



# DOĞUŞ ÜNİVERSİTESİ DERGİSİ

## DOGUS UNIVERSITY JOURNAL

e-ISSN: 1308-6979

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/doujournal>

### BASKI MAKİNESİ SEÇİMİNDE BULANIK AHP VE BULANIK EDAS UYGULAMASI (\*)

#### FUZZY AHP AND FUZZY EDAS APPLICATION IN THE SELECTION OF PRINTING MACHINE

Semih SANCAR<sup>(1)</sup>, Sait GÜL<sup>(2)</sup>

**Öz:** İşletmeler için makine parkı yatırımı, önemli kaynak gerektiren ve sonrasında tüm üretim faaliyetlerini de etkileyen önemli bir karar sürecidir. Uygun makine kullanımı üretim süreçlerini iyileştirir, verimliliği ve güvenilirliği artırır, üretimde esneklik ve etkinlik sağlar. Tecrübe ve bilgi gerektiren bu süreç birçok kriter içermekte ve birden fazla birim bu süreç içerisinde yer almaktadır. Baskı makinesi seçim problemini, bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözmeyi amaçlayan bu çalışmada; bir gazete baskı tesisinde yapılacak makine parkı yatırımı için en uygun baskı makinesi belirlenmeye çalışılmıştır. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık AHP, alternatiflerin kriterler bakımından değerlendirilmesinde ise Bulanık EDAS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, uzman görüşleri ve literatür taraması sonucu değerlendirmeye alınan kriterler şöyledir: maliyet, verimlilik, esneklik. Makine alternatifleri olarak ise, süreç için uygun olduğu ve satın alımının yapılabileceği düşünülen dört farklı baskı makinesi seçilmiştir. Karar verici grup; matbaa müdürü, iş geliştirme müdürü, teknik müdür ile elektrik ve mekanik bakım mühendislerinden oluşmaktadır. Dilsel ifadelerdeki değişikliklerin analiz sonucuna etkisini test etmek amacıyla yapılan duyarlılık analiz sonuçları araştırmanın geçerlilik düzeyinin iyi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Baskı Makinesi, Bulanık AHP, Bulanık EDAS, Üçgen Bulanık Sayılar.

**Abstract:** Investing in a machinery park is a crucial decision process for businesses, as it requires significant resources and subsequently affects all production activities. Proper utilization of machinery improves production processes, increases efficiency and reliability, and enables flexibility and effectiveness in manufacturing. This process, which requires experience and knowledge, encompasses multiple criteria and involves various departments. This research aims to solve the printing machine selection problem using fuzzy multi-criteria decision-making methods, for an investment in a newspaper printing facility. Fuzzy AHP is employed to determine the importance weights of criteria, while fuzzy EDAS is used to evaluate alternatives based on criteria. The criteria considered in the study, based on expert opinions and literature review, are as follows: cost, efficiency, and flexibility. Four different printing machines that are deemed suitable for the process and feasible for purchase are selected as machine alternatives. The decision-making group consists of the printing manager, business development manager, technical manager, and electrical and mechanical maintenance engineers. Sensitivity analysis results conducted to

(\*) Sancar S. & Gül S. (2023, Mayıs). Baskı makinesi seçiminde bulanık AHP ve bulanık EDAS uygulaması. *Yönetim Araştırmaları / Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu Yöner/MU 2023*, İstanbul

(1) Bahçeşehir Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Doktora Öğrencisi; [semih.sancar@bahcesehir.edu.tr](mailto:semih.sancar@bahcesehir.edu.tr), ORCID: 0000-0001-9235-1091

(2) Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü; [sait.gul@eng.bau.edu.tr](mailto:sait.gul@eng.bau.edu.tr), ORCID: 0000-0002-6011-0848

**Atıf bilgisi:** Sancar, S. ve Gül, S. (2024). Baskı makinesi seçiminde bulanık AHP ve bulanık EDAS uygulaması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(2), 129-151, DOI: 10.31671/doujournal.1332037.

*assess the impact of linguistic expression variations on the analysis outcomes demonstrate a high level of validity in the research.*

**Keywords:** *Printing Machine, Fuzzy AHP, Fuzzy EDAS, Triangular Fuzzy Numbers*

**JEL:** *D70, D80, L64,*

## 1. Giriş

Rekabet avantajı elde edebilmek işletmelerin devamlılığı açısından çok önemlidir (Moreira ve diğ., 2018). Küreselleşme ile beraber rekabet koşulları daha zorlayıcı hale gelmekte ve şirketleri karar alırken daha dikkatli olmaya zorlamaktadır (Çimren, Çatay, & Budak, 2007). Üretim yapan firmalarda makine seçimi, rekabette avantaj sağlama açısından oldukça kritiktir. Makine seçimi, tecrübe ve bilgi gerektiren zorlu bir süreç olup kalite, performans, hız, maliyet gibi pek çok unsurun bu karar üzerinde doğrudan etkileri bulunmaktadır (Arslan, Çatay, & Budak, 2004). Bu konudaki yanlış verilebilecek kararlar hem maliyet artışına hem de müşteri memnuniyetsizliğine neden olur (Karim ve Karmaker, 2016).

Uygun makine kullanımı üretim süreçlerini iyileştirir, verimliliği ve güvenilirliği artırır, üretimde esneklik ve etkinlik sağlar. Makine seçimi konusunda karar vermesi gereken kişilerin maliyet, bakım, esneklik, güvenlik gibi birçok kriteri dikkate almaları gerekir. Bu yüzden makine seçim problemi çok kriterli bir karar verme problemi olarak değerlendirilebilir (Önüt, Soner Kara, & Efendigil, 2008). Makine seçimi konusunda karar verecek kişilerin aynı zamanda alternatif makine özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmaları gerekir. Makine seçimi sürecinde önce değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, sonra da alternatiflerin geliştirilmesi beklenir (Karim ve Karmaker, 2016).

Bu çalışmada gerçek bir basım yayın işletmesi için baskı makinesi seçiminde kullanılacak akıllı bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı önerilmektedir. Karar vericilerden bilgi alınmasını, yani öznel bilginin işlenmesini gerektiren bu yaklaşımda öznellikten ileri gelen belirsizliği ve muğlaklığı daha iyi modelleyebilmek amacıyla bulanık mantık teorisinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, kriter ağırlıklarının hesaplanmasında Bulanık AHP, alternatiflerin kriterler bakımından değerlendirilmesinde ise Bulanık EDAS yöntemleri kullanılacaktır. Her iki yöntem için de üçgen bulanık sayılardan yararlanılmıştır. Bulanık kümelerin ÇKKV yaklaşımlarını daha “akıllı” ve “otomatize edilebilir” bir duruma getirerek güçlendirmesi imkanından yararlanan bu çalışmada bu tarz kararların otomatikleştirilerek zaman, maliyet ve çaba konusunda iyileştirmeler yaratılması hedeflenmektedir.

Çalışmada yazından ve uzman görüşlerinden hareketle maliyet, verimlilik ve esneklik ana kriterleri altında toplam dokuz adet alt kriter belirlenmiştir. Maliyet kriteri altında yatırım maliyeti, işletme maliyeti, bakım maliyeti; verimlilik kriteri altında fire oranı, ürün kalitesi, sorunsuz çalışma ve esneklik kriteri altında teknik yeterlilik, operasyonel kolaylık, bakım kolaylığı yer almaktadır. Alternatif olarak ise, süreç için uygun olduğu ve satın alımının yapılabileceği düşünülen dört farklı baskı makinesi belirlenmiştir. Problemin kriter ve alternatiflerini değerlendirecek beş kişilik karar verici grubu; matbaa müdürü, iş geliştirme müdürü, teknik müdür, elektrik bakım mühendisi ve mekanik bakım mühendisinden oluşmaktadır.

Literatürde makine seçimi probleminde Bulanık AHP ve Bulanık EDAS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca karar verme problemlerinde Üçgen Bulanık AHP Mertebe Analiz Yöntemi ile Üçgen Bulanık EDAS yönteminin birlikte kullanıldığı çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Teknik yeniliklerin yanı sıra baskı makinesi seçiminde ÇKKV tekniklerinden yararlanılması sık karşılaşılan bir uygulama değildir. Çalışma bu yönleriyle literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Çalışmanın akışı şu şekildedir. Öncelikle yöntemle ilgili temel kavramlardan bahsedilen literatür taraması verilmektedir. Bulanık AHP ve Bulanık EDAS yaklaşımları anlatıldıktan sonra uygulamanın ayrıntıları verilmekte olup sonrasında sonuçların karşılaştırıldığı bir duyarlılık analizi yer almaktadır. Sonuçlar ve yaratılan katkı tartışılarak çalışma tamamlanmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

ÇKKV yöntemlerinin literatürde birçok alanda kullanıldığı görülmektedir. Makine ve teçhizat seçimi de makine yatırımı yapmayı planlayan işletmeler için kritik bir karar verme süreci olup, ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölümde öncelikle literatürde makine seçimi probleminde ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelenerek, kullanılan ÇKKV yöntemleri ve seçilen kriterler ortaya konulmaktadır.

Perçin (2012) makine-teçhizat seçimi için bütünleşmiş bir ÇKKV modeli önermiş ve bunu metal sanayinde CNC tezgah seçiminde uygulamıştır. CNC seçimine etki eden kriterler maliyet, güvenlik, verimlilik, esneklik, kullanım kolaylığı ve satış sonrası servis olarak belirlendikten sonra; kriterler bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır.

Karim ve Karmaker (2016) yaptıkları çalışmada makine seçimi probleminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada üretkenlik, esneklik, maliyet, kalite, güvenilirlik, servis desteği ve emniyet olarak 7 ana kriter altında toplamda 26 alt kriter belirlenmiştir.

Li, Wang, Fan, Li ve Chen (2020) takım tezgahı seçiminde bulanık ÇKKV yöntemlerinden faydalanmıştır. Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak elde edilen ve karar verici değerlendirmelerine dayanan öznel kriter ağırlıkları, entropi ağırlıklandırması kullanılarak elde edilen nesnel kriter ağırlıkları ile birleştirilerek kapsamlı bir ağırlıklandırma tekniği kullanılmıştır. Alternatifleri sıralamak için VIKOR yönteminin kullanıldığı çalışmada en çok kullanılan kriterler maliyet, üretkenlik, güvenilirlik, güvenlik ve esneklik olarak belirtilmekte beraber takım tezgahı seçimine özel kriterler de kullanılmıştır.

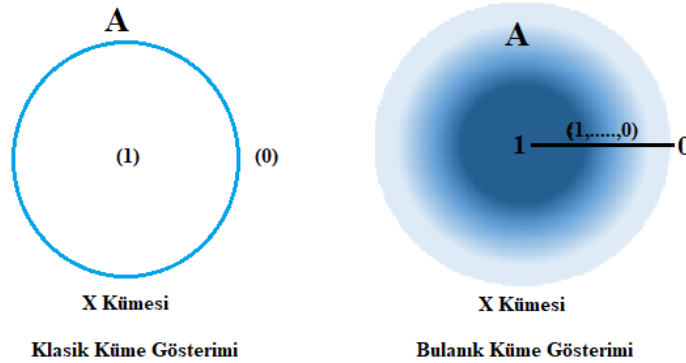
Raigar, Sharma, Srivastava, Chand ve Singh (2020) katmanlı üretim (3D yazıcı) süreçlerinin seçiminde kriterlerin optimal ağırlıklarını belirlemek için BWM (Best-Worst Method) ve alternatifleri sıralamak için PIV (Proximity Indexed Value) yöntemlerinin kullanıldığı bir hibrit karar destek sistemi tasarlamışlardır. Kriter kümesi üretim, maliyet, işlem süresi gibi genel kriterlerin yanında; çekme mukavemeti, boyutsal doğruluk gibi 3D üretim süreçlerine özel kriterler içermektedir.

Faydalı ve Erkan (2020) bir tekstil firmasındaki paketleme makinesi seçim problemini Bulanık VIKOR yöntemi kullanarak ele almıştır. Karar kriterleri fiyat, kalite, satış sonrası servis, istenilen ölçülerde paket yapabilme, kullanım kolaylığı, güvenlik ve performans olarak belirlenmiş; 5 kişiden oluşan uzman grup, 4 alternatife yönelik karşılaştırma yapmıştır.

Kundakcı ve Sarıçalı (2019) mermer işletmesinde katrik makinesi seçiminde kriter ağırlıklarını elde etmek için KEMIRA-M yöntemini, en uygun alternatifin seçiminde ise COPRAS yöntemlerini kullanmıştır. Garanti süresi, maliyet, servis ağı gibi dış kriterlerin yanında, makinenin teknik özelliklerini oluşturan motor gücü, blok kesim yüksekliği gibi iç kriterler belirlenmiş ve 8 adet alternatif uzmanlar tarafından bu kriterlere göre değerlendirilerek sıralanmıştır.

### 3. Bulanık kümeler ve Bulanık Sayılar

Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılan bulanık küme teorisine göre; küme elemanları kümeye üyelik derecesi ile tanımlanır. Küme elemanlarının üyelik derecesi; 0 kümeye hiç üye olmama, 1 ise kümeye tam üye olmak üzere 0-1 arasında ifade edilmektedir (Altaş, 1999; Peng ve Selvachandran, 2019). Şekil 1’de klasik ve bulanık küme gösterimleri verilmiştir. Klasik kümede, kümenin içinde kalan elemanlar 1, dışında kalan elemanlar 0 değeri almaktadır. Örneğin klasik küme gösteriminde A elemanının X kümesinin elemanı olmadığı kesin şekilde bellidir. Bulanık kümede ise kümenin kesin ve net bir sınırı bulunmamaktadır. Bu kararsız bölgede yer alan elemanlar kümenin merkezine olan uzaklıklarına bağlı olarak 0 ile 1 arasında üyelik derecesi alır. Bulanık küme gösterimine göre A elemanı için X kümesinin elemanıdır veya elemanı değildir şeklinde net bir yargıda bulunulamamaktadır. Bulanık küme mantığına göre A elemanı X kümesine üyeliği 0-1 arasında bir üyelik derecesi ile tanımlanmaktadır.



Şekil 1. Klasik ve Bulanık Kümeler

Bulanık küme teorisi yıllar içinde geliştirilmiş ve Tablo 1’de gösterilen farklı bulanık küme uzantıları önerilmiştir.

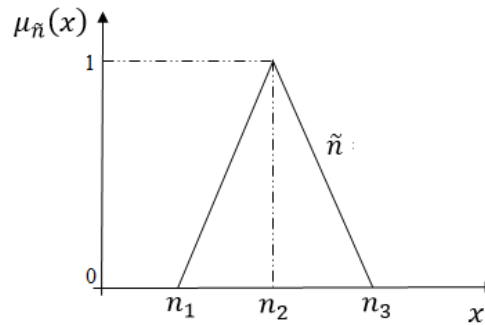
Tablo 1. Bulanık Küme Uzantıları

Tarih	Araştırmacı	Bulanık Küme Tipi
-------	-------------	-------------------

1965	Zadeh, L.A.	Klasik Bulanık Kümeler (Ordinary Fuzzy Sets)
1975	Zadeh, L.A.	Tip-2 Bulanık Kümeler (Type-2 Fuzzy Sets)
1975	Zadeh, L.A.; Sambuc, R.; Jahn, K.U.	Aralık Değerli Bulanık Kümeler (Interval-Valued Fuzzy Sets)
1986	Atanassov, K.T.	Sezgisel Bulanık Kümeler (Intuitionistic Fuzzy Sets)
1986	Yager, R.R.	Bulanık Çoklu Kümeler (Fuzzy Multisets)
1998	Smarandache, F.A.	Nötrosofik Kümeler (Neutrosophic Sets)
2007	Garibaldi, J.M., Ozen, T.	Durağan Olmayan Bulanık Kümeler (Nonstationary Fuzzy Sets)
2010	Torra, V.	Tereddütlü Bulanık Kümeler (Hesitant Fuzzy Sets)
2013	Yager, R.R.	Pisagor Bulanık Kümeler (Pythagorean Fuzzy Sets)
2014	Cuong, B.C.	Resimli Bulanık Kümeler (Picture Fuzzy Sets)
2017	Yager, R.R.	Q-Seviyeli Ortoper Bulanık Kümeler (Q-Rung Orthopair Fuzzy Sets)
2019	Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C.	Küresel Bulanık Kümeler (Spherical Fuzzy Sets)
2020	Senapati, T., Yager, R.R.	Fermat Bulanık Kümeler (Fermatean Fuzzy Sets)

Kaynak: Mehmet Kabak & Erdebilli (2021); Kahraman, Öztaysi, & Onar (2016)

Bir üçgen bulanık sayı; sol eşik, mod ve sağ eşik olmak üzere üç noktadan oluşmaktadır. Üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu Şekil 2’de gösterildiği gibi parçalı lineer bir fonksiyondur ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  için Eşitlik 1’de gösterildiği üzere tanımlanmaktadır (Gerami Seresht ve Fayek, 2019).



Şekil 2. Üçgen Bulanık Sayı Fonksiyonu

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} (x - n_1)/(n_2 - n_1), & n_1 \leq x \leq n_2 \\ (n_3 - x)/(n_3 - n_2), & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0, & \text{diğer şartlarda} \end{cases} \quad (1)$$

Üçgen bulanık sayılara ait matematiksel işlemler Eşitlik 2 – Eşitlik 9 arasında gösterildiği gibi tanımlanmaktadır (Chen ve Hwang, 1992).  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  ve  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  iki adet pozitif üçgen bulanık sayı ve  $k \in \mathbb{R}$  olmak üzere;

$$-\tilde{n} = (-n_3, -n_2, -n_1) \quad (2)$$

$$\tilde{n}^{-1} = (n_3^{-1}, n_2^{-1}, n_1^{-1}) \quad (3)$$

$$\tilde{n} \oplus \tilde{m} = (n_1 + m_1, n_2 + m_2, n_3 + m_3) \quad (4)$$

$$\tilde{n} \ominus \tilde{m} = (n_1 - m_3, n_2 - m_2, n_3 - m_1) \quad (5)$$

$$\tilde{n} \otimes \tilde{m} = (n_1 \times m_1, n_2 \times m_2, n_3 \times m_3) \quad (6)$$

$$\tilde{n} \otimes k = \begin{cases} (n_1 \times k, n_2 \times k, n_3 \times k) & k > 0 \\ (n_3 \times k, n_2 \times k, n_1 \times k) & k < 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$\tilde{n} \oslash \tilde{m} = (n_1/m_3, n_2/m_2, n_3/m_1) \quad (8)$$

$$\tilde{n} \oslash k = \begin{cases} (n_1/k, n_2/k, n_3/k) & k > 0 \\ (n_3/k, n_2/k, n_1/k) & k < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Üçgen bulanık sayıyı durulaştırmak için genellikle ağırlık merkezi yöntemi (COG – Center of Gravity) kullanılır. Bu işlem Eşitlik 10’da belirtilen formül ile tanımlanmaktadır (Gao, Chen, Liu, Ip, & Yung, 2020).

$$k(\tilde{n}) = \tilde{n} \text{ ağırlık merkezi} = \frac{(n_1 + n_2 + n_3)}{3} \quad (10)$$

Bir üçgen bulanık sayı ile sıfır arasındaki maksimumu bulmak için tanımlanan  $\psi$  fonksiyonu Eşitlik 11’de belirtilen formül ile tanımlanmaktadır (Ghorabae, Zavadskas, Amiri, & Turskis, 2016; Yılmaz & Atan, 2021).

$$\psi(\tilde{n}) = \begin{cases} \tilde{n}, & k(\tilde{n}) > 0 \\ \tilde{0}, & k(\tilde{n}) \leq 0 \end{cases} \quad \tilde{0} = (0,0,0) \quad (11)$$

## 4. Metodoloji

### 4.1 Bulanık ÇKKV

Birden fazla kriterin birbirlerine göre önem derecelerini belirlemek; birden fazla alternatifi farklı önem derecelerine sahip bu kriterlere göre sıralamak, sınıflandırmak veya alternatiflerden birini seçmek için çeşitli ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir (Lezki, 2019; Mardani, Jusoh, MD Nor, vd., 2015). ÇKKV yöntemleri insanların karar verme sürecinde farklı kaynaklardan bilgileri yeterince değerlendiremediğinin görülmesi üzerine geliştirilmiş olup, yöneylem ve yönetim bilimi araştırmalarında karar teorisi ve karar analizinde karar verme sürecine destek olmak için sıklıkla kullanılmaktadır (Atan & Şenol, 2020).

ÇKKV yöntemleri kriter ve alternatifleri değerlendirmede klasik mantığa dayalı olan kesin matematiği kullanmaktadır. Ancak gerçek hayattaki problemlerin ve bilgilerin her zaman kesin ve net sınırları olmayabilir. Karar vericilerin “biraz”, “kısmen” gibi bulanıklık ve muğlaklık içeren dilsel ifadeler ile yaptığı değerlendirmeleri modelleyebilmek için bulanık mantık teorisine dayalı Bulanık ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir (Çebi & İlbahar, 2021; Hashemkhani Zolfani, Görener, & Toker, 2023; Mardani, Jusoh, & Zavadskas, 2015; Paksoy, Yapıcı Pehlivan, & Özceylan, 2013).

### 4.2. Bulanık AHP Yöntemi

Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi, en ünlü ÇKKV yöntemlerinden biridir. Ayrıca grup karar verme süreçleri açısından da karar vericilerin kararlarının tutarlılığını ve güvenilirliğini arttıran etkili bir karar verme aracıdır (Camci, Çimen, & Gül, 2021). AHP yöntemi problemin öncelikle küçük parçalara ayrılmasına ve karar vericilerin bu parçalar üzerinden ikili karşılaştırmalar yapmasına dayanır (Atan & Şenol, 2020; Özdemir, 2021).

Karşılaştırmalar genellikle Saaty'nin 1-9 arasındaki tek rakamları kullandığı önem ölçeği kullanılarak yapılır. Ölçeğe göre 1 değeri karşılaştırılan iki faktörün aynı derece öneme sahip olduğunu, 3 değeri bir faktörün diğerine göre orta derecede, 5 değeri kuvvetli derecede, 7 değeri çok kuvvetli derecede, 9 değeri ise mutlak derecede önemli olduğunu gösterir. Gerekliğinde 2, 4, 6, 8 değerleri bu tek sayıların ara değerlendirmeleri olarak kullanılabilir (Önder & Önder, 2021; Saaty & Vargas, 2001).

Literatürde farklı bulanık küme yaklaşımları ile AHP yönteminin birlikte kullanıldığı çeşitli teknikler mevcuttur (Liu, Eckert, & Earl, 2020). Camci, Ertürk & Gül (2022) Fermat tipi bulanık kümelere dayalı bir bulanık AHP yöntemi önermiş ve uygulanabilirliğini bir tedarikçi seçimi probleminde göstermişlerdir. Nazim, Wali Mohammad, & Sadiq (2022) yazılım sektöründe yazılım gereksinimlerinin seçimi problemi için Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri karşılaştırdıkları çalışmalarında üçgen bulanık sayıları kullanmışlardır. Kutlu Gündoğdu & Kahraman (2020) küresel bulanık sayıları kullanarak geliştirdikleri Bulanık AHP modelini yenilenebilir enerji lokasyon seçimi problemi üzerinde uygulamışlardır. Yucesan & Gul (2020) ise hastane hizmet kalitesi değerlendirmesinde Bulanık AHP yöntemini kullandıkları çalışmalarında Pisagor bulanık sayıları kullanmışlardır.

Bulanık AHP yöntemi dilsel ifadelerdeki belirsizliği gidermek amacıyla bulanık küme mantığının AHP yöntemi ile birleştirilmesi ile geliştirilmiştir. Bu çalışmada Chang

(1996) tarafından geliştirilen ve aşağıda uygulama adımları verilen üçgen bulanık sayılara dayalı Bulanık AHP Mertebe Analiz yöntemi kullanılmıştır.

**Adım 1:** Karar vericilerden alternatifleri belirlemek için kullanılacak kriterlerin ikili karşılaştırılmaları dilsel ifadeler kullanılarak alınıp, Tablo 2'ye göre üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.

**Tablo 2. Bulanık AHP İçin Kriter Karşılaştırma Ölçeği**

Dilsel İfadeler		TFN (Üçgen Bulanık Sayılar)		
		<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
CCZ	Çok çok önemsiz	2/9	1/4	2/7
CZ	Çok önemsiz	2/7	1/3	2/5
NZ	Nispeten önemsiz	2/5	1/2	2/3
BZ	Biraz önemsiz	2/3	1	3/2
E	Eşit önemde	1	1	1
B	Biraz önemli	2/3	1	3/2
O	Oldukça önemli	3/2	2	5/2
C	Çok önemli	5/2	3	7/2
CC	Çok çok önemli	7/2	4	9/2

**Kaynak:** Kahraman, Cebeci, & Ruan (2004)

**Adım 2:** Her karar verici için oluşturulmuş üçgen bulanık sayı matrisi Eşitlik 12'de gösterildiği gibi geometrik ortalama yöntemi kullanılarak birleştirilir.

$$l_{ij} = \left( \prod_{k=1}^K l_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}}, m_{ij} = \left( \prod_{k=1}^K m_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}}, u_{ij} = \left( \prod_{k=1}^K u_{ijk} \right)^{\frac{1}{K}} \quad (12)$$

$\tilde{X}_{ijk} = (l_{ijk}, m_{ijk}, u_{ijk})$  bulanık sayısı *k*. karar verici için, *i*. kriterin *j*. kritere göre performans değerini göstermektedir.

**Adım 3:** Birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra Chang (1996) tarafından geliştirilen ve uygulama adımları aşağıda verilen Bulanık AHP Mertebe Analiz yöntemi uygulanır (Chang, 1996; Kahraman ve diğ., 2004).

**Adım 3a:**  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesne kümesi,  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  ise hedef kümesi olsun. Genişletilmiş analiz yöntemine göre her nesneye sırasıyla her hedef için analiz uygulanır. Böylece şu "m" mertebe analiz değerleri elde edilir:  $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Burada tüm  $M_{gi}^j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) değerleri üçgen bulanık sayıdır. İkili karşılaştırma matrisinin her satırındaki *m* adet hedefe ait mertebe analiz değerleri için Eşitlik 13'te gösterildiği gibi bulanık toplama işlemi gerçekleştirilerek *n* adet  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  bulanık sayısı elde edilir.



$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (13)$$

**Adım 3b:** Her kritere ait toplam  $n$  adet  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  bulanık sayı Eşitlik 14'te gösterildiği gibi toplanarak  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  bulanık sayısı elde edilir.

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right), \quad \tilde{A} = (l, m, n) \quad (14)$$

**Adım 3c:**  $\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  bulanık sayısının (-1)'nci dereceden üssü Eşitlik 15'te gösterildiği gibi alınır.

$$\tilde{A}^{-1} = \left( \frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l} \right), \quad \tilde{A} = (l, m, n) \quad (15)$$

**Adım 3d:**  $i$ . nesneye göre bulanık sentetik mertebe değeri  $S_i$  Eşitlik 16 kullanılarak bulunur.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \tilde{A}^{-1} = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (16)$$

**Adım 4:** Her kriter için bulunan  $S_i$  bulanık sentetik mertebe değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki yaklaşım uygulanır.

**Adım 4a:**  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  iki adet bulanık sayı olmak üzere;  $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$  ifadesinin olasılık değeri Eşitlik 17 ve 18'de gösterildiği şekilde tanımlanır.

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] = \text{hgt}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (17)$$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } m_2 < m_1 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer şartlarda} \end{cases} \quad (18)$$

$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$  ve  $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$  için olasılık değerleri ayrı ayrı hesaplanır.

**Adım 4b:** Bir bulanık sayının  $k$  adet bulanık sayıya karşı üstünlük derecesini bulmak için Eşitlik 19 kullanılır.

$$\begin{aligned} & V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) \\ &= V[(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1) \text{ ve } (\tilde{M} \geq \tilde{M}_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (\tilde{M} \geq \tilde{M}_k)] \\ &= \min V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (19)$$

Ağırlık vektörü  $W'$  tüm alternatiflerin ikili karşılaştırmalarının minimumu alınarak Eşitlik 20'de gösterildiği gibi elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots \dots d'(A_n))^T, \\ A_i (i = 1, 2, \dots n) \text{ olmak üzere} \quad (20)$$

$$d'(A_i) = \min V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_k), \quad k = 1, 2, \dots n; k \neq i$$

**Adım 4c:** Ağırlık vektörü normalize edilerek, Eşitlik 21'de gösterilen bulanık olmayan normalize ağırlık vektörü  $W$  elde edilir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots \dots d(A_n))^T \quad (21)$$

### 4.3. Bulanık EDAS Yöntemi

EDAS (Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme) yöntemi Keshavarz Ghorabae, Zavadskas, Olfat, & Turskis (2015) tarafından envanter sınıflandırması problemi için önerilmiş bir ÇKKV yaklaşımıdır. Bu yöntem uzaklık tabanlı yöntemlerden olup, en iyi alternatifin ortalama çözümden uzaklığına dayanmaktadır (Özkan & Özceylan, 2021). Bu yöntemde; öncelikle her kriter için alternatif ortalamalarından oluşan ortalama çözüm matrisi bulunur ve her alternatifin bu ortalamalardan negatif ve pozitif uzaklıkları hesaplanır. Bu uzaklıklar kriter ağırlıkları ile çarpılarak alternatiflerin negatif ve pozitif ağırlıklı uzaklık değerleri elde edilerek, normalize edilir. Bu normalize değerlerin ortalamaları EDAS skorunu belirler. EDAS skoru en yüksek alternatif, en iyi alternatif olarak seçilir (Keshavarz Ghorabae vd., 2015).

Kahraman vd. (2017) katı atık bertaraf tesis seçimi problemi için sezgisel Bulanık EDAS yönteminden yararlanmıştı. Kutlu Gündoğdu, Kahraman, & Civan (2018) hastane yeri seçiminde bu yöntemi tereddütlü bulanık sayılar ile kullanmıştır. Kas Bayrakdaroğlu & Kundakcı (2019) ise Ar-Ge proje seçimini üçgen bulanık sayıların kullanıldığı Bulanık EDAS yöntemi ile ele almıştır. Vesković vd. (2020) demiryolu ile yolcu taşımacılığı yapan bir işletme için en iyi stratejisinin seçilmesinde Tip-1 bulanık sayılar ile genişletilmiş Bulanık EDAS yöntemini kullanmıştır (Özkan & Özceylan, 2021).

Bulanık EDAS yöntemi ise Ghorabae ve diğ. (2016) bulanık küme mantığını klasik EDAS yöntemine uyarlanması ile geliştirilmiş olup, üçgen bulanık sayılara dayalı uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

**Adım 1:** Karar vericilerin görüşleri dilsel ifadeler ile alınıp, Tablo 3'e göre üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.

#### Tablo 3. Bulanık EDAS İçin Alternatif Değerlendirme Ölçeği

Dilsel İfadeler		TFN (Üçgen Bulanık Sayılar)		
		$l$	$m$	$u$
CCI	Çok çok iyi	9	10	10
CI	Çok iyi	7	9	10
I	İyi	5	7	9
O	Orta	3	5	7
K	Kötü	1	3	5
CK	Çok kötü	0	1	3
CCK	Çok çok kötü	0	0	1

Kaynak: Chen, 2000

**Adım 2:** Her karar vericinin alternatifleri değerlendirdiği matrisler Eşitlik 22 kullanılarak birleştirilerek, birleştirilmiş karar matrisi  $X$  oluşturulur:  $X = [\tilde{x}_{ij}]_{n \times m}$ .

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\sum_{p=1}^k \tilde{x}_{ij}^p}{k} \quad (22)$$

$\tilde{x}_{ij}^p$  :  $p$ . karar verici için  $j$ . alternatifin  $i$ . kriter açısından performans değeridir ( $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq m$ ,  $1 \leq p \leq k$ ).

**Adım 3:** Her bir kriter için alternatiflerin ortalamalarından oluşan ortalama çözüm satır vektörü (AV) Eşitlik 23 kullanılarak hesaplanır.

$$AV = [\bar{a}v_j]_{1 \times m} \quad (23)$$

$$\bar{a}v_j = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{x}_{ij}}{n}$$

**Adım 4:**  $B$  fayda tipi kriter kümesi,  $C$  maliyet tipi kriter kümesi olmak üzere ortalamadan pozitif uzaklık ( $PDA = [p\tilde{d}a_{ij}]_{n \times m}$ ) ve ortalamadan negatif uzaklık ( $NDA = [n\tilde{d}a_{ij}]_{n \times m}$ ) matrisleri Eşitlik 24 ve 25 kullanılarak hesaplanır.

$$p\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\Psi(\tilde{x}_{ij} \ominus \bar{a}v_j)}{k(\bar{a}v_j)} & \text{eğer } j \in B \\ \frac{\Psi(\bar{a}v_j \ominus \tilde{x}_{ij})}{k(\bar{a}v_j)} & \text{eğer } j \in C \end{cases} \quad (24)$$

$$n\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\Psi(\bar{a}v_j \ominus \tilde{x}_{ij})}{k(\bar{a}v_j)} & \text{eğer } j \in B \\ \frac{\Psi(\tilde{x}_{ij} \ominus \bar{a}v_j)}{k(\bar{a}v_j)} & \text{eğer } j \in C \end{cases} \quad (25)$$

**Adım 5:** Bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları  $\tilde{p}da_{ij}$  ve  $\tilde{n}da_{ij}$  matrisleri ile Eşitlik 26 ve 27 yardımıyla çarpılarak alternatiflerin ağırlıklandırılmış pozitif ( $\tilde{s}p_i$ ) ve negatif uzaklık ( $\tilde{s}n_i$ ) matrisleri elde edilir.

$$\tilde{s}p_i = \sum_{j=1}^m w_j \otimes \tilde{p}da_{ij} \quad (26)$$

$$\tilde{s}n_i = \sum_{j=1}^m w_j \otimes \tilde{n}da_{ij} \quad (27)$$

**Adım 6:** Tüm alternatifler için  $\tilde{s}p_i$  ve  $\tilde{s}n_i$  değerleri Eşitlik 28 ve 29 kullanılarak normalize edilir.

$$\tilde{n}\tilde{s}p_i = \frac{\tilde{s}p_i}{\max_i(k(\tilde{s}p_i))} \quad (28)$$

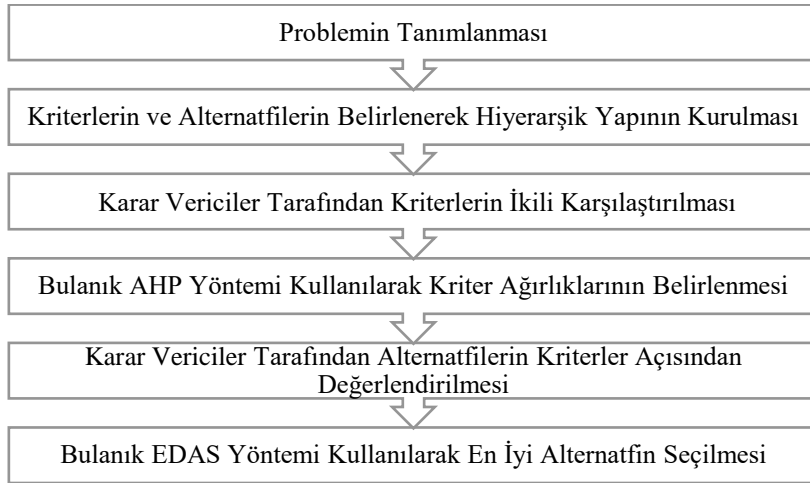
$$\tilde{n}\tilde{s}n_i = 1 - \frac{\tilde{s}n_i}{\max_i(k(\tilde{s}n_i))} \quad (29)$$

**Adım 7:** Tüm alternatifler için bulanık değerlendirme skoru olan  $\tilde{a}s_i$  değeri Eşitlik 30 kullanılarak hesaplanır. Bulunan bulanık sayılar Eşitlik 10 kullanılarak durulaştırılır ve en yüksek puanı alan alternatif, en uygun alternatif olarak seçilir.

$$\tilde{a}s_i = \frac{(\tilde{n}\tilde{s}p_i \oplus \tilde{n}\tilde{s}n_i)}{2} \quad (30)$$

## 5. Uygulama

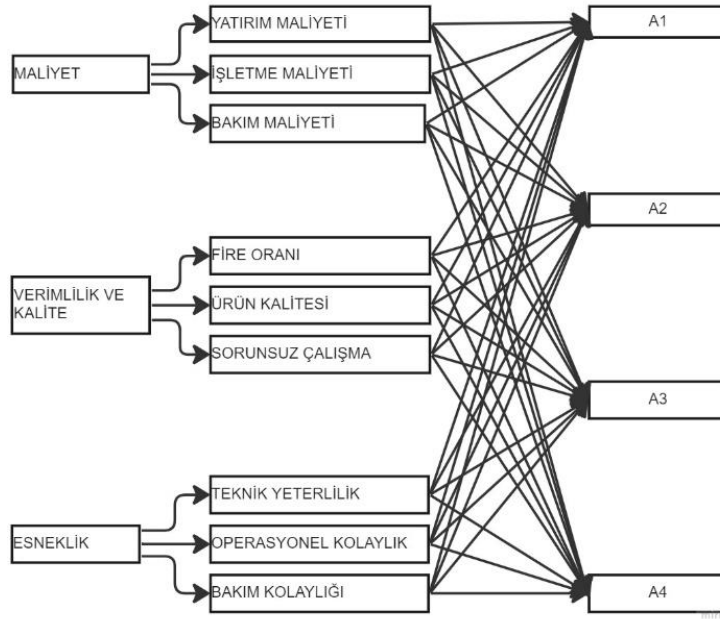
Bu araştırma gerçek bir matbaa için en uygun baskı makinesini seçmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın uygulama adımları Şekil 3'te verilmiştir.



### Şekil 3. Uygulama Adımları

#### 5.1. Hiyerarşik Yapının Kurulması

Yapılan literatür taraması ve uzman görüşleri sonrasında 9 adet kriter ve 4 adet alternatif belirlenmiş olup kurulan hiyerarşik yapı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Hiyerarşik Yapı

#### 5.2. Bulanık AHP Yönteminin Uygulanması

**Adım 1:** Karar vericilerden Tablo 2'deki dilsel ifadeleri kullanarak kriterleri karşılaştırmaları istenmiştir. Karar vericiler tarafından ana kriterler için oluşturulan karşılaştırma matrisi örnek olarak Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. KV1 İçin Ana Kriter Değerlendirme Matrisi

Ana Kriterler	<i>K1_Maliyet</i>	<i>K2_Verimlilik ve Kalite</i>	<i>K3_Esneklik</i>
<i>K1_Maliyet</i>	E,E,E,E,E	B,B,O,B,B	B,BZ,O,B,B
<i>K2_Verimlilik/Kalite</i>	BZ,BZ,NZ,BZ,BZ	E,E,E,E,E	E,E,E,B,E
<i>K3_Esneklik</i>	BZ,B,NZ.BZ,BZ	E,E,E,BZ,E	E,E,E,E,E

Karar vericilerden dilsel ifadeler ile toplanan veriler, yine Tablo 2 kullanılarak üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

**Adım 2:** Karar vericilerin değerlendirmeleri Eşitlik 12 kullanılarak birleştirilerek,  $\tilde{X}_{ijk}$  oluşturulmuştur. Ana kriter ve alt kriterlere ait matrisler Tablo 5-8'de gösterilmiştir.

**Tablo 5. Ana Kriterlere Ait Birleştirilmiş AHP İkili Karşılaştırma Matrisi**

Ana Kriterler	Maliyet			Verimlilik			Esneklik		
Maliyet	1.000	1.000	1.000	0.784	1.149	1.661	0.784	1.149	1.661
Verimlilik	0.602	0.871	1.275	1.000	1.000	1.000	0.922	1.000	1.084
Esneklik	0.602	0.871	1.275	0.922	1.000	1.084	1.000	1.000	1.000

**Tablo 6. Maliyet Kriterine Ait Birleştirilmiş AHP İkili Karşılaştırma Matrisi**

Maliyet	Yatırım Maliyeti			İşletme Maliyeti			Bakım Maliyeti		
Yatırım Maliyeti	1.000	1.000	1.000	0.942	1.246	1.639	1.000	1.320	1.697
İşletme Maliyeti	0.610	0.803	1.062	1.000	1.000	1.000	0.784	1.000	1.275
Bakım Maliyeti	0.589	0.758	1.000	0.784	1.000	1.275	1.000	1.000	1.000

**Tablo 7. Verimlilik Kriterine Ait Birleştirilmiş AHP İkili Karşılaştırma Matrisi**

Verimlilik	Fire Oranı			Ürün Kalitesi			Sorunsuz Çalışma		
Fire Oranı	1.000	1.000	1.000	0.708	0.871	1.084	0.723	1.000	1.383
Ürün Kalitesi	0.922	1.149	1.413	1.000	1.000	1.000	0.850	1.149	1.532
Sorunsuz Çalışma	0.723	1.000	1.383	0.653	0.871	1.176	1.000	1.000	1.000

**Tablo 8. Esneklik Kriterine Ait Birleştirilmiş AHP İkili Karşılaştırma Matrisi**

Esneklik	Teknik Yeterlilik			Op. Kolaylık			Bakım Kolaylığı		
Tek. Yeterlilik	1.000	1.000	1.000	1.000	1.320	1.697	1.275	1.741	2.257
Op. Kolaylık	0.589	0.758	1.000	1.000	1.000	1.000	0.922	1.149	1.413
Bakım Kolaylığı	0.443	0.574	0.784	0.708	0.871	1.084	1.000	1.000	1.000

**Adım 3:** Eşitlik 13 ve 14 kullanılarak  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  matrisi ve  $\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$  bulanık sayıları elde edilmiştir. Tüm kriterler için hesaplanan bulanık mertebe değerleri Tablo 9’ da gösterilmiştir.

**Tablo 9. Bulanık Mertebe Değerleri**

$M_j$	$l$	$m$	$u$	$M_j$	$l$	$m$	$u$
K1	2.568	3.297	4.323	M1	2.942	3.565	4.335
K2	2.524	2.871	3.360	M2	2.394	2.803	3.337
K3	2.524	2.871	3.360	M3	2.373	2.758	3.275
A	7.616	9.038	11.042	A	7.710	9.126	10.948

$M_j$	$l$	$m$	$u$	$M_j$	$l$	$m$	$u$
V1	2.431	2.871	3.468	E1	3.275	4.061	4.954
V2	2.772	3.297	3.945	E2	2.511	2.907	3.413
V3	2.376	2.871	3.559	E3	2.151	2.445	2.869
A	7.579	9.038	10.971	A	7.938	9.412	11.235

Eşitlik 16 kullanılarak her kriter için bulanık sentetik mertebe değeri  $S_i$  hesaplanmıştır. Elde edilen  $S_i$  değerleri Tablo 10'de gösterilmiştir.

**Tablo 10. Sentetik Mertebe Değerleri**

$s$	$l$	$m$	$u$	$s$	$l$	$m$	$u$
K1	0.233	0.365	0.568	M1	0.269	0.391	0.562
K2	0.229	0.318	0.441	M2	0.219	0.307	0.433
K3	0.229	0.318	0.441	M3	0.217	0.302	0.425
$s$	$l$	$m$	$u$	$s$	$l$	$m$	$u$
V1	0.222	0.318	0.458	E1	0.292	0.431	0.624
V2	0.253	0.365	0.520	E2	0.224	0.309	0.430
V3	0.217	0.318	0.470	E3	0.191	0.260	0.361

**Adım 4:** Eşitlik 18 kullanılarak  $V$  olasılık değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 11'de gösterilmiştir.

**Tablo 11. Olasılık Değerleri**

$V$	$K1$	$K2$	$K3$	$V$	$M1$	$M2$	$M3$
K1		1.000	1.000	M1		1.000	1.000
K2	0.815		1.000	M2	0.663		1.000
K3	0.815	1.000		M3	0.638	0.977	
$V$	$V1$	$V2$	$V3$	$V$	$E1$	$E2$	$E3$
V1		0.813	1.000	E1		1.000	1.000
V2	1.000		1.000	E2	0.530		1.000
V3	1.000	0.821		E3	0.289	0.738	

Eşitlik 20 ve 21 kullanılarak  $W$  ağırlık vektörleri hesaplanmış ve Tablo 12'de gösterilmiştir. Yerel ve genel ağırlıklar ise Tablo 13'de verilmiştir.

**Tablo 12. Ağırlık Vektörleri**

$W_{min}$	$W$		$W_{min}$	$W$	
1.000	0.380	K1	1.000	0.435	M1
0.815	0.310	K2	0.663	0.288	M2
0.815	0.310	K3	0.638	0.277	M3
2.631			2.301		
$W_{min}$	$W$		$W_{min}$	$W$	
0.813	0.309	V1	1.000	0.550	E1
1.000	0.380	V2	0.530	0.291	E2
0.821	0.312	V3	0.289	0.159	E3
2.634			1.819		

**Tablo 13. Normalize Kriter Ağırlıkları**

			<i>Lokal Ağırlık</i>	<i>Genel Ağırlık</i>
<i>Maliyet</i> 0.380	M1	Yatırım Maliyeti	0.435	0.165
	M2	İşletme Maliyeti	0.288	0.109
	M3	Bakım Maliyeti	0.277	0.105
<i>Verimlilik</i> 0.310	V1	Fire Oranı	0.309	0.096
	V2	Ürün Kalitesi	0.380	0.118
	V3	Sorunsuz Çalışma	0.312	0.097
<i>Esneklik</i> 0.310	E1	Teknik Yeterlilik	0.550	0.170
	E2	Operasyonel Kolaylık	0.291	0.090
	E3	Bakım Kolaylığı	0.159	0.049

**5.3. Bulanık EDAS Yönteminin Uygulanması**

**Adım 1:** Karar vericilerden Tablo 3'teki dilsel ifadeleri kullanarak alternatifleri kriterler açısından değerlendirmeleri istenmiş ve tüm karar vericilere ait alternatif değerlendirme matrisi örnek olarak Tablo 14'te gösterilmiştir. Yatırım maliyeti, işletme maliyeti, bakım maliyeti ve fire oranı kriterleri maliyet tipi kriterler; ürün kalitesi, sorunsuz çalışma, teknik yeterlilik, operasyonel kolaylık ve bakım kolaylığı kriterleri ise fayda tipi kriterlerdir. Maliyet tipi kriterlerin minimize edilmesi, fayda tipi kriterlerin ise maksimize edilmesi tercih edilir. Bu çalışmada yapılan değerlendirmeler kriterlerin sayısal göstergesinden bağımsız olarak, işletmeye olan faydaları bağlamında yapılmıştır. Örneğin fire oranı bakımından yapılan değerlendirme; "hangi alternatif fire oranı bakımından işletme için daha iyidir" şeklinde yapılmış ve fire oranı minimum olan alternatif daha iyi olarak yani daha yüksek bir dilsel terim ile puanlanmıştır. Benzer şekilde ürün kalitesi bakımından yapılan değerlendirmede; "hangi alternatif ürün kalitesi bakımından işletme için daha iyidir" şeklinde yapılmış ve bu kez ürün kalitesi maksimum olan alternatif daha iyi yani daha yüksek bir dilsel terim ile puanlanmıştır. Böylece, sayısal gösterge olarak hem fayda hem de maliyet tipi olan kriterlerin tümü, bulanık dilsel ifade ile yapılan değerlendirmelerde fayda tipi kritere dönüşmüştür.

**Tablo 14. KV1'e Ait Değerlendirme Matrisi**

	A1	A2	A3	A4
M1	O CK K O CK	CI CI I CI CI	I K O O O	I K K K K
M2	I O I I CI	CI I O CCI CI	I O I O O	I O I O K
M3	I K K O I	CI I CI CCI CI	O K O O O	I K O O O
V1	I CI CI CI CI	O K O I K	O I I I I	CI CCI CI CCI CI
V2	CI CCI CI CI CI	O K O O K	I CI I CI I	CI CCI CI CCI CI
V3	I I I I I	I K CCI CCI CI	O I I I O	I CI I I I
E1	CI CCI CI CCI CI	O K O I O	I CI I I I	I I O O O
E2	CI CCI CI I CI	O K O CCI K	O CI I I I	I CI I I I
E3	I O I I K	I CI CI CCI CI	O O I I O	I CI O O O

Karar vericilerden dilsel ifadeler ile toplanan veriler, yine Tablo 3 kullanılarak üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.



**Adım 2:** Eşitlik 22 kullanılarak her karar vericiye ait alternatif değerlendirme matrisleri birleştirilmiş ve Tablo 15'te gösterilmiştir.

**Tablo 15. Birleştirilmiş EDAS Değerlendirme Matrisi**

	A1			A2			A3			A4		
M1	1.4	3.0	5.0	6.6	8.6	9.8	3.0	5.0	7.0	1.8	3.8	5.8
M2	5.0	7.0	8.8	6.2	8.0	9.2	3.8	5.8	7.8	3.4	5.4	7.4
M3	3.0	5.0	7.0	7.0	8.8	9.8	2.6	4.6	6.6	3.0	5.0	7.0
V1	6.6	8.6	9.8	2.6	4.6	6.6	4.6	6.6	8.6	7.8	9.4	10.0
V2	7.4	9.2	10.0	2.2	4.2	6.2	5.8	7.8	9.4	7.8	9.4	10.0
V3	5.0	7.0	9.0	6.2	7.8	8.8	4.2	6.2	8.2	5.4	7.4	9.2
E1	7.8	9.4	10.0	3.0	5.0	7.0	5.4	7.4	9.2	3.8	5.8	7.8
E2	7.0	8.8	9.8	3.4	5.2	6.8	5.0	7.0	8.8	5.4	7.4	9.2
E3	3.8	5.8	7.8	7.0	8.8	9.8	3.8	5.8	7.8	4.2	6.2	8.0

**Adım 3:** Ortalama çözüm matrisi AV, Eşitlik 23 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 16'da gösterilmiştir.

**Adım 4:** Eşitlik 24 ve 25 kullanılarak ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık (NDA) matrisleri hesaplanmış ve Tablo 17-18'de gösterilmiştir.

**Adım 5:** Eşitlik 26 ve 27 kullanılarak ağırlıklandırılmış pozitif ( $\tilde{sp}_i$ ) ve negatif uzaklık ( $\tilde{sn}_i$ ) matrisleri elde edilmiş ve Tablo 19'da gösterilmiştir. Kriter ağırlıkları olarak Bulanık AHP'den elde edilen değerler kullanılmıştır.

**Tablo 16. Ortalama Çözüm Matrisi**

AV	Avj			k(avj)
M1	3.20	5.10	6.90	5.07
M2	4.60	6.55	8.30	6.48
M3	3.90	5.85	7.60	5.78
V1	5.40	7.30	8.75	7.15
V2	5.80	7.65	8.90	7.45
V3	5.20	7.10	8.80	7.03
E1	5.00	6.90	8.50	6.80
E2	5.20	7.10	8.65	6.98
E3	4.70	6.65	8.35	6.57

**Tablo 17. PDA Matrisi**

PDA	A1			A2			A3			A4		
M1	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.69	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2	-0.51	0.07	0.65	-0.32	0.22	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M3	0.00	0.00	0.00	-0.10	0.51	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V1	-0.30	0.18	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.29	0.64
V2	-0.20	0.21	0.56	0.00	0.00	0.00	-0.42	0.02	0.48	-0.15	0.23	0.56
V3	0.00	0.00	0.00	-0.37	0.10	0.51	0.00	0.00	0.00	-0.48	0.04	0.57
E1	-0.10	0.37	0.74	0.00	0.00	0.00	-0.46	0.07	0.62	0.00	0.00	0.00

<i>E2</i>	-0.24	0.24	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.47	0.04	0.57
<i>E3</i>	0.00	0.00	0.00	-0.21	0.33	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tablo 18. NDA Matrisi**

<i>NDA</i>	<i>A1</i>			<i>A2</i>			<i>A3</i>			<i>A4</i>		
<i>M1</i>	-0.36	0.41	1.09	0.00	0.00	0.00	-0.75	0.02	0.77	-0.51	0.26	1.01
<i>M2</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.49	0.12	0.69	-0.43	0.18	0.76
<i>M3</i>	-0.54	0.15	0.80	0.00	0.00	0.00	-0.47	0.22	0.86	-0.54	0.15	0.80
<i>V1</i>	-0.30	0.18	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.29	0.64
<i>V2</i>	-0.20	0.21	0.56	0.00	0.00	0.00	-0.42	0.02	0.48	-0.15	0.23	0.56
<i>V3</i>	0.00	0.00	0.00	-0.37	0.10	0.51	0.00	0.00	0.00	-0.48	0.04	0.57
<i>E1</i>	-0.10	0.37	0.74	0.00	0.00	0.00	-0.46	0.07	0.62	0.00	0.00	0.00
<i>E2</i>	-0.24	0.24	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.47	0.04	0.57
<i>E3</i>	0.00	0.00	0.00	-0.21	0.33	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tablo 19. Ağırlıklandırılmış Uzaklık Matrisleri**

	<i>Sp<sub>i</sub></i>			<i>Sn<sub>i</sub></i>		
<i>A1</i>	-0.147	0.134	0.381	-0.207	0.210	0.573
<i>A2</i>	-0.102	0.218	0.488	-0.046	0.026	0.088
<i>A3</i>	-0.127	0.015	0.162	-0.354	0.054	0.456
<i>A4</i>	-0.119	0.064	0.235	-0.307	0.141	0.567

**Adım 6:** Eşitlik 28 ve 29 kullanılarak normalize  $\tilde{sp}_i$  ve  $\tilde{sn}_i$  değerleri hesaplanmış ve Tablo 20'de gösterilmiştir.

**Tablo 20. Normalize Ağırlıklandırılmış Uzaklık Matrisleri**

	<i>spi</i>			<i>sni</i>		
<i>A1</i>	-0.730	0.666	1.891	-1.980	-0.094	2.074
<i>A2</i>	-0.507	1.083	2.424	0.544	0.866	1.238
<i>A3</i>	-0.629	0.074	0.805	-1.373	0.721	2.839
<i>A4</i>	-0.590	0.316	1.165	-1.950	0.267	2.598

**Adım 7:** Eşitlik 30 kullanılarak bulanık değerlendirme skoru olan  $\tilde{as}_i$  değeri hesaplanmış, bulunan bulanık sayılar Eşitlik 10 kullanılarak durulaştırılmış ve sonuçlar Tablo 21.'de gösterilmiştir.

**Tablo 21. EDAS Değerlendirme Skorları**

	<i>asi</i>			<i>k(asi)</i>	<i>Sıralama</i>
<i>A1</i>	-1.355	0.286	1.982	0.304	3
<i>A2</i>	0.019	0.975	1.831	0.941	1
<i>A3</i>	-1.001	0.398	1.822	0.406	2
<i>A4</i>	-1.270	0.292	1.881	0.301	4

*A2* alternatifi 0.941'lik skor ile en iyi alternatif olarak bulunmuştur. Bunu sırasıyla *A3*, *A1* ve *A4* alternatifleri takip etmiştir.

#### 5.4 Duyarlılık Analizi

Dilsel ifadelerdeki değişikliklerin analiz sonucuna etkisini test etmek için ana kriter ağırlıklarında Tablo 22'de gösterilen şekilde kısmi değişiklikler yapıp, Bulanık EDAS yöntemi her senaryo için tekrar uygulanmıştır. Farklı senaryolar için elde edilen EDAS skorları Tablo 23'te özetlenmektedir. Test edilen farklı senaryolar karşısında ilk iki sıralamada herhangi bir değişiklik olmamıştır. 3. ve 4. sırada yer alan alternatiflerin EDAS skorları birbirine çok yakın olup, sadece birinci senaryoda sıraları değişmiştir. Bu sonuçlar yapılan analizin duyarlılık düzeyinin iyi olduğunu göstermektedir.

**Tablo 22. Duyarlılık Analizi Senaryoları**

	<i>Maliyet</i>	<i>Verimlilik</i>	<i>Esneklik</i>
<i>1.Senaryo</i>	+ 8%	- 4%	- 4%
<i>2.Senaryo</i>	- 4%	+ 8%	- 4%
<i>3.Senaryo</i>	- 4%	- 4%	+ 8%

**Tablo 23. Duyarlılık Analizi Sonuçları**

	<i>Orijinal Durum</i>	<i>1.Senaryo</i>	<i>2.Senaryo</i>	<i>3.Senaryo</i>
<i>A1</i>	0.304	0.232	0.333	0.369
<i>A2</i>	0.941	0.949	0.939	0.936
<i>A3</i>	0.406	0.383	0.415	0.424
<i>A4</i>	0.301	0.245	0.322	0.344

#### 6. Sonuç

Bu araştırma baskı makinesi yatırımı yapacak bir işletme için alternatif makineler arasından en uygun olanı seçmek için yapılmıştır. İşletmeler için üretimde uygun makine kullanımı kalite, verimlilik, karlılık gibi birden fazla faktöre direkt etki etmekte ve rekabet avantajı açısından büyük önem taşımaktadır. Makine yatırımları genellikle uzun süreli ve yüksek maliyetli yatırımlar olup, karar vericilerin maliyet, kalite, teknik yeterlilik gibi birçok kriteri dikkate alması gerekmektedir. Problemin yapısı dikkate alındığında, işletmeler için uygun makine seçimi, çok kriterli bir karar verme süreci olarak ortaya konulabilmektedir.

Bu araştırma, çok kriterli karar verme yöntemleri ile bir matbaa için en uygun baskı makinesi seçmeye yönelik bir vaka çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Baskı makinesi seçmek için kullanılacak kriterlerin ağırlıklarını belirlemede Bulanık AHP yöntemi, alternatifleri kriterler açısından değerlendirilip, uygun alternatifi seçmek için ise Bulanık EDAS yöntemi kullanılmıştır. Uzman görüşleri ve literatür taraması sonucu belirlenen kriterler, matbaa yöneticilerinden oluşan uzman grubu tarafından ikili olarak karşılaştırılmış ve teknik yeterlilik kriteri %17 ile en yüksek öneme sahip kriter olarak bulunmuştur. İkinci sırada %16,5 ile yatırım maliyeti, üçüncü sırada ise %11,8 ile ürün kalitesi gelmektedir. Makine seçerken ilk olarak o makinenin üretimin beklentilerini karşılayacak uygun teknik yeterliliğe sahip olması gerekir. Üretimin ihtiyaçlarına tam anlamıyla cevap veremeyecek bir yatırım, üretim çeşitliliğini ve esnekliğini azaltacaktır. Bunun yanı sıra tüm işletmeler için en önde gelen kriterin başında yatırım maliyeti gelmektedir. Elde sonuçlar da bu yaklaşımı

desteklemektedir. Bakım kolaylığı ve operasyonel kolaylık kriterleri en düşük öneme sahip kriterler olarak bulunmuştur. Bu durum işletmelerin makine yatırımı yaparken bakım ekibi ve makine operatörler açısından kullanım kolaylığını, bir diğer ifadeyle çalışan açısından kolaylığı en az önem sahip kriterler olarak değerlendirildiğini göstermiştir.

Bulanık EDAS yöntemi sonucunda A2 alternatifi 0.941'lik skor ile en uygun alternatif olarak bulunmuştur. Sonuçların geçerliliği test etmek için yapılan duyarlılık analizi sonucunda da en uygun alternatifin farklı senaryolar karşısında değişmediği, kullanılan yöntemlerin geçerlilik ve güvenilirlik düzeylerinin iyi olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile söz konusu işletme; sayısal olarak ifade edilemeyen kriterlere dayalı bir karar verme problemini, üzerinde konsensüs sağlanabilir bir süreç haline getirebilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen karar vericilerin sadece işletme bünyesinden seçilmiş olması, sürece sektörden ve meslek örgütlerinden harici uzman görüşlerinin dâhil edilememiş olması çalışmanın kısıtlarıdır. Ayrıca hesaplamalarda uzman ağırlıklarının eşit olduğu varsayılmıştır. Ancak tüm karar vericiler aynı uzmanlık düzeyine, deneyimine ve bilgiye sahip olmayabilir. Çalışma yöntemi uzman ağırlıklandırılması da ilave edilerek geliştirilebilir.

## Referanslar

- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: Bulanıklılık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80–85.
- Arslan, M. Ç., Çatay, B., & Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 101–109. <https://doi.org/10.1108/09576060410512374>
- Atan, M., & Şenol, A. (2020). *Örnek uygulamalarla çok kriterli karar verme yöntemleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Camci, A., Çimen, Ö., & Gül, S. (2021). Selection of contract type in construction projects using spherical AHP method. İçinde T. Allahviranloo, S. Salahshour, & N. Arica (Ed.), *Progress in intelligent decision science* (ss. 531–547). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66501-2\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66501-2_42)
- Camci, A., Ertürk, M. E., & Gül, S. (2022). A novel fermatean fuzzy analytic hierarchy process proposition and its usage for supplier selection problem in industry 4.0 transition. İçinde H. Garg (Ed.), *q-Rung orthopair fuzzy sets* (ss. 405–437). Singapore: Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1449-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1449-2_16)
- Çebi, S., & İlbahar, E. (2021). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi: Buckley AHP ve proje risk yönetimine uygulanması. İçinde Mehmet Kabak & B. Erdebilli (Ed.), *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri: MS Excel ve software çözümlü uygulamaları* (ss. 27–46). Ankara: Nobel Yayın.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
- Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- Chen, S.-J., & Hwang, C.-L. (1992). *Fuzzy multiple attribute decision making*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642->

46768-4

- Çimren, E., Çatay, B., & Budak, E. (2007). Development of a machine tool selection system using AHP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35(3–4), 363–376. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0714-0>
- Faydalı, R., & Erkan, E. F. (2020). Makine seçim probleminin bulanık VIKOR yöntemiyle incelenmesi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 3(1), 7–12. <https://doi.org/10.38016/jista.677785>
- Gao, M., Chen, M., Liu, A., Ip, W. H., & Yung, K. L. (2020). Optimization of microservice composition based on artificial immune algorithm considering fuzziness and user preference. *IEEE Access*, 8, 26385–26404. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971379>
- Gerami Seresht, N., & Fayek, A. R. (2019). Computational method for fuzzy arithmetic operations on triangular fuzzy numbers by extension principle. *International Journal of Approximate Reasoning*, 106, 172–193. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2019.01.005>
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Turskis, Z. (2016). Extended EDAS method for fuzzy multi-criteria decision-making: An application to supplier selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(3), 358–371. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2016.3.2557>
- Hashemkhani Zolfani, S., Görener, A., & Toker, K. (2023). A hybrid fuzzy MCDM approach for prioritizing the solutions of resource recovery business model adoption to overcome its barriers in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137362>
- Kabak, Mehmet, & Erdebilli, B. (2021). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri - MS Excel ve software çözümlü uygulamalar*. Ankara: Nobel Yayın.
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, 87(2), 171–184. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00099-9)
- Kahraman, C., Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Cevik Onar, S., Yazdani, M., & Öztaysi, B. (2017). Intuitionistic fuzzy EDAS method: An application to solid waste disposal site selection. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(1), 1–12. <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1281139>
- Kahraman, C., Öztaysi, B., & Onar, S. C. (2016). A comprehensive literature review of 50 years of fuzzy set theory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9(Supplement 1), 3. <https://doi.org/10.1080/18756891.2016.1180817>
- Karim, R., & Karmaker, C. L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods. *American Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 7–13. <https://doi.org/10.12691/ajie-4-1-2>
- Kas Bayrakdaroğlu, F., & Kundakcı, N. (2019). Bulanık Edas yöntemi ile Ar-Ge projesi seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (24), 151–170. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.538332>
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26, 435–451.
- Kundakcı, N., & Sarıçalı, G. (2019). Bütünleşik KEMIRA-M ve COPRAS yöntemi ile mermer işletmesi için katrak makinesi seçimi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(20), 1028–1061.

- <https://doi.org/10.36543/kauibfd.2019.044>
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2020). A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application. *Soft Computing*, 24(6), 4607–4621. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04222-w>
- Kutlu Gündoğdu, F., Kahraman, C., & Civan, H. N. (2018). A novel hesitant fuzzy EDAS method and its application to hospital selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(6), 6353–6365. <https://doi.org/10.3233/JIFS-181172>
- Lezki, Ş. (2019). Vikor. İçinde H. Durucasu (Ed.), *İşletmelerde karar verme teknikleri* (s. 139). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Li, H., Wang, W., Fan, L., Li, Q., & Chen, X. (2020). A novel hybrid MCDM model for machine tool selection using fuzzy DEMATEL, entropy weighting and later defuzzification VIKOR. *Applied Soft Computing*, 91, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106207>
- Liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. (2020). A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert Systems with Applications*, 161, 113738. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738>
- Mardani, A., Jusoh, A., MD Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 516–571. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
- Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 4126–4148. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>
- Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & de Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107>
- Nazim, M., Wali Mohammad, C., & Sadiq, M. (2022). A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to software requirements selection. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 10851–10870. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.04.005>
- Önder, G., & Önder, E. (2021). Analitik hiyerarşi süreci. İçinde B. F. Yıldırım & E. Önder (Ed.), *Operasyonel, yönetsel ve stratejik problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemleri* (ss. 21–74). Bursa: Dora.
- Önüt, S., Soner Kara, S., & Efendigil, T. (2008). A hybrid fuzzy MCDM approach to machine tool selection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(4), 443–453. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0095-3>
- Özdemir, Y. S. (2021). Küresel bulanık AHS yöntemi ile elektrikli araba seçimi. İçinde M. Kabak & B. Erdebilli (Ed.), *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri: MS Excel ve software çözümlü uygulamaları* (ss. 11–46). Ankara: Nobel Yayın.
- Özkan, B., & Özceylan, E. (2021). Bulanık EDAS yöntemi ile fakültelerin sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesi. İçinde Mehmet Kabak & B. Erdebilli (Ed.), *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri: MS Excel ve software çözümlü uygulamaları* (ss. 353–371). Ankara: Nobel Yayın.
- Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N., & Özceylan, E. (2013). *Bulanık küme teorisi* (1. baskı). Ankara: Nobel Yayın.
- Peng, X., & Selvachandran, G. (2019). Pythagorean fuzzy set: state of the art and future directions. *Artificial Intelligence Review*, 52(3), 1873–1927.

- <https://doi.org/10.1007/s10462-017-9596-9>
- Perçin, S. (2012). Bulanık AHS ve TOPSIS yaklaşımının makine-teçhizat seçimine uygulanması. *Cilt*, 21, 169–184.
- Raigar, J., Sharma, V. S., Srivastava, S., Chand, R., & Singh, J. (2020). A decision support system for the selection of an additive manufacturing process using a new hybrid MCDM technique. *Sādhanā*, 45(1), 101. <https://doi.org/10.1007/s12046-020-01338-w>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Kluwer Academic Publishers. Tarihinde adresinden erişildi <https://books.google.com.tr/books?id=rHHhpDWTaisC>
- Şengül, Ü., Eren, M., & Shiraz, S. E. (2012). Bulanık Ahp ile belediyelerin toplu taşıma araç seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 143–165.
- Vesković, S., Stević, Ž., Karabašević, D., Rajilić, S., Milinković, S., & Stojić, G. (2020). A new integrated fuzzy approach to selecting the best solution for business balance of passenger rail operator: Fuzzy PIPRECIA-Fuzzy EDAS Model. *Symmetry*, 12(5), 743. <https://doi.org/10.3390/sym12050743>
- Yılmaz, M., & Atan, T. (2021). Hospital site selection using fuzzy EDAS method: Case study application for districts of İstanbul. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 41(2), 2591–2602. <https://doi.org/10.3233/JIFS-201757>
- Yucesan, M., & Gul, M. (2020). Hospital service quality evaluation: an integrated model based on Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *Soft Computing*, 24(5), 3237–3255. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04084-2>