

0-1 HEDEF PROGRAMLAMA DESTEKLİ BÜTÜNLEŞİK AHP- VIKOR YÖNTEMİ: HASTANE YATIRIMI PROJELERİ SEÇİMİ

Burak KARAMAN, Hakan ÇERÇİOĞLU
Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara
bukaraman@hotmail.com, cercioglu@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 14.08.2014; Kabul/Accepted: 19.08.2015)

ÖZET

İhtiyaçların, sınırlı kaynaklara oranla sınırsız olarak gözüktüğü günümüz dünyasında, söz konusu sınırlı kaynakları doğru ihtiyaçlara atamak büyük önem taşımaktadır. Karşılanması gereken ihtiyacın büyüklüğü nispetinde atanması gereken kaynak miktarı da artmakta, bu doğrultuda doğru çözümü bulmak daha da önemli hale gelmektedir. Yapılan çalışmada belirli kısıtlar altında hastane projeleri seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışmada seçim probleminin doğasında bulunan birçok kriteri çözüme yansıtılabilmek amacıyla VIKOR yöntemi, kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla da AHP yöntemi kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri sonrasında bir 0-1 hedef programlama modeli kurulmuştur. Bu matematiksel model sayesinde problem özelindeki bazı kısıtlar çözüme katılmıştır. Bu yöntemlerin uygulanması neticesinde bazı hastane alternatifleri seçilmiştir. Kurulan bileşimin, kısıtlar altındaki çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde etkili olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, VIKOR, 0-1 hedef programlama, yatırım projeleri seçimi

0-1 GOAL PROGRAMMING AIDED AHP – VIKOR INTEGRATED METHOD: AN APPLICATION OF HOSPITAL INVESTMENT PROJECT SELECTION

ABSTRACT

In the modern day where demands are seen unlimited in comparison with sources, allocation of these sources to the right demands is of great importance. The source that should be assigned grows in proportion to the size of the demand, accordingly finding the right solution becomes more important. In this study, hospital projects selection problem under particular constraints is addressed. In the study VIKOR method is used in order to reflect the multiple criteria, which lies on the problems nature, to the solution, while AHP method is used to determine criteria weights. Subsequent to multiple criteria decision making methods, a 0-1 goal programming model is built. With the help of this mathematical model, problem specific constraints are involved in the solution. As a result of the implementation of these models, some hospital alternatives are selected. It is seen that the integrated method is efficient in solving the decision making problems under constraints.

Keywords: Multi criteria decision making, VIKOR, 0-1 goal programming, investment project selection

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karar vermenin en çok bilinen dallarından biri olan çok kriterli karar verme, bir dizi karar kriterinin varlığı altında karar verme problemi olarak tanımlanabilir [1]. Proje seçme problemi de birbiriyle çelişen kriterlere ve birden fazla alternatif çözüme sahip olması özellikleriyle bir çok kriterli karar verme problemi olarak görülebilir. Proje seçimi, kısıtlı

kaynakların doğru yerlere aktarılmasını sağlamak konusunda büyük öneme sahiptir. Literatürde farklı sektörlerden projelerin seçim problemlerinin işlendiği görülmektedir. Bu problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. San Cristobal [2] yenilenebilir enerji projesi seçimi problemini ele aldığı çalışmasında 13 farklı alternatifin; çeşitli sayısal kriterler karşısında nihai sıralamasının elde

edilebilmesi için VIKOR yöntemi kullanmıştır. Mahmoodzadeh ve arkadaşları [3] çalışmalarında proje seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada yatırım alternatiflerini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan dört farklı kriter AHP yönteminde kriter olarak kullanılmış, alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi aşamasında ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem dört kriterli ve altı alternatifli bir problem üzerinde uygulanmıştır. Mavrotas ve arkadaşları çalışmalarında [4] proje önceliklendirmesi ve seçimi problemini ele almışlardır. Problemden kamu fonlarından faydalanmak için başvuru yapan 123 adet şirketin önceliklendirilmesinde PROMETHEE V yöntemi kullanılmış, bu yöntemden elde edilen ağırlık değerleri; seçilen alternatiflerin kısıtları sağlanması için uygulanacak olan 0-1 hedef programlama modelinde ağırlık değeri olarak kullanılmıştır.

Bununla birlikte çok kriterli karar verme yöntemlerinin proje seçimi dışında da çok geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Dağdeviren ve Eren [5] tedarikçi seçimi problemini ele alarak problemin çözümünde AHP ve 0-1 hedef programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Bondor ve arkadaşları [6] çalışmalarında 53 adet tip 2 diyabet hastasının verilerini kullanarak diyabetik nefropati risk faktörlerini analiz etmişlerdir. VIKOR yönteminin kullanıldığı çalışmanın sonuçları ile aynı faktörlerin analizi için TOPSIS yöntemini kullanan bir başka çalışmanın sonuçları karşılaştırılmıştır. Kul, Şeker ve Yurdakul [7] çalışmalarında alışılmamış imalat yöntemlerinin seçimi probleminin çözümünde çeşitli yöntemleri karşılaştırmışlardır. Problem öncelikle bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleriyle çözülmüş, bulunan sonuçlar bulanık olmayan AHP ve TOPSIS yöntemleriyle karşılaştırılarak bulanıklığın sonuçlar üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Nikjoo, Khah ve Moghimi [8] çalışmalarında ERP sistemlerini kalitatif ve kantitatif kriterler temelinde değerlendirme amacı taşıyan bir problem üzerinde durmuşlardır. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığı çalışmada gaz türbini üreten bir firmanın 4 alternatifli problemi çözülmüştür. Çalışmada, problemde karşılanması gereken kriterlerin olması durumunda hedef programlama yönteminin kullanılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir. Can ve Arıkan [9] çalışmalarında bir savunma sanayi firmasında alt yüklenici seçimi problemini ele almışlar, kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemini, alternatifler arasında sıralama yapılması için ise PROMETHEE II yöntemini kullanılmıştır. Kaya ve Kahraman [10] çalışmalarında İstanbul şehri için en iyi yenilenebilir enerji alternatifini seçmek ve bu alternatif için en uygun olacak yeri tespit etmek gibi iki ana problem üzerinde durmuşlardır. Problemlerin çözümünde bulanık AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Opricovic ve Tzeng çalışmalarında [11] Drina nehri üzerinde hangi noktaya hidroelektrik santrali kurulması gerektiği

sorusuna cevap aramışlardır. Problem önce VIKOR yöntemiyle çözülmüş, ardından bu çözüm TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Literatürde nispeten daha sık ele alındığı görülen bilgi sistemleri seçimi, ERP seçimi, tedarikçi seçimi, üniversite seçimi gibi problemlerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözümünde kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde; bu problemi çözmüş olan daha eski çalışmalar üzerinde araştırma yapılması, bu çalışmalarda kullanılan kriterlerden faydalanılması yolunun izlenebildiği görülmektedir. Örneğin, bilgi sistemleri seçimini ele alan 1991 [12], 2001 [13] ve 2009 [14] tarihli üç farklı çalışmada tamamen aynı kriterlerin kullanıldığı görülmektedir. Benzer şekilde üniversite seçimi problemini ele alan bir başka çalışmada kriterlerin belirlenmesi aşamasında aynı problemi ele alan diğer çalışmalardan faydalanılabildiği görülmektedir [15]. Literatürde kendine nispeten daha az yer bulan problemlerde ise kriterleri daha eski çalışmalardan faydalanarak belirleyebilme ihtimali azalmaktadır. Örneğin Kabak ve Uyar ağır ticari araç seçimi problemini ele aldıkları çalışmalarında literatürde bu konuya yönelik yapılan bir çalışma bulunmadığını belirtmişlerdir [16]. Hastane projeleri seçimi probleminin ele alındığı bu çalışmada da benzer bir durumla karşılaşmış ve kriterlerin belirlenmesi aşamasında Kabak ve Uyar'ın çalışmasına benzer şekilde aynı konuyu ele alan daha eski çalışmalardan faydalanılamamıştır.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

Çalışmada sonuca ulaşmak amacıyla üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Öncelik AHP yöntemi ile alternatiflerin karşılaştırılmasında kullanılacak olan kriterlerin ağırlıkları belirlenmekte, VIKOR yöntemi ile alternatifler birbiriyle karşılaştırılmakta ve 0-1 hedef programlama yöntemiyle problemde bulunan bazı kısıtların karşılanması sağlanmaktadır.

2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process)

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş olan [17] ve en çok bilinen ve en çok kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Yöntem amaçların, kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin oluşturduğu çok seviyeli hiyerarşik bir yapı kullanılmaktadır. Bu yapıda ikili karşılaştırmalar sayesinde her bir karar kriterinin önem ağırlığı elde edilmekte ve her bir alternatifin her bir kriter karşısındaki performansı değerlendirilmektedir [18].

AHP yönteminde çözüme ulaşabilmek için öncelikle hiyerarşiyi oluşturmak gerekmektedir. AHP yönteminde karar problemi, amaç en üstte, kriterler onun altında ve alternatifler en altta olacak şekilde yapılandırılır [19]. Hiyerarşinin oluşturulmasından

sonra sıra önceliklendirme prosedürüne gelmektedir. Önceliklendirme prosedüründe, her bir kriter temelinde alternatiflerin karşılaştırılması ve kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması için ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur [5]. Bu işlemden sonra elemanların göreceli ağırlıkları tespit edilmektedir. Alternatiflerin kriterler bazında göreceli ağırlığı karşılaştırma matrisinden elde edilen özvektör (eigenvector) yardımıyla hesaplanır. Alternatiflerin toplam ağırlığı ise hiyerarşi boyunca elde edilen bütün değerlerin toplanmasıyla elde edilir. Bu işlemde elde edilen normalize edilmiş vektör alternatiflerin toplam ağırlığını vermektedir [20].

AHP yönteminde kullanılan matrislerin tutarlılığını kontrol edebilmek için matrislerin tutarlılık oranı hesaplanır. Kriter sayısına bağlı olarak değişen sayıların kullanıldığı hesaplama sonucunda tutarlılık oranının 0,1'den küçük olması durumunda söz konusu matris tutarlıdır denilebilir. Matris işlemleri sonucunda en yüksek önem ağırlığına sahip olduğu tespit edilen alternatif en iyi alternatiftir.

2.2 VIKOR Yöntemi (VIKOR Method)

Sırpça ViseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaştırıcı Çözüm) ifadesinin baş harflerinden oluşan VIKOR yöntemi ilk olarak Opricovic ve Tzeng tarafından çok kriterli problemlerin optimizasyonu için önerilmiştir [21]. VIKOR, uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralanmasını belirleyerek en uygun olanların seçilmesini sağlayan yöntem, ideal çözüme yakınlığa dayanan çok kriterli sıralama indeksini ele alır [22].

VIKOR yöntemi 5 adımda özetlenebilir [21]:

1. Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir. Eğer i kriteri fayda kriteri ise (Eş. 1-2);

$$2. \quad f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (1)$$

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

Eğer i kriteri maliyet kriteri ise (Eş. 3-4);

$$f_i^* = \min_j f_{ij} \quad (3)$$

$$f_i^- = \max_j f_{ij} \quad (4)$$

fonksiyonları geçerlidir[11].

3. $j = 1, 2, \dots, J$ iken S_j ve R_j değerleri hesaplanır (Eş. 5-6).

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (5)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (6)$$

Bu denklemlerde w_i değeri her bir kriterin ağırlığını temsil etmektedir.

4. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak $Q_j, j = 1, 2, \dots, J$ değerleri hesaplanır (Eş. 7-9).

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (7)$$

Burada;

$$S^* = \min_j S_j \text{ ve } S^- = \max_j S_j \quad (8)$$

$$R^* = \min_j R_j \text{ ve } R^- = \max_j R_j \quad (9)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir.

Denklemden görülen v değeri maksimum grup faydasının ağırlığını temsil ederken $(1-v)$ değeri ise karşı tarafın yani minimum pişmanlığın ağırlık değerini ifade etmektedir.

5. Elde edilen S, R ve Q değerleri küçükten büyüğe sıralanır. Neticede üç farklı sıralama elde edilmiştir.

6. Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanıyorsa, Q değerine göre yapılan sıralamada en iyi çıkan alternatif (a'), uzlaştırıcı çözüm olarak kabul edilir.

1. Koşul: “Kabul Edilebilir Avantaj”

Bu koşul altında sağlanması gereken denklem aşağıdaki gibidir (Eş. 10).

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (10)$$

Burada a'' , Q değerine göre yapılan sıralamada ikinci sırada bulunan alternatiftir. DQ değeri ise J alternatif sayısı iken, $DQ = 1/(J-1)$ formülü ile hesaplanır.

2. Koşul: “Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar”

Bu koşula göre a' alternatifi Q sıralamasında olduğu gibi R veya S değerleri ile yapılan sıralamalardan en az birine göre de en iyi alternatif olmalıdır.

Eğer bu iki koşuldan birisi sağlanmıyorsa birden fazla uzlaşık çözüm önerilebilir.

- Sadece 1. Koşul'un sağlandığı durumda a' ve a'' alternatifleri
- Sadece 2. Koşul'un sağlandığı durumda $a', a'', \dots, a^{(M)}$ alternatifleri uzlaşık çözüm olarak sunulabilir.

Burada $a^{(M)}$ alternatifi $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$ eşitsizliğini sağlayan en büyük M değeri yardımıyla belirlenir.

Yöntem sonucunda elde edilen en iyi alternatif, Q değerine göre sıralanan, ve en küçük Q değerine sahip olan alternatiftir. Elde edilen ana sıralama uzlaşık sıralama listesidir. Yöntem elde ettiği sıralamaya ek olarak belirli bir avantaj oranına sahip bir uzlaşık çözüm de sunmaktadır [21]. Bu uzlaşık çözüm maksimum grup faydası ($\min S$) ve minimum pişmanlığı ($\min R$) pişmanlığı bünyesinde barındırdığı için tercih edilebilir [11].

VIKOR yöntemi alternatifleri değerlendirirken maksimum grup faydası ile minimum pişmanlığı da kullanmaktadır. Yöntemin, bu iki özelliği sağlayan bir sıralama elde etmek ve bununla birlikte bir uzlaşık çözüm, ya da duruma göre bir uzlaşık çözüm kümesi de sunmak gibi avantajları vardır.

PROMETHEE yönteminde 6 farklı tercih fonksiyonu kullanılır iken VIKOR yönteminde ise sadece doğrusal normalizasyon kullanılmaktadır. PROMETHEE yönteminde doğrusal tercih fonksiyonu kullanıldığında elde edilen sıralama VIKOR yönteminde S değerinden elde edilen sıralama ile aynı olabilmektedir. Fakat bu sonuç aynı zamanda PROMETHEE yönteminde sadece maksimum grup faydasının, VIKOR yönteminde ise maksimum grup faydası ile minimum pişmanlığın hesaba katıldığının bir göstergesidir [11].

VIKOR yöntemi, yukarıdaki eşitliklerde Q ile gösterilen ve ideal çözüme en yakın çözümü temsil eden bir toplama fonksiyonu kullanmaktadır. TOPSIS yöntemi ise ideal çözüme en kısa mesafede olan ve negatif ideal çözümden en uzak mesafede olan çözümü bulmaktadır [21]. Bununla birlikte Opricovic [21] 2004 yılında sayısal örnek üzerinden yaptığı çalışmada TOPSIS yönteminin doğrusal normalizasyon kullanıldığında VIKOR yöntemi ile aynı sonuçlar verebilmesine rağmen vektörel normalizasyon kullanıldığında VIKOR yönteminin elde ettiği uzlaşık çözümden farklı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

2.3 0-1 Hedef Programlama Yöntemi (0-1 Goal Programming Method)

Hedef programlama, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden doğrusal programlamanın aksine hedef programlama, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır [23].

Bir tamsayılı hedef programlama modelinin, tanımlı aralığında sadece kesikli (sayılabilir) değerler alabilen, bir veya birden fazla karar değişkeni bulunmaktadır. Eğer bütün tamsayılı değişkenler sadece iki değer (0 ve 1) alacak şekilde kısıtlandıysa ortaya çıkan modele 0-1 hedef programlama modeli denir [24].

0-1 hedef programlama modeli şu şekilde gösterilebilir (Eş. 11-17) [24].

$$\text{Mina} = \sum_{q=1}^Q \left(\frac{u_q n_q}{k_q} + \frac{v_q p_q}{k_q} \right) \quad (11)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (12)$$

$$\underline{x} \in F \quad (13)$$

$$x_i = 0, \text{ veya } 1 \quad (14)$$

$$i = 1, \dots, n \quad (15)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (16)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (17)$$

Model şu şekilde açıklanabilir [24]. Modelde $q = 1, \dots, Q$ ile ifade edildiği gibi Q tane hedef bulunmaktadır. Ayrıca $\underline{x} = x_1, x_2, \dots, x_n$ ile ifade edilen n adet karar değişkeni tanımlanmıştır. Her hedefin gerçekleşen değerini temsil eden bir $f_q(\underline{x})$ değeri bulunmaktadır. Ayrıca karar verici her bir amacın gerçekleşmesi hedeflenen değeri için bir b_q hedef değeri atamaktadır.

Burada n_q belirlenen hedeften gerçekleşen negatif sapmayı ifade eder iken p_q ise gerçekleşen pozitif sapmayı ifade etmektedir. $x_i = 0$ veya 1 ifadesi ise karar değişkenlerinin 0 veya 1 değerlerinden sadece birini almasını sağlamaktadır.

3. 0-1 HEDEF PROGRAMLAMA DESTEKLİ BÜTÜNLEŞİK AHP-VIKOR YÖNTEMİ İLE HASTANE PROJELERİ SEÇİMİ (HOSPITAL PROJECTS SELECTION WITH 0-1 GOAL PROGRAMMING AIDED AHP-VIKOR INTEGRATED METHOD)

Bu çalışmada gelişmekte olan bir ülkenin gündeminde olduğu varsayılan 6 adet farazi hastane projesinin bütçe kısıtı altında seçimi problemi ele alınacaktır. 6 farklı şehirde bulunduğu ve birbirinden farklı kapasitelere sahip olduğu varsayılan bu hastaneler belirlenen kriterler karşısında değerlendirilecektir. Bu noktada değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenebilmesi için AHP yöntemi, alternatiflerin kriterler bazındaki performanslarına göre sıralanabilmesi için ise VIKOR yöntemi kullanılacaktır. Ardından bütçe kısıtı gibi bir takım kısıtların da sağlanabilmesi amacıyla bir doğrusal programlama modeli yardımıyla nihai karara varılacaktır.

3.1 AHP Hesaplamaları (AHP Calculations)

Bu aşamada amaç belirlenen altyapı projeleri arasından, AHP yöntemini kullanarak, bir seçim yapılmasına yardımcı olacak bir sonuç elde edebilmektir. Bu amaçla kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi noktası üzerinde durulacaktır. Projelerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde proje seçimi konusundaki literatür çalışmalarından [3, 25 ve 26] ve uzman görüşlerinden faydalanılmıştır.

Fayda-Maliyet Oranı, bir projenin finansal açıdan yapılabilir olup olmadığına karar verilmesi aşamasında kullanılmaktadır. Bir yatırım projesinin sağlayacağı fayda gelecekteki beklenen nakit akışlarının indirgenmiş değeridir [27]. Fayda-maliyet oranı ise projenin sağlayacağı bu faydanın projenin başlangıç maliyetine bölünmesidir denilebilir.

Net Bugünkü Değer (NBD), projenin nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farkın belirlenmesi ve farkın sıfırdan büyük olması halinde projenin kabulünü öngören bir yöntemdir. Bu yöntem paranın zaman değerini ve projenin ekonomik ömrünü dikkate almaktadır [28].

Mevcut hastanelerin doluluk oranı, projenin gerçekleştirilmesi planlanan şehirde bulunan diğer hastanelerin doluluk oranını göstermektedir. Problemin ele alındığı ülkenin gelişmekte olan bir ülke olduğu varsayımından hareketle, proje alternatiflerinin bulunduğu şehirlerin her birinde bir veya birden fazla hastanenin halihazırda mevcut olduğu varsayılmaktadır. Bu kriter dahil olmak üzere son dört kriter bu varsayım üzerine temellendirilmiştir.

Mevcut hastanelerin yaşı projenin gerçekleştirilmesi planlanan şehirde bulunan diğer hastane binalarının kaç yaşında olduğunu göstermektedir.

Mevcut hastanelerde yatak başına düşen kapalı alan projenin gerçekleştirilmesi planlanan şehirde bulunan diğer hastane binalarının kapalı alanının yatak sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu kriter, matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından, problemin çözümü için kullanılan yöntemler içerisinde "100 m²'ye düşen yatak sayısı" şeklinde kullanılarak kazanç kriterine dönüştürülmüştür.

Mevcut hastanelerde kişi başına düşen yatak sayısı o şehirdeki nüfusun şehrin toplam yatak sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu kriter, matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından, problemin çözümü için kullanılan yöntemler içerisinde "1 yatağa düşen kişi sayısı" şeklinde kullanılarak kazanç kriterine dönüştürülmüştür.

Son iki kriterde yapılan dönüşümler ile problemdeki kriterlerin tamamı kazanç kriteri haline gelmiştir.

Belirlenen kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi, bu matrisin tutarlılığı ve bu matristen elde edilen ağırlık değerleri Tablo 1.'de verilmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda matrisini tutarlılığı yaklaşık olarak 0,07 çıkmıştır. Tutarlılık değerinin 0,1'den küçük çıkması matrisin tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda ikili karşılaştırma matrisinde yapılan yargılamalar güvenilir denebilir. Matris işlemleri sonucunda elde edilen kriter ağırlık değerleri tablonun ağırlık sütununda görülmektedir.

Tablo 1. İkili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix)

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	Ağırlık	Tutarlılık Oranı
K ₁	1,000	0,500	0,200	3,000	3,000	0,200	0,079	0,07<0,1 Matris Tutarlı
K ₂	2,000	1,000	0,142	5,000	2,000	0,142	0,071	
K ₃	5,000	7,000	1,000	7,000	5,000	1,000	0,370	
K ₄	0,333	0,200	0,142	1,000	0,500	0,125	0,044	
K ₅	0,333	0,500	0,200	2,000	1,000	0,142	0,059	
K ₆	5,000	7,000	1,000	8,000	7,000	1,000	0,378	
Toplam	13,667	16,200	2,686	26,000	18,500	2,611	1,000	

Kriter ağırlıklarına bakıldığında K_3 ve K_6 kriterlerinin birbirine yakın ağırlıklara sahip olduğu görülmektedir. Bu iki kriter, yani mevcut hastanelerin doluluk oranı ve kişi başına düşen yatak sayısı kriterleri, en yüksek ağırlıklara sahip kriterlerdir. Bu iki kriterden sonra yine birbirine yakın ağırlıklara sahip Fayda-Maliyet Oranı ve Net Bugünkü Değer oranı kriterleri gibi projenin finansal durumu hakkında fikir vermeyi amaçlayan kriterler gelmektedir.

Mareschal, tespit edilen ağırlık değerlerinin hangi aralıklarda değişmesi durumunda elde edilen sonucun değişmeyeceğini bulabilmek amacıyla stabilite aralıklarını kullanmıştır [29]. Bu yöntem, elde edilen sıralamanın kriter ağırlıklarındaki değişime ne derece duyarlı olduğunu belirlemek amacıyla kullanılacaktır.

Tablo 2.'de problem sonucunda elde edilen sıralamada herhangi bir değişime sebep olmadan kriter ağırlıklarının alabileceği en düşük ve en yüksek değerler görülmektedir.

Tablo 2. Kriter ağırlıkları için stabilite aralıkları (Stability intervals of criteria weights)

Kriterler	Ağırlık Değerleri	Aralıklar	
		Alt Limit	Üst Limit
K_1	0,079	0	0,278
K_2	0,071	0	0,240
K_3	0,370	0,230	0,413
K_4	0,044	0	0,285
K_5	0,059	0	0,164
K_6	0,378	0,341	0,623

Buna göre K_1 , K_2 , K_4 ve K_5 kriterleri problem sonucunda elde edilen sıralamada herhangi bir değişikliğe sebep olmaksızın en az sıfır değerini alabilir iken özellikle K_6 kriterinde alt limitin kriter ağırlığına çok daha yakın olduğu görülmektedir.

Bu noktada dikkat çekici bir husus da en geniş aralığa sahip kriterin en küçük ağırlığa sahip olan K_4 ve en dar aralığı sahip kriterin en küçük ikinci ağırlığa sahip olan K_5 kriteri olmasıdır.

3.2 VIKOR Hesaplamaları (VIKOR Calculations)

Problemde H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , H_5 , ve H_6 olarak anılan alternatiflerin; K_1 , K_2 , K_3 , K_4 , K_5 ve K_6 olarak anılan kriterler karşısında elde ettiği puanlar Tablo 3.'te verilmiştir.

Bu tablodan elde edilecek, her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler ise Tablo 4.'te verilmektedir.

Tablo 4. En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler (The best (f_i^*) and the worst (f_i^-) values)

	f_i^* değerleri	f_i^- değerleri
K_1	1,296695	0,921429
K_2	397.962.360	-30.759.951
K_3	64,90%	43,50%
K_4	50	8
K_5	1,61	1,02
K_6	2000	400

(f_i^*) ve (f_i^-) değerlerinin tespit edilmesinden sonra sıra S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasına gelmektedir ki bunun için bu değerlerin S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasında kullanılan denklemlerdeki yerlerine konması gerekmektedir (Bkz. Eş. 5-6). Denklemlerde kullanılan w_i değeri her bir kriterin ağırlığını ifade etmektedir. Bir önceki aşamada AHP hesaplamaları ile elde edilmiş olan ağırlık değerleri bu aşamada denklemdaki yerlerine konarak kullanılacaktır.

Tablo 3. Karar matrisi (Decision matrix)

	F/M Oranı	NBD (Para Birimi)	M.H. Doluluk Oranı	M.H. Yaşı	M.H. 100 m ² 'ye Düşen Yatak Sayısı	M.H. Bir Yatağa Düşen Kişi
H1	1,296695	397.962.360	64,90%	47,64	1,49	1111,11
H2	0,921429	-30.759.951	55%	25	1,07	833,33
H3	1,057612	18.337.016	63%	20	1,61	400
H4	1,20314	207.162.539	60,30%	35,78	1,39	666,66
H5	1,051092	37.152.731	43,50%	50	1,44	625
H6	1,213178	87.828.023	49%	8	1,02	2000

S_j ve R_j değerleri Tablo 5.'te görülmektedir.

Tablo 5. S_j ve R_j değerleri (S_j and R_j values)

	S_j değerleri	R_j değerleri
H₁	0,2200	0,2055
H₂	0,6706	0,2697
H₃	0,5474	0,37
H₄	0,4755	0,3083
H₅	0,8163	0,37
H₆	0,4468	0,2749

S_j ve R_j değerleri elde edildikten sonra ilgili denklem (Bkz. Eş. 7) kullanılarak Q_j değerleri hesaplanır. Denklemden yer alan ν değeri yöntemi literatüre kazandıran Opricovic'in 2005 yılında yaptığı çalışmasında [30] almış olduğu gibi 0,5 olarak alınmıştır. Bu değer maksimum grup faydasının ve minimum pişmanlığın uzlaşık sıralama üzerinde eşit oranda etkili olduğu anlamına gelmektedir. Hesaplanan Q_j değerleri Tablo 6.'daki gibidir.

Tablo 6. Q_j değerleri (Q_j values)

	Q_j değerleri
H₁	0
H₂	0,5731
H₃	0,7745
H₄	0,5267
H₅	1
H₆	0,4010

VIKOR yöntemindeki sıralamalarda en iyi alternatif en küçük sayısal değere sahip alternatiftir. Dolayısıyla S , R ve Q değerlerinin elde edilmesinden sonra oluşan sıralamalar Tablo 7.'de verilmiştir.

Sıralamaların elde edilmesinden sonra sıra uzlaşık çözümün elde edilebilmesi için "Kabul Edilebilir Avantaj" ve "Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar" koşulları test edilebilir.

1. Koşul'un test edilebilmesi için $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$ eşitsizliği (Bkz. Eş. 10)

kontrol edilmelidir. Bu denklemdeki DQ değeri bu problemde alternatif sayısı (J) 6 olduğu için $1/(6-1)=0,2$ olarak hesaplanmaktadır. Yukarıda anılan denklem uyarınca Q değerine göre yapılan sıralamada en iyi çıkan alternatifin ağırlık değeri ile bu alternatiften sonra gelen alternatifin ağırlık değeri arasındaki farkın 0,2'den büyük olması gerekmektedir. $0,410 - 0 \geq 0,2$ olduğundan dolayı a' alternatifi 1. Koşul'u sağlamaktadır denebilir.

2. Koşul'un test edilmesi için ise Q değeri ile elde edilen sıralamalara ek olarak R ve S değeri ile elde edilen sıralamalardan faydalanılmaktadır. 2. Koşul'un sağlanması için alternatifin Q değerine göre yapılan sıralamadaki yerinin R veya S değerlerine göre yapılan sıralamalardan en az biriyle aynı olması gerekmektedir. Q değerine göre en iyi alternatif olan H_1 , R ve S değerlerine göre yapılan sıralamaların ikisine göre en iyi alternatif olarak görülmektedir. Bu durumda her üç sıralamada da aynı sırada yer alan H_1 alternatifinin 2. Koşul'u da sağladığı dolayısıyla uzlaşık çözüm olduğu söylenebilir.

Koşulların her ikisi de sağlandığı için; koşullardan birisinin sağlanmadığı durumlarda başvurulmuş ve farklı uzlaşık çözüm önerileri sunabilmek amacıyla kullanılan yöntemlerin denenmesine gerek kalmamaktadır.

VIKOR yönteminin elde ettiği sıralamaya ek olarak belirli bir avantaj oranına sahip bir uzlaşık çözüm sunmaktadır [21]. Bu uzlaşık çözüm H_1 olarak belirlenmiş iken yöntem sonucunda elde edilen sıralama ise Q değerleri ile elde edilen sıralamadır [11, 31].

Q değerleri ile elde edilen sıralamada unutulmaması gereken nokta ν değerinin Q değerini hesaplamada önemli bir yeri olduğudur. Eş. 7'de görülen ν değeri maksimum faydaya verilen ağırlığı temsil eder iken $(1-\nu)$ değeri ise pişmanlığa verilen ağırlığı temsil etmektedir. Yukarıdaki hesaplamalarda ν değeri 0,5 alınmıştır. Fakat Q değerinin hesaplanmasında ν değerine farklı değerler verilmesi de mümkündür. Bu durumda fayda ve pişmanlığa verilen önemler değişeceğinden dolayı Q değerlerinin ve Q değerlerine göre yapılan sıralamanın da değişmesi olasıdır.

Tablo 7. Alternatiflerin S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre sıralamaları (Rankings of alternatives according to the S_j , R_j ve Q_j values)

Q değerine göre sıralama		R değerine göre sıralama		S değerine göre sıralama	
H₁	0	H₁	0,2055	H₁	0,2200
H₆	0,4010	H₂	0,2697	H₆	0,4468
H₄	0,5267	H₆	0,2749	H₄	0,4755
H₂	0,5731	H₄	0,3083	H₃	0,5474
H₃	0,7745	H₅	0,37	H₂	0,6706
H₅	1	H₃	0,37	H₅	0,8163

Farklı ν değerlerinde sıralamanın nasıl değişeceğine ilişkin bir analiz Tablo 8'de görülmektedir.

Farklı ν değerlerinin kullanılması durumunda bütün durumlarda en iyi ve en kötü alternatiflerin değişmediği görülmektedir. Geriye kalan dört alternatifin farklı ν değerlerindeki sıralamaları değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte H_6 alternatifinin beş farklı durumun dördünde en iyi ikinci alternatif, $\nu = 0$ durumunda ise en iyi üçüncü alternatif olduğu görülmektedir. H_4 alternatifi ise beş durumun üçünde en iyi üçüncü alternatif iken $\nu = 0$ ve 0,25 durumlarında en iyi dördüncü alternatiftir. Dolayısıyla $\nu = 0,5$ durumunda elden edilen sıralamanın diğer ν değerlerinde elde edilen sıralamayla benzer olduğu söylenebilir.

3.3 0-1 Hedef Programlama Hesaplamaları (0-1 Goal Programming Calculations)

Problemin sonuca ulaşabilmesi için çok kriterli karar verme yönteminden sonra bazı kısıtların probleme dahil edilmesi gerekmektedir. Bu kısıtlar genel olarak üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar bütçe kısıtı, bölgesel kalkınma kısıtı ve VIKOR ağırlık kısıtı olarak sıralanabilir.

Hastane projelerinin gerçekleştirilebilmesi için toplam 1,25 milyar birimlik bir yatırım bütçesi bulunmaktadır. Dolayısıyla altı alternatif arasından seçilecek olanların bu bütçe kısıtını aşmaması gerekmektedir. Bölgesel kısıtlar ise iki adettir. İlk olarak ülkenin diğer bölgelerine kıyasla sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyesi daha düşük olan bölgelerin ağırlık puanları daha yüksek tutulmuş ve böylece bu bölgelerdeki hastanelerin tercih edilebilirliklerinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olması sağlanmıştır. İkinci bölgesel kısıt ise genel bir kısıt olmayıp sadece iki alternatifi bağlamaktadır.

Bu kısıtla amaçlanan, aynı coğrafi bölgede yer alan ve aynı potansiyele hitap eden iki alternatifin aynı anda gerçekleştirilmesini engellemek, bunlardan en fazla birinin gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Son kısıt ise VIKOR ağırlık kısıtıdır. Bu kısıtta VIKOR yönteminden elde edilen ağırlık değerleri, değişkenlerin ağırlıkları olarak kullanılmaktadır.

Alternatiflerin hedef programlama modelinde karşılanması istenen kısıtlara ilişkin verileri Tablo 9.'da verilmektedir.

Bu durumda problem şu şekilde formüle edilebilir (Eş. 18-24):

Eş. 18 kurulan modelin amaç fonksiyonudur. Bu fonksiyon kısıtların en aza indirgenmesi istenen sapmalarını minimize etme amacındadır.

Eş. 19 bütçe kısıtı ile alakalıdır. Bu eşitlikte karar değişkenlerinin önündeki değerler alternatiflerin yatırım tutarlarıdır. 1250 değeri ise yatırım bütçesidir. Gerçekleştirilecek projelerin yatırım tutarları toplamının yatırım bütçesini en az miktarda aşması istenmektedir.

Eş. 20 bölgesel kalkınma kısıtı ile alakalıdır. Bu eşitlikte karar değişkenlerinin önündeki değerler alternatiflerin bölgesel teşvik katsayılarıdır. Bu kısıt gerçekleştirilecek projelerin bölgesel teşvik katsayıları toplamının 13 değerine mümkün olduğunca yakın olmasını sağlamakta böylece model bölgesel teşvik katsayısı yüksek olan hastane projelerini gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Bu kısıttaki 13 değeri bütün alternatiflerin bölgesel teşvik katsayılarının toplamıdır. Yani bütün proje alternatiflerinin gerçekleştirilmesi durumunda bunların bölgesel teşvik katsayıları toplamı 13'e eşit olacaktır.

Tablo 8. Farklı ν değerleri için Q_j değerlerine göre sıralamalar

(Rankings according to the Q_j values for different ν values)

$\nu = 0$ durumu		$\nu = 0,25$ durumu		$\nu = 0,5$ durumu		$\nu = 0,75$ durumu		$\nu = 1$ durumu	
H_1	0	H_1	0	H_1	0	H_1	0	H_1	0
H_2	0,3906	H_6	0,4113	H_6	0,4010	H_6	0,3907	H_6	0,3803
H_6	0,4217	H_2	0,4819	H_4	0,5267	H_4	0,4776	H_4	0,4285
H_4	0,6250	H_4	0,5758	H_2	0,5731	H_3	0,6618	H_3	0,5491
H_3	1	H_3	0,8872	H_3	0,7745	H_2	0,6644	H_2	0,7557
H_5	1	H_5	1	H_5	1	H_5	1	H_5	1

Tablo 9. Hedef programlama modelinde kullanılacak veriler (Data which will be used in goal programming model)

	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6
Yatırım Tutarı	707,4	195,3	214,4	540,7	441,9	207,4
Bölgesel Teşvik Katsayısı	4	1	4	1	2	1
VIKOR Ağırlığı	0	0,5731	0,7745	0,5267	0,7745	1

$$\text{Min} z = d_1^+ + d_2^- + d_3^+ + d_4^+ + d_4^- \quad (18)$$

$$707,4x_1 + 195,3x_2 + 214,4x_3 + 540,7x_4 + 441,9x_5 + 207,4x_6 + d_1^- - d_1^+ = 1250 \quad (19)$$

$$4x_1 + 1x_2 + 4x_3 + 1x_4 + 2x_5 + 1x_6 + d_2^- - d_2^+ = 13 \quad (20)$$

$$x_4 + x_5 + d_3^- - d_3^+ = 1 \quad (21)$$

$$0x_1 + 0,5731x_2 + 0,7745x_3 + 0,5267x_4 + 1x_5 + 0,4010x_6 + d_4^- - d_4^+ = 0 \quad (22)$$

$$x_i = 0 \text{ veya } 1 \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad (23)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (24)$$

Kurulmuş olan bu 0-1 hedef programlama modeli LINDO programı ile çözülmüştür. Modelin çözümü sonucunda H_1 , H_3 ve H_6 alternatiflerinin seçildiği görülmüştür. Bu üç hastanenin yatırım tutarları toplamı bütçe kısıtının 120,8 milyon birim altında kalmış ve kısıtı aşmamıştır. Aynı şekilde, model çözülürken VIKOR ağırlıkları ve diğer kısıtlar da dikkate alınmış, bu kısıtları en iyi sağlayan alternatifler seçilmiştir.

Modelin LINDO programı ile çözülmesi sonucu elde edilen veriler Tablo 10.'da özetlenmektedir.

Tablo 10. Hedef programlama modelinin sonuçları
(Results of goal programming model)

Karar Değişkeni	Aldığı Değer	Karar Değişkeni	Aldığı Değer
x_1	1	d_1^+	0
x_2	0	d_1^-	120,8
x_3	1	d_2^+	0
x_4	0	d_2^-	4
x_5	0	d_3^+	0
x_6	1	d_3^-	1
		d_4^+	1,175
		d_4^-	0

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Hastane projeleri; maliyeti yüksek, çevre üzerinde yaratacağı etkileri büyük, önemli altyapı projeleridir. Bu çalışmada bir dizi hastane projesi arasından seçim yapma problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için öncelikle bütünleşik AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılmış, ardından bazı kısıtların sağlanması amacıyla 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan uygulama sonucunda VIKOR ve hedef programlama yöntemlerinin birlikte çalışma konusunda uyumlu olduğu görülmüştür. Bu iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla meydana gelen bütünleşik yöntemin kısıtları sağlama açısından VIKOR yönteminin tek başına kullanılmasına nazaran

daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bileşim bu çalışmada hastane seçimi problemi üzerinde uygulanmış olsa da çok kriterli karar verme alanının bir başka problemi üzerinde de rahatlıkla kullanılabilceği düşünülmektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinin doğasında olduğu gibi bu çalışmada da kriterler konusunun problemin sonucunu doğrudan etkileme potansiyeline sahip olduğu unutulmamalıdır. Kriterlerde veya kriterlerin puanlanması aşamasında yapılacak bir değişiklik problemin sonucunu doğrudan etkileyecektir.

Bundan sonraki çalışmalarda aynı problemin farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle ele alınması faydalı olabilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., Ray, T., **Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**, (J.G. Webster, Ed.), John Wiley & Sons, New York, NY, Cilt 15, 175-186, 1998.
2. San Cristobal, J.R., "Multi-Criteria Decision-Making in the Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor Method", **Renewable Energy**, Cilt 36, 498-502, 2011.
3. Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., Zaeri, M.S., "Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique", **International Journal of Humanities and Social Sciences**, Cilt 1 No 3, 135-140, 2011.
4. Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Caloghirou, Y., "Project Prioritization Under Policy Restrictions. A Combination of MCDA with 0-1 Programming", **European Journal of Operational Research**, 171, 296-308, 2006.
5. Dağdeviren, M., Eren, T., "Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması", **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 16, No 2, 41-52, 2001.
6. Bondor, C.-I., Kacso, I.M., Lenghel, A., Istrate, D., Mureşan, A., "VIKOR Method for Diabetic

- Nephropathy Risk Factors Analysis”, **Applied Medical Informatics**, Cilt 32, No 1, 43-52, 2013.
7. Kul, Y., Şeker, A., Yurdakul, M., “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 29, No 3, 589-603, 2014.
 8. Nikjoo, M.A., Khah, M.M., Moghimi, A., “Fuzzy TOPSIS and GP Application for Evaluation and Selection of a Suitable ERP”, **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Cilt 5, No 11, 1358-1367, 2011.
 9. Can, Ş., Arıkan, F., “Bir Savunma Sanayi Firmasında Çok Kriterli Alt Yüklenici Problemi ve Çözümü”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 29, No 4, 645-654, 2014.
 10. Kaya, T., Kahraman, C., “Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of İstanbul”, **Energy**, 35, 2517-2527, 2010.
 11. Opricovic, S., Tzeng, G.-H., “Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods”, **European Journal of Operational Research**, 178, 514-529, 2007.
 12. Schniederjans, M.J., Wilson, R.L., “Using the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Information System Project Selection”, **Information & Management**, 20, 333-342, 1991.
 13. Lee, J.W., Kim, S.H., “An Integrated Approach for Interdependent Information System Project Selection”, **International Journal of Project Management**, 19, 111-118, 2001.
 14. Kim, I., Shin, S., Choi, Y., Thang, N.M., Ramos, R.E., Hwang, W.-J., “Development of a Project Selection Method on Information System Using ANP and Fuzzy Logic”, **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 29, 411-416, 2009.
 15. Kabak, M., Dağdeviren, M., “A Hybrid MCDM Approach to Assess the Sustainability of Students’ Preferences for University Selection”, **Technological and Economic Development of Economy**, 20, 391-418, 2014.
 16. Kabak, M., Uyar, Ö. O., “Lojistik Sektöründe Ağır Ticari Araç Seçimi Problemine Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 28, No 1, 115-125, 2013.
 17. Saaty, T.L., “A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures”, **Journal of Mathematical Psychology**, 15, 57-68, 1977.
 18. Triantaphyllou, E., Mann, S.H., “Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges”, **Inter’l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice**, Cilt 2, No 1, 35-44, 1995.
 19. Saaty, T.L., “Decision Making with Analytic Hierarchy Process”, **International Journal of Services Sciences**, Cilt 1, No 1, 83-98, 2008.
 20. Bahurmoz, A.M.A., “The Analytic Hierarchy Process: A Methodology for Win-Win Management”, **JKAU: Econ.&Adm.**, Cilt 20, No 1, 3-16, 2006.
 21. Opricovic, S., Tzeng, G.-H., “Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, **European Journal of Operational Research**, 156, 445-455, 2004.
 22. Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N., “Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt 20, No 1, 19-28, 2008.
 23. Leung, S.C.H., Wu, Y., ve Lai, K.K., “Multi-Site Aggregate Production Planning with Multiple Objectives: A Goal Programming Approach”, **Production Planning & Control**, Cilt 14, No 5, 425-436, 2003.
 24. Jones, D., Tamiz, M., **Practical Goal Programming**, International Series in Operations Research and Management Science, Springer, 2010.
 25. Schutte, I.C., Brits, A., “Prioritizing Transport Infrastructure Projects: Towards a Multi-Criterion Analysis”, **Southern Africa Business Review**, Cilt 16, No 3, 97-117, 2012.
 26. Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., **Multiple Criteria Decision Analysis-State of the Art Surveys**, International Series in Operations Research and Management Science, Springer, 2005.
 27. Peterson, T., “Reports and Comments, Cost-Benefit Analysis for Evaluating Transportation Proposals; Los Angeles Case Study”, **Land Economics**, Cilt 51, 72-79, 1975.
 28. Sevil, G., Başar, M., Çoskun, M., **Finansal Yönetim-II**, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 76, 2013.
 29. Mareschal, B., “Weight Stability Intervals in Multicriteria Decision Aid”, **European Journal of Operational Research**, Cilt 3, No 1, 54-64, 1988.
 30. Tzeng, G.-H., Lin, C.-W., Opricovic, S., “Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation”, **Energy Policy**, 33, 1373-1383, 2005.
 31. Kaya, T., Kahraman, C., “Fuzzy Multiple Criteria Forestry Decision Making Based on an Integrated VIKOR and AHP Approach”, **Expert Systems with Applications**, 38, 7326-7333, 2011.