



PYYK 2016
03-05 Kasım 2016

4. PROJE ve YAPIM YÖNETİMİ KONGRESİ
Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Eskişehir

4. PROJE VE YAPIM YÖNETİMİ KONGRESİ BİLDİRİLER KİTABI



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

3 – 5 KASIM 2016 ESKİŞEHİR

TEPEBAŞI BELEDİYESİ

ISBN: 978-605-66332-5-6

Haser Matbaa ve Endüstriyel Malzemeleri

Baskı Tarihi Ekim 2016

İnşaat Yönetiminde Çok Ölçütlü Bir Karar Verme Yöntemi VIKOR ile İş Makinesi Seçimi

M. Anbarcı
S.B.Belediyesi, İstanbul
muratanbarci@gmail.com

O. H. Türkakın, O. Giran, E. Manisalı
İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul
hurolturkakın@gmail.com, ogiran@gmail.com, ekremmanisali@gmail.com

Özet

İş makineleri inşaat projelerinin en önemli kaynakları arasında yer almaktadır. İnşaat yönetiminde en uygun iş makinesinin seçimi çok ölçütlü bir karar verme problemidir. Bu çalışmada bir ilçe belediyesinin makine parkını yenileme isteği doğrultusunda oluşan Kazıcı-Yükleyici (Beko Loder) iş makinesi seçim problemine karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiş ideal çözüme yakınlık ölçümüne dayalı çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan VIKOR ile çözüm getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: VIKOR, Çok Ölçütlü Karar Verme, İnşaat Yönetimi.

Giriş

İnşaat sektörü ülke ekonomisinin kalkınmasında büyük önem taşımaktadır. Kamu inşaat projelerinin kalitesi büyük ölçüde vatandaşların günlük yaşamını etkiler. (Chang, 2016). İlk planlama ve tasarım aşamasından sonra büyük inşaat mühendislik projeleri işçilik, makine, ekipman ve malzeme gibi çeşitli kaynaklar içermektedir. Kaynakların herhangi bir bileşeni planlama, tasarım ve operasyonel faaliyetlerle ilişkili başlangıç yatırımı, direk ve endirekt maliyetler, lojistik vb. faaliyetleri gerektirir (Sarker ve diğerleri 2012).

Geleneksel olarak kamu inşaat projeleri içerisinde yer alan altyapı faaliyetleri (yağmursuyu kanalı, pissu kanalı vb. projelerdeki kazı, montaj, muayene, tamir ve bakım faaliyetleri) açık kazı yapım yöntemlerini içerir. Bu gibi projelerin sıkışık ve kalabalık kentsel alanlarda yürütülmesi pahalı ve karmaşık bir süreçtir (Ariaratnam ve diğerleri 1999). Ve her bir inşaat şantiyesi birbirinden farklı çalışma koşulları barındırır. Tipik bir inşaat projesi personel, makine, ekipman ve malzeme gibi kaynaklardan oluşmaktadır. Bu kaynaklar şantiyede inşaat faaliyetleri için birbirleri ile ilişkili dinamik bir yapı oluştururlar (Marks ve Teizer, 2012).

Ekskavatörler, yükleyiciler, greyderler, vinçler ve tünel açma makineleri gibi ağır iş makineleri inşaat projelerinin etkinlik ve üretkenliğin sağlanmasında öncü rol oynamaktadır (Lu ve Liang, 2012).

Toprak işleri ve hafriyat işleri veya diğer kazıma ile yükleme işleri gibi faaliyetleri içeren ağır iş makinelerinin kullanımını gerektiren projelerin planlama sürecinde, ihtiyaç duyulan ekipman hakkında kapsamlı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için de müteahhitler, iş makinelerinin geçmiş projelerdeki bakım-onarım ve performans kayıtlarını dikkatli bir şekilde tutmuşlardır. Belirli bir inşaat faaliyeti gerçekleştirebilmek için kayda değer türde makine ve ekipman bulunmaktadır. Örneğin, bir otoyol projesinde yer alan yarma ve dolgu faaliyetleri çeşitli türdeki ekskavatorlerin, kazıdan çıkan toprağın döküm sahasına nakledilebilmesi farklı türdeki turların ve kamyonların kullanılmaları ile gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde bir boru hattı projesinde müteahhit projede kullanılmak üzere kazıyı-yükleyici mi yoksa hendek makinesi mi kullanılacağına karar verebilmelidir (Key, 1987).

Bu çalışmada bir ilçe belediyesinin makine parkını yenileme isteği doğrultusunda, ilçenin yol çalışmalarında ve hafriyat işlerinde kullanılmak üzere Kazıcı-Yükleyici (Beko Loder) iş makinesi seçim problemine karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiş ideal çözüme yakınlık ölçümüne dayalı çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan VIKOR ile çözüm getirilmiştir.

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi VIKOR

Çok ölçütlü karar verme, bir yönetsel düzey ve bir mühendislik düzeyi de dahil olmak üzere karmaşık ve dinamik bir süreç olarak kabul edilebilir. Yönetsel düzey, hedefler ve finalde “en iyi” alternatifin seçilmesini tanımlar. Kararların çok ölçütlü ortamda vurgulanması bu yönetsel düzeyde, önerilen çözümü kabul ya da reddetme yetkisi “karar vericiler” olarak adlandırılan kişiler tarafından mühendislik düzeyinde vurgulanmaktadır. Tercih yapısının sağlayan bu karar vericiler, mühendislik düzeyindeki optimizasyon sürecinde rol oynamamaktadır. Sıklıkla tercih yapısı teknik kriterlerden ziyade politik kriterlere dayanmaktadır. Çok ölçütlü karar verme süresinin mühendislik düzeyi alternatifleri tanımlar ve çeşitli kriterler açısından herhangi birini seçerek sonuçlarını işaret eder. Bu düzeyde aynı zamanda alternatiflerin çok ölçütlü sıralaması gerçekleştirilir (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin temel adımları şunlardır:

- a) Amaçlara göre sistem kabiliyetleri ile ilgili değerlendirme kriterlerinin kurulması
- b) Amaçlara ulaşmak için alternatif sistemlerin geliştirilmesi (alternatifler oluşturarak)
- c) Kriterlere göre (kriter fonksiyonlarının değerleri) alternatiflerin değerlendirilmesi
- d) Normatif çok ölçütlü bir analiz yönteminin uygulanması
- e) Bir alternatifin en iyi (çok tercih edilen) olarak kabul edilmesi
- f) Nihai çözüm kabul edilmezse, yeni bilgilerin toplanması ve çok ölçütlü optimizasyon için bir sonraki iterasyona (yenilemeye) gidilmesi.

VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, Opricovic (1998) tarafından çok ölçütlü karar verme problemlerinde uygulamak için geçerli bir yöntem olarak sunulmuştur. Bu yöntem karmaşık sistemlerin

optimizasyonu için geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. VIKOR, çok ölçütlü karar verme sürecinde, özellikle karar vericinin olmadığı durumlarda veya sistem tasarımının başlangıcında karar vericinin önceliklerinin bilindiği durumlarda faydalı bir araçtır.

VIKOR yönteminin adımları aşağıdaki gibidir;

1. Adım: Kriterler değerlerinin belirlenmesi

$$f_i^+ = \max_j f_{ij} \quad (1)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (2)$$

Kriterlerin faydasına ve maliyetine göre en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi.

2. Adım: Normalize matrisin oluşturulması

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (3)$$

Kriterlerin birimden arındırılması.

3. Adım: Normalize matrisin ağırlıklandırılması

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (4)$$

2.adımda normalize edilmiş karar matrisi üyelerinin karar vericilerin önem dereceleriyle çarpılarak ağırlıklandırılması.

4. Adım: Alternatiflerin ortalama ve en kötü skorlarının hesaplanması.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \times \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (5)$$

$$R_j = \max_j \left(w_j \times \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \quad (6)$$

5. Adım: Alternatiflerin Q_i değerlerinin hesaplanması.

$$Q_i = \frac{q \times (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1 - q) \times (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (7)$$

6. Adım: Alternatiflerin sıralanarak karar verilmesi.

Uygulama

Bu çalışmada VIKOR çok ölçütlü karar verme tekniği bir ilçe belediyesinin makine parkını yenileme isteği doğrultusunda oluşan Kazıcı-Yükleyici (Beko Loder) iş makinesi seçim problemine çözüm getirebilmek için uygulanmıştır.

İnşaat sektöründe yaygın kullanımı olan 4 adet kazıcı-yükleyici (Beko Loder); çalışma ağırlığı, motor gücü, kazı derinliği, kova kapasitesi, optimum pompa debisi ve fiyat kriterlerine göre VIKOR yöntemi yardımıyla değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırma aşaması ilçe belediyesinin fen işleri müdürlüğü teknik personeli tarafından yapılmış, sektörde yaygın kullanımı olan ve pazar payı yüksek olan iş makinesinin sezgisel ağırlıklandırmada karar vericiyi etkilememesi amacıyla marka ve model kendilerine söylenmemiştir. Çalışma kapsamında da iş makinelerinin marka ve modelleri belirtilmemiştir. Tablo 1’de alternatif iş makineleri ve kriterleri yer almaktadır.

Tablo 1. Alternatifler ve Kriterler

Markası-Modeli	Çalışma Ağırlığı (kg)	Motor Gücü: hp	Kazı Derinliği m	Kova Kapasitesi: m ³	Optimum Pompa Debisi: lt/dk	Fiyatı:
MM01	8510	92	5,93	1	144	150000
MM02	9000	100	5,627	1,1	90	160000
MM03	9800	98	5,86	1	160	170000
MM04	8425	95	5,696	1,03	160	180000

Tablo 1’de yer alan alternatiflerin kriterleri karar vericiler tarafından maliyet ve fayda özelliklerine göre niteliklendirilmiş, fayda özellikliler max olarak, maliyet özellikli olanlar min olarak Tablo 2’de gösterilmiştir. Ayrıca karar vericilerin kriterler ile ilgili ortak fikirleri doğrultusunda ağırlıklık değerleri yine Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Kriterlerin Ağırlıkları ve Fayda-Maliyetleri

Ağırlıklar (w _i)	15%	20%	10%	10%	10%	35%
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
X	min	max	max	max	min	min
MM01	8510	92	5,93	1	144	150000
MM02	9000	100	5,627	1,1	90	160000
MM03	9800	98	5,86	1	160	170000
MM04	8425	95	5,696	1,03	160	180000

Tablo 2’de yer alan kriterler Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) de alan formüller yardımıyla kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri hesaplanmış, Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Kriterlerin En İyi ve En Kötü Değerlerinin Hesaplanması

Ağırlıklar (wi)	15%	20%	10%	10%	10%	35%
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
X	min	max	max	max	min	min
MM01	8510	92	5,93	1	144	150000
MM02	9000	100	5,627	1,1	90	160000
MM03	9800	98	5,86	1	160	170000
MM04	8425	95	5,696	1,03	160	180000
f_j^*	8425	100	5,93	1,1	90	150000
f_j^-	9800	92	5,627	1	160	180000

Kriterlerin her biri ayrı birimdedir. Örneğin çalışma ağırlığı kilogram iken kazı derinliği metredir. Kriterlerin bu birimlerden arındırılmaları için Eşitlik (3) kullanılmış, ve Tablo 4’de yer alan normalize matris oluşturulmuştur.

Tablo 4. Kriterlerin Birimden Arındırılması

Ağırlıklar (wi)	15%	20%	10%	10%	10%	35%
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
R	min	max	max	max	min	min
MM01	0,062	1	0	1	0,771	0
MM02	0,418	0	1	0	0	0,333
MM03	1	0,25	0,231	1	1	0,667
MM04	0	0,625	0,772	0,7	1	1

Tablo 4’de normalize edilmiş kriterler Eşitlik (4) kullanılarak ağırlıklandırılmış, Tablo 5’de hesaplanarak gösterilmiştir.

Tablo 5. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Ağırlıklar (wi)	15%	20%	10%	10%	10%	35%
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
V	min	max	max	max	min	min
MM01	0,009	0,2	0	0,1	0,077	0
MM02	0,063	0	0,1	0	0	0,117
MM03	0,15	0,05	0,023	0,1	0,1	0,233
MM04	0	0,125	0,077	0,07	0,1	0,35

Alternatiflerin ortalama ve en kötü değerleri Eşitlik (5) ve (6) kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik (7) yardımıyla Q_i değerleri hesaplanarak $q = \{0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00\}$ parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Ortalama ve En Kötü Değerler

			0,00	0,25	0,5	0,75	1
	S_i	R_i	Q_i ($q=0$)	Q_i ($q=0,25$)	Q_i ($q=0,5$)	Q_i ($q=0,75$)	Q_i ($q=1$)
MM01	0,309	0,2	1	0,978125	0,95625	0,934375	0,9125
MM02	0,163	0,1	0	0	0	0	0
MM03	0,323	0,15	0,5	0,625	0,75	0,875	1
MM04	0,272	0,125	0,25	0,3578125	0,465625	0,5734375	0,68125
S^*	0,163						
S	0,323						
R^*	0,1						
R	0,2						

Alternatiflerin Tablo 6'da yer alan değerleri hesaplandıktan sonra alternatif iş makineleri sıralanır. Sıralama sonucunda kabul edilebilir avantaj ile kabul edilebilir istikrar koşulları irdelenir. Sıralama işlemi Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Alternatiflerin Sıralanması ve Karar Verilmesi

	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
	Q_i ($q=0$)	Q_i ($q=0,25$)	Q_i ($q=0,5$)	Q_i ($q=0,75$)	Q_i ($q=1$)
MM01	4	4	4	4	3
MM02	1	1	1	1	1
MM03	3	3	3	3	4
MM04	2	2	2	2	2
$Q(A^2)$	0	0	0	0,5734375	0,9125
$Q(A^1)$	0,25	0,3578125	0,465625	0	0
$Q(A^2) - Q(A^1)$	-0,25	-0,3578125	-0,465625	0,5734375	0,9125
DQ	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333
Koşul 1	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU

Tablo 7'de yer alan sıralama ve koşulların denetimi sonucu MM02 her iki koşulu aynı anda sağladığı için en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada inşaat yönetiminin en önemli konuları arasında yer alan Çok Ölçütlü Karar Verme teknikleri içerisinde yer alan VIKOR yöntemi, inşaat projelerinin

kaynakları içerisinde yer alan iş makinesi seçimi probleminde uygulanmış, satın alma sürecinde karar vericilere çözüm sunulmuştur.

Kaynaklar

Ariaratnam, S.,T., Jason S. Lueke,J.S., Allouche, E.N. (1999).“Utilization Of Trenchless Construction Methods By Canadian Municipalities”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(2): 76-86.

Chang, J.R. (2016). “Performance Records System for Public Construction Contractors-Application of Smooth Roads Project”, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 30(3): 06015004.

Key, J. (1987). “Earthmoving And Heavy Equipment”, *Journal of Construction Engineering Management*, 113(4): 611-622.

Lu, M., Liang, X. (2012). “Real-time 3D Positioning and Visualization of Articulated Construction Equipment: Case of Backhoe Excavators”, *Computing in Civil Engineering*, 196-203.

Marks, E., Teizer, J. (2012). “Proximity Sensing and Warning Technology for Heavy Construction Equipment Operation”, *Construction Research Congress*, 981-990.

Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2004). “Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal of Operational Research* 156, 445–455.

Opricovic, S. (1998). “Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems”, *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*.

Sarker, B.R., Egbelu, P.J., Warren, L.T., Yu, J. (2012). “Planning and design models for construction industry: A critical survey”, *Automation in Construction* 22, 123–134.