

Bir Yatırım Problemine Analitik Hiyerarşi Prosesi Yönteminin Uygulanması

Yavuz UYAR*

Ercüment N. DİZDAR**

Mustafa KURT***

ÖZET

Bu çalışmada, Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen ve literatüre kazandırılan Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin bir KİT kuruluşunun ihtiyacı olan pres makinası alımındaki uygulaması aktarılmıştır. Çalışmada, seçeneklerin ne şekilde değerlendirildiği ve AHP ile nasıl karar verildiği detaylı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Ölçütlü Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).

1. GİRİŞ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümü için kullanılan bir yöntemdir (Saaty, 2000a; Crawford 1987; Lusk, 1979; Weiss, 1987). Çok ölçütlü karar verme süreçlerinde karar vericinin yargı, deneyim ve psikolojik durumunu da dikkate alan AHP, günümüzde birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır. AHP'yi diğer karar verme yöntemlerinden ayıran özellik, nicel ve nitel tüm karar değişkenlerinin bir arada değerlendirilmesini sağlamasıdır. Ayrıca, AHP'nin sade ve uygulanabilirliğinin kolay olması da, bu metoda duyulan ilgiyi gittikçe arttırmıştır (Vargas, 1990; Zahedi, 1987). Çalışmada, AHP'nin işleyişi, felsefesi ve temel prensipleri verilerek, bir uygulama aktarılmıştır.

2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)

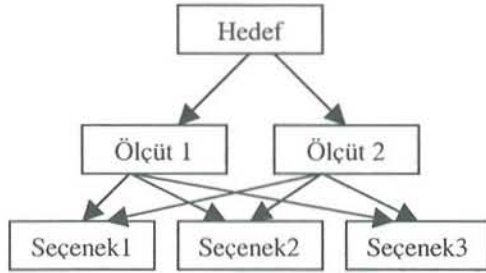
AHP, çok ölçütlü karar problemlerini hiyerarşik olarak derecelendirmekle çözüme başlar. Problemler AHP'de stratejik bir kümeye dönüştürülür. Bunlar hedef, ölçütler ve seçenekler olarak sıralanır. Hiyerarşinin birinci düzeyi (hedef) ile en alt düzeyi (seçenekler) birbirleriyle aradaki düzeyler sayesinde ilişkilidir. Birinci düzey hariç diğer düzeylerde birden fazla eleman vardır. Her bir düzeyde bulunan elemanların birbirleri ile bağımsız olması gerekmektedir. Düzeyler ise birbirleri ile etkileşimlidir. Yani; alt düzeydeki elemanlarla bir üst düzeydeki elemanlar birbirleri ile ilişkilidir. Hiyerarşi tam ve tam olmayan diye ikiye ayrılır. Bir alt düzeydeki elemanların üst düzeydeki tüm elemanları etkiledikleri hiyerarşik yapılara tam hiyerarşi (Şekil 1), yine bir alt yapıya düzeydeki elemanların üst düzeydeki elemanların tamamını

* Dr., Devlet İstatistik Enstitüsü Bilgi Sistemleri Koordinatörlüğü, Ankara, (Haberleşme adresi)

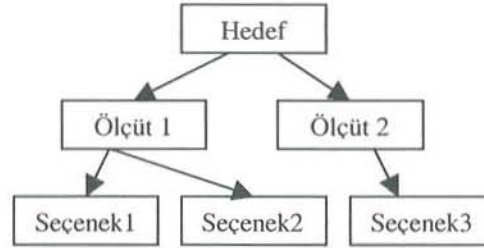
**Yrd.Doç.Dr., Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük T.E.F., KARABÜK.

***Doç.Dr., Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, ANKARA.

etkilemedikleri hiyerarşik ise tam olmayan hiyerarşi (Şekil 2) denir (Saaty 2000a; Basak ve Saaty, 1993). AHP’de karar verici, düzeyler arası ilişkiden yararlanarak problemin çözümüne gider.



Şekil 1. Tam Hiyerarşi Modeli.



Şekil 2. Tam Olmayan Hiyerarşi Modeli.

2.1. AHP’de Kullanılan Göreceli Ölçümler ve Tanımları

Çok ölçütlü karar problemlerinde, ilgilenilen konuyla doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze görüşerek veya bir anket uygulayarak onların seçenekler karşısındaki yargıları öğrenilir. AHP’de sonuçların tutarlı olması bu kişilerin yapacağı ikili karşılaştırma değerlerine bağlıdır. Bu değerlerden ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Yargılar verilirken AHP’de Saaty ve diğer bilim adamları tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği kullanılır (Saaty, 2000a; Harker ve Vargas, 1987; Saaty, 1990). 1-9 ölçeği ve tanımları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. AHP’de Kullanılan Göreceli Ölçümler ve Tanımları.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenek de eşit derecede katkıda bulunmakta
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmış ve bu üstünlük uygulamada göze çarpmakta
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

2.2. AHP’de İkili Karşılaştırma Matrisi

İkili karşılaştırmalar, AHP’nin en önemli aşamasıdır. İkili karşılaştırmaları elde etmek için göreceli ve mutlak ölçümler kullanılır. Bu karşılaştırmalardan yararlanarak AHP’de yargılar bir matrise dönüştürülür. a_{ij} , i . özellik ile j . özelliğin ikili karşılaştırma değerini göstermek üzere, genel olarak ikili karşılaştırma matrisi;

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{pmatrix}$$

olarak gösterilir.

a_{ji} ise, j . özellik ile i . özelliğin karşılaştırma değeridir. Bu değer eğer a_{ij} değeri verilmişse ; $a_{ji} = 1/a_{ij}$ eşitliğinden elde edilir. Bu özelliğe karşılık olma özelliği denir (Vargas, 1986). Yukardaki ikili karşılaştırma matrisinin çözümünden elde edilecek öncelik veya özdeğer vektörü $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ile gösterilir. w_i , görelî önem veya özdeğer olarak tanımlanır. Bu değerlerden aşağıdaki W^* matrisi elde edilir.

$$W^* = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & \cdot & \cdot & w_1/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & \cdot & \cdot & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Eğer sonuçlar tutarlı ise A ve W^* matrislerinin elemanları arasında çok büyük farkların olmaması gerekir.

2.3. Çoklu Karşılaştırma Matrisinin Temel Özellikleri

1. Temel ölçek olarak AHP'de 1-9 ölçeği kullanıldığı için A matrisinin öğeleri daima pozitif ve daima kare matris olacaktır. Yani ikili karşılaştırma matrisi pozitif değerlerden oluşmaktadır. Bütün değerleri sıfırdan büyük olan matrise pozitif değerli matris denir (Saaty, 1999; Saaty, 2000b; Barbeau, 1987).

$$a_{ij} > 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (n : \text{ölçüt veya seçenek sayısı})$$

2. İkili karşılaştırma matrisi tam tutarlı ise aşağıdaki eşitliği sağlar.

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = \frac{w_i}{w_j} \cdot \frac{w_j}{w_k} = \frac{w_i}{w_k} = a_{ik} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Bu özelliğin yani tam tutarlılığın göreceli karşılaştırmalarda elde edilmesi oldukça zordur. Buna karşılık mutlak değerli ölçümlerde tam tutarlılık oluşmaktadır.

3. Eğer A matrisi tam tutarlı ise herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm öğeleri elde edilir.
4. A matrisinin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektöre AHP'de ağırlık veya öncelik vektörü denir. Matris teorisinde, pozitif karşılıklı matris için bu vektör tektir.

5. A matrisinin asal köşegen öğeleri 1'e eşittir.

2.4. AHP' de Kullanılan Aksiyomlar ve Bir Teorem

Aksiyom 1 (Karşılık olma): Eğer bir a ölçütü b ölçütüne göre x katı kadar önemli ise, b ölçütü de a'ya göre 1/x katı önemlidir ($a_{ij} = x$ $a_{ji} = 1/x$) veya $a_{ab} = x$ $a_{ba} = 1/x$

Aksiyom 2 (Homojenlik): İkili karşılaştırmalarda, a ve b ölçütleri için biri diğerine göre ∞ üstün kabul edilemez. Yani $a_{ij} \neq \infty$ (tüm i ve j için)'dur. Ters olarak bir ölçüt de diğerine göre 0 (sıfır) katı üstün kabul edilemez. Yani $a_{ij} \neq 0$ (tüm i ve j için). Kullanılan ölçek 1 – 9 aralığında olduğu için, a_{ij} değerleri 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9 aralığında bir değer olacaktır (Saaty, 1991; Vargas, 1983).

Aksiyom 3 (Bağımsızlık): Ölçütler ve seçenekler kendi içinde bağımsızdır.

Aksiyom 4 (Beklenti): Bir karar problemi hiyerarşik yapıda sunulur.

Teorem : $A = (a_{ij})$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ olmak üzere pozitif değerli ve $n \times n$ boyutlu bir kare matris olsun. A, ancak ve ancak $\lambda_{\max} = n$ ise tam tutarlıdır. A, matrisinin en büyük özdeğeri λ_{\max} ile gösterilir. $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$ formülü ile elde edilir (Saaty, 1980).

2.5. AHP'de Görelî Önemlerin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra görelî önemler hesaplanır. Bu değerler karşılaştırmayı yapan uzmanların kişisel tercihlerine bağlı olarak ortaya çıkan sıralamayı verir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, karşılaştırmayı yapan uzmanlara göre sonuçların elde edilmesidir. Yani aynı problem üzerinde farklı kişiler veya uzmanlar tarafından oluşturulan görelî değerlere göre sonuçlar farklı olabilir. Bu AHP'nin önemli bir özelliğidir (Saaty, 2000b). Çözüm için, özellikle büyük boyutlu matrislerin özdeğer ve özvektörlerini hesaplamak karmaşık bir yapı oluşturmaktadır. Saaty tarafından geliştirilen hesaplama yöntemi ile çözüme daha kısa ve kolay yoldan ulaşılmaktadır (Arbel, 1987). Aşağıda belirtilen adımların sırasıyla yapılması görelî önemleri bulmak için yeterlidir.

1. Adım: Karşılaştırma matrisinin kuvvetlerini alarak büyütme. Bunun için her defasında matrisin karesi alınır.

2. Adım: Daha sonra satır toplamları hesaplanır ve normalleştirilir. Bu vektör, görelî önemleri verme özelliğine sahiptir.

3. Adım: Bir sonraki işlem, ardıl adımdaki satır toplamları arasında fark çok küçükse hesaplama sonlandırılır. Eğer A matrisinin elemanları 4 haneli olarak gösterilirse 1'den fazla iterasyona gerek olmadığı görülür.

2.6. AHP'de Tutarlılık Analizi

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığını analiz etmek için Tutarlılık Oranları'na (T.O) bakılır. İkili karşılaştırma matrisinin a_{ij} girdilerindeki değişiklikler, matrisin en büyük özdeğerinde (λ_{max}) de değişime neden olur. Bundan dolayı $\lambda_{max} - n$ farkı bir tutarlılık ölçüsü vermektedir (Saaty, 2000b). Tutarlılık Göstergesi (T.G) $= \lambda_{max} - n/n - 1$ ile tanımlanmıştır (Saaty, 2000b). Tutarlılık Oranı ise, çeşitli denemeler sonucunda Saaty ve diğer bilim adamları tarafından bulunan Rassallık Göstergesi (R.G) Sayıları Tablosu (Tablo 2) de kullanılarak $T.O = T.G/R.G$ eşitliğinden elde edilir (Saaty, 2000a). Tutarlılık Oranının % 10'dan küçük olması önerilmektedir. Eğer tutarlılık oranı %10'dan daha büyük çıkarsa, karar vericiler Tutarlılık Oranını istenilen seviyeye düşürmek için, yarguları yeniden gözden geçirmeleri gerekmektedir. AHP, bu işlem için öncelikle w_i/w_j oranları matrisini (W^*) oluşturur ve $|a_{ij} - w_i/w_j|$ mutlak farklar matrisini elde ederek çözüme başlar. Bu matrislerin elemanlarını yeniden gözden geçirerek, özellikle en büyük farkın olduğu satır kullanılarak bazı sorunlar çözülebilir. Yöntem tutarlılık oranını istenilen seviyeye çekene kadar devam edebilir. Kısaca duyarlılık analizi yöntemi, sorunlu satırdaki bütün a_{ij} 'lerin yerini w_i/w_j 'lerin almasından oluşmaktadır ve görelî önem vektörü yeniden hesaplanmaktadır. Bu durumun tekrar edilebilirliği, tutarlı duruma yakınsamayı kuvvetlendirdiği için önemlidir. Bu bir iteratif yöntem gibidir, öyle ki a_{ij} değerleri gittikçe w_i/w_j 'ye yakınsamaktadır.

Tablo 2. Rassallık Göstergesi Sayıları (Saaty, 2000b).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.İ	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

2.7. Fayda / Maliyet Analizi

AHP, çok kriterli karar problemlerinde, seçeneklerin önceliklerini veya yararlarını belirlemede mantıksal bir yapı sunar. Çoğu karmaşık kararlarda maliyet unsuru, seçeneklerin önceliklerini elde edene kadar dışarda tutulabilir. Diğer bir ifadeyle; maliyet ayrı bir yapıdadır. Çünkü; bir seçeneğin yararı ne kadar büyük olursa olsun maliyet kısıtı bunu uygulamaya imkan vermeyebilir. AHP'de maliyetler başlangıçta ayrı tutulur ve daha sonra probleme dahil edilir (Saaty, 2000a; Arbel 1987).

Fayda / maliyet analizi ile, maliyet unsuru veya kısıtı karar verme sürecine dahil edilir. AHP ile seçeneklerin görelî önem dereceleri elde edildikten sonra, bazı karar problemlerinde maliyet açısından kararın uygulanabilir olup olmadığına bakılır. Çünkü, günümüzde maliyet kısıtı çoğu kararda tek başına bile etkili olabilmektedir.

3. BİR UYGULAMA

Bir KİT kuruluşunda yeni bir pres tezgahının satın alımı gündeme gelmiştir. Bu alımda özellikle seçimi yapılacak presin işyerlerine uygun, birim zamanda verimi arttırıcı ve çalışanlar için güvenli olmasına dikkat edilmesi amaçlanmıştır.

Bu satın alım için kuruluşun tercihleri ve öncelikleri doğrultusunda teknik bir şartname hazırlanmış ve bu konuda tanınmış firmalarla irtibat sağlanmıştır. Bu firmaların isimleri A, B, C, D ve E olarak gösterilmiştir.

Firmaların ürettikleri prese ait özellikler Tablo 3’de verildiği gibidir. Üretici firmaların verdiği değişik teklifler değerlendirildiğinde, satın alım aşamasında kuruluş için pres makinası alımı çoklu bir karar verme problemine dönüşmüştür. Bu tip çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için AHP metodu uygulanabilir görülmüştür.

3.1. Pres Seçimi Hiyerarşisi

Şekil 3’de pres makinası seçiminin hiyerarşik yapısı sunulmuştur. Birinci düzey hedefi; yani pres alımında memnuniyeti; ikinci düzey ölçütleri; üçüncü düzey ise seçenekleri göstermektedir. Pres makinasının alımını gerçekleştirebilmek için altı kriter özellikle teknik şartnamede belirtilerek amaca uygun görülmüştür.

AHP, seçenekler arasında faydası en büyük olanın seçilmesine yardımcı bir tekniktir. Bazı problemlerde karar ne kadar tercih edilebilir olursa olsun mali kısıtlar buna imkan vermiyorsa bu karar uygulanamaz (Saaty, 2000a). Bu uygulamada da benzer bir durum ortaya çıkmıştır. Hesaplamalar sonucunda, fayda yönünden en büyük değere sahip olan seçenek, maliyet kısıtı nedeniyle tercih edilememiş ve bunun yerine başka bir seçenek tercih edilmiştir.

Ele alınan kriterlerin tanımları aşağıda verilmiştir:

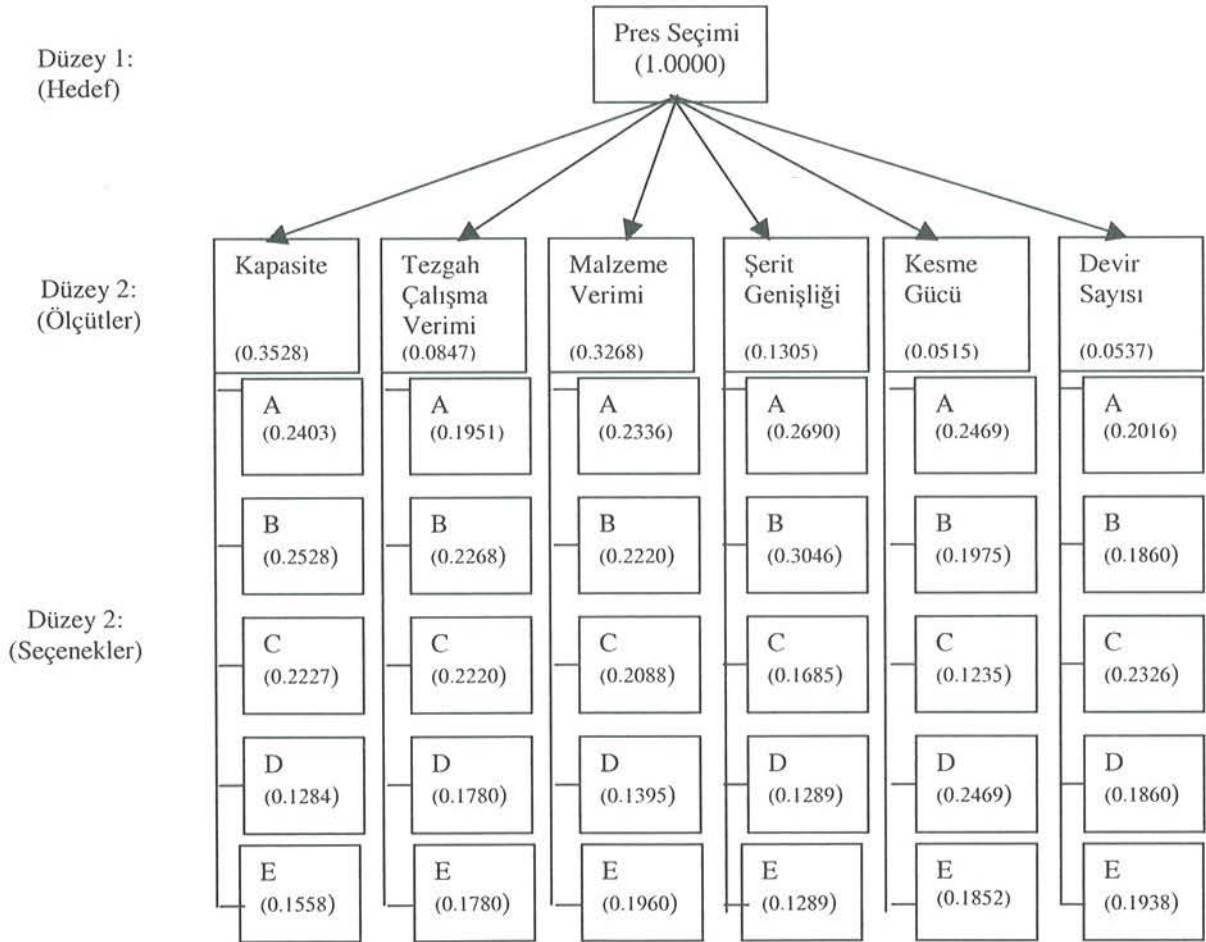
1. Kapasite (Adet/Saat): Burada istenilen adedi gerçekleştirme süresi olarak değerlendirilecektir. İstenen sayısal üretim miktarının en kısa zamanda olması tercih edilir. Teknik şartnamede istenilen üretim miktarı yılda 260 milyon adet olarak belirtilmiştir.
2. Tezgah Çalışma Verimi (%): Tezgahın bir çalışmasını tamamlayıp bitirdikten sonra, bir sonraki çalışma için hazırlık süresini gösterir.
3. Malzeme Verimi (%): Çıkan/Giren malzeme oranı olarak ele alınır.
4. Şerit Genişliği (mm): Şeritlerin geniş olması tercih edilmektedir. Çünkü birim zamanda elde edilen ürün adedi fazla olacaktır.
5. Kesme Gücü (Ton): Tezgaha giren şeritleri kesme gücüne denir.
6. Devir Sayısı (d/d): Takım veya aparatın dakikada şeride vuruş sayısıdır.

Tablo 3’de sunulan veriler ilgili kuruluşun Satın Alma Dairesi Başkanlığı’ndan alınmıştır.

Verilerden de anlaşılacağı gibi, bir seçenek üzerinde karar vermek oldukça güçtür. Problem bu aşamadan sonra bir hiyerarşik yapı olarak gösterilebilir (Şekil 3).

Tablo 3. Ölçütler ve Firmaların Teknik Karşılaştırma Verileri.

Kriterler	Kapasite	Tezgah Çalışma Verimi	Malzeme Verimi	Şerit Genişliği	Kesme Gücü	Devir Sayısı
Firmalar	(Adet/ Saat)	(%)	(%)	(mm)	(Ton)	(d/d)
A	50 397	80	74,5	265	100	130
B	53 018	93	70,8	300	80	120
C	46 721	91	66,6	166	50	150
D	26 923	73	44,5	127	100	120
E	32 688	73	62,5	127	75	125



Şekil 3. Pres Makinası Seçimi için Tam Hiyerarşi ve Öncelik Sıraları.

3.2. Hesaplamalar

Kuruluş için çok ölçütlü karar verme probleminin hiyerarşik yapısı kurulmuş ve çözüm gerçekleştirilmiştir. Önce ikinci düzey elemanlarının birinci düzeye göre, daha sonra üçüncü düzey elemanlarının ikinci düzeye göre önem sırası elde edilmiş ve bu değerler yardımıyla nihai çözüme gidilmiştir.

3.2.1. Ölçütlerin hedefe göre önem sıralarının belirlenmesi

Altı kriter için ikili karşılaştırma matrisi (yargı matrisi) oluşturulmuştur (Tablo 4). Bu matris, Satın Alma Dairesi'nin teknik heyeti tarafından oluşturulmuştur. Ölçütler birbirleri ile karşılaştırılırken şu soru sorulmuştur "Genel hedef düşünüldüğünde her bir ölçüt diğerinden ne kadar daha önemlidir ?" Yargılar, AHP için önerilen temel ölçek Tablosu kullanılarak verilmiştir.

Tablo 4. Ölçütlerin Çoklu Karşılaştırma Matrisi (Yargı Matrisi – Hedefe Göre)

Ölçütler	Kapasite	Tezgah Çalışma Verimi	Malzeme Verimi	Şerit Genişliği	Kesme Gücü	Devir Sayısı
Kapasite	1	5	1	3	6	6
Tezgah Çalışma Verimi	1/5	1	1/4	1/2	2	2
Malzeme Verimi	1/1	4	1	3	6	6
Şerit Genişliği	1/3	2	1/3	1	3	2
Kesme Gücü	1/6	½	1/6	1/3	1	1
Devir Sayısı	1/6	½	1/6	1/2	1	1

Ağırlıkların hesaplanması (w vektörü), çözüm yöntemindeki adımlara göre elde edilmiştir.

$$A = \begin{pmatrix} 1,0000 & 5,0000 & 1,0000 & 3,0000 & 6,0000 & 6,0000 \\ 0,2000 & 1,0000 & 0,2500 & 0,5000 & 2,0000 & 2,0000 \\ 1,0000 & 4,0000 & 1,0000 & 3,0000 & 6,0000 & 6,0000 \\ 0,3333 & 2,0000 & 0,3333 & 1,0000 & 3,0000 & 2,0000 \\ 0,1667 & 0,5000 & 0,1667 & 0,3333 & 1,0000 & 1,0000 \\ 0,1667 & 0,5000 & 0,1667 & 0,5000 & 1,0000 & 1,0000 \end{pmatrix}$$

$$A^2 = \begin{bmatrix} 6,0000 & 26,0000 & 6,2500 & 16,5000 & 43,0000 & 40,0000 \\ 1,4833 & 6,0000 & 1,5333 & 4,0167 & 10,2000 & 9,7000 \\ 5,8000 & 25,0000 & 6,0000 & 16,0000 & 41,0000 & 38,0000 \\ 2,2333 & 9,5000 & 2,3333 & 6,0000 & 16,0000 & 15,0000 \\ 0,8778 & 3,6667 & 0,9028 & 2,4167 & 6,0000 & 5,6667 \\ 0,9333 & 4,0000 & 0,9583 & 2,5833 & 6,5000 & 6,0000 \end{bmatrix}$$

Satır toplamları	Normalleştirilmiş satır toplamları	W
137,7500	0,3496	w ₁
32,5333	0,0836	w ₂
131,8000	0,3345	w ₃
51,0667	0,1296	w ₄
19,5306	0,0496	w ₅
20,9750	0,0532	w ₆
394,0556	1,0000	

Bu değerlerden yararlanarak matrisin en büyük özdeğeri $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$

formülüne göre,

1,0000	5,0000	1,0000	3,0000	6,0000	6,0000	0,3496	2,11
0,2000	1,0000	0,2500	0,5000	2,0000	2,0000	0,0836	0,51
1,0000	4,0000	1,0000	3,0000	6,0000	6,0000	0,3345	2,02
0,3333	2,0000	0,3333	1,0000	3,0000	2,0000	0,1296	0,78
0,1667	0,5000	0,1667	0,3333	1,0000	1,0000	0,0496	0,30
0,1667	0,5000	0,1667	0,5000	1,0000	1,0000	0,0532	0,32
						Toplam =	6,04
						$\lambda_{\max} =$	6,04

$\lambda_{\max} \cong 6.04$ olarak elde edilir. En büyük özdeğer, ölçüt sayısı olan 6'ya oldukça yakındır. $T.\dot{I}. = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = 0.008$ ve $R.\dot{I}. n = 6$ için 1.25'dir. Bu değerlere göre, $T.O = T.\dot{I}. / R.\dot{I}. = 0.008/1.25 = 0.0064$ olur. Bu değer yargı matrisinin kendi içinde tutarlı olduğunu göstermektedir. En büyük özdeğere karşılık gelen özvektör ise $W=(137.750, 32.933, 131.800, 51.066, 19.530, 20.975)$ olarak bulunur. Normalleştirilmiş özvektör veya görece önem vektörü $W= (0.3496, 0.0836, 0.3345, 0.1296, 0.0496, 0.0532)$, ölçütlerin hedefe göre önem sırasını vermektedir. Buna göre, en önemli ölçüt, 0.3496 değeri ile kapasite ölçütüdür.

3.2.2. Seçeneklerin kriterlere göre önem sırasının belirlenmesi

Bu kısımdaki hesaplamalarda, üçüncü düzeyin, yani seçeneklerin, her bir ölçüte göre önem sırası hesaplanmaktadır. AHP yöntemine göre, bir alt düzey, bir üstü açısından karşılaştırılmaktadır (Saaty, 2000b). Her bir ölçüte göre ifade edilecek olan

seçeneklere ilişkin karşılaştırma matrisleri geniş yer tutacağından, burada sadece Tezgah Çalışma Verimine göre hesaplamalar gösterilmiştir. Diğerleri için hesaplamalar benzer yolla yapılarak Şekil 3’de sadece sonuçları gösterilmiştir.

Tezgah Çalışma Verimine göre seçeneklerin karşılaştırılması; ilk olarak çoklu karşılaştırma matrisi elde edilir. Tezgah Çalışma Verimi nicel bir değişken olduğu için doğrudan mutlak değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Eğer nitel bir değişken olsaydı 1-9 ölçeğine göre karşılaştırma matrisi oluşturulacaktı.

Tezgah Çalışma Verimine göre seçeneklerin karşılaştırma matrisi aşağıda verilmiştir:

	A	B	C	D	E
A	80/80	80/93	80/91	80/73	80/73
B	93/80	93/93	93/91	93/73	93/73
C	91/93	91/80	91/91	91/73	91/73
D	73/93	73/80	73/91	73/73	73/73
E	73/93	73/80	73/91	73/73	73/73

Bu matris kendi içinde tam tutarlıdır. Çünkü; mutlak karşılaştırmalar tam tutarlılık gösterir (Saaty, 2000b). İlk adım olarak matrisin karesi alınır.

Kare matris;

	A	B	C	D	E
A	5,0000	4,3011	4,3956	5,4795	5,4795
B	5,8125	5,0000	5,1099	6,3699	6,3699
C	5,6875	4,8925	5,0000	6,2329	6,2329
D	4,5625	3,9247	4,0110	5,0000	5,0000
E	4,5625	3,9247	4,0110	5,0000	5,0000

olarak elde edilir. İkinci adım, satır toplamları ve normalleştirilmesidir.

Satır Toplamları	Normalleştirme	W
24,6556	0,1951	w ₁
28,6621	0,2268	w ₂
28,0457	0,2220	w ₃
22,4982	0,1780	w ₄
22,4982	0,1780	w ₅
Toplam = 26,3599	1,0000	

Diğer beş kriter için aynı yol izlenerek Şekil 3’deki ağırlıklar elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra çok ölçütlü bu problemin fayda maliyet analizi ve nihai çözümü, yine bir matris işlemi ile gerçekleştirilecektir.

3.2.3. Fayda/Maliyet analizi ve nihai çözüm

K.	: Kapasite
T.Ç.V.	: Tezgah Çalışma Verimi
M.V.	: Malzeme Verimi
Ş.G.	: Şerit Genişliği
K.G.	: Kesme Gücü
D.S.	: Devir Sayısı

olmak üzere,

	K.	T.Ç.V.	M.V.	Ş.G.	K.G.	D. S.	W_j
A	0,2403	0,1951	0,2336	0,2690	0,2469	0,2016	0,3496
B	0,2528	0,2268	0,2220	0,3046	0,1975	0,1860	0,0836
C	0,2227	0,2220	0,2088	0,1685	0,1235	0,2326	0,3345
D	0,1284	0,1780	0,1395	0,1289	0,2469	0,1860	0,1296
E	0,1558	0,1780	0,1960	0,1289	0,1852	0,1938	0,0496
							0,0532
A	0,2363						
B	0,2407						
C	0,2066						
D	0,1455						
E	0,1711						

Bu sonuçlara göre B, faydası en büyük seçenek olarak elde edilmektedir. Eğer maliyet unsuru karar verme sürecine dahil edilmeseydi B seçeneği üzerinde karar verilecekti. Ancak, fayda / maliyet analizi sonucu bu kararın değiştiği görülmektedir.

	Maliyet (Milyon TL)	Normalleştirilmiş Maliyet	Fayda	Fayda/Maliyet Oranı
1. A	254 091	0,3248	0,2363	0,7274
2. B	160 920	0,2057	0,2407	1,1704
3. C	135 393	0,1731	0,2066	1,1934
4. D	100 103	0,1279	0,1455	1,1357
5. E	131 868	0,1685	0,1711	1,0154
Toplam	782 375	1,0000		

Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, maliyet veya finansman gözardı edildiği ve yalnızca faydalar esas alındığında, B üretici firmasının sunmuş olduğu teklif daha uygun görülmektedir. Ancak; büyük bir çoğunlukla işletmelerin finansmanları sınırsız değildir. İşletmelerin karar vericileri, finansman bakımından daima bir kısıtla karşılaşır. Bu durum, onların karar vermede çok ölçütlü düşüncelerini gerektirmektedir. İşte bu gibi durumlarda, karar vericilerin yanılma oranını en aza indiren ve doğru karar verme isabet derecesini maksimum yapan bir yöntem olarak AHP, etkin sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada da görüldüğü gibi, sadece faydalara bakılsaydı B seçeneği kabul edilecekti. Ancak; maliyet kısıtı karar verme sürecine dahil edildiğinde sonuç değişmiş ve fayda/maliyet oranı 1,934 ile en büyük olan C firmasının teklifinin kabul edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, uygulama olarak bir yatırım problemi ele alınmış ve AHP yöntemine göre bir seçenek üzerinde karar verilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, beş firmanın teknik ölçütlere göre karşılaştırılması yapılmış ve daha sonra fayda / maliyet analizi ile nihai sonuca gidilmiştir. Ayrıca; maliyet kısıtının, karar verme süreçlerindeki önemi, sonuçlar üzerindeki etkileri ve AHP ile nasıl ilişkilendirileceği gösterilmiştir.

Çalışma sonucunda ele alınan uygulama için etkin bir karar verme yöntemi olduğu görülmüştür. AHP, buna benzer birçok karar verme probleminde de etkin sonuçlar verebilir. Özellikle kişisel yargı ve tecrübelerin karar verme sürecine katılması, AHP'nin diğer karar verme süreçlerinden farkını göstermektedir. Sonuç olarak, çok ölçütlü karar verme problemleriyle karşı karşıya kalanlar için analitik çözüm önermesi bakımından AHP'nin kullanılması tavsiye edilebilir.

KAYNAKLAR

- ARBEL, A. (1987), *Venturing into New Technological Markers*, Mathematical Modelling, 9/3-5, 293-298.
- BARBEAU, E. (1987), *Reciprocal Matrices of Order 4*, Mathematical Modelling, 9/3-5, 321-326.
- BASAK, I. and SAATY, T. (1993), *Group Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process*, Mathl. Comput. Modelling, 17/4-5, 101-110.
- CRAWFORD, G.B. (1987), *The Geometric Mean Procedure for Estimating the Scale of a Judgment Matrix*, Mathematical Modelling, 9/3-5, 327-334.
- HARKER, P.T. and VARGAS, L.G. (1987), *The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process*, Management Science, 33/11, 1383-1403.
- LUSK, J.R. (1979), *Analysis of Hospital Capital Decision Alternative: Apriority Assingment Model*, JORS, 30, 439-448.
- SAATY, T. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill International Book Company.
- SAATY, T. (1990), *Physice as a Decision Theory*, EJOR, 48 (1990) 98-104.
- SAATY, T. (1991), *Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process*, Behaviormetrica, No.29, 1-9.
- SAATY, T. (1999), *The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process*, 322 Mervis Hall, Pittsburgh. E-mail: SAATY@katz.pitt.edu

- SAATY, T. (2000a), *Decision Making for Leaders*, RWS Publications, 1999/2000 Edition, Pittsburgh.
- SAATY, T. (2000b), *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, RWS Publications, Vol.6, Pittsburgh.
- VARGAS, L.G. (1983), *Analysis of Sensitivity of Reciprocal Matrices*, Applied Mathematics and Computation, 12, 201-220.
- VARGAS, L.G. (1986), *Utility Theory and Reciprocal Pairwise Comparisons: The Eigenvector Method*, Socio-Economic Planning Sciences, 20/6, 387-391.
- VARGAS, L.G. (1990), *An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Application*, EJOR, 48/1, 2-8.
- WEISS, E.N. (1987), *Using the Analytic Hierarchy Process in a Dynamic Environment*, Mathematical Modelling, 9/3-5, 285-292.
- ZAHEDI, F. (1987), *A Utility Approach to the Analytic Hierarchy Process*, Mathematical Modelling, 9/3-5, 387-395.

An Application of The Analytic Hierarchy Process for an Investment Problem

ABSTRACT

In this study, Analytic Hierarchy Process (AHP), developed by Thomas L. Saaty in 1977, has been applied to purchasing of a press machine that was needed by a governmental institution. The decision process the evaluation of the alternatives are also presented in detail.

Key Words : *Multicriteria Decision Analysis, Analytic Hierarchy Process (AHP).*