



JOEEP

e-ISSN: 2651-5318
Journal Homepage: <http://dergipark.org.tr/joeep>



Araştırma Makalesi • Research Article

Küçük Ölçekli Bir İşletmede Makine Seçimi: HFL-SWARA ve CODAS Yöntemleri ile Bir Uygulama *

Machine Selection in a Small-Scale Enterprise: An Application with HFL-SWARA and CODAS Methods

Harun Dumlu ^{a,**}

^aDr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 28200, Giresun/Türkiye
ORCID: 0000-0002-0897-0154

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 22 Temmuz 2024

Düzeltilme tarihi: 25 Ekim 2024

Kabul tarihi: 26 Nisan 2025

Anahtar Kelimeler:

Makine Seçimi

Kararsız Bulanık Dilsel SWARA

CODAS Yöntemi

ARTICLE INFO

Article history:

Received: July 22, 2024

Received in revised form: October 25, 2024

Accepted: April 26, 2025

Keywords:

Machine Selection

Hesitant Fuzzy Linguistic SWARA

CODAS Method

ÖZ

Üretim işletmelerinde kullanılan makinelerin düşük maliyetlerle yüksek performans sergilemeleri, ilgili işletmelerin hem müşteri istek ve ihtiyaçlarını başarılı bir şekilde karşılamalarına hem de karlılıklarını arttırmalarına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle üretim işletmelerinde kullanılacak makinelerin doğru seçilmesi önem arz etmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada; reklam ürünleri üreten küçük ölçekli bir işletmede, en uygun dijital baskı makinesi seçiminin yapılması amaçlanmıştır. Bunun için öncelikli olarak, kriter grupları literatür yardımıyla belirlenmiş ve daha sonra ilgili işletmede makine satın alımında karar verici olarak yer alan 6 karar vericinin görüşleri neticesinde dijital baskı makinesi seçim kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler Kararsız Bulanık Dilsel SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve alternatif 5 dijital baskı makinesi CODAS yöntemi ile uygunluk düzeylerine göre sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 4 pass baskı hızı ve 2 pass baskı hızı kriterleri en yüksek ağırlık düzeyine sahip iki kriter olurken, en düşük ağırlığa sahip kriter ise vade süresi kriteri olarak belirlenmiştir. En yüksek ağırlık düzeyine sahip iki kriter de performans ana kriteri altında yer almaktadır. Bu da dijital baskı makinesi seçiminde performansın çok önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan alternatif sıralamasına göre ilk sırada yer alan alternatif dijital baskı makinesi en uygun alternatif olarak seçilmiştir.

ABSTRACT

The high performance of the machines used in production enterprises at low costs helps the relevant enterprises to both successfully meet customer demands and needs and increase their profitability. For this reason, it is very important to choose the right machines to be used in production enterprises. Based on this, the aim of this study is to choose a digital printing machine in a small-scale business that produces advertising products. For this, first of all, the criterion groups were determined with the help of the literature, and then the digital printing machine selection criteria were determined as a result of the opinions of 6 decision makers in the machine purchase in the relevant enterprise. The determined criteria were weighted with the Hesitant Fuzzy Linguistic SWARA method and 5 alternative digital printing machines were ranked according to their suitability levels with the CODAS method. According to the results obtained, the two criteria with the highest weight level were 4 pass printing speed and 2 pass printing speed, while the criterion with the lowest weight level was determined as the maturity period criterion. The two criteria with the highest weight level are also under the main criterion of performance. This shows that performance is very important in the selection of digital printing machines. In addition, according to the alternative ranking, the alternative digital printing machine, which was ranked first, was selected as the most suitable alternative.

1. Giriş

Rekabet ortamında varlığını sürdürebilmek için işletmelerin

karar verirken dikkatli olmaları ve yanlış kararların kaynak israfına sebep olabileceğini ve müşteri memnuniyetini de olumsuz yönde etkileyebileceğini bilmeleri gerekmektedir.

* Bu çalışmanın anket uygulaması, Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş olup 05.06.2024 tarihli ve 06/23 sayılı karar ile etik açıdan uygun bulunmuştur.

** Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: harun.dumlu@giresun.edu.tr

Atf/Cite as: Dumlu, H. (2025). Küçük ölçekli bir işletmede makine seçimi: HFL-SWARA ve CODAS yöntemleri ile bir uygulama. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 10(1), 80-93.

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

İşletmeler, makine seçimi gibi önemli kararlarda zaman ve maliyet tasarrufu sağlamayı amaçlamaktadır. Ancak bilgi ve deneyim eksikliği nedeniyle makine seçimi gibi kararların zorluğu, araştırmacıları karar vericilere yardımcı olacak modeller geliştirmeye yöneltmiştir (Karim ve Karmaker, 2016: 7). Uygun makinenin seçilmesi kararı, verimli ve etkin bir üretim sürecinin oluşturulmasında, işletme ve yöneticiler tarafından verilmesi gereken önemli bir karardır (Ertuğrul, 2007: 171). İşletmelerde en uygun makineyi seçmenin temel avantajı yalnızca artan üretim ve zamanında teslimat değil, aynı zamanda ürün kalitesinin, esnekliğin ve genel üretkenliğin artmasına da katkı sağlamasıdır. Buna karşın yanlış makine seçimi ise verimliliği, esnekliği ve işlem kabiliyetini etkileyen sorunlara neden olabilir (Athawale ve Chakraborty, 2010: 1). Görüldüğü üzere en uygun makinenin seçimi işletmeler için önemli bir karar problemidir. Bu problemin etkin çözümü işletmelere verimlilik, etkinlik ve esnekliğin artırılmasında büyük katkı sağlayacaktır (Toslak vd., 2023: 73-74).

En uygun makine, çok sayıda kriter ve birden fazla makine alternatifinin değerlendirilmesi ile seçilmektedir. Bu nedenle makine seçimi kararını optimal bir şekilde verebilmek için seçim kriterlerinin ilgili makinenin özelliklerine ve kullanım amacına göre belirlenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca makine alternatiflerinin de belirlenen bu kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için seçim kriterlerini ve alternatifleri değerlendirmek amacıyla hem literatürde hem de uygulamada çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin sıkça kullanıldığı (Yazdani-Chamzini ve Yakhchali, 2012; Aghdaie, vd., 2013; Karim ve Karmaker, 2016; Wu ve Ahmad, 2016) görülmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye’de faaliyet gösteren küçük ölçekli bir reklam işletmesi tarafından satın alınmak istenen; tabela, afiş, pankart, ilan panosu, araç kaplama, cam kaplama, cephe giydirmeye, levha vb. reklam malzemelerinin üretiminde kullanılmakta olan dijital baskı makinesinin, alternatifler arasından en uygun olanının seçimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ÇKKV yöntemleri arasında yer alan Kararsız Bulanık Dilsel SWARA (HFL-SWARA) yöntemi kullanılarak dijital baskı makinesi seçim kriterleri karar vericiler yardımıyla değerlendirilmiş ve böylece kriterlerin önem ağırlıkları elde edilmiştir. HFL SWARA yöntemi karar vericilerin birden fazla dilsel terim ile görüşünü ifade etmesini sağlamaktadır. Böylece diğer bulanık kümelerle göre daha esnek ve kapsamlı değerlendirmeler yapılabilmektedir. Böylece karar vericilerin tereddütleri de değerlendirmeye yansıtılmış olur (Ecer, 2021: 219). Bu nedenle çalışmada, kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde HFL SWARA yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen bu kriter ağırlıkları kullanılarak, alternatif dijital baskı makineleri, CODAS (Combinative Distance-based Assessment – Bütünleşik Uzaklık Temelli Değerlendirme) yöntemi ile uygunluk düzeylerine göre sıralanmış ve ilgili küçük ölçekli işletme için en uygun dijital baskı makinesi belirlenmiştir. CODAS yöntemi WPM (Weighted Product Method) ve SAW

(Simple Additive Weighting) yöntemlerinin entegre bir şekilde kullanımını içeren güçlü bir yöntemdir. Ayrıca değerlendirme aşamasında Öklid ve Taxicab uzaklıklarını kullanarak daha hassas değerlendirme yapmaktadır (Ecer, 2020: 290-291). Bu nedenle alternatiflerin güçlü ve hassas bir şekilde değerlendirilerek en uygun olanının seçilebilmesi amacıyla bu çalışmada CODAS yöntemi tercih edilmiştir.

Bu çalışma, dijital baskı makinesi seçimi amacıyla kullanılabilecek kriterlerin ve bu kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi nedeniyle, hem literatüre hem de ilgili sektöre katkı sağlayabilecek niteliktedir. Aynı şekilde makine seçiminde HFL-SWARA ve CODAS yöntemlerinin birlikte kullanılabileceğini göstermesi de çalışmanın katkıları arasında yer almaktadır. Dijital baskı makinesi seçimi yapmak isteyen işletmeler için bu çalışmadan elde edilen bulgular ve uygulanan bütünleşik analiz yöntemi, rehber niteliğindedir.

Çalışmada öncelikli olarak, literatürde ÇKKV yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen makine seçimi çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmalar özet bir tablo halinde sunulmuştur. Daha sonra araştırma modeli, veri seti ve analiz aşamasında kullanılan yöntemler (HFL-SWARA ve CODAS yöntemleri) ile ilgili bilgiler, metodoloji başlığı altında verilmiştir. Bulgular ve yorum kısmında dijital baskı makinesi seçim kriterleri HFL-SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve sonrasında küçük ölçekli bir reklam işletmesi için alternatif dijital baskı makineleri uygunluk düzeylerine göre CODAS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışmada son olarak, elde edilen bulgular ışığında çalışma sonuçları yorumlanmıştır.

2. Literatür Taraması

Literatürde farklı makine seçimi amacıyla makinelerin kullanım amaçlarına göre belirlenen kriterler dikkate alınarak, farklı çok kriterli karar verme yöntemleri ile kriter ağırlıklandırma (AHP, bulanık AHP, SWARA, bulanık DEMATEL ve bulanık SWARA) ve alternatif makine seçimi (AHP, TOPSIS, PROMETHEE, COPRAS-G, sezgisel bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık ARAS) yapıldığı görülmektedir. Lin ve Yang (1996), yaptıkları çalışmada makine prosedürleri, teslim zamanı, maliyet ve işlem değişimi kriterlerini kullanarak, 3 alternatif makine arasından en uygun olanını AHP yöntemi ile seçmişlerdir. Tekstil makinesi seçimi amacıyla Ertuğrul (2007) tarafından yapılan çalışmada kalite, maliyet, servis ve verimlilik ana kriterleri altında yer alan 9 alt kriter dikkate alınarak 3 alternatif makine bulanık AHP yöntemi ile sıralanmıştır. Duran ve Aguilo (2008), çalışmalarında makine takım tezgahı seçimi amacıyla bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada 3 alternatif makine takım tezgahı esneklik, operasyon kolaylığı, güvenilirlik, kalite, uygulama kolaylığı ve sürdürülebilirlik kriterlerine göre 3 karar verici tarafından ikili olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda en uygun makine takım tezgahı seçilmiştir. Athawale ve Chakraborty (2010) tarafından yapılan çalışmada, 21 CNC makine alternatifi arasından en

uygun olanı maliyet, iş mili hız aralığı, takım kapasitesi, X ekseninin hızlı hareket hızı, Z ekseninin hızlı hareket hızı, maksimum işleme çapı ve maksimum işleme uzunluğu kriterleri dikkate alınarak, TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir. Makine takım tezgahı seçimi amacıyla Taha ve Rostam (2012), tarafından yapılan çalışmada öncelikli olarak 7 adet kriter Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve daha sonra 4 alternatif arasından en uygun olanını belirlemek için PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Yazdani-Chamzini ve Yakhchali (2012), çalışmalarında 9 farklı kriteri dikkate alarak, 4 alternatif tünel delme makinesi arasından en uygununu seçmek amacıyla bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Makine takım tezgahı seçimi amacıyla yapılan çalışmada Aghdaie vd., (2013), SWARA yöntemini kullanarak maliyet, esneklik, sürdürülebilirlik ve kullanılabilirlik, boyut, uyumluluk, güvenlik, hassasiyet ve verimlilik kriterleri 5 karar vericinin değerlendirmelerine göre ağırlıklandırmışlardır. Daha sonra elde edilen bu ağırlıklar kullanılarak 3 makine takım tezgahı alternatifi COPRAS-G yöntemi ile sıralanmıştır. Aloini vd., (2014), 5 alternatif paketleme makinesi arasından en uygununun belirlenmesi için 5 karar vericiden elde ettikleri değerlendirmeleri dikkate alarak, Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada, 12 kriter dikkate alınarak analiz gerçekleştirilmiş ve en uygun paketleme makinesi belirlenmiştir. Karim ve Karmaker (2016), verimlilik, esneklik, maliyet, kalite, güvenilirlik, servis tesisi ve güvenlik ana kriterlerini ve bu ana kriterler altında yer alan 26 alt kriteri dikkate alarak, 3 alternatif makine arasından AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak makine seçimi gerçekleştirmişlerdir. Uzun ve Kazan (2016) yaptıkları çalışmada AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile gemi inşada ana makine seçimi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizlerde 7 alternatif makine arasından en uygun olanı teknik özellikler, sözleşme, marka güvenilirliği, işletme masrafları ve bakım masrafları ana kriterlerine göre belirlenmiştir. Wu ve Ahmad (2016), CNC makine seçimi amacıyla maliyet, mil hızı, bar kapasitesi, beygir gücü, esneklik ve torna sayacı kriterlerini dikkate alarak, 5 alternatif CNC makinesini bulanık VIKOR yöntemi ile sıralamış ve böylece en uygun makineyi belirlemişlerdir. Gök Kısa ve Perçin (2017), çalışmalarında fiyat, güvenlik, kullanım kolaylığı,

verimlilik, kapasite, kalite, kurulum süresi, servis ve bakım ve güvenilirlik kriterlerini bulanık DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandırdıktan sonra, 3 alternatif mermer kesim makinesi arasından en uygun olanını bulanık VIKOR yöntemi ile belirlemişlerdir. Ulutaş (2017), 8 alternatif dikiş makinesi arasından en uygun olanını seçmek amacıyla yaptığı çalışmada, dikiş hızı, maksimum dikiş uzunluğu, fiyat ve enerji kullanımı kriterlerini dikkate alarak EDAS yöntemi ile analiz gerçekleştirmiştir. Çakır ve Sezen Akar (2019), CNC makinesi seçimi amacıyla esneklik, güvenilirlik, güvenlik, kullanım kolaylığı, satış sonrası servis, verimlilik ve maliyet kriterlerini öncelikli olarak SWARA yöntemi ile ağırlıklandırmışlardır. Daha sonra elde edilen bu ağırlıklar kullanılarak 4 alternatif CNC makinesi TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Benzer bir çalışmada Li vd., (2020), beş uzmandan görüş alarak bulanık DEMATEL yöntemi ile subjektif kriter ağırlıklarını ve Entropi yöntem ile objektif kriter ağırlıklarını belirlemişlerdir. Sonrasında LDVIKOR yöntemi ile dört alternatifi uygunluk düzeylerine göre sıralamışlardır. Bir tekstil işletmesi için makine seçimi amacıyla Karakış (2021) tarafından yapılan çalışmada, kriterler CRITIC yöntemi ile ağırlıklandırdıktan sonra dört alternatif makine MAUT yöntemi ile sıralanmıştır. Bir depoda kullanılmak üzere paketleme makinesi seçimi amacıyla Tümtürk ve Gülççek Tolun (2021), ANP ve Gri İlişkisel Analiz yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada üç alternatif paketleme makinesi uygunluklarına göre sıralanmıştır. Akpınar (2022), bulanık SWARA ve bulanık ARAS yöntemleri ile yaptığı makine seçiminde fiyat, performans, kapasite, kalite ve servis-bakım kriterlerini dikkate alarak 4 alternatif makine arasından makine seçimi gerçekleştirmiştir. Arslan ve Eski (2022) ise plastik enjeksiyon makinesi seçimi amacıyla bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak, beş alternatif arasından en uygun olanını belirlemişlerdir. Füzyon birleştirme makinesi seçimi amacıyla Raja ve Rajan (2022), tarafından yapılan çalışmada bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada 9 alternatif makine uygunluk düzeylerine göre sıralanmıştır. Başka bir çalışmada Toslak vd. (2023), fıstık ezmesi makinesi seçimi amacıyla PSI ve SV yöntemleri ile kriter ağırlıklandırma yapmışlardır. Daha sonra bu ağırlıkları kullanarak dört alternatif makine arasından en uygun olanını MARCOS yöntemi ile belirlemişlerdir.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazar/Yıl	Kriterler	Alternatif Sayısı	Yöntem
Lin ve Yang, 1996	Makine prosedürleri, teslim zamanı, maliyet, işlem değişimi	3	AHP
Ertuğrul, 2007	Kalite, maliyet, servis, verimlilik	3	Bulanık AHP
Duran ve Aguilo, 2008	Esneklik, operasyon kolaylığı, güvenilirlik, kalite, uygulama kolaylığı, sürdürülebilirlik	3	Bulanık AHP

Athawale ve Chakraborty, 2010	Maliyet, iş mili hız aralığı, takım kapasitesi, X ekseninin hızlı hareket hızı, Z ekseninin hızlı hareket hızı, maksimum işleme çapı, maksimum işleme uzunluğu	21	TOPSIS
Taha ve Rostam, 2012	Çalışma zarfı, mesnetli mil, tornalama araçları, eksen sayısı, makina ağırlığı, zemin düzeni, beygir gücü	4	Bulanık AHP ve PROMETHEE
Yazdani-Chamzini ve Yakhchali, 2012	Yüzey stabilitesi, kaya kütlesi geçirgenliği, tane büyüklüğü dağılımı, güvenlik, kazı hızı, yeraltı suyu kontrolü, maliyet, risk ve yüzey oturması	4	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS
Aghdaie vd., 2013	Maliyet, esneklik, sürdürülebilirlik ve kullanışlılık, boyut, uyumluluk, güvenlik, hassasiyet, verimlilik	3	SWARA ve COPRAS-G
Aloini vd., 2014	Hız, esneklik, güvenlik, teknolojik parametreler, kullanım kolaylığı, aksesuarlar, genişletme esnekliği, garanti, fiyat, bakım-onarım, elektrik tüketimi, boyut	5	Sezgisel Bulanık TOPSIS
Karim ve Karmaker, 2016	Verimlilik, esneklik, maliyet, kalite, güvenilirlik, servis tesisi, güvenlik	3	AHP ve TOPSIS
Uzun ve Kazan, 2016	Teknik özellikler, sözleşme, marka güvenilirliği, işletme masrafları, bakım masrafları	7	AHP, TOPSIS ve PROMETHEE
Wu ve Ahmad, 2016	Maliyet, mil hızı, bar kapasitesi, beygir gücü, esneklik ve torna sayacı	5	Bulanık VIKOR
Gök Kısa ve Perçin, 2017	Fiyat, güvenlik, kullanım kolaylığı, verimlilik, kapasite, kalite, kurulum süresi, servis ve bakım ve güvenilirlik	3	Bulanık DEMATEL ve Bulanık VIKOR
Ulutaş, 2017	Dikiş hızı, maksimum dikiş uzunluğu, fiyat, enerji kullanımı	8	EDAS
Çakır ve Sezen Akar, 2019	Esneklik, güvenilirlik, güvenlik, kullanım kolaylığı, satış sonrası servis, verimlilik, maliyet	4	SWARA ve TOPSIS
Li vd., 2020	Hız, başarısızlık, kullanım, mil torku, bağlantı doğruluğu, maliyet	4	Bulanık DEMATEL, Entropi ve LDVIKOR
Karakış, 2021	Fiyat, eğer örgü sayısı, desen programlayıcısına erişim, kalifiye personele erişim, yedek parça, servis, enerji tüketimi	4	CRITIC ve MAUT
Tümtürk ve Gülçiçek Tolun, 2021	Maliyet, performans, esneklik, kalite	3	ANP ve Gri İlişkisel Analiz
Akpınar, 2022	Fiyat, performans, kapasite, kalite, servis-bakım	4	Bulanık SWARA ve Bulanık ARAS
Arslan ve Eski, 2022	Maliyet, servis, güvenlik, güvenilirlik, çevre dostu olma, vida L/D oranı, enjeksiyon basıncı, plastikleştirme oranı, kilitleme gücü, pompa motor gücü, makine ağırlığı, yağ tankı kapasitesi, enjeksiyon oranı	5	Bulanık TOPSIS Bulanık VIKOR
Raja ve Rajan, 2022	Fiyat, üretim hacmi, ekstruder tipi, hız, çalışma sıcaklığı, filament malzemesi, tolerans, çevresel faktör, güvenlik	9	Bulanık TOPSIS
Toslak vd., 2023	Fiyat, ağırlık, güç, saatlik dolum kapasitesi, sertlik ayarı	4	PSI, SV ve MARCOS

Yapılan literatür taraması sonucunda seçimi gerçekleştirilen makinelerin kullanım amaçlarına göre farklı seçim kriterlerinin dikkate alındığı görülmüştür. Bu kriterler genel olarak maliyet, performans, servis ve kalite ana kriterleri altında gruplandırılmakta ve alt kriterler ise seçimi yapılacak makinenin kullanım amacına göre şekillenmektedir. Ayrıca literatürde dijital baskı makinesi seçimi amacıyla yapılan çalışmaların bulunmaması, bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağını bir göstergesidir. Aynı şekilde literatürde HFL-SWARA ve CODAS yöntemlerini birlikte kullanarak makine seçimi amacıyla yapılmış bir çalışmanın bulunmaması da bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla literatüre; makine seçiminde bu

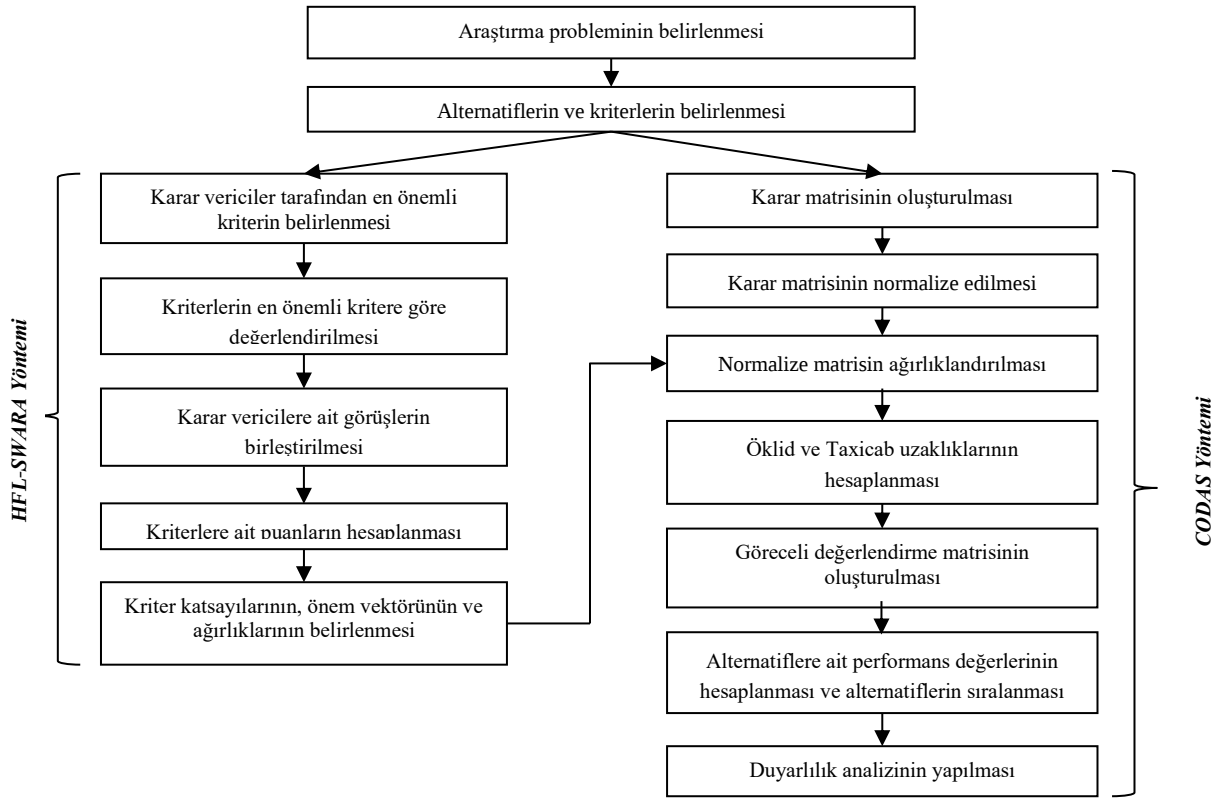
yöntemlerin kullanılabileceğini göstermesi açısından da katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

3. Metodoloji

3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma amacı ve araştırmada kullanılan HFL-SWARA ve CODAS yöntemlerine göre oluşturulan araştırma modeli, Şekil 1’de sunulmuştur. Bu çalışmanın anket uygulaması, Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş olup 05.06.2024 tarihli ve 06/23 sayılı karar ile etik açıdan uygun bulunmuştur.

Şekil 1: Araştırma Modeli



Şekil 1’de yer alan araştırma modelinde de görüldüğü gibi çalışmada öncelikli olarak araştırma problemi ile alternatifler ve kriterler belirlenmiştir. Araştırmanın problemi; “Reklam sektöründe faaliyet gösteren küçük ölçekli bir işletme için 5 alternatif dijital baskı makinesi arasından en uygun olanı hangisidir?” şeklinde belirlenmiştir. Alternatif dijital baskı makineleri arasından en uygun olanını belirleyebilmek için gerekli olan kriterler ise “3.2. Veri Seti” başlığı altında verilmiştir. Araştırmanın problemi, alternatif dijital baskı makineleri ve seçim kriterleri belirlendikten sonra HFL-SWARA yöntemi ile dijital baskı makinesi seçim kriterleri ağırlıklandırılmış ve elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak CODAS yöntemi ile alternatif dijital baskı makineleri uygunluk seviyelerine

göre sıralanmıştır. Son olarak duyarlılık analizi yapılarak, elde edilen alternatif dijital baskı makinelerine ait uygunluk sıralamasının tutarlılığı test edilmiş ve ilgili sıralamanın tutarlı olduğu görülmüştür.

3.2. Veri Seti

Çalışmanın veri seti, alternatif dijital baskı makineleri ve dijital baskı makine seçim kriterleri ile alternatiflerin kriterlere ait değerlerinden oluşmaktadır. Kriterler belirlenirken literatürde dijital baskı makinesi seçimi yapan çalışmaya rastlanılmamasından dolayı, farklı amaçlar için kullanılan makinelerin seçiminde dikkate alınan kriter grupları, literatür yardımıyla belirlenmiştir. Daha sonra ilgili işletmede makine satın alımında karar verici olarak yer alan

biri işletme sahibi, ikisi grafik tasarımcı ve üçü dijital baskı makinesi operatörü olmak üzere 6 karar vericinin görüşleri

neticesinde dijital baskı makinesi seçim kriterleri belirlenmiş ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Dijital Baskı Makinesi Seçim Kriterleri

Kriter Grubu	Kriter Kodu	Kriter Adı	Açıklama
Maliyet	K1	Fiyat (\$)	İlgili dijital baskı makinesinin edinme maliyetini göstermektedir.
	K2	Baskı Maliyeti (TL)	İlgili dijital baskı makinesinde yapılan baskı işlemlerinin m ² başına düşen birim maliyetidir.
	K3	Bakım Maliyeti (TL)	İlgili dijital baskı makinesinin dönemlik bakım maliyetini ifade etmektedir.
	K4	Vade Süresi (Ay)	İlgili dijital baskı makinesinin edinilmesinde tanınan ödeme kolaylığıdır.
Performans	K5	2 Pass Baskı Hızı (m ² /saat)	İlgili dijital baskı makinesinin düşük çözünürlükle (2 Pass modunda) bir saatte gerçekleştirdiği baskı alanını m ² olarak ifade etmektedir.
	K6	4 Pass Baskı Hızı (m ² /saat)	İlgili dijital baskı makinesinin yüksek çözünürlükle (4 Pass modunda) bir saatte gerçekleştirdiği baskı alanını m ² olarak ifade etmektedir.
Servis	K7	Kafa Garanti Süresi (Ay)	İlgili dijital baskı makinesinden ayrı olarak baskıyı gerçekleştiren, boya akımını sağlayan kafaların garanti süresidir.
	K8	Garanti Süresi (Ay)	İlgili dijital baskı makinesinin baskıyı gerçekleştiren, boya akımını sağlayan kafalar dışında kalan diğer parçalarının garanti süresidir.
Kalite	K9	Kalite Algısı	Karar vericilerin ilgili dijital baskı makinesine karşı kalite algısı seviyelerini göstermektedir.

Alternatifler; Türkiye’de satışa sunulan, 320 mm baskı alanına sahip ve kağıt, folyo, vinil ve brandaya baskı yapabilme özelliğine sahip dijital baskı makineleri olan Infiniti Q4, Infiniti Q8, Konica, Starfire ve Trujet marka makinelerdir. Analizde bu alternatifler için A1, A2, A3, A4 ve A5 kodları ile karışık kodlama yapılmıştır. Ayrıca Tablo

2’de yer alan 9 kriter dışında performans kriter grubu içerisinde baskı çözünürlüğü kriteri de belirlenmiş ancak tüm alternatif dijital baskı makinelerinin baskı çözünürlüğü değerleri aynı olduğu için bu kriter dikkate alınmamıştır. Bu kriterleri değerlendiren karar vericiler hakkındaki tanıttıcı bilgiler Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3: Karar Vericiler

Kodu	Unvanı	Yaşı	Cinsiyet	Öğrenim Düzeyi	Deneyim	İlgili İşletmede Çalışma Süresi
KV1	İş Yeri Sahibi	48	Erkek	Ön Lisans	22 yıl	22 yıl
KV2	Dijital Baskı Makinesi Operatörü	32	Erkek	Ön Lisans	12 yıl	4 yıl
KV3	Dijital Baskı Makinesi Operatörü	28	Erkek	Ortaöğretim	9 yıl	9 yıl
KV4	Dijital Baskı Makinesi Operatörü	29	Erkek	Ortaöğretim	11 yıl	4 yıl
KV5	Grafik Tasarımcı	34	Erkek	Lisans	11 yıl	11 yıl
KV6	Grafik Tasarımcı	38	Erkek	Ön Lisans	14 yıl	7 yıl

İlgili işletmede çalışan karar vericilerin hepsi erkek, yaş ortalaması 34,8 ve en düşük deneyim düzeyine sahip olanı (KV3) 9 yıllık deneyime sahiptir. Diğer karar vericilerin tamamı 10 yılın üzerinde deneyime sahiptir. Ayrıca karar vericilerin biri lisans, üçü ön lisans ve ikisi de ortaöğretim mezunudur. İşyeri sahibi (KV1) makine alımında nihai

kararı verecek kişi olduğundan; dijital baskı makinesi operatörleri (KV2-KV3-KV4) satın alınacak dijital baskı makinesini kullanacak kişiler olduğundan ve grafik tasarımcılar (KV5-KV6) ise dijital baskı makinesinde basılacak materyallere ait tasarımları gerçekleştiren kişiler olduğundan dolayı karar vericiler grubuna dahil

edilmişlerdir.

3.3. Yöntem

Çalışmada öncelikli olarak kriterler, HFL-SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve bu kriter ağırlıkları kullanılarak CODAS yöntemi ile alternatif dijital baskı makineleri sıralanmıştır.

3.3.1. Kararsız Bulanık Dilsel SWARA (HFL-SWARA) Yöntemi

HFL-SWARA yöntemi, karmaşık karar problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntemde karar vericilerin kararsız bulanık dilsel terimleri kullanarak belirttiği görüşler yardımıyla kriter ağırlıkları belirlenmektedir. HFL-SWARA yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilmektedir (Ren vd., 2019: 107-115):

Adım 1. Uzman görüşleri ile en önemli kriterin belirlenmesi

Uzmanlar tarafından kriterlerin önem sıralaması gerçekleştirilmektedir. c_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) kriterinin e_k ($k = 1, 2, 3, \dots, p$) uzman tarafından r_{jk} sıralaması ile değerlendirildiği varsayıldığında, kriterlerin genel sıralaması Eşitlik (1) kullanılarak elde edilmektedir.

$$\bar{r}_j = \sum_{k=1}^p t_{jk}/p \quad (1)$$

Adım 2. Kriterlerin en önemli kritere göre değerlendirilmesi

Bu adımda, uzmanlar tarafından her bir kriter en önemli kritere göre aşağıda yer alan kararsız bulanık dilsel terimler ile değerlendirilmektedir.

$$S = \left\{ \begin{array}{l} s_0 = \text{Oldukça az önemli}, s_1 = \text{Çok güçlü bir şekilde az önemli}, \\ s_2 = \text{Güçlü şekilde az önemli}, s_3 = \text{Çok az önemli}, \\ s_4 = \text{Hafif bir şekilde az önemli}, s_5 = \text{Eşit önemli}, \\ s_6 = \text{Hafif bir şekilde daha fazla önemli}, s_7 = \text{Çok daha fazla önemli} \end{array} \right\}$$

Uzmanlar, görüşlerini yalnızca bir kararsız bulanık dilsel terim ile ifade edebileceği gibi “*arasında*” bağlacı kullanarak daha fazla terimle de görüşlerini belirtebilir. Örneğin; “eşit önemli” kararsız bulanık dilsel terimi kullanılırsa bu görüş, $\{s_5\}$ biçiminde gösterilirken, “çok az önemli ile eşit önemli arasında” ifadesi kullanılırsa bu görüş, $\{s_3, s_4, s_5\}$ biçiminde gösterilmektedir.

Adım 3. Uzman görüşlerinin birleştirilmesi

Uzman görüşlerinin birleştirilmesi için Eşitlik (2)’de verilen yığılma operatörü kullanılmaktadır.

$$HFLWA(H_1, H_2, \dots, H_p) = \bigoplus_{k=1}^p (\omega_k H_k) = \bigcup_{s_{\alpha_k}} \in H_k \{S_{\sum_{k=1}^p \omega_k \alpha_k}\} \quad (2)$$

H_p ; birleştirilecek kararsız bulanık dilsel terim kümelerini, ω_k ; k. uzmanın görüşünün önem derecesini ve α_k ise k. uzmanın değerlendirmesinde kullanılan kararsız bulanık dilsel terimleri ifade etmektedir.

Adım 4. Kriterlere ait puanların hesaplanması

Bir önceki adımda elde edilen değerler kullanılarak kriter

puanları Eşitlik (3) ile hesaplanmaktadır.

$$\rho(h_s) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{\varphi_l}{2\tau} \quad (3)$$

Eşitlik (3)’te yer alan L ; kararsız bulanık kümenin eleman sayısını, φ_l ; küme elemanlarını ve 2τ ise dilsel ölçekte bulunan toplam eleman sayısını ifade etmektedir.

Adım 5. Kriter katsayılarının, önem vektörünün ve ağırlıklarının belirlenmesi

Kriter katsayıları Eşitlik (4) yardımıyla belirlenmektedir. Kriter katsayıları hesaplanırken, en önemli kriterin katsayısı 1 olarak alınmaktadır.

$$K_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \rho(h_s^j) + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (4)$$

Kriter katsayıları elde edildikten sonra Eşitlik (5) kullanılarak kriterlerin önem vektörlerine ulaşılır. En önemli vektörün değeri (T_j) 1 olarak kabul edilmektedir.

$$T_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ T_{j-1}/K_j, & j > 1 \end{cases} \quad (5)$$

Eşitlik (5) kullanılarak elde edilen kriterlerin önem vektörleri, Eşitlik (6) yardımıyla normalize edilmektedir. Böylece kriterlerin ağırlıkları belirlenmektedir.

$$W_j = T_j / \sum_{j=1}^n T_j \quad (6)$$

3.3.2. CODAS Yöntemi

CODAS yöntemi alternatiflerin belirlenen kriterlere göre sıralanmasında kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntem 2016 yılında Keshavarz Ghorabae, Zavadskas, Turskis ve Antucheviciene, tarafından geliştirilmiştir. Alternatiflerin performansı, negatif ideal çözüme olan Öklid ve Taxicab uzaklıkları yardımıyla bulunur. Analizde öncelikle negatif ideal çözüme olan Öklid uzaklığı kullanılmakta, eğer iki alternatifin Öklid uzaklığı birbirine çok yakın ise Taxicab uzaklığı dikkate alınmaktadır. Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre negatif ideal çözümden daha uzak olan alternatif daha iyi alternatif olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem ile alternatiflerin sıralamaları aşağıdaki adımlar izlenerek belirlenmektedir (Keshavarz Ghorabae vd., 2016: 29-30):

Adım 1. Karar matrisinin oluşturulması

CODAS yönteminin birinci adımında karar matrisi, Eşitlik (7)’de görüldüğü gibi oluşturulmaktadır.

$$X = [x_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$), i ’inci alternatifin j ’inci kriterdeki değerini ifade etmektedir ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ve $j \in \{1, 2, \dots, m\}$).

Adım 2. Karar matrisinin normalize edilmesi

Kriterlerin maksimum veya minimum yönlü olma yani fayda kriteri ve maliyet kriteri olma durumları dikkate

alınarak, Eşitlik (8) yardımıyla karar matrisi normalize edilmektedir.

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_b \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_c \end{cases} \quad (8)$$

N_b ; maksimum yönlü kriterleri yani fayda kriterlerini, N_c ise minimum yönlü kriterleri yani maliyet kriterlerini ifade etmektedir.

Adım 3. Ağırlıklı normalize matrisin elde edilmesi

Ağırlıklı normalize matrisi, Eşitlik (9)'da görüldüğü gibi her kriter elemanının, ilgili kriterlerin ağırlıkları ile çarpılması sonucu elde edilmektedir.

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \quad (9)$$

w_j ; j 'inci kriterin ağırlığını ifade etmekte ve $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 'dir.

Adım 4. Negatif ideal çözümün elde edilmesi

Bu adımda negatif ideal çözümün elde edilmesi için Eşitlik (10) ve (11) kullanılmaktadır.

$$ns = [ns_j]_{1 \times m} \quad (10)$$

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (11)$$

Adım 5. Öklid ve Taxicab uzaklıklarının hesaplanması

Alternatiflerin negatif ideal çözüme uzaklıklarını belirlemek için Öklid ve Taxicab uzaklıkları hesaplanmaktadır. Öklid uzaklıkları Eşitlik (12) ve Taxicab uzaklıkları ise Eşitlik (13) ile belirlenmektedir.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (12)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (13)$$

Adım 6. Göreceli değerlendirme matrisinin oluşturulması

Göreceli değerlendirme matrisi (Ra), Eşitlik (15)'te yer alan (h_{ik}) ifadesi yardımıyla, Eşitlik (14) kullanılarak oluşturulmaktadır.

$$Ra = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (14)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (15)$$

ψ ; iki alternatife ait Öklid uzaklıklarını ayırt edebilmek amacıyla kullanılan bir eşik fonksiyonudur ve Eşitlik (16)'da gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$\psi(x) = \begin{cases} |x| \geq \tau & \text{ise } 1 \\ |x| < \tau & \text{ise } 0 \end{cases} \quad (16)$$

τ ; karar vericiler tarafından belirlenen eşik parametresi olarak tanımlanmaktadır. τ parametresinin, 0.01 ile 0.05 arasında bir değer olması önerilmektedir. Literatürde genel kabul görmüş τ değeri 0.02'dir. Eğer iki alternatif arasındaki Öklid uzaklıkları farkı τ parametresinden küçük ise ilgili alternatiflere ait Taxicab uzaklıkları ile de karşılaştırma yapılmaktadır.

Adım 7. Alternatiflere ait performans değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (17) yardımı ile alternatiflere ait performans değerleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

$$H_i = \sum_{j=1}^m h_{ij} \quad (17)$$

Adım 8. Alternatiflerin sıralanması

Bir önceki adımda elde edilen H_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmakta ve en büyük H_i değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilmektedir.

4. Bulgular

4.1. HFL-SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için öncelikli olarak karar vericiler tarafından kriterler, önem düzeylerine göre sıralanmıştır. Karar vericilerin kriter sıralamaları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: Karar Vericilere Göre Kriterlerin Önem Sıralamaları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
KV1	2	1	8	9	5	4	3	6	7
KV2	5	6	8	9	1	2	4	7	3
KV3	7	5	9	8	2	1	3	4	6
KV4	5	3	9	8	2	1	4	6	7
KV5	6	3	8	9	2	1	4	5	7
KV6	7	1	8	9	4	5	2	6	3
Ortalama	5,33	3,17	8,33	8,67	2,67	2,33	3,33	5,67	5,50
Sıralama	5	3	8	9	2	1	4	7	6

Karar vericilerin sıralamalarının ortalamaları Eşitlik (1)

kullanılarak belirlenmiş ve nihai kriter önem sıralaması elde

edilmiştir. Elde edilen bu sıralamaya göre K6 en önemli kriter olmuştur. Kriter önem sıralaması elde edildikten sonra karar vericiler, her bir kriterin en önemli kriter olan K6'ya göre önem düzeylerini kararsız bulanık dilsel terimleri

kullanarak belirtmişlerdir. Karar vericilerin her bir kriterin en önemli kritere göre önem düzeylerini belirtmiş oldukları kararsız bulanık dilsel terimler Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5: Kriterlerin En Önemli Kritere Göre Önem Düzeyleri

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6
K5	{S ₅ }	{S ₅ , S ₆ }	{S ₅ }	{S ₅ }	{S ₅ }	{S ₅ , S ₆ }
K2	{S ₆ , S ₇ }	{S ₂ , S ₃ }	{S ₁ , S ₂ }	{S ₄ }	{S ₄ , S ₅ }	{S ₇ }
K7	{S ₅ , S ₆ }	{S ₄ }	{S ₄ , S ₅ }	{S ₃ , S ₄ }	{S ₃ }	{S ₇ }
K1	{S ₆ }	{S ₃ , S ₄ }	{S ₁ , S ₂ }	{S ₃ }	{S ₂ , S ₃ }	{S ₄ , S ₅ }
K9	{S ₃ , S ₄ }	{S ₄ , S ₅ }	{S ₃ }	{S ₂ }	{S ₂ , S ₃ }	{S ₆ , S ₇ }
K8	{S ₃ }	{S ₂ , S ₃ }	{S ₃ , S ₄ }	{S ₃ }	{S ₂ , S ₃ }	{S ₅ , S ₆ }
K3	{S ₁ , S ₂ }	{S ₁ }	{S ₀ , S ₁ }	{S ₁ , S ₂ }	{S ₁ }	{S ₁ , S ₂ }
K4	{S ₁ }	{S ₀ , S ₁ }	{S ₁ , S ₂ }	{S ₁ }	{S ₀ }	{S ₁ , S ₂ }

Karar vericilerin belirtmiş oldukları görüşler, Eşitlik (2)'de verilen yığılma operatörü kullanılarak aşağıda gösterildiği

gibi birleştirilmiştir.

$$HFLWA(H_{K5,1}, H_{K5,2}, H_{K5,3}, H_{K5,4}, H_{K5,5}, H_{K5,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5}, S_{\frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x6 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x6} \right\} = \{S_5, S_{5,33}\}$$

$$HFLWA(H_{K2,1}, H_{K2,2}, H_{K2,3}, H_{K2,4}, H_{K2,5}, H_{K2,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x6 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x7}, S_{\frac{1}{6}x7 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x7} \right\} = \{S_4, S_{4,67}\}$$

$$HFLWA(H_{K7,1}, H_{K7,2}, H_{K7,3}, H_{K7,4}, H_{K7,5}, H_{K7,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x7}, S_{\frac{1}{6}x6 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x7} \right\} = \{S_{4,33}, S_{4,83}\}$$

$$HFLWA(H_{K1,1}, H_{K1,2}, H_{K1,3}, H_{K1,4}, H_{K1,5}, H_{K1,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x6 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x4}, S_{\frac{1}{6}x6 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x5} \right\} = \{S_{3,17}, S_{3,83}\}$$

$$HFLWA(H_{K9,1}, H_{K9,2}, H_{K9,3}, H_{K9,4}, H_{K9,5}, H_{K9,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x6}, S_{\frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x5 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x7} \right\} = \{S_{3,33}, S_4\}$$

$$HFLWA(H_{K8,1}, H_{K8,2}, H_{K8,3}, H_{K8,4}, H_{K8,5}, H_{K8,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x5}, S_{\frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x4 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x3 + \frac{1}{6}x6} \right\} = \{S_3, S_{3,67}\}$$

$$HFLWA(H_{K3,1}, H_{K3,2}, H_{K3,3}, H_{K3,4}, H_{K3,5}, H_{K3,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x0 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1}, S_{\frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x2} \right\} = \{S_{0,83}, S_{1,5}\}$$

$$HFLWA(H_{K4,1}, H_{K4,2}, H_{K4,3}, H_{K4,4}, H_{K4,5}, H_{K4,6}) = \left\{ S_{\frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x0 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x0 + \frac{1}{6}x1}, S_{\frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x2 + \frac{1}{6}x1 + \frac{1}{6}x0 + \frac{1}{6}x2} \right\} = \{S_{0,67}, S_{1,17}\}$$

Bütünleşik değerler elde edildikten sonra, kriterlere ait önem vektörleri (T_j) Eşitlik (3), (4) ve (5) yardımıyla aşağıdaki gibi elde edilmiştir. En önemli kriter olan K6'nın önem vektörü (T_{K6}) 1 olarak kabul edilmektedir.

$$T_{K6} = 1$$

$$T_{K5} = \frac{T_{K6}}{K_{K5}} = \frac{T_{K6}}{\rho(h_{K5}) + 1} = \frac{1}{\frac{1}{2} \left(\frac{5 + 5,33}{7} \right) + 1} = \frac{1}{1,738} = 0,575$$

$$T_{K2} = \frac{T_{K5}}{K_{K2}} = \frac{T_{K5}}{\rho(h_{K2}) + 1} = \frac{0,575}{\frac{1}{2} \left(\frac{4 + 4,67}{7} \right) + 1} = \frac{0,575}{1,619} = 0,355$$

$$T_{K7} = \frac{T_{K2}}{K_{K7}} = \frac{T_{K2}}{\rho(h_{K7}) + 1} = \frac{0,355}{\frac{1}{2} \left(\frac{4,33 + 4,83}{7} \right) + 1} = \frac{0,355}{1,654} = 0,215$$

$$T_{K1} = \frac{T_{K7}}{K_{K1}} = \frac{T_{K7}}{\rho(h_{K1}) + 1} = \frac{0,215}{\frac{1}{2} \left(\frac{3,17 + 3,83}{7} \right) + 1} = \frac{0,215}{1,5} = 0,143$$

$$T_{K9} = \frac{T_{K1}}{K_{K9}} = \frac{T_{K1}}{\rho(h_{K9}) + 1} = \frac{0,143}{\frac{1}{2} \left(\frac{3,33 + 4}{7} \right) + 1} = \frac{0,143}{1,524} = 0,094$$

$$T_{K8} = \frac{T_{K9}}{K_{K8}} = \frac{T_{K9}}{\rho(h_{K8}) + 1} = \frac{0,094}{\frac{1}{2} \left(\frac{3 + 3,67}{7} \right) + 1} = \frac{0,094}{1,476} = 0,064$$

$$T_{K3} = \frac{T_{K8}}{K_{K3}} = \frac{T_{K8}}{\rho(h_{K3}) + 1} = \frac{0,064}{\frac{1}{2} \left(\frac{0,83 + 1,5}{7} \right) + 1} = \frac{0,064}{1,166} = 0,055$$

$$T_{K4} = \frac{T_{K3}}{K_{K4}} = \frac{T_{K3}}{\rho(h_{K4}) + 1} = \frac{0,055}{\frac{1}{2} \left(\frac{0,67 + 1,17}{7} \right) + 1} = \frac{0,055}{1,131} = 0,049$$

Kriterlere ait önem vektörleri (T_j) elde edildikten sonra Eşitlik (6) kullanılarak, kriterlerin ağırlıklarına (W_j) ulaşılmıştır. Kriterlere ait ağırlık değerleri Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6: Kriter Ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
W_j	0,0561	0,1392	0,0216	0,0192	0,2255	0,3921	0,0843	0,0251	0,0369

Tablo 6'da da görüldüğü gibi 0,3921 ağırlık değeri ile K6 en yüksek ağırlık düzeyine sahip kriterdir. En düşük ağırlığa sahip kriter ise 0,0192 ile K4 kriteridir. Kriterlerin ağırlık sıralaması $K6 > K5 > K2 > K7 > K1 > K9 > K8 > K3 > K4$ olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen bu kriter ağırlıkları kullanılarak CODAS yöntemi ile alternatif dijital baskı makineleri arasından en uygun olanı bir sonraki başlıkta verilen analiz ile seçilmiştir.

4.2. CODAS Yöntemi ile Alternatif Seçimi

Alternatif dijital baskı makineleri arasından en uygun

olanını seçebilmek amacıyla öncelikli olarak alternatiflerin kriterlere ait değerleri ile Tablo 7'de yer alan karar matrisi oluşturulmuştur. Alternatiflerin kriterlere ait değerleri ilgili işletmeye dijital baskı makinesi satıcıları tarafından gönderilen tanıtım broşürlerinden yer alan makine özelliklerinden derlenmiştir. Sadece K9 kriterine ait değerler, karar vericilerin değerlendirmeleri ile elde edilmiştir. Aynı zamanda karar matrisinde, kriterlerin fayda-maliyet yönleri ve HFL-SWARA yöntemi ile elde edilen ağırlıkları (W_j) da yer almaktadır.

Tablo 7: Karar Matrisi

	K1 <i>min</i>	K2 <i>min</i>	K3 <i>min</i>	K4 <i>maks</i>	K5 <i>maks</i>	K6 <i>maks</i>	K7 <i>maks</i>	K8 <i>maks</i>	K9 <i>maks</i>
W_j	0,0561	0,1392	0,0216	0,0192	0,2255	0,3921	0,0843	0,0251	0,0369
A1	34.000	4,5	3.750	24	220	115	6	24	6,34
A2	42.000	4,25	3.750	24	210	105	6	24	7,34
A3	31.000	4,75	3.000	24	220	110	0	36	4,34
A4	44.000	4	4.500	12	240	122	12	24	8,34
A5	32.000	4,75	3.000	24	205	100	0	36	4

Karar matrisi, Eşitlik (8) kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize işlemi sonucu elde edilen normalize karar matrisi

Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Normalize Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
A1	0,912	0,889	0,800	1,000	0,917	0,943	0,538	0,667	0,760
A2	0,738	0,941	0,800	1,000	0,875	0,861	0,538	0,667	0,880
A3	1,000	0,842	1,000	1,000	0,917	0,902	0,077	1,000	0,520
A4	0,705	1,000	0,667	0,500	1,000	1,000	1,000	0,667	1,000
A5	0,969	0,842	1,000	1,000	0,854	0,820	0,077	1,000	0,480

Normalize karar matrisi elde edildikten sonra HFL-SWARA yöntemi ile ulaşılan kriter ağırlıkları her bir alternatifin ilgili kriterdeki normalize değeri ile çarpılarak normalize karar matrisi ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki her bir sütunun en düşük değeri negatif

ideal çözüm değerini (ns_j) oluşturmaktadır. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi ve negatif ideal çözüm değerleri (ns_j) Tablo 9'da yer almaktadır.

Tablo 9: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
A1	0,051	0,124	0,017	0,019	0,207	0,370	0,045	0,017	0,028
A2	0,041	0,131	0,017	0,019	0,197	0,337	0,045	0,017	0,032
A3	0,056	0,117	0,022	0,019	0,207	0,354	0,006	0,025	0,019
A4	0,040	0,139	0,014	0,010	0,226	0,392	0,084	0,017	0,037
A5	0,054	0,117	0,022	0,019	0,193	0,321	0,006	0,025	0,018
ns_i	0,040	0,117	0,014	0,010	0,193	0,321	0,006	0,017	0,018

Alternatif sıralamalarını elde edebilmek için Öklid ve Taxicab uzaklıkları kullanılarak göreceli değerlendirme matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Bunun için Eşitlik (12) kullanılarak Öklid uzaklıkları ve Eşitlik (13) ile de Taxicab uzaklıkları belirlenmiş ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Öklid ve Taxicab Uzaklık Değerleri

	Öklid Uzaklıkları (E_i)	Taxicab Uzaklıkları (T_i)
A1	0,067	0,142
A2	0,048	0,102
A3	0,041	0,089
A4	0,114	0,222
A5	0,020	0,040

Öklid ve Taxicab uzaklıkları belirlendikten sonra Eşitlik (14), (15) ve (16) yardımıyla göreceli değerlendirme matrisi ve Eşitlik (17) ile de alternatiflerin performans değerleri (H_i) elde edilmiştir.

Göreceli değerlendirme matrisinin oluşturulmasında gerçekleştirilen hesaplamalarda τ eşik parametresi literatürde genel kabul görmüş değer olan 0,02 olarak (Keshavarz Ghorabae ve diğ., 2016: 30) kabul edilmiştir. Daha sonra alternatiflerin performans değerleri (H_i) büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin uygunluk sıralamalarına ulaşılmıştır. Göreceli değerlendirme matrisi, alternatiflerin performans değerleri ve sıralamalar, Tablo 11'de yer almaktadır.

Tablo 11: Göreceli Değerlendirme Matrisi, Performans Değerleri ve Sıralamalar

	A1	A2	A3	A4	A5	H_i	Sıralama
A1	0,000	0,018	0,078	-0,048	0,149	0,197	2
A2	-0,018	0,000	0,007	-0,066	0,091	0,014	3
A3	-0,025	-0,007	0,000	-0,073	0,071	-0,034	4
A4	0,128	0,186	0,206	0,000	0,277	0,797	1
A5	-0,046	-0,028	-0,021	-0,094	0,000	-0,189	5

Performans değeri (H_i) en yüksek olan alternatif, en uygun alternatif olarak kabul edilmektedir. Bu duruma göre Tablo 11 incelendiğinde en uygun alternatifin A4 olduğu görülmektedir.

4.3. Duyarlılık Analizi

Yukarıda yapılan analizin tutarlılığını belirlemek amacıyla

duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu duyarlılık analizinde τ eşik parametresinin farklı bir değer almasının analiz sonucuna nasıl bir etkisinin olacağı belirlenmiştir. τ eşik parametresi için 0,01 ve 0,1 arasındaki değerler kullanılarak 10 farklı analiz gerçekleştirilmiş ve elde edilen sıralamalar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12: Duyarlılık Analizi

τ	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Sıralamalar										
A1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tablo 12'de de görüldüğü gibi farklı τ eşik parametresi değerlerinin (0,01 – 0,1) kullanılması durumlarında da alternatif sıralamaları aynıdır. Böylece gerçekleştirilen analizin tutarlı olduğu görülmüştür. τ eşik parametresi ne olursa olsun en iyi dijital baskı makinesi alternatifi A4'tür. Buradan hareketle ilgili işletmenin dijital baskı makinesi seçiminde tercih etmesi gereken alternatif, A4 alternatifidir.

5. Sonuç

İşletmelerde üretim faaliyeti gerçekleştirilirken kullanılan makinelerin düşük maliyetli bir şekilde edinilmesi ve bu makinelerden yüksek performans alınması beklenmektedir. Bu çalışmada da küçük ölçekli bir reklam işletmesinde en uygun dijital baskı makinesini seçmek amacıyla HFL-

SWARA ve CODAS yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öncelikle literatür ve ilgili işletmede çalışan karar vericiler yardımıyla dijital baskı makinesi seçim kriterleri; maliyet, performans, servis ve kalite ana kriterleri altında fiyat, baskı maliyeti, bakım maliyeti, vade süresi, 2 pass baskı hızı, 4 pass baskı hızı, kafa garanti süresi, garanti süresi ve kalite algısı olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler ilgili işletmede makine satın alımında karar verici olarak yer alan biri işletme sahibi, ikisi grafik tasarımcı ve üçü dijital baskı operatörü olmak üzere 6 karar vericinin görüşleri alınarak, HFL-SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Yapılan bu ağırlıklandırma sonuçlarına göre 4 pass baskı hızı en yüksek ağırlık düzeyine sahip kriterdir. En düşük ağırlığa sahip kriter ise vade süresidir. İlgili kriterlerin önem sıralaması; 4 pass baskı hızı, 2 pass baskı hızı, baskı maliyeti, kafa garanti süresi, fiyat, kalite algısı, garanti süresi, bakım maliyeti ve vade süresi şeklindedir. Kriterlerin önem ağırlıkları incelendiğinde, en yüksek önem ağırlığına sahip iki kriter (4 pass baskı hızı ve 2 pass baskı hızı) de performans ana kriteri altında yer almaktadır. Bu da dijital baskı makinesi seçiminde performansın çok önemli olduğunu göstermektedir. Literatürde dijital baskı makinesi seçimi amacıyla yapılan çalışma bulunmadığından, bu sonuç farklı makine seçimi çalışmalarında belirlenen performans ana kriterinin ağırlık seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Tümtürk ve Gülçiçek Tolun (2021) tarafından yapılan çalışmada da performans kriterinin en yüksek önem ağırlığına sahip kriter olduğu görülmektedir. Buna karşın Akpınar (2022) tarafından yapılan çalışmada ise performans kriterinin, en yüksek ikinci önem ağırlığına sahip kriter olduğu görülmektedir. Öte yandan bu çalışmada ortalama düzeyde önem ağırlığına sahip kriter olarak belirlenen garanti süreleri ve kalite kriterleri; Karim ve Karmaker (2016) tarafından yapılan çalışmada da ortalama önem ağırlığına sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Buradan hareketle, bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki benzer çalışmalarla örtüştüğü söylenebilir.

Elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak 5 alternatif dijital baskı makinesi CODAS yöntemi ile sıralanmış ve en uygun olanı belirlenmiştir. Buna göre en uygun dijital baskı makinesi; A4 alternatifi olmuştur. Alternatiflerin uygunluk sıralaması ise A4, A1, A2, A3 ve A5 şeklindedir. Son olarak yapılan analizin tutarlı olup olmadığını görmek amacıyla farklı τ eşik parametreleri kullanılarak duyarlılık analizi yapılmış ve τ eşik parametresi değeri kaç olursa olsun alternatif sıralamalarının değişmediği görülmüştür. Böylece yapılan analizin tutarlı olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada belirlenen kriterler ve elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak farklı işletmeler için de dijital baskı makinesi seçimi gerçekleştirilebileceği için bu çalışma sektöre ve literatüre katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla ilgili sektörde makine seçimi yapmak isteyen işletmeler ve

yöneticiler için bu çalışmadan elde edilen kriterlerin önem ağırlıkları rehber niteliğindedir. Bu yüzden ilgili sektördeki işletme ve yöneticilere; dijital baskı makinesi seçim sürecinde bu kriterlerin ve kriterlere ait önem ağırlıklarının göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Ayrıca HFL-SWARA ve CODAS yöntemlerinin birlikte kullanılarak makine seçimi gerçekleştirilebileceğini gösterdiği için de bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda ilgili reklam işletmesinin sahip olduğu diğer dijital baskı makineleri ile bu çalışmada seçilen dijital baskı makinesinin performansları karşılaştırılabilir. Ayrıca ilgili sektörde kullanılan farklı makine ve teçhizatın seçimi amacıyla HFL-SWARA ve CODAS yöntemleri ile çalışmalar yapılarak ilgili işletme için optimal seçimler yapılabilir. Aynı şekilde HFL-SWARA ve CODAS yöntemleri kullanılarak bu çalışmada seçilen dijital baskı makinesi için boya, kağıt, branda, folyo vb. malzeme seçimi de gerçekleştirilerek çalışmanın kapsamı genişletilebilir.

Kaynakça

- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. & Zavadskas, E. K. (2013). Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. *Engineering Economics*, 24(1), 5-17.
- Akpınar, M. E. (2022). Machine Selection Application in a Hard Chrome Plating Industry Using Fuzzy SWARA and Fuzzy ARAS Methods. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 29(1), 107-119.
- Aloini, D., Dulmin, R. & Mininno, V. (2014). A peer IF-TOPSIS based decision support system for packaging machine selection. *Expert Systems with Applications*, 41(5), 2157-2165.
- Arslan, B., & Eski, Ö. (2022). Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçimi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 730-751.
- Athawale, V. M. & Chakraborty, S. (2010, January). A TOPSIS method-based approach to machine tool selection. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dhaka, Bangladesh, 2, 83-94.
- Çakır, E. & Sezen Akar, G. (2019). Bütünleşik SWARA-TOPSIS yöntemi ile makine seçimi: bir üretim işletmesinde uygulama. *Journal of Academic Value Studies*, 3(13), 206-216.
- Duran, O. & Aguilo, J. (2008). Computer-aided machine-tool selection based on a Fuzzy-AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 34(3), 1787-1794.

- Ecer, B. (2021). Kararsız Bulanık Dilsel Terimler temelli SWARA Yöntemi ile Ülke Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklandırılması, İçinde M. Kabak & B. Erdebili (Ed.), *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel® ve Soft Çözümlü Uygulamalar* (s. 217-229). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ecer, F. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme: Geçmişten Günümüze Kapsamlı Bir Yaklaşım*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ertuğrul, İ. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve bir tekstil işletmesinde makine seçim problemine uygulanması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 171-192.
- Gök Kısa, C. & Perçin, S. (2017). Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12(48), 249-256.
- Karakış, E. (2021). Machine selection for a textile company with CRITIC and MAUT methods. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 842-848.
- Karim, R. & Karmaker, C. L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods. *American Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 7-13.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. & Antucheviciene, J. (2016). A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 50(3), 25-44.
- 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.
- Lin, Z. C. & Yang, C. B. (1996). Evaluation of machine selection by the AHP method. *Journal of Materials Processing Technology*, 57(3-4), 253-258.
- Raja, S., & Rajan, A. J. (2022). A decision-making model for selection of the suitable FDM machine using fuzzy TOPSIS. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022(1), 7653292.
- Ren, R.X., Liao, H.C., Al-Barakati, A. & Cavallaro, F. (2019). Electric Vehicle Charging Station Site Selection by An Integrated Hesitant FUZZY SWARA-WASPAS Method. *Transformations in Business & Economics*, 18(47), 103-123.
- Taha, Z. & Rostam, S. (2012). A hybrid fuzzy AHP-PROMETHEE decision support system for machine tool selection in flexible manufacturing cell. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 2137-2149.
- Toslak, M., Ulutaş, A., Ürea, S., & Stević, Ž. (2023). Selection of peanut butter machine by the integrated PSI-SV-MARCOS method. *International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems*, 27(1), 73-86.
- Tümtürk, A., & Tolun, B. G. (2021). Bir depo tesisine alınacak paketleme makinesi seçim kararının analitik ağ süreci tabanlı gri ilişkisel analiz yöntemiyle belirlenmesi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 971-985.
- Ulutaş, A. (2017). EDAS yöntemi kullanılarak bir tekstil atölyesi için dikiş makinesi seçimi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 169-183.
- Uzun, S. & Kazan, H. (2016). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi inşa ana makine seçimi uygulaması. *Journal of Transportation and Logistics*, 1(1), 99-113.
- Wu, Z., Ahmad, J. & Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information. *Applied Soft Computing*, 42, 314-324.
- Yazdani-Chamzini, A. & Yakhchali, S. H. (2012). Tunnel Boring Machine (TBM) selection using fuzzy multicriteria decision making methods. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 30, 194-204.

Extended Summary

Purpose

The high performance of the machines used in production enterprises at low costs helps the relevant enterprises to both successfully meet customer demands and needs and increase their profitability. In order to choose the most suitable machine, the decision should be made after evaluating many criteria and more than one machine alternative. Therefore, in order to make an optimal machine selection decision, it is important to determine the selection criteria according to the features of the relevant machine and its intended use. In addition, machine alternatives must be evaluated according to these determined criteria. For this purpose, it is seen that multi-criteria decision making (MCDM) methods are frequently used both in the literature and in practice to evaluate selection criteria and alternatives.

Literature Review

In the literature, it is seen that studies have been carried out with different criteria and different MCDM methods determined according to the intended use of the relevant machines for the purpose of machine selection. Lin and Yang (1996) carried out machine selection with the AHP method, Athawale and Chakraborty (2010) with the TOPSIS method, Taha and Rostam (2012) with the Fuzzy AHP and PROMETHEE method, Aghdaie, Zolfani and Zavadskas (2013) with the SWARA and COPRAS-G method and Akpınar (2022) with the fuzzy SWARA and fuzzy ARAS methods. As a result of the literature review, it was seen that different selection criteria were taken into account according to the intended use of the selected machines. These criteria are generally grouped under the main criteria of cost, performance, service and quality, and the sub-criteria are shaped according to the intended use of the machine to be selected.

Data and Methodology

In this study, it is aimed to choose the most suitable digital printing machine among the alternatives, which is used in the production of advertising materials such as signs, posters, banners, billboards, etc., which are wanted to be purchased by a small-scale advertising company operating in Turkey. For this purpose, digital printing machine selection criteria, first of all, with the help of literature and decision makers working in the relevant business; Under the main criteria of cost, performance, service and quality, it was determined as price, printing cost, maintenance cost, maturity period, 2 pass printing speed, 4 pass printing speed, head warranty period, warranty period and quality perception.

In the study, the HFL-SWARA (Hesitant Fuzzy Linguistic - Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) method,

which is among the MCDM methods, was used to determine the weights of the criteria and the CODAS (Combinative Distance-based Assessment) method, which is among the MCDM methods, was used to rank the alternatives.

HFL-SWARA method is an MCDM method used to determine criterion weights in complex decision problems. In this method, criterion weights are determined with the help of experts or decision makers opinions. When applying the HFL-SWARA method, unstable fuzzy linguistic terms are used for decision makers to evaluate the criteria according to the best criterion.

CODAS Method is an MCDM method used to rank alternatives according to determined criteria. This method was developed by Keshavarz Ghorabae, Zavadskas, Turskis and Antucheviciene in 2016. In the CODAS method, the performance of an alternative is found with the help of Euclidean and Taxicab distances to the negative ideal solution. In this method, Euclidean distance is primarily used. If the Euclidean distances of two alternatives are very close to each other, the analysis is performed using the Taxicab distance. According to the evaluation results, the alternative that is further from the negative ideal solution is the better alternative.

Findings

The criteria were evaluated by taking the opinions of 6 decision makers, including one business owner, two graphic designers and three digital printing operators, who are decision makers in the purchase of machinery in the relevant enterprise, and the digital printing machine selection criteria were evaluated with the help of the HFL-SWARA method. Thus the importance weights of the criteria were obtained has been made. According to the results of this analysis, 4 pass printing speed is the criterion with the highest weight level. The criterion with the lowest weight is the maturity period. The order of importance of the relevant criteria is as follows; 4 pass printing speed, 2 pass printing speed, printing cost, head warranty period, price, quality perception, warranty period, maintenance cost and maturity period.

Using the obtained criterion weights, 5 alternative digital printing machines were ranked according to their suitability levels with the CODAS method and the most suitable digital printing machine for the relevant small-scale business was determined. The most suitable digital printing machine alternative is A4. The suitability order of the alternatives is A4, A1, A2, A3 and A5. Finally, sensitivity analysis was performed using different τ threshold parameters to see whether the analysis was consistent or not, and it was observed that the rankings of the alternatives did not change regardless of the τ threshold parameter value. Thus, it was determined that the analysis was consistent.