



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



# Mermer blokların AHP destekli TOPSIS ve GİA yöntemleri ile sınıflandırılması

## *Classification of marble blocks using AHP assisted TOPSIS and GRA methods*

Yazar(lar) (Author(s)): Metin ERSOY

ORCID: 0000-0001-7997-6847

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Ersoy M., “Mermer blokların AHP destekli TOPSIS ve GİA yöntemleri ile sınıflandırılması”, *Politeknik Dergisi*, 22(2): 303-317, (2019).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.428979

# Mermer Blokların AHP Destekli TOPSIS ve GİA Yöntemleri ile Sınıflandırılması

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Metin ERSOY\***

Afyon Meslek Yüksekokulu, Motorlu Arç. ve Ulaş. Böl. Raylı Sist. Yol Tekn. Prg., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye  
(Geliş/Received : 19.12.2017 ; Kabul/Accepted : 20.05.2018)

## ÖZ

Bu çalışmada, plaka ve levha olarak kesilen mermer blokların, çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS ve GİA yöntemleri kullanılarak sınıflandırılması yapılmıştır. Bu amaçla ilk aşamada, aynı kökene sahip ancak farklı yapısal özellik, şekil ve boyutta 20 adet blok incelenmiştir. İkinci aşamada mermer bloklar, dairesel testere ile plakalara ayrılmış ve kesim süreci boyunca üretimle ilgili veriler not edilmiştir. Elde edilen veriler, mermer blokların sınıflandırılmasında; blok büyüklüğü, süreksizlik sıklığı, düzgünlük, üretim oranı, paledyen oranı ve pasa oranı olmak üzere toplam 6 kriter olduğunu göstermiştir. Belirlenen kriterlerin önem dereceleri, AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Son olarak blokların iyiden kötüye doğru sıralamaları, TOPSIS ve GİA yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar, TOPSIS ve GİA sonuçları blok büyüklüğü arasında artan doğrusal ilişkiyi gösterirken, süreksizlik sıklığı arasında ise azalan yönde doğrusal ilişkiyi göstermiştir. Öte yandan, bazı bloklar için önem sırasının uygulanan yöntemlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, sınıflandırma problemlerinin çözümünde sadece ÇKKV yöntemleri yerine problemin farklı yöntemlerle de çözümlenerek sonuçların değerlendirilmesi önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Mermer, çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS, GİA.

## Classification of Marble Blocks Using AHP Assisted TOPSIS and GRA Methods

### ABSTRACT

In this paper, marble blocks which are cut as slabs or stripes were classified by multi criteria decision methods, TOPSIS and GRA. For this purpose, at the first stage 20 marble blocks from same basin examined their structural features i.e. cracks, fissures, gaps, sizes etc. At the second stage they were cut by circular saw blade machine as stripes. The cutting operations data showed that there are 6 parameters to classify the blocks such as block sizes, discontinuities, block shapes, production, paledyen and waste ratios. Weighting of the criteria were described by AHP. Finally, the blocks ranking was determined by TOPSIS and GIA methods.

Results, when TOPSIS and GRA results showed increasing linear relationship with the block sizes decreasing linear relationship with the discontinuity frequencies. On the other hand, it has been determined that order of importance for some blocks differs according to the methods. For this reason, it was recommended that solving and evaluating the classification problems by different methods instead of using only MCDM methods.

**Keywords:** Marble, multi criteria decision, AHP, TOPSIS, GRA.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğaltaşlar, süs eşyalarından inşaatlarda döşeme, kaplama ve mutfak tezgahlarına kadar geniş yelpazede kullanım alanı bulan doğal malzemelerdir. Oluşumlarına göre kayalar; magmatik, sedimanter ve metamorfik olmak üzere üç ana grupta değerlendirilir. Ticari olarak, renk ve desen bakımından tercih edilebilir olan ve sahadan yeterli büyüklükte blok elde edilebilen her türlü kayaç, mermer tanımı içinde ele alınmaktadır. Doğaltaşlar, oluşum koşullarından (sıcaklık, basınç, kimyasal etkiler, tektonik hareketler vb.), türlerinin farklılığından dolayı renk, desen, kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından farklıdır. Bu farklılıklar kullanım alanı bakımından da belirleyici unsurlardır.

Doğaltaşların üretimi, büyük kütlelerin kesilmesi gerekliliğinden dolayı tehlikeli ve zor bir süreçtir. Ocakta, formasyonun durumuna göre yaklaşık 10x8x3 m. boyutlarındaki kütleler ana kayadan kesilerek alınır. Bu işleme dağ kesme adı verilir ve delme-çatlatma, elmas tel kesme, kollu kesici ile kesme gibi yöntemler uygulanır. Dağ kesme sırasında kütle zaman zaman parçalanır. Bu parçalardan nispeten büyük ve belli bir geometrik şekle sahip olmayanlar moloz olarak adlandırılır. Daha büyük olan diğer parçalar, gerek taşınabilmesi için gerekse fabrikalardaki blok kesici makinalarda işlenebilir hale getirilebilmesi için boyutlandırılır. Bu boyuttaki parçalara blok adı verilir ve yaklaşık 2.5x2.0x1.5 m. boyutlarında dikdörtgen prizma şekillendirilir.

Kamyonlarla fabrikaya getirilen bloklar dairesel testere (ST), lamalı (katrak) veya telli (multitel) blok kesme

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : metinersoy@aku.edu.tr, metinersoy@yandex.com

makinalarında dilimlenerek levha ve plakalara ayrılır. Levhaların kalınlıkları 2-3 cm arasında değişir; diğer boyutları blok uzunluğu ve genişliği kadardır. Plakalar ise; 2-4 cm kalınlığında, 30, 40 ve 60 cm eninde ve boyu blok uzunluğu kadar olacak şekilde dilimlenir. Sonra levha ve plakalar kullanılacağı yere göre ebatlama, yüzey işleme (parlatma, çekiçleme, ateşle yakma vs.), kenar işleme (pah, perdah vs.), seçme (kalite kontrol) ve ambalajlama gibi aşamalardan geçerek satışa sunulur.

Doğaltaş bloklarının sahadan kesilip piyasaya sunulmasına kadar olan aşamalarda, üretilen malzemenin büyük bir bölümü toz ve parça taş şeklinde kullanılmaz hale gelir ve atığa çıkar. Bir bloktan elde edilebilecek kullanılabilir ürün miktarı o bloğun verimi olarak tanımlanır. Üretim kayıplarının çoğu, ocak kayıpları dışında blok kesme aşamasında gerçekleşir. Örneğin sadece kesme yüzeyindeki kayıp, kesici eleman (elmas soket) kalınlığı ile kesilen yüzey alanının çarpımı kadardır. Bu değer 1 cm kalınlık için %50, 2 cm kalınlık için %30, 3 cm kalınlık için %25 den daha büyük değerlerdir. Bir başka kayıp, bloğun makinaya yerleştirilmeden önce düzgün geometrik bir şekle (dikdörtgen prizma) getirilmesi sırasında (sayalama) ortaya çıkar. Blok ne kadar şekilsiz ise (dikdörtgene benzemez ise) kayıplar da o kadar fazla olur. Blok kesici makinada da kesim sırasında da üç farklı aşamada kayıplarla karşılaşılır. Bunlardan birincisi bloğun üst yüzeyinin düzleştirilmesi (tarama) işlemidir. Tarama, istenen ölçülerin sağlanabilmesi için gereklidir. İkinci kayıp ön ve arka yüzeylerden kaynaklanır. Bloğun ilk ve son yüzeylerinin tesviyesi düzgün olmadığı için kullanılamaz. Üçüncü önemli kayıp, bloğun en alt kısmıdır. Blok, kesildikçe hafifler ve blok kesme makinasının oluşturduğu gerilmelere karşı koyamaz hale gelir, oturduğu vagon üzerinde kayar. Bunun sonucunda iş kazaları meydana gelebileceğinden dolayı, en alt kısımda 10-15 cm lik bölüm kesilmeden bırakılır (kapak). Blok kesiciden alınan levha ve plakaların kenarları düz olmaz. Ebatlama ve yüzey işleme aşamasına geçilmeden önce bu kenar kısımlar, baş kesme, yan kesme ve köprülü kesme adı verilen makinelerle düzeltilir. Bunun sonucunda, kırık parçalar ve paledyen adı verilen, sınırlı kullanım imkânı olan, genellikle üçgen şekilli parçalar oluşur. Kısaca, kayıp oranının bu kadar fazla olduğu bir üretim sürecinde; kapasiteyi artırarak üretim miktarının artırılması yerine kayıpların azaltılarak verimin artırılması daha yararlı olacaktır.

Bir bloktan üretilen levha ve plaka miktarının tahmin edilebilmesi için öncelikle, blok büyüklüğü, bloğun geometrik şekli (düzgünlük) ve blok üzerindeki süreksizlikler (kırık, çatlak, tabaka düzlemi vb.) gibi parametrelerin bilinmesi gerekir. Bu parametreler tür, homojenlik, renk ve desenle ilgili unsurlarla birlikte bloğun satış fiyatını belirleyen faktörlerdir. Başka bir ifadeyle; büyük, çatlaksız ve düzgün bloklar, diğer özellikleri sabit olmak koşuluyla, daha değerlidir.

Fabrikada işlenecek blokların satın alınması ya da üretim programının hazırlanmasında, aday blokların sınıflandırılması gerekir. Sınıflandırma, elde edilecek levha ve plakaların miktarını da etkileyeceği için çok önemlidir. Bu

yüzden bloğun sınıflandırılmasında bilimsel yöntemlerin kullanılması gerekir. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV), sayısal veya sözel ifadelerin kullanılabilirdiği, en az üç kriterle göre değişken alternatifler arasından karar verici için en uygun olanın belirlenmesinde başarı ile uygulanan, matematiksel yöntemlerdir. 1960'lı yıllardan günümüze kadar çok çeşitli ÇKKV yöntemi; istatistiksel analizler, performans analizleri, iş sağlığı ve güvenliği analizleri, proje yönetimi, optimizasyon problemlerinin çözümü gibi önemli konularda karar vermede kullanılmaktadır [1]. ÇKKV yöntemlerinden en yaygın olanları;

- AHP (Analytic Hierarchy Process),
- TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution),
- GIA (Grey relation analysis)
- ANP (Analitik Network Process),
- SAW (Simple Additive Weighting)
- ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Realite),
- DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method),
- VIKOR (Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve
- MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis), MULTI MOORA

şeklinde sıralanabilir. Ayrıca, bunların ve listede yer almayan diğer yöntemlerin bulanık mantık (Fuzzy sets) kuralları çerçevesinde düzenlenmiş çeşitleri de kullanılmaktadır.

Literatürde farklı alanlardaki araştırmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır. Örneğin; Yiğit ve Gök'ün [2] GIA ve TOPSIS; Tripathy'nin [3] Taguchi, TOPSIS ve GIA; Arıbaş ve Özcan'ın [4] AHP ve TOPSIS; Karaatlı vd. nin [1] SAW, TOPSIS ve GIA; Güneysu vd. nin [5] AHS ve GIA; Bektaş ve Tuna'nın [6] GIA; Muralidhar vd. nin [7] GIA ve TOPSIS; Kou vd. nin [8] TOPSIS, ELECTRE III, GIA, VIKOR, ve PROMETHEE II; Şahin ve Akyer'in [9] AHS ve TOPSIS ve Dai vd. nin [10] GIA ve TOPSIS yöntemlerini kullandıkları görülmektedir.

Doğaltaşlar konusunda farklı çalışmalarda ise; Ersoy ve Yeşilkaya'nın [11] AHP; Eleren ve Ersoy'un [12] Bulanık TOPSIS; Gökçe ve Sonugür'ün [13] ve Caner ve Akarslan'ın [14] ANFIS ve YSA; Güvenç vd. in [15] ve Ekinçioğlu vd. nin [16] YSA; Aras ve Gencer'in [17] ve Oruç vd. nin [18] VZA (Veri Zarflama Analizi); Akkoyun ve Toprak'ın [19] ve Yalçın vd. nin [20] Bulanık mantık yöntemlerini kullandıkları görülmektedir.

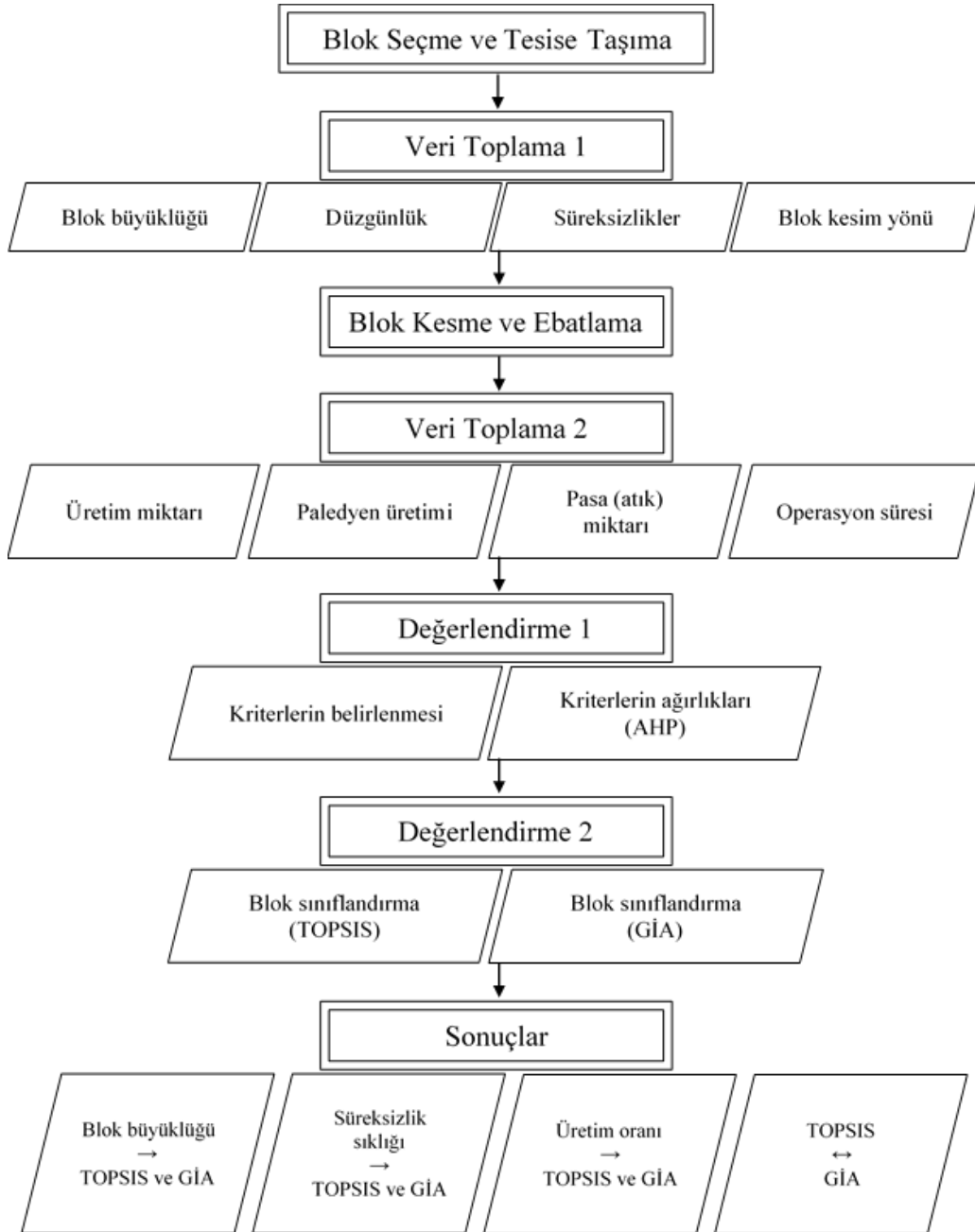
Çeşitli problemin çözümünde tek veya birden fazla ÇKKV yönteminin kullanıldığı çok sayıda yayın bulunmasına rağmen mermer bloklarının sınıflandırılmasına yönelik ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma kapsamında mermer blokları AHP, TOPSIS ve GIA yöntemleri ile sınıflandırılmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma; mermer blokların seçimi, tesise getirilmesi ve kesme faaliyetleri sırasında elde edilen verilerin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilerek blokların kalitelerine göre sıralanması olarak özetlenebilir. Çalışmanın aşamaları Şekil 1'de akım şeması halinde verilmiştir.

kriptokristalin kalsitten oluşmuş pellet, değişik tane boylarına sahip kriptokristalin kalsitten oluşmuş intraklast içermektedir. Kayaçtaki bütün çatlaklar mikromezokristalin kalsit dolguludur.

Örneklerin seçiminde, ağırlığı 10 ton altı ve üzeri olmak üzere iki ayrı büyüklük belirlenmiş ve küçük olanlar N.1-N.10 arasında kenarları düzgün ve büyük olanlar ise

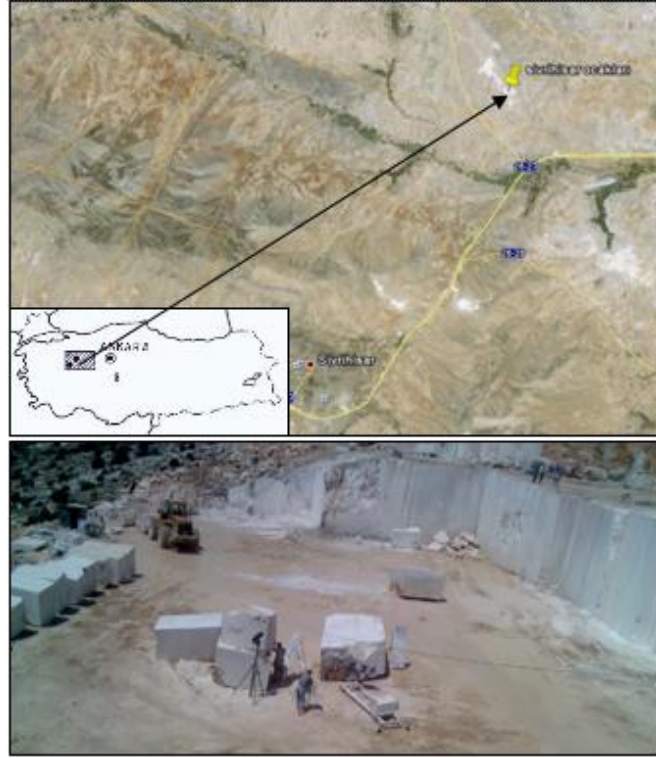


Şekil 1. Çalışmanın aşamaları (The steps of study)

### 2.1. Analitik Çalışmalar (Analytical Studies)

Çalışmada kullanılan örnekler, *Sivrihisar bej* ticari adıyla bilinen ve Eskişehir ili Babadat köyü kuzeybatı istikametindeki mermer ocaklarında üretilen kireçtaşı türü mermer bloklardır (Şekil 2). Seçilen örnekler, kriptokristalin kalsit kristalleri, mikrofossil kavkı izleri,

N.11-N.20 arasında numaralandırılmıştır. Kesim işleminde, dört kolonlu dairesel testerele bir blok kesici kullanılmıştır. Örneklere ait bazı özellikler Çizelge 1'de ve blok kesme makinası özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** Ocakların konumu ve görünümü (Location of the quarries and a view of the area)

**Çizelge 1.** Kesilen blokların bazı özellikleri (Some specifications of blocks)

Blokların bazı özellikleri*	
Sertlik (Mohs)	≈4,5
Birim hacim ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2690
Özgül ağırlığı (kg/cm <sup>3</sup> )	2700
Atmosfer basıncına su emme (%)	0,2 – 0,4
Kaynar suda su emme (%)	0,3 – 0,7
Porozite (%)	0,4
Basınç direnci (MPa)	114
Don sonrası basınç direnci (MPa)	98
Darbe direnci (kgf. cm/cm <sup>3</sup> )	20
Eğilme direnci (MPa)	12,2
Elastisite modülü (kgf/cm <sup>2</sup> )	78,52x10 <sup>4</sup>
Doluluk oranı (%)	99,6
Gözeneklilik derecesi (%)	0,4
Aşınma direnci (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	15,8
Çekme direnci (MPa)	79,54
SiO <sub>2</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -CaO-MgO (%)	0,8-0,1-54,2-0,6

\* Firma verileri

**Çizelge 2.** Kesme makinasının bazı özellikleri (Some specifications of block cutter machine)

Blok kesme makinasının bazı özellikleri*	
Dikey testere çapı (mm)	1000-1750
Yatay testere çapı (mm)	450-650
Dikey-Yatay testere motor güçleri (kw)	110-15
Dikey-Yatay testere devirleri (dev/dk)	1500-3000
Dikey testere soket kalınlığı (mm)	8
Kiriş Hareketi motor gücü (kw)	1,1
Kesici araba motor gücü (kw)	2,2
Köprü (aşağı-yukarı) motor gücü (kw)	2,2
Vagon motor gücü (kw)	1,5
Max. Blok ebatları (mm)	3500x2400x2200
Max. Su ihtiyacı (lt/dk.)	112
Toplam elektrik gücü (kw)	130
Makine ağırlığı (kg)	15000

\* Firma verileri

Kesme tesisine getirilen 20 adet blok, gözlem ve incelemeler için kayıt altına alınmıştır. Seçilen blokların büyüklüğü, taşıyıcı kamyonların kantar ağırlıklarından hesaplanmıştır. Sonra tüm örnekler için kesme parametreleri (kesim yönü, derinliği, hızı, testere devri vs.) belirlenmiş ve kesim sonunda elde edilecek ebat ve şekilleri tasarlanarak, hammaddenin piyasaya uygunluğu belirlenmiştir. Daha sonra hazırlanan kesim planı doğrultusunda dilimlenerek 2x30x∞ cm ebatlı plakalar elde edilmiştir. Bu sırada, her bir örnek için harcanan zaman, elde edilen ürün ve ortaya çıkan pasa miktarı not edilmiştir.

Alınan veriler ışığında, üretim (satılabilir), paledyen (değersiz ikinci kalite ürün) ve pasa (atık) oranları değerlendirilmiştir.

## 2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (Multi Criteria Decision Making Methods)

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP, blok veriminde etkin kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılırken blokların sınıflandırılmasında TOPSIS ve GİA yöntemleri kullanılmıştır.

**AHP yöntemi;** Thomas L. Saaty [21, 22, 23] tarafından önerilen bir ÇKKV yöntemi olup karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını dikkate alan bir ÇKKV yöntemidir. Uygulama kısaca;

- Hiyerarşik yapının oluşturulması,
- Önceliklerin belirlenmesi,
- İkili karşılaştırma matrisi ve çözümü,
- Öncelik vektörünün oluşturulması,

• Tutarlılık oranının hesaplanması ve  
 • Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması

aşamalarından oluşur. AHP yönteminde kullanılan bağıntılar Çizelge 3’de verilmiştir

• Kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesi ve karar matrisinin ağırlıklandırılması,  
 • Pozitif ideal ve negatif ideal kümelerin oluşturulması,  
 • Ayrım ölçütlerini hesaplanması,

**Çizelge 3.** AHP eşitlikleri (AHP equations)

No	Hesaplama	Eşitlik No
1	İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması $A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_n \\ \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_n & \dots & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \{n: \text{Faktör sayısı}; a_{ij} \in (1 - 9), 1: \text{Eşit önem}, 5: \text{Çok önemli}, 9: \text{Mutlak üstün}\}$	(1)
2	Öncelik vektörünün oluşturulması $c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}} \rightarrow C_i = \begin{bmatrix} c_{i1} \\ \vdots \\ c_{in} \end{bmatrix}$	(2)
3	Öncelik vektörlerinin birleştirilmesi ve ağırlıkların hesaplanması $C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \rightarrow w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \rightarrow W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$	(3)
4	Tutarlılığın hesaplanması $D = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_n \\ \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_n & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \rightarrow D = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}$	(4)
5	$E_i = \frac{d_i}{w_i} \rightarrow \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \rightarrow CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \rightarrow \{E: \text{Temel değer}; \lambda: \text{Max temel değer}; CI: \text{Tutarlılık göstergesi}\}$	(5)
	$CR = \frac{CI}{RI} \rightarrow \{RI: \text{Random gösterge}; \text{Tutarlılık oranı } CR < \%10 \text{ olmalı}\}$	(6)
6	Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması $S = \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix} \rightarrow K = \begin{bmatrix} s_{11} & \dots & s_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{m1} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \rightarrow \{S: \text{Alternatiflerin sütun vektörü}; K: \text{Karar matrisi}\}$	(7)
	$L = \begin{bmatrix} s_{11} & \dots & s_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{m1} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \rightarrow L = \begin{bmatrix} L_{11} \\ \vdots \\ L_{m1} \end{bmatrix} \rightarrow \{L: \text{Karar nok. \% dağ.}; \sum L_i = 1, L_{\max} = \text{En iyi alternatif}\}$	(8)

**TOPSIS yöntemi;** Hwang ve Yoon [24] referans alınarak geliştirilmiş, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme olabildiğince yakın ve negatif ideal çözüme de uzak olması mantığını temel alan bir ÇKKV yöntemidir. Uygulama kısaca;

• İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması ve  
 • Alternatiflerin sıralanması

aşamalarından oluşur. TOPSIS yönteminde kullanılan bağıntılar Çizelge 4’de verilmiştir.

- Karar matrisinin oluşturulması,

**Çizelge 4.** TOPSIS Eşitlikleri (TOPSIS Equations)

No	Hesaplama	Eşitlik No
1	Karar matrisinin oluşturulması $\begin{bmatrix} x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \{i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; n: \text{Kriter sayısı}; m: \text{Alternatif sayısı}\}$	(9)
2	Karar matrisinin normalize edilmesi $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}$	(10)
3	Karar matrisinin ağırlıklandırılması $v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \{ \sum w_j = 1 \}$	(11)
4	Pozitif ideal ve negatif ideal kümelerin oluşturulması $A^+ = \{(\max v_{ij}   j \in J); (\min v_{ij}   j \in J')\} A^+ = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ $A^- = \{(\min v_{ij}   j \in J); (\max v_{ij}   j \in J')\} A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ $\{J: \text{Fayda}; J': \text{Kayıp}\}$	(12)
5	Ayrım ölçütlerini hesaplanması $s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \leftrightarrow s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$	(13)
6	İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması $c_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \{0 \leq c_i^* \leq 1; c_{\max}^* = \text{En iyi alternatif}\}$	(14)

**GİA yöntemi;** ilk defa 1982 yılında Julong Deng [25, 26, 27] tarafından ortaya atılmış olup gri teori, gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri tahmin ve gri karar verme gibi alt başlıklar altında, istatistiksel analizlerden proje yönetimine kadar birçok önemli konuda karar vermede kullanılmaktadır [28]. Uygulama kısaca;

- Karar matrisinin ve referans serinin oluşturulması,
- Verilerin normalize edilmesi,
- Mutlak değer tablosu oluşturulması (Uzaklık matrisi),
- Gri ilişkisel katsayıların hesaplanması,
- Gri ilişkisel derecelerin hesaplanması,
- Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve gri ilişkisel derecelerin güncellenmesi

aşamalarından oluşur. GİA yönteminde kullanılan bağıntılar Çizelge 5’de verilmiştir.

**Çizelge 5. GİA Eşitlikleri (GRA Equations)**

No	Hesaplama	Eşitlik No
1	Karar matrisinin ve referans serinin oluşturulması $\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \{i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; n: \text{Kriter sayısı}; m: \text{Alternatif sayısı}\}$ $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ {Referans seri; $x_{\max}$ : maksimum daha iyi; $x_{\min}$ : minimum daha iyi; $x^*$ : optimum daha iyi}	(15)
2	Karar matrisinin normalize edilmesi (gri ilişkisel oluşum) $r_0 = (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n}) \{ \text{Normalize edilmiş referans seri}; r_0 = 1 \}$ $r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \{ \text{maksimum daha iyi durumu} \}$ $r_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \{ \text{minimum daha iyi durumu} \}$ $r_{ij} = 1 - \frac{ x_{ij} - x_j^* }{\max x_{ij} - x_j^*, x_j^* - \min x_{ij}} \{ \text{optimum daha iyi durumu}; \max x_j < x_j^* < \min x_j \}$	(16)
3	Uzaklık matrisinin oluşturulması $\Delta_{ij} =  r_{0j} - r_{ij}  \Delta_{\max} = \max \Delta_{ij} \Delta_{\min} = \min \Delta_{ij}$	(17)
4	Gri ilişkisel katsayıların hesaplanması $\epsilon(r_{0j}, r_{ij}) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{ij} + \xi \Delta_{\max}} \{ \xi \in (0 - 1) \}$	(18)
5	Gri ilişkisel derecelerin hesaplanması $\gamma(r_{0j}, r_{ij}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \epsilon(r_{0j}, r_{ij}) \{ 0 \leq \gamma \leq 1 \}$	(19)
6	Ağırlıklı gri ilişkisel derecelerin hesaplanması $\gamma^*(r_{0j}, r_{ij}) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \epsilon(r_{0j}, r_{ij}) \{ \sum w_j = 1; 0 \leq \gamma^* \leq 1 \}$	(20)
3	<b>BULGULAR (RESULTS)</b>	
3.1.	<b>Blok Kesme Gözlem Sonuçları (Block Cutting Observation Results)</b>	

### 3. BULGULAR (RESULTS)

#### 3.1. Blok Kesme Gözlem Sonuçları (Block Cutting Observation Results)

Mermer blok üretiminde ilk hedef mümkün olduğunca büyük kütlelerin üretilmesidir. Blok kesici makinalarda bir defada daha büyük hacimlerin kesilmesi, makinanın blok bazında çalışma verimini artırır dolayısıyla büyük bloklar daha iyi fiyatlara alıcı bulabilir.

Birçok blok kesme makinası, dikdörtgen prizma şekilli malzemelerin kesilmesi için tasarlanmıştır. Düzgün şekle sahip olmayan blokların kesiminde, makina kesme bölgesinde boşluklar olacağı için ancak daha küçük ebatlı plakalar üretilebilir. Dolayısıyla bloğun düzgünlüğü (dikdörtgen prizmaya benzerliği) plaka verimine etken parametrelerdendir. Bu çalışma için 1-5 arasında bir düzgünlük değeri belirlenmiş ve seçilen bloklardan tam anlamıyla geometrik şekle sahip olanlar 5 puan, bir kısmı düzgün olan/olmayanlar 3 puan ve hiç düzgün olmayanlar 1 puan ile derecelendirilmiştir (Şekil 2).

Blokların plaka verimine etken bir başka parametre de tektonik hareketlerden kaynaklanan süreksizliklerdir

(kırık, çatlak, fissür, tabaka düzlemleri vb.) Bloğun kesimi sırasında plaka, süreksizlik düzlemleri boyunca kendini bırakır ve plakanın kırılmasına ya da daha küçük boyutlu ürünler üretilmesine neden olur. Verime etki eden bu unsurun da hesaplamalara katılabilmesi için bloğun kesme doğrultusu boyunca kaç adet süreksizlik içerdiği sayılarak belirlenmiş ve kesme doğrultusuna (blok boyu) bölünerek süreksizlik sıklığı (ortalama 1 metreden geçen süreksizlik) hesaplanmıştır.

Bloğun kesimi sırasında önce tarama adı verilen tesviye işlemi yapılır. Tesviye işlemi sırasında üretim yapılmadığı için harcanan süre ve enerji boşa geçmiş olur. Blok ne kadar düzgün ve küçükse işlem o kadar kısa sürer. Makinanın birim zamandaki üretim miktarını

etkileyen bu süre ve plaka kesimi için harcanan süreler, blokların kesimi sırasında not edilmiştir.

Blokların kesimi sonrasında elde edilen ebatlı plakalar (1. Kalite yarı mamul) ölçülerek sonra da blok ağırlığına oranlanarak, her bir blok için m<sup>2</sup>/ton cinsinden üretim oranları hesaplanmıştır. Ayrıca plakaların ebatlanması ya da kenarlarının düzeltilmesi sırasında, çoğunlukla üçgen şekilli parçalar ortaya çıkar. Bu parça plakalar paledyen olarak adlandırılır ve piyasada düşük fiyata alıcı bulur. Bu yüzden, ortaya çıkan paledyen miktarı da ölçülerek blok ağırlığına oranlanmış ve m<sup>2</sup>/ton cinsinden paledyen oranları hesaplanmıştır.

Blokların kesimi sırasında kesici elmas soketlerin kalınlığından dolayı kesilen yüzey alanı boyunca toz oluşur. Toz atıklar kısmen endüstride kullanılsa da ciddi bir ekonomik değeri yoktur, genellikle atık sahalarında depolanır. Bunun dışında bloğun ön ve arka yüzeyleri düz olmadığı için ilk ve son yüzey kesimleri de atık olarak depolanır. Ayrıca, kesim sonuna yaklaşıldığında, ağırlık azaldığı için vagon üzerindeki blok, kesme ünitesinin itme gücüne karşı koyamaz ve kayar. Bu da ya kalınlık ölçülerinin tutturulamamasına ya da çeşitli

kazalara neden olabilir. Bu yüzden blok tabanından itibaren 10-15 cm lik kısım kesilmeden bırakılır. Bu kalan parça, kapak olarak adlandırılır ve bazı atölye çalışanları tarafından hediyeelik eşya yapımı için kullanılabilir. Ancak tüketim çok düşük olduğu için genellikle atık olarak depolanır.

Ölçüm ve hesaplama sonuçları Çizelge 6’da verilmiştir. Blokların kesme verimi ile ilgili olarak 6 kriter belirlenmiştir. Bunlar; blok büyüklüğü, süreksizlik sıklığı, düzgünlük, üretim oranı, paledyen oranı ve pasa oranıdır. Karar tabloları hazırlanırken, blok büyüklüğü makinanın bir defada yapabileceği üretim miktarını ve



Şekil 3. Çalışmada kullanılan düzgün ve düzgün olmayan blok örnekleri (Regular and irregular shaped blocks used in the study)

Kesim sırasında ortaya çıkan atık miktarının belirlenmesi için, önce blokların birim hacim ağırlığından hacimleri hesaplanmış sonra üretilen plakaların toplam hacimleri, boyutları ölçülerek hesaplanmış ve bu iki değer farkı alınmıştır. Sonra m<sup>3</sup> cinsinden hesaplanan atık miktarı blok ağırlığına oranlanarak bloğun pasa oranı (m<sup>3</sup>/ton) hesaplanmıştır.

plaka boyutunu olumlu etkilediği için büyük değerlerin “faydalı” olduğu ön görülmüştür. Süreksizlik sıklığı ve düzgünlük ise plaka miktarını ve boyutunu ayrıca pasa miktarını “olumsuz” yönde etkileyecektir. Üretim oranı ile ilgili olarak, temel hedefin kaliteli ürün miktarının fazla olması olduğu için büyük değerlerin “faydalı” ol-

Çizelge 6. Blok kesme verileri (Block cutting data)

	Ölçüm verileri					Üretim verileri					Verim		
	Büyüklük (ton)	Boy (Kesme uzunluğu, m)	Süreksizlikler (adet)	Süreksizlik sıklığı (1/m)	Düğünlük (1-5)	Tarama (saat)	Kesme (saat)	Üretim miktarı (m <sup>2</sup> )	Paledyen üretimi (≈m <sup>2</sup> )	Pasa üretimi (m <sup>3</sup> )	Üretim oranı (m <sup>2</sup> /ton)	Paledyen oranı (m <sup>2</sup> /ton)	Pasa (Atık) oranı (m <sup>3</sup> /ton)
N.1	4,67	1,40	3	2,14	3	1,78	2,80	21,51	1,89	1,27	4,61	0,40	0,27
N.2	3,77	1,50	3	2,00	3	1,97	2,03	19,80	1,45	0,98	5,25	0,38	0,26
N.3	7,52	2,40	4	1,67	1	2,03	2,88	32,70	4,21	2,06	4,35	0,56	0,27
N.4	7,24	2,30	3	1,30	2	1,17	3,83	33,92	4,93	1,91	4,69	0,68	0,26
N.5	7,29	2,15	3	1,40	1	2,05	4,78	29,22	5,08	2,02	4,01	0,70	0,28
N.6	7,75	1,20	2	1,67	1	2,08	2,92	28,72	9,42	2,12	3,71	1,22	0,27
N.7	6,29	1,50	4	2,67	3	1,67	4,33	28,36	2,13	1,73	4,51	0,34	0,27
N.8	6,63	2,20	4	1,82	1	2,42	4,58	25,14	3,62	1,89	3,79	0,55	0,28
N.9	2,28	2,20	3	1,36	2	0,58	3,08	12,00	1,16	0,58	5,27	0,51	0,26
N.10	7,55	1,50	2	1,33	2	4,08	5,92	34,94	10,17	1,90	4,63	1,35	0,25
N.11	19,78	2,90	3	1,03	4	3,67	12,33	147,60	5,16	4,30	7,46	0,26	0,22
N.12	16,05	2,70	2	0,74	5	3,83	11,17	137,60	4,44	3,13	8,57	0,28	0,19
N.13	17,89	2,50	2	0,80	5	4,25	13,75	172,24	3,27	3,14	9,63	0,18	0,18
N.14	23,87	2,90	1	0,34	3	4,58	15,42	186,39	17,46	4,80	7,81	0,73	0,20
N.15	13,56	2,10	1	0,48	5	5,33	4,50	108,00	6,75	2,75	7,97	0,50	0,20
N.16	16,79	2,60	4	1,54	4	3,33	10,67	116,10	3,27	3,85	6,92	0,19	0,23
N.17	18,88	2,60	1	0,38	3	2,83	13,17	134,64	14,17	4,04	7,13	0,75	0,21
N.18	15,84	2,30	1	0,43	3	3,33	10,00	119,40	9,60	3,31	7,54	0,61	0,21
N.19	25,18	2,60	1	0,38	5	5,50	12,50	230,40	5,78	4,64	9,15	0,23	0,18
N.20	17,04	2,20	1	0,45	5	3,58	12,42	144,00	7,98	8,87	8,45	0,47	0,52



olduğu, paledyenin ikincil ürün olmasından ve ekonomik değerinin düşük olmasından dolayı büyük değerlerin “olumsuz” olduğu ön görülmüştür. Atık oranı ise, hem ekonomik değer ifade etmemesinden hem de depolama zorunluluğundan dolayı “olumsuz” olarak değerlendirilmiştir.

Bu kabuller doğrultusunda hazırlanan karar tabloları TOPSIS ve GİA yöntemleri ile analiz edilmeden önce, belirlenen kriterlerin önem dereceleri AHP yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır.

### 3.2. Kriter Ağırlıklarının AHP Yöntemine Göre Hesaplanması (Calculation of Criteria Weighting by AHP Method)

AHP yöntemine göre birinci adımda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Eşitlik 1). Bu matris 6x6 boyutunda bir kare matris olup kriterlerin üstünlük dereceleri Saaty [22] tarafından ortaya atılan “1-9” ölçeği kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 7). Bu ölçeğe göre

paledyen oranına (C5) göre çok önemli 5 ve süreksizlik sıklığına (C2) göre 1.

- Paledyen oranı (C5); blok büyüklüğüne (C1) göre 3, düzgünlük ve pasa oranına göre 2.
- Pasa oranı (C6); blok büyüklüğüne (C1) göre 4, düzgünlüğe (C6) göre 3.

Eşitlik 2 yardımıyla matris normalize edilmiş ve Eşitlik 3 yardımıyla öncelik vektörü oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisi ve hesaplama sonuçları Çizelge 8’de verilmiş olup w değeri her bir kriterin önceliğini yani ağırlığını ifade etmektedir.

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin dolayısıyla hesaplanan kriter ağırlıklarının doğruluğunun ölçülmesi için tutarlılık analizi yapılmıştır. Bunun için önce, ilk matris ile öncelik vektörünün matris çarpımı hesaplanmış, sonra bulunan sonuç kriter ağırlığına oranlanarak her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değerler elde edilmiştir (Eşitlik 4). Maksimum temel

Çizelge 7. Karşılaştırma ölçeği (Comparison scale) [22]

Önem	Tanımlama	Açıklama
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyet değerine göre biraz daha fazla derecede tercih edilir.
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyet değerine göre kuvvetli derecede tercih edilir.
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu	Bir faaliyet çok kuvvetli bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu	Bir faaliyetin değerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

Yapılan değerlendirmeler aşağıdaki şekildedir;

- Blok büyüklüğü (C1); blok düzgünlüğüne (C3) göre 2.
- Süreksizlik sıklığı (C2); blok büyüklüğüne (C1) ve pasa oranına (C6) göre 6, düzgünlüğe (C3) ve paledyen oranına (C5) göre 4.
- Üretim oranı (C4); blok büyüklüğüne (C1) göre 7, düzgünlük (C3) ve pasa oranına (C6) göre 6,

değer (temel değerlerin ortalaması,  $\lambda$ ) ve tutarlılık göstergesi (CI), Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır. CR tutarlılık oranı, tutarlılık göstergesinin rassal göstergeye oranıdır ve bu değer %10 dan düşük olduğu durumlarda hesaplamaların doğru olduğu kabul edilir (Eşitlik 6) [29]. Rassal gösterge, matris boyutuna göre değişen bir katsayı olup 6x6 boyutlu bir matris için değeri 1.24’tür. Yapılan hesaplamalar sonucunda CR tutarlılık oranının 0.0764

Çizelge 8. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi (Definition of the criteria weights)

Kriterler	İkili karşılaştırma matrisi						Kriterlerin % dağılımları ve öncelik vektörü								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	w		
Büyüklik (ton)	C1	1	1/6	2	1/7	1/3	1/4	C1	0,05	0,06	0,11	0,05	0,03	0,02	0,05
Süreksizlik sıklığı (1/m)	C2	6	1	4	1	4	6	C2	0,28	0,35	0,22	0,37	0,35	0,39	0,33
Düzgünlük (1-5)	C3	1/2	1/4	1	1/6	1/2	1/3	C3	0,02	0,09	0,06	0,06	0,04	0,02	0,05
Üretim oranı (m2/ton)	C4	7	1	6	1	5	6	C4	0,33	0,35	0,33	0,37	0,44	0,39	0,37
Paledyen oranı (m2/ton)	C5	3	1/4	2	1/5	1	2	C5	0,14	0,09	0,11	0,07	0,09	0,13	0,11
Pasa oranı (m3/ton)	C6	4	1/6	3	1/6	1/2	1	C6	0,19	0,06	0,17	0,06	0,04	0,06	0,10
								Toplam	1	1	1	1	1	1	1,00

Çizelge 9. Tutarlılığın ölçülmesi (Calculation of consistency)

1	1/6	2	1/7	1/3	1/4		0,05		0,32		6,0395	$\lambda =$	6,4740
6	1	4	1	4	6		0,33		2,21		6,7461	CI =	0,0948
1/2	1/4	1	1/6	1/2	1/3	X	0,05	=	0,30	→	6,1787	CR =	0,0764
7	1	6	1	5	6		0,37		2,47		6,6903		
3	1/4	2	1/5	1	2		0,11		0,71		6,7658		
4	1/6	3	1/6	1/2	1		0,10		0,62		6,4234		
													CR < % 10
													Tutarlıdır

olduğu görülmüştür. Bu durumda ikili karşılaştırmanın tutarlı olduğu söylenebilir. Tutarlılığın ölçülmesiyle ilgili hesaplamalar Çizelge 9’da verilmiştir

Sonuç olarak, 0.37 ile C4 (üretim oranı) en önemli kriter olurken, 0.05 ile C1 (büyüklük) ve C3 (düzgünlük) kriterlerinin diğerlerine göre önemlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.

**3.3. Blokların TOPSIS Yöntemine Göre Sınıflandırılması** (Classification of The Blocks by TOPSIS Method)

TOPSIS (İdeal Çözüm ile Benzerlik Tercihi Tekniği) yöntemine göre önce karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinin satırları alternatifleri (incelenen bloklar) sütunları ise blokların sınıflandırılmasında etken kriteri (C<sub>i</sub>; {i=1, 2, ..., 6}) ifade etmektedir (Eşitlik 9). Sonra Eşitlik 10 kullanılarak matris elemanları normalize edilmiş ve standart karar matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 10).

Standart karar matrisinin elemanları, önceki bölümde AHP yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı karar matrisi elde edilmiştir (Eşitlik 11). Ağırlıklı karar matrisinde her bir kriter için fayda ya da kayıp getirisine göre pozitif ideal ve negatif ideal çözümler oluşturulmuştur. Burada C1 (büyüklük), C3 (düzgünlük) ve C4 (üretim oranı) fayda sağladığı için bu kriterlerin en büyük değerleri, C2 (süreksizlik sıklığı), C5 (paledden üretim oranı) ve C6 (pasa oranı) kayıplarla ilgili kriterler olduğu için bu kriterlerin en küçük değerleri pozitif ideal çözüm (A\*) olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde, C1, C3 ve C4 kriterlerinin en küçük değerleri ile C2, C5 ve C6 kriterlerinin en büyük değerleri de negatif ideal çözüm kümesinin elemanlarıdır.

TOPSIS yönteminde son aşama, ayırım ölçütlerinin (Eşitlik 13) ve ideal çözüme göre yakınlığın (Eşitlik 14) hesaplanarak öncelik sıralamasının yapılmasıdır (Çizelge

11). İdeal çözüme yakınlık (C\*), 0 ile 1 arasında değişir ve 1’e en yakın değer en ideal alternatifi gösterir.

Çizelge 11’e göre, en iyi blokların sırasıyla N.19, N.13 ve N.15 olduğu, en kötü blokların da N.7, N.1 ve N.6 olduğu söylenebilir.

**3.4. Blokların GIA Yöntemine Göre Sınıflandırılması** (Classification of The Blocks by GRA Method)

GIA yönteminde birinci adım karar matrisinin oluşturulması ve referans serinin belirlenmesidir. Karar matrisi olarak TOPSIS yönteminde oluşturulan matris kullanılmıştır. Referans seri ise ideal kriterleri içeren sanal ve/veya gerçek bir seridir. Dolayısıyla referans seri, mevcut alternatiflerin maksimum, minimum veya optimum değerlerinin faydalı olduğu kriterlerinden oluşturulabildiği gibi karar verici tarafından belirlenen hayali bir alternatifin kriterlerinden de oluşturulabilir [30]. Eşitlik 15 ve Eşitlik 16 ya göre oluşturulan karar matrisi ve referans seri Çizelge 12’de verilmiştir.

Kriterleri tanımlayan veriler farklı birimlerle ölçüldüğü için, karar matrisi normalize edilerek aynı birime dönüştürülmüştür. Normalleştirme sürecinde (gri ilişkisel oluşum), en sık kullanılan yöntemlerden birisi olan lineer veri ön işleme yönteminden yararlanılmış ve kriterlerin maksimum daha iyi (C1, C3, C4) durumunda Eşitlik 18, minimum daha iyi (C2, C5, C6) durumunda da Eşitlik 19 kullanılmıştır. Referans serinin normalleştirilmiş değeri daima “1” olarak hesaplanır (Eşitlik 16).

GIA yönteminde sonraki aşama, referans seri ile karşılaştırılacak m tane serinin tanımlanması ve mutlak değer tablosunun oluşturulmasıdır. Mutlak değer tablosu, Eşitlik 21 de verildiği gibi, normalleştirilmiş karar matrisindeki kriter elemanlarının referans seri ile farkları hesaplanarak oluşturulmuştur (Çizelge 13).

Son olarak, gri ilişkisel katsayılar ve gri ilişkisel dereceler hesaplanmıştır. Gri ilişkisel katsayıların

**Çizelge 10.** Karar matrisi ve standart karar matrisinin oluşturulması (Creation of decision and standard decision matrixes)

	Karar matrisi						Standart karar matrisi					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
N.1	4,67	2,14	3,00	4,61	0,40	0,27	0,074	0,350	0,199	0,157	0,145	0,232
N.2	3,77	2,00	3,00	5,25	0,38	0,26	0,060	0,327	0,199	0,179	0,138	0,222
N.3	7,52	1,67	1,00	4,35	0,56	0,27	0,120	0,272	0,066	0,148	0,201	0,234
N.4	7,24	1,30	2,00	4,69	0,68	0,26	0,115	0,213	0,133	0,160	0,245	0,226
N.5	7,29	1,40	1,00	4,01	0,70	0,28	0,116	0,228	0,066	0,137	0,251	0,237
N.6	7,75	1,67	1,00	3,71	1,22	0,27	0,123	0,272	0,066	0,126	0,437	0,234
N.7	6,29	2,67	3,00	4,51	0,34	0,27	0,100	0,435	0,199	0,154	0,122	0,235
N.8	6,63	1,82	1,00	3,79	0,55	0,28	0,106	0,297	0,066	0,129	0,196	0,244
N.9	2,28	1,36	2,00	5,27	0,51	0,26	0,036	0,223	0,133	0,180	0,183	0,219
N.10	7,55	1,33	2,00	4,63	1,35	0,25	0,120	0,218	0,133	0,158	0,484	0,216
N.11	19,78	1,03	4,00	7,46	0,26	0,22	0,315	0,169	0,265	0,254	0,094	0,186
N.12	16,05	0,74	5,00	8,57	0,28	0,19	0,256	0,121	0,332	0,292	0,099	0,167
N.13	17,89	0,80	5,00	9,63	0,18	0,18	0,285	0,131	0,332	0,328	0,066	0,150
N.14	23,87	0,34	3,00	7,81	0,73	0,20	0,380	0,056	0,199	0,266	0,263	0,172
N.15	13,56	0,48	5,00	7,97	0,50	0,20	0,216	0,078	0,332	0,272	0,179	0,173
N.16	16,79	1,54	4,00	6,92	0,19	0,23	0,267	0,251	0,265	0,236	0,070	0,196
N.17	18,88	0,38	3,00	7,13	0,75	0,21	0,301	0,063	0,199	0,243	0,270	0,183
N.18	15,84	0,43	3,00	7,54	0,61	0,21	0,252	0,071	0,199	0,257	0,218	0,179
N.19	25,18	0,38	5,00	9,15	0,23	0,18	0,401	0,063	0,332	0,312	0,083	0,157
N.20	17,04	0,45	5,00	8,45	0,47	0,52	0,272	0,074	0,332	0,288	0,168	0,445

hesaplanmasında kullanılan Eşitlik 22 deki  $\xi$  katsayısı,  $\Delta_{ij}$  ile  $\Delta_{\max}$  arasındaki farkın en uç değer olma ihtimalini ortadan kaldırmak için kullanılır ve 0 ile 1 arasında değişir [31]. Bu çalışmada  $\xi=0.5$  alınmıştır.

Gri ilişkisel derecelerin hesaplanması, kriter ağırlıklarının eşit olması durumunda gri ilişkisel katsayıların ortalaması hesaplanarak (Eşitlik 23), kriter ağırlıklarının verilmiş olması durumunda da her bir gri ilişkisel katsayı ile ilgili kriter ağırlığının çarpılması ve satır boyunca toplanması şeklinde yapılır (Eşitlik 24). Gri ilişkisel dereceler de 0 ile 1 arasında değişir ve değeri en

büyük olan seçenek en iyi alternatif olarak değerlendirilir.

Bu çalışmada kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlendiği için Eşitlik 24 kullanılmış ve ağırlıklı gri ilişkisel dereceler hesaplanmıştır. Gri ilişkisel katsayılar, gri ilişkisel dereceler ve öncelik sıralaması Çizelge 14'de verilmiştir.

Çizelge 14'e göre, en iyi blokların sırasıyla N.19, N.13 ve N.12 olduğu, en kötü blokların da N.6, N.8 ve N.7 olduğu söylenebilir.

Çizelge 11. Standart karar matrisinin çözümü (Solving the standard decision matrix)

w	Ağırlıklı karar matrisi						Ayrım ölçütleri		İdeal çözüme yakınlık C*	Öncelik sıralaması
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	S*	S-		
N.1	0,004	0,115	0,010	0,058	0,015	0,023	0,117	0,052	0,31	19
N.2	0,003	0,107	0,010	0,066	0,015	0,021	0,106	0,059	0,36	16
N.3	0,006	0,089	0,003	0,055	0,021	0,023	0,100	0,065	0,39	15
N.4	0,006	0,070	0,007	0,059	0,026	0,022	0,085	0,081	0,49	12
N.5	0,006	0,075	0,003	0,050	0,026	0,023	0,095	0,075	0,44	14
N.6	0,006	0,089	0,003	0,047	0,046	0,023	0,112	0,058	0,34	18
N.7	0,005	0,143	0,010	0,057	0,013	0,023	0,141	0,045	0,24	20
N.8	0,006	0,097	0,003	0,048	0,021	0,024	0,111	0,058	0,34	17
N.9	0,002	0,073	0,007	0,066	0,019	0,021	0,081	0,082	0,50	11
N.10	0,006	0,071	0,007	0,058	0,051	0,021	0,095	0,076	0,44	13
N.11	0,017	0,055	0,013	0,094	0,010	0,018	0,046	0,112	0,71	9
N.12	0,013	0,040	0,016	0,108	0,010	0,016	0,026	0,130	0,83	4
N.13	0,015	0,043	0,016	0,121	0,007	0,015	0,025	0,136	0,84	2
N.14	0,020	0,018	0,010	0,098	0,028	0,017	0,032	0,140	0,82	5
N.15	0,011	0,025	0,016	0,100	0,019	0,017	0,027	0,136	0,83	3
N.16	0,014	0,082	0,013	0,087	0,007	0,019	0,073	0,089	0,55	10
N.17	0,016	0,021	0,010	0,090	0,028	0,018	0,039	0,135	0,77	8
N.18	0,013	0,023	0,010	0,095	0,023	0,017	0,033	0,135	0,80	6
N.19	0,021	0,021	0,016	0,115	0,009	0,015	0,007	0,151	0,96	1
N.20	0,014	0,024	0,016	0,106	0,018	0,043	0,035	0,138	0,80	7
Pozitif ideal (A*) ve negatif ideal (A-) çözümler										
A*	0,021	0,018	0,016	0,121	0,007	0,015				
A-	0,002	0,143	0,003	0,047	0,051	0,043				

Çizelge 12. Karar matrisi ve referans seri (Decision matrix and reference set)

Referans seri	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Maksimum iyi	Minimum iyi	Maksimum iyi	Maksimum iyi	Minimum iyi	Minimum iyi
	25,18	0,34	5,00	9,63	0,18	0,18
N.1	4,67	2,14	3,00	4,61	0,40	0,27
N.2	3,77	2,00	3,00	5,25	0,38	0,26
N.3	7,52	1,67	1,00	4,35	0,56	0,27
N.4	7,24	1,30	2,00	4,69	0,68	0,26
N.5	7,29	1,40	1,00	4,01	0,70	0,28
N.6	7,75	1,67	1,00	3,71	1,22	0,27
N.7	6,29	2,67	3,00	4,51	0,34	0,27
N.8	6,63	1,82	1,00	3,79	0,55	0,28
N.9	2,28	1,36	2,00	5,27	0,51	0,26
N.10	7,55	1,33	2,00	4,63	1,35	0,25
N.11	19,78	1,03	4,00	7,46	0,26	0,22
N.12	16,05	0,74	5,00	8,57	0,28	0,19
N.13	17,89	0,80	5,00	9,63	0,18	0,18
N.14	23,87	0,34	3,00	7,81	0,73	0,20
N.15	13,56	0,48	5,00	7,97	0,50	0,20
N.16	16,79	1,54	4,00	6,92	0,19	0,23
N.17	18,88	0,38	3,00	7,13	0,75	0,21
N.18	15,84	0,43	3,00	7,54	0,61	0,21
N.19	25,18	0,38	5,00	9,15	0,23	0,18
N.20	17,04	0,45	5,00	8,45	0,47	0,52

**Çizelge 13.** Gri ilişkisel oluşum ve mutlak değer tablosu (The tables of grey relation generating and distance matrix)

Referans seri	Normalize edilmiş karar matrisi						Mutlak değer (uzaklık) tablosu					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N.1	0,10	0,23	0,50	0,15	0,81	0,72	0,90	0,77	0,50	0,85	0,19	0,28
N.2	0,07	0,29	0,50	0,26	0,83	0,76	0,93	0,71	0,50	0,74	0,17	0,24
N.3	0,23	0,43	0,00	0,11	0,68	0,72	0,77	0,57	1,00	0,89	0,32	0,28
N.4	0,22	0,59	0,25	0,17	0,57	0,74	0,78	0,41	0,75	0,83	0,43	0,26
N.5	0,22	0,55	0,00	0,05	0,56	0,70	0,78	0,45	1,00	0,95	0,44	0,30
N.6	0,24	0,43	0,00	0,00	0,11	0,72	0,76	0,57	1,00	1,00	0,89	0,28
N.7	0,18	0,00	0,50	0,13	0,87	0,71	0,82	1,00	0,50	0,87	0,13	0,29
N.8	0,19	0,37	0,00	0,01	0,69	0,68	0,81	0,63	1,00	0,99	0,31	0,32
N.9	0,00	0,56	0,25	0,26	0,72	0,77	1,00	0,44	0,75	0,74	0,28	0,23
N.10	0,23	0,57	0,25	0,16	0,00	0,78	0,77	0,43	0,75	0,84	1,00	0,22
N.11	0,76	0,70	0,75	0,63	0,93	0,88	0,24	0,30	0,25	0,37	0,07	0,12
N.12	0,60	0,83	1,00	0,82	0,92	0,94	0,40	0,17	0,00	0,18	0,08	0,06
N.13	0,68	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,32	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
N.14	0,94	1,00	0,50	0,69	0,53	0,93	0,06	0,00	0,50	0,31	0,47	0,07
N.15	0,49	0,94	1,00	0,72	0,73	0,92	0,51	0,06	0,00	0,28	0,27	0,08
N.16	0,63	0,49	0,75	0,54	0,99	0,84	0,37	0,51	0,25	0,46	0,01	0,16
N.17	0,73	0,98	0,50	0,58	0,51	0,89	0,27	0,02	0,50	0,42	0,49	0,11
N.18	0,59	0,96	0,50	0,65	0,64	0,90	0,41	0,04	0,50	0,35	0,36	0,10
N.19	1,00	0,98	1,00	0,92	0,96	0,97	0,00	0,02	0,00	0,08	0,04	0,03
N.20	0,64	0,95	1,00	0,80	0,76	0,00	0,36	0,05	0,00	0,20	0,24	1,00

**Çizelge 14.** Gri ilişkisel katsayılar, gri ilişkisel dereceler ve öncelik sıralaması (Grey relation coefficients, grey relation ranks and priority orders)

w	Gri ilişkisel katsayılar						Gri ilişkisel dereceler $\gamma^*$	Öncelik sıralaması
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		
	0,05	0,33	0,05	0,37	0,11	0,10		
N.1	0,36	0,39	0,50	0,37	0,72	0,64	0,45	17
N.2	0,35	0,41	0,50	0,40	0,74	0,67	0,47	13
N.3	0,39	0,47	0,33	0,36	0,61	0,64	0,45	16
N.4	0,39	0,55	0,40	0,37	0,54	0,66	0,48	12
N.5	0,39	0,52	0,33	0,35	0,53	0,63	0,45	15
N.6	0,40	0,47	0,33	0,33	0,36	0,64	0,41	20
N.7	0,38	0,33	0,50	0,37	0,79	0,63	0,43	18
N.8	0,38	0,44	0,33	0,34	0,62	0,61	0,43	19
N.9	0,33	0,53	0,40	0,40	0,64	0,68	0,49	11
N.10	0,39	0,54	0,40	0,37	0,33	0,69	0,46	14
N.11	0,68	0,63	0,67	0,58	0,88	0,81	0,66	9
N.12	0,56	0,75	1,00	0,74	0,86	0,90	0,77	3
N.13	0,61	0,72	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	2
N.14	0,90	1,00	0,50	0,62	0,51	0,87	0,77	4
N.15	0,50	0,90	1,00	0,64	0,65	0,86	0,76	5
N.16	0,58	0,49	0,67	0,52	0,98	0,76	0,59	10
N.17	0,65	0,97	0,50	0,54	0,51	0,82	0,71	8
N.18	0,55	0,93	0,50	0,59	0,58	0,84	0,72	7
N.19	1,00	0,97	1,00	0,86	0,93	0,95	0,93	1
N.20	0,58	0,91	1,00	0,72	0,67	0,33	0,75	6

**4. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)**

TOPSIS ve GIA sonuçları karşılaştırıldığında, aynı veriler ve kriter ağırlıkları kullanılmış olmasına rağmen N.4, N.9, N.11, N.13, N.16, N.17, N.19 numaralı bloklar dışındaki 13 adet bloğun sıralamadaki yerlerinin farklı olduğu görülmektedir (Çizelge 15). TOPSIS yöntemine göre, N.6, N.8 ve N.15 no lu bloklar 2 sıra, N.3, N.5, N.10 ve N.18 no lu bloklar da 1 sıra daha öncelikli hesaplanmıştır. GIA yöntemine göre ise, N.2 no lu blok

3 sıra, N.1 ve N.7 no lu bloklar 2 sıra, N.12, N.14 ve N.20 no lu bloklar da 1 sıra daha önceliklidirler. Çalışmanın başlangıcında, takip kolaylığı sağlaması bakımından, küçük boyutlu bloklar N.1-N.10 arasında, daha büyük olanlar ise N.11-N.20 arasında numaralandırılmıştır. Çizelge 15 incelendiğinde N.11-N.20 arası numaralandırılmış olan blokların ilk 10 sırayı aldığı görülmektedir. Bu durum, mermer ocaklarında büyük boyutlu blokların üretilmek istenmesinin nedenini açıklamaktadır.

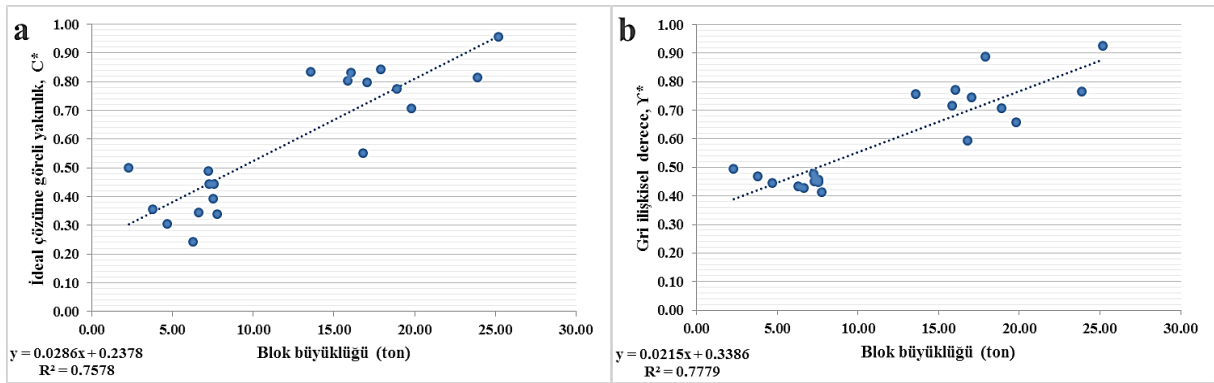
**Çizelge 15.** TOPSIS ve GİA sıralamalarının karşılaştırılması (Comparison of TOPSIS and GRA orders)

Blok No	TOPSIS		GİA		DEĞERLENDİRME
	C*	Öncelik sırası	Y*	Öncelik sırası	
N.1	0,31	19	0,45	17	GİA yöntemine göre daha öncelikli
N.2	0,36	16	0,47	13	GİA yöntemine göre daha öncelikli
N.3	0,39	15	0,45	16	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.4	0,49	12	0,48	12	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.5	0,44	14	0,45	15	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.6	0,34	18	0,41	20	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.7	0,24	20	0,43	18	GİA yöntemine göre daha öncelikli
N.8	0,34	17	0,43	19	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.9	0,50	11	0,49	11	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.10	0,44	13	0,46	14	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.11	0,71	9	0,66	9	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.12	0,83	4	0,77	3	GİA yöntemine göre daha öncelikli
N.13	0,84	2	0,89	2	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.14	0,82	5	0,77	4	GİA yöntemine göre daha öncelikli
N.15	0,83	3	0,76	5	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.16	0,55	10	0,59	10	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.17	0,77	8	0,71	8	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.18	0,80	6	0,72	7	TOPSIS yöntemine göre daha öncelikli
N.19	0,96	1	0,93	1	TOPSIS ve GİA sonuçları eşit
N.20	0,80	7	0,75	6	GİA yöntemine göre daha öncelikli

Plaka veriminin yüksek olması üreticinin karını da artıracak için önemli olan kesilecek bloktan elde edilecek m<sup>3</sup> bazında plaka miktarıdır. Dolayısıyla blokların satın alınması ya da fabrikada kesim için seçimi sırasında bloğun büyüklüğü ve bünyesindeki süreksizlikler dikkatle incelenir ve elde edilebilecek plaka miktarı tahmin edilmeye çalışılır. Bu sebeple, TOPSIS ve GİA yöntemleri ile sınıflandırılan bloklar için hesaplanan ideal çözüme yakınlık ve gri ilişkisel katsayılar ile blok büyüklüğü, üretim oranı ve süreksizlik sıklığı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

doğrusal ilişki olduğu anlaşılmaktadır. TOPSIS e göre 0.76 ve GİA e göre 0.78 gibi ciddiye alınacak R<sup>2</sup> değerlerine göre büyük boyutlu blokların daha kaliteli olduğu söylenebilir.

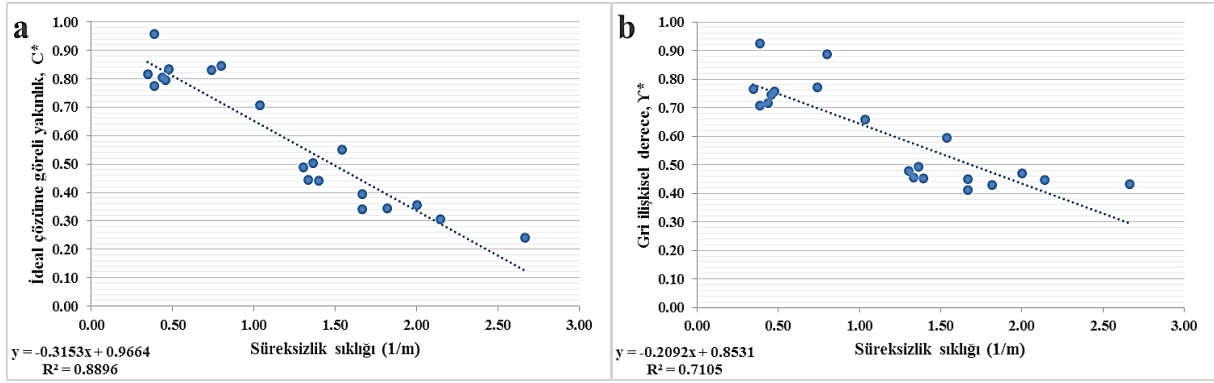
Şekil 5’de ÇKKV sonuçları ve süreksizlik sıklığı dağılım grafikleri verilmiştir. Şekil 5a ve Şekil 5b’ye göre, süreksizlik sıklığı değerlerinin homojen değiştiği ve ÇKKV sonuçları ile arasında azalan doğrusal ilişki olduğu görülmektedir (R<sup>2</sup><sub>TOPSIS</sub>=0.89, R<sup>2</sup><sub>GİA</sub>=0.71). İki



**Şekil 4.** TOPSIS ve GİA sonuçları ile blok büyüklüğü arasındaki ilişki (Relationship between TOPSIS and GRA Results and Block Sizes)

Şekil 4’de TOPSIS (ideal çözüme yakınlık) ve GİA (gri ilişkisel derece) sonuçları ve blok büyüklüğü (ton) dağılım grafikleri verilmiştir. Şekil 4a ve Şekil 4b incelendiğinde ÇKKV sonuçlarının 10 ton altı ve üstü olmak üzere iki ayrı bölümde gruplandığı dolayısıyla blok büyüklüğü ile ÇKKV sonuçlarının arasında

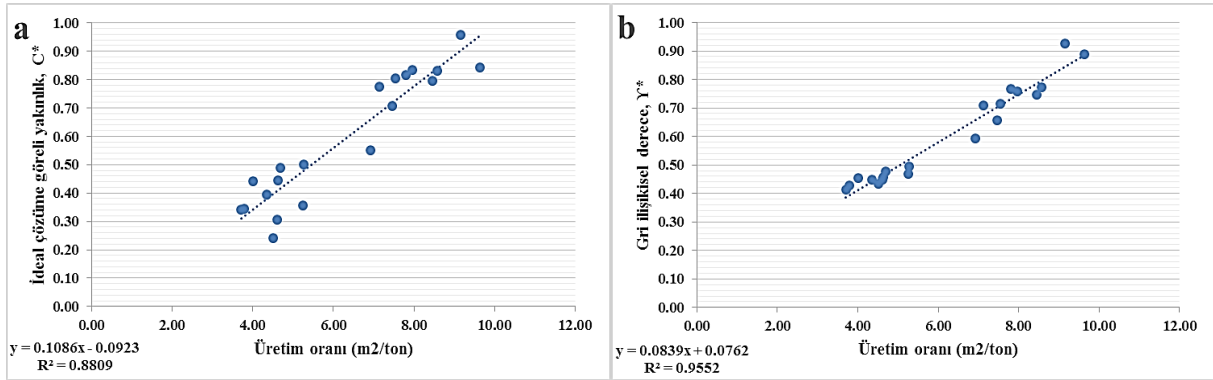
yöntemin R<sup>2</sup> değerlerindeki 0.18 puanlık farka göre, süreksizliklerin analizinde TOPSIS yaklaşımının GİA yaklaşımına göre daha etkin olduğu söylenebilir. Ayrıca, süreksizlik sıklığının blok kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olduğu da anlaşılmıştır



Şekil 5. TOPSIS ve GİA sonuçları ile süreksizlik sıklığı arasındaki ilişki (Relationship between discontinuity frequencies and TOPSIS and GRA Results)

Şekil 6'da ÇKKV sonuçları ve üretim oranı dağılım grafikleri verilmiştir. Şekil 6a ve Şekil 6b'ye göre, ÇKKV sonuçları ile üretim oranı arasında  $R^2=0.88$  ve  $R^2=0.96$  gibi yüksek derecede artan doğrusal ilişki olduğu söylenebilir. Blok kesme operasyonunu bir sonucu olarak karşımıza çıkan üretim oranı kuşkusuz blok kalitesinin belirlenmesinde en önemli kriterdir.

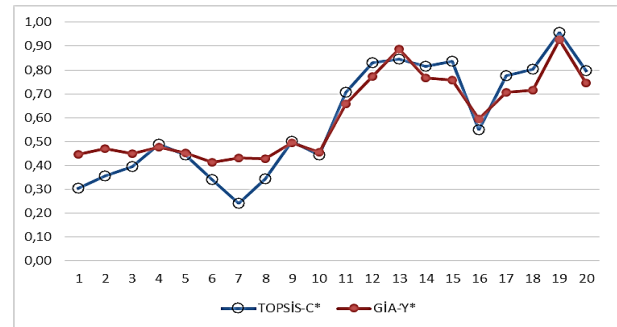
öncelikli hesaplananlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. C1 kriteri, 0.05 ile en düşük öneme sahip kriterlerden biridir. Buna göre, her iki yöntemde de eşit öneme sahip olan örnekler için baz alınan verilerin ortalamadan sapma oranı daha düşüktür. Dolayısıyla kriter verilerinin değişim aralığının ve ortalamadan sapma derecesinin, TOPSIS ve GİA yöntemlerinin



Şekil 6. TOPSIS ve GİA sonuçları ile üretim oranı arasındaki ilişki (Relationship between Production ratio and TOPSIS and GRA)

TOPSIS yaklaşımında kriterlerin normalize edilmesi işleminde, kriterlerin ideal çözümlere vektörel uzaklıkları hesaplanmaktadır. Ayrıca yöntem pozitif ideal çözüme en yakın alternatifi ararken negatif ideal çözüme de en uzak olan alternatifi ön plana çıkarmaktadır. GİA yaklaşımında ise normalizasyon işleminde, doğrusal veri ön işleme yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde tüm kriterlerin kendi aralarındaki değişimi lineerdir ve yöntem referans seriye en çok benzeyen alternatifi ön plana çıkarmaktadır. Yaklaşımlardaki bu farklılık, 13 adet bloğun sıralamadaki yerlerinin de farklı olmasına neden olmuştur. Şekil 7 de TOPSIS ve GİA sonuçları grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

problemin çözümüne yaklaşım tekniğini etkilediği, sonuçları (sıralamanın) değiştirdiği söylenebilir.



Şekil 7. TOPSIS ve GİA sonuçlarının karşılaştırılması (Comparison of TOPSIS and GRA results)

Bazı blokların TOPSIS ve GİA önceliklerinin farklı hesaplanmasının nedenini araştırmak üzere, bu bloklara ait kriterlerin verilerinin ortalamaları ve standart sapmaları ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 16'da verilmiştir. Çizelgeye göre önceliği farklı hesaplanan kriterlerin standart sapmalarının, C1 kriteri dışında, aynı

**Çizelge 16.** TOPSIS ve GİA önem sıralamalarının farklı olduğu örnekler (The samples whose TOPSIS and GRA orders are different)

Kriterler	w	C* ≠ 'Y*		C* = 'Y*	
		Ort.	Std.	Ort.	Std.
C1	0,05	10,6	6,04	15,43	7,89
C2	0,33	1,32	0,76	0,97	0,47
C3	0,05	2,77	1,54	3,57	1,27
C4	0,37	5,78	1,94	7,18	1,82
C5	0,11	0,62	0,32	0,40	0,24
C6	0,10	0,27	0,08	0,22	0,03

w: Kriter ağırlığı; ≠: Önem sırası farklı; =: Önem sırası eşit

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Blokların kalitesine etken parametreler önem sırasına göre üretim oranı, süreksizlik sıklığı, paledyen oranı, atık oranı, blok büyüklüğü ve düzgünlüktür. Renk, desen ve homojenlik gibi faktörler de müşterinin kişisel tercihinine göre değişmektedir.
- TOPSIS ve GİA sonuçları ile süreksizlik sıklığı arasında azalan doğrusal ilişki görülürken blok büyüklüğü ve üretim oranı arasında artan doğrusal ilişki olduğu görülmüştür. İlişki düzeyleri göz önüne alındığında, blok seçme işleminde bu üç kriterden yararlanılabilir.
- Bazı blokların önem sıralarının her iki yöntemde de farklı hesaplanmasının iki önemli nedeni olduğu görülmüştür. Bunlardan birincisi, TOPSIS ve GİA yöntemlerinde kriterlerin normalizasyonunda yaklaşımlarının farklı olması, ikincisi ise bu bloklara ait kriterlerin verilerinin ortalamadan sapmalarının (standart sapma) yüksek olmasıdır. Buna göre alternatifler arasında kriterlerin değişim aralığının yüksek olduğu durumlarda problemin birden fazla ÇKKV yöntemi uygulanarak çözüme ulaşılmasının daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma TOPSIS ve GİA yöntemlerinin mermer blokların sınıflandırılması işleminde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Bu yöntemlerin traverten, oniks, hakiki mermer gibi diğer mermer türlerinin de sınıflandırılmasında kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, problemin diğer yöntemlerle de çözümünün ve elde edilen sonuçlardaki muhtemel farklılıkların araştırılması, hem ÇKKV yöntemlerinin birbirlerine göre üstün ya da zayıf olduğu durumları ortaya çıkarması hem de çözümün daha sağlıklı olması bakımından önemlidir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Karaatlı M., Ömürbek N., Budak İ. ve Dağ O., “Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yaşanabilir illerin sıralanması”, *Selçuk University Journal of Institute of Social Sciences* 33: 215-228, (2015).
- [2] Yiğit A. M. and Gök M., “Tire Selection with TOPSIS and GRA Methods in Multi Criteria Decision Making”, *Ordu University Journal of Social Science Research*, 7(3): 423-431, (2017).
- [3] Tripathy S. and Tripathy D.K., “Multi-attribute optimization of machining process parameters in powder mixed electro-discharge machining using TOPSIS and grey relational analysis”, *Engineering Science and Technology, an International Journal* 19: 62–70. DOI: 10.1016/j.jestch.2015.07.010, (2016)
- [4] Arıbaş M. ve Özcan U., “Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi”, *Journal of Polytechnic*, 19(2): 163-173, (2016).
- [5] Güneysu Y., Er B. ve Ar İ.M.. “Türkiye’deki ticari bankaların performanslarının AHS ve GİA yöntemleri ile incelenmesi”, *KTU SBE Sos. Bil. Derg.*, 9: 71-93, (2015).
- [6] Bektaş H. ve Tuna K., “Borsa İstanbul Gelişen İşletmeler Piyasası’nda İşlem Gören Firmaların Gri İlişkisel Analiz ile Performans Ölçümü”, *Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 3(2): 185-198, (2013).
- [7] Muralidhar P., Ravindranath K. and Srihari V., “The Influence of GRA and TOPSIS for Assortment of Green Supply Chain Management Strategies in Cement Industry”, *International Journal of Supply Chain Management*, 2(1): 49-54, (2013).
- [8] Kou G., Lu Y., Peng Y. and Shi Y., “Evaluation of classification algorithms using MCDM and RANK correlation”, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(1): 197-225. DOI: 10.1142/S0219622012500095, (2012).
- [9] Şahin Y. ve Akyer H., “Ülke kaynaklarının verimli kullanımı: 4x4 arama ve kurtarma aracı seçiminde AHS ve TOPSIS yöntemlerinin uygulaması”, *Süleyman Demirel University The Journal of Visionary*, 3(5): 72-87, (2011).
- [10] Dai J., Qi J., Chi J., Chen S., Yang J., Ju L., Chen B., “Integrated water resource security evaluation of Beijing based on GRA and TOPSIS”, *Front. Earth Sci. China*, 4(3), 357–362. DOI 10.1007/s11707-010-0120-7, (2010).
- [11] Ersoy, M. and Yeşilkaya, L., “Choice of marble block cutting machine by using Analytic Hierarchy Process (AHP) method”, *International Journal of Information Technology and Business Management*, 19(1): 67-80, (2013).
- [12] Eleren, A. ve Ersoy, M., “Mermer blok kesim yöntemlerinin bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi”, *Madencilik*, 46(3): 9-22, (2007).
- [13] Gökçe, B. ve Sonugür, G., “ANFIS ve YSA Yöntemleri ile İşlenmiş Doğal Taş Üretim Sürecinde Verimlilik Analizi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16: 174-185, DOI: 10.5578/fmbd.13951, (2016).
- [14] Caner M. ve Akarslan E., “Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri

- ile Tahmini”, *Pamukkale Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2): 221-226, (2009).
- [15] Güvenç, U., Dursun, M. ve Çimen H., “Mermer Kesme İşleminde Kesim Süresinin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Modellenmesi”, *SDU International Technologic Science*, 3(2): 9-16, (2011).
- [16] Ekinçioğlu, G., Güney, A., Akbay, D. ve Altındağ, R., “Dairesel Testereli Kesme Makinelerinin Saatlik Üretim Miktarının Mermer Yüzey Sertliğine Bağlı Olarak Yapay Sinir Ağı (YSA) Ve Regresyon Analizleri (RA) İle Tahmin Edilmesi”, *Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi*, 13-25 Aralık 2017, Antalya, Türkiye, 87-96, (2017).
- [17] Aras, G. ve Gencer C., “Muğla İlindeki Mermer İşletmelerine Yönelik Veri Zarflama Analizi Örnek Olayı”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13: 139-153, (2011).
- [18] Oruç, K. O., Çuhadar, M., Kılınc, M. ve Osmançık, S., “Veri Zarflama Analizi İle Mermer İşletmelerinin Etkinlik Ölçümü”, *SDU Department of Econometrics, 15th International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics*, 977-994, (2014).
- [19] Akkoyun Ö. ve Toprak, Z. F., “Mermer Blok Kalitelerinin Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirlenmesi”, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS'2008*, 15-17 Ekim 2008, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, (2008).
- [20] Yalçın, B., Uçun, İ. ve Kuru, M., “Mermer Kesme Testerelerinde Oluşan Kesme Kuvvetinin Bulanık Mantık (BM) Yöntemiyle Modellenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 22(2): 329-336, (2007).
- [21] Saaty T.L., “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research*, 48: 9-26, (1990).
- [22] Saaty T.L., “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, *Interfaces*, 24(6): 19-43, (1994).
- [23] Saaty T.L., “Decision making with the analytic hierarchy process”, *Int. J. Services Sciences*, 1(1): 83-98, (2008).
- [24] Hwang, C. L., & Yoon, K. P., “Multiple Attribute Decision Making: Methods And Applications”, *New York: Springer- Verlag*, (1981).
- [25] Deng J., “Control Problems of Grey System”, *System and Control Letters*, 1(5): 288-294, (1982).
- [26] Deng J., “Introduction to grey system theory”, *The Journal of Grey System*, 1(1): 1-24, (1989).
- [27] Deng J., “*Basis of Grey Theory*”, Huazhong University of Science and Technology press Wuhan, (2002).
- [28] Üstünişik N. Z., “*Türkiye'deki iller ve bölgeler bazında sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması: Gri ilişkisel analiz yöntemi ve uygulaması [Yük. Lis Tezi, Dn: Güngör Z.]*”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 132 s., (2007).
- [29] Forman, E. H ve Selly, M. A. “*Decision By Objectives (How To Convince Others That You Are Right)*”, World Scientific Pub. Co., USA, Petersburg, (2001).
- [30] Ersoy, M., Çelik, M. Y., Yeşilkaya, L., Mermer Blok Kesme Makinası Seçiminde, GIA (Gri İlişkisel Analiz) Yönteminin Uygulanması, *Türkiye 9. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi ve Sergisi*, 13-15 Aralık, Antalya, Türkiye, 73-86, (2017).
- [31] Wen, K.L., “The grey system analysis and its application in gas breakdown and var compensator finding”, *International Journal of Computational Computing*, 2(1): 21-44, (2004).