



# Journal of Turkish Operations Management

## Makinelere iş atama sürecini etkileyen kriterlerin bwm - fucom yöntemleri ile incelenmesi: cnc tezgâh seçimi problemi

Emre Ekin<sup>1\*</sup>, Selcan Usta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doç. Dr. Milli Savunma Üniversitesi, İstanbul

e-mail: emrenike@hotmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4043-9750>

<sup>2</sup> Doktora Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

e-mail: selcan.usta@std.yildiz.edu.tr, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2872-0168>

\*Sorumlu Yazar

**Makale Bilgisi**

### Makale Geçmişi:

Geliş: 19.10.2022

Revize: 21.08.2023

Kabul: 03.10.2024

### Anahtar Kelimeler:

Çok Kriterli Karar Verme

BWM,

FUCOM,

Subjektif Ağırlıklandırma,

İş/Makine Atama Süreci.

### Özet

Günümüzde fabrikalar gerek siparişlerin proje tipi olması gerekse de termin tarihlerinin düşmesi nedeniyle iş/makine atama konusunda zorlanmaktadırlar. Makinelere iş atama problemleri hem kritik hem de çok sayıda kriteri kapsayan problem olma özelliğine sahiptir. Teknik özellikleri birbirine benzeyen makineler için iş atama problemlerinde belirli kriterler göz önüne alınarak atama işlemi yapılmaktadır. Hangi parçanın hangi makinede işleneceği bilgisi olsa da hem projenin termin durumu hem de makinelerin yoğunluğundan dolayı farklı kriterler de dikkate alınmaktadır. Günümüzde tüm işletmeler termin süresini kısaltmak ve müşteri ihtiyaçlarını daha kısa sürede karşılayacak etkin üretimi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda işletmeler yeni yöntemler deneyerek ne kadar kısa sürede ve tek seferde ürün üretebiliriz sorusuna cevap aramaktadır. Bu sebeple makineler parça atamasını yapacak olan kişinin hızlı ve etkin bir atama yapması istenmektedir. Bu çalışmada enerji sektöründe yer alan enerji nakil hattı üreten bir fabrikada işlerin CNC makineler ataması sürecini etkileyen kriterler ele alınmış ve kriterlerin önem ağırlıkları BWM ve FUCOM subjektif ağırlıklandırma yöntemleri ile incelenmiştir. Best Worst Method (BWM) ve Full Consistency Method (FUCOM) yöntemleri birlikte kullanılarak mukayeseli bakış açısıyla her iki yöntemin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Fabrikada uzun yıllar görev yapan 3 uzman yardımı ile kriterler belirlenmiş ve önem ağırlıkları elde edilmiştir. 3 ana kriter ve 15 alt kriter oluşturulmuştur. Uygulama sonucunda, BWM ve FUCOM yöntemleri tutarlı sonuç vermiş ve en önemli 3 kriter sırası ile; malzeme kalınlığı, matkap/zımba ayrımı ve malzeme türü olarak belirlenmiştir.

## Investigation of criteria affecting job assignment process to machines by bwm - fucom methods: cnc machine selection problem

### Article Info

#### Article History:

Received: 19.10.2022

Revised: 21.08.2023

Accepted: 03.10.2024

### Keywords:

Multi-Criteria Decision Making,

BWM,

FUCOM,

Subjective Weighting,

Work/Machine Assignment Process.

### Abstract

Today, factories have difficulties in assigning work/machine due to both the project type of orders and the decrease in deadlines. Job assignment problems to machines are both critical and include a large number of criteria. In job assignment problems for machines with similar technical characteristics, the assignment process is made by considering certain criteria. Today, all businesses aim to shorten the delivery time and to meet the customer needs in a shorter time. For this purpose, businesses are looking for an answer to the question of how quickly and at once can we produce products by trying new methods. For this reason, the person who will assign parts to the machines is required to make a fast and effective assignment. In this study, the criteria affecting the process of assigning jobs to CNC machines in a factory that produces power transmission lines in the energy sector are discussed and the importance weights of the criteria are examined by BWM and FUCOM subjective weighting methods. By using BWM and FUCOM together, both methods have been applied with a comparative perspective. With the help of 3 experts who worked at the factory for many years, the criteria were determined and the weights of importance were obtained. 3 main criteria and 15 sub-criteria were created. As a result of the application, BWM and FUCOM methods gave consistent results and the 3 most important criteria were; material thickness, drill/punch separation and material type.

## 1. Giriş

CNC Tezgâh seçim problemleri ve genel olarak makineler iş atama problemleri günümüz rekabetçi ve serbest piyasa özelliklerinde şirketler açısından son derece önemlidir. Çünkü, üretimde süreklilik ve karlılık işletmelerin temel hedeflerindedir. İşletmelerdeki çıktılar, girdilerin belli bir döngüden geçmesi neticesinde ortaya çıkmaktadır. Global dünyada işletmeler tarafından sanayide gerçekleştirilen üretim işlemlerinde makineler kullanılmaktadır. Üretim için yapılan işlemlerde; üretimin hızı, kalitesi ile verimliliği üretim aşamasında kullanılan makineler ile doğrudan ilişkilidir. Yani; üretimin etkin ve kaliteli olması kullanılan makinelere bağlıdır. Üretim sürecinde parçaların hızlı, kaliteli ve doğru şekilde işlenmesi rekabetçi ortamda işletmelere önemli avantajlar sağlayacaktır. İşletmelerin mevcutlarında olan takım tezgâhları; metal, demir, plastik gibi hammaddeleri işleyip istenen ürünleri ortaya çıkarmaktadır. Ürün parçalarını işleme özelliğine sahip olan doğru tezgâhların seçimi hem verimlilik hem de üretimde rasyonellik sağlayacaktır. Ürünü işleyecek olan makinenin doğru seçimi üretimde hem kalite olarak hem de hız olarak artış sağlayacaktır. Aksine yanlış bir makine seçimi ise üretimde darboğaz ile birlikte verimlilik kaybına üretimde azalmaya ve zaman kaybına sebebiyet verecektir.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte makinelerin teknolojik olarak gelişmiş özelliklere sahip olmaları, çeşitli ve artan müşteri taleplerinin karşılanmasını sağlama durumları makine seçimine yönelik alınacak olan kararları etkilemektedir. Makine veya tezgâhların seçim kararında maliyet, işleme kapasitesi, servis imkânları ve ekonomik kullanım ömrü gibi kriterler etkilidir. Piyasada yer alan makineler birbirlerinden farklı mekanik ve teknik niteliklere haizdir. İşlerin makinelerle atanması problemlerinde CNC tezgâh seçim süreci de çok sayıda kriterin etkili olduğu kompleks yapıdadır. Sürecin karmaşık olması nedeniyle çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) kullanılarak ilgili problemin çözümü gerçekleştirilecektir. ÇKKV yöntemleri makine ve tezgâh seçim problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapılan uygulama; işletme yöneticilerine işlerin makinelerle atanması konusunda CNC tezgâh seçimi özelinde fikir vermektedir. Rekabetin ve teknolojinin arttığı bir ortamda işletmeler; ürünlerini kaliteli, uygun fiyatlı ve hızlı üretmek müşteri isteklerini karşılama eğilimindedirler. Uygulamada enerji sektöründe faaliyet gösteren işletmede CNC tezgâh seçiminde etkili olan kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi ve işletmeye bu konuda yardımcı olunması amaçlanmıştır. İşletmelerin etkin ve verimli bir üretim sağlayabilmeleri iş makine planlamasının rasyonel yapılmasına bağlıdır. Günümüzde doğru ve efektif kararlar alabilme yetisine sahip olan işletmeler rakiplerine karşı üstün konumdadırlar. Zaten işletmeler için verimli üretim yapılmasını sağlayan her türlü planlama ve üretimi artırıcı hamleler ile iş makine ataması kritik bir öneme sahiptir. Bu konularda elde edilecek olan başarı işletme başarısını da direkt olarak etkileyecektir. Örneğin; iş makine planlamasının doğru yapılmaması durumunda işlerin aksaması söz konusu olacaktır. Yaşanan gecikme ile birlikte zamanında teslim edilmeyen ürünler siparişlere cevap verilmemesi müşteri memnuniyetsizliği ile beraber iş kayıplarına ve otomatikman kazanç kaybına da neden olacaktır.

Literatürde çok sayıda kriter ağırlıklandırma yöntemi vardır. Çalışmada, öznel değer yargılarını merkeze alan ağırlıklandırma yöntemleri tercih edilmiştir. Bu çalışmada, kriter ağırlıklarından BMW ve FUCOM yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışmanın CNC tezgâhlara iş atanması sürecini etkileyen kriterlerin ağırlıklarının bulunması konusunda subjektif ağırlıklandırma yöntemleri olan BMW ve FUCOM ile yapılmış ilk çalışma olması sebebiyle literatüre katkı sunacağı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, makineler iş atama sürecini etkileyen kriterlerin önem katsayılarının belirlenmesinde insanların öznel değer yargılarını dikkate alan yöntemlerin uygulaması yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılan metodolojiden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde örnek uygulama gerçekleştirilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları ve öneriler verilmiştir.

## 2. Literatür Taraması

Literatür taraması iki bölümden oluşmaktadır. CNC tezgâh seçimi problemlerine ve sayısal karar verme yöntemlerinden olan BMW ve FUCOM yöntemlerine ilişkin iki ayrı literatür taraması yapılmıştır.

### 2.1. CNC Tezgâh Seçimine İlişkin Literatür Taraması

Literatürde CNC tezgâh seçim problemi ile yapılan çalışmalara bu bölümde yer verilmiştir. Birçok çalışmada CNC tezgâh seçimi için yeni alınacak bir makinenin kriterleri belirlenmiştir. Mevcut makineler için ise atama problemleri genellikle çizelgeleme problemi olarak ele alınmıştır.

Kaya, Kılınç, Çevikcan (2007) çalışmasında, bulanık küme teorisi dikkate alınarak makine seçim kararında bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Yıldız, Özlü, Yaka ve Uğur (2014) çalışmasında, kalıp üretimi yapan firmanın CNC freze tezgâhı satın alma sürecinde 5 adet makine içinden en uygun olanın belirlenmesi bulanık TOPSIS(Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) yöntemi ile elde edilmiştir.

Perçin (2012) çalışmasında, CNC tezgâh seçim probleminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmış ve 4 adet CNC makine içerisinden en uygun olanı belirlenmiştir.

## 2.2. BWM ve FUCOM Yöntemlerine İlişkin Literatür Taraması

**Tablo 1.** BWM-FUCOM yöntemlerine ilişkin yapılan bazı çalışmalar

Çalışmanın Yazarı/Yazarları	Çalışmanın Konusu	Kullanılan Yöntemler
Rezaei (2015),	Cep Telefonu Seçimi	BWM- AHP
Ahmadi vd. (2017)	Sosyal Sürdürülebilirlik	BWM
Prentkovskis vd. (2018)	Hizmet Kalitesinin Ölçümünün İyileştirilmesi	FUCOM-SERVQUAL
Badi & Abdulshahed (2019)	Libya Havayolu Şirketinin Performansı	FUCOM –AHP
Noureddine & Ristic (2019)	Tehlikeli Maddelerin Taşınması İçin En Uygun Rota Kriterleri	FUCOM-TOPSIS-MABAC
Özdağoğlu & Keleş (2021)	Ticari Araç Seçimi: Peyzaj Firmasında Bir Uygulama	FUCOM PROMETHEE
Arsu & Arsu (2021)	Personel Seçim Sürecinde Kullanılan Kriterlerin Değerlendirilmesi	BWM
Ayyıldız (2022)	Lojistik Servis Sağlayıcılarının Hizmet Kalitesi Boyutlarının Önceliklendirilmesi	BWM
Demir, Damjanović, Matović, & Vujadinović (2022)	Sürdürülebilir Kentsel Hareketliliğe Doğru: SUMP Podgorica Örneği	FUCOM - COCOSO

## 3. Yöntem

Bu çalışmada BWM (Best–Worst Method) ve FUCOM (Full Consistency Method) yöntemleri kullanılmıştır.

### 3.1 Best–Worst Method (BWM) En İyi-En Kötü Yöntem

İki kriter arasında karşılaştırma yapılması temeline dayanan subjektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir. Burada bahsedilen ikili mukayese ise sistematik bir biçimde yapılan bir mukayesedir. n kriter sayısı olduğunda (2n-3) adet ikili mukayese yapılır (Demir & Bircan, 2020). BWM yöntemi 6 temel adımdan oluşmaktadır.

#### BWM Yönteminin Aşamaları (Demir & Bircan, 2020)

*Adım 1:* Kriterlerin tanımlanması

*Adım 2:* En İyi (en çok istenen, en önemli) kriterin ve En Kötü (en az istenen, en az önemli) kriterin tespiti

Bu aşamada en iyi ve en kötü kriterin belirlenmesinde karar vericinin değer yargıları ön plandadır. Kriterlerin değerleri göz önünde tutulmaz ve herhangi bir karşılaştırma yapılması da söz konusu değildir.

*Adım 3:* En iyi kriter önceliğinin tespit edilmesi

$a_{(en\ iyi)} = (a_{(en\ iyi(1))}, a_{(en\ iyi(2))}, \dots, a_{(en\ iyi(n))})$  1-9 skalasında sayı verilerek diğer kriterlerin tamamı için en iyi olan kriterin öncelik tespiti yapılır.

*Adım 4:* En kötü kriter önceliğinin tespit edilmesi

$a_{(en\ kötü)} = (a_{(en\ kötü(1))}, a_{(en\ kötü(2))}, \dots, a_{(en\ kötü(n))})$  1-9 ikili karşılaştırma skalasında sayı verilerek diğer kriterlerin tamamı için en kötü kriterin öncelik tespiti yapılır. 1-9 ikili karşılaştırmalar skalası Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** İkili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Kriterlerin Karşılaştırılması için Sözlü Anlatım
1	Eşit derecede önemli
2	Eşit olarak orta derecede önemli
3	Orta derecede daha önemli
4	Orta derecede çok daha önemli
5	Güçlü olarak önemli
6	Güçlü olarak çok önemli
7	Çok güçlü olarak önemli
8	Çok güçlü olarak daha önemli
9	Oldukça çok önemli

*Adım 5:* Optimum ağırlıkların belirlenmesi

Min  $\xi^L$

Öyle ki,

$$|w_{(en\ iyi)} - a_{(en\ iyi(j))} \cdot w_j| \leq \xi \text{ ve her } j \text{ için} \quad (1)$$

$$|w_j - a_{jw} \cdot w_{(en\ kötü(j))}| \leq \xi \text{ ve her } j \text{ için} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n (W_j) = 1 \quad W_j \geq 0 \quad (3)$$

*Adım 6:* Tutarlılık oranının elde edilmesi

1-9 skalasında yer alan değerler baz alınarak karar verici tarafından subjektif olarak yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılık incelemesi yapılır. Tutarlılık incelemesinin yapılma nedeni ise, elde edilen sonuçların güvenilirliklerini ortaya koymaktır. Tutarlılık oranı ne kadar küçük ise yapılan ikili karşılaştırmaların da o derece tutarlı olduğu söylenir. Tutarlılık indeksi Tablo 3’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** BWM yöntemi tutarlılık indeksi

A (eniye-en kötü)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Tutarlılık Endeksi</b>	0	0,44	1	1,63	2,3	3	3,73	4,47	5,23

BWM yönteminde Tutarlılık Oranı, elde edilen  $\xi_L$  ve buna karşılık olan tutarlılık indeksi değerinin Tablo 3’de bulunmasıyla aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \xi_L / (\text{Tutarlılık indeksi}) \quad (4)$$

Formülde tutarlılık indeksi,  $\xi_L$ ’nin maksimum olası değerini ifade eder. Tutarlılık oranı  $\in [0, 1]$ . Tutarlılık oranının sıfıra yakın olması vektörün tutarlı olduğunu, 1’e yakın olması ise tutarlı olmadığını gösterecektir. Genel kanı ise; Tutarlılık Oranı  $\leq 0.1$  olması bulunan vektörün kabul edilebilir nitelikte olduğuna işaret eder.

### 3.2 Full Consistency Method (FUCOM) Tam Tutarlılık Yöntemi

FUCOM (Full Consistency Method), kriterlerin ağırlıklarının belirli bir hiyerarşi düzeyinde karşılaştırılması mantığına dayanan ve yapılan karşılaştırmaların tutarlılık koşullarını sağlayan bir yöntemdir. Yöntem, Pamucar ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir. FUCOM, doğrusal programlama temeline dayanan bir yöntemdir

(Özdağoğlu, Keleş, & Genç, 2021). Doğrusal programlamanın sahip olması gereken şartları sağlaması gerekmektedir. Bu şartlardan ilki, kriterlerin ağırlık katsayıları arasındaki ilişkilerin kriterlerin mukayeseli önceliklerine eşitliğidir. İkincisi ise matematiksel model koşullarına uygunluktur. FUCOM yönteminde ulaşılan kriter ağırlıklarının güvenilir olduğunun ortaya konması için tam tutarlılıktan sapma (TTS) değeri elde edilir. FUCOM 6 aşamadan oluşan hesaplama ile kriter ağırlıklarını veren bir yöntemdir (Ecer,2021).

### FUCOM Yönteminin Aşamaları

Yöntemin aşamaları aşağıda belirtilmiştir (Pamucar, Stevic, & Sremac, 2018).

*Adım 1:* Konusunda uzman kişilerin görüşlerinden faydalanmak suretiyle problemde dikkate alınacak olan kriterler tanımlanır.

$c_{(j)}$  : j. kriter;  $j = 1,2,3, \dots n$

*Adım 2:* Kriterler en önemliden daha az önemli olana doğru sıralanır. Sıralama işlemi aşağıda 5 numaralı gösterimde belirtilmiştir.

$c_{j(k)}$  : önemli kriterden daha az önemliye doğru sıralanmış kriter;

$$c_{j(1)} > c_{j(2)} > c_{j(3)} > \dots c_{j(k)} \quad (5)$$

Burada  $C_{j(k)}$ ,  $j = \{1,2,\dots,n\}$  kriteri gösterirken  $k$ ,  $C_j$  kriterlerinin karar verici için sırasını temsil eder. Eğer arada eşitlik varsa “=” işareti konur.

*Adım 3:* Her bir kriterin bir sonraki kritere göre üstünlük durumu uzman görüşü ile ortaya konur.

$\varphi_{k-1/k}$  : Kriterin bir sonraki kritere göre üstünlük değeri kriter sayısının bir eksiğine eşittir. Üstünlük değerleri kümesi aşağıda 6 numaralı denklemde ifade edilmiştir.

$$\varphi = [\varphi_{1/2}; \varphi_{2/3}; \varphi_{3/4}; \dots ; \varphi_{k-1/k}] \quad (6)$$

*Adım 4:* Yukarıda adımlar esnasında verilen değerler aracılığıyla doğrusal programlama modeli oluşturulur. Modelde amaç fonksiyonu sapma değerinin minimizasyonu şeklinde kurulmaktadır. Uzman kişinin belirtmiş olduğu üstünlük değerleri ne derece tutarlı ise sapma değeri de o derece küçük çıkacaktır.

$X$  : sapma değeri

Doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu 7 numaralı denklemde gösterilmiştir.

$$z_{\min} = X \quad (7)$$

*Adım 5:* Amaç fonksiyonunun ardından kısıtlar oluşturulur. Yöntemde kısıtlar üç şekilde incelenmektedir. Birinci tip kısıt, kriterlerden her birinin kendinden bir sonra gelen kritere nazaran üstünlüğünü ifade eder. Birinci tip kısıtta kriter sayısından -1 adet kısıt oluşturulur. Birinci tip kısıt 8 numaralı gösterimde belirtilmiştir.

$W_{j(k)}$ : k. sıralamadaki j. olarak belirlenen kriterin ağırlığı

$$\left| \frac{W_{j(k-1)}}{W_{j(k)}} - \frac{\varphi_{k-1}}{k} \right| \leq \chi \quad (8)$$

İkinci tip kısıtlar üstünlük değerlerinden oluşturulurlar. İkinci tip kısıtta kriter sayısından -2 adet kısıt oluşturulur. İkinci tip kısıt 9 numaralı gösterimde belirtilmiştir.

$$\left| \frac{W_{j(k-2)}}{W_{j(k)}} - \left( \frac{\varphi_{k-2}}{k-1} \right) \left( \frac{\varphi_{k-1}}{k} \right) \right| \leq \chi \quad (9)$$

*Adım 6:* Son kısıt ağırlıkların toplamının 1 değerine eşit olması gerektiğini ifade eden kısıttır. Bu kısıt aşağıdaki 10 numaralı denklemde gösterilmiştir.

$$\sum_{j=1}^n (W_j) = 1 \quad W_j \geq 0 \quad (10)$$

*Adım 7:* En son adımda doğrusal programlamanın pozitiflik koşuluna göre kriter ağırlıklarının 0'dan büyük olması istenir. Pozitiflik koşulu 11 numaralı gösterimde belirtilmiştir.

$$W_j \geq 0, \forall j \text{ için} \quad (11)$$

Problem için oluşturulan doğrusal programlama modelinin çözülmesiyle kriter ağırlıklarına ulaşılr (Ecer, 2021).

#### 4.Uygulama

Uygulamaya yönelik probleme ilişkin bilgi verecek olursak; mevcut durumda fabrikada sipariş gelmesi durumunda tecrübeye dayalı olarak tezgâhlara iş atanmaktadır. Bu durum rasyonel olmamakla birlikte kaynakların optimum kullanılmadığını ve CNC tezgahlara parça atanmasında sistematik bir prosedürün olmadığını göstermektedir. Makinelere rastgele iş/parça atanmasının; çalışana bağlılık getirdiği, bilimsel bir yöntemeye dayalı olmadığı ve kaynakların etkin kullanımına da uygun düşmediği aşikardır. Çalışmada enerji sektöründe faaliyette bulunan ve enerji nakil hattı üreten bir firma için CNC tezgâh seçim kriterlerinin önem sıralaması ve ağırlıkları belirlenmiştir. Firmada bulunan 13 CNC makine için 3 adet karar verici ile kriterler belirlenmiş ve öncelik sıralamaları oluşturulmuştur. Çalışmanın bu bölümünde enerji nakil hattı üreten bir fabrikada CNC tezgâh seçimi için kriterlerin belirlenmesinde BWM ve FUCOM yöntemleri kullanılacaktır. Kriterler imalat ve üretim planlama konusunda uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda oluşturulmuştur. 3 uzman kişinin bilgi ve tecrübelerinden yararlanarak en uygun kriterler belirlenmiştir. 3 ana kriter belirlenmiştir ve bu ana kriterler kendi içinde alt kriterlere ayrılmıştır. Toplamda 15 alt kriter oluşturulmuştur. Bu kriterler uzman kişilerin iş ataması yaparken en çok dikkat ettikleri 15 kriteri kapsamaktadır. Uygulamada mevcutta var olan CNC tezgâhlarına hangi kriterlere göre parça atanması gerektiğine ilişkin kriterler BWM ve FUCOM yöntemleri ile ağırlıklandırılacaktır.

#### Kriterlerin Belirlenmesi

**Malzeme Özellikleri Kriterlerinde** CNC tezgâh seçiminde malzemenin fiziksel özelliklerine göre ayırım yapılmıştır. Bu ayırma göre boyutu, türü önem arz etmektedir.

**Teknik Özellikler Kriterlerinde** projeye göre değişken olan bazı teknik ve müşteri isteklerine göre yapılan ek işlem kriterlerine yer verilmiştir. CNC tezgâh seçiminde daha çok malzemenin hangi işlemlerden geçeceğine göre değişken olan kriterler belirlenmiştir.

**Operasyon Kriterlerinde** operatör ve makine kriterleri baz alınmıştır. İşlem süreleri, verimlilik, numarator seçimi gibi alt kriterlere yer verilmiştir.

Kriterler ve alt kriterler aşağıdaki gibi uzmanlar tarafından belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Ana ve alt kriterler

ANA KRİTERLER		ALT KRİTERLER	
K1	Malzeme Özellikleri Kriterleri	K11	Malzeme türü
		K12	Malzeme boyu
		K13	Malzeme kalınlığı
K2	Teknik Özellikler Kriterleri	K21	Delik sayısı
		K22	Delik çapı
		K23	Matkap/Zimba ayırımı
		K24	Parça değişim süresi
		K25	2.Operasyon durumu
K3	Operasyon Kriterleri	K26	Eksen durumu
		K31	Operatör tecrübesi
		K32	Doluluk yüzdesi
		K33	Makine çevrim süresi
		K34	İşlem süresi (operatör+makine çevrim süresi)
		K35	Tezgâh verimliliği
K36	Numarator seçimi (kamburlu, kaset, otomatik)		

Kriterler sektörlere göre farklılık göstermekle birlikte Enerji nakil hattı üretimi yapan bir firmadan yola çıkarak kriterler oluşturulmuştur.

#### 4.1. FUCOM Yönteminin Uygulaması

Öncelikle FUCOM yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanacaktır. Uygulamanın süreç akışı Şekil-1'de özetlenmiştir.

<b>Adım 1</b>	CNC Tezgâh Seçiminde Önemli Olan Kriterlerin Belirlenmesi (Uzman görüşleri ve literatür araştırması ile)
<b>Adım 2</b>	Ana ve Alt Kriterlerin Önem Sıralamasının Tespiti
<b>Adım 3</b>	Karşılaştırmalı Önceliklerin Belirlenmesi
<b>Adım 4</b>	Tüm Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Şekil 1. Uygulamanın süreç akışı

Fabrika müdürü, mühendis ve formen olmak üzere üç uzman kişi tarafından değerlendirilmiştir. Bu uzmanlar uzun yıllar imalat ve üretim planlama sektöründe çalışmış kişilerden oluşmaktadır. FUCOM yönteminde öncelikli olarak kriterler sıralandırılmış ve karşılaştırmalı öncelikleri belirlenmiştir. Aşağıdaki tablo 5'te ana kriterler ve alt kriterler için sıralama ve karşılaştırmalı öncelikler verilmiştir. Karşılaştırmalı öncelikler kategorideki kriterler arasında yapılmıştır.

Tablo 5. Ana ve alt kriterler için karar vericilerin önem sıralaması

Sıralama			
Kriterler	Karar verici 1	Karar verici 2	Karar verici 3
K1	1	1	2
K2	2	2	1
K3	3	3	3
K11	3	1	2
K12	2	3	3
K13	1	2	1
K21	6	3	3
K22	5	2	3
K23	1	1	1
K24	3	5	2
K25	2	6	5
K26	4	4	4
K31	4	1	4
K32	5	5	1
K33	1	2	2
K34	1	3	2
K35	2	6	3
K36	3	4	6

Kriterlerin mukayeseli öncelikleri 1-9 skalası (1: Eşit; 9: En yüksek) baz alınarak belirlenmiştir. Değerlendirmeler en önemli kriterin diğer tüm kriterler için ayrı ayrı öncelik tespitine göre yapılmıştır.

**Tablo 6.** Ana ve alt kriterler için karar vericilerin karşılaştırmalı öncelikleri

Karşılaştırmalı Öncelikler			
Kriterler	Karar verici 1	Karar verici 2	Karar verici 3
K1	1	1	2
K2	2	2	1
K3	4	3	2
K11	3	1	3
K12	2	4	5
K13	1	3	1
K21	9	4	4
K22	7	2	4
K23	1	1	1
K24	3	7	2
K25	2	9	9
K26	5	5	7
K31	5	1	5
K32	7	7	1
K33	1	2	2
K34	1	3	2
K35	2	9	3
K36	3	5	7

Karar Verici 1'in ana kriterler için yaptığı karşılaştırmalı öncelikler aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

$$\varphi_{c2/c1} = 2/1 = 2 \quad \text{ve} \quad \varphi_{c3/c2} = 4/2 = 2$$

Karar Verici 1 için değerlendirmeleri doğrultusunda ana kriterler için ağırlık katsayılarının oranı aşağıda gösterilen şekilde elde edilir.

$$W_{c2/c1} = 2 \quad W_{c3/c2} = 2$$

Karar Verici 1'in değerlendirmeleri doğrultusunda 3. Ana kriterin 1. Ana kritere göre değeri aşağıda gösterilen şekilde ifade edilir.

$$\frac{w_3}{w_1} = W_{2/1} \times W_{3/2} = 2 \times 2 = 4$$

Karar verici 1'in değerlendirmeleri sonucunda ana kriterler için nihai kriter ağırlıklarının elde edilmesi için Eşitlik (6)'da gösterilen doğrusal programlama modeli kurulur.

$$\begin{aligned} \min \chi \\ \left| \frac{w_2}{w_1} - 2 \right| \leq \chi, \left| \frac{w_3}{w_2} - 2 \right|, \left| \frac{w_3}{w_1} - 4 \right| \leq \chi \\ \sum_{j=1}^3 w_j = 1 \\ w_j \geq 0, \forall j \end{aligned} \quad (1)$$



Eşitlik (1)'de gösterilen doğrusal programlama modelinin Excel Solver ile çözülmesi ile Karar Verici-1 için ana kriterlerin nihai önem ağırlıkları  $w_1 = 0,210, w_2 = 0,158, w_3 = 0,632$  olarak hesaplanır.

Eşitlik (1)'de gösterilen modelin çözüm değerleri ve tam tutarlılıktan sapma değeri Şekil 2'de ekran görüntüsü alınmıştır.

Kriter Sayısı = 3	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3
Kriter Adı	K1	K2	K3
Sıralama	1	2	3

  

Sıralama	K1	K2	K3
Karşılaştırmalı Öncelikler	1	2	4

  

Ağırlıklar	K1	K2	K3
	0,571	0,286	0,143

  

TTS (x)	0,000
---------	-------

Şekil 2. Ana kriterlere göre değerlendirmeler ve çözüm ekranı

Uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda Excel-Solver programı aracılığı ile her kriter ve görüş için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır. Ağırlıklar hesaplanırken matematiksel modelde tam tutarlılıktan sapma değerleri model çözümlerinde "0" şeklinde bulunmuştur. TTS, bulunan ağırlık katsayılarının kriterlerin mukayeseli önceliklerinden sapma değerine karşılık gelir.

Ağırlıklar aşağıda tablo 7'de verilmiştir. 3 karar vericinin görüşleri nihai olarak Aritmetik ortalamaları alınmıştır. Tablo 7'ye göre en önemli ağırlık sıralaması sırasıyla; Malzeme özellikleri(K1), teknik özellikler (K2) ve operasyon kriterleri (K3) şeklindedir.

Tablo 7. Ana kriter ağırlıkları

Ana Kriterler	Karar verici 1	Karar verici 2	Karar verici 3	Aritmetik ortalama	Sıralama
K1	0,571	0,545	0,25	0,456	1
K2	0,286	0,273	0,5	0,353	2
K3	0,143	0,182	0,25	0,192	3

Üç karar vericinin de hemen hemen aynı ağırlıkları verdiği malzeme özellikleri kriteri %45,6 ile en önemli kriter olarak seçilmiştir. Takip eden sırada teknik özellikler %35,3 ve %16,2 ile operasyon kriterleridir.

Tablo 8. Alt kriter ağırlıkları

Alt Kriterler	Karar verici 1	Karar verici 2	Karar verici 3	Aritmetik ortalama	Sıralama
K11	0,182	0,632	0,217	0,344	3
K12	0,273	0,158	0,13	0,187	7
K13	0,545	0,211	0,652	0,469	1
K21	0,049	0,113	0,111	0,091	13
K22	0,062	0,227	0,111	0,133	10
K23	0,437	0,454	0,444	0,445	2
K24	0,146	0,065	0,222	0,144	9
K25	0,219	0,05	0,049	0,106	12
K26	0,087	0,091	0,063	0,081	15
K31	0,063	0,437	0,075	0,192	6
K32	0,045	0,062	0,374	0,16	8
K33	0,315	0,219	0,187	0,24	4
K34	0,315	0,146	0,187	0,216	5
K35	0,157	0,049	0,125	0,11	11
K36	0,105	0,087	0,053	0,082	14

Alt kriterlerde en önemli kriter %46,9 ile malzeme kalınlığı(K13), %44.5 ile matkap/zımba ayrımı(K23) ve %34,4 ile malzeme türü(K11) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 9.** FUCOM yöntemi ile nihai ağırlıkların belirlenmesi

Ana Kriterler	Aritmetik ortalama	Alt Kriterler	Aritmetik ortalama	Global Ağırlıklar	Nihai Sıralama
K1	0,456	K11	0,344	0,157	3
		K12	0,187	0,085	4
		K13	0,469	0,214	1
K2	0,353	K21	0,091	0,032	11
		K22	0,133	0,047	6
		K23	0,445	0,157	2
		K24	0,144	0,051	5
		K25	0,106	0,037	9
		K26	0,081	0,028	13
K3	0,192	K31	0,192	0,037	10
		K32	0,160	0,031	12
		K33	0,240	0,046	7
		K34	0,216	0,041	8
		K35	0,110	0,021	14
		K36	0,082	0,016	15

Kriterlerin aritmetik ortalamaları ve global ağırlıkları ilk 3 kriter için aynı sıradadır. Buna göre ilk üç sıralamada yer alan kriterler hem ana hem de alt kriter olarak yüksek öneme sahiptir. FUCOM yöntemine göre sıralama; Malzeme kalınlığı (0,214); Matkap/Zımba ayrımı (0,157); Malzeme türü (0,157); Malzeme boyu (0,085); Parça değişim süresi (0,051); Delik çapı (0,047); Makine çevrim süresi (0,046); İşlem süresi (operatör + makine çevrim süresi) (0,041); 2.Operasyon durumu (0,037); Operatör tecrübesi (0,037); Delik sayısı (0,032); Doluluk yüzdesi (0,031); Eksen durumu (0,028); Tezgâh verimliliği (0,021); Numaratör seçimi (kamburlu, kaset, otomatik) (0,016) şeklindedir. Kriterlerin tamamı için hesaplanan nihai ağırlıklar Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** Kriter açıklamaları ve sıralama

Kriterler	Açıklama	Global Ağırlıklar	Nihai
K13	Malzeme kalınlığı	0,214	1
K23	Matkap/Zımba ayrımı	0,157	2
K11	Malzeme türü	0,157	3
K12	Malzeme boyu	0,085	4
K24	Parça değişim süresi	0,051	5
K22	Delik çapı	0,047	6
K33	Makine çevrim süresi	0,046	7
K34	İşlem süresi (operatör+makine çevrim süresi)	0,041	8
K25	2.Operasyon durumu	0,037	9
K31	Operatör tecrübesi	0,037	10
K21	Delik sayısı	0,032	11
K32	Doluluk yüzdesi	0,031	12
K26	Eksen durumu	0,028	13
K35	Tezgâh verimliliği	0,021	14
K36	Numaratör seçimi (kamburlu, kaset, otomatik)	0,016	15

#### 4.2. BWM Yönteminin Uygulanması

Bu bölümde BWM yöntemi ile tezgâh seçimi için kriterler ağırlıklandırılacaktır. Üç uzman tarafından alınan görüşler doğrultusunda her kriter için ayrı ayrı hesaplama yapılacaktır.

Karar verici 1 tarafından ana kriterler baz alınarak yapılan sıralamalar ile karşılaştırmalı öncelikler tablo 11’de verilmiştir. En iyi kriter K1 iken en kötü kriter K3 olarak uzmanlar tarafından belirlenmiştir.

**Tablo 11.** Karar verici-1’in çözüm ekranı

<b>Kriter Numarası = 3</b>	K1	K2	K3
<b>Kriter İsimleri</b>	1	2	3
<b>Diğerlerine Göre En İyi</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
En İyi Kriterden (K1) Diğer Kriterlere Göre Tercih Oranı	1	2	4
<b>Diğerleri En Kötüye Göre</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
Diğer Kriterlerden En Kötü (K3) Kriterine Göre Tercih Oranı	5	3	1

<b>Ağırlıklar</b>	K1	K2	K3
	<b>0,5625</b>	<b>0,3125</b>	<b>0,125</b>
ξ <sub>L</sub>	<b>0,0625</b>		

Tüm karar vericiler için nihai ağırlıklar ve tutarlılık oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 12.** Karar vericilere göre ağırlıklar

<b>Kriterler</b>	<b>Karar verici 1</b>	<b>Karar verici 2</b>	<b>Karar verici 3</b>	<b>Aritmetik ortalama</b>
<b>K1</b>	0,563	0,536	0,333	<b>0,477</b>
<b>K2</b>	0,313	0,321	0,5	<b>0,378</b>
<b>K3</b>	0,125	0,143	0,167	<b>0,145</b>
ξ <sub>L</sub>	0,063	0,107	0,167	<b>0,112</b>
<b>K11</b>	0,143	0,629	0,233	<b>0,335</b>
<b>K12</b>	0,321	0,143	0,14	<b>0,201</b>
<b>K13</b>	0,536	0,229	0,628	<b>0,464</b>
ξ <sub>L</sub>	0,107	0,057	0,07	<b>0,078</b>
<b>K21</b>	0,0387	0,1233	0,1179	<b>0,093</b>
<b>K22</b>	0,0671	0,2467	0,1179	<b>0,144</b>
<b>K23</b>	0,4089	0,4219	0,4202	<b>0,417</b>
<b>K24</b>	0,1566	0,0705	0,2357	<b>0,154</b>
<b>K25</b>	0,2348	0,0389	0,041	<b>0,105</b>
<b>K26</b>	0,0939	0,0987	0,0673	<b>0,087</b>
ξ <sub>L</sub>	0,02	0,024	0,017	<b>0,02</b>
<b>K31</b>	0,0846	0,4089	0,0815	<b>0,192</b>
<b>K32</b>	0,0604	0,0671	0,337	<b>0,155</b>
<b>K33</b>	0,0793	0,2348	0,2038	<b>0,173</b>
<b>K34</b>	0,4231	0,1566	0,2038	<b>0,261</b>
<b>K351</b>	0,2115	0,0387	0,1359	<b>0,129</b>
<b>K36</b>	0,141	0,0939	0,038	<b>0,091</b>
ξ <sub>L</sub>	0,115	0,02	0,024	<b>0,053</b>

BWM yöntemi ile elde edilen bulgular özet halinde aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu sonuçlara göre birinci en önemli kriter malzeme özellikleri kriterlerinden %46,4 ile malzeme kalınlığı kriteridir, ikinci olarak % 41,7 ile teknik özellikler ana kriterlerinden olan matkap ve zımba ayırımı, üçüncü olarak ise %33,5 ile malzeme özellikleri kriterlerinden malzeme türü en önemli kriterler olarak seçilmiştir.

**Tablo 13.** BWM yöntemi ile nihai ağırlıkların belirlenmesi

Ana Kriterler	Aritmetik ortalama	Alt Kriterler	Aritmetik ortalama	Global Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,477	K11	0,335	0,160	2
		K12	0,201	0,096	4
		K13	0,464	0,221	1
K2	0,378	K21	0,093	0,035	9
		K22	0,144	0,054	6
		K23	0,417	0,158	3
		K24	0,154	0,058	5
		K25	0,105	0,040	7
		K26	0,087	0,033	10
K3	0,145	K31	0,192	0,028	11
		K32	0,155	0,022	13
		K33	0,173	0,025	12
		K34	0,261	0,038	8
		K35	0,129	0,019	14
		K36	0,091	0,013	15

Global ağırlıklara göre nihai sıralama sırasıyla; Malzeme kalınlığı (0,221); Malzeme türü (0,16); Matkap/Zımba ayrımı (0,158); Malzeme boyu (0,096); Parça değişim süresi (0,058); Delik çapı (0,054); 2.Operasyon durumu (0,04); İşlem süresi (operatör + makine çevrim süresi) (0,038); Delik sayısı (0,035); Eksen durumu (0,033); Operatör tecrübesi (0,028); Makine çevrim süresi (0,025); Doluluk yüzdesi(0,022); Tezgah verimliliği(0,019); Numaratör seçimi (kamburlu, kaset, otomatik)(0,013) şeklindedir.

### Karşılaştırma

BWM ve FUCOM yöntemleri sonucunda oluşan nihai ağırlıklar hemen hemen benzerlik göstermek ile birlikte aşağıdaki tablo özetlenmiştir. Global ağırlıklara göre BWM ve FUCOM yöntemlerinin karşılaştırılması aşağıdaki tablodaki gibidir. İki yöntemde de Malzeme kalınlığı, malzeme boyu, malzeme türü, matkap/zımba ayrımı ve numarator seçimi (kamburlu, kaset, otomatik) aynı sıralamadır. Kriter sıra farklılığı BWM yöntemi ile 5.sırada işlem süresi yer alırken FUCOM yöntemi ile 5. sırada parça değişim süresi ele alınmıştır.

Tablo14. BWM-FUCOM yöntemleri karşılaştırması

Kriterler		BWM			FUCOM		
Ana Kriterler	Alt Kriterler	Global Ağırlıklar	Global Ağırlıklar	Sıralama	Global Ağırlıklar	Global Ağırlıklar	Sıralama
K1	K11	0,48	0,16	2	0,46	0,16	3
	K12		0,1	4		0,09	4
	K13		0,22	1		0,21	1
K2	K21	0,38	0,04	9	0,35	0,03	11
	K22		0,05	6		0,05	6
	K23		0,16	3		0,16	2
	K24		0,06	5		0,05	5
	K25		0,04	7		0,04	9
	K26		0,03	10		0,03	13
K3	K31	0,15	0,03	11	0,19	0,04	10
	K32		0,02	13		0,03	12
	K33		0,03	12		0,05	7
	K34		0,04	8		0,04	8
	K35		0,02	14		0,02	14
	K36		0,01	15		0,02	15

Sıralamalara göre BWM ve FUCOM yöntemleri arasındaki *korelasyon katsayısı* **0,9179** olarak elde edilmiştir. Ulaşılan bu değer; her iki yöntemde ulaşılan sıralamalar arasında pozitif ve yüksek oranlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmada enerji sektöründe faaliyette bulunan enerji nakil hattı üreten bir firma için CNC tezgâh seçim kriterlerinin önem sıralaması ve ağırlıkları belirlenmiştir. Firmada bulunan 13 CNC makine için 3 adet karar verici ile kriterler belirlenmiş ve öncelik derecelendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada ele alınan problem FUCOM ve BWM yöntemleri ile değerlendirilmiş ve en önemli kriterler belirlenmiştir. FUCOM ve BWM yöntemleri tutarlı ve benzer sonuçlar vermiştir. Her iki yönteme göre ana kriterler bazında aynı sıralamanın elde edilmesi sonuçların tutarlı ve birbirini destekler nitelikte olduğunu göstermektedir. İki farklı subjektif ağırlıklandırma yöntemi ile mukayeseli sonuçların benzer olarak görülmesi uygulamanın doğruluğunu da göstermektedir. Her iki yöntemde 3 ana kriterin global ağırlıklarının sıralaması aynıdır. Ancak alt kriterlerde farklılık vardır. Bunun sebebi ise BWM yönteminde en iyiye göre ve en kötüye göre iki karşılaştırmalı öncelik yapılırken FUCOM yönteminde sadece en iyiye göre karşılaştırılmalı öncelik belirlendiği için bu yöntemler arasında farklılık bulunmaktadır. Global ağırlık olarak bakıldığında ana kriterler tutarlı sonuçlar sunmuştur. Ana kriter olarak her iki yöntemde de sıralama; Malzeme özellikleri(K1), teknik özellikler (K2) ve operasyon kriterleri (K3) şeklindedir. Alt kriterler bazında en önemli kriter sıralaması FUCOM için sırasıyla; Malzeme kalınlığı(0,214); Matkap/Zımba ayrımı(0,157); Malzeme türü(0,157); Malzeme boyu(0,085); Parça değişim süresi(0,051); Delik çapı(0,047); Makine çevrim süresi(0,046); İşlem süresi (operatör + makine çevrim süresi)(0,041); 2.Operasyon durumu(0,037); Operatör tecrübesi(0,037); Delik sayısı(0,032); Doluluk yüzdesi(0,031); Eksen durumu(0,028); Tezgah verimliliği (0,021); Numaratör seçimi (kamburlu, kaset, otomatik)(0,016) şeklinde gerçekleşmiştir.

En önemli kriter sıralaması BWM için sırasıyla; Malzeme kalınlığı(0,221); Malzeme türü(0,16); Matkap/Zımba ayrımı(0,158); Malzeme boyu(0,096); Parça değişim süresi(0,058); Delik çapı(0,054); 2.Operasyon durumu(0,04); İşlem süresi (operatör + makine çevrim süresi)(0,038); Delik sayısı(0,035); Eksen durumu(0,033); Operatör tecrübesi(0,028); Makine çevrim süresi(0,025); Doluluk yüzdesi(0,022); Tezgah verimliliği(0,019); Numaratör seçimi (kamburlu, kaset, otomatik)(0,013) şeklindedir.

Firma için en önemli olan 3 alt kriter iki yöntemde de aynı sıralama ile çıkmış olmakla birlikte bu kriterler; malzeme kalınlığı, matkap/zımba ayrımı ve malzeme türü olarak belirlenmiştir. Matkap/zımba ayrımı teknik bir özellik olması bakımından farklılık göstermektedir. Bunun sebebi olarak fabrikanın farklı bölümlerinden çalışan uzmanların görüşleri alındığından dolayı bölümler arasında öneme göre üretimde faaliyet gösteren uzmanlar matkap/zımba ayrımını önemserken hammadde bölümü uzmanı malzeme türünü daha fazla önemsemiştir.

Sonuç itibarıyla; yapılan çalışmada kullanılan kriterlerin zenginleştirilmesi ile farklı uzman görüşleri ve farklı sayısal karar verme yöntemlerinin kullanılması neticesinde iş yaşamında pratikte fayda sağlayacak ve literatüre katkı sunacak olan sonuçlar elde edilebilecektir. Çalışmanın şirket stratejileri, müşteri memnuniyeti ve üretimde verimliliğin sağlanmasına yönelik kazanımlarının haricinde nadir olarak kullanılmış olan BWM ve FUCOM yöntemleri ile mukayeseli olarak incelenmesi açısından literatüre katkı sunması hedeflenmiştir.

### Araştırmacıların Katkısı

Gerçekleştirilen çalışmada, fikrin geliştirilmesi, literatür taraması, sonuçların değerlendirilmesi ve incelenmesi ile yazım denetimi ve içeriğin kontrolü konularında Emre Ekinci önemli katkılarda bulunmuştur. Selcan Usta ise, fikrin oluşturulması ve geliştirilmesi, tasarım süreci, veri toplama, gerekli Excel işlemlerinin yürütülmesi, yöntemlerin sonuçlarının değerlendirilmesi ve incelenmesi, yazım denetimi ve makalenin içeriğinin kontrolü gibi alanlarda destek sağlamıştır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynakça

- Arsu, T., ve Arsu, Ş. U. (2021). Personel Seçim Sürecinde Kullanılan Kriterlerin Best-Worst Metodu (Bwm) İle Değerlendirilmesi. *Thrd Sector Social Economic Review*. Doi: <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.21.09.1632>
- Ayyıldız, E. (2022). Lojistik Servis Sağlayıcılarının Hizmet Kalitesi Boyutlarının Servqual Temelli Best-Worst Yöntemi Kullanılarak Önceliklendirilmesi. *Journal Of Transportation And Logistics*. Doi: <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1038781>
- Chen, D., Faibil, D., & Agyemang, M. (2020). Evaluating critical barriers and pathways to implementation of e-waste formalization management systems in Ghana: a hybrid BWM and fuzzy TOPSIS approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(35), 44561-44584. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10360-8> [google scholar](https://scholar.google.com/)
- Çalık A. (2021). Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile yeşil tedarik zincirindeki risklerin karşılaştırılması. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 822-838. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/67597/895997>
- Demir, G. ve Bircan, H. (2020). Kriter Ağırlıklandırma Modeli ve Bir Uygulama: Full Consistency Method (Fucom). *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*. Doi: <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.616766>
- Demir, G., Damjanović, M., Matović, B., & Vujadinović, R. (2022). Toward Sustainable Urban Mobility By Using Fuzzy-Fucom And Fuzzy-Cocoso Methods: The Case Of The Sump Podgorica. *Sustainability*. Doi: <https://doi.org/10.3390/su14094972>
- Ecer, F. (2021). Fucom Subjektif Ağırlıklandırma Yöntemi ile Rüzgâr Çiftliği Yer Seçimini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24-34. Doi: <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.93271>
- Ecer, F. (2021). Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi: Fucom Subjektif Ağırlıklandırma Yöntemi Temelli Mairca Yaklaşımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26-48. Doi: <https://doi.org/10.30798/makuiibf.691693>
- Kaya, İ., Kılınç, M. ve Çevikcan, E. (2007). Makine-Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci. *Mühendis Ve Makina*, 8-14. Erişim adresi: [https://mmo.org.tr/sites/default/files/2ccc96096d4281b\\_ek.pdf](https://mmo.org.tr/sites/default/files/2ccc96096d4281b_ek.pdf)
- Mangla, S. K., Kumar, P., & Barua, M. K. (2016). An Integrated Methodology of FTA and Fuzzy AHP for Risk Assessment in Green Supply Chain. *International Journal of Operational Research*, 25(1), 77-99. Doi: <https://doi.org/10.1504/IJOR.2016.073252>
- Nunić Z., Stević Z., Adnan M., Adin R., Sremac S. (2019). Selection Of Transportation Mean Using Integrated Fucom-Aras Model. *2th International Conference Of Iranian Operations Research Society Icors*. Babolsar, Iran. Erişim adresi: <https://civilica.com/doc/923620/>
- Özdağoğlu, A. ve Keleş, M. K. (2021). Fucom ve Promethee Yöntemleri ile Ticari Araç Seçimi: Peyzaj Firmasında Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Doi: <https://doi.org/10.53487/ataunisosbil.825910>
- Pamuçcar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A New Model For Determining Weight Coefficients Of. *Symmetry*. Doi: <https://doi.org/10.3390/sym10090393>
- Pınar, A. (2020). Tedarikçi seçiminde kullanılan çok kriterli karar verme metotları. *Journal of Turkish Operations Management*, 4(2), 449-478. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/59336/851846>
- Uğur, L. (2017). Yapı Makinesi Satın Alımında Vikor Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması. *Politeknik Dergisi*, 20(4), 880-881. Doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.369058>
- Yıldız, A., Özlü, B., Yaka, H., & Uğur, L. (2014). Cnc Takım Tezgâhı Seçimi İçin Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Metodu. *1.Uluslararası Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Sempozyumu*, 26-31. Erişim adresi: [https://indexive.com/uploads/papers/pap\\_indexive15949872822147483647.pdf](https://indexive.com/uploads/papers/pap_indexive15949872822147483647.pdf)