

## ÜLKE KAYNAKLARININ VERİMLİ KULLANIMI: 4x4 ARAMA VE KURTARMA ARACI SEÇİMİNDE AHS VE TOPSIS YÖNTEMLERİNİN UYGULAMASI

Yük. End. Müh. Yusuf ŞAHİN\*  
Arş. Gör. Hasan AKYER\*\*

### ÖZET

Sosyal devlet anlayışının gelişmesine bağlı olarak kamu giderleri artmış ve elde bulunan sınırlı kaynakların hizmet kalitesinden ödün verilmeden verimli kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Devletin üstlendiği görevler nedeniyle kamu kurumlarının belirli harcamalar yapmaları gerekmektedir. Bu harcamaların en önemli kalemlerinden birisi de araç alımlarıdır. Bu çalışmada, 4x4 arama kurtarma aracı seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımı ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Araç seçimi, AHS, TOPSIS

## EFFICIENT USE OF COUNTRY RESOURCES: PRACTICE OF THE AHP AND TOPSIS METHODS IN SELECTION OF 4x4 SEARCH AND RESCUE (SAR) VEHICLE

### ABSTRACT

Depending on the development of the sense of social state, public expenditures increased and the efficient use of limited resources without compromising the service quality has become a necessity. Due to the tasks undertaken by the state, public institutions need to make certain expenditures. One of the most important item in expenditures is the vehicle purchases. In this study, the selection of 4x4 SAR vehicle using Analytical Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS methods is discussed.

**Key words:** Vehicle selection, AHP, TOPSIS

---

\* Isparta İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi, yusufytu@gmail.com

\*\* Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, hakyer@pau.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin 30. Başkanı olan John Calvin Coolidge "Hiç bir şey devletin parasını harcamaktan daha kolay değildir. Çünkü devletin parası hiç kimseye aittir." demiştir. Nobel ödüllü ABD'li ekonomist Milton Fridman ise "Bir kişi başkasının parasını, başkası için harcıyorsa, kişi ne fiyata ne de kaliteye bakar." diyerek önemli bir durumu ortaya koymuştur. Ülkenin refah düzeyinin artırılması, hizmet kalitesinden ödün vermeden kamu görevlerinin en iyi şekilde yerine getirilebilmesi için kaynakların harcanması sırasında kendi paramızı harcarken gösterdiğimiz titizliği göstermemiz gerekir. Devletin bütçesinde meydana gelen açığın gelir - gider dengesizliğinden kaynaklandığı ve bu sorunun kaynakları etkin bir şekilde kullanarak aşılabileceği tartışmasız bir durumdur. Geçmişte ve günümüzde bunun örnekleri bulunmaktadır.

Yatırım kararları alınırken bilimsel yöntemlerin kullanılması etkin kaynak kullanımının sağlanmasında çok önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaynakların verimli kullanımı için yatırım ve satınalma alternatiflerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Birden çok yatırım veya satınalma alternatifinin bulunması durumunda, bu alternatiflerin karşılaştırılarak önceliği yüksek alternatifin seçimi çok ölçütlü bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu karar probleminin çözümünde kullanılacak çeşitli yöntemler olmakla birlikte, en çok bilinen ve uygulanan yöntemler Saaty (1977) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile Yoon ve Hwang (1981) referans alınarak Chen ve Hwang (1992) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemleridir.

AHS yöntemi üretim, pazarlama, toplam kalite yöntemi, kıyaslama ve benzeri konulardaki çok ölçütlü karar problemlerinin çözümünde sıkça kullanılan bir yöntemdir. AHS'nin tek başına kullanıldığı çalışmalar olduğu gibi başka yöntemler ile bütünleştirilerek kullanıldığı çalışmalar da literatürde mevcuttur. AHS yöntemi tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi (Ghodsypour ve diğerleri, 1996; Tam, ve Tummala, 2001; Dağdeviren, ve diğerleri, 2001; Koçak, 2003; Wang, ve diğerleri, 2001 Murat ve Çelik, 2007), otomobil seçimi (Güngör ve İşler, 2005), ders seçimi (Dündar, 2008), hastane yeri seçimi (Akçalı, 2009) ve maliyet dağıtım anahtarı seçimi (Esmeray ve Tanç, 2009) gibi konularda uygulamaları mevcuttur. Performans değerlendirme (Yaraloğlu, 2001; Albayrak ve Erkut, 2005; Eraslan ve Algün, 2005; Girginer ve Kaygısız, 2009; Çetin ve Bıtrak, 2010) kredi değerlendirme (İç ve Yurdakul, 2000) ve yatırım değerlendirme (Kengpol, 2004) çalışmalarında da kullanılacak yöntemlerin başında AHS yöntemi gelmektedir.

Çok ölçütlü karar problemlerinde sıkça kullanılan diğer bir yöntem ise TOPSIS yöntemidir. TOPSIS yöntemi, insan kaynağı seçimi (Ecer, 2006), mermer kesim yöntemi seçimi (Eleren ve Ersoy, 2007), ERP yazılımı seçimi (Özgül ve Yazgan, 2006), dengelenmiş skor kartındaki stratejilerin seçimi ve sıralanması (Dodangeh ve diğerleri, 2011), robot seçimi (Chu ve Lin, 2003) gibi seçim çalışmalarında kullanılacak bir yöntemdir. Bunun yanı sıra,

performans değerlendirme (Yurdakul ve İç, 2005; Demireli 2010), CNC makinelerinin özelliklerinin değerlendirilmesi (Athawale ve Chakraborty, 2010) gibi değerlendirme çalışmalarında başvurulan bir yöntemdir.

Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde, AHS ve TOPSIS yöntemlerinin seçim ve değerlendirme çalışmalarında sıkça kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise arama ve kurtarma faaliyetlerinde kullanılmak üzere alınacak olan 4x4 bir pikap araç için seçim ölçütleri uzman kişilerin görüşleri alınarak belirlenmiş, belirlenen ölçütler AHS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmış ve araçların teknik özellikleri belirlenen bu ağırlıklara göre değerlendirilerek mantıklı bir seçenek ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde çok ölçütlü karar verme tekniklerinden en çok kullanılan yöntem olan AHS kısaca anlatılmıştır. Üçüncü bölümde TOPSIS yönteminin detaylarından bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde AHS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak araç seçimi ile ilgili uygulama çalışmaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için öneriler yapılmıştır.

## 2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), Thomas H. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilmiş bir tekniktir. Bu yöntem geçen 34 yıllık süre zarfında birçok alanda yapılan uygulamalarda kullanılmıştır. AHS, en genel tanımıyla, çok kriterli puanlama tekniğinde kullanılan kriterlerin ağırlıklandırılmasında bir yaklaşım sağlar (Ulucan,2004:332). Kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklandırılmasında kullanılan skala Saaty'nin skalasıdır. Saaty gösterge çizelgesi Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1: Saaty gösterge çizelgesi (Triantaphyllou, 2000).**

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklama
1	Eşit Önem	İki alternatif amaca eşit katkıda bulunur.
3	Diğerine göre zayıf önem	Tecrübe ve yargılar birinin diğerine az tercih edilebilirliğini gösterir.
5	Güçlü önem	Tecrübe ve yargılar birinin diğerine tercih edilebilirliğini gösterir.
7	Daha güçlü önem	Bir aktivite güçlü şekilde tercih edilebilir ve uygulamada baskındır.
9	Çok güçlü önem	Bir aktivite kanıtlanmış bir tercih edilebilirliğe ve en yüksek sıraya sahiptir.
2, 4, 6, 8	İki yargı arasındaki ara önem dereceleri	Uzlaşma gerektiğinde.
Değerlerin Tersleri	<i>i</i> aktivitesi <i>j</i> aktivitesiyle kıyaslandığında yukarıdaki değerlerden birine sahipse, <i>j</i> aktivitesi <i>i</i> aktivitesiyle karşılaştırıldığında bu değer tersine sahip olur	

Tablo 1'de verilen gösterge çizelgesi kullanılarak hangi alternatif veya ölçütlerin daha ağırlıklı olduğunun tespit edilmesi için ikili karşılaştırma matrisi hazırlanır. n sayıda ölçüt kullanılması halinde nxn boyutunda bir ikili karşılaştırma matrisi ortaya çıkacaktır. Tablo 2'de örnek bir ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir.

**Tablo 2: İkili karşılaştırma matrisi**

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3
Ölçüt 1	1	w1/w2	w1/w3
Ölçüt 2	w2/w1	1	w2/w3
Ölçüt 3	w3/w1	w3/w2	1

w2/w1 oranı 2 numaralı ölçütün bir numaralı ölçüte göre ne derece tercih edildiğini gösterir. Örneğin bu değer 9 olması durumunda, “2 numaralı ölçüt 1 numaralı ölçüte göre çok güçlü öneme sahiptir” denir. Yani bu ölçüt kanıtlanmış bir tercih edilebilirliğe ve en yüksek sıraya sahiptir. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra matriste yer alan her bir eleman bulunduğu sütunun toplamına bölünerek normalleştirme işlemi gerçekleştirilir. Eğer bir özelliğe ait değer (örneğin fiyat) küçük olması isteniyorsa ilgili değer tersi alındıktan sonra normalleştirme işlemi uygulanır.

Her bir satırda yer alan değerlerin ortalaması alınarak ölçütlerin ağırlıkları belirlenir. Ama yapılması gereken işlem burada tamamlanmış olmaz. Kriter ağırlıklarının tutarlı olarak belirlenip belirlenmediğinin tespiti için tutarlılık ölçütü belirlenir. Bu ölçütün belirlenmesi AHS'nin en kuvvetli yönlerinden biridir.  $i$  alternatifi için tutarlılık ölçütü Denklem 1 kullanılarak belirlenir (Ulucan, 2004: 337).

$$C_i = \frac{\sum_j T_{ij} p_j}{p_i} \quad (1)$$

$T_{ij} = i$  ve  $j$  ölçütlerinin (ya da alternatiflerinin) ikili karşılaştırma değeri

$p_j = j$  ölçütünün (ya da alternatifinin) puanı

Tutarlılık ölçütünün belirlenmesinden sonra bu seferde tutarlılık oranı (CR) belirlenir. Tutarlılık oranının belirlenmesi Denklem 2 ve 3 kullanılır (Ulucan, 2004: 338).

$$CI = \left( \sum_i \frac{C_i}{n} - n \right) / (n - 1) \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0,10 \quad (3)$$

Yukarıdaki formülde yer alan RI değeri rastsal indekstir. Adından da anlaşılacağı üzere rastsal üretilen matrislerden elde edilmiştir. RI değerini ölçüt sayısına göre Tablo 3'ten seçerek kullanırız. Çalışma kapsamında 9 adet ölçüt belirlendiği için kullanacağımız RI değeri 1,45'dir. Tutarlılık oranının 0,10'nun altında kalması durumunda ölçütlerinin ağırlıklarının yaklaşık olarak doğru hesaplanmış demektir.

Tablo 3: Rastsal indeks tablosu

n	RI	n	RI	n	RI	n	RI	n	RI
1	0	4	0,9	7	1,32	10	1,49	13	1,56
2	0	5	1,12	8	1,41	11	1,51	14	1,57
3	0,58	6	1,24	9 *	1,45	12	1,48	15	1,59

### 3. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, n boyutlu (ölçütlü) alanda m noktalı (alternatif) geometrik bir sistem olarak m alternatifli çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Yöntem Hwang ve Yoon (1981) referans alınarak Chen ve Hwang (1992) tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS yönteminin temel mantığı seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme olabildiğince yakın ve negatif ideal çözüme de uzak olmasıdır. Tanımlamadan da anlaşılacağı üzere yöntem ideal çözüme maksimum benzerlikte bir alternatif seçer.

TOPSIS yönteminin hesaplama adımları aşağıdaki sırasıyla verilmektedir.

**1. Adım:** Karar matrisini (P) oluşturulur. Ölçüt sayısı n ve alternatif sayısı m olmak üzere karar matrisi şu şekilde gösterilir (Liaudanskiene ve diğerleri, 2009: 35);

$$P = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

**2. Adım:** Normalleştirilmiş karar matrisinin (R) oluşturulur. Bu matris aşağıdaki Denklem 4 yardımıyla hesaplanır (Opricovic ve Tzeng, 2004: 449).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \quad (4)$$

( $r_{ij}$ :  $i$ : 1,2,...,n; kriter sayısı  $j$ : 1,2,...,m; alternatif sayısı

**3. Adım:** İlk olarak değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir. Ağırlıklar toplamı 1 olmalıdır ( $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ). Daha sonra bu

ağırlıklar kullanılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) elde edilir.  $W_j$ =ölçütün ağırlığı ve  $r_{ij}$  normalleştirilmiş karar matrisindeki ilgili değer olmak üzere, ağırlıklandırılmış karar matrisi değeri Denklem 5 yardımıyla hesaplanır.

$$v_{ij} = w_i \cdot r_{ij} \quad (5)$$

**4. Adım:** İdeal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözümler oluşturulur (Jahanshahloo ve diğerleri, 2006: 1548)

$$A^* = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid i \in I \right), \left( \min_i v_{ij} \mid i \in I' \right) \right\} \quad (6)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid i \in I \right), \left( \max_i v_{ij} \mid i \in I' \right) \right\} \quad (7)$$

**5. Adım:** Ayırım ölçülerinin hesaplanır.  $i$  alternatifinin ideal çözümden uzaklığı ideal ayırım ( $d_i^*$ ) ve negatif ideal çözümden uzaklığı negatif ideal ayırım ( $d_i^-$ ), Denklem 8 ve 9'dan yararlanarak hesaplanır (Jahanshahloo ve diğerleri, 2006: 1548).

$$d_i^* = \left( \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*) \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$d_i^- = \left( \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-) \right)^{1/2} \quad (9)$$

**6. Adım:** Denklem 10 kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık ( $C_i^*$ ) hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (10)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $i$  alternatifinin öncelik değerini gösterir ve ideal çözüme daha yakın olan çözümler daha iyi seçeneklere karşılık gelir.

**7. Adım:** Son olarak da alternatifler ideal çözüme göreli yakınlık ( $C_i^*$ ) değerine göre sıralanır.

#### 4. AHS VE TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE KURTARMA ARACI SEÇİMİ

##### 4.1. AHS İle Araç Seçimi

AHS ile araç seçimi probleminin çözümünde yapılması gereken ilk şey seçim ölçütlerinin ve karar alternatiflerinin belirlenmesidir. Arama kurtarma faaliyetlerinde görev yapan uzman kişiler ile yapılan değerlendirmelerde bir

kurtarma aracından beklenen özellikler belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde 9 adet ölçüt belirlenmiştir. Değerlendirme ölçütleri Tablo 4’de gösterilmektedir.

**Tablo 4: Belirlenen değerlendirme ölçütleri**

Ölçüt	Birim
Yakıt Tüketimi	lt/100 km
Fiyat	TL
Genişlik (İç mekan)	mm
0-100 Km Hızlanma	saniye
Maksimum Hız	km/sa
Yük Kapasitesi	kg
Konfor	-
Güvenlik	Sahip olduğu güvenlik donanımı
Servisin varlığı	Var, Yok

Yakıt tüketimi bir aracın satın alınması sırasında kullanıcıların dikkat ettiği hususların başında gelmektedir. Akaryakıt fiyatlarında yaşanan artışlar bu ölçütün önemi gün geçtikçe artırmaktadır. Alırken ucuza mal edilen ancak yakıt tüketimi fazla olan bir aracın ekonomik olmayacağı ortadadır. Bu nedenle değerlendirme ölçütlerinden birincisi yakıt tüketimidir.

Fiyat yine satın alma kararını etkileyen en önemli ölçütlerden birisidir. Aynı faydayı daha uygun fiyata sağlandığı durumda fiyatı daha uygun olan araç kullanıcı tarafından seçilecektir.

Genişlik ve konfor kurtarma araçlarında aranması gereken diğer bir özelliktir. Arama kurtarma personelinin özellikle uzun mesafedeki olaylara giderken geniş bir iç mekâna sahip aracın kullanımı rahatlık sağlamaktadır. Bu sebepten ötürü genişlik ve konfor değerlendirme ölçütü olarak kullanılmıştır.

Aracın 0–100 km hızlanması ve maksimum hızı olay yerine ulaşma zamanı ve motorun gücü doğrudan ilişkilidir. Meydana gelen olaylarda dakikaların hayati önem taşıdığı durumlarda olay yerine en kısa sürede ulaşılabilmesi ve aracın zor arazi koşullarında seri bir şekilde ilerleyebilmesi için hızlanma ve maksimum hız önemli ölçütlerden biri olarak çalışmaya dâhil edilmiştir.

Arama kurtarma faaliyetlerinde kullanılan donanımların ve arama kurtarma personelinin nakli için kullanılacak bir araçta yük kapasitesi değerlendirmeye dâhil edilmesi gereken diğer bir ölçüttür. Benzer özelliklerde olan araçlardan yük kapasitesi fazla olan araç tercih sıralamasında üst sırada yer alacaktır.

Arama kurtarma aracının sahip olduğu güvenlik donanımı, olaylara hızlı bir şekilde gidildiği düşünüldüğünde, kurtarma personelinin can güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Alternatifler arasında yer alan araçların güvenlik puanları Euro NCAP çarpışma testi sonuçları ve kullanıcı yorumları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bir araca çarpışma testi yapılmış olması ve bu

testten iyi bir sonuç alması güvenlik ölçütünde yüksek puan almasını sağlamıştır.

Seçim sürecinde kullanılan en son ölçüt aracın yetkili servisinin Isparta'daki varlığıdır. Bir aracın periyodik bakımlarının diğer illere gitmeden yapılabilmesi yine önemli bir özelliktir. Nihayetinde hayat kurtarma amacıyla kullanılan bir aracın sürekli bakımlı ve göreve hazır durumda olması gerekir. Yapılan araştırmada, Ford ve Isuzu markalı araçlar için Isparta'da yetkili servis bulunduğu, ancak Toyota ve Nissan marka araçlar için en yakın yetkili servisin Antalya'da olduğu tespit edilmiştir. Isparta'da yetkili servisi olan bir araç bu ölçütten 5 puan alırken, servisi olmayan araç 0 puan almıştır.

Değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesinden sonra yapılan piyasa araştırması ile karar alternatifleri belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde 4 adet araç belirlenmiştir. Bu araçlar ve özellikleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

**Tablo 5: Belirlenen araçlar ve özellikleri**

Model \ Ölçüt	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
TOYOTA HILUX	8,9	58.500	1.835	15,5	4	170	857	4	0
NISSAN SKYSTAR	9,5	51.157	1.825	13,0	5	160	1.020	5	0
FORD RANGER	7,1	60.095	1.805	17,9	5	170	1.175	4	5
ISUZU D MAX	9,5	59.500	1.800	13,5	4	170	1.055	4	5

Belirlenen ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 6'da gösterilmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasından sonra verilen ağırlıkların tutarlılığı sınanması gerekir. Tutarlılık oranının 0,10'nun altında kalması durumunda oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığından bahsedilebilir. Tutarlılık oranının hesabı Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tutarlılık oranı 0,05 olarak bulunmuştur. Oluşturduğumuz ikili karşılaştırma matrisindeki ağırlıklandırmalarımız tutarlıdır. Tutarlılığın belirlenmesinden sonra araç özellikleri normalleştirilir ve ardından da belirlenen ölçüt ağırlıklarına göre puanlandırılır. Eğer bir özelliğin küçük olması tercih ediliyorsa o ölçüte ait değer tersi alınarak normalleştirme işlemi gerçekleştirilir.



**Tablo 6: İkili karşılaştırma matrisi**

	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	1,00	0,13	1,00	0,50	0,50	0,33	1,00	0,50	0,20
FİYAT (TL)	8,00	1,00	7,00	4,00	6,00	3,00	5,00	2,00	2,00
GENİŞLİK (MM)	1,00	0,14	1,00	0,50	1,00	0,33	1,00	0,20	0,50
0-100 KM HIZLANMA (SN)	2,00	0,25	2,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,25	0,33
KONFOR	2,00	0,17	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,25	0,5
MAKSİMUM HIZ (KM)	3,00	0,33	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00
YÜK KAPASİTESİ (kg)	1,00	0,20	1,00	1,00	2,00	0,50	1,00	0,33	2,00
GÜVENLİK	2,00	0,50	5,00	4,00	4,00	1,00	3,00	1,00	3,00
SERVİS	5,00	0,50	2,00	3,00	2,00	0,50	0,50	0,33	1,00
<b>TOPLAM</b>	<b>25,00</b>	<b>3,22</b>	<b>23,00</b>	<b>17,00</b>	<b>18,50</b>	<b>7,67</b>	<b>15,00</b>	<b>5,87</b>	<b>11,53</b>

**Tablo 7: Tutarlılık oranı**

	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS	Kriter Ağırlığı	Tutarlılık Ölçütü
YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,09	0,02	0,05	8,64
FİYAT (TL)	0,32	0,31	0,30	0,24	0,32	0,39	0,33	0,34	0,17	0,32	8,87
GENİŞLİK (MM)	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	9,38
0-100 KM HIZLANMA (SN)	0,08	0,08	0,09	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,03	0,07	8,81
KONFOR	0,08	0,05	0,04	0,06	0,05	0,07	0,03	0,04	0,04	0,05	9,35
MAKSİMUM HIZ (KM)	0,12	0,10	0,13	0,12	0,05	0,13	0,13	0,17	0,17	0,12	10,07
YÜK KAPASİTESİ (kg)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,11	0,07	0,07	0,06	0,17	0,06	11,66
GÜVENLİK	0,08	0,16	0,22	0,24	0,22	0,13	0,20	0,17	0,26	0,18	10,08
SERVİS	0,20	0,16	0,09	0,18	0,11	0,07	0,03	0,06	0,09	0,11	9,52
<b>TOPLAM</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>Tut. Oran</b>	<b>0,05</b>

Tablo 5'te verilen özelliklerin normalleştirilmiş değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8: Araç özelliklerinin normalleştirilmiş hali**

Ölçüt Modeller	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
TOYOTA HILUX	0,246	0,240	0,253	0,240	0,220	0,254	0,209	0,200	0,000
NISSAN SKYSTAR	0,231	0,280	0,251	0,280	0,280	0,239	0,248	0,333	0,000
FORD RANGER	0,292	0,240	0,248	0,210	0,280	0,254	0,286	0,267	0,500
ISUZU D MAX	0,231	0,240	0,248	0,270	0,220	0,254	0,257	0,200	0,500

Normalleştirilmiş değerler belirlenen ölçüt ağırlıkları ile çarpılarak araçlara verilen puan belirlenir. Araç alternatiflerine ait nihai değerlendirme puanları Tablo 9'da gösterilmiştir. Buna göre Ford Ranger marka aracın kurtarma aracı olarak seçilmesi gerekir.

**Tablo 9: Araç özelliklerinin normalleştirilmiş hali**

Ölçüt Modeller	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS	Puan
	0,05	0,32	0,04	0,07	0,05	0,12	0,06	0,18	0,11	
TOYOTA HILUX	0,246	0,244	0,253	0,238	0,222	0,254	0,209	0,200	0,000	0,207
NISSAN SKYSTAR	0,231	0,279	0,251	0,283	0,278	0,239	0,248	0,333	0,000	0,248
FORD RANGER	0,292	0,237	0,248	0,206	0,278	0,254	0,286	0,267	0,500	0,279
ISUZU D MAX	0,231	0,240	0,248	0,273	0,222	0,254	0,257	0,200	0,500	0,265

#### 4.2 TOPSIS İle Araç Seçimi

Araç seçimi problemi için 9 adet ölçüt belirlenmişti. Ölçütler önem derecesine göre 1'den 9'a kadar numaralandırılmış ve sıralamadaki yerine göre ağırlık verilmiştir. Bu ölçütlere her birine Tablo 10'da verilen ağırlıklar atanmıştır.

Tablo 10: Ölçütler için belirlenen ağırlıklar

ÖLÇÜT	ÖNCELİK SIRASI	SIRANIN TERSİ	AĞIRLIK HESABI	AĞIRLIĞI
FİYAT (TL)	1	1	$\frac{1}{2,829}$	0,353
GÜVENLİK	2	1/2	$\frac{(1/2)}{2,829}$	0,177
MAKSİMUM HIZ (KM)	3	1/3	$\frac{(1/3)}{2,829}$	0,118
SERVİS	4	1/4	$\frac{(1/4)}{2,829}$	0,088
0-100 KM HIZLANMA (SN)	5	1/5	$\frac{(1/5)}{2,829}$	0,071
YÜK KAPASİTESİ (kg)	6	1/6	$\frac{(1/6)}{2,829}$	0,059
YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	7	1/7	$\frac{(1/7)}{2,829}$	0,050
KONFOR	8	1/8	$\frac{(1/8)}{2,829}$	0,044
GENİŞLİK (MM)	9	1/9	$\frac{(1/9)}{2,829}$	0,039
	TOPLAM	2,829		1,000

AHS'de olduğu gibi bir ölçütün değerinin düşük olması tercih sebebi ise normalleştirme işleminden önce o değer tersi alınarak karar matrisi A oluşturulur. Buna göre 4x4 kırtarma aracı seçimi probleminin TOPSIS çözümüne ilişkin başlangıç matrisi Tablo 11'de gösterildiği şekilde olacaktır.

Tablo 11: Karar matrisi

Ölçütler Modeller	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
TOYOTA HILUX	0,11	58.500	1.835	0,0645	4	170	857	4	0,00
NISSAN SKYSTAR	0,11	51.157	1.825	0,0769	5	160	1.020	5	0,00
FORD RANGER	0,14	60.095	1.805	0,0559	5	170	1.175	4	5,00
ISUZU D MAX	0,11	59.500	1.800	0,0741	4	170	1.055	4	5,00
Ölçüt Ağırlığı	0,050	0,353	0,039	0,071	0,044	0,118	0,059	0,177	0,088

Karar matrisi oluşturulduktan sonra Denklem 1 kullanılarak standart karar matrisi (R) oluşturulur. Standart karar matrisi Tablo 12'de gösterilmektedir.

**Tablo 12: Standart karar matrisi**

Ölçütler Modeller	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
TOYOTA HILUX	0,48	0,51	0,51	0,47	0,44	0,51	0,41	0,47	0,00
NISSAN SKYSTAR	0,45	0,45	0,50	0,56	0,55	0,48	0,49	0,59	0,00
FORD RANGER	0,60	0,52	0,50	0,41	0,55	0,51	0,57	0,47	0,59
ISUZU D MAX	0,45	0,52	0,50	0,54	0,44	0,51	0,51	0,47	0,59
Ölçüt Ağırlığı	0,050	0,353	0,039	0,071	0,044	0,118	0,059	0,177	0,088

Standart karar matrisinin ardından belirlenen ölçüt ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklandırılmış karar matrisi, ölçüt ağırlığının her bir matris elemanı ile çarpılmasıyla elde edilir. Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi Tablo 13'te gösterilmektedir.

**Tablo 13: Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi**

Ölçütler Modeller	YAKIT TÜKETİMİ (lt/100 km)	FİYAT (TL)	GENİŞLİK (MM)	0-100 KM HIZLANMA (SN)	KONFOR	MAKSİMUM HIZ (KM)	YÜK KAPASİTESİ (kg)	GÜVENLİK	SERVİS
TOYOTA HILUX	0,024	0,180	0,020	0,033	0,020	0,060	0,024	0,083	0,000
NISSAN SKYSTAR	0,023	0,157	0,020	0,040	0,024	0,056	0,029	0,103	0,000
FORD RANGER	0,030	0,185	0,020	0,029	0,024	0,060	0,034	0,083	0,050
ISUZU D MAX	0,023	0,183	0,019	0,038	0,020	0,060	0,030	0,083	0,050

Ağırlıklandırılmış standart karar matrisinin oluşturulmasının ardından ideal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm setleri oluşturulur.  $A^*$  çözüm seti için elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisinin sütunlarında yer alan en büyük değer seçilirken,  $A^-$  çözüm seti için en küçük değerler seçilir. Buna göre elde edilen çözüm setleri şu şekildedir;

$$A^* = \{0,030; 0,185; 0,020; 0,040; 0,024; 0,060; 0,034; 0,103; 0,050\}$$

$$A^- = \{0,023; 0,157; 0,019; 0,029; 0,020; 0,056; 0,024; 0,083; 0,000\}$$

İdeal ve negatif ideal çözüm kümelerinin belirlenmesi(nden sonra Denklem 3.5 ve 3.6 kullanılarak i alternatifinin ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır. İdeal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar kullanılarak da alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları belirlenir. Toyota için ideal ayırım;

$$d_{toyota}^* = \sqrt{\frac{(0,024 - 0,030)^2 + (0,180 - 0,185)^2 + (0,020 - 0,020)^2 + (0,033 - 0,040)^2 + (0,020 - 0,024)^2 + (0,060 - 0,060)^2 + (0,024 - 0,034)^2 + (0,083 - 0,103)^2 + (0,000 - 0,005)^2}{2}} = 3,126 \times 10^{-3}$$

formülü ile hesaplanır. Buna göre alternatiflerin ideal ve negatif ideal ayırımdan uzaklıkları ile ideal çözüme olan göreli yakınlıkları Tablo 14'te gösterilmektedir.

**Tablo 14: Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıklarının hesaplanması**

Ayırım Marka	$d_i^*$	$d_i^-$	$C_i^*$
TOYOTA HILUX	0,0031	0,0006	0,153
NISSAN SKYSTAR	0,0034	0,0006	0,143
FORD RANGER*	<b>0,0005</b>	<b>0,0035</b>	<b>0,869</b>
ISUZU D MAX	0,0006	0,0033	0,840

TOPSIS ile yapılan değerlendirilmede de sonuç değişmemiştir. Yine en iyi puanı Ford Ranger marka pikap alırken en düşük puanı Toyota Hilux almıştır. Her iki yöntemle de yapılan değerlendirilme neticesinde Ford Ranger marka aracın seçiminin uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

## 5. SONUÇ

Sosyal devlet anlayışının gelişmesi ile birlikte kurumlarının giderleri artmış ve elde bulunan sınırlı kaynakların hizmet kalitesinden ödün vermeden etkin, verimli ve israfa yol açmayacak bir şekilde kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Devletin yüklendiği görevlerin önemli bir kısmı belli harcamalarda bulunmayı gerektirir. Bu harcamalardan en önemli kalemlerinden birisi de kamusal görevlerde kullanılmak üzere alınan araç ve gereçlerdir. Bu çalışmada, arama ve kurtarma faaliyetlerinde kullanılmak üzere alınacak olan 4x4 bir pikap araç için seçim ölçütleri belirlenmiş, belirlenen ölçütler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmış ve araçların teknik özellikleri belirlenen bu ağırlıklara göre değerlendirilerek bir seçenek ortaya konmaya çalışılmıştır. Değerlendirmeye tabi tutulan 4 model arasından Isparta için uygun olanının Ford Ranger marka arazi aracı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma servis seçeneğinin illere göre değişiklik göstermesi nedeniyle farklı illerde farklı sonuçlar

verebilecek bir çalışmadır. Bu ölçüt değerlendirme dışı bırakıldığında en uygun aracın Nissan Skystar olacağı görülmüştür.

Kamu kurumlarına yapılan mal alımları 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu hükümleri çerçevesinde gerçekleştirilir. Bu alımlar, yapılan alımın tutarına göre doğrudan temin, pazarlık usulü ve ihale yoluyla yapılabilir. 2011 yılı rakamlarına göre 12.709 TL'ye kadar olan mal alımları için doğrudan temin yoluna gidilir. Eğer yapılacak alım, kurumun bütçesinden mal alımı için ayrılan tutarın %10'unun ve 127.154 TL'nin altındaysa pazarlık yolu ile alım yapılır. Bu şartların yanında, 4734 sayılı kanunda belirtilen istisna haller haricinde ihale yapılması zorunludur. Bu çalışmada ele alınan örnekte, araçların mevcut bedelleri mal alım bütçesinin %10'unu aştığı için ihale yapılması gerekir. Ancak yapılan çalışma ihale dosyasının ve teknik şartnamenin hazırlanmasında uygulayıcılara fikir vermesi açısından yararlı bir çalışma olmuştur. Diğer taraftan, kurum bütçesinin belirlenmesinde araç alımı için ayrılan kısmın neye göre belirlendiğini göstermesi bakımından da faydalı bir çalışma olduğu düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda AHS ve TOPSIS yöntemleri ile bulanık mantık bir arada kullanılarak farklı çözüm yaklaşımları geliştirilebilir.

#### KAYNAKLAR

- Akçalı, E., (2009). Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14, 2, 69-86.
- Albayrak, Y. E. ve Erkut, H. (2005). Banka Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Süreç Yaklaşımı. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 4, 6, 47-58.
- Athawale, V. M., Chakraborty, S., (2010). A TOPSIS Method-based Approach to Machine Tool Selection. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh, January 9 – 10.*
- Chen, S.J., Hwang, C.L., (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. *Springer-Verlag*, Berlin.
- Chu, T.C., Lin, Y.C. (2003). A Fuzzy Topsis Method for Robot Selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 284-290.
- Çetin A.,C., Bıtrak, İ. A., (2010). Banka Karlılık Performansının Analitik Hiyerarşi Süreci İle Değerlendirilmesi: Ticari Bankalar İle Katılım Bankalarında Bir Uygulama. *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2, 2, 75-92.
- Dagdeviren, M., Eren, T., (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 16, 2, 41-52.

- Demireli, E., (2010). Topsis Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 5,1.
- Dodangeh, J., Yusuf, R. B. M., Jassbi, J., (2011). The best selection of strategic plans in balanced scorecard using multi-objective decision making model. *African Journal of Business Management*, 5, 3, 681-686.
- Dündar, S., (2008). Ders Seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,13, 2, 217-226.
- Ecer, F., (2006). Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy Topsis ve Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi Dergisi, 7, 2, 77-96.
- Eleren, A., ERSOY, M., (2007). Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık Topsis Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Madencilik*, 46, 3, 9-22.
- Eraslan, E., Algün, O., (2005). İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20, 1, 95-106.
- Esmeray M., Tanç, Ş. G., (2009). Çevresel Maliyetlerin Mamullere Yüklenmesinde Kullanılan Dağıtım Anahtarlarının Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,14, 2, 241-260.
- Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., (2001). The total cost of logistics in Supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraints", *International Journal of Production Economics*, 73, 15-27.
- Girginer, N., Kaygısız Z., (2009). İstatistiksel Yazılım Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Birlikte Kullanımı. *Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 10,1,211-233.
- Gök, M., Eltez, A., Yurtay, N., (2007). Analitik Hiyerarşi Süreci Tabanlı Bir Karar Destek Yazılımının Geliştirilmesi. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 1, 42-50.
- Güngör, İ., İşler D.B.,(2005). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 2, 21-33.
- Güven, M., Çelik, N., (2007). Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Otel İşletmelerinde Hizmet Kalitesini Değerlendirme: Bartın Örneği. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 3, 6, 1-20.
- Hwang, C.L.,Yoon, K., (1981). Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. *Springer*, Berlin Heidelberg.
- İç Y.T., Yurdakul, M., (2000). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemini Kullanan Bir Kredi Değerlendirme Sistemi. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15, 1, 1-14.

- Jahanshahloo G.R., Hosseinzadeh L.F., Izadikhah, M., (2006). Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data. *Applied Mathematics and Computation*, 181, 1 544–1551.
- Kengpol A., (2004). Design of a decision support system to evaluate the investment in a new distribution centre. *International Journal of Production Economics*, 90, 1, 59-70.
- Koçak, A., (2003). Yazılım Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi yaklaşımı ve Bir Uygulama. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 1, 67-77.
- Liaudanskiene, R., Ustinovicus, L., Bogdanovicus, A., (2009). Evaluation of Construction Process Safety Solutions Using the TOPSIS Method. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 4, 32-40.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* 156, 445–455.
- Özgül, Ö. Yazgan, H.R., (2006). Bir İşletme İçin TOPSIS ve AHP Yöntemleri ile ERP Yazılımının Seçimi, 26. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Konferansı*, 3-5 Temmuz, Kocaeli.
- Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Scandinavian Journal of Forest Research*,15, 234-281.
- Tam, M.C.Y., Tummala, V.M.R. (2001). An Application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29, 2, 171-182.
- Triantaphyllou, E., (2000), Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands.
- Ulucan, A., (2004). Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme. *Siyasal Kitabevi*, Ankara.
- Wang G., Huang, S. H., Dismukes, J. P., (2001). Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. *International Journal of Production Economics*, 91, 1, 1-15.
- Yaralıoğlu, K., (2001). Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses. *DEÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16, 1.
- Yurdakul, M. and İç, Y. T., (2005). Development of a performance measurement model for manufacturing companies using the AHP and Topsis approaches. *International Journal of Production Research*, 43, 21, 4609-4641.