



Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi

İrfan ERTUĞRUL¹

Nilsen KARAKAŞOĞLU²

Özet

Bu çalışmanın amacı, işletmelerde karar vermeye yardımcı olmak için ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemlerinin bir arada kullanılmasına dayanan bir yaklaşım sunmaktır. Bu yaklaşımda, klasik AHP yönteminin karar vericilerin sübjektif yargılarını ele almada yetersiz olmasından dolayı kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, BAHP yönteminden yararlanılmaktadır. Daha sonra alternatiflerin sıralanmasında ELECTRE yöntemi kullanılmaktadır. Uygulama bölümünde ise sunulan bu yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek için bir işletmede dizüstü bilgisayar seçim problemi ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karar Verme Teknikleri, Bulanık Mantık, ELECTRE, AHP

Computer Selection For A Company With Electre And Fuzzy AHP Methods

Abstract

The aim of this study is to propose an approach based on ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to help decision making in companies. In this approach the weights of the criteria are determined with FAHP method since classical AHP can not take into consideration the subjectivity and uncertainty in the decision making process. And then ELECTRE method is used for ranking the alternatives. In the application section, computer selection problem of a company is given in order to illustrate the feasibility of the proposed approach.

Key Words: Decision Making Techniques, Fuzzy Logic, ELECTRE, AHP

JEL Classification Codes: C01, C02, C44, C61, M41

1. Giriş

İşletmelerde yöneticiler, değişik konularda karşılaştıkları problemleri çözmek veya belirli amaçlarını gerçekleştirmek için sürekli olarak karar vermek durumunda olup zamanlarının büyük bir bölümünü karar vermeye

¹ Yrd. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü
iertugrul@pamukkale.edu.tr, Tel : 02582962653, Fax : 02582962792

² Arş. Grv., Pamukkale Üniversitesi, İşletme Bölümü

ayırmaktadırlar. Yöneticiler, basit günlük kararları alırken sezgilerine dayanırken, daha karmaşık kararlar için analize ihtiyaç duyarlar. Çeşitli karar problemleriyle karşı karşıya kalan yöneticiler için zor problemlerden bir tanesi de alternatifler kümesinden uygun alternatifin seçilmesidir. Bu seçim prosedürüne çelişen ve fazla sayıda kriter dahil olduğu için geleneksel seçim prosedürlerinin kullanılması gerçekçi bir çözüm sunmaz. Bu durumda, çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması uygun olacaktır (Soner ve Önüt, 2006: 111). Bu çalışmada ise işletme yöneticilerine karar vermelerinde yardımcı olmak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) yöntemlerine dayanan bir yaklaşım sunulmuştur. Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmakta amaç, çoklu ve genellikle birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karara mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk ulaşmaktır.

Karar vericilerin subjektif yargılarını da dikkate alabilmek için kriterlerin ağırlıklarını belirlemede klasik AHP yöntemi yerine BAHP yönteminden yararlanılmış ve böylece karar verme sürecindeki belirsizlik azaltılmıştır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2007b: 7). Karar vericiler genellikle sabit değerli yargılara varmaktansa belirli aralıklar dâhilinde yargılara varmayı tercih ederler. Bunun sebebi karar vermede, alternatifleri karşılaştırma sürecinin bulanık doğası gereği kişinin kendi tercihlerini tam olarak belirtememesidir (Büyüközkan vd., 2004: 260–261). Bu yüzden, her kriterin ikili karşılaştırılması sonucu elde edilen değerler üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Böylece, karar vericilerin deneyimlerinden ve öznel algıdan kaynaklanan belirsizliğin üstesinden gelinmiştir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2007a: 4). BAHP yöntemi yardımıyla kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralanmasında ise ELECTRE yöntemi kullanılmıştır. ELECTRE yönteminde alternatifler, tercih sıralamasına göre birbirleriyle kıyaslanarak seçim yapılmaktadır. Çalışmada önerilen bu yöntem yardımıyla bir işletmenin dizüstü seçim problemi ele alınmıştır. Literatürde dizüstü bilgisayar seçim problemini ele alan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Vahidov ve Ji (2005), e-ticarette müşterilerin satın alma kararlarını desteklemek için bir yöntem önererek dizüstü bilgisayar seçimi için kümeleme analizine dayanan bulanık bir model geliştirmişlerdir. Gal ve Hanne (2006), çok kriterli karar verme yöntemleri ve sinir ağlarının birleşimine dayanan bir yaklaşım yardımıyla dizüstü bilgisayar seçim problemini ele almışlardır.

Çalışmanın ilk bölümünde konuya ilişkin bir girişe yer verildikten sonra ikinci ve üçüncü bölümlerde BAHP ve ELECTRE yöntemlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde uygulama ele alınmıştır. Uygulamada, bölüm müdürleri için dizüstü bilgisayar almaya karar veren bir işletme için en uygun bilgisayar alternatifi belirlenmeye çalışılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Fakat klasik AHP yöntemi, belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı eleştirilmektedir (Deng, 1999: 215). Ayrıca AHP yöntemi, uzman kişinin bilgilerini ele alsada, insani düşünme tarzını yansıtamamaktadır (Kahraman *vd.*, 2003: 173). Bu eksikliklerin üstesinden gelebilmek için BAHP yöntemi önerilmiştir. Sözel ifadelerin sayısallaştırılması ve farklı düşüncelerin ortak bir paydada birleştirilmesinin zorluğu BAHP yöntemi ile giderilebilir. Böylece karar verme sürecindeki belirsizliğin daha kolay üstesinden gelinebilir.

Bu bölümde BAHP yönteminin algoritmasını açıklamadan önce, bulanık küme ve bulanık sayı kavramlarına kısaca değinilecektir. Bulanık küme kavramı, ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında “Bulanık Kümeler” adlı makalenin yayınlanması ile ortaya atılmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnelere kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965: 338). Bulanık sayılar ise dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-süreklili üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir (Baykal ve Beyan, 2004: 115). Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçel sayılarla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşidi olup (l, m, u) şeklinde ifade edilir ve üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1)$$

İki pozitif bulanık sayı $A = (l_1, m_1, u_1)$ ve $B = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde tanımlanacak olursa, bu iki üçgen bulanık sayının toplama, çarpma ve ters işlemleri aşağıdaki eşitliklerde görüldüğü gibi olacaktır:

$$A \oplus B = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2)$$

$$A \otimes B = (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1.u_2) \quad (3)$$

$$A^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (4)$$

Çok sayıda yazar tarafından ileriye sürülmüş birçok BAHP yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler hiyerarşik yapının analizini ve bulanık küme teorisini kullanarak alternatif seçimine sistematik bir yaklaşım getirmişlerdir (Ertuğrul, 2007: 173). Bu çalışmada ise Chang (1996) tarafından önerilen genişletilmiş BAHP yöntemi kullanılmıştır. Bu yönetime göre:

$X_n = 1, 2, \dots, n$ bir nesnelere kümesi ve $U_m = 1, 2, \dots, m$ de bir amaçlar kümesi olmak üzere, her bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere ele alınır. Böylece, m tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup şu şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Buradaki tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri üçgen bulanık sayılardır. Chang'ın genişletilmiş analizinin adımları aşağıdaki gibi verilebilir:

1. Adım: i . nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (6)$$

2. Adım: $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı iken $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$ eşitliğinin olabirlik derecesi aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) =_{y \geq x} \sup \left[\min \left(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y) \right) \right] \quad (7)$$

Daha geniş bir ifadeyle iki bulanık sayının karşılaştırılması Eşitlik (9) yardımıyla yapılır. $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ konveks bulanık sayılar iken:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{yükseklik}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (8)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eger } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (9)$$

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının k adet bulanık sayıdan, M_i ($i=1, 2, \dots, k$), daha büyük olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,3,\dots,k \end{aligned} \quad (10)$$

O takdirde S_j 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır.

$$k=1,2,\dots,n; \quad k \neq j \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Daha sonra ağırlık vektörü A_i ($i=1,2,\dots,n$), nin n elemandan oluştuğu şu şekilde verilir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (11)$$

4. Adım: Normalizasyon ile normalize edilmiş vektör W 'nin bulanık bir sayı olmadığı

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (12)$$

ifadesi ile gösterilir.

3. ELECTRE (Elimination et choix traduisant la realite)

ELECTRE yöntemi ilk kez Roy (1971) tarafından ortaya atılmıştır. ELECTRE yönteminin esası, tercih edilen ve edilmeyen alternatifler arasında üstünlük ilişkisi kurulmasına dayanır. Yöntemin temelini üstünlük ilişkisi ve Kernel (çekirdek) oluşturur. ELECTRE yönteminde üstünlük ilişkisinin kurulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri oluşturulur. Bu indeksler, hangi alternatifin daha baskın olduğunun seçilmesini sağlayan tatmin veya

tatminsizliğin ölçüsünü gösterirler (Menteş, 2000: 18). ELECTRE yönteminin adımlarını şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Adım: Karar matrisinin (A) oluşturulması

Bu yöntemin ilk adımında karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir ve şu şekilde gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & K & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & K & a_{2n} \\ M & M & M & M \\ a_{m1} & a_{m2} & K & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

A_{ij} matrisinde m alternatif sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

2. Adım: Normalize karar matrisinin (X) oluşturulması

Normalize Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak hesaplanır. Maliyet ve fayda kriteri için farklı normalizasyon formülleri kullanılır. Maliyet kriteri için Eşitlik (14) kullanılırken, fayda kriteri için Eşitlik (15) kullanılır.

$$x_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m \left(\frac{1}{a_{kj}}\right)^2}} \quad i = 1,2,K, m \quad j = 1,2,K, n \quad (14)$$

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1,2,K, m \quad j = 1,2,K, n \quad (15)$$

Hesaplamalar sonunda X matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & K & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & K & x_{2n} \\ M & M & M & M \\ x_{m1} & x_{m2} & K & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

3. Adım: Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması

Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtılabilmek için Y matrisi hesaplanır. Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (W_i)

belirlemelidir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Daha sonra normalize edilmiş X matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili W_i değeri ile çarpılarak ağırlıklı normalize matris (Y) oluşturulur. Y matrisi şu şekilde ifade edilir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & K & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & K & w_n x_{2n} \\ M & M & M & M \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & K & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

4. Adım: Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin belirlenmesi

Uyum kümelerinin belirlenebilmesi için Y matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır. Her ikili alternatif kıyaslaması için kriterler iki ayrı kümeye ayrılır. A_p ve A_q ($1,2,K,m$ ve $p \neq q$) uyum kümesinde A_p ve A_q 'ya tercih edilir.

$$C(p,q) = \{j, v_{pj} \geq v_{qj}\} \quad (18)$$

A_p ve A_q 'dan daha kötü bir alternatif ise uyumsuzluk kümesi oluşturulur.

$$D(p,q) = \{j, v_{pj} < v_{qj}\} \quad (19)$$

ELECTRE yönteminde her uyum kümesine, bir uyumsuzluk kümesi karşılık gelir. Diğer bir deyişle uyum kümesi sayısı kadar uyumsuzluk kümesi sayısı vardır.

5. Adım: Uyum ve uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması

Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum kümelerinden yararlanılır. C matrisinin elemanları aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$C_{pq} = \sum_j w_j^* \quad (20)$$

J^* uyum kümesi $C(p,q)$ da yer alan faktörlerdir. Örneğin $C_{12} = \{1,4\}$ ise C matrisinin c_{12} elemanının değeri, $c_{12} = w_1 + w_4$ olacaktır. C matrisi şu şekilde ifade edilir:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & K & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & K & c_{2m} \\ M & & & & M \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & K & - \end{bmatrix} \quad (21)$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$D_{pq} = \frac{\left(\sum_{j=0} |v_{pj^0} - v_{qj^0}| \right)}{\left(\sum_j |v_{pj} - v_{qj}| \right)} \quad (22)$$

J^* uyumsuzluk kümesi $D(p,q)$ da yer alan faktörlerdir. D matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & K & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & K & d_{2m} \\ M & & & & M \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & K & - \end{bmatrix} \quad (23)$$

6. Adım: Üstünlük karşılaştırmasının yapılması

C ve D değerlerinin ortalamaları alınarak \bar{C} ve \bar{D} değerleri hesaplanır.

Eğer $C_{pq} \geq \bar{C}$ ve $D_{pq} \leq \bar{D}$ ise $A_p \rightarrow A_q$ dir. Yani p. birim q. birime göre üstündür. ELECTRE ile seçilen alternatiflerin Kernel (çekirdek) oluşturma durumları incelenir.

7. Adım: Net uyum ve uyumsuzluk indeksleri hesaplanması

Net uyum (C_p) ve uyumsuzluk (D_p) indeksleri hesaplandıktan sonra, C_p değerleri büyükten küçüğe, D_p değerleri ise küçükten büyüğe sıralanır ve böylece nihai sıralama elde edilmiş olur.

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{kp} \quad (24)$$

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{kp} \quad (25)$$

4. Bir İşletme için Bilgisayar Seçim Problemi

Uygulamada ele alınan işletme yönetimi, yönetici konumundaki çalışanlarına dizüstü bilgisayar almaya karar vermiştir. Böylece yöneticiler işlerini evden de takip edebilecek ayrıca bilgisayarlarını iş seyahatlerinde yanlarında taşıyabilecek gerektiğinde sunum yapmak ve bilgilerine ulaşmak için kullanabileceklerdir. Piyasada, birçok dizüstü bilgisayar alternatifi bulunmaktadır. İşletmenin satın alma müdürü, yapmış olduğu ön araştırma sonucunda alternatif sayısını beşe indirmiştir. Bu çalışmada amaç, bu beş alternatiften işletme için en uygun olanının belirlenmesine yardımcı olmaktır. Öncelikle, satın alma müdürü, bilgi işlem müdürü ve bir üst düzey yöneticiyle görüşülerek değerlendirmede kullanılacak kriterler İşlemci Hızı (C_1), Ekran Kartı (C_2), Sistem Belleği (C_3), Sabit Disk Kapasitesi (C_4), Pil Ömrü (C_5), Ağırlık (C_6), Marka Güvenilirliği (C_7), Fiyat (C_8) olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerden, ağırlık ve fiyat kriterleri minimize edilmeli, diğerleri ise maksimize edilmelidir.

Beş dizüstü bilgisayar alternatifine ilişkin bilgiler Tablo 1’de görülmektedir. Bu tablodaki C_7 kriteri haricindeki tüm kriterler nicel niteliktedir. C_7 kriteri nitel bir kriter olduğundan, bu kriteri değerlendirmeye alabilmek için, üç karar vericiden bilgisayar markalarına olan güven düzeylerini 1-9 ölçeğini kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Üç karar vericinin değerlendirme sonuçlarının ortalaması alınarak marka güvenilirlik değerlerine ulaşılmıştır.

Tablo 1. Dizüstü Bilgisayar Alternatifleri için Veriler

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
C ₁	1.6 Ghz	2 Ghz	1.83 Ghz	1.73 Ghz	2.4 Ghz
C ₂	512 MB	256 MB	256 MB	128 MB	512 MB
C ₃	1024 GB	1024 MB	512 MB	1024 MB	2048 MB
C ₄	120 GB	160 GB	120 GB	80 GB	250 GB
C ₅	2,5 saat	3 saat	2,5 saat	2,5 saat	3 saat
C ₆	2,7 kg	2,5 kg	2,8 kg	2,9 kg	2,95 kg
C ₇	8.33	7.67	5	3.67	3.67
C ₈	1.424 \$	1.628 \$	1.187 \$	1.756 \$	2.251 \$

Kriterlerin belirlenmesinden, sonra bu kriterlere ilişkin önem derecelerini belirleyebilmek için, üç karar vericiden ikili karşılaştırmalara dayanan anketleri cevaplandırmaları istenmiştir. Karar vericilerden ilki bilgi işlem müdürü, ikincisi satın alma müdürü, üçüncüsü ise üst düzey yöneticidir. Daha sonra, $(\tilde{x}_{ij}) = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ her bir karar vericinin kriterleri değerlendirme sonucunu göstermek üzere bu üç karar vericinin değerlendirmeleri,

$$l_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, \quad m_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, \quad u_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (26)$$

eşitliği yardımıyla tek bir değere indirgenerek, Tablo 2 oluşturulmuştur. Burada kriterlerin ikili karşılaştırmaları üçgen bulanık sayı şeklindedir.

Tablo 2. Kriterler için Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	(1,1,1)	(3,5,7)	(3,3.67,5)	(5,7.67,9)	(3,5.67,7)	(3,5.67,9)	(0.3,0.3,0.3)	(0.2, 4.07, 7)
C_2	(0.14,0.20,0.33)	(1,1,1)	(0.30, 0.55, 1)	(0.3, 4.1, 7)	(0.2, 4.07,7)	(0.2,4.07,9)	(0.14,0.21,0.3)	(0.11, 2.7, 5)
C_3	(0.20,0.27,0.33)	(1,1.82,3.33)	(1,1,1)	(0.3,4.1,7)	(0.2, 4.07,7)	(0.2, 4.07,9)	(0.14, 0.18, 0.2)	(0.11, 3.37, 7)
C_4	(0.11,0.13,0.20)	(0.14,0.24,3.3)	(0.14,0.24,3.3)	(1,1,1)	(0.3, 1.2,3)	(0.2,1.84,5)	(0.11,0.13,0.14)	(0.11, 0.26, 0.3)
C_5	(0.14,0.18,0.33)	(0.14,0.25,5)	(0.14,0.25,5)	(0.3, 0.8,3.3)	(1,1,1)	(0.3, 1.44,3)	(0.11,0.14,0.2)	(0.14, 0.22, 0.3)
C_6	(0.11,0.18,0.33)	(0.11,0.25,5)	(0.11,0.25,5)	(0.2,0.54,5)	(0.3,0.69,3.3)	(1,1,1)	(0.11,0.15,0.2)	(0.14, 1.8, 5)
C_7	(3.33,3.33,3.33)	(3.3,4.76,7.14)	(5,5.56,7.14)	(7.14,7.7,9.1)	(5,7.14,9.1)	(5,6.67,9.1)	(1,1,1)	(0.3, 4.8, 7)
C_8	(0.14,0.25,5.00)	(0.2,0.37,9.1)	(0.14,0.3,9.1)	(3.3,3,85,9.1)	(3.3,4.5,7.14)	(0.2,0.56,7.14)	(0.14,0.21,3.3)	(1,1,1)

Tablo 2’de yer alan verilerden yararlanarak BAHP yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Sekiz kritere ait ağırlıklar Tablo 3’te görüldüğü gibi bulunmuştur:

Tablo 3. Kriterlere İlişkin Ağırlıklar

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Ağırlıklar (w)	0,173	0,125	0,137	0,062	0,077	0,092	0,192	0,142

Bu değerlere göre en yüksek önem derecesine sahip olan kriter marka güvenilirliği iken, onu sırasıyla işlemci hızı, fiyat, sistem belleği, ekran kartı, ağırlık, pil ömrü ve sabit disk kapasitesi izlemektedir.

BAHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra, dizüstü bilgisayar alternatifleri arasındaki sıralamaya ulaşmak için ELECTRE yönteminden yararlanılacaktır. Bu yöntemin ilk adımında öncelikle karar matrisi Tablo 4’de görüldüğü gibi oluşturulur.

Tablo 4. Karar Matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₇
A ₁	1,6	512	1024	120	2,5	2,7	8,33	1424
A ₂	2	256	1024	160	3	2,5	7,67	1628
A ₃	1,83	256	512	120	2,5	2,8	5	1187
A ₄	1,73	128	1024	80	2,5	2,9	3,67	1756
A ₅	2,4	512	2048	250	3	2,95	3,67	2251

ELECTRE yönteminde karar matrisi oluşturulduktan sonra, ikinci adımda bu matris normalize edilerek Tablo 5’te görüldüğü gibi normalize karar matrisi oluşturulur.

Tablo 5. Normalize Karar Matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,3704	0,6247	0,3714	0,3417	0,4124	0,4564	0,6206	0,4844
A ₂	0,4630	0,3123	0,3714	0,4557	0,4949	0,4929	0,5714	0,4237
A ₃	0,4236	0,3123	0,1857	0,3417	0,4124	0,4401	0,3725	0,5811
A ₄	0,4005	0,1562	0,3714	0,2278	0,4124	0,4249	0,2734	0,3928
A ₅	0,5556	0,6247	0,7428	0,7120	0,4949	0,4177	0,2734	0,3064

Daha sonra, BAHF yöntemi sonucu elde edilen ağırlıklar ile normalize karar matrisinde yer alan değerler çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi Tablo 6’da görüldüğü gibi elde edilir.

Tablo 6. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
A ₁	0,0641	0,0781	0,0509	0,0212	0,0318	0,0420	0,1192	0,0688
A ₂	0,0801	0,0390	0,0509	0,0283	0,0381	0,0453	0,1097	0,0602
A ₃	0,0733	0,0390	0,0254	0,0212	0,0318	0,0405	0,0715	0,0825
A ₄	0,0693	0,0195	0,0509	0,0141	0,0318	0,0391	0,0525	0,0558
A ₅	0,0961	0,0781	0,1018	0,0441	0,0381	0,0384	0,0525	0,0435

Ağırlıklı normalize karar matrisindeki verilerden yararlanarak uyum ve uyumsuzluk kümeleri oluşturulur. Tablo 7’de net uyum ve uyumsuzluk kümeleri görülmektedir.

Tablo 7. Net Uyum ve Uyumsuzluk Kümeleri

C(1,2)	(2, 3, 7, 8)	D(1,2)	(1, 4, 5, 6)
C(1,3)	(2, 3, 4, 5, 6, 7)	D(1,3)	(1, 8)
C(1,4)	(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)	D(1,4)	(1)
C(1,5)	(2, 6, 7, 8)	D(1,5)	(1, 3, 4, 5)
C(2,1)	(1, 3, 4, 5, 6)	D(2,1)	(2, 7, 8)
C(2,3)	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	D(2,3)	(8)
C(2,4)	(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)	D(2,4)	(-)
C(2,5)	(5, 6, 7, 8)	D(2,5)	(1, 2, 3, 4)
C(3,1)	(1, 4, 5, 8)	D(3,1)	(2, 3, 6, 7)
C(3,2)	(2, 8)	D(3,2)	(1, 3, 4, 5, 6, 7)
C(3,4)	(1, 2, 4, 5, 6, 7, 8)	D(3,4)	(3)
C(3,5)	(6, 7, 8)	D(3,5)	(1, 2, 3, 4, 5)
C(4,1)	(1, 3, 5)	D(4,1)	(2, 4, 6, 7, 8)
C(4,2)	(3)	D(4,2)	(1, 2, 4, 5, 6, 7, 8)
C(4,3)	(3, 5)	D(4,3)	(1, 2, 4, 6, 7, 8)
C(4,5)	(6, 7, 8)	D(4,5)	(1, 2, 3, 4, 5)
C(5,1)	(1, 2, 3, 4, 5)	D(5,1)	(6, 7, 8)
C(5,2)	(1, 2, 3, 4, 5)	D(5,2)	(6, 7, 8)
C(5,3)	(1, 2, 3, 4, 5)	D(5,3)	(6, 7, 8)
C(5,4)	(1, 2, 3, 4, 5, 7)	D(5,4)	(6, 8)

Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin oluşturulmasından sonra, uyum ve uyumsuzluk indeksleri Tablo 8'deki gibi hesaplanır.

Tablo 8. Net uyum ve Uyumsuzluk İndeksleri

C(1,2)	0,596	D(1,2)	0,364
C(1,3)	0,685	D(1,3)	0,168
C(1,4)	0,827	D(1,4)	0,034
C(1,5)	0,551	D(1,5)	0,540
C(2,1)	0,541	D(2,1)	0,636
C(2,3)	0,858	D(2,3)	0,201
C(2,4)	1	D(2,4)	0
C(2,5)	0,503	D(2,5)	0,601
C(3,1)	0,454	D(3,1)	0,832
C(3,2)	0,267	D(3,2)	0,799
C(3,4)	0,863	D(3,4)	0,247
C(3,5)	0,426	D(3,5)	0,736
C(4,1)	0,387	D(4,1)	0,966
C(4,2)	0,137	D(4,2)	1
C(4,3)	0,214	D(4,3)	0,753
C(4,5)	0,426	D(4,5)	0,930
C(5,1)	0,574	D(5,1)	0,460
C(5,2)	0,574	D(5,2)	0,399
C(5,3)	0,574	D(5,3)	0,264
C(5,4)	0,766	D(5,4)	0,070
$\sum C$	11,22	$\sum D$	10
\bar{C}	0,56	\bar{D}	0,5

Daha sonra üstünlük karşılaştırması yapılarak C ve D değerlerinin ortalamaları hesaplanır.

Tablo 9. Üstünlük Karşılaştırma Tablosu

C_{pq}	$C_{pq} \geq \bar{C}$	D_{pq}	$D_{pq} \leq \bar{D}$	$A_p \rightarrow A_q$
C(1,2)	EVET	D(1,2)	EVET	1 → 2
C(1,3)	EVET	D(1,3)	EVET	1 → 3
C(1,4)	EVET	D(1,4)	EVET	1 → 4
C(1,5)	HAYIR	D(1,5)	HAYIR	HAYIR
C(2,1)	HAYIR	D(2,1)	HAYIR	HAYIR
C(2,3)	EVET	D(2,3)	EVET	2 → 3
C(2,4)	EVET	D(2,4)	EVET	2 → 4
C(2,5)	HAYIR	D(2,5)	HAYIR	HAYIR
C(3,1)	HAYIR	D(3,1)	HAYIR	HAYIR
C(3,2)	HAYIR	D(3,2)	HAYIR	HAYIR
C(3,4)	EVET	D(3,4)	EVET	3 → 4
C(3,5)	HAYIR	D(3,5)	HAYIR	HAYIR
C(4,1)	HAYIR	D(4,1)	HAYIR	HAYIR
C(4,2)	HAYIR	D(4,2)	HAYIR	HAYIR
C(4,3)	HAYIR	D(4,3)	HAYIR	HAYIR
C(4,5)	HAYIR	D(4,5)	HAYIR	HAYIR
C(5,1)	EVET	D(5,1)	EVET	5 → 1
C(5,2)	EVET	D(5,2)	EVET	5 → 2
C(5,3)	EVET	D(5,3)	EVET	5 → 3
C(5,4)	EVET	D(5,4)	EVET	5 → 4

$$C_1 = (C_{12} + C_{13} + C_{14} + C_{15}) - (C_{21} + C_{31} + C_{41} + C_{51}) = 0,703$$

$$D_1 = (D_{12} + D_{13} + D_{14} + D_{15}) - (D_{21} + D_{31} + D_{41} + D_{51}) = -1,788$$

C ve D değerlerinin ortalamaları 0,703 ve -1.788 olarak bulunur ve daha sonra tablo -10 kullanılır.

Tablo 10. C_p ve D_p Değerleri

C_1	0,703	D_1	-1,788
C_2	1,328	D_2	-1,124
C_3	-0,321	D_3	1,228
C_4	-2,292	D_4	3,298
C_5	0,582	D_5	-1,614

Tablo 10'da C_p ve D_p değerlerinin göstermektedir. Bu değerler hesaplandıktan sonra C_p değerleri büyükten küçüğe ve D_p değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Tablo 11'de görüldüğü gibi, iki sıralama aynı sonucu vermeyebilir. Bu değerlere göre nihai sıralamaya ulaşılır.

Tablo 11. Dizüstü Bilgisayar Alternatiflerine İlişkin Sıralama

C_p 'ye göre sıralama	D_p 'ye göre sıralama	Nihai Sıralama
C_2	D_1	1
C_1	D_5	2
C_5	D_2	5
C_3	D_3	3
C_4	D_4	4

ELECTRE yöntemi yardımıyla alternatifler arasındaki sıralama $1 > 2 > 5 > 3 > 4$ olarak elde edilmiştir. Böylelikle işletme için, belirlenen kriterler altında en uygun dizüstü bilgisayar alternatifi belirlenmiş ve işletme yönetimine elde edilen bu sıralamayı dikkate alarak karar vermesi önerilmiştir.

5. Sonuç

İşletmelerde yöneticiler, her alanda çeşitli kararlar vermek durumundadırlar ve zamanlarının büyük bir bölümünü; üretim, pazarlama, finansman, işletmenin organizasyonu ve yönetimi gibi konularda karar vermeye ayırırlar. Günümüzün rekabetçi ortamında, işletmelerin başarısı büyük ölçüde yöneticilerin alacakları

bu kararların isabet derecesine bağlıdır. Karar teorisinde kullanılan matematiksel modeller, işletme yöneticilerine en iyi kararın verilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada da yöneticilere karar vermede yardımcı olmayı amaçlayan bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yaklaşıma göre kriterlerin ağırlıkları BAHP yöntemi yardımıyla belirlenirken, alternatiflerin sıralanmasında ELECTRE yöntemi kullanılmaktadır.

Teknoloji seçimi de günümüz işletmeleri için önem kazanan bir konudur. İşletmelerde çalışanlar tarafından kullanılacak bilgisayarların özellikleri, yapılan işin kalitesini ve hızını etkileyecektir. Bu bağlamda, yönetici konumundaki çalışanların kullanacakları dizüstü bilgisayarların seçimi önemli bir karardır. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile bir işletmede diz üstü bilgisayar seçim problemi ele alınmıştır. Bu yaklaşım, bundan sonraki çalışmalarda işletmelerin personel seçimi, makine seçimi, tedarikçi seçimi, yazılım seçimi gibi farklı seçim problemleri için de kullanılabilir.

KAYNAKÇA

BAYKAL, Nazife ve Timur BEYAN (2004), Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Ankara: Bıçaklar Kitabevi.

BÜYÜKÖZKAN, Gülçin, KAHRAMAN Cengiz ve Da RUAN (2004), “A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection”, International Journal of General Systems, 33(2-3), 259-280.

CHANG, Da-Yong (1996), “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, European Journal of Operational Research, 95 (3), 649-655.

DENG, Hepu (1999), “Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison”, International Journal of Approximate Reasoning, 21, 215-231.

ERTUĞRUL, İrfan ve Nilsen KARAKAŞOĞLU (2007a), “Comparison of Fuzzy AHP and the Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Original Article, DOI: 10.2007/s00170-007-1249-8.

ERTUĞRUL, İrfan ve Nilsen KARAKAŞOĞLU (2007b), “Performance Evaluation of Turkish Cement Firms with Fuzzy Analytic Hierarchy Process and TOPSIS Methods”, Expert Systems with Applications, doi: 10.1016/j.eswa.2007.10.014.

ERTUĞRUL, İrfan (2007), “Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemine Uygulanması”, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(1), 171–192.

GAL Tomas ve Thomas HANNE (2006), “Nonessential Objectives within Network Approaches for MCDM”, European Journal of Operational Research 168, 584–592.

KAHRAMAN, Cengiz, CEBECİ, Ufuk ve Ziya ULUKAN (2003), “Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP” Logistics Information Management, 16 (6), 382-394.

MENTEŞ, Ayhan (2000), Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ROY, Bernard (1971), “Problems and Methods with Multiple Objective Functions”, Mathematical Programming, 1, 239-266.

SAATY, Thomas L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, Newyork: McGraw-Hill.

SONER, Selin ve Semih ÖNÜT (2006), “Multi-Criteria Supplier Selection: An ELECTRE-AHP Application”, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 4, 110–120.

VAHIDOV, Rustam ve Fei JI (2005), “A Diversity-Based Method for Infrequent Purchase Decision Support in e-commerce”, Electronic Commerce Research and Applications, 4, 143–158.

ZADEH, Lotfi A. (1965), “Fuzzy Sets”, Information and Control, 8, 338-353.



*Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,
Cilt:25, Sayı:2, Yıl:2010, ss.23-41.*



*Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,
Cilt:25, Sayı:2, Yıl:2010, ss.23-41.*



*Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,
Cilt:25, Sayı:2, Yıl:2010, ss.23-41.*