teslimat	Güvenilirlik	Teknik Yeterlilik	Mali Güç	Proje Yönetimi Deneyimi	İş Güvenliği	İhale Geçmişi
F-1	125691	100	82,06379	100	100	100	100	100	100
F-2	476831,9	81,576292	46,37702	11,5530959	23,2676324	33,899788	28,16163106	1,63556	47,248454
F-3	485248	88,675543	75,54676	41,1484854	13,316957	64,458599	47,74398319	19,0727	55,200686
F-4	427801,6	60,585448	27,80838	96,6084522	23,5487959	11,832721	72,67384559	24,3099	18,497055
F-5	367112,2	71,851496	29,34507	90,3050004	58,6347647	21,08464	44,00924302	64,6558	76,138631
F-6	358366,8	21,49091	57,62001	74,5516294	85,0367883	55,254696	51,45189189	2,34221	3,006312
F-7	365188,8	44,365538	73,3296	6,976147	32,8515461	67,372957	47,26719094	30,8722	74,002802
F-8	437234	27,17402	100	32,8019939	71,0257713	86,551698	3,30663336	65,4243	1,3240223
F-9	497091,8	75,239285	17,08962	41,9495226	47,4295853	6,2581924	82,78015668	43,2158	48,629519
F-10	431496,7	3,9519628	97,16725	32,4954457	11,8209254	40,334345	4,285768393	14,3463	48,466612
F-11	393172,6	54,196154	52,58181	3,10625138	51,0540495	3,630633	40,4419065	82,3861	38,595519
F-12	569707,1	30,833276	60,87462	25,4799581	72,8112176	58,7015	65,26528722	25,0675	92,576313
F-13	419438,3	57,264337	86,33551	32,0123465	16,2229912	22,37205	68,68386092	78,7986	42,221536
F-14	241289,2	13,370506	55,9347	4,26275217	16,0620337	93,083187	71,44169731	31,168	51,194812
F-15	262880,2	85,995815	68,33709	78,063393	49,0516448	8,9751372	84,4535481	72,2139	71,731648
F-16	393536,8	29,470616	19,36219	48,116497	5,88422905	0,3569318	42,97691199	90,6638	69,411284
F-17	420747,3	59,447782	88,91087	31,9232722	95,9016203	34,307616	44,44841694	38,3783	46,344065
F-18	499787,7	33,277981	67,03671	5,41361159	69,6881486	15,303499	18,42409174	60,6696	27,427158
F-19	204388,4	87,966485	55,2917	13,8741765	3,53605537	76,881881	90,26208212	75,6193	11,689797
F-20	600909,7	2,0698024	3,220199	47,0256358	5,06651477	15,766301	2,412032007	10,6415	34,433456

2.8. İhale Verilerini Toplama

Bu bölümde ihale verilerini toplama süreçleri açıklanmakta olup, bunlar; firma (company), maliyet (cost), kalite (quality), zamanında teslimat (timely

delivery), güvenilirlik (reliability), teknik yeterlilik (technical capability), mali güç (financial strength), proje yönetimi deneyimi (project management experience), iş güvenliği (work safety) ve ihale geçmişi (tender history)

şeklinde detaylandırılarak tanımları ile aktarılmaktadır. Firma (Company); İhaleye katılan firmaların isimleri, her satır bir firmayı ve bu firmanın çeşitli kriterlerdeki performansını temsil etmektedir.

- Veri Tipi: Kategorik (string)

Maliyet (Cost); Projenin tamamlanması için firmanın sunduğu tahmini maliyet; Maliyet, firmanın projeyi ne kadar düşük bütçeyle tamamlayabileceğini göstermektedir.

- Veri Tipi: Sayısal (int).

- Değer Aralığı: 200.000 TL - 600.000 TL.

- Örnek Değerler: 300.000 TL, 450.000 TL.

Kalite (Quality); Firmanın önceki projelerde sunduğu iş kalitesini göstermektedir. Bu, firmanın projeyi titizlikle ve yüksek teknik yeterlilikle tamamlayabilme yeteneğini yansıtmaktadır.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 85%, 90%, 95%.

Zamanında Teslimat (Timely Delivery); Firmanın projeyi zamanında teslim etme oranını göstermektedir. Projeyi planlanan sürede tamamlayabilme yeteneğini yansıtmaktadır.

- Veri Tipi: Sayısal (int).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 90%, 85%, 95%.

Güvenilirlik (Reliability); Firmanın genel itibarı ve güvenilirliğini temsil etmekte olup, müşteri ilişkilerinde ve proje yönetimindeki güvenilirlik derecesini yansıtmaktadır.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 87%, 92%, 88%.

Teknik Yeterlilik (Technical Capability); Firmanın teknik donanım ve insan kaynakları açısından projeyi başarıyla tamamlayabilme yeteneğini göstermektedir.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 89%, 94%, 91%.

Mali Güç (Financial Strength); Firmanın finansal sürdürülebilirlik ve ödeme gücü, projeyi başarılı bir şekilde yönetme ve tamamlamada firmanın mali yapısını yansıtmaktadır.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 85%, 91%, 90%.

Proje Yönetimi Deneyimi (Project Management Experience); Firmanın proje yönetimi alanındaki deneyimi ve başarısı, daha önceki projelerdeki başarılarına dayalı olarak ölçülmektedir.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 88%, 93%, 90%.

İş Güvenliği (Work Safety); Firmanın iş güvenliği politikaları ve güvenlik performansı, çalışanlarının güvenliğini ne ölçüde sağlayabildiğini göstermektedir.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 92%, 88%, 95%.

İhale Geçmişi (Tender History); Firmanın geçmişte katıldığı ihalelerdeki deneyimi ve başarısı; daha önceki ihalelerdeki performansı temel almaktadır.

- Veri Tipi: Sayısal (float).

- Değer Aralığı: 0% - 100%.

- Örnek Değerler: 82%, 85%, 90%.

Verileri Düzenleme ve Analize Hazır Hale Getirme; Bu bölümde verileri düzenleme ve analize hazır hale getirme aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır. Python kodları firmaların çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi, karar verme süreçlerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu süreçte kullanılan yöntemler, firmaların performansını objektif bir şekilde ölçmeyi ve karşılaştırmayı sağlamaktadır. Bu rapor, sağlanan Python betiğinin AHP ve Bulanık Mantık yöntemlerini kullanarak firmaların değerlendirilmesini nasıl gerçekleştirdiğini detaylı bir şekilde açıklamaktadır. `load_data(file_path); load_data(file_path)`, bu fonksiyon, belirtilen excel dosyasını yüklemektedir. Veri setinin başarılı bir şekilde yüklenip yüklenmediğini kontrol eder ve olası hataları yakalamaktadır.

- Parametreler; `file_path`: Yüklenecek Excel dosyasının yolu ve adıdır.

- İşlevler; Excel dosyasını `pandas DataFrame` olarak okumaktadır.

- Dosya bulunamazsa veya başka bir hata oluşursa, uygun hata mesajını görüntüler ve programı sonlandırılmaktadır.

Veri Kontrolleri;

- “Firma” sütunu kontrolü; Veri setinde “Firma” sütununun varlığı kontrol edilmektedir. Bu sütun, firmaların isimlerini içerir ve değerlendirme sürecinde kritik bir rol oynamaktadır.

- Kriter sütunlarının belirlenmesi; “Firma” sütunu dışındaki tüm sütunlar kriter olarak belirlenmektedir. Bu kriterler, firmaların değerlendirilmesinde kullanılacak faktörleri temsil etmektedir.

- Eksik verilerin kontrolü ve doldurulması; Veri setinde eksik değerler (NaN) kontrol edilmektedir. Eksik değerler, ilgili sütunun ortalama değeri ile doldurularak tamamlanmaktadır. Bu, analizlerin doğruluğunu artırmaktadır.

AHP Ağırlıklarının Belirlenmesi; Bu bölümde AHP ağırlıklarının belirlenmesi aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

Ağırlıkların Tanımlanması; AHP yönteminde, her kriterin toplam ağırlığa katkısı belirlenir. Ağırlıkların toplamının 1 olması gerekmektedir. Betikte, ağırlıklar sabit bir dizi olarak tanımlanmıştır:

```
weights = np.array([0.2, 0.15, 0.1, 0.1, 0.15, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05])
```

Bu ağırlıklar, kriterlerin önem sırasına göre atanmıştır. Kullanıcı gereksinimlerine göre bu ağırlıklar kullanıcı girişi veya bir yapılandırma dosyasından alınabilmektedir.

`validate_weights(weights); validate_weights(weights)`, bu fonksiyon, verilen ağırlıkların toplamının 1 olup

olmadığını kontrol etmektedir.

- İşlevler, ağırlıkların toplamını hesaplamaktadır.
- Toplam 1'e yakın değilse, hata mesajı verir ve programı sonlandırmaktadır.
- Toplam 1'e yakınsa, doğrulama mesajı görüntülenmektedir.

Veri Normalize Etme (AHP); Bu bölümde veri normalize etme (AHP) aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

normalize_data(df, criteria_columns, method='min-max'); normalize_data(df, criteria_columns, method='min-max'), bu fonksiyon, veri setindeki kriterleri belirli bir yöntemle normalize etmektedir. Normalizasyon, farklı ölçekteki verilerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

Parametreler;

- df: Orijinal veri seti.
- criteria_columns: Normalize edilecek kriter sütunları.
- method: Kullanılacak normalizasyon yöntemi ('min-max' veya 'z-score').

İşlevler;

- Maliyet kriteri; özel olarak 200.000 TL ile 600.000 TL arasında 0-100 aralığına normalize edilmektedir. Değerler 0-100 arasında sınırlandırılmaktadır.
- Diğer kriterler; Seçilen yöntemle bağlı olarak min-max veya z-score yöntemiyle 0-100 aralığına normalize edilmektedir. Desteklenmeyen bir yöntem seçilirse, hata mesajı verir ve programı sonlandırmaktadır.

Normalizasyon Yöntemleri; Bu bölümde min-max normalizasyon ve z-score normalizasyonu aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır. Birçok makine öğrenme algoritması, veri noktalarının özelliklerini karşılaştırarak verilerdeki eğilimleri bulmaya çalışmaktadır. Ancak, özellikler büyük ölçüde farklı ölçeklerde olduğunda bir sorun ortaya çıkmaktadır. Normalizasyonun amacı her veri noktasının aynı ölçeğe sahip olmasını ve böylece her özelliğin eşit derecede önemli olmasını sağlamaktır.

Min-max normalizasyonu, verileri normalleştirme en yaygın yollarından biri olup, her özellik için, o özelliğin minimum değeri 0'a, maksimum değeri 1'e ve diğer her değer 0 ile 1 arasında bir ondalığa dönüştürülmektedir (eşitlik 1).

$$X_{\text{normalized}} = \left(\frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Z-Score Normalizasyonu; Z-puanı normalizasyonu, bu aykırı değer sorununu önleyen bir veri normalleştirme stratejisidir (eşitlik 2).

$$X_{\text{normalized}} = \left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right) \times 100 \quad (2)$$

Burada, μ ortalama ve σ standart sapmadır.

Burada, μ özelliğin ortalama değeri ve σ özelliğin standart sapmasıdır. Bir değer özelliğin tüm değerlerinin ortalamasına tam olarak eşitse, 0'a normalize

edilmektedir. Ortalamanın altındaysa, negatif bir sayı olacaktır ve ortalamanın üzerindeyse, pozitif bir sayı olacaktır. Bu negatif ve pozitif sayıların büyüklüğü, orijinal özelliğin standart sapması tarafından belirlenmektedir. Normalize edilmemiş veriler büyük bir standart sapmaya sahipse, normalize edilmiş değerler 0'a daha yakın olacaktır.

AHP Skorlarının Hesaplanması; Bu bölümde AHP skorlarının hesaplanması aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

calculate_ahp_scores(normalized_data, weights); calculate_ahp_scores(normalized_data, weights), bu fonksiyon, normalize edilmiş verilere göre AHP skorlarını hesaplamaktadır.

Parametreler;

- normalized_data; Normalize edilmiş veri seti.
- Weights; Ağırlık dizisi.

İşlevler;

- AHP skorları, normalize veriler ile ağırlıkların noktasal çarpımı (dot product) alınarak hesaplanmaktadır.
- Sonuç, her firma için 0-100 aralığında bir skor oluşturmaktadır.

Bulanık Mantık Skorlarının Hesaplanması; Bu bölümde bulanık mantık skorlarının hesaplanması aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

setup_fuzzy_logic(df); setup_fuzzy_logic(df), bu fonksiyon, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) sistemini kurar ve her firma için bulanık skorları hesaplanmaktadır.

İşlevler;

- Girdi değişkenlerinin tanımlanması; Kriterler için evren aralıkları (0-100) belirlenmektedir. Her kriter için Bulanık mantık üyelik fonksiyonları otomatik olarak tanımlanmaktadır (low, medium, high).
- Çıktı değişkeni; Sonuç için 0-100 aralığında bir üyelik fonksiyonu tanımlanmaktadır (düşük, orta, yüksek).
- Kuralların tanımlanması; Belirli kriter kombinasyonlarına göre sonuç üyelik fonksiyonları atanmaktadır. Örneğin, maliyet kötü (poor) ve kalite iyi (good) olduğunda sonuç yüksek (yüksek) olmaktadır.
- Kontrol sistemi ve simülasyon; Tanımlanan kurallara göre bir kontrol sistemi oluşturulmaktadır. Her firma için kriter değerleri girilerek simülasyon çalıştırılır ve bulanık skor hesaplanmaktadır.
- Sonuçların eklenmesi; Hesaplanan bulanık skorlar, veri setine yeni bir sütun olarak eklenmektedir (Bulanık_Skor). Eksik skorlar uygun bir değerle (örneğin, 0) doldurulmaktadır.

Sonuçların Görselleştirilmesi; Bu bölümde sonuçların görselleştirilmesi aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

visualize_top_firms; visualize_top_firms(df, score_column, top_n=5, title='Firma Sıralaması', ylabel='Skor', file_name=None), bu fonksiyon, en yüksek skor alan N firmayı bar grafiği olarak görselleştirmektedir.

Parametreler;

- df: Veri seti.
- score_column: Görselleştirilecek skor sütunu

(AHP_Skoru veya Bulanik_Skor).

- top_n: Görselleştirilecek en üstteki firma sayısı.
 - title: Grafik başlığı.
 - ylabel: Y eksen etiketi.
 - file_name: Grafiğin kaydedileceği dosya adı (opsiyonel).
- İşlevler;

- Firmalar, belirtilen skor sütununa göre azalan sırada sıralanmaktadır.
- En üstteki top_n firma seçilir ve bar grafiği oluşturulmaktadır.
- Skor değerleri barların üzerine yazdırılmaktadır.
- Grafik dosyaya kaydedilir (isteğe bağlı) ve ekranda görüntülenmektedir.

visualize_score_distribution; visualize_score_distribution(df, score_column, title, xlabel, file_name), bu fonksiyon, belirtilen skor sütununun dağılımını histogram ve yoğunluk grafiği ile görselleştirilmektedir.

Parametreler;

- df: Veri seti.
 - score_column: Görselleştirilecek skor sütunu.
 - title: Grafik başlığı.
 - xlabel: X eksen etiketi.
 - file_name: Grafiğin kaydedileceği dosya adı (opsiyonel).
- İşlevler;

- Skor dağılımı histogram ve KDE (Kernel Density Estimation) grafiği ile gösterilmektedir.
- Grafik dosyaya kaydedilir (isteğe bağlı) ve ekranda görüntülenmektedir.

visualize_all_firms; visualize_all_firms(df, ahp_score_col, fuzzy_score_col, top_n=10, file_name=None), bu fonksiyon, en yüksek skor alan top_n firmayı hem AHP hem de Bulanık Mantık skorları ile yan yana bar grafiği olarak görselleştirilmektedir.

Parametreler;

- df: Veri seti.
 - ahp_score_col: AHP skor sütunu.
 - fuzzy_score_col: Bulanık Mantık skor sütunu.
 - top_n: Görselleştirilecek en üstteki firma sayısı.
 - file_name: Grafiğin kaydedileceği dosya adı (opsiyonel).
- İşlevler;

- Firmalar, AHP skoruna göre sıralanır ve en üstteki top_n firma seçilmektedir.
- Her firma için AHP ve Bulanık skorları yan yana barlar olarak gösterilmektedir.
- Skor değerleri barların üzerine yazdırılmaktadır.
- Grafik dosyaya kaydedilir (isteğe bağlı) ve ekranda görüntülenmektedir.

AHP ve Bulanık Mantık Skorlarının Karşılaştırılması; Bu bölümde AHP ve bulanık mantık skorlarının karşılaştırılması aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

compare_scores; compare_scores(df, score_column1, score_column2), bu fonksiyon, iki farklı skor arasındaki korelasyonu görselleştirmekte ve hesaplamaktadır.

Parametreler;

- df: Veri seti.
- score_column1: İlk skor sütunu (örneğin, AHP_Skoru).
- score_column2: İkinci skor sütunu (örneğin,

Bulanik_Skor).

İşlevler;

- Skorlar arasında bir scatter plot (saçılım grafiği) oluşturulmaktadır.
- Her nokta, bir firmayı temsil eder ve iki skor arasındaki ilişkiyi gösterilmektedir.
- Korelasyon katsayısı hesaplanır ve grafik üzerine yazdırılmaktadır.

- Grafik dosyaya kaydedilir (korelasyon_scatter.png) ve ekranda görüntülenmektedir.

Korelasyon Matrisi Görselleştirme; Bu bölümde korelasyon matrisi görselleştirme aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır. Korelasyon matrisi, veri setindeki tüm skorlar ve kriterler arasındaki korelasyonları gösterilmektedir. Bu, hangi kriterlerin birbirleriyle güçlü veya zayıf ilişkiler içinde olduğunu anlamak için kullanılmaktadır.

İşlevler:

- AHP_Skoru, Bulanik_Skor ve tüm kriterler arasındaki korelasyonlar hesaplanmaktadır.
- Seaborn'un heatmap fonksiyonu kullanılarak ısı haritası şeklinde görselleştirilmektedir.
- Korelasyon değerleri grafikte anotasyon olarak gösterilmektedir.
- Grafik dosyaya kaydedilir (korelasyon_matrisi.png) ve ekranda görüntülenmektedir.

Sonuçların Kaydedilmesi; Bu bölümde sonuçların kaydedilmesi aşamaları teknik detayları ve tanımlamaları ile birlikte aktarılmaktadır.

save_results; save_results(df, output_file), bu fonksiyon, hesaplanan skorlar ve diğer bilgilerin bulunduğu veri setini belirtilen bir Excel dosyasına kayıt etmektedir.

Parametreler;

- df: Veri seti.
- output_file: Kaydedilecek Excel dosyasının adı ve yolu.

İşlevler:

- Veri seti, belirtilen dosya adına göre Excel formatında kaydedilmektedir.
- Kaydetme işlemi sırasında herhangi bir hata oluşursa, hata mesajı görüntülenmektedir.

3. Bulgular

3.1. Bulanık Mantık Skorları

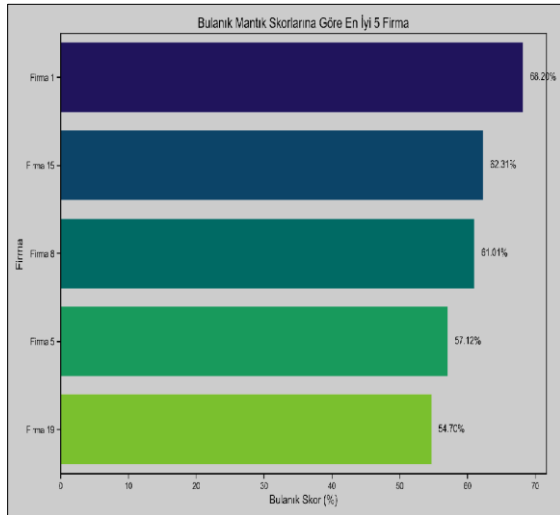
Geliştirilen Python tabanlı analiz aracı, firmaların çeşitli kriterler doğrultusunda değerlendirilmesi için kapsamlı bir analiz süreci sunmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve skorların hesaplanması sağlanırken, Bulanık Mantık sistemi sayesinde daha esnek ve insan benzeri değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir. Sonuçların görselleştirilmesi ve kaydedilmesi işlemleri, elde edilen verilerin daha kolay yorumlanmasına ve paylaşılmasına katkı sağlamaktadır (Zengin vd., 2023; Aslan vd., 2024; Günel vd., 2024; Yıldız vd., 2024). Söz konusu analiz aracı, firmaların performansını objektif bir şekilde değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla etkili yöntemler sunmaktadır. Ayrıca kullanıcılar, aracı kendi

veri setlerine ve özel ihtiyaçlarına uyarlayarak daha geniş kapsamlı bir değerlendirme yelpazesi oluşturabilmektedir. (Özdemir 2024; Eltaleb vd., 2024; Lüy vd., 2024; Özarslan-Yatak vd., 2024).

Bulanık mantık skorlarına göre en iyi 5 firma; bulanık mantık skorum, yaklaşık dize eşleştirme, bulanık ad eşleştirme veya bulanık dize eşleştirme olarak da bilinen, veri tablosu kümelerindeki benzer ancak aynı olmayan öğeleri tanımlayan bir yapay zeka ve makine öğrenme teknolojisidir. Yaklaşık dize eşleştirme, belirli kelimeler yanlış yazılmış, kısaltılmış veya atlanmış olsa bile yaklaşık eşleşmeleri bulmaya yardımcı olur, arama motorlarında yoğun olarak kullanılan bir işlemdir. (Yıldırım vd., 2023; Akarslan-Kodalöglü vd., 2023; Mızrak 2023; Alsaadoun vd., 2024; Alsmadi vd., 2024).

Sonuç olarak, yaklaşık dize eşleştirme bir eşleşme puanı sağlar ve mükemmel bir bulanık eşleşme olmayan kelimeleri, ifadeleri ve dizeleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bulanık mantık skorum, tıp alanında, finansal hizmetlerde, sosyal güvenlik dolandırıcılığını belirlemede ve daha birçok alanda belirsiz veri kümelerini birleştirmek için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Sonuç olarak Bulanık Mantık skorum, modern işletmelerin genellikle zahmetli ve zahmetli olan manuel çoğaltma işinde sayısız adam-saat tasarrufu sağlamasına yardımcı olmaktadır (Anlak vd., 2023; Boyacıoğlu vd., 2023; Şimşek vd., 2023; Uysal vd., 2023; Yılmaz vd., 2023).

Çalışmamıza ait Bulanık Mantık skorlarına göre en iyi beş firma Şekil 1’de gösterilmekte olup Bulanık Mantık analiz sonuçlarına göre “Firma-1” %68.20 ve “Firma-15” ise %62.31 ile öne çıktığı tespit edilmiştir.



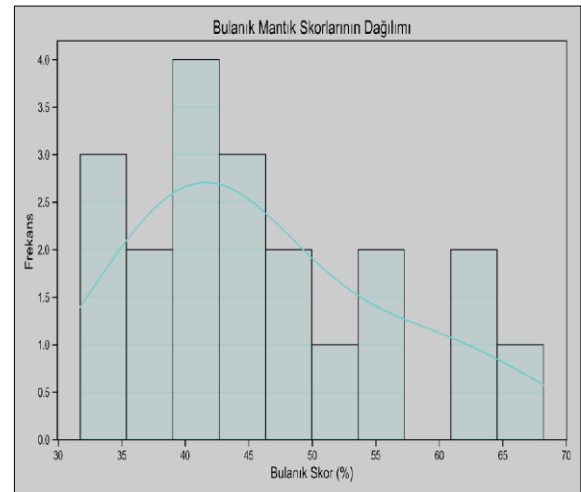
Şekil 1. Bulanık mantık skorlarına göre en iyi 5 firma.

Literatürde bulanık mantık modelleme ile matematiksel başarı üzerine yapılan çalışmada, bulanık mantık yöntemiyle oluşturulan modelden elde edilen yüzeyde aktif katılımın başarı üzerinde olumlu etkisi varken, yokluğun olumsuz etkisi bulunmaktadır. Aktif katılımın yüksek, devamsızlığın az olduğu durumlarda yüksek başarı elde edildiği belirtilmektedir. Aktif katılımın az,

devamsızlığın yüksek olduğu durumlarda başarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada bulanık mantık sisteminden elde edilen değerler gerçek değerlerle karşılaştırılmış ve benzerlik oranı %80 olarak bulunmuştur (Uyhan vd., 2022).

Bulanık mantık skorlarının dağılımı; Bulanık dağılım kümeleri, üyelik değerlerinin toplamı 1’e eşit olan sonlu bir alanda tanımlanan bulanık kümeler olup, bu tür bulanık kümeler, öznel olasılık dağılımlarının ve öznel ağırlık dağılımlarının modelleri olarak hizmet edebilmektedir. Bu dağılımları bulanık kümeler olarak düşünmek, bulanık kümelerin işlemlerini ve daha genel olarak son on yıllarda geliştirilen bulanık kısıtlamaların hesabını bu tür dağılımlara genişletme olanağı vermektedir (Ahmad vd., 2023; Tubpawatin vd., 2023; Tafazzoli vd., 2024; Wibisono-Adhipradana vd., 2024). Bulanık dağılım kümeleri üzerindeki bu temel işlemler, bulanık mantık yöntemlerinin öznel olasılık ve ağırlık dağılımlarına uygulanması için bir temel oluşturabilmektedir. Bu işlemler, öznel olasılık dağılımları ve öznel ağırlıklandırma fonksiyonları ile akıl yürütme modelleri geliştirmek için ve ağırlık dağılımları çok kriterli, çok kişili ve çok nitelikli karar alma modellerinde kullanılabilir (Marović vd., 2021; Rustandi vd., 2021; Putri vd., 2022; Thanh vd., 2022; Warrad vd., 2022).

Çalışmamıza ait bulanık mantık skorlarının dağılımı Şekil 2’de gösterilmekte olup grafik açıklamasına göre firmaların bulanık mantık skorlarının dağılımını Histogramda, en fazla firmanın skoru %45 ile %50 arasında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları bu dağılımı, firmaların çoğunlukla orta düzey performans gösterdiğini, sadece birkaç firma daha yüksek (%60 ve üstü) veya daha düşük (%40 altı) performans sergilediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2. Bulanık mantık skorlarının dağılımı.

Literatürde elektrikli araçların dağıtım transformatörlerinin yaşanmasına etkisinin bulanık mantık kullanılarak tahminlemesi ile ilgili çalışmada, bulanık mantık ile tahminde elde edilen sonuçlar verilen yaklaşık değerlerle test edildiğinde %95,321 oranında

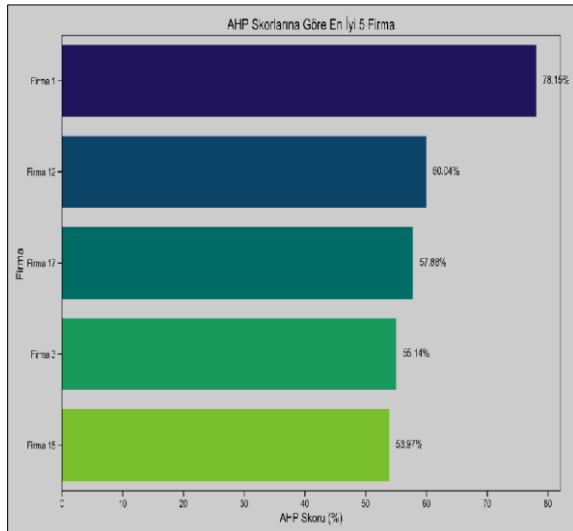
gerçekleştiği görülmüş hataların %1.652'si tanımlanan kurallara göre elde edilmiştir. Bulanık mantık sayısal verilerin niteliksel özelliklere göre sınıflandırılması ile yapılan tahminler sonucunda bulanık mantık ile tahminde doğruluk oranı %96,973 olarak bulunmuştur (Akar, 2024).

3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi Skorları

Bu bölümde Analitik Hiyerarşi Prosesi skorlarına göre en iyi 5 firma ve Analitik Hiyerarşi Prosesi skorlarının dağılımı grafik ve analiz sonuçlarına yer verilmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi skorlarına göre en iyi 5 firma; Analitik Hiyerarşi Prosesi süreci, basit hesaplamalara dayanan çok kriterli karar verme yöntemi olup, Analitik Hiyerarşi Prosesi tekniği karar verme analizini iyileştirebilir ve karmaşık karar almayla başa çıkmak için güçlü bir araç sağlayabilmektedir (Ahmad vd., 2023; Tubpawatin vd., 2023; Tafazzoli vd., 2024; Wibisono-Adhipradana vd., 2024). Ayrıca, kararların hem nitel hem de nicel yönlerini dikkate alır ve kriterler arasındaki karmaşık ilişkileri bir dizi karşılaştırmaya indirgemektedir. Dahası, bu yöntem ayrıştırma kurallarına, karşılaştırmalı yargılara ve önceliklerin sentezine dayanır ve temel matematiği içermektedir. Analitik hiyerarşi prosesi, alternatifleri ve nitelikleri kullanır ve değerlendirme için alternatifleri bir nitelik hiyerarşisi içinde yapılandırmaktadır. Çiftler halinde karşılaştırma yoluyla Analitik Hiyerarşi Prosesi, 1'den 9'a kadar bir ölçek kullanarak alternatifler için sıralama tercihini ve nitelikler için ağırlıklandırma tercihini ortaya çıkarmakta ve daha yüksek puanlar daha büyük göreceli tercihi göstermektedir (Rustandi vd., 2021; Marović vd., 2021; Putri vd., 2022; Thanh vd., 2022; Warrad vd., 2022).

Çalışmamıza ait analitik hiyerarşi skorlarına göre en iyi beş firma Şekil 3'de gösterilmekte olup analitik hiyerarşi skorları analiz sonuçlarına göre "Firma-1" %78, "Firma-12" %60 ile en iyi performansa sahip firmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu sıralama, Analitik Hiyerarşi Prosesi kriterlerine göre hangi firmaların genel anlamda daha iyi performans sergilediğini sonucuna varılmıştır.

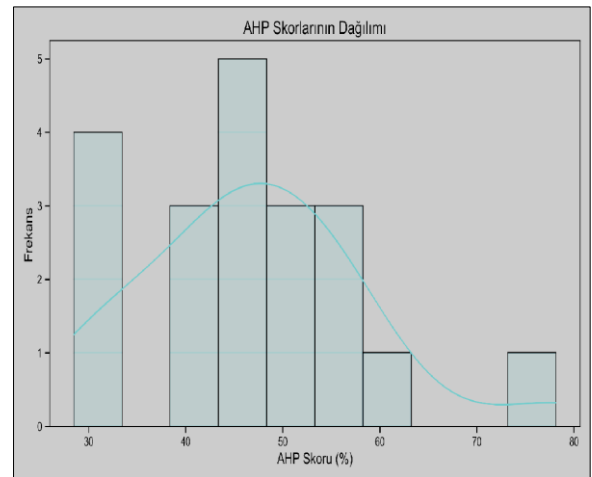


Şekil 3. AHP skorlarına göre en iyi 5 firma.

Şimşek vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılarak havayolu işletmelerinde pilot seçimi değerlendirilmiştir. Literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda 3'ü üst, 14'ü alt olmak üzere toplam 17 kriter belirlenmiş ve ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlerin yerel ve global ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulgulara göre en önemli işe alım kriteri, 0,321 küresel ağırlık endeksi ile uçuş tecrübesi olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla toplam uçuş saati (0,243) ile karar verme ve problem çözme yetkinliği (0,096) izlemiştir. Görsel ve işitsel hafıza yetenekleri ise en düşük ağırlıklara (0,007) sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hava taşımacılığı sektöründe kullanılan işe alım kriterlerinin bu çalışmadaki bulgularla büyük ölçüde örtüştüğünü göstermektedir.

3.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi Skorlarının Dağılımı

Analitik hiyerarşi süreci, karar almanın yapılandırılmış ve şeffaf bir yolu olup Analitik hiyerarşi süreci ile alacağımız kararları adım adım ilerleyen bir sürece dönüştür, bu da karar almayı basitleştirir, iş birliğini mümkün kılar ve kararların kalitesini artırmaktadır (Hoseinpoor, 2019; Ojokoh vd., 2020; Razi vd., 2020; Afolayan vd., 2021; Naik vd., 2021). Analitik hiyerarşi süreci, stratejik hedeflerinizi, projeleri puanlamak için kullandığınız bir dizi ağırlıklı kriter olarak yakalamanızı sağlamaktadır. Analitik hiyerarşi prosesi skor dağılımı temeli, ikili karşılaştırma sorularını, cevabınızı "eşit derecede önemli" (oran=1) ile "çok önemli" (oran=9) arasında değişen, tercihlerin yoğunluğunu temsil eden dokuz puanlık bir ölçekten seçerek skorlanmaktadır (Irma vd., 2018; Jabbarzadeh 2018; Yarahmadi vd., 2018; Morkunaite vd., 2019; Najiazarpour vd., 2019).



Şekil 4. AHP skorlarının dağılımı.

Çalışmamıza ait analitik hiyerarşi prosesi skor dağılımı gösteren histogram Şekil 4'de gösterilmekte olup analitik hiyerarşi prosesi skor dağılımı analiz sonuçlarına göre genellikle %40-60 aralığında toplanmıştır. Bu durum, firmaların büyük çoğunluğunun ortalama performans sergilediği sonucuna varılmıştır.

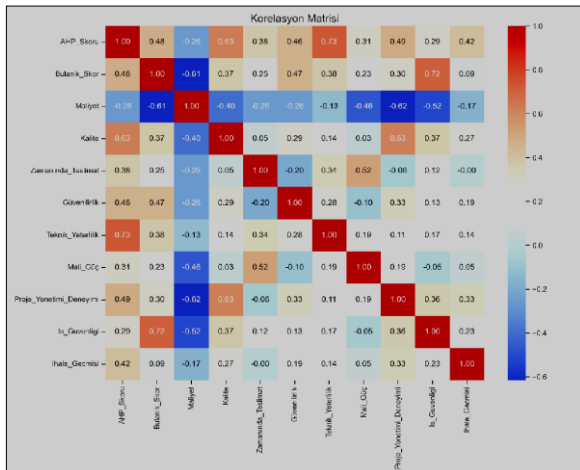
Acar vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, mağaza

müdürü seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda oluşturulan hiyerarşik model üzerinden yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, adaylar arasında en uygun seçimin belirlendiği ifade edilmiştir.

3.4. Korelasyon Matrisi

Korelasyon matrisi, değişkenler arasındaki korelasyonun gösterin bir matris olup, tüm olası değer çiftleri arasındaki korelasyonu bir matris biçiminde verilmektedir. Bir korelasyon matrisi, bir veri kümesindeki iki değişken arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir teknik olup, matris, her hücrenin bir korelasyon katsayısı içerdiği bir tablodur; burada 1 değişkenler arasında güçlü bir ilişki, 0 nötr bir ilişki ve -1 güçlü olmayan bir ilişki olarak kabul edilmektedir. En yaygın olarak regresyon modelleri oluşturmada kullanılmaktadır. Çoklu doğrusal regresyonda korelasyon matrisi, bir modelin bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon katsayılarını belirlemektedir (Erdin vd., 2021; Acar vd., 2022; Keringingo vd., 2022; Şimşek vd., 2022; Uyhan vd., 2022; Akar 2024).

Çalışmada ait korelasyon matrisi grafik açıklaması Şekil 5'de gösterilmekte olup, korelasyon matrisi, analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık mantık skorları ile kriterler arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir. Kırmızı tonlar pozitif korelasyonu (güçlü bağımlılık), mavi tonlar ise negatif korelasyonu gösterdiği tespit edilmiştir. Korelasyon matrisi analiz sonuçlarına göre; analitik hiyerarşi prosesi skoru ile "kalite" arasında yüksek pozitif korelasyon olduğu (0,63), bu, kalite arttıkça Analitik Hiyerarşi Prosesi skorunun da arttığı tespit edilmiştir. analitik hiyerarşi prosesi skoru ile "teknik yeterlilik" arasında da yüksek bir pozitif korelasyon (0,73) tespit edilmiş olup bu da analitik hiyerarşi prosesi skorunun büyük oranda teknik yeterlilikten etkilendiğini göstermektedir. Bulanık skor ile "iş güvenliği" arasında güçlü bir ilişki bulunmakta olup, (0,72), bu da iş güvenliğine daha fazla önem veren firmaların bulanık mantık sisteminde daha yüksek skor aldığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5. Korelasyon matrisi.

Keringingo vd. (2022) çalışmalarında, Burundi'de patates üretim sistemi seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanmışlardır. Çok kriterli karar verme süreci ile yapılan değerlendirme sonucunda, Victoria çeşidinin en uygun patates türü olarak belirlendiği ifade edilmiştir.

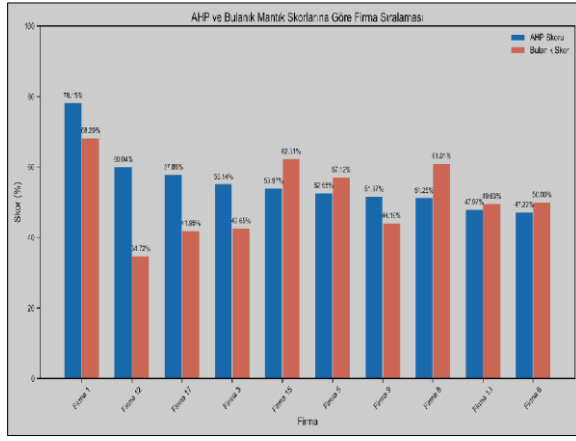
3.5. Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Skorların Firma Bazında Karşılaştırılması

Bulanık mantık, dilsel yargılar, farklı kişiler için farklı önem düzeyleri tasvir edilebilmektedir. Bulanık mantık önem düzeyindeki bu değişimi yakalamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Üyelik derecesi, genellikle iki eksen diyagramında gösterilen üyelik fonksiyonuyla verilmektedir. Yatay eksen bulanık kümelerin etki alanı elemanlarını temsil eder ve dikey eksen üyelik derecesini temsil eder; burada sıfır üyeliksizlik anlamına gelir ve bir tam üyelik anlamına gelmektedir (Erdin vd., 2021; Acar vd., 2022; Şimşek vd., 2022; Keringingo vd., 2022; Uyhan vd., 2022; Akar 2024).

Analitik hiyerarşi prosesi tedarikçi veya yüklenici gibi farklı seçimler kriterleri için sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantık yönteminde olduğu gibi Analitik hiyerarşi prosesi de sorunu hiyerarşik bir yapıda formüle etmektedir. Temel fark, bir karşılaştırma matrisi A'da toplanan ikili karşılaştırmalar yoluyla kriterlerin göreceli ağırlıklarının (önemlerinin) ve alternatiflerin performanslarının ortaya çıkarılmasıdır. Analitik hiyerarşi prosesi, Bulanık mantık yönteminden farklı olarak hiyerarşinin derinliğinden bağımsız kriter ağırlıklarına sahip olup bu özellik geçerlidir çünkü her seviyedeki kriter ağırlıklarının toplamı her zaman 1'e eşittir (Erdin vd., 2021; Acar vd., 2022; Keringingo vd., 2022; Uyhan vd., 2022; Şimşek vd., 2022; Akar 2024). Çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık skorlarının firma bazında karşılaştırılması grafik açıklaması Şekil 6'da ve Tablo 2'de kriterlere göre tespit edilen firmalara ait verilerin sonuç tablosu gösterilmekte olup, bu grafikte her firmanın hem Analitik hiyerarşi süreci hem de bulanık mantık skorları yan yana verilmektedir.

Analitik hiyerarşi süreci ve bulanık mantık skorlarının firma bazında karşılaştırılması analiz sonuçlarına göre "Firma-1", hem analitik hiyerarşi süreci hem de bulanık mantık skorlarında en yüksek değere sahip olduğu, bu firmanın genel performansının çok iyi olduğu tespit edilmiştir.

"Firma-15" analitik hiyerarşi süreci skoru bulanık mantık skorundan daha düşük olduğu, bu firma performansının Analitik Hiyerarşi Süreci kriterlerine göre düşük olduğunu, ancak bulanık mantık sisteminde daha yüksek puan aldığı tespit edilmiştir. "Firma-12" ve "Firma-9" gibi firmalarda analitik hiyerarşi süreci skorları oldukça yüksek iken, bulanık skorları daha düşük çıkmış olup, bu durum, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık yöntemlerinin farklı değerlendirme şekillerine sahip olduğunu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6. AHP ve bulanık mantık skorlarına göre firma sıralaması.

Literatüre baktığımızda Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında kırsal yangın riski değerlendirmesi bulanık mantık ve Analitik Hiyerarşi Süreci yaklaşımlarının kullanımı ile ilgili çalışmada, Türkiye'nin yedi coğrafi

bölgesinde kırsal alan yangın riskini değerlendirmektedir. Çalışma analiz için analitik hiyerarşi süreci ve bulanık mantık yaklaşımları kullanılarak bu yaklaşımları Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegre edilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, yangın riski değerlendirmesi için oluşturulan bazı modeller biraz farklı sonuçlar verse de Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinin kırsal alan yangın risk düzeylerinin en yüksek olduğu bölgeler olduğunu, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık yaklaşımlarıyla elde edilen yangın risk değerlendirme sonuçları coğrafi bölgeler bazında örtüşdüğü ve kırsal alan yangın risk değerlendirmesi için Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantığın Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegre edilmesi, gerekli planlamanın yapılmasında ve çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında geçerli, güvenilir ve çok önemli sonuçlar sağladığı sonucuna varmışlardır (Erdin vd., 2021).

Table 2. Kriterlere göre tespit edilen firmalara ait verilerin sonuç tablosu

Firma	Maliyet	Kalite	Zamanında Teslimat	Güvenilirlik	Teknik Yeterlilik	Mali Güç	Proje Yönetimi Deneyimi	İş Güvenliği	İhale Geçmişi	AHP Skoru	Bulanık Skoru
F-1	125691	100	82,0637864	100	100	100	100	100	100	78,146699	68,19616
F-2	476831,89	81,576292	46,377018	11,553096	23,2676324	33,89979	28,16163106	1,635557	47,24845	42,75084	31,73573
F-3	485248,02	88,675543	75,5467636	41,148485	13,316957	64,4586	47,74398319	19,07274	55,20069	55,142942	42,64843
F-4	427801,55	60,585448	27,8083802	96,608452	23,5487959	11,83272	72,67384559	24,3099	18,49705	46,029768	32,86449
F-5	367112,19	71,851496	29,3450693	90,305	58,6347647	21,08464	44,00924302	64,65583	76,13863	52,647756	57,11534
F-6	358366,82	21,49091	57,6200142	74,551629	85,0367883	55,2547	51,45189189	2,342208	3,006312	47,216689	50
F-7	365188,83	44,365538	73,3296047	6,976147	32,8515461	67,37296	47,26719094	30,8722	74,0028	43,430851	37,00043
F-8	437234,02	27,17402	100	32,801994	71,0257713	86,5517	3,30663336	65,42432	1,324022	51,250741	61,0107
F-9	497091,81	75,239285	17,089624	41,949523	47,4295853	6,258192	82,78015668	43,21583	48,62952	51,667594	44,0968
F-10	431496,7	3,9519628	97,1672465	32,495446	11,8209254	40,33435	4,285768393	14,34633	48,46661	33,130777	38,76424
F-11	393172,61	54,196154	52,5818066	3,1062514	51,0540495	3,630633	40,4419065	82,38606	38,59552	40,350988	43,92845
F-12	569707,12	30,833276	60,8746194	25,479958	72,8112176	58,7015	65,26528722	25,06748	92,57631	60,040572	34,72446
F-13	419438,3	57,264337	86,3355092	32,012346	16,2229912	22,37205	68,68386092	78,79855	42,22154	47,965238	49,62704
F-14	241289,21	13,370506	55,9347043	4,2627522	16,0620337	93,08319	71,44169731	31,16799	51,19481	31,716968	39,03761
F-15	262880,24	85,995815	68,3370877	78,063393	49,0516448	8,975137	84,4535481	72,21393	71,73165	53,968012	62,3094
F-16	393536,83	29,470616	19,3621868	48,116497	5,88422905	0,356932	42,97691199	90,66385	69,41128	32,684422	48,35463
F-17	420747,26	59,447782	88,9108663	31,923272	95,9016203	34,30762	44,44841694	38,37828	46,34407	57,880605	41,95425
F-18	499787,65	33,277981	67,03671	5,4136116	69,6881486	15,3035	18,42409174	60,66963	27,42716	44,352471	43,4869
F-19	204388,44	87,966485	55,291702	13,874176	3,53605537	76,88188	90,26208212	75,61931	11,6898	40,835953	54,70098
F-20	600909,67	2,0698024	3,22019898	47,025636	5,06651477	15,7663	2,412032007	10,64148	34,43346	28,452646	39,87455

4. Tartışma

Bu çalışmada, ihale süreçlerinde yüklenici seçimi ile ilgili çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli ihalelere ait veriler kullanılarak veri setleri, farklı sektörlerden ve büyüklüklerden gelen ihalelerin detaylı bir analizi için

seçilmiştir. Bu ihaleler, maliyet, süre, kalite, teknik kapasite gibi çeşitli kriterlerin değerlendirildiği tipik ihale süreçlerini temsil etmektedir. Çalışmanın temel metodolojisi, çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesini içermektedir. İlk aşamada, ihale süreçlerinde önemli olan

faktörler belirlenecek ve bu faktörlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak tespit edilmiştir. Daha sonra, belirsizlikle başa çıkmak ve bulanık bilgiyi işlemek için bulanık mantık yöntemleri uygulanmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi aşamasında, karar vericilerle yapılan görüşmeler ve literatür taraması sonucunda belirlenen kriterler için bir karar matrisi oluşturulmuş, ardından bu matris üzerinden ağırlık vektörleri hesaplanmıştır.

Bulanık Mantık aşamasında, belirlenen kriterlerin bulanıklık dereceleri uzman görüşleri ve geçmiş veri analizleri kullanılarak belirlenmiş; ardından bulanık mantık kuralları oluşturularak çıkarım süreci tamamlanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre, çalışmada elde edilen bulanık mantık skorları incelendiğinde, “Firma-1” %68,20 ve “Firma-15” %62,31 skorları ile öne çıkan firmalar olarak tespit edilmiştir (Uyhan vd., 2022). Bulanık Mantık modelleme ile matematiksel başarı üzerine yapmış olduğu çalışmasında çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır.

Çalışmada grafik açıklamasına göre firmaların bulanık mantık skorlarının dağılımını Histogramda, en fazla firmanın skoru %45 ile %50 arasında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları bu dağılımı, firmaların çoğunlukla orta düzey performans gösterdiğini, sadece birkaç firma daha yüksek (%60 ve üstü) veya daha düşük (%40 altı) performans sergilediği sonucuna varılmıştır. Akar’a göre (2024) elektrikli araçların dağıtım transformatörlerinin yaşlanmasına etkisinin bulanık mantık kullanılarak tahminleme üzerine yapmış olduğu çalışmada çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmıştır.

Çalışmamıza ait analitik hiyerarşi skorları analiz sonuçlarına göre “Firma-1” %78, “Firma-12” %60 ile en iyi performansa sahip firmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu sıralama, Analitik Hiyerarşi Prosesi kriterlerine göre hangi firmaların genel anlamda daha iyi performans sergilediğini sonucuna varılmıştır. Şimşek vd. (2022) Analitik Hiyerarşi Süreci ile havayolu işletmelerinde pilot seçimi üzerine yapmış oldukları çalışmada çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır. Çalışmamıza ait Analitik Hiyerarşi Prosesi skor dağılımı gösteren histogram analiz sonuçlarına göre genellikle %40-60 aralığında toplanmıştır. Bu durum, firmaların büyük çoğunluğunun ortalama performans sergilediği sonucuna varılmıştır. Acar vd. (2022) mağaza müdürü seçiminde analitik hiyerarşi sürecinin kullanılması ile ilgili yapmış oldukları çalışmada çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır.

Çalışmamıza ait korelasyon matrisi, Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık skorları ile kriterler arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir. Kırmızı tonlar pozitif korelasyonu (güçlü bağımlılık), mavi tonlar ise negatif korelasyonu gösterdiği tespit edilmiştir. Korelasyon matrisi analiz sonuçlarına göre; Analitik Hiyerarşi Prosesi skoru ile “kalite” arasında yüksek pozitif korelasyon olduğu (0.63), bu kalite arttıkça Analitik

Hiyerarşi Prosesi skorunun da arttığı tespit edilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi skoru ile “teknik yeterlilik” arasında da yüksek bir pozitif korelasyon (0.73) tespit edilmiş olup bu da Analitik Hiyerarşi Prosesi skorunun büyük oranda teknik yeterlilikten etkilendiğini göstermektedir. Bulanık skor ile “iş güvenliği” arasında güçlü bir ilişki bulunmakta olup, (0.72), bu da iş güvenliğine daha fazla önem veren firmaların Bulanık Mantık sisteminde daha yüksek skor aldığı sonucuna varılmıştır. Keringingo vd. (2022) Burundi’de patates yetiştirme kararlarının analitik hiyerarşi proses yöntemi ile analizi ile ilgili çalışmada çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır.

Çalışmamıza ait Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık skorlarının firma bazında karşılaştırılması grafik açıklaması her firmanın hem Analitik Hiyerarşi Süreci hem de Bulanık Mantık skorları yan yana verilmektedir. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık skorlarının firma bazında karşılaştırılması analiz sonuçlarına göre “Firma-1”, hem Analitik Hiyerarşi Süreci hem de Bulanık Mantık skorlarında en yüksek değere sahip olduğu, bu firmanın genel performansının çok iyi olduğu tespit edilmiştir. “Firma-15” Analitik Hiyerarşi Süreci skoru Bulanık Mantık skorundan daha düşük olduğu, bu firma performansının Analitik Hiyerarşi Süreci kriterlerine göre düşük olduğunu, ancak Bulanık Mantık sisteminde daha yüksek puan aldığı tespit edilmiştir. “Firma-12” ve “Firma-9” gibi firmalarda Analitik Hiyerarşi Süreci skorları oldukça yüksek iken, bulanık skorları daha düşük çıkmış olup, bu durum, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Mantık yöntemlerinin farklı değerlendirme şekillerine sahip olduğunu sonucuna varılmıştır. Erdin vd. (2021) Bulanık Mantık ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yaklaşımlarını kullanarak coğrafi bilgi sistemi ortamında kırsal yangın risk değerlendirmesi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada çalışmamız ile örtüşen ve benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır.

Çalışmamız ile ilgili analiz sonuçları özetle; hem Analitik Hiyerarşi Prosesi hem de Bulanık Mantık yöntemlerini kullanarak firmaların çok kriterli değerlendirmesini yapılmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi daha keskin ve belirli ağırlıklara dayanarak sonuç verirken, Bulanık Mantık daha esnek ve kriterler arası geçişkenlik sunarak firmalar değerlendirilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi sonuçlarına göre; Firma-1 %78 ile en iyi performansa sahip firma olarak öne çıkmaktadır. Kalite, teknik yeterlilik ve maliyet gibi kriterlerde yüksek puanlar almış olduğu sonucuna varılmıştır.

Bulanık Mantık sonuçlarına göre; Firma-1 yine %68.20 ile en yüksek puanı almış, ancak Bulanık Mantıkta bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bulanık Mantıkta Firma-15, Firma-8 gibi firmalar öne çıkarken, Analitik Hiyerarşi Prosesi sonuçlarında daha geride kalan firmalar bulunmaktadır. Bu da bulanık mantığın değerlendirme kriterlerinin esnekliğini ve bu iki yöntemin farklı sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada incelenen yüklenici seçimi için karar modeli, uzmanların bilgisini bir araya getirerek ve belirsiz bilgileri yöneterek aynı anda değerlendirilen birden fazla kriteri içermektedir. Her kriterin göreceli önemini belirlemek için kriterlerin sırasını belirlemek üzere Python betiği, firmaların çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi için kapsamlı bir analiz süreci sunmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve skorların hesaplanması sağlanırken, Bulanık Mantık sistemi ile daha esnek ve insan benzeri değerlendirmeler yapılmaktadır. Sonuçların görselleştirilmesi ve kaydedilmesi işlemleri ise, elde edilen verilerin daha kolay yorumlanmasını ve paylaşılmasını sağlamaktadır. Betiğin sunduğu bu süreçler, firmaların performansını objektif bir şekilde değerlendirmek ve karşılaştırmak için etkili araçlar sunmaktadır. Kullanıcı, betiği kendi veri setine ve ihtiyaçlarına göre özelleştirerek daha geniş bir değerlendirme yelpazesi oluşturabilmektedir.

İhale süreçlerinde karar verme stratejilerini iyileştirmeye yönelik proje hedeflerine ulaşmak için “en iyi” yüklenicileri seçmek amacıyla proje yönetiminde çok kriterli seçim yöntemleri uygulanmalıdır. Yüklenici seçimi, bir projenin bütçe ve program dahilinde tamamlanmasını ve sonuçların iyi kalitede olmasını sağlamak için kritik bir görevdir. Çok kriterli yüklenici seçiminin amacı, çoklu seçim hedeflerine dayalı bir değerlendirme kullanarak mevcut seçenekler kümesinden “en iyi” yükleniciyi belirlemektir. Uygun bir yüklenicinin seçimi oldukça faydalıdır ve daha az yetenekli bir yükleniciye proje verilmesi durumunda karşılaşılabilecek birçok riski ortadan kaldırmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi, seçilen kriterlere göre en iyi genel alternatifi seçmek için karar alma süreçlerinin her alanına uygulanabilen güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca esnekliği ve etkinliği nedeniyle Analitik Hiyerarşi Prosesi, proje yönetimi alanında, özellikle yüklenici seçiminde karar alma veya problem çözme için güvenilir bir araç olarak seçilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, niteliksel yargılar söz konusu olduğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi tercih edilmeli ayrıca ikili karşılaştırmalar, verilen yargılardaki tutarlılığın analiz edilmesine de olanak sağlamaktadır. Ancak bazen sorunun karmaşıklığı, belirsizliği nedeniyle kesin bir yargıya varmak mümkün olamamaktadır.

Erdin vd. (2021), belirsizliklerin yönetiminde bulanık sayıların uygun bir araç olduğunu ifade etmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, her iki yöntemin birleştirilmesiyle her iki tekniğin de avantajını elde edecektir. Bazı durumlarda kriterler doğrudan (niceliksel olarak) ölçülebilir. Ortalama ve varyans anlamında net değerler veya bulanık olabilirler. Bu durumda puanları kesin olarak bilindiği için ikili karşılaştırma yapılmasına gerek yoktur. Bu değerler, net veya bulanık doğasıyla küresel puanı hesaplamak için doğrudan kullanılabilir. Niceliksel ve niteliksel kriterlerin bir arada değerlendirildiği durumlarda, Hibrit Bulanık Analitik

Hiyerarşi Prosesi yöntemi etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu, önceki iki yöntemin tüm güçlü yönlerini miras alacaktır; ancak bu aynı zamanda Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin iyi bilinen bazı sorunlarını da beraberinde getirecektir. Bunlar;

- Yargı ölçeği örneğin klasik Analitik Hiyerarşi Prosesi’de 9 ile sınırlıdır.
- Sıralamanın tersine çevrilmesi problemi çok tartışıldı ancak hiçbir zaman tam olarak çözümlenememiştir.
- Tutarlılık kontrolü, matrislerde çelişkili yargılara izin verdiği için eleştirildi veya makul matrisleri red etmektedir.

Dış kaynak kullanımı sürecinden tam olarak yararlanmak için en iyi yükleniciyi seçmek ilk önemli adım olmakla birlikte, dilbilimsel değerlendirmelerin belirsizlik ve kesinlik nedeniyle sayısal ölçeğe çevrilmesinin zor olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle Bulanık Mantığın kullanılmasını savunulmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin ise tutarlılık analizi, puanların birliğe toplanmasına normalizasyona ve duyarlılık analizi yapabilme yeteneğine olanak sağlaması nedeniyle üstün olduğu görüşünü de savunulmaktadır.

Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarının ihaleyi kazanacak kuruluşun seçiminde kullanılması incelenmiştir. Bu modelin, proje yönetim ekiplerinin, yalnızca en düşük teklife dayanmayan bir seçim sürecinde tatmin edici sonuçlar sunma olasılığı en yüksek olan yüklenicileri belirlemesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma inşaat sektörüne iki şekilde katkıda bulunmaktadır; birinci, seçim kriterleri anlayışını önem derecelerini de kapsayacak şekilde genişletmekte, ikincisi ise en iyi yüklenicinin analiz edilmesi ve seçilmesi için yeni bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarını uygulayabilecekleri umulmaktadır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	S.A.	L.O.U.
K	50	50
T	50	50
Y	50	50
VTI	50	50
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	50	50
KI	50	50
GR	50	50
PY	50	50
FA	50	50

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Etik Değerler

Bu çalışma için hayvanlar ve insanlar üzerinde çalışma yapılmadığından etik kurul onayı gerekmemektedir.

Teşekkür

Yazar, Düzce Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne teşekkür eder.

Referanslar

- Acar E, Karpuz-Enüçük G. 2022. Using the analytic hierarchy process for store manager selection: a real case study. *J Econom Stat*, 1(36): 63-76.
- Afolayan H, Ojokoh BA, Adetunmbi A. 2021. Feedback integrated web-based multi-criteria group decision support model for contractor selection using fuzzy analytic hierarchy process. *Intell Syst Appl*, 1251(2): 511-528.
- Ahmad AM, Jrad F, Makia S. 2023. A Data-driven approach to supplier selection in industrial construction projects. *J Univ Duhok*, 26(2): 201-215.
- Akar O. 2024. Estimation of the effect of electric vehicles on the aging of distribution transformers using fuzzy logic. *Balk J Electr Comput Eng*, 12(3): 199-205.
- Akarslan-Kodalöglü F, Kodalöglü M. 2023. Determining the drying rates of fabrics with different knit structures by fuzzy logic method. *Int J Comput Exp Sci Eng*, 9(2): 191-196.
- Allahverdi Ç, Allahverdi Y. 2024. Diffusion Limited Aggregation Via Python: Dendritic Structures and algorithmic art. *JSR A*, 58(1): 99-112.
- Alsaadoun S, Tchier F. 2024. Proposed intelligent irrigation system for riyyadh city using fuzzy logic. *EPSTEM*, 28(1): 397-407.
- Alsmadi O, Abu-Hammour Z, Mahafzah K. 2024. Digital systems model order reduction with substructure preservation and

- fuzzy logic control. *EPSTEM*, 28(1): 14-22.
- Anlak S, Düven E. 2023. Improving end-point position control in hydraulic testing machines with a fuzzy logic based approach. *JARNAS*, 9(3): 531-544.
- Aslan B, Areta-Hızıroğlu O. 2024. Prediction of lung cancer with fuzzy logic methods: a systematic review. *FATHER*, 4(2): 155-192.
- Boyacıoğlu NM, Kocakulak T, Batar M, Uyumaz A, Solmaz H. 2023. Modeling and control of a PEM fuel cell hybrid energy system used in a vehicle with fuzzy logic method. *Int J Comput Exp Sci Eng*, 7(4): 295-308.
- Çetinkaya A. 2024. Fuzzy logic approach for predicting student achievement in scratch. *Konjes*, 12(2): 344-357.
- Eke G, Elgy J, Wedawatta G. 2019. Establishing a link between contractor selection strategy and project outcomes: simulation study. *J Constr Eng Manag*, 145(10): 1-36.
- Eltaleb M, Çelik H. 2024. PLC controlled fuzzy logic-based egg hatching machine. *Turk J Sci Technol*, 19(2): 339-350.
- Erdin C, Çağlar M. 2021. Rural fire risk assessment in geographic information system environment using fuzzy logic and AHP approaches. *Pol J Environ Stud*, 30(6): 4971-4984.
- Erener ŞA. 2024. Python-based evaluation of road network constraints for electric scooters and bicycles: İzmit example. *IJEG*, 9(1): 34-48.
- Eze EC, Awodele IA, Adegboyega AA, Onyeagame OP, Guto JA. 2020. Assessment of the triggers of inefficient materials management practices by construction SMEs in Nigeria. *Int J Real Estate Stud*, 14(1): 38-56.
- Günal AY, Mehdi R. 2024. Application of a new fuzzy logic model known as 'SMRGT' for estimating flow coefficient rate. *FOREIGN*, 8(1): 46-55.
- Gürler C. 2023. Ranking the factors affecting the choice of crowdfunding web sites with analytic hierarchy process. *DEU Sos Bilim Enst Derg*, 25(1): 187-203.
- Hoseinpoor MA. 2019. The combination of DEA and AHP approach in the selection of contractors participating in tenders. *Holos*, 35(2): 1-15.
- Irma B, Baihaqi I. 2018. The integration of AHP and QFD for contractors selection. *J Adv Technol Eng Res*, 4(3): 118-129.
- Jabbarzadeh A. 2018. Application of the AHP and TOPSIS in Project Management. *J Project Manage*, 3(5): 125-130.
- Jagoda JA, Schuldt SJ, Hoisington AJ. 2020. What to do? Let's Think Using the Analytical Hierarchy Process to Make Decisions. *Front Young Minds*, 8(78): 1-12.
- Kannan J, Jayakumar V. 2023. Sustainable method for tender selection using linear diophantine multi-fuzzy soft set. *Commun Fac Sci Univ Ank Ser A1 Math Stat*, 72(4): 976-991.
- Keringingo T, Karakayacı Z. 2022. Analysis of potatoes growing decisions with the analytic hierarchy process method in Burundi. *Eurasian J Agric Econ*, 2(1): 15-28.
- Khoso AR, Yusof AM, Chen ZS, Wang XJ, Skibniewski MI, Memon NA. 2021. Embedded remote group environment through modification in macbeth – an application of contractor's selection in construction. *J Civil Eng Manage*, 27(8): 595-616.
- Lazebna N. 2021. English-language basis of python programming language. *Res Bull Ser Philol Sci Natl Univ Zaporizhzhya Polytech*, 1(1): 371-376.
- Lüy M, Metin NA, Civelek Z. 2024. Maximum power point tracking with incremental conductance and fuzzy logic controller in solar energy systems. *El Cezeri J Sci Eng*, 11(1): 120-130.
- Maqsoom A, Bajwa S, Zahoor H, Thaheem MJ, Dawood M. 2020. Optimizing contractor's selection and bid evaluation process in construction industry: client's perspective. *J Constr*, 18(3):

- 445-458.
- Marović MP, Hanak T. 2021. A multi-criteria decision support concept for selecting the optimal contractor. *Appl Sci*, 11(1660): 1-17.
- Mızrak F, Culduz M. 2023. Application of analytic hierarchy process (ahp) in evaluating educational leadership theories for effective school management. *Avrasya Sos Ekon Aras Derg*, 10(4): 137-164.
- Mızrak F. 2023. Analyzing criteria affecting decision-making processes of human resource management in the aviation sector – a fuzzy logic approach. *J Aviation*, 7(3): 376-387.
- Morkunaite Z, Bausys R, Zavadskas EK. 2019. Contractor selection for sgraffito decoration of cultural heritage buildings using the WASPAS-SVNS method. *Sustainability*, 11(22): 1-24.
- Naik MG, Kishore R, Dehmourdi SAM. 2021. Modeling a multi-criteria decision support system for prequalification assessment of construction contractors using CRITIC and EDAS models. *Oper Res Eng Sci Theory Appl*, 4(2): 79-101.
- Najiazarpour S, Pouresfandyani H. 2019. Assessment and selection of contractors in specific contracting projects with supply chain approach using GRAY and AHP methods as decision support. *Mod Appl Sci*, 13(4): 51-60.
- Ojokoh BA, Afolayan AH, Adetunmbi AO. 2020. Performance analysis of fuzzy analytic hierarchy process multi-criteria decision support models for contractor selection. *Sci African*, 9(471): 1-12.
- Okereke RA, Pepple DI, Ihekweke NM. 2022. Assessment of the major contractors' selection criteria and their impacts in civil engineering construction projects. *J Eng Technol Ind Appl*, 8(36): 4-13.
- Onyeagam OP, Eze EC, Adegboyega AA. 2019. Assessment of quantity surveying firms' process and product innovation drive in Nigeria. *Seisense J Manage*, 2(2): 22-38.
- Özaslan Yatak M, Hisar Ç, Şahin F. 2024. Fuzzy logic controller for half vehicle active suspension system: an assessment on ride comfort and road holding. *Int J Automot Sci Technol*, 8(2): 179-187.
- Özdem B, Düğenci M, İpek M. 2024. Determination of electricity production by fuzzy logic method. *APJESS*, 12(1): 14-20.
- Özdemir G. 2024. Bitcoin price prediction with fuzzy logic. *A HANDFUL*, 28(2): 259-269.
- Öztekin E. 2024. 1D Fuzzy Inverse Logic Method and Its Use in the Design of Thick Reinforced Concrete Columns. *Sigma*, 42(2): 459-474.
- Princivishvamalar J, Rajesh N, Brundha B. 2023. Properties of double fuzzy b-open sets. *Konuralp J Math*, 11(1): 90-96.
- Putri CG, Nusraningrum D. 2022. Subcontractors selection of building construction project using analytical hierarchy process (AHP) and technique for others reference by similarity (TOPSIS) methods. *J Theory Appl Manage*, 15(2): 261-273.
- Razi PZ, Ramli NI, Ali MI, Ramadhansyah PJ. 2020. Selection of contractor by using analytical hierarchy process (AHP). *Mater Sci Eng*, 712(1): 1-7.
- Rustandi D, Imaroh TS. 2021. Analysis fuzzy ahp for optimization contractor selection using multi-criteria in determining the best alternative contractor. *Dinasti Int J Manage Sci*, 2(6): 899-914.
- Şimşek H, Ertürk FN, Şeker R. 2023. A Fuzzy logic approach and path algorithm for time and energy management of smart cleaning robots. *Gazi Univ J Sci*, 36(3): 1034-1048.
- Şimşek H, Özaslan İH, Eryılmaz İ. 2022. Pilot selection in airline organizations with the analytical hierarchy. *Process J Aviation*, 6(2): 218-227.
- Tafazzoli M, Hazrati A, Shrestha K, Kisi K. 2024. Enhancing contractor selection through fuzzy TOPSIS and fuzzy SAW techniques. *Buildings*, 14(6): 1861-1875.
- Thanh NV, Hai NH, Lan NTK. 2022. Fuzzy MCDM model for selection of infectious waste management contractors. *Comput Mater Continua*, 72(2): 2191-2202.
- Tubpawatin N, Srinon R. 2023. Influential criteria for large-scale factory and warehouse main contractor selection used for end-to-end procurement risk management. *Proc Int Conf Ind Eng Oper Manage*, 14(16): 926-937.
- Umarusman N. 2023. Multi-objective de novo programming with type-2 fuzzy objective for optimal system design. *Alphanumeric*, 11(2): 101-124.
- Uyhan R, Gök Z. 2022. Mathematical success with fuzzy logic modeling. *Erzincan Univ J Sci Technol*, 15(3): 862-872.
- Uysal LK, Altın N. 2023. Modelling and fuzzy logic based control scheme for a series hybrid electric vehicle. *J Energy Syst*, 7(1): 106-120.
- Warrad OI, Abdulaal RMS, Bafail O, Alamoudi MH. 2022. Four integrated MCDM models for construction contractors' selection application at Al-Quds University. *Int Rev Basic Appl Sci*, 9(4): 317-329.
- Wibisono Adhipradana ST, Yudo A. 2024. Project selection of Indonesian local oil and gas service company using analytical hierarchy process (AHP). *Int J Curr Sci Res Rev*, 7(1): 395-400.
- Yarahmadi P, Dashti S, Sabzghabaei GR. 2018. Assessment and ranking of contractors from the point of view HSE performance using multi-criteria decision making method (AHP and TOPSIS) in Imam Khomeini port complex. *J Occup Hyg Eng*, 4(4): 70-80.
- Yeşilyurt M, Ayık YZ. 2024. Comparison of C# and Python programming languages in terms of performance and coding on SQL server DML operations. *NanoEra*, 4(1): 23-33.
- Yıldırım E, Avcı E, Akgün Tanbay N. 2023. Prediction of unconfined compressive strength of microfine cement injected sands using fuzzy logic method. *Asian J Educ Soc Stud*, 11(2): 87-94.
- Yıldız MA, Kıpçak F, Erdil B. 2024. Evaluation of earthquake performance of reinforced concrete buildings with fuzzy logic method. *Bitlis Eren Univ J Sci*, 13(3): 601-617.
- Yılmaz H, Altun AA, Bilen M. 2023. Data center control application with fuzzy logic. *Adv Artist Intel Res*, 3(2): 54-65.
- Zengin B, Usta P, Onat Ö. 2023. Fuzzy logic methods for determining the mechanical behavior of masonry walls. *Researcher*, 3(2): 86-96.