

Yapı Makinesi Satın Alımında VIKOR Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması

Araştırma Makalesi / Research Article

Latif Onur UĞUR

Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konuralp / DÜZCE

(Geliş/Received : 16.09.2016 ; Kabul/Accepted : 26.01.2017)

ÖZ

Orta ve büyük ölçekli yapım projelerinde makine donanımı büyük önem arz etmekte; kule vinci, mobil vinç, beton pompası, beton mikseri, kamyon, greyder, ekskavatör, dozer vb. pek çok yapı makinesinin temini, önemle üzerinde durulması gereken hususlar arasında yer almaktadır. Böyle durumlarda karar vericilerin ihtiyaçlarını, amaçlarını, değerlendirme kriterlerini, bu kriterlerin kendileri için önemlerini belirleyerek alternatiflerini oluşturmaları gerekmektedir. Bu noktadan itibaren yapılacak seçim de bir çok kriterli optimizasyon problemine dönüşecektir. Uygun yöntemin seçilmesi ve uygulanması ile fayda maksimizasyonu ve katlanılan külfetlerin minimizasyonu mümkün olacaktır. Bu çalışmada yüklenimi altındaki bir yapım projesinde kullanılmak üzere kule vinci satın almak isteyen bir inşaat firmasının seçim kararı analiz edilmiştir. Bu seçim için çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçları bu konuda VIKOR yönteminin başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Yöntem genişletilerek, bulanık mantıkla harmonize edilerek ya da diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile hibrit bir şekilde de kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Yapı makineleri, kule vinç, ekipman temini, VIKOR yöntemi, çok kriterli karar verme.

Application of the VIKOR Multi-Criteria Decision Method for Construction Machine Buying

ABSTRACT

Machinery equipment in medium and large scale construction projects has great importance. Buying mobile cranes, tower cranes, concrete pumps, concrete mixers, trucks, graders, excavators, bulldozers etc., emphasis on among the issues to be dealt with. In such cases the decision makers' needs, goals, evaluation criterias, it is necessary to create alternatives for themselves by determining the importance of these criteria. From this point, the election will turn into a multi-criteria optimization problem. With selection and application of the appropriate methods, the implementation of utility maximization and minimizing the burden incurred may be possible. In this study, the decision to buy a tower crane of a construction company which wanted for use it in a construction project under it's underwriting, analyzed. For this choosing, VIKOR multi criteria decision making method is used. The survey results demonstrate the success of the VIKOR method can be used with it. The method can be use also with expanding, incorporating with fuzzy logic or other multi criteria decision making methods as hybrid manner.

Keywords: Building machinery, tower cranes, equipment supply, VIKOR method, multi-criteria decision making.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kule vinçler sayesinde her türlü yükün inşaat alanında transferi eskiye nazaran çok daha hızlı yapılabilmektedir. Böylece verimlilik artarken maliyetler azalabilmektedir. Kule vinçler üzerinde yapılacak çalışmalara olan ihtiyaç da günden güne artmaktadır [1]. Kule vinçler, inşaat mühendislerinin kullanım alanında olan, makine mühendislerinin tasarımı iş makineleridir. Kule vinçler teknoloji harikası olmayan basit bir sisteme dayalı da olsa sektörün yıllarca süren projelerinde önemli hız artışları sağlamış, taşıyıcı işçilerin yaptığı yüzlerce katını daha az maliyet ve güven ile yapmayı başarmıştır. Kule vinçler parçalarının inşaat alanına getirilerek tek tek birleştirilmesi ile bir kaç gün içinde kurulup sökülebilmektedirler [2]. Belli bir alana yapılan çok sayıda bina için tek bir kule

vinç yeterli olabilmektedir. Ağır yüklerin zor yollardan taşınmasındaki tüm zorlukları ortadan kaldırıp, ilave kaldıraç ve taşıma aracı masrafı da gerektirmemektedir. Kule vinçlerin kurulumuna, yere açılan 10×10 m boyutlarında veya zemine göre küçük-büyük olabilen çukurların içerisine beton doldurularak metal hasırlarla güçlendirilerek ve sabit yere monte edilerek başlanır. Zemin hazır olan yere parçalar bir iki kademe yerleştirilir. Dışarıdan tahsis edilen mobil vinç yardımı ile kısa gövdeye bom ve beton dengeler yerleştirilir. Bundan sonra kule vinç kendisini yükseltme özelliğini kullanarak yapı ile birlikte yükselir ya da bilinen bir yüksekliğe göre sabit gövde ile de kurulabilir. Boy yükseltilmesi ise gövde üzerinde bulunan, teknikerlerin kontrolünde çalışan hidrolik sistemli bir yükseltici yardımı ile modül adı verilen parçaları tek tek gövdeye yerleştirmek suretiyle istendiği zaman yüksekliği artırılabilir şekilde sağlanır. Böylece mekanik kurulum tamamlanmış olmaktadır. En çok kullanılan modeller genelde bom ucunda 1.250 kg taşırlar.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : latifugur@duzce.edu.tr

Gövdeye yakın yerde ise 6.000 kg taşıyabilirler. Kule gövdesine en yakın bölgeler ağırlığın kaldırılacağı en uygun bölgelerdir. Kule vinçlerin periyodik kontrol ve bakımları makine mühendisleri tarafından yapılmalıdır [2]. Kule vinçler inşaat halindeki bir yapının iç veya dış bölümüne konumlandırılırlar. Yapı yükseldikçe destek yapıları üzerinde yükselebilirler. Kule vinçler 0,5 ton ile 22 ton arasında yük taşıyabilirler. Bununla birlikte, 15 m ile 75 m arasında değişen yüksekliklere sahiptirler [3]. Kule vinçler, Avrupa Yük Kaldırma Federasyonu (Federation of Material Handling-FEM)- Uluslararası Standart Teşkilatı (International Organization for Standardization-ISO) standartlarına göre vinç sınıflandırmasında H1 kaldırma sınıfında, B3 yükleme grubunda yer alan elektrikli vinç sınıfındadır [4]. Kule vinçler kule yapılarına, vinç kollarına ve üzerinde buldukları zemin yapılarının özelliklerine göre çeşitlendirilirler.

Bir yapım projesi için gereken makinelerin temini hem başlangıç maliyeti, hem işletme giderleri hem de amortisman maliyetlerinin hesaba katılması gereken bir seçimken aynı zamanda nakil, kurulum, kullanım, bakım, onarım, iş güvenliği vb. gibi unsurların da dahil olduğu bir optimizasyon problemi mahiyeti arz eder. Kule vinçleri de tamamen bu kapsam içinde değerlendirilerek satın alınmalı, kullanılmalı, gerektiğinde de elden çıkarılmalıdır. Böyle bir satın alma kararı verileceğinde, bu karar birden çok kriterin söz bir konusu olacağı tercihi gerektirecektir.

Çok kriterli karar verme, belirlenmiş kurallara göre olası en iyi sonuca ulaşma sürecidir. Gerçek hayat problemleri genellikle aynı ölçükle ifade edilemeyen ve birbirleriyle çelişen kriterler içermektedir. Bu nedenle, seçim kriterlerinin tümünü tatmin eden bir çözüme ulaşmak çok zordur. Bu tür problemlerde genellikle, önceden belirlenmiş kurallar ışığında uzlaştırıcı bir çözüm aranır [5].

Uzlaşık çözümün temelleri, Yu [6] tarafından atılmıştır. Uzlaşık çözüm, ideale en yakın uygun çözümdür ve uzlaşma, ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır [7]. VIKOR yöntemi, birbiri ile çelişen kriterlerin olması durumunda alternatifler kümesinden birinin seçilmesi ya da alternatiflerin sıralanmasını ele alır [8]. Her alternatifin her kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır [9].

2. VIKOR YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI ALANLAR (FIELDS OF THE VIKOR METHOD USED)

Özellikle 2007-2015 yılları arasında kullanımı artan VIKOR yaklaşımı ile ilgili bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir. Chang ve Hsu, Tseng-Wen rezervuar havzasında arazi kullanımı kısıtlama stratejilerinde öncelik için VIKOR yöntemi ile çok kriterli bir analiz yapmışlardır [10]. San Cristóbal, İspanyol Hükümeti tarafından başlatılan Yenilenebilir Enerji Planı dahilinde yenilenebilir enerji projesi seçiminde VIKOR yönteminden faydalanarak yedi kritere göre on üç alternatif arasında sıralama yapmıştır [11]. Yang ve arkadaşları, bilgi güvenliği risk geliştirilmesi konusundaki boşlukların doldurulmasının daha iyi

kavranabilmesi için bu yaklaşımı kullanmış ve üç proje arasında seçim yapmışlardır [12]. Paksoy, Türkiye ve Avrupa ülkelerinin performanslarını ve gelişmişlik düzeylerini ölçmek için farklı kurumlar tarafından geliştirilen bileşik göstergeleri, VIKOR yöntemi ile bir arada değerlendirmiş ve analiz etmiştir [13]. Özden ve arkadaşları İMKB'de işlem gören çimento sektöründeki şirketlerin finansal performanslarının VIKOR yöntemiyle sıralanmışlardır [14]. Kaya vd., Avrupa Birliği (AB) ve aday ülkelerin yaşam kalitelerini bir ÇKKV yöntemi olan VIKOR yöntemine göre analiz etmişlerdir [15]. Özden, AB'ye üye ülkelerin ve Türkiye'nin ekonomik performanslarına göre VIKOR yöntemi ile sıralanmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmada AB'ye üye ülkeler ve bu birliğe aday olan Türkiye alternatif olarak analize alınmıştır. Bu durumda analizde 28 alternatif yer almıştır. Kriter olarak kullanılan 2010 yılına ilişkin 8 ekonomik gösterge ile analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda ekonomik performansı en yüksek olan ülke Lüksemburg, en düşük olan ülke Yunanistan olarak saptanmıştır. 28 ülke arasında Türkiye 24'üncü sırada yer almıştır [16].

Opricovic [17], 2009 yılında yapmış olduğu çalışmasında, VIKOR yöntemini su kaynakları planlamasında kullanmıştır. Karar verme problemi, VIKOR ile modellenmiş ve uzlaşık çözüme ulaşılmıştır. Ertuğrul ve Karakaşoğlu [18], Ege bölgesindeki banka şubelerinin performansını ölçmek amacıyla on adet kriter belirlemiş ve VIKOR yöntemiyle performans ölçümü yapmışlardır. Sanayei vd. [19], bulanık ortamdaki tedarikçi seçim problemi için VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Mulavdic [20], sürdürülebilir gelişim çerçevesinde, konut tipi seçimine ilişkin çalışmasında VIKOR yöntemini uygulamışlardır. Opricovic ve Tzeng [9], genişletilmiş VIKOR yöntemini TOPSIS, PROMETHEE ve ELECTRE yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında, VIKOR yönteminde doğrusal normalizasyon, TOPSIS yönteminde vektör normalizasyonu kullanıldığını ve VIKOR yönteminin ideal çözüme yakınlığı temsil eden toplama fonksiyonuna dayanırken, TOPSIS yönteminde iki referans noktası tanımlandığını belirtmişlerdir. Ancak TOPSIS yönteminin bu referans noktalarına olan uzaklıklarının göreceli önemlerini dikkate almadığına değinmişlerdir. PROMETHEE yöntemi ile elde edilen sonuçların maksimum grup faydasına dayandığını ve VIKOR yönteminin maksimum grup faydası ile minimum kişisel pişmanlığı birleştirdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, ELECTRE ve VIKOR yöntemlerinin benzer temellere dayandığını belirtmişlerdir [21].

3. VIKOR YÖNTEMİ'NİN TEMELLERİ (FUNDAMENTALS OF VIKOR METHOD)

VIKOR yönteminin temelinde, alternatifler ışığında ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün tespit edilmesi vardır. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın çözüm olarak ortaya çıkmaktadır [7,22]. Uzlaşık çözüm ifadesiyle, alternatifler için çok kriterli sıralama indeksi oluşturularak, belirli koşullar kapsamında ideal çö-

zümeye en yakın kararın verilmesi anlaşılmaktadır. Her alternatifin, karar verme kriterleri bazında değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır [23]. Yöntem ayrıca, karar verici grubun sonuç üzerinde etkili olabilmesine de imkan

vermektedir. Maksimum grup faydasının ve buna bağlı olarak karşıt görüştekilerin minimum

pişmanlığının sonuca etki ettirilebilmesi söz konusudur.

VIKOR yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir:

1. Adım: Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir. Eğer i kriteri oluşturulan model açısından “fayda” anlamında bir değerlendirme kriteri ise, $i = 1, 2, \dots, n$ için;

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (a) \quad \text{ve} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (b) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

2. Adım: Her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri hesaplanır. w_i , kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (2)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (3)$$

3. Adım: Her bir alternatif veya değerlendirme birimi için Q_j değerleri hesaplanır.

$$Q_j = v (S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v) (R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemden,

$$S^* = \min_j S_j$$

$$S^- = \max_j S_j$$

$$R^* = \min_j R_j \quad \text{ve}$$

$R^- = \max_j R_j$ değerlerini ifade etmektedir. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-v)$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. [49], Genellikle $v = 0,5$ kullanılır [24].

4. Adım: Elde edilen Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanır. En küçük Q_j değerine sahip alternatif yada değerlendirme birimi, alternatifler grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak ifade edilir.

5. Adım: Elde edilen sonucun geçerli olması için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde, minimum Q değerine sahip alternatif, en iyi olarak nitelendirilebilir. Bu koşullar, şu şekilde ifade edilebilir.

Koşul 1 (Kabul Edilebilir Avantaj): En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(P2) - Q(P1) \geq D(Q) \quad (5)$$

(5) numaralı eşitsizlikte $P1$, en az Q değerine sahip olan birinci en iyi alternatif, $P2$ ise ikinci en iyi alternatiftir. $D(Q)$ değeri (8) numaralı eşitlikte ifade edilmiştir. j , alternatif sayısını göstermektedir.

$$D(Q) = 1 / (j-1) \quad (6)$$

Koşul 2 (Kabul Edilebilir İstikrar): Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından şu koşulun sağlanması gerekir: En iyi Q değerine sahip $P1$ alternatifi, S ve R değerlerinin de en az bir tanesinde en

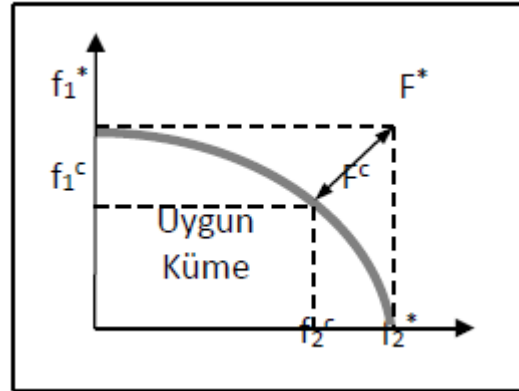
iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa $P1$ ve $P2$ alternatifleri,

- Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa $P1, P2, \dots, PM$ alternatifleri dikkate alınarak eşitsizlik şu şekilde ifade edilir:

$$Q(PM) - Q(P1) < D(Q) \quad (7)$$

Uzlaşık çözüm kümesi dahilinde Q değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir [23]. Şekil 1., ideal ve uzlaşık çözümlerin grafiksel ifadesidir.



Şekil 1. İdeal ve uzlaşık çözümler (Ideal and compromise solutions)

4. VIKOR YÖNTEMİNİN ÖZELLİKLERİ (CHARACTERISTICS OF THE VIKOR METHOD)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yönteminin bazı önemli özellikleri aşağıda verilmiştir [14].

- VIKOR yaklaşımı ile karar vericilerin fikir ayrılıkları uzlaşarak çözülebilir olmalıdır.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istekli olmalıdır.
- Fayda ile her kriter fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- Alternatifler, belirlenen tüm kriterler için değerlendirilir.
- Karar vericinin tercihleri ağırlıklar ile ifade edilir.
- VIKOR yöntemi, karar vericinin etkileşimli katılımı olmadan başlar fakat karar verici nihai çözümü onaylamaktan sorumludur. Karar verici, bu nihai çözüme kendi tercihlerini de dahil edebilir [9].
- VIKOR yöntemi, özellikle sistem tasarımının başında karar vericinin deneyimli olmadığı veya tercihini belirtmeyi bilmediği durumlarda etkili bir yöntemdir.
- VIKOR’la elde edilen çözüm karar vericiler tarafından kabul edilebilirdir. Çünkü bu yöntem “çoğunluğun” maksimum grup faydasını ve “karşıtın”

minimum bireysel pişmanlığını sağlar. VIKOR'da alternatif kümesine yeni bir alternatifin dahil edilmesi (ya da çıkarılması), alternatiflerin sıralamasını değiştirebilir [14].

Bu çalışmada yüklenimi altındaki bir yapım projesinde kullanmak üzere kule vinci almak isteyen bir inşaat firmasının gereksinimlerini maksimize ve yüklerini minimize edecek bir vinç seçimi kararı analiz edilmiştir. Seçim için çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yöntemi kullanılmıştır.

5.UYGULAMA (APPLICATION)

Bir inşaat firması, yapımını aldığı bir inşaat projesi için bir kule vinç alacaktır. Yalnızca bu proje için ihtiyaç duyulan vinç için yeni değil, kullanılmış bir model alınması firma yönetimine uygun bulunmuştur. Proje müdürü ve

sonucunda karar vericilerin birlikte oluşturdukları ve toplamı %100 eden önem değerleri belirlenmiştir. Kriterlerin bir kısmının en fazla, bir kısmının da en az olması tercih edilmektedir. Örneğin taşıma kapasitesi ve bakımlılığın maksimum düzeye yakın olması istenirken yaş ve fiyatın minimum düzeye yakın olması arzulanmaktadır. Çizelge 2., kriter özellikleri, numaraları ve ağırlıkların eklendiği veri setini içermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından, kriterlerin fayda ve maliyet özelliklerine sahip olma durumları dikkate alınarak her bir kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenmelidir. Bu aşamada fayda özelliği taşıyan kriterler için Eşitlik (1a), maliyet özelliği taşıyan kriterler için Eşitlik (1b) kullanılmıştır. Çizelge 3., bu değerleri içermektedir.

Çizelge 2. Kriter özellikleri ve ağırlıkların eklendiği veri seti (Criteria features and the data set is added to the weight

Ağırlıklar (w _i)	14%	10%	23%	5%	8%	12%	9%	8%	4%	7%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks
Soima1	3	40	65.000	4	36	4	8	3	2	2
Soima2	3	55	85.000	6	52	3	9	3	1	2
TGM	3	60	89.233	8	51,6	5	8	2	1	2
Terex Comedi	5	65	169.000	8	50	4	5	3	2	2
FM Gru	2	65	165.000	8	55	3	9	3	2	3
Liebherr1	11	55	185.000	8	50	4	6	5	1	5
Liebherr2	11	50	165.000	8	35,9	4	5	5	2	5
Panel	9	60	119.500	8	48	5	6	2	1	3
Potain	4	60	294.469	8	113	2	8	4	1	4
Liebherr3	29	55	119.500	8	47	3	3	4	2	4

Makine parkından sorumlu grup şefinin birlikte oluşturdukları kriterler iki grup altında toplanmıştır. İlk grupta makinenin yaşı, büm uzunluğu, tonajı, yüksekliği, garanti süresi ve fiyatı gibi rakamla ifade edilebilen nitel kriterler bulunmaktadır. İkinci grupta ise kurulum kolaylığı, bakımlı olma derecesi, kullanım kolaylığı ve yedek parça temini kolaylığı gibi nicel kriterler yer almaktadır. Karar vericiler bu nitel kriterleri birlikte değerlendirerek kurulum, kullanım kolaylığı ve yedek parça temini konularında 1'den 5'e kadar (5 en iyi olmak üzere) ve bakımlılık düzeyi için de 1'den 10'a kadar (10 en iyi olmak üzere) puanlandırma yapmışlardır. Yapılan piyasa araştırması sonucunda şantiyeye uygun mesafede bulunan 10 seçenek nihai değerlendirilmeye tabi tutulmak üzere seçilmiştir. Seçimde VIKOR çok kriterli seçim yöntemi uygun bulunmuş ve hesaplamalar bu yöntem ile yapılmıştır. Çizelge 1.'de kule vinçi satın alma kararına ait veri seti sunulmuştur. Çizelgede görülen değerler, karar vericilerin ortaklaşa atadıkları puanlardır.

VIKOR yönteminin başlangıcında her bir karar kriterinin öneminin belirlenmesi gerekmektedir. Mesleki tecrübe ve sezgilerin devreye girdiği bu oranlama çalışmasının

Çizelge 3. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi (Identification of the best and worst values of criteria)

wi	14%	10%	23%	5%	8%	12%	9%	8%	4%	7%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks
Soima1	3	40	65.000	4	36	4	8	3	2	2
Soima2	3	55	85.000	6	52	3	9	3	1	2
TGM	3	60	89.233	8	51,6	5	8	2	1	2
Terex Comedi	5	65	169.000	8	50	4	5	3	2	2
FM Gru	2	65	165.000	8	55	3	9	3	2	3
Liebherr1	11	55	185.000	8	50	4	6	5	1	5
Liebherr2	11	50	165.000	8	35,9	4	5	5	2	5
Panel	9	60	119.500	8	48	5	6	2	1	3
Potain	4	60	294.469	8	113	2	8	4	1	4
Liebherr3	29	55	119.500	8	47	3	3	4	2	4
f_j^*	2	65	65.000	8	113	5	9	5	2	5
f_j^-	29	40	294.000	4	35,9	2	3	2	1	2

Kriterlerin birimden arındırılması için gerçekleştirilen normalizasyon işlemi, lineer normalizasyon işlemi esaslarına dayanmakta olup Eşitlik (8) yardımı ile hesaplanmıştır.

Q_i değerlerinin hesaplanması adımıyla kullanılan S^* , S^- , R^* ve R^- parametreleri aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır (Bkz Çizelge 6.);

Çizelge 4. Normalizasyon matrisi (Normalization matrix)

wi	14%	10%	23%	5%	8%	12%	9%	8%	4%	7%
R	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks
Soima1	0,037	1,000	0,000	1,000	0,999	0,333	0,167	0,667	0,000	1,000
Soima2	0,037	0,400	0,087	0,500	0,791	0,667	0,000	0,667	1,000	1,000
TGM	0,037	0,200	0,106	0,000	0,796	0,000	0,167	1,000	1,000	1,000
Terex Comedi	0,111	0,000	0,454	0,000	0,817	0,333	0,667	0,667	0,000	1,000
FM Gru	0,000	0,000	0,437	0,000	0,752	0,667	0,000	0,667	0,000	0,667
Liebherr1	0,333	0,400	0,524	0,000	0,817	0,333	0,500	0,000	1,000	0,000
Liebherr2	0,333	0,600	0,437	0,000	1,000	0,333	0,667	0,000	0,000	0,000
Panel	0,259	0,200	0,238	0,000	0,843	0,000	0,500	1,000	1,000	0,667
Potain	0,074	0,200	1,002	0,000	0,000	1,000	0,167	0,333	1,000	0,333
Liebherr3	1,000	0,400	0,238	0,000	0,856	0,667	1,000	0,333	0,000	0,333

$$r_{ij} = (f_j^* - x_{ij}) / (f_j^* - f_j^-) \quad (8) \quad S^* = \min_i S_i$$

$$\text{Normalizasyon edilmiş matris Çizelge 4.'te verilmiştir.} \quad S^- = \max_i S_i$$

Çizelge 5. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi (Weighted normalized decision matrix)

wi	14%	10%	23%	5%	8%	12%	9%	8%	4%	7%
V	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	min	maks	min	maks	maks	maks	maks	maks	maks	maks
Soima1	0,005	0,100	0,000	0,050	0,080	0,040	0,015	0,053	0,000	0,070
Soima2	0,005	0,040	0,020	0,025	0,063	0,080	0,000	0,053	0,040	0,070
TGM	0,005	0,020	0,024	0,000	0,064	0,000	0,015	0,080	0,040	0,070
Terex Comedi	0,016	0,000	0,104	0,000	0,065	0,040	0,060	0,053	0,000	0,070
FM Gru	0,000	0,000	0,100	0,000	0,060	0,080	0,000	0,053	0,000	0,047
Liebherr1	0,047	0,040	0,121	0,000	0,065	0,040	0,045	0,000	0,040	0,000
Liebherr2	0,047	0,060	0,100	0,000	0,080	0,040	0,060	0,000	0,000	0,000
Panel	0,036	0,020	0,055	0,000	0,067	0,000	0,045	0,080	0,040	0,047

Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesabı Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) yardımı ile yapılarak normalize matris ağırlıklandırılmıştır (Bkz. Çizelge 5.).

$$R^* = \min_i R_i$$

$$R^- = \max_i R_i$$

Çizelge 6. Q_i değerlerinin hesaplamasında kullanılacak S^* , S^- , R^* ve R^- parametrelerinin değerleri (S^* , S^- , R^* and R^- values of the parameters, to be used in the calculation of the Q_i value)

S^*	0,318
S^-	0,523
R^*	0,08
R^-	0,14

$q = (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00)$ parametresine göre grup faydası değerleri için Eşitlik (4) yardımı ile Q_i değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 7.'de verilmiştir.

Çizelge 7. Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerler

Q	S_i	R_i	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
			$Q_i (q=0,00)$	$Q_i (q=0,25)$	$Q_i (q=0,50)$	$Q_i (q=0,75)$	$Q_i (q=1,00)$
Soima1	0,413	0,100	0,333	0,366	0,399	0,432	0,465
Soima2	0,397	0,080	0,000	0,096	0,192	0,289	0,385
TGM	0,318	0,080	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Terex Comedi	0,409	0,104	0,400	0,411	0,421	0,432	0,443
FM Gru	0,341	0,100	0,333	0,278	0,222	0,166	0,110
Liebherr1	0,398	0,121	0,683	0,610	0,536	0,462	0,388
Liebherr2	0,387	0,100	0,333	0,334	0,335	0,336	0,337
Panel	0,390	0,080	0,000	0,088	0,176	0,264	0,352
Potain	0,486	0,230	2,500	2,080	1,659	1,239	0,819
Liebherr3	0,523	0,140	1,000	1,000	1,001	1,001	1,001

Her bir alternatif için Q değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler baz alınarak tüm alternatifler sıralanmıştır (Bkz. Çizelge 8.). Burada $q=0,00$ parametresine göre birinciliği üç seçenek (Soima2, TGM ve Panel) paylaşmıştır.

Çizelge 8. Sıralama sonuçları (Sort results)

	$Q_i (q=0,00)$	$Q_i (q=0,25)$	$Q_i (q=0,50)$	$Q_i (q=0,75)$	$Q_i (q=1,00)$
Soima1	4	6	6	7	8
Soima2	1	3	3	4	5
TGM	1	1	1	1	1
Terex Comedi	7	7	7	6	7
FM Gru	4	4	4	2	2
Liebherr1	8	8	8	8	6
Liebherr2	4	5	5	5	3
Panel	1	2	2	3	4
Potain	10	10	10	10	9
Liebherr3	9	9	9	9	10

Yapılan sıralamaların uzlaşık çözümü yansıtıp yansıtmadığını belirlemek üzere Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar koşullarını sağlayıp sağlamadıklarına bakılır. Bu aşamada Eşitsizlik (5), Eşitlik (6) ve Eşitlik (7) kullanılır. Bu ifadelerle göre yapılan hesaplama ve değerlendirmelerin sonuçları Çizelge 9.'da verilmiştir.

Çizelge 9. Koşulların denetlenmesi (Inspection of the requirements)

$Q(A^2)$	0,333	0,088	0,176	0,166	0,110
$Q(A^1)$	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
$Q(A^2)-Q(A^1)$	0,333	0,088	0,175	0,165	0,109
DQ	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Koşul 1	DOĞRU	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Kule vinci satın alma kararı amacıyla yapılan VIKOR analizi sonucunda $q=0,00$, $q=0,50$ ve $q=0,75$ değerleri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları'nı aynı anda sağlayan TGM marka vinç, En İyi Alternatif olarak belirlenmiştir. $q=0,25$ ve $q=1,00$

değerleri için ise Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu sağlanmadığından, birinci ve ikinci sırada yer alan araçların her ikisi de Uzlaşık Ortam Çözümü olarak kabul edilmiştir.

6.SONUÇ (RESULTS)

Orta ve büyük ölçekli yapı projelerinde makine donanımı büyük önem arz etmekte, yalnızca kule vinci değil mobil vinç, beton pompası, beton mikseri, kamyon, greyder, ekskavatör, dozer vb. pek çok yapı makinesinin temini, bakımı ve verimli kullanımı önemle üzerinde durulması gereken hususlardandır. Karar vericilerin ihtiyaçlarını, amaçlarını, değerlendirme kriterlerini, bu kriterlerin kendileri için önemlerini belirleyerek alternatiflerini oluşturmaları gerekmektedir. Bu noktadan

İtibaren yapılacak seçim/ verilecek karar da bir çok kriterli optimizasyon problemine dönüşecektir. Uygun yöntemin seçilmesi ve uygulanması ile fayda maksimizasyonu ve katlanılan külfetlerin minimizasyonu mümkün olacaktır. Araştırma sonuçları yapı makinesi (özelde kule vinci) satın alınması kararı konusunda VIKOR yönteminin başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Yöntem genişletilerek, bulanık mantıkla harmonize edilerek ya da diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile hibrit bir şekilde kullanılabilir.

VIKOR yöntemi; hesap kolaylığı ve nispeten basitliği sebebi ile özel bir yazılım gerektirmemektedir. Bu özelliği ile kısa sürede ve az işlem yaparak nihai sonuca ulaşılmasını mümkün kılabilir.

Yapılan analizde yalnızca sayısal değerler değil karar vericinin sezgilerine, tecrübelerine ve uzmanlığına dayanarak verdiği subjektif değerlendirmelerin, "sayısallaştırmak" ve "ağırlıklandırmak" aşamalarında sürece öznellik kazandırdığının da altı çizilmelidir. Buna dayanarak; elde edilen sonuçların karar vericinin görüşlerini yansıtan ve ideal derecesinin karar vericiye bağlı olduğu durumda belirlen sonuçlar olduğu ifade edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kule Vinçlerde Yüksek Güvenlik ve Verimlilik, Erişim Tarihi: 05.05.2014, URL: <http://www.makina-market.com.tr/cpt/detay/7406/kule-vinclerde-yuksek-guvenlik-ve-verimlilik>
- [2] Kule Vinç (Tower Crane) Nedir? Nasıl Kullanılır?, Erişim Tarihi: 05.05.2014, URL: <http://www.bilgiustam.com/kule-vinc-tower-crane-nedir-nasil-kullanilir/>
- [3] Neitzel, R. L., Noah S. Ss, ve K. K. Ren., "A review of crane safety in the construction industry", *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16: 1106-1117, (2010).
- [4] TEVİD. Elektrikli Vinç Kitabı Pratik Bilgiler. İstanbul; (2012).
- [5] Vahdani B., Hadipour H., Sadaghiani J.S. and Amiri, M., "Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(9-12):1231- 1239, (2010).
- [6] Yu P. L., "A class of solutions for group decision problems", *Management Science*, 19 (8): S.936-946, (1973).
- [7] Opricovic S. and Tzeng G.H., "Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, 156: 445-455, (2004).
- [8] Büyüközkan, G. and Ruan, D., "Evaluation of software development projects using fuzzy multi-criteria decision approach", *Mathematics and Computers in Simulations*, 77 (5-6): 464-475, (2008).
- [9] Opricovic, S. and Tzeng, G.H., "Extended VIKOR method in comparison with other outranking methods", *European Journal of Operational Research*, 178: 514-529, (2007).
- [10] Chang C. and Hsu C., "Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed", *Journal of Environmental Management* 90: 3226-3230, (2009).
- [11] San Cristóbal J. R., "Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: the VIKOR method", *Renewable Energy*, 36: 498-502, (2011).
- [12] Ou Yang Y. and Shieh H., Leu J., "A VIKOR-based multiple criteria decision method for improving information security risk", *International Journal of Information Technology & Decision Making* 8(2): 267-287, (2009).
- [13] Paksoy S., "Ülke Göstergelerinin VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2): (2015).
- [14] Özden Ü. H., Deniz Basar Ö. Ve Bağdatlı Kalkan S., "İMKB'de işlem gören çimento sektöründeki şirketlerin finansal performanslarının VIKOR yöntemiyle sıralanması", *Ekonometri ve İstatistik*, 17: 23-44, (2012).
- [15] Kaya P., İpekçi Çetin E. ve Kuruüzüm A., "Çok kriterli karar verme ile avrupa birliği ve aday ülkelerin yaşam kalitesinin analizi", *Ekonometri ve İstatistik*, 13: (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı) 80-94, (2011).
- [16] Özden Ü. H., "AB'ye üye ülkelerin ve türkiye'nin ekonomik performanslarına göre VIKOR yöntemi ile sıralanması", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1): 455-468, (2012).
- [17] Opricovic S., "A Compromise solution in water resources planning", *Water Resources Management*, 23: 1549-1561, (2009).
- [18] Ertuğrul İ. ve Karakaşoğlu N., "Banka şube performanslarının VIKOR yöntemi ile değerlendirilmesi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1): 19-28, (2009).
- [19] Sanayei A., Mousavi S.,F. and Yazdankhah A., "Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, 37: 24-30, (2010).
- [20] Mulavdic E., "Multi-criteria optimization of construction technology of residential building upon the principles of sustainable development", *Thermal Science*, 9(3): 39-52, (2005).
- [21] Ertuğrul İ. ve Karakaşoğlu N., "Banka şube performanslarının VIKOR yöntemi ile değerlendirilmesi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, YA/EM 2008 Özel Sayısı, 20(1): 19-28, (2009).
- [22] Chen L.Y. and Wang T., "Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing process: the strategic decision of fuzzy VIKOR", *International Journal of Production Economics*, 120: 233-242, (2009).
- [23] Opricovic S. and Tzeng, G.H., "Extended VIKOR method in comparison with other outranking methods", *European Journal of Operational Research*, 178: 514-529, (2007).
- [24] Lixin D., Ying L. and Zhiguang Z., "Selection of logistics service provider based on analytic network process and VIKOR algorithm", *Networking, Sensing and Control, ICNSC 2008, IEEE International Conference Proceedings*: 1207- 1210, (2008).