

İNŞAAT MAKİNELERİ ALIMINDA ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME MODELİ

Serdar Ulubeyli ¹, Ekrem Manisalı ²

SUMMARY

In this study, Electre III which is one of the most common techniques of multiple criteria decision making, was considered in a typical problem about the choice of suitable concrete pump. In the solution stage, a questionnaire applied to firms using or selling concrete pumps was first carried out regarding what their ideas are. A solution to the problem was then found out in the light of this survey by means of the Electre III method. Consequently, the solution obtained was evaluated thoroughly and thus, some suggestions were made to be able to make better decisions in choosing construction equipments in the future.

ÖZET

Bu çalışmada çok ölçütlü karar verme yaklaşımları içinde en çok kullanılan tekniklerden birisi olan Electre III metodu, uygun beton pompasının seçimi konusundaki örnek bir problemde ele alınmıştır. Çözüm aşamasında öncelikle beton pompası satan ve kullanan firmalar ile kendi görüşleri hususunda bir anket çalışması yapılmıştır. Daha sonra bu anket ile elde edilen gerçek veriler kullanılarak Electre III metodu yardımıyla mevcut sorun için çözüm bulunmuştur. Sonuçta, ulaşılan çözüm ayrıntılı bir şekilde değerlendirmiş ve bu bağlamda çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

¹ İnş.Y.Müh. İ.Ü., Müh.Fak., İnş.Müh.Böl., Avcılar Kampusu, 34850, Avcılar, İstanbul

² Prof.Dr. İ.Ü., Müh.Fak., İnş.Müh.Böl., Avcılar Kampusu, 34850, Avcılar, İstanbul

1. GİRİŞ

“Sorum çözmeye” deyimini ile aynı anlamda kullanılabilecek bir kavram olan karar verme; mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. İnsanoğlunun varoluşundan bu yana karşı karşıya kaldığı karar verme sorunu, insanların ömürleri boyunca çok çeşitli şekillerde ve ortamlarda devam etmektedir. Aynı şekilde aileler, şirketler, hükümetler ve benzeri kurumlar da çeşitli ortamlarda karar verme olgusunu daima yaşamaktadırlar. Bununla birlikte, olayların toplumsal boyutları artıp geniş halk kitlelerini ilgilendirdikçe, karar verme süreci de karmaşıklaşmaktadır. Optimum kararın ve çözümün oluşmasını sağlayan faktörler; karar verici, karar ortamı (kısıtlar), amaçlar (kriterler), seçenekler, kaynaklar, yöntem ve zaman şeklinde sıralanmaktadır. Bu faktörler arasında yer alan zaman kavramı, karar verme sürecine dinamik bir yapı kazandırmaktadır. Bunlara ek olarak, tüm kararların insan unsuruna dayanması ve onun fitratında doğuştan var olan “geleceği göz önünde bulundurma” ve “geçmiş tecrübelerinden yararlanma” duyguları da göz ardı edilmemelidir. Bir diğer ifadeyle, karar vericinin tercihleri problemin çözümü sırasında mutlaka göz önüne alınmaktadır. Örgütsel bazda ise yöneticiler, yönetim faaliyetlerinin her aşamasında etkin kararlar vermek durumundadırlar. Başka bir deyişle, yönetmek karar vermeyi gerektirmektedir. Rekabetin yoğun olduğu günümüzde, yöneticilerin gerek stratejik gerekse taktik kararlar alırken birçok karar kriterini göz önünde bulundurmak zorunda oldukları açıktır. Yöneticilerin bu ölçütleri değerlendirme biçimleri, alacakları kararlarda önemli farklılıklara yol açmaktadır. Sonuçta, karar problemi ile ilgili ölçütleri iyi değerlendirip iyi sonuçlar alan başarılı yöneticiler ve değerlendirmede yetersiz kalan daha az başarılı veya başarısız yönetici tipleri ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla günümüzde her seviyedeki yöneticinin başarısı büyük ölçüde, içinde bulunduğu ortamdan kaynaklanan ve amaçlara yansıyan ölçütlerin bilimsel kurallar çerçevesinde irdelenmesine bağlıdır. Aynı zamanda, insanoğlunun beyin kapasitesi, karmaşık kararların etkin, sezgisel ve birbirleriyle çelişmeyen bir şekilde sentezini gerçekleştirmeye yeterli değildir. Yöneticilerin böyle durumlarda yararlanabilecekleri en önemli araç, şüphesiz, çok ölçütlü karar verme teknikleridir [1].

2. YAPI MAKİNELERİ SEÇİMİ

İnşaat makinesi seçimi karmaşık bir karar sorunu olmasının yanında, günümüzde halen kesin bir çözümüne ulaşılamayan ve farklı çözümleri üretilen çok ölçütlü bir karar verme problemidir. Optimum karara ulaşabilmek için her şeyden önce çok iyi tanımlanmış kriterlere ve buna uygun çözüm tekniklerine gereksinim duyulmaktadır. Bununla birlikte, her karar probleminin kendine özgü şartları (kriterleri) vardır ve karar vericiler birbirlerinden farklıdır. Hatta aynı karar verici, aynı problem için değişik zamanlarda tamamen farklı kararlar da verebilir. Buna ek olarak, farklı seçenekler karşılaştırılırken ölçülmesi zor olan, fakat karar üzerinde büyük etkiye sahip, tecrübe gibi bazı soyut kavramlar da her zaman mevcuttur. Electre III tekniği ise, karar kriterleri oluşturulurken hem nicel hem de nitel verilerin bir arada değerlendirilmesine imkan vermektedir. Ayrıca, farklı kriterlerin aynı birime çevrilmeksizin karşılaştırılabilmesini sağlamaktadır. AHP benzeri çoğu metotta rastlandığı gibi, belirli kalıplara bağlı kalarak karar vermenin yarattığı

birçok sakıncayı büyük ölçüde önleyebilen bu yöntem, bundan dolayı dinamik bir karaktere de sahiptir. Bu bağlamda Electre III metodunun makine seçimi sürecine tam olarak uyacak ve bu süreci destekleyecek en uygun yöntemlerden birisi olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır.

Yapı makinesi seçimi konusunda bugüne kadar yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Chan ve Harris [2], backhoe ve yükleyicilerin seçimi için Kepner ve Tregoe [3] tarafından ortaya atılan teknik kriterleri kullanarak bir simülasyon yazılımı tasarlamışlardır. Jayawardane ve Harris [4], kazı makinesi seçiminde kullanılmak üzere bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Gray ve Little [5], kule ve mobil vinçlerin seçimi sorununu ele almışlar ve yöntem olarak uzman sistemleri kullanmışlardır. Amirkhanian ve Baker [6], Haidar ve Naoum [7], Haidar vd. [8] ve Naoum ve Haidar [9], ekskavatör ve kamyonların optimum seçimi için bir yapay zeka tekniği olan genetik algoritmalarından yararlanmışlardır. Bandopadhyay ve Venkatasubramanian [10] ve Denby ve Schofield [11] da, kazı makinelerinin seçiminde bilgi tabanlı bir yaklaşım olan uzman sistemleri kullanan diğer bilim adamlarıdır. Tam vd. [12], beton vibratörü seçimi için bu çalışmada da kullanılan Electre III yaklaşımından faydalanmışlardır. Tam vd. [13] ise, beton pompası seçimi probleminde Electre III'e benzeyen çok ölçütlü bir karar verme tekniği olan Üst-Ast Sıralaması (SIR) metodunu kullanmışlardır. Geçmişte yapılan tüm çalışmalardan görüldüğü gibi, Electre III yöntemi inşaat makineleri seçiminde bugüne kadar sadece Tam vd. [12]'nin çalışmalarında kullanılmıştır. Bununla birlikte, söz konusu çalışmanın ele aldığı beton vibratörü beton pompasından çok farklı özellikler taşıyan ve bundan dolayı değişik kriterler içeren bir ekipmandır. Ayrıca söz konusu araştırmada hepsi nicel karakterde olan sadece 5 kriterli bir değerlendirilme yapılmıştır. Tam vd. [13]'nin yaptıkları çalışma ise beton pompaları ile ilgili olmasına rağmen, kullanılan çözüm yöntemi açısından farklılık bulunmaktadır. Buna ek olarak, burada da tamamı nicel ifadelerden oluşan 9 kriter göz önüne alınmıştır. Özellikleri açısından birbirine fazla benzemeyen 10 beton pompasının ele alınması da, ilgili çalışmada görülen ve çok ölçütlü karar vermenin doğasına aykırı olan bir diğer eksik noktadır. Çünkü çok ölçütlü karar verme, seçenekler arasında özellikleri açısından büyük farkların bulunmadığı ve seçim yapmakta zorlanılan durumlarda başvurulan bir çözüm aracı niteliğindedir.

Önemli bir inşaat makinesi olan beton pompalarının bu metodun uygulamasına konu olarak seçilmesinin ise iki ana nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, günümüzde beton pompasının, içinde beton imalat bulunan her inşaat projesinde kullanılması zorunlu olan yapı makinelerinin en başında gelmesidir. İkinci sebep ise, satın alma yoluyla beton pompası edinmenin ancak milyon dolar bazında ifade edilebilecek çok büyük finansal yatırım gerektiren riskli bir karar olmasıdır. Bundan dolayı en uygun beton pompası seçimi kararının üzerinde çok daha dikkatli ve ayrıntılı bir şekilde durma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, gerçekleştirilen bu çalışma ile bugüne kadar seçimi hakkında sadece bir kez araştırma yapılmış olan beton pompalarının, yine inşaat makinesi seçiminde yalnız bir defa kullanılmış bir yöntem olan Electre III metodu ile irdelenmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda literatürde görülen bütün eksikliklerin göz önüne alınarak giderilmesi ve böylelikle en uygun beton pompası seçiminin yapılması, bu araştırmanın amaçlarından bir diğeridir. Diğer taraftan, Haidar vd. [8]'nin yaptıkları gibi, inşaat makinesi seçimiyle ilgili genel bir kavramsal model oluşturmanın çözüme gereken katkıyı sağlayamayacağı düşünülmektedir. Bunun yerine, her inşaat

makinesi tipine özgü belirli temel kriterler oluşturulmalı ve sadece özel durumlarda yeni kriterler eklenmelidir. Beton pompaları için söz konusu temel kriterler bu çalışmada ortaya konmuştur. Özel kriter olarak ise, örneğin Rusya’da alıcı konumundaki bir hazır beton firmasının değerlendirmesinde, beton pompalarının içerisine yerleştirilecek ısıtma düzeneği ile ilgili ek bir ölçüt, bu çalışmada geliştirilen modele eklenebilir.

3. ELECTRE III

Electre sözcüğü Fransızca “Elimination Et Choix Traduisant la Realite” ifadesinin kısaltılmış şeklidir. “Gerçeği belirten eleme ve seçme” anlamına gelmektedir [14]. Avrupa (Fransız) ekolüne ait bir yönelem araştırması tekniği olan Electre III [15], 7 adet yöntemin oluşturduğu Electre ailesi içinde günümüzde en çok kullanılan metottur. Bu yaklaşımdaki ana amaç, n sayıda alternatifin “iyi”lik derecesine göre sıralanmasıdır. Temel ilke ise, her bir alternatifin her bir karar ölçütü açısından aldığı değerleri, diğer alternatiflerin benzer yolla bulunan değerleri ile ikili olarak karşılaştırmaktır. Yani bu teknikte, her bir ölçüte göre seçeneklerin birbirlerine nazaran ikili üstünlük dereceleri belirlenmektedir [16]. Electre III tekniğinin getirdiği yenilik, diğer metotların ve özellikle Electre II’nin ihmal ettiği görüşleri ele alarak geliştirmesidir. Bu yenilikler, eşik kavramını içeren pseudo kriterinin kullanılması ve türetilen ikili üstünlük ilişkilerinin bulanık değerlendirmeye uygun hale getirilmesidir. Electre III, yapısı itibarıyla sadece en iyi seçimi veren bir yöntem değildir. Fakat Tam vd. [13]’nin eleştirdikleri gibi, bu bir eksiklik olarak da algılanmamalıdır. Tersine bu teknik, karar vericiye belirli bir sıralama sunmakta ve son seçim kararını yine ona bırakmaktadır. Ayrıca en iyi seçim, bu yöntemde de doğal olarak bulunmaktadır. Diğer taraftan, Electre III metodunda çözüme ulaşmak için takip edilen temel adımlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Electre III yönteminde yer alan seçeneklerden her birinin performans seviyesi j. kriter için $g_j (*)$ biçiminde gösterilmek üzere; veto (v), farksızlık (q) ve tercih (p) eşikleri bütün kriterler için karar verici tarafından “ $v_j (g_j (*)) \geq q_j (g_j (*)) \geq p_j (g_j (*))$ ” şeklinde tanımlanır. Electre ailesi metotlarındaki eşik değerleri bir çeşit tolerans olarak kabul edilebilirler. $C(a,b)$ şeklinde gösterilen ve a seçeneğinin en az b seçeneği kadar iyi olduğunu belirten uyum indeksi, her bir (a,b) seçenek çifti için (1) bağıntısıyla hesaplanır,

$$C(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n w_j c_j(a,b) \quad (0 \leq C(a,b) \leq 1)$$

(1)

Bu formülde yer alan $c_j(a,b)$ karşılaştırma veya lokal uyum indeksi, w_j ise her bir kriter için önem ağırlığıdır. Simetriklik özelliği bulunmayan uyum matrisi, bu uyum indekslerinden oluşmaktadır. Ayrıca, m seçenek sayısını simgelemek üzere, “ $C_{1,1} = C_{2,2} = \dots = C_{m,m} = 1$ ” eşitlikleri de söz konusudur. n toplam kriter sayısını göstermek şartıyla, toplam ağırlık (W) matrisi de (2) bağıntısı ile hesaplanır [17],

$$W = \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (w_j \geq 0)$$

(2)

Ağırlık toplamı buradaki gibi 1'e eşitlenebileceği gibi; 10'lük, 100'lük ve hatta 1000'lük bazda da değerlendirme yapılabilir. Diğer taraftan, j. kriter için a seçeneğinin b seçeneğinden mutlak olarak daha iyi olduğunu belirten ifade, (3) bağıntısındaki şartları sağlamalıdır,

$$g_j(a) + q_j(g_j(a)) \geq g_j(b) \text{ veya } g_j(a) - q_j(g_j(a)) \leq g_j(b) \rightarrow c_j(a,b) = 1$$

(3)

Bu çıkarımın tam tersine, j. kriter için b seçeneğinin a seçeneğinden mutlak olarak daha tercih edilebilir olduğunu belirten ifade ise (4) bağıntısında gösterildiği gibidir,

$$g_j(a) + p_j(g_j(a)) \leq g_j(b) \text{ veya } g_j(a) - p_j(g_j(a)) \geq g_j(b) \rightarrow c_j(a,b) = 0$$

(4)

j. kriter için a ve b seçenekleri arasındaki üstünlük ilişkisinin mutlak biçimde sağlanamadığı durumlarda da ($0 < c_j(a,b) < 1$), (5) bağıntısındaki bulanık ilişki kavramı kullanılır,

$$c_j(a,b) = \frac{g_j(a) - g_j(b) + p_j(g_j(a))}{p_j(g_j(a)) - q_j(g_j(a))}$$

(5)

Uyum indeksinde olduğu gibi, uyumsuzluk matrisini oluşturan uyumsuzluk indeksleri de 0 ila 1 arasında değişen değerler alırlar. j. kriter için a seçeneğinin b seçeneğinden mutlak olarak daha iyi olduğunu belirten ifadenin uyumsuzluğu için (6) bağıntısındaki şartlar geçerlidir,

$$g_j(b) \leq g_j(a) + p_j(g_j(a)) \rightarrow D_j(a,b) = 0$$

(6)

Yukarıdaki ifadenin tersine, j. kriter için b seçeneğinin a seçeneğinden mutlak olarak daha tercih edilebilir olduğunu belirten çıkarımın uyumsuzluğu için ise (7) bağıntısındaki durum geçerlidir,

$$g_j(b) \geq g_j(a) + v_j(g_j(a)) \rightarrow D_j(a,b) = 1$$

(7)

Burada kullanılan ve uyumsuzluk durumunda ortaya çıkan veto eşiği, a seçeneğinin b seçeneğinden daha iyi olmasını veto etmektedir. Diğer taraftan, j. kriter için a ve b seçenekleri arasındaki üstünlük ilişkisinin mutlak biçimde sağlanamadığı durumlarda da ($0 < D_j(a,b) < 1$), (8) bağıntısındaki bulanık mantık kavramı kullanılır,

$$D_j(a,b) = \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j(g_j(a))}{v_j(g_j(a)) - p_j(g_j(a))} \quad (8)$$

Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin ölçümünden sonra, son adım olarak, "a seçeneği en az b seçeneği kadar iyidir" ifadesinde uyumsuzluğun hiçbir kriter için bulunmadığı veya veto eşiğinin kullanılmadığı durumlarda, S ya da ρ ile gösterilen güvenilirlik (sıralama) derecesi veya indeksi kavramı (9) bağıntısındaki gibi oluşturulur,

$$D_j(a,b) \leq C(a,b), \forall_j \rightarrow S(a,b) = C(a,b) \quad (9)$$

Yukarıdaki durumun aksine, "D_j(a,b) > C_j(a,b)" halinde (10) bağıntısındaki formül kullanılır. Bir başka deyişle, uyumsuzluk matrisinin varlığıyla değeri düşen uyum matrisi için "S < C" eşitsizliği söz konusu olur. Hatta "D = 1" iken "S = 0" bulunur.

$$S(a,b) = C(a,b) \prod_{j \in f(a,b)} \frac{1 - D_j(a,b)}{1 - C(a,b)} \quad (10)$$

Bulunan güvenilirlik matrisi değerleri, bir sonraki aşamada yer alan netleştirme işlemlerinde girdi olarak kullanılır. Bunun için öncelikle, maksimum S(a,b) değerine eşit olan ve τ ile de gösterilebilen λ₀ belirlenir. Daha sonra, farksızlık ve tercih eşiklerinin bileşimi olan ve s(λ₀) ile gösterilen ayırım eşiği bulunur. Bunun için Vallee ve Zielniewicz [18] "s(λ) = 0,3λ + 0,15" formülünü tavsiye etmektedirler. Son olarak ise, bulanık kümelerdeki λ veya α kesimine mantık olarak çok benzeyen (11) bağıntısındaki "kesim seviyesi" hesaplanır,

$$\lambda_1 = \max_{\{S(a,b) < \lambda_0 - s(\lambda_0)\}} S(a,b) \quad (11)$$

Bütün yapılan hesaplamaların sonucunda, (12) bağıntısındaki "a seçeneği b seçeneğinden daha iyidir (aSb)" çıkarımına, verilen şartlarda ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilir,

$$S(a,b) > \lambda_1 \text{ ve } S(a,b) - S(b,a) > s(S(a,b)) \rightarrow aSb \quad (12)$$

Tüm kriterler için a seçeneğinin b seçeneğinden üstün olduğu her durumda, a seçeneğine +1 (güçlü) ve b seçeneğine -1 (zayıf) puan verilir. Her seçenek için, verilen bu güçlü ve zayıf puanlar toplanarak netleştirme işlemindeki toplam puana ulaşılır. Bu adımdan sonra netleştirme işlemi iki kısmi seçenek sıralaması vermek üzere ikiye ayrılır. Bunlardan birincisi olan "azalan netleştirme (sıralama)

zinciri”nde, en yüksek toplam puana sahip olan seçenek ilk sıraya yerleştirilir ve sonraki sıralama işlemlerine sokulmaz. Bu süreç bütün seçenekler bir sıraya yerleştirilene kadar devam eder. Puan eşitliği durumunda en yüksek değere sahip seçenekler kendi aralarında tekrar karşılaştırmalı puan verme işlemine tabi tutulurlar. Yine bir üstünlük sağlanamıyorsa eşit sırada buldukları kabul edilir. Sonra tekrar esas işlem sırasına geri dönlür. İkinci sıralama sürecini temsil eden “artan netleştirme zinciri” ise tam tersine, en düşük toplam puana sahip seçeneğin son sıraya yerleştirilmesiyle başlar ve işlemlere, azalan sıralama zincirinde olduğu şekilde aynen devam edilir. Elde edilen iki zincirin sonucu, her iki sıralamayla da uyumlu olan son sıralamayı vermek üzere birleştirilir. Bir diğer ifadeyle, iki zincirin kesişimi bulunur.

4. DURUM ANALİZİ

Mevcut çalışmada kullanılmak üzere ortaya konan verilerin elde edilebilmesi için iki aşamalı bir yol takip edilmiştir. İlk aşamada, Türkiye’de beton pompası satan ve kullanan, rasgele örneklem yoluyla seçilmiş 20 firmanın konuyla ilgili yöneticilerine ve asıl kullanıcı durumundaki makine operatörlerine, yüz yüze görüşme yoluyla bir ön-anket uygulanmıştır. Buradan elde edilen bilgiler ışığında, çalışmaya temel oluşturan esas anketin soruları oluşturulmuştur. Bu anket ise Kasım-2004 ile Haziran-2005 tarihleri arasında, ön-anket ile aynı metodoloji kullanılarak 30 firma ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Electre III metodunun uygulamasına konu olan en uygun beton pompasının bulunabilmesi için, dünya çapında tanınan ve Türkiye’de de en çok tercih edilen markalar oldukları ön-anket vasıtasıyla belirlenen 3 farklı markanın birer modeli ele alınmıştır. Bunlardan K5-52 koduyla verilen beton pompasının ana üreticisi bir İtalyan şirketi, KVM 52 kodlu pompanın ana üreticisi bir Amerikan şirketi, M 52 kodlu pompanın ana üreticisi ise bir Alman şirkettir. Seçilen modeller ilgili markaların birbirlerine en yakın özelliklere sahip aynı sınıftaki modelleri oldukları için bu çalışmada incelenmiştir. Değerlendirme aşamasında yararlanılan karar kriterleri, bir diğer ifadeyle, hazır beton firmalarının beton pompası seçimini etkileyen belli başlı ölçütler ise, literatür araştırması sırasında önce 21 adet olarak ortaya atılmıştır. Daha sonra, yapılan ön-anket ile tüm bu kriterlerin modelde yer alabilirliği sorgulanarak, ölçütlere son şekli verilmiştir. Bu aşamada dikkat edilen bir diğer husus, tüm Electre metodlarının en az 3 ve en çok 13 karar kriterinin söz konusu olduğu durumlarda kullanılmasının uygun olmasıdır [19]. Bütün seçenekler, kriterler ve bu kriterlere atanan göreceli önem ağırlıkları, değerleriyle beraber Tablo 1’de verilmiştir. Buradan görüldüğü üzere, göz önüne alınan 10 ölçütden ilk 6’sı nicel ve son 4’ü nitel karakterde olan kriterlerdir. Nitel karakterli ölçütler için anket verilerinden elde edilen sayısal terimler kullanılmıştır. Ankete katılan her bir uzman, söz konusu 4 kriter için alternatiflere 100 üzerinden not vermiştir. Tablo 1’deki değerler bu verilerin aritmetik ortalamalarıdır. Böylelikle hesap aşamasında kullanılmak üzere, nitel kavramların sayısal verilerle ifade edilmeleri sağlanmıştır.

Tablo 1. Alternatiflerin ölçüt değerleri ve kriter ağırlıkları

	SEÇENEKLER			AĞIRLI K (w _j)	
	K5- 52	KV M 52	M 52		
KRİTERLER	Fiyat (Bin US\$)	826	899	975	0,21
	Pompalanan Beton Miktarı (m ³ /saat)	179	163	200	0,16
	Düşeyde Max. Mesafe (m)	51,7	52	52	0,19
	Yatayda Max. Mesafe (m)	47,9	48	48,1	0,13
	Boru Parça Sayısı (adet)	6	4	5	0,02
	Aracın Açık Durumda Kapladığı Alan (m ²)	148, 6	139, 7	146, 7	0,01
	İkinci El	77,3	66,1	91,7	0,04
	Bakım – Onarım	80,2	89,6	68,9	0,10
	Yedek Parça	75,4	72,3	74,8	0,08
	Teknik Servis	83,6	81,5	85,7	0,06

Fiyat dışındaki geri kalan 5 nicel kriter, model bazında değişmeyen ölçülerden oluşmaktadır. Beton pompası fiyatları ise modellerle ilgili ihtiyaç duyulan diğer verilerle birlikte 3 markanın Türkiye dağıtıcılarından alınan Haziran-2005 değerleridir. Bununla birlikte, bütün kriterler içinde en önemli ve dolayısıyla en fazla ağırlığa sahip ölçüt olan fiyat kavramı için bir değer kabul edilirken göz önüne alınması gereken bazı durumlar bulunmaktadır. Araç fiyatını düşürebilen bir etken olan satın alınacak makine sayısı bunlardan birisidir. Yine, beton pompasının peşin olarak veya taksitle alınacak olması da, fiyatta artma ya da eksilmeye neden olan önemli bir faktördür. Eğer banka kredisi kullanılacak olursa, o taktirde faiz göz önüne alınarak hesaplanacak bugünkü net değer, fiyat kriterinin girdisi olarak alınmalıdır. Tüm ölçütler açısından; fiyatın düşük olması, pompalanan beton miktarının yüksek olması (beton dökme süresini azaltır), düşeyde ve yatayda maksimum mesafelerin fazla olması, boru parça sayısının çok olması (pompa ne kadar fazla borudan oluşursa, aradaki her mesafeye kolaylıkla ulaşma ihtimali o kadar artar), aracın açık durumda ayaklarıyla beraber kapladığı alanın az olması (özellikle şehir içi veya kısıtlı alana sahip şantiyelerde sorun yaratabilir), ikinci elin tercih edilir olması, bakım-onarımın kolay ve ucuz olması, yedek parçanın ucuz ve çabuk temin edilebilmesi ve teknik servisin yaygın olması, bir beton pompasının müşteriler açısından tercih edilebilir olması için gözetilen şartlardır. Anket yapılan kişilerin görüşleri doğrultusunda bu çalışma kapsamında göz önüne alınmayan, fakat Tam vd. [13]'nin çalışmalarında yer alan çeşitli ölçütler de mevcuttur. Bunlardan biri olan işlenebilirlik veya çökme miktarı tamamen, dökülecek betonla ilgili bir özelliktir ve beton pompası seçimini herhangi bir şekilde etkilememektedir. Aynı şekilde maksimum agraga boyutu ve boru çapı kriterlerinin, beton pompaları her çeşit betonu dökmeye uygun olarak tasarlandıkları için, gerçek birer kriter olarak alınmaları uygun değildir. Ayrıca boru çapı, maksimum agraga boyutunu kapsayan

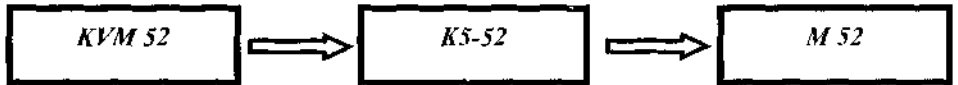
bir kriterdir. Pompalanan beton miktarı ise boru çapı kriterini kapsamaktadır. Dolayısıyla boru çapı ve maksimum agrega boyutu ölçütleri bu model içinde yer alan pompalanan beton miktarı kriteri ile temsil edilmektedirler. Bu kapsamda boru çapı sadece, betonun pompadan çıkış hızını etkileyen bir özelliktir. Bu ise dikkat edilmesi gereken ve fark yaratabilecek önemli bir kriter değildir. Yine, pompanın gücü pompalanan beton miktarı kriteri içinde temsil edilen bir diğer özelliktir. Bunların yanında farklı bir potansiyel ölçüt olarak kabul edilebilecek makinenin ağırlığı da önemli bir kriter değildir. Bu kavram çerçevesinde etki yaratacağı düşünülebilecek olan husus, aracın hızıdır. Fakat bütün beton pompaları trafikte izin verilen normal seyir hızlarına (≤ 110 km/saat) rahatça ulaşabildikleri için, hız da beton pompası alımında ayırt edici bir kriter niteliği taşımamaktadır. Kriter ağırlıkları ise, Saaty [20] tarafından geliştirilen ve günümüzde çok kullanılan bir teknik olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Bu ağırlıklar karar vericiye göre değişebilen, bir diğer ifadeyle, bu modelin değişime açık noktalarından bir tanesidir. Ağırlıkların geçerli olarak kabul edilebilmeleri için " $\leq 0,1$ " şartını sağlaması gereken tutarlılık oranı veya hata miktarı, bu çalışmada 0,01 olarak elde edilmiştir.

Hesap aşamasında kabul edilen eşik değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Buradan görüldüğü gibi, farksızlık ve tercih eşikleri α alternatifinin performans seviyesine bağlı olarak ifade edilmişlerdir. Bütün kriterlerin eşik değerleri sabit olarak alınabileceği gibi, " $\alpha * g(a) + \beta$ " benzeri daha karmaşık bir fonksiyon şeklinde de kabul edilebilir. Diğer taraftan, her bir ölçüt açısından alternatiflerin performans seviyeleri arasında büyük farklar bulunmadığı için, veto eşığının bu çalışmada kullanılması uygun görülmemiştir.

Tablo 2. Eşik değerleri

Farksızlık Eşığı - $q(g(a))$	-	0,05 * $g(a)$
Tercih Eşığı - $p(g(a))$	-	0,01 * $g(a)$
Veto Eşığı - $v(g(a))$	-	-

Yukarıda sunulan veriler ve yapılan kabuller sonucunda, Electre III metodunun hesap algoritması izlenerek, azalan ve artan netleştirme zincirlerinin aynı sıralamayı verdikleri belirlenmiştir. Bundan dolayı Şekil 1'de görülen son sıralama için herhangi bir birleştirme işlemi yapılmaksızın azalan veya artan sıralama aynen kabul edilmiştir.



Şekil 1. Beton pompaları için son sıralama

M 52 modelinin, mevcut 3 beton pompası arasında alımı onaylanabilecek en iyi seçenek olduğu anlaşılmaktadır. Bu pompa modelini çeşitli gerekçelerle tercih etmeyecek müşteri konumundaki hazır beton firmalarına K5-52 modeli önerilmektedir. KVM 52 ise, yapılan hesap sonucunda diğerlerine göre seçilmesi en az uygun görülen modeldir.

5. SONUÇLAR

İnşaat makinesi seçiminde gözetilen kriterlerin her problemde değişerek farklılık göstermesi nedeniyle, bu tür problemlere ait genel bir çözümü üretilmesi olanaksızdır. Bunun yerine ancak, bu çalışmada beton pompaları için gerçekleştirildiği gibi, her yapı makinesi tipine özgü belirli temel kriterler oluşturulabilir. Ayrıca tamamen kusursuz, mükemmel veya en iyi çok ölçütlü karar verme metodunun bulunması da şüphesiz mümkün değildir. Çünkü bütün yöntemler belirli kabuller üzerine oturtulmaktadır. Buna rağmen burada kullanıcı için önemli olan nokta, mevcut tekniğin kısıtlarının ve eksikliklerinin farkında olup elde edilen sonuçları bu doğrultuda değerlendirmektir.

Şantiyede uygun beton pompasının kullanılması, hazır beton hizmeti alan müşteri konumundaki firmaların ve satıcı konumundaki hazır beton şirketlerinin verimliliklerini artırabilir, ürün ve hizmet kalitelerini yükseltebilir, beton dökme süresini ve dolayısıyla inşaat süresini kısaltıp maliyetlerini azaltabilir. Uzun dönemde ise bu firmalar rekabet güçlerini artırarak rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilirler.

Bundan sonra yeni beton pompası satın almayı planlayan hazır beton firmalarının öncelikle makine markalarını ve modellerini kendi ihtiyaçlarına göre belirlemeleri gerekmektedir. Daha sonra, bu çalışmada ortaya konan modeldeki 6 nitel kriter için gereksinim duyulan veriler doğrudan makine üreticilerinden alınmalı, geri kalan 4 nitel kriter ile ilgili değerler ise yine üreticilerden alınacak bilgilere göre firmanın karar vericilerinin belirleyeceği 100 üzerinden verilen notlarla oluşturulmalıdır. Eğer özel kriterlerin mevcut olduğu saptandıysa, bunlar için de değer tahmini yapılmalıdır. Kriter ağırlıkları da, yine karar vericilerin kendi değerlendirmelerine göre belirlenmelidir. Böylece elde edilen veriler yardımıyla Electre III metodu beton pompası seçimi sorununa uygulanarak sonuç karara ulaşılabacaktır. Karar verici konumundaki hazır beton firması yöneticilerine ancak bu şekilde yardımcı olunacağına inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Evren, R. ve Ülengin, F., (1992), Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İTÜ Matbaası, İstanbul, 248 s.
2. Chan, C.M.R. and Harris, F.C. (1989) "A Database/Spreadsheet Application for Equipment Selection", Construction Management and Economics, Vol.7, pp. 235-247.
3. Kepner, C.H. and Tregoe, B.B., (1965), The Rational Manager. McGraw-Hill, New York.
4. Jayawardane, A.K.W. and Harris, F.C. (1990) "Further Development of Integer Programming in Earthwork Optimisation", Journal of Construction Engineering and Management, Vol.116, pp. 18-34.
5. Gray, C. and Little, J. (1985) "A Systematic Approach to the Selection of an Appropriate Crane for a Construction Site", Construction Management and Economics, Vol.3, pp. 121-144.
6. Amirkhanian, S. and Baker, N. (1992) "Expert System for Equipment Selection for Earth-Moving Operations", Journal of Construction Engineering and Management, Vol.118 (2), pp. 318-331.

7. Haidar, A. and Naoum, S. (1995) "Selection of Opencast Mine Equipment Using Knowledge Base and Genetic Algorithm", Proceedings of 4th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, pp. 409-413, Calgary.
8. Haidar, A., Naoum, S., Howes, R. and Tah, J. (1999) "Genetic Algorithms Application and Testing for Equipment Selection", Journal of Construction Engineering and Management, Vol.125 (1), pp. 32-38.
9. Naoum, S. and Haidar, A. (2000) "A Hybrid Knowledge Based System and Genetic Algorithms for Equipment Selection", Engineering, Construction, Architectural Management, Vol.7 (1), pp. 3-14.
10. Bandopadhyay, S. and Venkatasubramanian, P. (1987) "Expert Systems as Decision Aids in Surface Mine Equipment Selection", Journal of Surface Mining, Vol.1, pp. 159-165.
11. Denby, B. and Schofield, D. (1990) "Application of Expert Systems in Equipment Selection for Surface Design", Journal of Surface Mining and Reclamation, Vol.1, pp. 165-171.
12. Tam, C.M., Tong, T.K.L. and Lau, C.T. (2003) "Electre III in Evaluating Performance of Construction Plants: Case Study on Concrete Vibrators", Construction Innovation, Vol.3, pp. 45-61.
13. Tam, C.M., Tong, T.K.L. and Wong, Y.W. (2004) "Selection of Concrete Pump Using the Superiority and Inferiority Ranking Method", Journal of Construction Engineering and Management, Vol.130 (6), pp. 827-834.
14. Manisalı, E., (1981), Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı, Doktora Tezi (basılmış), İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 119 s.
15. Roy, B. (1978) "Electre III: un Algorithme de Classements Fonde sur une Representation Floue des Preferences en Presence de Criteres Multiples", Cahiers du CERO, Vol.20 (1), pp. 3-24.
16. Nijkamp, P., Rietveld, P. and Voogd, H., (1990), Multicriteria Evaluation in Physical Planning, North-Holland, Amsterdam.
17. Triantaphyllou, E., Shu, B., Sanchez, S.N. and Ray, T., (1998), Multi-Criteria Decision Making: an Operations Research Approach, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, In: J.G. Webster, Editor, Vol.15, pp. 175-186, John Wiley & Sons, New York.
18. Vallee, D. and Zielniewicz, P., (1994), Electre III-IV, Version 3.x: Guide D'Utilisation, Document de LAMSADE, No.85, Universite de Paris-Dauphine, p. 146.
19. Figueira, J., Mousseau, V. and Roy, B., (2005), Electre Methods, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, In: J. Figueira, S. Greco and M. Ehrgott, Editors, pp. 133-162, Springer Verlag, Boston.
20. Saaty, T.L., (1980), The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, and Resource Allocation, McGraw-Hill, New York.