

MERMER BLOK KESİM YÖNTEMLERİNİN BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of Marble Extraction Methods By Using Fuzzy Topsis Method

Ali ELEREN (*)
Metin ERSOY (**)

ÖZET

Mermer kullanımı antik çağlardan günümüze kadar artarak gelmiş ve çeşitli taşlardan birçok mimari yapı ve sanat eseri yapılmıştır. Buna paralel olarak ocaklardaki blok üretim yöntemleri de her dönem gelişerek değişmiştir. Bu yöntemler ana hatlarıyla eski yöntemler, günümüzde uygulanan yöntemler ve deneme aşamasındaki yöntemler olmak üzere üç ana grupta değerlendirilebilir.

Mermer ve doğaltaş işletmeciliğinde belli kriterlere dayalı olarak hangi yöntemlerin daha önemli olduğunu belirlemek üzere başta çok kriterli karar verme yöntemleri olmak üzere birçok yöntem kullanılabilir.

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanmasıyla alternatif kesme yöntemleri belirli kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiş ve önem düzeylerine göre sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer işletmesi, Kesme yöntemi, Bulanık karar verme, TOPSIS.

ABSTRACT

The use of marble has increased since the ancient times and many architectural buildings and work of arts were built. In parallel with this, block producing methods in quarries have also changed with improvements in all ages. These methods can be classified into three major groups as ancient methods, current methods and experimental methods.

Several methods, such as multi criteria deciding making, can be used to find out which methods based on certain criteria are the most important in natural stone business.

A multi-criteria, decision-making method, namely, the Fuzzy TOPSIS method was used in this study. By applying this method, alternative cutting methods were evaluated by taking certain criteria into consideration and ranked according to their degree of importance.

Key Words: Marble Management, Cutting Method, Multi-Criteria Decision Mahing (MCDM)., TOPSIS.

(*) Dr. Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Afyonkarahisar, a.eleren@aku.edu.tr
(**) Dr. Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar Meslek Yüksekokulu, Afyonkarahisar

1. GİRİŞ

Türkiye granit, mermer vb. doğal taşları ile dünyada zengin ülkeler içerisinde. Ancak bu kaynaklarımız yanlış uygulama ve yöntemler nedeniyle verimli bir şekilde değerlendirilememektedir. Bu konuda birçok örneğe rastlamak mümkündür ve bunlardan birisi olarak doğal taş rezervlerimizin verimsiz yöntemlerle çıkarılmasının ekonomimize olumsuz etkileri örnek gösterilebilir.

Doğal taş işletmeciliğinin ilk aşaması olan ocak işletmeciliğinde mermerin blok olarak elde edilmesi amaçlanmaktadır ve bu konuda birbirinden farklı özelliklere sahip birçok yöntem uygulanmaktadır.

Bu çalışmada amaç, bilinen kesme yöntemlerinin, belli kriterlere dayalı olarak değerlendirilmesi ve önem düzeylerine uygun sıralanmasıdır. Literatürde sıralama amacıyla kullanılabilen birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan TOPSIS, ELECTRE, AHP, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS gibi çok kriterli karar verme yöntemleri örnek olarak verilebilir. Yöntemlerin karar verme mantığı genelde ortak olsa da, sonuca ulaşmada işlem akışı, karar verici sayıları ve sıralamadaki küçük farkları yakalama becerileri ile tutarlılık testlerine imkân vermesi gibi özellikleriyle değişim göstermektedirler. Bu yöntemler içerisinde çok sayıda karar vericiye imkân tanıyan, toplu halde çözümleme sunan ve bulanık mantık çerçevesinde daha gerçekçi çözümler üretebilen bir yöntem olarak Bulanık TOPSIS kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında doğal taş ocak işletmeciliği tanıtılmakta ve yöntemleri hakkında bilgiler verilmektedir. İkinci aşamada çalışmanın metodoloji hakkında bilgiler verilmekte ve bu çerçevede veri elde edilişi ve değerlendirme yöntemi hakkında bilgiler verilmektedir. Üçüncü aşamada ise uygulama ve sonuçların değerlendirilmesi bulunmaktadır.

2. AÇIK OCAK İŞLETME YÖNTEMLERİ

Mermer üretimi açık ocak veya yeraltı ocak işletme yöntemleri uygulanarak yapılır. Mermer üretiminin diğer madenlerin üretim yöntemlerinden en büyük farkı mermerin ya da doğaltaşın büyük kütleler halinde çıkarılma zorunluluğudur. Bu

amaçla mermer bloklar yıllar boyu birçok farklı yöntemle üretilmeye çalışılmıştır.

İster yeraltı, ister açık ocak olsun esas üretimin yapıldığı panoda uygulanan yöntem birbirinin aynıdır. Tek fark, yeraltı işletmelerinde çalışma alanı oluşturmak için açılan galeri ve odalardır.

En az üç yüzeyi serbestleştirilmiş, başka bir ifade ile kanal açılmış, basamakları oluşturulmuş bir mermer işletmesinde blok üretiminin aşamaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

Kesim bölgesinin temizlenmesi ve süreksizliklerin tayini

Delme ve kesme noktalarının belirlenmesi

Deliklerin açılması, çalışacak delme veya kesme makinalarının kurulması

Blok yüzeylerinin kesilmesi ve bloğun serbestleştirilmesi

Bloğun ana kütlede ötelenmesi

Bloğun sayalama bölgesine taşınması ve kenarlarının düzeltilmesi

Bloğun stoklanması veya yüklenerek tesise nakledilmesi

Üretim aşamalarından da anlaşılacağı gibi, üretim yönteminin türünü belirleyen en önemli faktör, bloğun ana kütlede kesilerek serbestleşmesi işlemi uygulanan yöntemdir. Bu yöntemler,

Eski yöntemler

- Eski çağ üretim yöntemleri
- Patlayıcılarla üretim yöntemi
- Diskli kesicilerle üretim yöntemi
- Helezon telle kesme yöntemi

Uygulanan yöntemler

- Delme çatlatma yöntemi (üçlü kama)
 - Elmas telle kesme yöntemi
 - Kollu kesicilerle kesme yöntemi
- Deneme aşamasındaki yöntemler
- Termal şok ile kesme yöntemi
 - Basıncı su ile kesme yöntemi
 - Lazer-ultrason ile kesme yöntemi
 - Kimyasal yolla çatlatma yöntemi

Karma yöntem olarak sınıflandırılabilir.

Eski yöntemler sınıflandırılmasında yer alan

eski çağ üretim yöntemleri, elle ve ilkel aletlerle yapılan bir üretim olduğundan teknik olarak bir değer ifade etmemektedir.

Patlayıcılarla üretimde, sıralı birkaç delik açılması, zayıf patlayıcıyla doldurulması ve kütlelerin patlatılması, sonra sağlam kalan parçaların toplanması şeklinde yapılmaktaydı. Bu yöntem de günümüzde de farklı şekillerde uygulanmaktadır (Yeşilkaya, 1996).

Diskli kesicilerle üretim yönteminde blok kesme işlemi, bir ray üzerinde hareket eden makineye monte edilmiş kesici bir disk vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde yeterli büyüklükte disklerin üretilmemesi ve kesme derinliğinin disk yarıçapı ile sınırlı olması sonucu istenen kesme derinliğine ulaşılamamıştır.

Helezon telle kesme yönteminin ise az fireli çalışabilmesine rağmen yüksek ilk yatırım gerektirmesi, planlama ve üretim aşamasının karmaşıklığı ve herhangi bir küçük aksaklıkta üretimin tamamıyla durması yüzünden günümüzde uygulanmamaktadır.



Şekil 1. Helezon telle kesme yönteminin sembolik görünümü.

Kesme işlemi, üç kat ters sarımlı, salyangoz kabuğu görümlü, yüksek karbonlu çelik telin, bir ana kasnak (önceleri buhar makinası daha sonraları dizel ve elektrikli motorlu bir makinenin döndürdüğü) tarafından döndürülmesi ve yardımcı kasnaklar vasıtasıyla tüm ocakta açılmış delikleri dolaşması şeklinde gerçekleşir. Dolaşım sırasında kesim yüzeylerine zımpara tozu, silis kumu, kuvarsit veya çakmak taşı ile

su beslenir (Şekil 1) (Köse ve Onargan, 1997; Karaca, 2001; Onargan vd, 2005).

Uygulanan yöntemler sınıflamasında, delme çatlatma yönteminde, yan yüzeylere taşın gevrekliğine göre değişik sıklıkta ve derinlikte delikler açılması, deliklere yaprak ve mermer çivilerin yerleştirilip sıkıştırılması, sonra çivilere sıra ile vurularak bloğun ana kütlede ayrılmasının sağlanması şeklinde uygulanır (Karaca, 2001). Alt yüzeyin kesimi işlemi de aynı şekilde sağlanır (Şekil 2). Bu çalışma şeklinde birçok sert taş niteliğindeki doğaltaş işletmesinde özellikle alt kesim için zayıf patlayıcılar kullanılır (Şekil 3). Böylece hem iş gücü kullanımı azaltılmış hem de üretim hızı artırılmış olur.



Şekil 2. Delme çatlatma yöntemi (Anon, 2003).

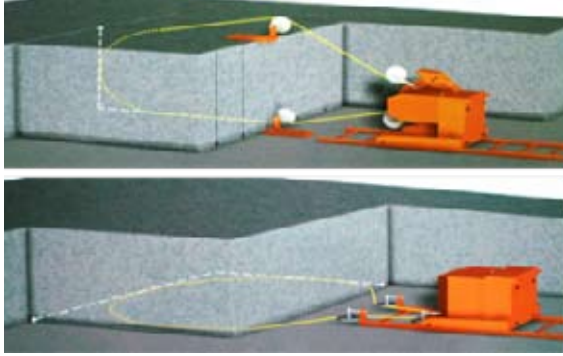
Bu yöntemin en büyük avantajı, basit oluşu ve ilk yatırım maliyetinin diğer yöntemlere göre en az oluşudur. Dezavantajı ise, üretim hızının düşüklüğü, kayıpların yüksek oluşu, blok biçimlerinin düzensizliği, çalışmanın gürültülü ve tozlu oluşu ve patlayıcı kullanıldığı durumda daha tehlikeli oluşudur.



Şekil 3. Delme-çatlatma yönteminde patlayıcı kullanımı (Anon (a), 2003)

Elmas telle kesme yöntemi günümüzde en popüler yöntemlerden biridir. Yöntem özetle,

birbirine dik ve birbiriyle kavuşan üç delik açılması, önce deliklerin ikisinden (yatay delikler- önce alt yüzeyin kesilmesi tavsiye edilir), elmas boncuklarla kaplı çelik telin geçirilmesi, iki ucunun birbirine bağlanması, bu telin kesme makinasının volanından da geçirilerek gerdirilmesi, sonra volanın dönmesiyle telin delikler içerisinde hareket etmesi, volanın bağlı olduğu makinanın ray üzerinde geriye doğru çekilmesi ve kesme alanlarına su verilmesi şeklindedir (Şekil 4).



Şekil 4. Elmas telle kesme yönteminin sembolik görünümü (Kulaksız, 2007).

Yöntemin en büyük dezavantajı, üretim yapılabilmesi için en az üç deliğin birbiriyle kavuşacak şekilde açılması ve çalışma sırasında tel kopması, sıkışması gibi nedenlerle tehlikeli olmasıdır. Avantajı ise, hızlı üretim yapılabilmesi ve fire oranının düşüklüğüdür.



Şekil 5. Kollu kesici.

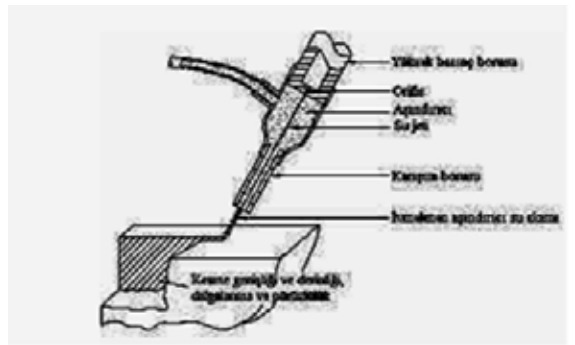
Kollu kesicilerle kesme yöntemi ise, zincirli ya da kayışlı kollu kesici makinalar kullanılır. Bu makinalar otomatik ağaç kesme makinalarının kayaç kesimi için tasarlanmış bir versiyonudur.

Kesme, ray döşenmesi, ray üzerine makinanın oturtulması ve makinarya start verilmesi şeklinde uygulanır (Şekil 5). Uygulamanın basitliği yanında, hızlı üretim ve güvenlik en önemli avantajıdır. Tek dezavantajı makinanın pahalı oluşundan dolayı ilk yatırım maliyetinin yüksekliğidir.

Deneme aşamasındaki yöntemlerden termal şok, motorin veya fuel-oil gibi yanıcı bir maddenin ateşlenerek basınçlı hava ile püskürtülmesi şeklinde uygulanır (Şekil 6). Basınçlı su ile kesme de ise, su basıncını 3800 atm'e çıkararak bir hidrolik pompa sayesinde suyun, su jeti adı verilen makina ile kayaç üzerine püskürtülmesi şeklindedir (Şekil 7) (Köse vd, 1997; Onargan vd, 2005). Bu iki yöntem ocak işletmeciliğinde denense de henüz ekonomik olmadığından endüstriyel çapta uygulama alanı bulamamıştır.



Şekil 6. Termal şok yöntemi (Anon (a), 2003).



Şekil 7. Basınçlı su jetinin sembolik görünümü (Yazıcıoğlu ve Yalçınkaya, 2003).

Lazer-ultrason yöntemi ile kesim tıp, cam sanayi, metal sanayi vb. alanlarda uygulanmasına

rağmen ocak işletmeciliğinde hem teknik hem de ekonomik olarak uygulanamamıştır. Kimyasal yolla çatlatma yönteminde ise, önce sıralı delikler açılır, sonra delikler su ile birleştğinde hacmi yavaş yavaş artan bir kimyasalla doldurulur. Böylece bir süre sonra açılan deliklerin çatladığı ve kesimin yapıldığı görülür. Yöntem diğer yöntemlere göre çok yavaş olduğundan kullanım alanı bulamamıştır. Ancak patlayıcı kullanımına bir alternatif olabilir.

Karma üretim yönteminde ise, çalışılan formasyonun özelliklerine, çalışacak işçinin tecrübesine ve işletmenin ekonomik koşullarına göre iki veya daha fazla üretim şekli birlikte uygulanmaktadır.

3. KESME YÖNTEMLERİNİN BELİRLENMESİNDE KESME ETKEN PARAMETRE VE KESME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Çevreye etkileri: Hangi kesme yöntemi uygulanırsa uygulansın, madencilik bir kazı işidir ve ekonomik değeri olmayan parça taşların da kesilerek yerlerinden oynatılmaları söz konusudur. Dolayısıyla tüm madencilik faaliyetleri görüntü kirliliğine neden olacaktır. Kesme işleminde patlayıcı kullanımı, titreşimden dolayı çevredeki yapılara zarar verebileceği gibi daha alt formasyonlardaki masif kütlelerin çatlamasına neden olabilir. Delici kullanımının zorunlu olduğu yöntemlerde ise gürültü ve toz oluşumu kaçınılmazdır. Alev jetleriyle kesim yapıldığında da formasyonun küçük bir kısmının yanması ve bazı zehirli gazların çıkması söz konusu olur.

Jeolojik faktörler: Kesilecek kayacın bulunduğu formasyonda yabancı malzeme varlığı, kesme yönteminin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Ayrıca kesilen kayacın sertliği de yöntem seçiminde etkindir (Karaca, 2001, Eskikaya vd, 2005; Kulaksız, 2007). Örneğin çok sert kayaların kesilmesi ne kolları kesicilerle ne de elmas telle mümkün olmadığından, ister istemez delme ve çatlatma ya da patlatma kombinasyonu uygulanabilmektedir.

Güvenlik: Güvenlik açısından en önde gelen yöntem kolları kesme yöntemidir. Patlatmada çevreye saçılan taşlar veya patlamayan delikler, elmas telle kesmede telin kopması,

alev veya su jetinde makinanın zaman zaman kontrol edilememesi güvenlik açısından risk oluşturmaktadır.

İlk yatırım, üretim hızı, verimlilik ve birim maliyet: İlk yatırım açısından en pahalı yöntemler kolları kesme ve elmas telle kesme yöntemleri olmasına rağmen üretim hızlarının yüksekliği, düşük fire oranında çalışmaları, yani verimlilikleri nedeniyle birim maliyetleri de en düşük olan yöntemlerdir. İlk yatırım değeri en düşük olan delme-çatlatma yönteminde hız çok düşük (diğerlerinin 1/5 kadarı), kayıp ise çok yüksektir. Başka bir ifade ile sabit yatırımın üretim miktarına oranı büyüktür.

İşçilik ve işletme sermayesi: En az işçilik gerektiren yöntem yine kolları kesme yöntemi olup sıralama kolları kesme, elmas telle kesme, delme-çatlatma vd. şeklindedir. İşletme sermayesi gereksinimi bakımından ise sıralama delme-çatlatma, elmas telle kesme, kolları kesicilerle kesme ve deneme aşamasındaki yöntemler şeklindedir.

Hazırlık çalışmaları: Hazırlık çalışmalarının en yoğun yaşandığı yöntemler delme-çatlatma, deneme aşamasındaki yöntemler, elmas telle kesme ve en son kolları kesme yöntemleridir.

Kalifiye eleman ihtiyacı: Özellikle deneme aşamasındaki yöntemler fazla bilinmediği için kalifiye eleman bulmak zordur. Bunun yanı sıra en popüler olan elmas telle kesme ve delme-çatlatma yöntemlerinde, çalışan personelin tecrübesinin olması gerekliliği yanı sıra eleman bulma gücünü yaşanmaz.

Karmaşıklık: Yöntemler içerisinde en karmaşık olanı helezon telle kesme yöntemidir. Bu yüzden uygulama alanı günden güne azalmış ve yok olmuştur. Su jeti, alev jeti gibi yöntemler de karmaşık olmasına rağmen diğer yöntemler daha basit ve uygulanabilir.

Ocağın coğrafi konumu ve topografik faktörler: Coğrafi konum gerek ocak için gerekli alt yapı tesislerinin oluşturulması gerek ocağın iklim ve işe ihtiyaçlarının karşılanması gerekse yapılan üretimin tesise taşınması bakımından önemlidir. Kesme yönteminin belirlenmesinde doğrudan ilişkisi olmamakla beraber kullanılacak makine ve donanımın sarf edeceği enerji türünün belirlenmesinde önemlidir. Topografik faktörler ise ocağın ilk ağız açma çalışmalarında (basamakların oluşturulması) önemli olup daha

sonraları önemini yitirmektedir (Köse vd, 1997; Konuk ve Önder, 1999; Eskikaya vd, 2005).

Yaygınlık: Yöntem ne kadar basit, ucuz, verimli ve hızlı ise o kadar yaygındır. Buna göre en yaygın kullanım elmas telle kesme yöntemi olup çoğu ocakta elmas telle kesme ile birlikte kollu kesme yöntemi de uygulanmaktadır. Yaygın olan bir başka yöntem ise delme-çatlatma yöntemi olup, nedeni ilk yatırım maliyetinin çok düşük olmasıdır.

4. TOPSIS YÖNTEMİYLE BULANIK KARAR VERME

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir (Chen, 2000). TOPSIS yönteminde ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık, hem de negatif ideal çözüme uzaklık birlikte değerlendirilir. Sonuçta yapılacak tercih sıralaması, uzaklıkların karşılaştırılması sonucu elde edilir (Janko ve Bernroider, 2005).

TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulanır (Opricovic ve Tzeng, 2004):

- Normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanması,
- Ağırlıklandırılmış karar matrisi hesaplanması,
- Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi,
- Her bir alternatifin pozitif ideal ve negatif idealden uzaklıklarının hesaplanması,
- Her bir alternatif için yakınlık değerlerinin ve puanlarının hesaplanması,
- Tercihlerin puan sırasına konulması.

Farklı nicel ve nitel kriterleri birlikte değerlendirmek ve bunların ağırlıklarına dayalı sıralama yapmak isteniyorsa çoklu kriterli bir bulanık karar verme yöntemine ihtiyaç duyulur (Chen, 2001). TOPSIS yönteminde üçlü bulanık sayılar kullanılması yapılan çalışmalar ilk önce Negi (1989)'nin doktora teziyle başlamıştır.

Ancak bulanık TOPSIS algoritmasının eksiklikleri

üzerine bazı araştırmacılar çalışmışlardır. Bu araştırmacıardan biri olan Chen (2000) bir makalesinde bu eksikliği gidermiştir. Chen ile diğerleri arasında aslında algoritma olarak farklılık bulunmamakla birlikte, derecelendirmede bulanık değerlerini 0-10 arası sıralaması,

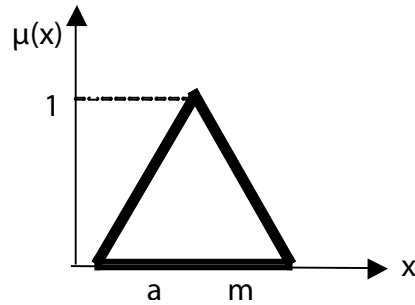
$v_j^* = (1,1,1)$ ve $v_j^- = (0,0,0)$ olarak almasından dolayı farklılık arz etmektedir.

Yöntem, birçok çoklu kriterli karar verme problemlerinde kullanılmış, bu çalışmaya benzer olarak bu yöntemi kuruluş yeri seçimi problemlerinde ilk olarak Chu Ta-Chung (2002) başarıyla uygulamıştır.

Bir üçgen bulanık sayı "n" (a,m,b) ile gösterilir

ve $\mu_n(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir ve Şekil 8'deki gibi gösterilir (Chen, 2000):

$$\mu_n(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{m-b}, & m \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 8. Üçgen bulanık sayı

$m=(m_1, m_2, m_3)$ ve $n=(n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayısını göstermek üzere, aralarındaki uzaklık "Vertex Yöntemi" ile tanımlanır (Chen, 2000):

$$d(m,n) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2)$$

olarak hesaplanır.

İfade veya dilsel (linguistic) olarak tanımlanan değerlerden oluşan değişkene “dilsel değişken” denir. Dilsel değişkenler 1,2,3,.. gibi sayılarla ifade edilebildiği gibi üçlü bulanık sayılarıyla da ifade edilebilirler. Örneğin değerleri “1 :çok düşük” ten “5: çok yüksek” e değişen ağırlık vektörü bir dilsel değişkendir ve bulanık sayılarıyla gösterilebilir (Chen, 2000).

Bulanık TOPSİS yöntemi, hem nitel hem de nicel kriterin puanlamasıyla uğraşır. Bunun yanında Bulanık TOPSIS yöntemi çok esnek bir yapıya sahiptir (Chen vd, 2005).

Yöntem, bulanık ortamda çoklu kriterlere dayalı, az karar verici ve alternatif grupların bulunduğu problemler için çok uygundur. Farklı kriterlerin önem ağırlıkları ve kriterlerin önem dereceleri dilsel değişkenler olarak düşünülür. Kriterin önemini ve farklı kriterlere göre alternatiflerin önem derecelerini hesaplamak için karar vericiler dilsel değişkenler kullanırlar. Bu dilsel değişkenler pozitif üçgen bulanık sayılar olarak Çizelge 1 ve Çizelge 2'deki gibi ifade edilebilir (Chen, 2000):

Çizelge 1. Her bir kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler (Chen, 2000).

ED	En Düşük	0,0	0,0	0,1
D	Düşük	0,0	0,1	0,3
OD	Orta Düşük	0,1	0,3	0,5
O	Orta	0,3	0,5	0,7
OY	Orta Yüksek	0,5	0,7	0,9
Y	Yüksek	0,7	0,9	1,0
EY	En Yüksek	0,9	1,0	1,0

Çizelge 2. Önem derecesi için dilsel değişkenler (Chen, 2000).

EK	En Kötü	0	0	1
K	Kötü	0	1	3
OK	Orta Kötü	1	3	5
O	Orta	3	5	7
Oİ	Orta İyi	5	7	9
İ	İyi	7	9	10
Eİ	En İyi	9	10	10

Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilen 7'li ölçek, bu yöntem için ilk defa Chen tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Aynı yöntem için literatürdeki çalışmalar incelendiğinde 3, 5 veya 9'lu ölçek de kullanılabilir. Ölçek sayısı büyüdükçe işlemler daha hassaslaşmakta ve yöntem uygulamasındaki detaylar artmakta, küçüldükçe ise hassasiyet azalmakta ve işlemler daha basitleşmektedir.

m adet karar vericiden oluşan, x_{ij}^m ve w_j^m 'nin m'inci karar vericinin önem derecesi ve ağırlığını gösterdiği bir grupta her bir kriter göre alternatiflerin önem dereceleri ve kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$X_i = \frac{1}{m} [x_i^1(+)x_i^2(+)...x_i^m(+)] \quad (3)$$

$$W_j = \frac{1}{n} [w_j^1(+)w_j^2(+)...w_j^m(+)] \quad (4)$$

n kriterli ve m seçenekli bir bulanık matrisi ve ağırlık vektörü aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$C_1 \quad C_2 \quad L \quad C_n$$

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ M \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & L & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & L & x_{2n} \\ M & M & L & M \\ x_{m1} & x_{m2} & L & x_{mn} \end{bmatrix}$$

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad L \quad w_n]$$

Burada x_{ij} ($\forall i,j$) ve w_j ($j=1,2,...,n$) dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler üçgen

bulanık sayılarla $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ üyelik

fonksiyonu ve $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde ağırlık vektörü olarak tanımlanabilir.

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi R ile gösterilir ve

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}$$

ile ifade edilir. Burada B fayda kriteri kümesi olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B; \quad (5)$$

$c_j^* = \max_i c_{ij}$ eğer $j \in B$ ise

Yukarıdaki normalleştirme yöntemi, normal hale getirilmiş üçgen bulanık sayıların $[0,1]$ aralığında olmasını sağlar.

Kriterlerin farklı ağırlıkları ve önem düzeyleri göz önünde bulundurularak ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$V = [v_{ij}]_{m \times n}$ $i=1,2,\dots,m$, $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere ağırlıklı karar matrisi;

$$v_{ij} = r_{ij}(\cdot) w_j \quad (6)$$

formülüyle hesaplanır.

Ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisine

göre $\forall i,j$ için v_{ij} elemanları normalleştirilmiş pozitif üçgen bulanık sayıdır ve $[0,1]$ aralığında yer alırlar.

Bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^-) olmak üzere;

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$$

ile tanımlanır. Burada $v_j^* = (1,1,1)$ ve $v_j^- = (0,0,0)$ 'dir.

Her bir alternatifin A^* ve A^- 'den uzaklıkları sırasıyla

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^*), \quad i=1,2,\dots,m \quad (7)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad (8)$$

ile hesaplanır. Burada $d(\cdot)$ iki bulanık sayısı arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Her alternatif için negatif ve pozitif uzaklık değerleri kullanılarak yakınlık katsayısı;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (9)$$

formülüyle hesaplanır.

5. BULANIK TOPSIS YARDIMIYLA EN UYGUN KESME YÖNTEMİNE KARAR VERİLMESİ

Yöntemin uygulanması aşağıdaki işlemlerin sırayla uygulanması sonucu gerçekleştirilmektedir:

1. Uygulamada kullanılacak değişkenler belirlenir.

Bu adımda, seçimi yapılacak alternatifler ile bunların seçiminde kullanılacak kriterlerin değişken olarak atanması gerçekleştirilir.

Alternatif kesme yöntemleri matrisine ait değişkenleri:

A_i = (Patlayıcı kullanarak, Delme Çatlatma, Helezon Telleme, Elmas Telle, Kollu Kesicilerle, Kimyasal Yöntemler, Lazer Ultrason, Su Jeti, Alev Jeti)

Çoklu değerlendirme kriterleri matrisi değişkenleri:

c_i = (Çevreye Etkileri, Jeolojik Faktörler, Güvenlik, Birim Maliyet, Üretim Hızı, Verimlilik, Üretim Kalitesi, İşletme Sermayesi, İlk Yatırım, İşçilik, Hazırlık Çalışmaları, Kalifiye Eleman, Karmaşıklık, Topografik Faktörler, Yaygınlık)

Karar vericiler olarak yöntemin yatay, dikey ve diğer olmak üzere üç farklı uygulama durumu dikkate alınarak üç adet olarak belirlenmiştir.

2. Hiyerarşik yapı ağacı oluşturulur.

Yöntemin uygulanması sırasında kriterlerden seçime kadar olan hiyerarşik ilişkiler dikkate alınacaktır (Şekil-9).

3. Bu aşamada sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

- Kriterlerin önem düzeylerine göre en düşükten (ED) en yükseğe (EY) kadar dilsel değişkenler belirlenir. Burada kriterler ikili karşılaştırma ile göreceli olarak değerlemeye tabi tutulurlar (Bkz. Ek-1).
- Ağırlıklar matrisinde her kriterin üçlü bulanık sayılarla değerlendirilmesi (Bkz: Ek-2),
- Ağırlıklar matrisinde her kriterin bulanık ortalamasının alınması (Bkz. Ek-3),
- Karar vericilerin alternatifler için kriter bazında verdikleri önem düzeyleri çok kötüden (ÇK) çok iyiye kadar (Çİ) dilsel değişkenler olarak gösterilir. Burada alternatif yöntemler kriterlere göre göreceli olarak değerlemeye tabi tutulurlar. Karar vericilerin sayısı üçtür, bunlardan ilki, yatay kesmeyi, ikincisi dikey kesmeyi ve üçüncüsü ise diğer (açı ile kesme)

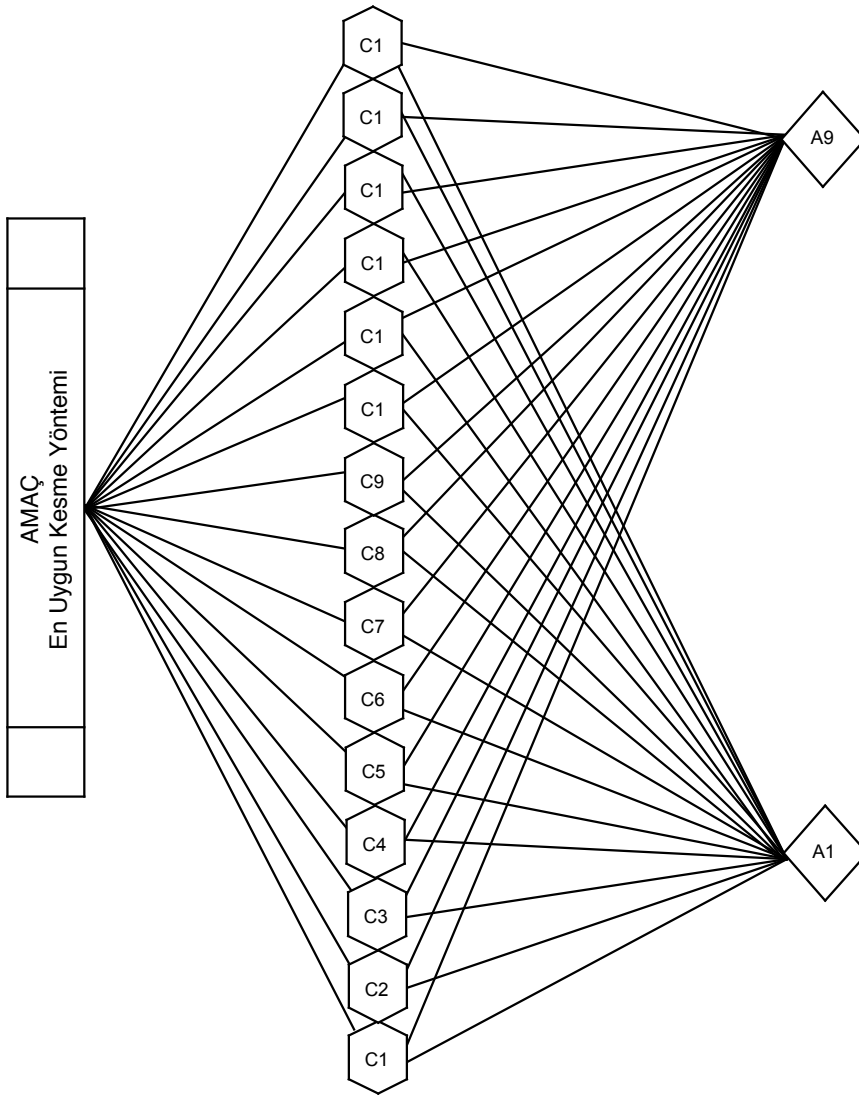
dikkate alarak değerlendirme yapmaktadır (Bkz. Ek-4),

- Karar vericilerin çoklu kriterleri dikkate alarak alternatif uygulamalar üzerindeki değerlendirmelerinin bulanık ortalamalarının alınması (Bkz. Ek-5),
- Normal ve ağırlıklı hale getirilmiş karar matrisinin belirlenmesi.

4. Negatif ve pozitif uzaklıklar kullanılarak tüm alternatiflerin uzaklıkları, yakınlık katsayıları, derece puanlaması ve sıralamasının bulunması.

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)] \quad \text{ve}$$

$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$ olmak üzere pozitif ve negatif ideal çözümler kullanılarak Çizelge-3 oluşturulmuştur.



Şekil 9. Hiyerarşik Yapı Ağacı

Çizelge 3. Alternatif Transfer Fiyatlama Yöntemlerinin Sıralama Tablosu

KESME YÖNTEMLERİ	d ⁺	d ⁻	İDEAL ÇÖZÜME GÖRECELİ YAKINLIK	PUAN%	SIRA
A ₁ : Patlayıcı kullanma	21.32	5.49	0.205	37.5%	5
A ₂ : Delme Çatlatma	19.46	7.54	0.279	51.2%	4
A ₃ : Helezon Tellekesme	22.67	4.04	0.151	27.7%	6
A ₄ : Elmas Tellekesme	14.20	13.03	0.479	87.7%	2
A ₅ : Kollu Kesicilerle	12.28	14.74	0.546	100.0%	1
A ₆ : Kimyasal Yöntemler	18.84	8.23	0.304	55.7%	3
A ₇ : Lazer Ultrason	24.48	1.91	0.072	13.3%	8
A ₈ : Su Jeti	23.63	2.84	0.107	19.7%	7
A ₉ : Alev Jeti	24.79	1.55	0.059	10.8%	9

Çizelge-3 çalışmanın ulaştığı en son sonuçları göstermekte olup; çizelgede pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklık değerleri, göreceli yakınlık katsayıları ve puanları ile bu puanlara göre alternatif kesme yöntemlerinin sıralaması yer almaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde ilk üç sırayı sırasıyla “Kollu Kesicilerle Kesme” (%100), “Elmas Telle Kesim” (%87,7) ve “Kimyasal Yöntemlerle Kesim”(%55,7) almaktadır. En düşük puanı “Alev Jeti ile Kesim” (%10,8) almıştır.

6. SONUÇ

Çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde son yıllarda sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan Bulanık TOPSIS yöntemi, birden fazla kriter ve karar karar vericiye dayalı değerlendirmelerde başarılı bir yöntemdir. Bunun yanında dilsel değişkenlerin kullanılabilmesi, nitel bir yöntem olmasına imkan vermektedir.

Sonuç olarak açık mermer ocağı kesme yöntemleri kriterler bazında değerlendirilerek önem düzeyine göre sıralandığında ilk sırayı “Kollu Kesicilerle Kesim” almakta, bunu “Elmas Telle Kesim” ve “Kimyasal Yöntemlerle Kesim” takip etmektedir. En kötü sonucu “Alev Jeti İle Kesim” almaktadır.

Yurt içindeki ve yurt dışındaki mermer ocakları incelendiğinde, blokların yan yüzlerinin (düşey) elmas telle kesildiği, alt yüzlerinin de (yatay) kollu kesicilerle kesildiği görülmektedir. Bu iki yöntemin birlikte kullanılmasının nedeni, işletmenin öteden beri uyguladığı elmas telle kesme yöntemine de devam etmesi, dolayısıyla elindeki donanımı kullanması ve pahalı olan kollu kesicinin daha ucuz olan kısa kollu versiyonunu satın alarak sadece daha dar alanlı ve zor olan alt kesim için kullanmasıdır.

Çalışmada sonuçların mantıklı çıkması ve yöntemin uygulama kolaylığı bu alanda benzer çalışmalar için öncelik ve zemin oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Anon, 2003; “Modern Marvels-Quarries.avi”, <http://www.history.com/classroom/classcal/descript.html#M>.

Chen Chen-Tung, Lin Ching-Torng, Huang Sue-Fn., 2005; “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, International Journal of Production Economies, 1-13.

Chen Chen-Tung., 2000; “Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment”, Fuzzy Sets and Systems, **114**, 1-9.

Chen Chen-Tung., 2001; “A Fuzzy Approach To Select The Location Of The Distribution Center”, Fuzzy Sets and Systems, **118**, 65-73.

Chen S.J., Hwang Ching-Lai., 1992; “Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications”, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Chu Ta-Chung. 2002; “Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decision, International Journal of Uncertainty”, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, **10**, 6, 687-701.

Eskikaya Ş., Karpuz C., Hindistan M. A., Tamzok N., (Editörler) 2005; “Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği”, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, **744**,517-612.

Janko W., Bernroider E., 2005; "Multi-Criteria Decision Making: An Application Study of ELECTRE and TOPSIS", www.ai.wu-wien.ac.at/~bernroider/lehre/seminare/ws04/A7-TOPSIS-0107503.pdf.

Karaca Z., 2001; "Mermer Madenciligi", Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 159.

Konuk, A., Önder S., 1999; "Maden Ekonomisi", Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 140.

Köse H., Aksöz H.İ., Kahraman B., 1997; "Maden İşletme Ekonomisi", Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 337.

Köse, H., Onargan T., 1997; "Mermer", Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 204.

Kulaksız S. (Editör), 2007; "Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri", TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, 624.

Negi, D.S., 1989; Fuzzy analysis and optimization, Ph.D. Thesis, Department of Industrial Engineering, Kansas State University..

Onargan T., Köse H., Deliormanlı A. H., 2005; "Mermer", TMMOB Maden Mühendisleri Odası Ankara, 324.

Opricovic, Sefarim and Tzeng, July 2004, Gwo-Hshiong, Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS European Journal of Operational Research, **156**, (2), 445-455.

Yazıcıoğlu O., Yalçınkaya S., 2003; "Endüstride Aşındırıcı Su Jeti Tasarımları", Mühendis ve Makina, Sayı 522.

Yeşilkaya L., 1996; "Mermer Madenciligi Ders Notları" (Yayınlanmamış), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 119.

EKLER

Çizelge Ek-1. Karar Vericilerin Kriterleri Dilsel Değişkenlerle Değerlendirme Matrisi

KRİTER	Çevresel Etkiler	Mühendislik Özellikleri	Ekonomik Etkiler
	KV ₁	KV ₂	KV ₃
c1 : Çevreye Etkileri	EY	ED	ED
c2 : Jeolojik Faktörler	EY	EY	EY
c3 : Güvenlik	EY	O	Y
c4 : Birim Maliyet	O	EY	EY
c5 : Üretim Hızı	Y	EY	EY
c6 : Verimlilik	Y	EY	EY
c7 : Üretim Kalitesi	Y	EY	Y
c8 : İşletme Sermayesi	OD	O	EY
c9 : İlik Yatırım	Y	O	EY
c10 : İşçilik	ED	O	O
c11 : Hazırlık Çalışmaları	ED	Y	Y
c12 : Kalifiye Eleman	ED	ED	OD
c13 : Karmaşıklık	EY	EY	O
c14 : Topografik Özellikler	EY	O	Y
c15 : Yaygınlık	ED	OD	ED

Çizelge Ek-2. Karar Vericilerin Kriter Değerleme Matrisinin Bulanık Üçlü Sayılara Dönüştürülmesi

KRİTERLER	KV ₁			KV ₂			KV ₃		
c1	0.90	1.00	1.00	0,00	0,00	0.10	0,00	0,00	0.10
c2	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	0.00	1.00
c3	0.90	1.00	1.00	0.30	0.50	0.70	0.70	0.90	1.00
c4	0.30	0.50	0.70	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00
c5	0.70	0.90	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00
c6	0.70	0.90	1.00	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00
c7	0.70	0.90	1.00	0.90	1.00	1.00	0.70	0.90	1.00
c8	0.10	0.30	0.50	0.30	0.50	0.70	0.90	1.00	1.00
c9	0.70	0.90	1.00	0.30	0.50	0.70	0.90	1.00	1.00
c10	0,00	0,00	0.10	0.30	0.50	0.70	0.30	0.50	0.70
c11	0,00	0,00	0.10	0.70	0.90	1.00	0.70	0.90	1.00
c12	0,00	0,00	0.10	0,00	0,00	0.10	0.10	0.30	0.50
c13	0.90	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.30	0.50	0.70
c14	0.90	1.00	1.00	0.30	0.50	0.70	0.70	0.90	1.00
c15	0,00	0,00	0.10	0.10	0.30	0.50	0,00	0,00	0.10

Çizelge Ek-3. Ağırlıklar Matrisi Fuzzy Ortalamaları Tablosu

KRİTERLER	AĞIRLIKLAR		
c1	0.30	0.33	0.40
c2	0.90	1.00	1.00
c3	0.63	0.80	0.90
c4	0.70	0.83	0.90
c5	0.83	0.97	1.00
c6	0.83	0.97	1.00
c7	0.77	0.93	1.00
c8	0.43	0.60	0.73
c9	0.63	0.80	0.90
c10	0.20	0.33	0.50
c11	0.47	0.60	0.70
c12	0.03	0.10	0.23
c13	0.70	0.83	0.90
c14	0.63	0.80	0.90
c15	0.03	0.10	0.23

Çizelge Ek-4. Karar Vericilerin Kriterlere Göre Alternatif Yöntemleri Dilsel Değişkenlerle Değerlendirme Matrisi

K1	KARAR VERİCİLER			K2	KARAR VERİCİLER			K3	KARAR VERİCİLER			K4	KARAR VERİCİLER		
	KV ₁ , Yalay	KV ₂ , Diney	KV ₃ , Diğer		KV ₁ , Yalay	KV ₂ , Diney	KV ₃ , Diğer		KV ₁ , Yalay	KV ₂ , Diney	KV ₃ , Diğer		KV ₁ , Yalay	KV ₂ , Diney	KV ₃ , Diğer
c1	A1	OK	K	A1	OK	O	K	A1	EK	EK	EK	A1	EK	K	EK
	A2	EK	OK	A2	OK	O	EK	A2	K	O	K	A2	EK	K	EK
	A3	O	O	A3	K	K	EK	A3	O	O	K	A3	EK	EK	OK
	A4	EI	EI	A4	O	O	EI	A4	OK	O	I	A4	EI	EI	I
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	O	K	A5	EI	EI	EI
	A6	EK	K	A6	OK	O	OK	A6	OK	O	K	A6	O	OK	K
	A7	EK	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	K	A8	EK	K	EK	A8	EK	K	EK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c5	A1	EK	OK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	I	EK
	A2	EK	K	A2	EK	OK	OK	A2	K	K	EK	A2	I	I	EK
	A3	OK	OK	A3	OK	O	EK	A3	O	I	OK	A3	OK	O	EK
	A4	O	EI	A4	I	EI	I	A4	O	EI	EK	A4	I	I	O
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EK	A5	EI	EI	EI
	A6	OK	O	A6	OK	O	EK	A6	K	O	EK	A6	K	K	EK
	A7	EK	K	A7	EK	O	K	A7	EK	OK	OK	A7	EK	K	EK
	A8	EK	K	A8	EK	O	OK	A8	EK	O	EK	A8	EK	OK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	OK	K	A9	EK	K	EK	A9	EK	K	EK
c9	A1	O	I	A1	EK	K	EK	A1	EK	OK	EK	A1	EK	K	EK
	A2	I	EI	A2	EK	K	EK	A2	EK	OK	OK	A2	K	OK	EK
	A3	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK
	A4	OK	OK	A4	I	EI	O	A4	K	EI	O	A4	O	I	OK
	A5	K	K	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	O
	A6	I	EI	A6	I	I	I	A6	K	K	OK	A6	O	I	OK
	A7	EK	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	K	A8	EK	K	K	A8	EK	K	OK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c13	A1	O	I	A1	O	EI	EI	A1	O	EI	OK	A1	OK	OK	EK
	A2	O	EI	A2	O	EI	EI	A2	OK	O	O	A2	OK	O	O
	A3	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK
	A4	OK	I	A4	OK	I	O	A4	EI	EI	EI	A4	EI	EI	EI
	A5	EI	EI	A5	O	O	O	A5	I	I	I	A5	I	I	I
	A6	O	EI	A6	O	EI	EI	A6	EK	EK	EK	A6	EK	EK	EK
	A7	EK	K	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	O	A8	EK	O	EK	A8	EK	EK	EK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	OK	A9	EK	OK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c3	A1	OK	O	A1	OK	O	K	A1	EK	EK	EK	A1	EK	EK	EK
	A2	EK	K	A2	OK	K	OK	A2	K	O	K	A2	K	O	K
	A3	O	O	A3	K	O	EK	A3	O	O	K	A3	O	O	K
	A4	EI	EI	A4	O	O	EI	A4	OK	O	I	A4	EI	EI	I
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	O	K	A5	EI	EI	EI
	A6	EK	K	A6	OK	O	OK	A6	OK	O	K	A6	O	OK	K
	A7	EK	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	K	A8	EK	K	EK	A8	EK	K	EK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c7	A1	EK	OK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	I	EK
	A2	EK	K	A2	EK	OK	OK	A2	K	K	EK	A2	I	I	EK
	A3	OK	OK	A3	OK	O	EK	A3	O	I	OK	A3	OK	O	EK
	A4	O	EI	A4	I	EI	I	A4	O	EI	EK	A4	I	I	O
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EK	A5	EI	EI	EI
	A6	OK	O	A6	OK	O	EK	A6	K	O	EK	A6	K	K	EK
	A7	EK	K	A7	EK	O	K	A7	EK	OK	OK	A7	EK	K	EK
	A8	EK	K	A8	EK	O	OK	A8	EK	O	EK	A8	EK	OK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	OK	K	A9	EK	K	EK	A9	EK	K	EK
c11	A1	EK	K	A1	EK	K	EK	A1	EK	OK	EK	A1	EK	K	EK
	A2	EK	K	A2	EK	K	EK	A2	EK	OK	OK	A2	K	OK	EK
	A3	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK
	A4	I	EI	A4	I	EI	O	A4	K	EI	O	A4	O	I	OK
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	O
	A6	I	I	A6	I	I	I	A6	K	K	OK	A6	O	I	OK
	A7	EK	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	K	A8	EK	K	K	A8	EK	K	OK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c15	A1	O	EI	A1	O	EI	EI	A1	I	OK	OK	A1	OK	OK	EK
	A2	O	EI	A2	O	EI	EI	A2	OK	O	O	A2	OK	O	O
	A3	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK
	A4	OK	I	A4	OK	I	O	A4	EI	EI	EI	A4	EI	EI	EI
	A5	EI	EI	A5	O	O	O	A5	I	I	I	A5	I	I	I
	A6	O	EI	A6	O	EI	EI	A6	EK	EK	EK	A6	EK	EK	EK
	A7	EK	K	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	O	A8	EK	O	EK	A8	EK	EK	EK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK
c8	A1	EK	OK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	EK	EK	A1	EK	I	EK
	A2	EK	K	A2	EK	OK	OK	A2	K	K	EK	A2	I	I	EK
	A3	OK	OK	A3	OK	O	EK	A3	O	I	OK	A3	OK	O	EK
	A4	O	EI	A4	I	EI	I	A4	O	EI	EK	A4	I	I	O
	A5	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EK	A5	EI	EI	EI
	A6	OK	O	A6	OK	O	EK	A6	K	O	EK	A6	K	K	EK
	A7	EK	K	A7	EK	O	K	A7	EK	OK	OK	A7	EK	K	EK
	A8	EK	K	A8	EK	O	OK	A8	EK	O	EK	A8	EK	OK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	OK	K	A9	EK	K	EK	A9	EK	K	EK
c12	A1	O	I	A1	EK	K	EK	A1	EK	OK	EK	A1	EK	K	EK
	A2	I	EI	A2	EK	K	EK	A2	EK	OK	OK	A2	K	OK	EK
	A3	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK	A3	EK	EK	EK
	A4	OK	OK	A4	I	EI	O	A4	K	EI	O	A4	O	I	OK
	A5	K	K	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	EI	A5	EI	EI	O
	A6	I	EI	A6	I	I	I	A6	K	K	OK	A6	O	I	OK
	A7	EK	EK	A7	EK	EK	EK	A7	EK	K	EK	A7	EK	EK	EK
	A8	EK	K	A8	EK	K	K	A8	EK	K	OK	A8	EK	EK	EK
	A9	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK	A9	EK	EK	EK

Çizelge Ek-5. Karar Vericilerin Alternatif Değerlendirme Matrisinin Fuzzy Üçlü Say Sistemine Dönüştürülmesi.

KRİTER	KARAR VERİCİLER			KRİTER	KARAR VERİCİLER			KRİTER	KARAR VERİCİLER			KRİTER	KARAR VERİCİLER													
	KV ₁	KV ₂	KV ₃		KV ₁	KV ₂	KV ₃		KV ₁	KV ₂	KV ₃		KV ₁	KV ₂	KV ₃											
Çerçeve Etkisi	A1	1	3	5	0	1	3	0	1	3	A1	0	0	1	0	0	1	A1	0	0	1	0	0	1		
	A2	0	0	1	1	3	5	1	3	5	A2	0	1	3	5	7	0	1	3	0	0	1	0	1	3	
	A3	3	5	7	3	5	7	3	5	7	A3	0	1	3	0	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0
	A4	9	10	10	9	10	10	5	7	9	A4	1	3	5	7	9	7	9	10	A4	9	10	10	9	10	10
	A5	9	10	10	9	10	10	9	10	10	A5	9	10	10	9	10	10	9	10	A5	9	10	10	9	10	10
	A6	0	0	1	0	1	3	0	0	1	A6	1	3	5	7	9	0	1	3	A6	3	5	7	1	3	5
	A7	0	0	0	0	1	0	0	1	3	A7	0	0	0	0	1	0	1	3	A7	0	0	0	0	0	1
	A8	0	0	0	0	1	3	0	1	3	A8	0	0	0	0	1	3	0	0	A8	0	0	0	0	0	1
	A9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	A9	0	0	0	0	1	0	0	1	A9	0	0	0	0	0	1
Üretim Hızı	A1	0	0	1	1	3	5	0	0	1	A1	0	0	1	0	0	1	0	0	A1	7	9	10	7	9	10
	A2	0	0	1	0	1	3	0	0	1	A2	0	1	3	0	1	3	0	0	A2	7	9	10	7	9	10
	A3	1	3	5	1	3	5	0	0	1	A3	5	7	9	7	9	10	0	0	A3	1	3	5	1	3	5
	A4	5	7	9	9	10	10	7	9	10	A4	7	9	10	9	10	10	0	0	A4	7	9	10	7	9	10
	A5	9	10	10	9	10	10	9	10	10	A5	9	10	10	9	10	10	0	0	A5	9	10	10	9	10	10
	A6	1	3	5	3	5	7	0	0	1	A6	0	1	3	5	7	0	0	0	A6	0	1	3	0	1	3
	A7	0	0	0	0	1	3	0	0	1	A7	0	0	0	1	3	5	0	0	A7	0	0	0	1	3	0
	A8	0	0	0	0	1	3	0	1	3	A8	0	0	0	3	5	7	9	0	A8	0	0	0	1	3	5
	A9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	A9	0	0	0	0	0	1	0	0	A9	0	0	0	0	1	3
İk Yatırım	A1	5	7	9	5	7	9	5	7	9	A1	0	0	1	1	3	5	0	0	1	A1	0	0	1	0	0
	A2	7	9	10	9	10	10	7	9	10	A2	0	0	1	1	3	5	0	1	3	A2	0	1	3	1	3
	A3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A3	0	0	1	0	0
	A4	1	3	5	1	3	5	5	7	9	A4	7	9	10	9	10	10	3	5	7	A4	3	5	7	7	9
	A5	0	1	3	0	1	3	3	5	7	A5	9	10	10	9	10	10	9	10	10	A5	9	10	10	9	10
	A6	7	9	10	9	10	10	7	9	10	A6	7	9	10	7	9	10	7	9	10	A6	3	5	7	7	9
	A7	0	0	0	0	1	0	0	1	3	A7	0	0	0	0	1	0	0	1	A7	0	0	0	0	1	
	A8	0	0	0	0	1	3	0	1	3	A8	0	0	0	0	1	3	5	0	0	A8	0	0	0	0	1
	A9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	A9	0	0	0	0	0	1	0	0	A9	0	0	0	0	1	
Kamusalık	A1	3	5	7	9	10	0	0	1	A1	5	7	9	9	10	10	9	10	10	A1	7	9	10	1	3	5
	A2	5	7	9	9	10	10	7	9	10	A2	5	7	9	9	10	10	9	10	A2	1	3	5	7	9	
	A3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A3	0	0	1	0	0
	A4	1	3	5	7	9	10	5	7	9	A4	5	7	9	7	9	10	3	5	7	A4	9	10	10	9	10
	A5	9	10	10	9	10	10	5	7	9	A5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	A5	7	9	10	7	9
	A6	5	7	9	9	10	10	3	5	7	A6	5	7	9	9	10	10	9	10	10	A6	0	0	1	0	0
	A7	0	0	0	0	1	3	0	0	1	A7	0	0	0	9	10	10	0	0	1	A7	0	0	0	0	1
	A8	0	0	0	0	1	3	0	0	1	A8	0	0	0	9	10	10	0	0	1	A8	0	0	0	0	1
	A9	0	0	0	0	1	3	5	0	0	1	A9	0	0	0	9	10	10	0	0	1	A9	0	0	0	0