

HASTANE YERİ SEÇİMİNDE NESNEL AĞIRLIKLANDIRMALI SEZGİSEL BULANIK VIKOR YÖNTEMİ

Sait GÜL^{1*}

¹Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-6011-0848>

Anahtar Kelimeler	Öz
Sezgisel bulanık sayılar, VIKOR, OWA, Hastane yeri seçimi.	<i>Yer seçim sorunları Endüstri Mühendisliği alanının en çok çalışılan konularından biri olup hastane yeri seçimi konusunda ise diğer yapılara oranla çok geniş çaplı araştırmalar yapılmadığı görülmektedir. Hastanelerin ekonomik yapı içerisindeki yerleri, toplum sağlığı açısından taşıdıkları önem, göç olgusuyla beraber yaşanan kapasite sorunları gibi unsurlar göz önüne alındığında hastane yeri seçiminin taşıdığı stratejik önem daha iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, karar uzmanlarının görüşlerindeki olası belirsizlikleri daha iyi sayısallaştırma yeteneğine sahip olan sezgisel bulanık sayılar (intuitionistic fuzzy numbers) kullanılarak hastane yeri seçimi konusunda yenilikçi bir bulanık karar destek modeli önerisi getirilmektedir. Yer seçim uzmanları ve sağlık yöneticilerinden oluşan bir ekibin kurulması ve bu ekibin olası hastane yeri adaylarını belli kriterler çerçevesinde değerlendirmesi yoluyla bilgi toplama işlemlerinin yapıldığı yöntemde, uygulama açısından taşınan bir diğer yenilik hastane yeri seçiminde uzmanların ağırlıklarının da hesaba katıldığı bir grup karar verme yaklaşımının öneriliyor oluşudur. Yöntemde nesnel ağırlıklandırma yoluyla uzman görüşlerindeki öznellik sınırlandırılmakta, sıralı ağırlıklı ortalama (OWA - ordered weighted averaging) yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmaktadır. Analiz yöntemi olarak ise sezgisel bulanık VIKOR yaklaşımından faydalanılmaktadır. Önerilen model, İstanbul'un bir ilçesi için uygulanmış ve analiz sonuçları paylaşılarak ileriki çalışmalar için öneriler getirilmiştir.</i>

INTUITIONISTIC FUZZY VIKOR METHOD WITH OBJECTIVE WEIGHTING FOR HOSPITAL SITE SELECTION

Keywords	Abstract
<i>Intuitionistic fuzzy numbers, VIKOR, OWA, Hospital site selection.</i>	<i>Location selection problem is among the most studied research fields of industrial engineering area but studies on hospital site selection are relatively scarce in the literature. Hospital location analysis carries critical and strategic importance, especially when considering their meaning in economic structure, public health management, or in terms of inadequate capacity problems arising from immigration phenomenon, etc. In this study, a fuzzy multiple attribute decision-making model is proposed. As an application novelty, the model utilizes intuitionistic fuzzy numbers because they have a better capability in the quantification of vagueness in experts' opinions. In the model, data are gathered from decision experts who have different experience levels represented by expertise weights in location analysis and health management. Experts evaluate site alternatives by utilizing linguistic terms. An objective weighting approach is chosen as the last application novelty for determining the importance of criteria with the aim of reducing natural subjectivity embedded in expert evaluations. There are two fundamental methods in the model; OWA (ordered weighted averaging) is chosen for objective weighting of attributes and the intuitionistic fuzzy VIKOR method is utilized for analysis of the alternatives. The application is performed in a district of Istanbul and the analysis results and future research suggestions are shared.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 15.09.2020	Submission Date : 15.09.2020
Kabul Tarihi : 21.04.2021	Accepted Date : 21.04.2021

*Sorumlu yazar; e-posta : sait.gul@eng.bau.edu.tr

1. Giriş

Yer seçim sorunlarının akademik olarak incelenmesi Weber (1909)'e kadar gitmekte olup Endüstri Mühendisliği alanının en temel ve karmaşık sorunlarından biri olarak dikkat çekmektedir. Köken itibarıyla bu konudaki çalışmalar çoğunlukla fabrika yeri seçimine odaklanmışlardır (Kuo, Lu, Tzeng, Lin ve Huang, 2013; Rikalovic, Cosic ve Lazarevic, 2014; Liu, Lin, Hsieh ve Tzeng, 2018 gibi). Ancak günümüzde, ekonomik gelişmelerin ve küreselleşmenin yarattığı etkiyle birlikte endüstri mühendisleri sadece üretim işletmeleriyle ilgili sorunları çözmekle yetinmemekte, hizmet işletmelerinin sorunlarına da mühendislik yaklaşımlarıyla çözüm getirebilmektedirler.

Yer seçim, karar vericiler açısından stratejik bir önem taşır çünkü bu sorunların çözümü pek çok ilişkili sonuç yaratabilmektedir. Araştırmaların temel çıktısı, doğal olarak coğrafi bir konum olmakta ve verilen karar, seçilen yerdeki doğal koşullar üzerinde ister istemez olumsuz etkide bulunma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle, hastane gibi kimyasal ve tehlikeli atık çıkarma riski taşıyan tesisler için yer seçimi yapılırken oldukça dikkatli olunmalı, doğaya en az zararı verecek şekilde yer seçiminin yapılmasına çalışılmalıdır.

Diğer kritik bir nokta da yer seçim kararının ekonomik boyutudur. Bu karara göre yapılacak yatırımlara ilişkin maliyetler oldukça yüksek boyutlardadır. Hastanenin genişleme olanakları, ulaşımın kolaylığı, coğrafi yapının uygunluğu, doktor ve hemşire gibi asal personelin temin edilebilmesi gibi pek çok etken dikkate alındığında yer seçim sorunlarının taktik bir sorundan çok stratejik bir nitelik taşıdığı anlaşılmaktadır (Soltani ve Marandi, 2011). Bunların yanı sıra, hastaneler, günümüzde ekonomik hayatta yer alan işletmeler olarak değerlendirildiklerinden dolayı karşımıza rekabet konusu da çıkmaktadır (Wu, Lin ve Chen, 2007).

Sosyolojik bir kavram olan göç olgusunun etkisiyle kentlerdeki nüfus artmakta, nüfus arttıkça etkinliği düşen hizmet kollarının en önemlilerinden biri sağlık sektörü olmaktadır. Hastanelerin ya da hastanelerdeki yatak ve doktor sayılarının yetersizliği önemli bir sorun oluşturabilmektedir (Kim, Senaratna, Ruza, Kam ve Ng, 2015). Bu açıdan, talebe yetişebilmek ve herkesin sağlık hizmeti alabilmesini sağlamak amacıyla yeni hastanelerin kurulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, yukarıda açıklanan gerekçelere bağlı olarak bir hastane yeri seçim modeli önerisi sunulmakta ve model, İstanbul'un bir ilçesi için uygulanmaktadır. Önerilen modelde, sezgisel bulanık VIKOR yöntemi kullanılmaktadır. Karar vericilerin görüşlerinin dilsel terimlerle ifade edilmelerinin ardından bu ifadelerdeki belirsizliğin daha etkin bir şekilde modellenmesi açısından sezgisel bulanık sayıların kullanımı tercih edilmiştir. Karar verme yöntemlerinde uzmanlardan alınan kriter bazlı değerlendirmelerin bir araya getirilmesinde kriter ağırlıklarına gereksinim duyulmaktadır. Bir sonraki bölümde açıklandığı gibi yazındaki çalışmaların tümü öznel ağırlıklandırma yöntemlerinden yararlanmaktadır. Öznellik, yani manipülasyon riskini azaltma amacıyla, önerilen modelde nesnel ağırlıklandırma tercih edilmektedir.

Yapılan çalışma ile yazına, hastane yeri seçimi uygulaması açısından üç önemli noktada katkı sunulduğunu söylemek mümkündür. İlk olarak, sezgisel bulanık sayıların kullanılması ile bulanık mantıktaki üyelik derecelerinin ifade edemediği üye olmama dereceleri de karar sürecine dâhil edilmiş, bu yolla kararlardaki belirsizliğin daha iyi temsil edilmesi sağlanmıştır. İkinci yenilik, grup kararının verilmesinde uzmanların ağırlıklarının göz önüne alınması ile hastane yeri seçimine özgü bir grup karar verme yönteminin önerilmesidir. Üçüncü nokta ise öznellikten kaynaklanan sorunların giderilmesi amacıyla nesnel ağırlıklandırma yönteminin tercih edilmesi ve daha önce bu karar sorununda kullanımı bulunmayan OWA yönteminin uygulama olanaklarının araştırılmasıdır.

Çalışmanın genel mimarisi şu şekildedir: 2. bölümde hastane yeri seçimine ilişkin yazın özeti sunulmakta ve tartışılmakta; 3. bölüm çalışmada önerilen çok kriterli karar verme modelinin ayrıntılarını içermekte; 4. bölümde önerilen modelin uygulanmasına ilişkin açıklamalar getirilerek yeni hastane yeri seçimi önerisi yapılmakta; 5. ve son bölümde ise yöntemle ilişkin sonuçlar verilerek gelecek çalışma önerileri açıklanmaktadır.

2. Yazın Taraması

Yazında hastane yeri seçimiyle ilgili yapılan çalışmalara ilişkin özet bilgiler Ek 1'de verilen tabloda özetlenmektedir.

Yazın taraması neticesinde ulaşılabilen 29 çalışmanın 26'sı akademik makalelerden oluşmaktadır. Çalışmaların büyük çoğunluğu Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)'den

yararlanmaktadır. AHS yönteminin temel mantığı karar sürecinin uzmanın görüş ve beklentileri doğrultusunda çözümlenmesidir. AHS'yi klasik anlamda kullanan 11 çalışma (Stern, Mehrez, Tal ve Shemuel, 1995; Wu ve diğ., 2007; Aydın, Öznehir ve Akçalı, 2009; Chatterjee ve Mukherjee, 2013; Chiu ve Tsai, 2013; Dehe ve Bamford, 2015; Ahmed, Mahmoud ve Aly, 2016; Dell'Ovo, Capolongo ve Oppio, 2018; Ajaj, Shareef, Jasim, Hasan, Noori ve Hassan, 2019; Soltani, Inaloo, Rezaei, Shaer ve Riyabi, 2019; Şahin, Ocak ve Top, 2019) bulunmakta olup bulanık AHS'den yararlanan çalışma sayısı ise 3'tür (Vahidnia, Alesheikh ve Alimohammadi, 2009; Aydın, 2009; Soltani ve Marandi, 2011). Özetle eldeki 26 çalışmadan 14'ü AHS'den yararlanmaktadır. AHS ve bulanık AHS kullanan çalışmaların 8'i AHS'yi başka yöntemlerle destekleyerek bütünlük olarak kullanmışlardır. Stern ve diğ. (1995), 0-1 tamsayı programlama ile AHS'yi; Vahidnia ve diğ. (2009), Soltani ve Marandi (2011), Ahmed ve diğ. (2016), Dell'Ovo ve diğ. (2018), Ajaj ve diğ. (2019) ile Soltani ve diğ. (2019) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile bulanık ya da klasik AHS'yi birlikte kullanmışlardır. Dehe ve Bamford (2015) ise AHS ile kanıtsal muhakeme (*evidential reasoning*) yöntemlerini karşılaştırmaktadır.

AHS ve bulanık AHS dışında yöntem önerisi getiren makaleler de bulunmaktadır. Wissem, Ahmed ve Mounir (2011) Fas'ın Sfax kenti için hastane yeri seçimi yaptıkları çalışmalarında hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Kim ve diğ. (2015), CBS ile kanıt temelli (evidence-based) muhakeme yöntemini birlikte kullanarak ABD'nin Teksas eyaletinde yeni açılacak bir hastanenin yerini belirlemeye çalışmışlardır. Senvar, Otay ve Bolturk (2016), İstanbul kenti için bir bulanık TOPSIS yöntemi kullanmaktadır ve yazında ilk kez hastane yeri seçiminde tereddütlü bulanık sayılar (*hesitant fuzzy numbers*) kullanılmış olmaktadır. Sen (2017), gri sayılar temelli ARAS (ARAS-G; Additive Ratio Assessment Method with grey numbers) yöntemini üç uzmanlı bir grup karar verme yaklaşımı çerçevesinde hastane yeri seçim problemi için önermektedir. Çelikkalek (2018), Türkiye'deki bir hastane yeri için bulanık VIKOR yönteminden yararlanmakta ve grup kararının verilmesinde hastane yöneticilerinin görüşlerini bütünlükte sunmaktadır. Adalı ve Tuş (2019), yazında ilk kez nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan CRITIC ile TOPSIS, EDAS ve CODAS mesafe tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerini birlikte kullanmakta ve sonuçlarını

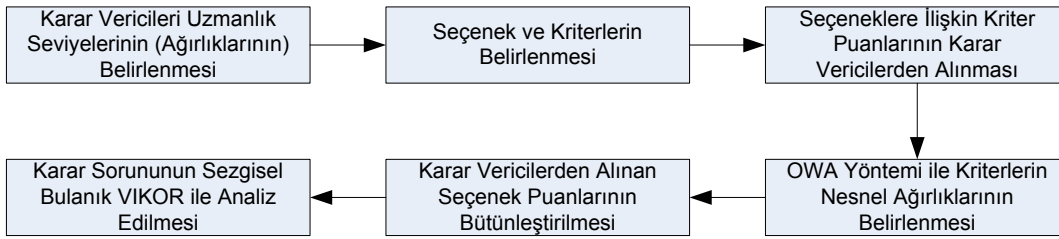
karşılaştırmaktadır. Çalışmaya göre üç yöntem de aynı sıralamaları sunmaktadır.

Kullanılan yöntemler özetle ele alınacak olursa çalışmaların biri hariç (Adalı ve Tuş, 2019) tümünde karar vericilerin öznel değerlendirmelerinin dikkate alındığı görülmektedir. Bu değerlendirmeler alternatiflerin puanlanmasında belki bir zorunluluk durumundadır çünkü çoğu zaman kriterlerin nesnel olarak ölçümlenebilmeleri olanaksız ya da çok zordur. Bununla birlikte kriterlerin öznel olarak önceliklendirilmeleri, özellikle hastane yeri seçimi gibi büyük yatırım gerektiren durumlarda eleştiri konusudur (Yu ve Lai, 2011). Kriter ağırlıklandırırken nesnellik sağlanması, verilecek kararların daha güvenilir olmasını sağlayabilecektir (Wang ve Parkan, 2005). Bu açıdan, bu çalışmada nesnel kriter ağırlıklandırmadan yararlanılmıştır.

Yazında bulunan 29 çalışmanın 26'sı akademik makalelerden oluşmakta olup kalan üçü daha önce yer seçimi çalışması yapılan üç hastaneye ilişkin raporlardır. Soltani ve Marandi (2011) tarafından aktarılan Saskatoon (2010), Virginia (2009) ve Queensland (2008) hastanelerine ilişkin raporlardan yer seçim kriterleri konusunda yararlanılmıştır. 26 akademik çalışmanın sadece 2'si herhangi bir yer seçim yöntemi önermemekte olup yer seçim kriterlerinin belirlenmesi açısından önemli olarak değerlendirilmişlerdir (Jordan, Roderick, Martin ve Barnett, 2004; Gibson, Martin ve Singer, 2004). Ek 1'deki tablo incelenerek ve en fazla atıf yapılan kriterler alt kırılımları (alt-kriterler) da ilgili makalelerden seçilerek çalışmada kullanılacak olan kriter havuzu oluşturulmuştur (Şekil 2).

3. Önerilen Çok Kriterli Bulanık Karar Verme Yöntemi

Bu çalışmada, hastane yeri seçimiyle ilgili bir sezgisel bulanık çok kriterli karar verme modeli önerilmektedir. Bulanık mantığın karar sorunlarının çözümündeki belirsizliği daha iyi temsil etme yeteneği olduğundan dolayı bu çalışmada bulanıklaştırma tercih edilmiştir. Keza, Vahidnia ve diğ. (2009), karar sorunlarının çözümünde ortaya çıkan belirsizliğin ve kesinsizliğin yarattığı karmaşayla baş edebilmek için bulanık mantığın iyi bir yol olduğunu belirtmektedirler. Önerilen model Şekil 1'de özetlenmektedir.



Şekil 1. Önerilen Karar Verme Yönteminin Adımları

3.1 Sezgisel Bulanık Sayılar

Zadeh (1965), grup kararlarının verilmesinde sistemsel öznellik, insan yargısının kesinsizliği (değişebilirliği), karar vericilerin değerlendirmelerindeki dilsel ifade kullanım zorunluluğu gibi nedenlerden dolayı bulanık sayıların karar verme süreçlerinde oldukça yararlı olduğunu belirtmektedir. Bulanık mantık, küme kuramının genel bir hali olup bir elemanın herhangi bir kümeye belli bir üyelik derecesi ile üye olması

$$A = \{ \langle z, \mu_A(z), \vartheta_A(z) \rangle \mid z \in Z \}$$

Bu denklemde $\mu_A(z)$ ile z 'nin Z kümesine üye olma derecesi gösterilmekte, $\vartheta_A(z)$ ise z elemanın Z kümesine üye olmama derecesini göstermektedir. Burada bulunan $0 \leq \mu_A(z) + \vartheta_A(z) \leq 1$ koşulu, bu iki üyelik derecesinin toplamının 1'den küçük olabilmesine olanak tanımaktadır. Buna göre, belirsizliğin bir derecesi (sezgisel indeks) var demektir: $\pi_A(z) = 1 - \mu_A(z) - \vartheta_A(z)$ (Gupta, Mehawat ve Grover, 2016).

$$\mu_{\bar{z}}(x) = \begin{cases} \frac{(x - \underline{z})}{(\underline{z} - \bar{z})} \mu_{\bar{z}} & , \quad \underline{z} \leq x < z \text{ ise} \\ \mu_{\bar{z}} & , \quad x = z \text{ ise} \\ \frac{(\bar{z} - x)}{(\bar{z} - \underline{z})} \mu_{\bar{z}} & , \quad z \leq x < \bar{z} \text{ ise} \\ 0 & , \quad x < \underline{z} \text{ veya } x > \bar{z} \text{ ise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\vartheta_{\bar{z}}(x) = \begin{cases} \frac{(z - x + \vartheta_{\bar{z}}(x - \underline{z}))}{(z - \underline{z})} & , \quad \underline{z} \leq x < z \text{ ise} \\ \vartheta_{\bar{z}} & , \quad x = z \text{ ise} \\ \frac{(x - z + \vartheta_{\bar{z}}(\bar{z} - x))}{(\bar{z} - z)} & , \quad z \leq x < \bar{z} \text{ ise} \\ 0 & , \quad x < \underline{z} \text{ veya } x > \bar{z} \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

Wu, Zhang, Xu ve Li (2018), alt ve üst limitleri sırasıyla kötümser ve iyimser değerler olarak

anlamında kullanılmaktadır. Atanassov (1986) tarafından ortaya atılan sezgisel bulanık kümeler (*intuitionistic fuzzy sets*) ise bir elemanın bir kümeye üyeliğini iki parametre ile ölçmektedir: üyelik derecesi ve üye olmama derecesi. Bu iki parametreliliğin yararı, karar vericinin kararsızlığının da modellenilebiliyor olmasıdır. Z 'de tanımlı A sezgisel bulanık kümesi Denklem (1) ile gösterilebilir.

Bu çalışmada, üçgen sezgisel bulanık sayılar tercih edilmektedir (Li, 2010). Üçgen bulanık sayı $\bar{z} = ((\underline{z}, z, \bar{z}); \mu_{\bar{z}}, \vartheta_{\bar{z}})$ ile gösterilmekte olup z sezgisel bulanık sayısı üç parametre ve iki üyelik derecesi ile temsil edilmektedir. "Yaklaşık z " dilsel ifadesine denk gelecek şekilde belirlenen bulanık z sayısı, \underline{z} ile \bar{z} arasında bir değerdir. Üye olma ve üye olmama dereceleri ise sırasıyla Denklem (2) ve (3) kullanılarak hesaplanabilmektedir (Wu, Zhang, Xu ve Li, 2018).

isimlendirmektedir. Denklem (2)'deki $\mu_{\bar{z}}$ değeri, en olası üyelik derecesi ve Denklem (3)'teki $\vartheta_{\bar{z}}$ ise, en

olası üye olmama derecelerini göstermektedir. Li (2010), sezgisel bulanık sayılarla yapılacak işlemlerin aşağıdaki gibi olacağını göstermektedir.

$$\tilde{z} + \tilde{a} = ((\underline{z} + \underline{a}, z + a, \bar{z} + \bar{a}); \mu_{\tilde{z}} \wedge \mu_{\tilde{a}}, \vartheta_{\tilde{z}} \vee \vartheta_{\tilde{a}}) \quad (4)$$

$$\tilde{z}\tilde{a} = ((\underline{z}\underline{a}, za, \bar{z}\bar{a}); \mu_{\tilde{z}} \wedge \mu_{\tilde{a}}, \vartheta_{\tilde{z}} \vee \vartheta_{\tilde{a}}); \tilde{z} > 0 \text{ ve } \tilde{a} > 0 \text{ ise,} \quad (5)$$

$$\tilde{z}\tilde{a} = ((\underline{z}\bar{a}, za, \bar{z}\underline{a}); \mu_{\tilde{z}} \wedge \mu_{\tilde{a}}, \vartheta_{\tilde{z}} \vee \vartheta_{\tilde{a}}); \tilde{z} < 0 \text{ ve } \tilde{a} > 0 \text{ ise,} \quad (6)$$

$$\tilde{z}\tilde{a} = ((\bar{z}\bar{a}, za, \underline{z}\underline{a}); \mu_{\tilde{z}} \wedge \mu_{\tilde{a}}, \vartheta_{\tilde{z}} \vee \vartheta_{\tilde{a}}); \tilde{z} < 0 \text{ ve } \tilde{a} < 0 \text{ ise,} \quad (7)$$

$$\lambda\tilde{z} = ((\lambda\underline{z}, \lambda z, \lambda\bar{z}); \mu_{\tilde{z}}, \vartheta_{\tilde{z}}); \lambda > 0 \text{ ise,} \quad (8)$$

$$\lambda\tilde{z} = ((\lambda\bar{z}, \lambda z, \lambda\underline{z}); \mu_{\tilde{z}}, \vartheta_{\tilde{z}}); \lambda < 0 \text{ ise,} \quad (9)$$

Denklem (10) ile verilen Hamming mesafesi, çok kriterli karar vermede puanlar ile ideal noktalar

$$d(\tilde{z}, \tilde{a}) = \frac{1}{3} [|\underline{z} - \underline{a}| + |z - a| + |\bar{z} - \bar{a}|] + \max(|\mu_{\tilde{z}} - \mu_{\tilde{a}}|, |\vartheta_{\tilde{z}} - \vartheta_{\tilde{a}}|) \quad (10)$$

3.2 Önerilen Yöntem

3.2.1 Adım 1: Karar Vericilerin ve Uzmanlık Seviyelerinin Belirlenmesi

Hastane yeri seçimi ile ilgili olarak şehir planlamacıları, kamu yöneticileri, hastane yöneticileri ve danışmanlardan kurulu bir ekip oluşturulması ve bu uzmanlardan hastane yeri seçimi konusunda yardım alınması gerekmektedir. Her uzmanın farklı tecrübe seviyelerinde bulunmaları olası olup uzmanlık seviyelerinin belirlenmesinde uzmanların ortaklaşa değerlendirme yapmaları, yani grup içerisinde yapacakları bir değerlendirme ile grup üyelerini puanlamaları istenmektedir. Koksalmis ve Kabak (2019) da grup karar verme sorunlarındaki uzman görüşlerinin karara yansıtılmasında hangi nesnel yolların kullanılabilmesine ilişkin olarak yazını taramışlar ve bu yöntemlerin bir sınıflandırmasını sunmuşlardır. İlgili makalede de belirtildiği gibi nesnel ağırlıklandırma yaklaşımlarından çoğunlukla elde uzman ağırlığı yokken ya da soruna özgü olarak öznel ağırlıkların kullanılması istenmiyorken yararlanılmaktadır. Yöntemin bu adımında öznel uzman ağırlıklandırma uygulama kolaylığı açısından tercih edilmekte olup bu amaçla kullanılacak ölçek Tablo 1'de verilmektedir. (Zhang, Zhang, Li, Liu ve Yang, 2017). Bunun haricindeki nesnel ya da öznel yöntemlerin kullanılması da tercih edilebilir.

$\tilde{z} = ((\underline{z}, z, \bar{z}); \mu_{\tilde{z}}, \vartheta_{\tilde{z}})$ ve $\tilde{a} = ((\underline{a}, a, \bar{a}); \mu_{\tilde{a}}, \vartheta_{\tilde{a}})$ iki sezgisel bulanık sayı ve λ , bir gerçel sayı olsun.

arasındaki uzaklıkların hesaplanmasında kullanılmaktadır (Wu ve diğ., 2018).

Tablo 1

Karar vericilerin uzmanlık seviyelerine ilişkin dilsel terimler (Zhang ve diğ., 2017)

Uzmanlık Derecesi	Sezgisellik Dereceleri
Tam Uzman (TU)	(0,90; 0,10)
Uzman (U)	(0,75; 0,20)
Az Uzman (AU)	(0,50; 0,45)
Emin Değil (ED)	(0,35; 0,60)

Tablonun ikinci sütunundaki değerler (μ_k, ϑ_k) 'dir. Uzmanlık kümesine olan üyelikler uzmanlık seviyesi düştükçe azalmakta, ancak üye olmama dereceleri artmaktadır. Zhang ve diğ. (2017), uzmanlık seviyelerinin dikkate alınması ile k adet uzmanın ağırlıklarının (λ_k) Denklem (11) ile hesaplanabileceğini göstermiştir. Burada, π_k sezgisel indekstir.

$$\lambda_k = \frac{\mu_k + \pi_k (\mu_k / (\mu_k + \vartheta_k))}{\sum_k (\mu_k + \pi_k (\mu_k / (\mu_k + \vartheta_k)))} \quad (11)$$

3.2.2 Adım 2: Seçeneklerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Olası hastane yeri adaylarının belirlenmesi üst merciler ve karar organları tarafından yapılabileceği gibi karar ekibi tarafından da bir takım ön eleme özellikleri dikkate alınarak belirlenebilir. Kriterlerin belirlenmesi ise yazın taramasının sonuçlarına ve uzmanların görüşlerine dayanmaktadır. Çalışmada, m adet hastane yeri alternatifini i indisi ile ($i=1, \dots, m$) ve değerlendirmede kullanılacak n adet kriteri ise j indisi ile gösterelim ($j=1, \dots, n$).

3.2.3 Adım 3: Seçeneklerin Karar Vericilerce Değerlendirilmeleri

Seçenekler ve kriterler belirlendikten sonra seçeneklerin kriter bazlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Burada, her karar verici her alternatifi her kriter açısından dilsel terimler kullanarak değerlendirir. Modelde Wu ve diğ. (2018) tarafından önerilen dilsel terim kümesi kullanılmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2
Seçeneklerin Puanlandırılmasındaki Dilsel Terimler (Wu ve diğ., 2018)

Dilsel Terim	Kısaltma	Sezgisel Bulanık Sayı
Çok Kötü	ÇK	((0, 0, 1); 0,7; 0,2)
Kötü	K	((0, 1, 3); 0,8; 0,1)
Orta Kötü	OK	((1, 3, 5); 0,9; 0)
Orta	O	((3, 5, 7); 1; 0)
Orta İyi	Oİ	((5, 7, 9); 0,9; 0)
İyi	I	((7, 9, 10); 0,8; 0,1)
Çok İyi	Çİ	((9, 10, 10); 0,7; 0,2)

3.2.4 Adım 4: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Bugüne kadarki tüm hastane yeri seçimi çalışmalarında kriter ağırlıkları uzman görüşüne dayalı olarak belirlenmiştir. Uzman görüşlerinin doğasındaki özneliğin yaratacağı manipülasyon riskini bertaraf etmek için modelde nesnel ağırlıklandırma kullanılmaktadır. Nesnel ağırlıklandırma yapılan çalışmalarda uzmanlardan kriterlerin önemleri konusunda herhangi bir bilgi talep edilmez. Yazında pek çok nesnel

ağırlıklandırma yöntemi bulunmaktadır (Barukab, Abdullah, Ashraf, Arif ve Khan, 2019; Liu ve Liu, 2019; Arya ve Kumar, 2020; Kaaaffah, Ridwan ve Novitasari, 2020; Wu, Liao, Hu, Lin, Zhou, Zhang ve Xu, 2020). Yu ve Lai (2011), kriterlerdeki puanların birbirlerinden olan uzaklıklarına göre ağırlıkların belirlenmesi konusundaki yöntemleri özetlemektedir. Yazında bu yaklaşıma dair bazı eleştiriler bulunmakta olup bunların en önemlilerinden biri, mesafe tabanlı bu anlayışın ağırlık belirlemede güvenilir olmadığıdır (Han ve Xiao, 2009). Benzer eleştiriler göz önüne alındığında nesnel ağırlıklandırmanın klasik yöntemleri yerine OWA (ordered weighted averaging – sıralı ağırlıklı ortalama) tercih edilmiştir (Yager, 1988).

OWA yaklaşımının genel ögesi, kriterlerin önemleri değil, sırasallıklarının önemleridir. Bir karar sorununda kriter puanları şu eşitlik ile bütünleştirilir: $F(a_1, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j$. Burada OWA yöntemini farklılaştıran unsur i indisine ilişkin olup alternatifin büyüklüğünü değil büyüklüğünün sırasını temsil etmesidir (O'Hagan, 1988). Yani b_j , (a_1, a_2, \dots, a_n) alternatifler kümesinin j 'nci büyük elemanıdır ($b_1 > b_2 > \dots > b_n$).

OWA çalışmalarının öncülerinden biri O'Hagan (1988)'a ait olup çalışmada *veyalık derecesi (orness degree)* tanımı yapılmaktadır. Sırasal ağırlıkların toplamı 1 olmak üzere, eğer $[1, 0, \dots, 0]$ gibi bir ağırlık vektörü söz konusuysa enbüyük puan sonuç olarak kabul edilmiş; eğer $[0, 0, \dots, 1]$ gibi bir vektör söz konusuysa enküçük değer sonuç olarak alınmış olmaktadır. İlk ağırlık vektörü enbüyüklemeyi sağladığı için bulanık mantıktaki "veya (or)" operatörüne; ikinci vektör enküçüklemeyi sağladığı için "ve (and)" operatörüne karşılık gelmektedir. Böylece tüm vektör elemanlarının 0 ile 1 arasındaki değişiminde *veyalık derecesi* ortaya çıkmaktadır.

Yager (1988), Fuller ve Majlender (2003) ve Wang ve Parkan (2005) gibi yazarlar eniyileme temelli olarak OWA yaklaşımları önermişlerdir. Önerilen modelde Ruan, Kabak ve Quinones (2013) tarafından geliştirilen OWA yaklaşımından yararlanılmaktadır çünkü orada işlemsel kolaylık açısından daha etkin olan bir yöntem söz konusudur. Bunun için ardışık kriter ağırlıklarının bir β parametresiyle oransal bileşimi kullanılmakta ve Denklem (12) ile verilen *veyalık derecesine* bağlı bir ilişki tanımlanmaktadır.

$$w_j = \beta * w_{j-1} ; w_1 = \begin{cases} \frac{1-\beta}{1-\beta^n} , & \beta \neq 1 \\ \frac{1}{n} , & \beta = 1 \end{cases} \quad (12)$$

Bu yöntemle göre, *veyalık derecesi* 0'a yaklaşıldıkça yüksek puanlara; 1'e yaklaşıldıkça düşük puanlara daha yüksek ağırlık verilmiş olur. Denklem (12), $\beta \neq 1$ durumu için Denklem (13)'deki ağırlık belirleme formülüne

$$w_j = \frac{1-\beta}{1-\beta^n} \beta^{j-1} , \beta > 0 , \beta \neq 1 \quad (13)$$

$$\text{veyalık}(w) = \frac{1-\beta}{(n-1) * (1-\beta^n)} \sum_{j=1}^n (n-j) \beta^{j-1} , \beta > 0 , \beta \neq 1 \quad (14)$$

3.2.5 Adım 5: Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda çok kriterli karar verme yöntemlerinin temel aracı olan karar matrisi oluşturulmaktadır. k adet karar verici m adet alternatif hastane yerini n adet kritere göre dilsel terimlerle değerlendirmişlerdir. Uzmanların ağırlıkları λ_k ile,

$$\tilde{x}_{ij} = \sum_k \lambda_k \tilde{x}_{ijk} = \left((x_{ij}, x_{ij}, \bar{x}_{ij}); \mu_{\tilde{x}_{ij}}, \vartheta_{\tilde{x}_{ij}} \right) , i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (15)$$

3.2.6 Adım 6: Sezgisel Bulanık VIKOR Yöntemi ile Hastane Yeri Seçimi

Son yıllarda çok kriterli karar verme yöntemleri yazında artan bir hızla kullanılmaktadır. VIKOR da bu alanda en fazla atıf alan yöntemlerin başında gelmekte olup açılımı Sırpça "Višekriterijumskaoptimizacija i KOMPromisno Resenje" şeklindedir (Opricovic, 1998). Türkçe karşılığı "Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm yöntemi" olan VIKOR, çatışan kriterlerin varlığı durumunda alternatifleri, pozitif ideal bir çözüme yakınlık ve negatif ideal bir çözümden uzaklık verilerini bütünleşik bir şekilde ele alarak sıralar ve uzlaşık bir çözüm sunar (Opricovic ve Tzeng, 2004).

VIKOR yöntemi ile enbüyük grup faydası ve enküçük bireysel pişmanlık sağlanacak şekilde karar verilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemde her alternatif, kriterler açısından değerlendirilir ve ideal çözüme görece yakınlık derecesine göre alternatifler

dönüştürülebilmektedir. Buradaki *veyalık derecesi* Denklem (14)'de verilmekte olup bu denklemden istenen bir *veyalık derecesi* için β parametresi çekilerek Denklem (13)'deki yerine konulursa OWA ağırlıkları kolayca belirlenebilir.

değerlendirmeleri ise \tilde{x}_{ijk} ile gösterilsin. Son terim, k uzmanının i alternatifini j kriteri açısından değerlendirdiği dilsel terimi ifade etmektedir. Bütünleşik sonucu gösteren dilsel terim Denklem (15) ile belirlenmektedir.

sıralanır (Kaya ve Kahraman, 2011). Yazında klasik VIKOR yöntemini bulanık ortamda ele alan çalışmalar da bulunmaktadır (Opricovic, 2011; Liao ve Xu, 2013; Gupta ve diğ., 2016). Burada üçgen sezgisel bulanık sayılarla uyumlu bir VIKOR yöntemine gereksinim duyulduğu için Wu ve diğ. (2018) tarafından önerilen yöntem tercih edilmekte olup yöntemde 7 adım bulunmaktadır.

Adım 6.1. Adım 5'te oluşturulan \tilde{x}_{ij} karar matrisi Denklem (16) kullanılarak normalize edilir ve \tilde{r}_{ij} matrisi oluşturulur. Normalize matriste $\mu_{\tilde{x}_{ij}} = \mu_{\tilde{r}_{ij}}$ ve $\vartheta_{\tilde{x}_{ij}} = \vartheta_{\tilde{r}_{ij}}$ olmak üzere $\tilde{r}_{ij} =$

$$(\underline{r}_{ij}, r_{ij}, \bar{r}_{ij}) = \begin{cases} \left(\frac{\underline{x}_{ij}}{\bar{x}_{maxj}}, \frac{x_{ij}}{\bar{x}_{maxj}}, \frac{\bar{x}_{ij}}{\bar{x}_{maxj}} \right), & j \text{ fayda tipi bir kriter ise} \\ \left(\frac{\underline{x}_{minj}}{\bar{x}_{ij}}, \frac{x_{minj}}{x_{ij}}, \frac{x_{minj}}{\underline{x}_{ij}} \right), & j \text{ maliyet tipi bir kriter ise} \end{cases} \quad (16)$$

Adım 6.2. Tüm kriterler bazında pozitif ve negatif ideal seçenekler oluşturulmalıdır. Denklem (17)'de verilen bulanık pozitif ve Denklem (18)'de verilen

$$\tilde{f}_j^* = \begin{cases} \max_i \tilde{r}_{ij} = \left((\max_i \underline{r}_{ij}, \max_i r_{ij}, \max_i \bar{r}_{ij}); 1, 0 \right), & j \text{ fayda tipi bir kriter ise} \\ \min_i \tilde{r}_{ij} = \left((\min_i \underline{r}_{ij}, \min_i r_{ij}, \min_i \bar{r}_{ij}); 0, 1 \right), & j \text{ maliyet tipi bir kriter ise} \end{cases} \quad (17)$$

$$\tilde{f}_j^- = \begin{cases} \min_i \tilde{r}_{ij} = \left((\min_i \underline{r}_{ij}, \min_i r_{ij}, \min_i \bar{r}_{ij}); 0, 1 \right), & j \text{ fayda tipi bir kriter ise} \\ \max_i \tilde{r}_{ij} = \left((\max_i \underline{r}_{ij}, \max_i r_{ij}, \max_i \bar{r}_{ij}); 1, 0 \right), & j \text{ maliyet tipi bir kriter ise} \end{cases} \quad (18)$$

Adım 6.3. VIKOR yönteminin temelindeki uzaklık ölçümü Denklem (19)'da verilmektedir. Bu, Denklem (10) ile verilen Hamming mesafesidir.

$$d_{ij} = \frac{d(\tilde{f}_j^*, \tilde{r}_{ij})}{d(\tilde{f}_j^*, \tilde{f}_j^-)} \quad (19)$$

Adım 6.4. VIKOR yönteminde alternatifler değerlendirilirken S_i grup faydası ve R_i bireysel

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j d_{ij}, i = 1, \dots, m \quad (20)$$

$$R_i = \max_j w_j d_{ij}, i = 1, \dots, m \quad (21)$$

Adım 6.5. Her alternatif için S_i ve R_i değerlerinin bütünleştirilmesinden oluşan Q_i indeksi hesaplanmalıdır. Denklem (22) ile verilen Q_i indeksinde $S^* = \min_i S_i$, $S^- = \max_i S_i$, $R^* = \min_i R_i$ ve $R^- = \max_i R_i$ olup v ise, stratejik bir katsayıdır ve

$$Q_i = v \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}, i = 1, \dots, m \quad (22)$$

Adım 6.6. Tüm alternatifler, S_i , R_i ve Q_i değerleri açısından ayrı ayrı artan sırada listelenir. Böylelikle üç adet sıralama bulunmuş olur. Bu sıralamalarda en düşük değerlere sahip alternatifler eniyi tercih konumundadırlar.

$((\underline{r}_{ij}, r_{ij}, \bar{r}_{ij}); \mu_{\tilde{r}_{ij}}, \vartheta_{\tilde{r}_{ij}})$ değerleri bulunmaktadır. Denklem (16)'da $\bar{x}_{maxj} = \max\{\bar{x}_{ij} | i = 1, \dots, m\}$ ve $\underline{x}_{minj} = \min\{\underline{x}_{ij} | i = 1, \dots, m\}$ 'dir.

bulanık negatif ideal seçenekler tüm alternatifler için birer karşılaştırma noktası olarak kullanılmaktadır.

Böyle bir mesafe ölçümü, üçgen sezgisel bulanık sayı durumundaki değerlerin durulaştırılmasını (*defuzzification*) da sağlamaktadır.

pişmanlık değerlerinin her alternatif için hesaplanması gerekmektedir (Denklem 20 ve 21).

grup faydasının enbüyüklenmesine mi yoksa bireysel pişmanlığın enküçüklenmesine mi önem verildiğini ölçer. [0,1] aralığında bir değer olup genelde çalışmalarda 0,5 olarak alınmaktadır.

Adım 6.7. Aşağıdaki iki koşulun sağlanması durumunda Q_i değerlerine göre yapılan sıralamada eniyi durumda olan seçenek hastane yeri tercih önerisi olarak sunulur.

Koşul 1. Kabul edilebilir avantaj: Q_i 'ye göre yapılan sıralamada eniyi ilk iki alternatif $A^{(1)}$ ve $A^{(2)}$ olsun. m , toplam alternatif sayısı olmak üzere $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq 1/(m-1)$ olmalıdır.

Koşul 2. Karar vermede kabul edilebilir istikrar: Q_i 'ye göre yapılan sıralamada eniyi durumda olan $A^{(1)}$

alternatifi S_i ve R_i için yapılan sıralamalarda da eniyi olmalıdır.

Eğer yukarıdaki koşullardan ikisi de sağlanamıyor ise VIKOR yöntemi uzlaşık bir çözüm oluşturamamış demektir. Eğer koşullardan sadece biri sağlanamıyor ise aşağıdaki kurallara uygun olarak birden fazla alternatif içeren bir alternatifler kümesi önerilir.

- (i) Eğer *Koşul 1* sağlanamıyorsa, $Q(A^{(M)}) - Q(A^{(1)}) < 1/(m-1)$ koşulunu sağlayan ilk M adet seçenek uzlaşık çözüm kümesidir: $\{A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(M)}\}$.
- (ii) Eğer *Koşul 2* sağlanamıyorsa, $A^{(1)}$ ve $A^{(2)}$ uzlaşık çözüm kümesinin elemanlarıdır.

4. İstanbul'un Bir İlçesinde Hastane Yeri Belirleme Uygulaması

Önerilen OWA temelli sezgisel bulanık VIKOR yöntemi İstanbul ilinin bir ilçesinde yeni kurulması düşünülen bir hastanenin yerinin belirlenmesi sürecinde destek bilgisi vermesi amacıyla 2019 yılı içerisinde uygulanmıştır. Belediye yöneticileriyle yapılan görüşmeler sırasında kendileri çeşitli ekonomik ve politik gerekçeler öne sürerek makale içerisinde belediyenin isminin geçmesini istememişlerdir. Yönteme ilişkin açıklamalar ilgili bölümlerde verilmekte olup veri gizliliği ilkelerine göre uzmanların kimlik bilgileri de saklı tutulmaktadır. Uzmanlarla yapılan görüşmelerde bilgi toplanması esnasında Araştırma ve Yayın Etiği ilkelerine özenle uyulmuştur. Ayrıca 2020 yılı öncesinde veri toplanmış olduğu için TR Dizin'in ilgili Etik ilkeleri uyarınca geriye dönük olarak Etik Kurul İznine gerek bulunmamaktadır.

Adım 1: Karar Vericilerin ve Uzmanlık Seviyelerinin Belirlenmesi

Bilgi ve uzmanlıklarına başvurulacak karar vericiler seçilerek, 4 kişilik bir takım oluşturulmuştur. Bu uzmanlardan ikisi hastane yeri ve operasyonları konusunda bilgi sahibi olan ve daha önce danışmanlık görevleri yürütmüş olan akademisyenler, biri bir devlet hastanesinde çalışan ve daha önce hastane genişletme projesinde uzmanlığına başvurulmuş bir hekim ve sonuncusu da kuruluşundan bu yana özel bir hastanenin yöneticiliğini yapmaktadır. Uzmanların uzmanlık seviyeleri ekip içerisinde belirlenmiş olup Tablo 3'ün ikinci satırında verilmektedir. Uzmanlık seviyelerinin karşılıkları olan sezgisellik dereceleri de bir sonraki satırda gösterilmektedir. Tablonun son satırında ise her uzmanın uzmanlık derecelerine göre hesaplanan ağırlıkları görülmektedir. U (uzman) değerlendirmesine sahip üçüncü karar verici için ağırlığın nasıl hesaplanacağı aşağıda örnek olarak verilmektedir.

$$\lambda_4 = \frac{\mu_4 + \pi_4 \left(\frac{\mu_4}{\mu_4 + \vartheta_4} \right)}{\sum_k (\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \vartheta_k} \right))}$$

$$= \frac{0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{(0,75 + 0,20)} \right)}{2 * 0,90 + (0,50 + 0,05 \left(\frac{0,50}{(0,50 + 0,45)} \right)) + (0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{(0,75 + 0,20)} \right))} = \frac{0,7895}{3,1158}$$

$$= 0,2533$$

Tablo 3
Uzmanlar ve Uzmanlık Seviyeleri

	Akademisyen-1	Akademisyen-2	Yönetici	Hekim
Derece	TU	TU	U	AU
Sezgisellikleri	(0,90; 0,10)	(0,90; 0,10)	(0,75; 0,20)	(0,50; 0,45)
Ağırlık	0,2889	0,2889	0,2533	0,1689

Adım 2: Seçeneklerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

İstanbul'un incelenen ilçesinde üç adet devlet hastanesi bulunmakta olup kapasite yetersizliği nedeniyle yeni bir devlet hastanesinin açılması gerektiği düşünülmektedir. İlk alternatif (M), var olan merkezi hastaneden bağımsız olarak yine ilçe merkezinde daha geniş bir arazi üzerinde yeni bir hastane kurulması şeklindedir. İlçenin yeni kentleşen semtlerinden birine bir hastane kurulması ikinci alternatiftir (K), çünkü bu semt ilçe merkezine uzak olup özellikle acil servis hizmetleri konusunda dezavantajlı bir durum yaşamaktadır. Son alternatif (F) ise, ilçenin diğer ilçelerde oturan vatandaşlara da kapılarını açması anlamında daha yüksek kapasiteli bir hastanesinin kurulmasıdır

içermekte olup bunun toplu taşıma ağlarına yakın bir lokasyonda bulunması düşünülmektedir. Buna göre, seçenekler şöyledir: M, K ve F ($i = 1, 2, 3$).

Hastanelerin değerlendirileceği kriterler de bu aşamada belirlenmektedir. Ek 1'de verilen yazın özeti tablosu ve uzman bilgileri göz önüne alınarak karar verici ekip tarafından bir kriter kümesi oluşturulmuştur. Şekil 2'de özetlenen kriter kümesi 8 ana kriter içermektedir. Bunlardan beşinin alt kriterleri de bulunmakta olup toplam 21 kriter vardır ($j = 1, \dots, 21$). Burada belirtilmesi gereken önemli bir varsayım, kriterler arasındaki olası ilişkilerin göz ardı edilmiş olmasıdır. Kriterlerin birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılmış olup bu da çalışmanın en önemli limitidir.



Şekil 2. Hastane Yeri Seçimi Kriter Kümesi

Adım 3: Seçeneklerin Karar Vericilerce Değerlendirilmesi

Bir önceki adımda verilen üç aday hastane yeri, toplam 21 adet kriter temel alınarak 4 uzman

tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tablo 2'deki dilsel terimler kullanılarak yapılan değerlendirmeler Tablo 4'de kriter bazlı olarak özetlenmektedir.

Tablo 4
Alternatiflerin Değerlendirilmesi

		A-1	A-2	Y	H
Nüfus	K	OI	I	O	OK
	O	I	OI	OI	I
	M	ÇI	I	I	OI
Yaş Dağılımı	K	OI	ÇI	OI	O
	O	OI	I	I	OI
	M	O	K	O	O
Gelir Seviyesi	K	I	ÇI	I	I
	O	OI	I	O	O
	M	OI	OI	OI	I
Arazi Maliyeti	K	O	OI	O	K
	O	OI	I	ÇI	OI
	M	OK	ÇK	ÇK	ÇK
İnşaat Maliyeti	K	I	ÇI	OI	O
	O	I	I	I	O
	M	OK	O	OI	O
Peyzaj Maliyeti	K	OI	OI	O	OK
	O	I	OI	OI	OI
	M	O	I	OI	OI
Toplu Ulaşım İmkamı	K	OK	K	K	ÇK
	O	OI	O	I	ÇI
	M	ÇI	ÇI	I	OI
Merkezlilik	K	K	O	O	K
	O	OI	I	ÇI	I
	M	ÇI	I	O	O
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	K	O	O	OK	O
	O	I	I	ÇI	ÇI
	M	ÇI	I	OI	I
Eczanelere Yakınlık	K	OK	OI	O	O
	O	ÇI	I	I	I
	M	ÇI	I	ÇI	ÇI
Yokculuk Süresi	K	OK	ÇK	K	ÇK
	O	I	I	ÇI	I
	M	ÇI	I	I	OI
Kirlilik	K	ÇI	ÇI	I	O
	O	I	O	ÇI	OI
	M	OI	O	I	OI
Hava Kalitesi	K	ÇI	ÇI	ÇI	ÇI
	O	I	ÇI	I	OI
	M	I	I	OI	OI
Şehir Klanına Uyumluluk	K	ÇI	ÇI	I	ÇI
	O	I	ÇI	OI	I
	M	I	OI	OI	OI
Gürültü Kaynakları	K	I	ÇI	OI	ÇI
	O	O	O	I	OK
	M	OK	ÇK	K	OK
Mimari Tasarım	K	O	OI	OI	O
	O	O	I	I	O
	M	I	ÇI	O	O
Park Alanları	K	ÇI	ÇI	ÇI	ÇI
	O	OI	I	O	OK
	M	K	ÇK	OK	ÇK
Enerji Temini	K	OI	OK	O	I
	O	I	I	I	ÇI
	M	ÇI	I	I	ÇI
Alan Yeterliliği	K	ÇI	ÇI	ÇI	ÇI
	O	OI	O	K	OK
	M	K	ÇK	O	ÇK
Altyapı Yeterliliği	K	O	I	O	OI
	O	I	ÇI	I	I
	M	I	ÇI	OI	I
Rekabet	K	ÇI	ÇI	ÇI	ÇI
	O	K	OK	O	O
	M	O	I	I	OI

Adım 4: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Çalışmada OWA yöntemi tercih edilmiş olup kriterlere ilişkin sırasal olarak azalan ya da artan bir ağırlık kümesi oluşturulmaktadır. Ağırlık kümelerinin elde edilebilmesi için öncelikle *veyalık derecesinin*

belirlenmesi gerekmektedir. Duyarlılık analizi de yapılabilmesi açısından üç farklı *veyalık derecesi* için ağırlık kümeleri belirlenmiştir: 0,25; 0,50; 0,75 (Tablo 5). Aşağıda 0,25 *veyalık derecesi* için yapılan hesaplamalar örnek olarak verilmektedir.

$veyalık(w) = 0,25 = \frac{1-\beta}{(21-1)*(1-\beta^{21})} \sum_{j=1}^{21} (21-j)\beta^{j-1}$ denklemi çözüldüğünde ağırlık kümesinin oluşturulmasında kullanılacak olan β parametresi 1,1739 bulunmaktadır. Buna göre sırasal olarak ağırlıklar aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$w_1 = \frac{1-1,1739}{1-1,1739^{21}} 1,1739^{1-1} = 0,0062 ; w_2 = \frac{1-1,1739}{1-1,1739^{21}} 1,1739^{2-1} = 0,0073 ;$$

$$w_3 = \frac{1-1,1739}{1-1,1739^{21}} 1,1739^{3-1} = 0,0086 ; \dots ; w_{21} = \frac{1-1,1739}{1-1,1739^{21}} 1,1739^{21-1} = 0,1534$$

0,50 *veyalık derecesi* için $\beta = 1$ ve 0,75 için ise $\beta = 0,8519$ olarak bulunmakta olup ilgili ağırlıklar Tablo 5'de verilmektedir.

Tablo 5
Farklı *veyalık dereceleri* için Ağırlık Kümeleri

<i>orness</i> =	0,25	0,75	0,5	<i>orness</i> =	0,25	0,75	0,5
1	0,0062	0,1534	0,0476	12	0,0362	0,0263	0,0476
2	0,0073	0,1307	0,0476	13	0,0425	0,0224	0,0476
3	0,0086	0,1113	0,0476	14	0,0499	0,0191	0,0476
4	0,0100	0,0948	0,0476	15	0,0586	0,0163	0,0476
5	0,0118	0,0808	0,0476	16	0,0688	0,0138	0,0476
6	0,0138	0,0688	0,0476	17	0,0808	0,0118	0,0476
7	0,0163	0,0586	0,0476	18	0,0948	0,0100	0,0476
8	0,0191	0,0499	0,0476	19	0,1113	0,0086	0,0476
9	0,0224	0,0425	0,0476	20	0,1307	0,0073	0,0476
10	0,0263	0,0362	0,0476	21	0,1534	0,0062	0,0476
11	0,0309	0,0309	0,0476				

Adım 5: Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda alternatiflere ilişkin değerlendirmeler, uzmanların ağırlıkları kullanılarak bütünleştirilmekte ve VIKOR yönteminin uygulanmasına hazır olacak şekilde bir karar matrisinde toplanmaktadır. Tablo 4'te verilen değerlendirmeler Tablo 2'deki dilsel terim karşılıkları kullanılarak sezgisel bulanık sayılara

$$\tilde{x}_{11} = \sum_k \lambda_k \tilde{x}_{11k} = 0,2889 * ((5,7,9); 0,9; 0) + 0,2889 * ((7,9,10); 0,8; 0,1) + 0,2533 * ((3,5,7); 1,0) + 0,1689 * ((1,3,5); 0,9; 0) = ((4,40; 6,40; 8,11); 0,8; 0,1)$$

Tablo 6'da tüm alternatiflerin bütünleştirilmiş değerleri verilmektedir. Her bir alternatifin yanındaki ilk üç sütun $(x_{ij}, x_{ij}, \bar{x}_{ij})$ değerlerine, 4. sütun $\mu_{\tilde{x}_{ij}}$ ve 5. sütun ise $\vartheta_{\tilde{x}_{ij}}$ değerleridir.

dönüştürülmekte, daha sonra Denklem (15) kullanılarak dört farklı uzman görüşü tek bir bütünleşik görüşe indirgenmektedir. Örnek olarak Nüfus kriterinin K alternatifi için aldığı değerlendirmelerin bütünleştirilmesini ele alalım. Sırasıyla uzmanlardan OI-I-O-OK değerlendirmeleri alınmıştır. Denklem (8) ve (4)'e göre bütünleşik değerlendirme elde edilmektedir.

Adım 6: Sezgisel Bulanık VIKOR ile Hastane Yeri Seçilmesi

Bütünleşik değerlendirme puanları ve kriterlerin nesnel ağırlıkları elde bulunmakta olup artık sezgisel bulanık VIKOR yönteminin uygulanmasına geçilebilir. Tüm kriterler karar vericiler tarafından

öznel olarak Tablo 2'deki dilsel ifadeler ile puanlanmıştır. Bu dilsel ifadeler Çok Kötü (ÇK) ile Çok İyi (ÇI) arasında değişmekte olup dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları da sırasıyla (0,0,1) ile (9,10,10) arasındadır. Bu da dilsel ifadelerin artan sırada dizildiğini ve eniyi

değerlendirme puanının ÇI (Çok İyi) dilsel terimi ile ifade edildiğini göstermektedir. Buradan hareketle tüm kriterlerin fayda tipi olarak alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

Tablo 6. Bütünleşik Değerlendirme Puanlarını İçeren Karar Matrisi

Nüfus	K	4,40	6,40	8,11	0,8	0,1	Kirlilik	K	7,48	8,90	9,49	0,7	0,2
	F	5,92	7,92	9,46	0,8	0,1		F	6,01	7,76	8,96	0,7	0,2
	M	7,24	8,95	9,83	0,7	0,2		M	4,93	6,93	8,68	0,8	0,1
Yaş Dağılımı	K	5,82	7,53	8,95	0,7	0,2	Hava Kalitesi	K	9,00	10,00	10,00	0,7	0,2
	F	6,08	8,08	9,54	0,8	0,1		F	7,24	8,95	9,83	0,7	0,2
	M	2,13	3,84	5,84	0,8	0,1		M	6,16	8,16	9,58	0,8	0,1
Gelir Seviyesi	K	7,58	9,29	10,00	0,7	0,2	Şehir Planına Uygunluk	K	8,49	9,75	10,00	0,7	0,2
	F	4,73	6,73	8,44	0,8	0,1		F	7,07	8,78	9,75	0,7	0,2
	M	5,34	7,34	9,17	0,8	0,1		M	5,58	7,58	9,29	0,8	0,1
Arazi Maliyeti	K	3,07	4,90	6,90	0,8	0,1	Gürültü Kaynakları	K	7,41	8,95	9,75	0,7	0,2
	F	6,59	8,34	9,54	0,7	0,2		F	3,68	5,68	7,42	0,8	0,1
	M	0,29	0,87	2,16	0,7	0,2		M	0,46	1,63	3,34	0,7	0,2
İnşaat Maliyeti	K	6,40	8,11	9,24	0,7	0,2	Mimari Tasarım	K	4,08	6,08	8,08	0,9	0
	F	6,32	8,32	9,49	0,8	0,1		F	5,17	7,17	8,63	0,8	0,1
	M	2,93	4,93	6,93	0,9	0		M	5,89	7,60	8,73	0,7	0,2
Peyzaj Maliyeti	K	3,82	5,82	7,82	0,9	0	Park Alanları	K	9,00	10,00	10,00	0,7	0,2
	F	5,58	7,58	9,29	0,8	0,1		F	4,40	6,40	8,11	0,8	0,1
	M	5,00	7,00	8,71	0,8	0,1		M	0,25	1,05	2,59	0,7	0,2
Toplu Ulaşım İmkânı	K	0,29	1,41	3,24	0,7	0,2	Enerji Temini	K	3,68	5,68	7,51	0,8	0,1
	F	5,60	7,44	8,84	0,7	0,2		F	7,34	9,17	10,00	0,7	0,2
	M	7,82	9,24	9,83	0,7	0,2		M	7,92	9,46	10,00	0,7	0,2
Merkezilik	K	1,63	3,17	5,17	0,8	0,1	Alan Yeterliliği	K	9,00	10,00	10,00	0,7	0,2
	F	6,93	8,68	9,71	0,7	0,2		F	2,48	4,23	6,23	0,8	0,1
	M	5,89	7,60	8,73	0,7	0,2		M	0,76	1,56	3,10	0,7	0,2
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	K	2,49	4,49	6,49	0,9	0	Altyapı Yeterliliği	K	4,49	6,49	8,20	0,8	0,1
	F	7,84	9,42	10,00	0,7	0,2		F	7,58	9,29	10,00	0,7	0,2
	M	7,07	8,78	9,75	0,7	0,2		M	7,07	8,78	9,75	0,7	0,2
Eczanelere Yakınlık	K	3,00	5,00	7,00	0,9	0	Rekabet	K	9,00	10,00	10,00	0,7	0,2
	F	7,58	9,29	10,00	0,7	0,2		F	1,56	3,27	5,27	0,8	0,1
	M	8,42	9,71	10,00	0,7	0,2		M	5,51	7,51	8,96	0,8	0,1
Yolculuk Süresi	K	0,29	1,12	2,66	0,7	0,2							
	F	7,51	9,25	10,00	0,7	0,2							
	M	7,24	8,95	9,83	0,7	0,2							

Adım 6.1'de normalize karar matrisi oluşturulur. Denklem (16) kullanılarak belirlenen normalize değerler Tablo 7'de özetlenmektedir. $\mu_{\bar{x}_{ij}}$ ve $\vartheta_{\bar{x}_{ij}}$ derecelerinin aynen korunduğu bu tabloda K alternatifinin normalize değerlerinin nasıl

oluşturulduğunu inceleyelim. $\bar{x}_{max1} = \max\{8,11; 9,46; 9,83\} = 9,83$ olmak üzere ilgili normalize değer Denklem (16)'ya göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(\underline{r}_{11}, r_{11}, \bar{r}_{11}) = \left(\frac{x_{11}}{\bar{x}_{max1}}, \frac{x_{11}}{\bar{x}_{max1}}, \frac{\bar{x}_{11}}{\bar{x}_{max1}} \right) = \left(\frac{4,40}{9,83}, \frac{6,40}{9,83}, \frac{8,11}{9,83} \right) = (0,45; 0,65; 0,82)$$

Adım 6.2'de Denklem (17) ve (18) kullanılarak sırasıyla pozitif ve negatif ideal seçenekler oluşturulmaktadır. Tablo 8'de bu ideal seçenekler

her kriter için verilmektedir. Nüfus kriteri için ideal seçeneklerin nasıl oluşturulduğunu görelim.

Tablo 7. Normalize Karar Matrisi

Nüfus	K	0,45	0,65	0,82	0,8	0,1	K	0,79	0,94	1,00	0,7	0,2	
	F	0,60	0,81	0,96	0,8	0,1		F	0,63	0,82	0,94	0,7	0,2
	M	0,74	0,91	1,00	0,7	0,2		M	0,52	0,73	0,91	0,8	0,1
Yaş Dağılımı	K	0,61	0,79	0,94	0,7	0,2	Hava Kalitesi	K	0,90	1,00	1,00	0,7	0,2
	F	0,64	0,85	1,00	0,8	0,1		F	0,72	0,90	0,98	0,7	0,2
	M	0,22	0,40	0,61	0,8	0,1		M	0,62	0,82	0,96	0,8	0,1
Gelir Seviyesi	K	0,76	0,93	1,00	0,7	0,2	Şehir Planına Uygunluk	K	0,85	0,97	1,00	0,7	0,2
	F	0,47	0,67	0,84	0,8	0,1		F	0,71	0,88	0,97	0,7	0,2
	M	0,53	0,73	0,92	0,8	0,1		M	0,56	0,76	0,93	0,8	0,1
Arazi Maliyeti	K	0,32	0,51	0,72	0,8	0,1	Gürültü Kaynakları	K	0,76	0,92	1,00	0,7	0,2
	F	0,69	0,87	1,00	0,7	0,2		F	0,38	0,58	0,76	0,8	0,1
	M	0,03	0,09	0,23	0,7	0,2		M	0,05	0,17	0,34	0,7	0,2
İnşaat Maliyeti	K	0,67	0,85	0,97	0,7	0,2	Mimari Tasarım	K	0,47	0,70	0,93	0,9	0
	F	0,67	0,88	1,00	0,8	0,1		F	0,59	0,82	0,99	0,8	0,1
	M	0,31	0,52	0,73	0,9	0		M	0,67	0,87	1,00	0,7	0,2
Peyzaj Maliyeti	K	0,41	0,63	0,84	0,9	0	Park Alanları	K	0,90	1,00	1,00	0,7	0,2
	F	0,60	0,82	1,00	0,8	0,1		F	0,44	0,64	0,81	0,8	0,1
	M	0,54	0,75	0,94	0,8	0,1		M	0,03	0,10	0,26	0,7	0,2
Toplu Ulaşım İmkani	K	0,03	0,14	0,33	0,7	0,2	Enerji Temini	K	0,37	0,57	0,75	0,8	0,1
	F	0,57	0,76	0,90	0,7	0,2		F	0,73	0,92	1,00	0,7	0,2
	M	0,80	0,94	1,00	0,7	0,2		M	0,79	0,95	1,00	0,7	0,2
Merkezlilik	K	0,17	0,33	0,53	0,8	0,1	Alan Yeterliliği	K	0,90	1,00	1,00	0,7	0,2
	F	0,71	0,89	1,00	0,7	0,2		F	0,25	0,42	0,62	0,8	0,1
	M	0,61	0,78	0,90	0,7	0,2		M	0,08	0,16	0,31	0,7	0,2
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	K	0,25	0,45	0,65	0,9	0	Altyapı Yeterliliği	K	0,45	0,65	0,82	0,8	0,1
	F	0,78	0,94	1,00	0,7	0,2		F	0,76	0,93	1,00	0,7	0,2
	M	0,71	0,88	0,97	0,7	0,2		M	0,71	0,88	0,97	0,7	0,2
Eczanelere Yakınlık	K	0,30	0,50	0,70	0,9	0	Rekabet	K	0,90	1,00	1,00	0,7	0,2
	F	0,76	0,93	1,00	0,7	0,2		F	0,16	0,33	0,53	0,8	0,1
	M	0,84	0,97	1,00	0,7	0,2		M	0,55	0,75	0,90	0,8	0,1
Yolculuk Süresi	K	0,03	0,11	0,27	0,7	0,2							
	F	0,75	0,93	1,00	0,7	0,2							
	M	0,72	0,90	0,98	0,7	0,2							

$$\tilde{f}_1^* = \max_1 \tilde{r}_{1j} = \left(\left(\max_1 \underline{r}_{1j}, \max_1 r_{1j}, \max_1 \bar{r}_{1j} \right); 1, 0 \right) = \left(\max_1 \begin{Bmatrix} 0,45 \\ 0,60 \\ 0,74 \end{Bmatrix}, \max_1 \begin{Bmatrix} 0,65 \\ 0,81 \\ 0,91 \end{Bmatrix}, \max_1 \begin{Bmatrix} 0,82 \\ 0,96 \\ 1,00 \end{Bmatrix}; 1, 0 \right)$$

$$\tilde{f}_1^- = \min_1 \tilde{r}_{1j} = \left(\left(\min_1 \underline{r}_{1j}, \min_1 r_{1j}, \min_1 \bar{r}_{1j} \right); 0, 1 \right) = \left(\min_1 \begin{Bmatrix} 0,45 \\ 0,60 \\ 0,74 \end{Bmatrix}, \min_1 \begin{Bmatrix} 0,65 \\ 0,81 \\ 0,91 \end{Bmatrix}, \min_1 \begin{Bmatrix} 0,82 \\ 0,96 \\ 1,00 \end{Bmatrix}; 0, 1 \right)$$

Adım 6.3'de Denklem (19) kullanılarak Hamming mesafelerine dayalı pozitif ve negatif ideal seçeneklerden göreceli uzaklıklar hesaplanır. Bu adım dâhil olmak üzere buraya kadarki işlemlerin tümü her üç *veyalık derecesi* için de aynı olup Adım 6.4'te ağırlık kullanılmaya başlandığı için sonuçlar

farklılaşmaktadır. Tablo 9'da tüm alternatifler için belirlenen mesafeler "d" sütun bloğu altında gösterilmektedir. Nüfus kriteri için yapılan ölçümü örnek olarak açıklayalım. Buradaki mesafe ölçümleri Denklem (10) ile yapılmaktadır.

Tablo 8
Pozitif ve Negatif İdeal Seçenekler

	f*			f		
Nüfus	0,74	0,91	1,00	0,45	0,65	0,82
Yaş Dağılımı	0,64	0,85	1,00	0,22	0,40	0,61
Gelir Seviyesi	0,76	0,93	1,00	0,47	0,67	0,84
Arazi Maliyeti	0,69	0,87	1,00	0,03	0,09	0,23
İnşaat Maliyeti	0,67	0,88	1,00	0,31	0,52	0,73
Peyzaj Maliyeti	0,60	0,82	1,00	0,41	0,63	0,84
Toplu Ulaşım İmkânı	0,80	0,94	1,00	0,03	0,14	0,33
Merkezilik	0,71	0,89	1,00	0,17	0,33	0,53
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	0,78	0,94	1,00	0,25	0,45	0,65
Eczanelere Yakınlık	0,84	0,97	1,00	0,30	0,50	0,70
Yolculuk Süresi	0,75	0,93	1,00	0,03	0,11	0,27
Kirlilik	0,79	0,94	1,00	0,52	0,73	0,91
Hava Kalitesi	0,90	1,00	1,00	0,62	0,82	0,96
Şehir Planına Uygunluk	0,85	0,97	1,00	0,56	0,76	0,93
Gürültü Kaynakları	0,76	0,92	1,00	0,05	0,17	0,34
Mimari Tasarım	0,67	0,87	1,00	0,47	0,70	0,93
Park Alanları	0,90	1,00	1,00	0,03	0,10	0,26
Enerji Temini	0,79	0,95	1,00	0,37	0,57	0,75
Alan Yeterliliği	0,90	1,00	1,00	0,08	0,16	0,31
Altyapı Yeterliliği	0,76	0,93	1,00	0,45	0,65	0,82
Rekabet	0,90	1,00	1,00	0,16	0,33	0,53

$$d_{11} = \frac{d(\tilde{f}_j^*, \tilde{r}_{1j})}{d(\tilde{f}_j^*, \tilde{f}_j^-)} = \frac{\frac{1}{3} [|0,74 - 0,45| + |0,91 - 0,65| + |1 - 0,82|] + \max(|1 - 0,8|, |0 - 0,1|)}{\frac{1}{3} [|0,74 - 0,45| + |0,91 - 0,65| + |1 - 0,82|] + \max(|1 - 0|, |0 - 1|)} = \frac{0,44}{1,24} = 0,3556$$

Adım 6.4'de S_i grup faydası ve R_i bireysel pişmanlık değerleri sırasıyla Denklem (20) ve (21) kullanılarak hesaplanır. Tablo 9'un d^{OWA} sütun bloğu altında her bir alternatif için belirlenen mesafeler azalan sırada listelenmektedirler. Tablo 10'da her alternatif için $w_j d_{ij}^{OWA}$ çarpımları verilmektedir. Tablo 11'de duyarlılık analizine yönelik olarak üç farklı *veyalık derecesi* için belirlenen ağırlıklarla hesaplanan S, R ve Q değerleri gösterilmektedir. Tablo 11, üç alt bölümden oluşmakta olup (a), (b) ve (c), sırasıyla 0,25; 0,50 ve 0,75 *veyalık dereceleriyle*

belirlenen ağırlıklar kullanıldığında hangi S, R ve Q değerlerinin bulunduğunu göstermektedir.

Adım 6.5'te bir önceki adımda bulunan S ve R değerleri kullanılarak Q indeksi hesaplanmaktadır. Denklem (22)'nin kullanıldığı bu adımda v strateji katsayısı 0,5 olarak alınmıştır. Bu seçimin anlamı bireysel pişmanlık (R) ve grup uzlaşısına (S) eşit önemi vermektir. Tablo 11'de özetlenen duyarlılık analizinin her alt bölümünde Q değerleri görülmektedir.

Tablo 9

Alternatifler için Uzaklık Ölçümleri

	d			d^{OWA}		
	K	F	M	K	F	M
Nüfus	0,3556	0,2357	0,2417	0,6014	0,5093	0,6189
Yaş Dağılımı	0,2469	0,1413	0,4347	0,5987	0,4118	0,6081
Gelir Seviyesi	0,2435	0,3506	0,2982	0,4761	0,3506	0,5975
Arazi Maliyeti	0,3077	0,1725	0,5975	0,4076	0,3454	0,5900
İnşaat Maliyeti	0,2378	0,1521	0,3238	0,3834	0,3411	0,4347
Peyzaj Maliyeti	0,2367	0,1696	0,2224	0,3740	0,3252	0,3295
Toplu Ulaşım İmkânı	0,5987	0,2692	0,1720	0,3630	0,3041	0,3263
Merkezilik	0,4761	0,1965	0,2660	0,3556	0,2922	0,3238
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	0,3834	0,2055	0,2436	0,3077	0,2692	0,3165
Eczanelere Yakınlık	0,3740	0,2380	0,2087	0,2563	0,2435	0,2982
Yolculuk Süresi	0,6014	0,1708	0,1848	0,2526	0,2389	0,2725
Kirlilik	0,2526	0,3454	0,3263	0,2514	0,2380	0,2662
Hava Kalitesi	0,2563	0,3411	0,3165	0,2469	0,2341	0,2660
Şehir Planına Uygunluk	0,2514	0,3252	0,3295	0,2435	0,2154	0,2605
Gürültü Kaynakları	0,1757	0,3041	0,5900	0,2378	0,2055	0,2436
Mimari Tasarım	0,2184	0,2154	0,2605	0,2367	0,1965	0,2400
Park Alanları	0,1633	0,2922	0,6189	0,2184	0,1725	0,2224
Enerji Temini	0,4076	0,2435	0,2221	0,1840	0,1708	0,2221
Alan Yeterliliği	0,1680	0,4118	0,6081	0,1757	0,1696	0,2087
Altyapı Yeterliliği	0,3630	0,2389	0,2725	0,1680	0,1521	0,1848
Rekabet	0,1840	0,5093	0,2662	0,1633	0,1413	0,1720

Adım 6.6'da alternatifler S, R ve Q değerlerine göre sıralanmakta ve Adım 6.7'de verilen koşulların denetlenmesi ile uzlaşık çözüme ulaşılmaktadır. Tablo 11'in her alt bölümünün son iki satırında bu koşullara ilişkin denetim sonuçları verilmektedir.

Buna göre, her üç *veyalık derecesi* için de sıralamalar değişmemiş ve F, İstanbul'un bu ilçesi için eniyi hastane yeri olarak seçilmiş olmaktadır.

Tablo 10
Ağırlıklandırılmış Uzaklıklar

	w_d^{OWA}				w_d^{OWA}		
	K	F	M		K	F	M
1	0,0037	0,0032	0,0038	13	0,0105	0,0100	0,0113
2	0,0044	0,0030	0,0044	14	0,0122	0,0108	0,0130
3	0,0041	0,0030	0,0051	15	0,0139	0,0121	0,0143
4	0,0041	0,0035	0,0059	16	0,0163	0,0135	0,0165
5	0,0045	0,0040	0,0051	17	0,0176	0,0139	0,0180
6	0,0052	0,0045	0,0046	18	0,0175	0,0162	0,0211
7	0,0059	0,0049	0,0053	19	0,0196	0,0189	0,0232
8	0,0068	0,0056	0,0062	20	0,0220	0,0199	0,0242
9	0,0069	0,0060	0,0071	21	0,0251	0,0217	0,0264
10	0,0067	0,0064	0,0078	S	0,2239	0,1970	0,2414
11	0,0078	0,0074	0,0084	R	0,0251	0,0217	0,0264
12	0,0091	0,0086	0,0096	Q	0,6610	0,0000	1,0000

Tablo 11
S-R-Q Değerleri ve Uzlaşık Çözüm

veyalık(w)=0,25						
	S		R		Q	
K	0,2238	2	0,0251	2	0,6610	2
F	0,1970	1	0,0217	1	0,0000	1
M	0,2414	3	0,0264	3	1,0000	3
Koşul 1:	$0,6610-0 = 0,6610 \geq 1/2 = 0,5$					
Koşul 2:	S, R ve Q'deeniyi alternatif F.					

(a) 0,25 veyalık derecesi için

veyalık(w)=0,5						
	S		R		Q	
K	0,3098	2	0,0286	2	0,7522	2
F	0,2632	1	0,0243	1	0,0000	1
M	0,3335	3	0,0295	3	1,0000	3
Koşul 1:	$0,7522-0 = 0,7522 \geq 1/2 = 0,5$					
Koşul 2:	S, R ve Q'deeniyi alternatif F.					

(b) 0,50 veyalık derecesi için

veyalık(w)=0,75						
	S		R		Q	
K	0,4205	2	0,0923	2	0,7605	2
F	0,3427	1	0,0781	1	0,0000	1
M	0,4570	3	0,0950	3	1,0000	3
Koşul 1:	$0,7605-0 = 0,7605 \geq 1/2 = 0,5$					
Koşul 2:	S, R ve Q'deeniyi alternatif F.					

(c) 0,75 veyalık derecesi için

5. Sonuçlar ve Tartışma

Kentlerin kalabalıklaşması ve kültürel çeşitliliğin göç dalgaları ile birlikte artması ile kentlerdeki sağlık hizmetleri yetersizleşebilmekte, toplum ve birey sağlığının daha etkin bir şekilde korunabilmesi için yeni hastanelerin kurulmasına gerek duyulabilmektedir. Bu çalışmada yeni hastanelerin kurulabileceği eniyi yerin belirlenmesine yönelik olarak bir çok kriterli karar destek modeli önerisi getirilmektedir. Modelde, öncelikle uzmanlardan oluşan bir ekip kurulmakta, bu ekip yazın taramasının sonuçlarını da dikkate alarak kriter kümesini belirlemekte ve alternatif hastane yerlerini bu kriterlere göre değerlendirmektedir. Önerilen modeli, yazındaki mevcut modellerden ayıran üç önemli özellik aşağıda özetlenmektedir.

- i. Uzman görüşlerinde insan zihninin ve tercihlerinin doğası gereği bir kararsızlık ya da kararlarda ani değişiklik olması olarak dâhilindedir. Uzman görüşlerindeki bu belirsizliği sayısal olarak eniyi şekilde değerlendirme yollarından biri olan sezgisel bulanık sayılar, çalışmada tercih edilmiştir. Bu tip bulanık sayıların klasik bulanık sayılardan en önemli farkı, üye olma derecelerinin yanı sıra bir de üye olmama ve kararsız kalmaya ilişkin üyelik derecelerinin hesaba katılıyor olmasıdır. Çalışmanın hastane yeri seçimi yazınına yaptığı en önemli katkı bu uygulamaya ilişkindir.
- ii. Önerilen modelde bir grup karar verme yaklaşımı takip edilmekte, yapılan tartışmalar ve görüşmeler sonrasında uzmanların yapacakları bireysel değerlendirmeler bütünleşik olarak tek bir modelde birleştirilerek çözümlenmektedir. Yazında yer seçimi konusunda grup kararı verilmesine yönelik çalışmalar bulunmakta, ancak hastane yeri seçimi konusunda grup kararı verilmesi amacına vurgu yapan çalışmalar özellikle son yıllarda ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada da uzmanların görüşlerinin farklı ağırlıklarla hesaba katılması ile hastane yeri seçiminde grup yargısına ulaşılması konusundaki yazına bu yönde bir katkı sunulmaya çalışılmaktadır.
- iii. Alternatiflerin değerlendirilmeleri zaten öznel uzman görüşlerine dayandığı için, mevcut özneliğin azaltılabilmesi amacıyla nesnel, yani uzman görüşünden bağımsız bir kriter ağırlıklandırma yöntemi tercih edilmiştir. Yazındaki öznel ve nesnel ağırlıklandırma yöntemleri incelenmiş, klasik yöntemlerin zayıf

yönleri göz önüne alınarak nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden OWA yönteminde karar kılınmıştır. Bu yolla, hastane yeri seçiminde uzman görüşlerinden kaynaklanan özneliğin azaltılması yönünde çaba gösterilmiştir.

Çalışmanın ileriki aşamaları için bir takım geliştirme olanakları da söz konusudur. Önerilen modelde sadece uzmanların değerlendirmeleri kullanılmaktadır. Nesneliğin ve tarafsızlığın artırılabilmesi adına mümkün olan kriterlerde ölçüleme sonuçlarının doğrudan kullanılması seçeneği de değerlendirilebilir. Örneğin, maliyetlerle ilgili kriterlerde maliyetin kendi değeri hesaba katılabilir. Ayrıca, bu çalışmada kriterler arasındaki ilişkiler göz ardı edilmiştir. Gelecek çalışmalarda kriterler arası olası ilişkilerin belirlenmesine yönelik olarak uygulamalar geliştirilebilir, uygun yöntemler ile bu ilişkiler belirlendikten sonra karar modeli içerisinde düzenlemeler yapılarak bu ilişkiler de karar sürecine dâhil edilebilir. Son olarak, VIKOR yöntemi içerisinde yer alan ve karar verici tarafından soruna özgü olarak belirlenen v strateji katsayısına yönelik ek bir duyarlılık analizi yapılabilir ve böylelikle bu parametredeki değişimlerin seçenek sıralamasını nasıl etkilediği gözlemlenebilir. Böylelikle de soruna ilişkin daha kapsamlı bir görüş oluşturulabilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Adalı, E.A. & Tuş, A. (2019). Hospital site selection with distance-based multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Healthcare Management*. Doi: <https://doi.org/10.1080/20479700.2019.1674005>.
- Ahmed, A.H., Mahmoud, H., & Aly, A.M.M. (2016). Site Suitability Evaluation for Sustainable Distribution of Hospital Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study of Upper Egypt, Aswan City. *Journal of Geographic Information System*, 8, 578-594. Doi: <https://doi.org/10.4236/jgis.2016.85048>.
- Ajaj, Q.M., Shareef, M.A., Jasim, A.T., Hasan, S.F., Noori, A.M., & Hassan, N.D. (2019). *An AHP-based*

- GIS for a New Hospital Site Selection in the Kirkuk Governorate*, 2nd International Conference on Electrical, Communication, Computer, Power and Control Engineering, Mosul, Iraq, 176-181. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICECCPCE46549.2019.203769>.
- Arya, V. & Kumar, S. (2020). A new Picture fuzzy information measure based on Shannon entropy with applications in opinion polls using extended VIKOR-TODIM approach. *Computational and Applied Mathematics*, 39(3), 1-24. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40314-020-01228-1>.
- Atanassov, K.T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87-96. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(86\)80034-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3).
- Aydın, Ö. (2009). Bulanık AHP ile Ankara için Hastane Yeri Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(2), 87-104. Erişim adresi: <https://iibfdergi.deu.edu.tr/index.php/cilt1-sayi1/article/view/260>.
- Aydın, Ö., Öznehir, S., & Akçalı, E. (2009). Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 69-86. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/194657>.
- Barukab, O., Abdullah, S., Ashraf, S., Arif, M., & Khan, S.A. (2019). A New Approach to Fuzzy TOPSIS Method Based on Entropy Measure under Spherical Fuzzy Information. *Entropy*, 21(12), 1231. Doi: <https://doi.org/10.3390/e21121231>.
- Chatterjee, D. & Mukherjee, B. (2013). Potential Hospital Location Selection using AHP: A Study in Rural India. *International Journal of Innovative Technology and Research*, 1(4), 304-314. Doi: <https://doi.org/10.5120/12447-9144>.
- Chiu, J.E. & Tsai, H.H. (2013). *Applying analytic hierarchy process to select optimal expansion of hospital location: The case of a regional teaching hospital in Yunlin*, 10th International Conference on Service Systems and Service Management, Hong Kong, China. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2013.6602588>.
- Çelikkbilek, Y. (2018). Group Decision Making for Hospital Location Selection Using VIKOR under Fuzzy Environment. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5, 435-450. Doi: <https://doi.org/10.38079/igusabder.425439>.
- Dehe, B. & Bamford, D. (2015). Development, test and comparison of two Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) models: A case of healthcare infrastructure location. *Expert Systems with Applications*, 42, 6717-6727. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.059>.
- Dell'Ovo, M., Capolongo, S., & Oppio, A. (2018). Combining spatial analysis with MCDA for the siting of healthcare facilities. *Land Use Policy*, 76, 634-644. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.044>.
- Fuller, R. & Majlender, P. (2003). On obtaining minimal variability OWA operator weights. *Fuzzy Sets and Systems*, 136, 203-215. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(02\)00267-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(02)00267-1).
- Gibson, J.L., Martin, D.K., & Singer, P.A. (2004). Setting priorities in healthcare organizations: criteria, processes, and parameters of success. *BMC Health Services Research*, 4(25). Doi: <https://doi.org/10.1186/1472-6963-4-25>.
- Gupta, P., Mehlawat, M.K., & Grover, N. (2016). Intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision-making with an application to plant location selection based on a new extended VIKOR method. *Information Sciences*, 370-371, 184-203. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.07.058>.
- Han, R.C. & Xiao, J.X. (2009). *Deciding weighing by entropy value method is an error*, 2nd International Conference on Information and Computing Science, Manchester-UK, 255-257. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICIC.2009.270>.
- Jordan, H., Roderick, P., Martin, D., & Barnett, S. (2004). Distance, rurality and the need for care: Access to health services in South West England. *International Journal of Health Geographics*, 3(21). Doi: <https://doi.org/10.1186/1476-072X-3-21>.

- Kaaffah, S., Ridwan, A.Y., & Novitasari, N. (2020). Designing Vendor Selection System Using Intuitionistic Fuzzy TOPSIS and Entropy Weighting Method in Oil and Gas Industry, *ICONETSI: Proceedings of the International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*, September 2020, Article No: 52, Pages: 1–6. Doi: <https://doi.org/10.1145/3429789.3429842>.
- Kaya, T. & Kahraman, C. (2011). Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 38, 7326-7333. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.003>.
- Kim, J.I., Senaratna, D.M., Ruza, J., Kam, C., & Ng, S. (2015). Feasibility Study on an Evidence-Based Decision-Support System for Hospital Site Selection for an Aging Population, *Sustainability*, 7, 2730-2744. Doi: <https://doi.org/10.3390/su7032730>.
- Koksalimis, S. & Kabak, Ö. (2019). Deriving decision makers' weights in group decision making: An overview of objective methods. *Information Fusion*, 49, 146-160. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.11.009>.
- Kuo, Y.C., Lu, S.T., Tzeng, G.H., Lin, Y.C., & Huang, Y.S. (2013). Using Fuzzy Integral Approach to Enhance Site Selection Assessment – A Case Study of the Optoelectronics Industry. *Procedia Computer Science*, 17, 306-313. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.040>.
- Li, D.F. (2010). A ratio ranking method of triangular intuitionistic fuzzy numbers and its application to MADM problems. *Computers & Mathematics with Applications*, 60(6), 1557-1570. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2010.06.039>.
- Liao, H. & Xu, Z. (2013). A VIKOR-based method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 12(4), 373-392. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10700-013-9162-0>.
- Liu, K.M., Lin, S.H., Hsieh, J.C., & Tzeng, G.H. (2018). Improving the food waste composting facilities site selection for sustainable development using a hybrid modified MADM model. *Waste Management*, 75, 44-59. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.017>.
- Liu, P. & Liu, W. (2019). Multiple-attribute group decision-making method of linguistic q-rung orthopair fuzzy power Muirhead mean operators based on entropy weight. *International Journal of Intelligent Systems*, 34(8), 1755-1794. Doi: <https://doi.org/10.1002/int.22114>.
- Mahmud, T., Sikder, J., & Tripura, S. (2018). Knowledge-based Decision Support System to Select Hospital Location. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 20(3), 39-47. Doi: <https://doi.org/10.9790/0661-2003023947>.
- Moradian, M.J., Ardalan, A., Nejati, A., Bolorani, A.D., Akbarisari, A., & Rastegarfar, B. (2017). Risk Criteria in Hospital Site Selection: A Systematic Review. *PLoS Currents*. Doi: <https://doi.org/10.1371/currents.dis.a6f34643f3cd22c168b8c6f2deae86d>.
- Nobre, F.F., Trotta, L.T.F., & Gomes, L.F.A.M. (1999). MULTI-CRITERIA DECISION MAKING – AN APPROACH TO SETTING PRIORITIES IN HEALTH CARE. *Statistics in Medicine*, 18, 3345-3354. Doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0258\(19991215\)18:23<3345::AID-SIM321>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19991215)18:23<3345::AID-SIM321>3.0.CO;2-7).
- O'Hagan, M. (1988). *Aggregating template or rule antecedents in real-time expert systems with fuzzy set logic*. Proceedings of the 22nd Annual IEEE Asilomar Conference on Signal, Systems, Computers, 681-689. Pacific Grov. Doi: <https://doi.org/10.1109/ACSSC.1988.754637>.
- Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering, *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*. Erişim adresi : [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1600129](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1600129).
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983-12990. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.097>.

- Opricovic, S. & Tzeng, G.H. (2004). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.01.020>.
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054-1063. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.090>.
- Ruan, D., Kabak, Ö., & Quinones, R. (2013). An ordered weighted averaging operator-based cumulative belief degree approach for energy policy evaluation. *International Journal of Advanced Operations Management*, 5(1), 58-73. Doi: <https://doi.org/10.1504/IJAOM.2013.051326>.
- Sen, H. (2017). HOSPITAL LOCATION SELECTION WITH ARAS-G. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 1, 359-365. Erişim adresi : <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/381446>.
- Senvar, O., Otay, I., & Bolturk, E. (2016). Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS. *IFAC-Papers On Line*, 49(12), 1140-1145. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.656>.
- Soltani, A., Inaloo, R.B., Rezaei, M., Shaer, F., & Riyabi, M.A. (2019). Spatial analysis and urban land use planning emphasising hospital site selection: a case study of Isfahan city. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 43, 71-89. Doi: <https://doi.org/10.2478/bog-2019-0005>.
- Soltani, A. & Marandi, Z. (2011). HOSPITAL SITE SELECTION USING TWO-STAGE FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING PROCESS. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 5(1), 32-43. Doi: <https://doi.org/10.4090/juee.2011.v5n1.032043>.
- Song, L., Liu, C., & Li, B. (2015). *Optimal selection of location for community hospitals a case of Huilong guan region in Beijing*, IEEE International Conference on Information and Automation, Lijiang, China, 2803-2806. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICInfA.2015.7279763>.
- Stern, Z.S., Mehrez, A., Tal, A.G., & Shemuel, B. (1995). THE LOCATION OF A HOSPITAL IN A RURAL REGION: THE CASE OF THE NEGEV. *Location Science*, 3(4), 255-266. Doi: [https://doi.org/10.1016/0966-8349\(96\)00002-2](https://doi.org/10.1016/0966-8349(96)00002-2).
- Şahin, T., Ocak, S., & Top, M. (2019). Analytic hierarchy process for hospital site selection. *Health Policy and Technology*, 8, 42-50. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2019.02.005>.
- Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A., & Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90, 3048-3056. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.01>.
- Wang, Y.M. & Parkan, C. (2005). A minimax disparity approach for obtaining OWA operator weights. *Information Sciences*, 175, 20-29. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2004.09.003>.
- Weber, A. (1909). Theory of the location of industries, Chicago: *The University of Chicago Press*.
- Wissem, E., Ahmed, F., & Mounir, B. (2011). *Multicriteria method for a site selection of a new hospital in Sfax*, 4th International Conference on Logistics, Hammamet, Tunisia, 32-37. Doi: <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2011.5939399>.
- Wu, C.R., Lin, C.T., & Chen, H.C. (2007). Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 42, 1431-1444. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.01>.
- Wu, Y., Liao, M., Hu, M., Lin, J., Zhou, J., Zhang, B. & Xu, C. (2020). A decision framework of low-speed wind farm projects in hilly areas based on DEMATEL-entropy-TODIM method from the sustainability perspective: A case in China. *Energy*, 213, 119014. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119014>.
- Wu, Y., Zhang, B., Xu, C., & Li, L. (2018). Site selection decision framework using fuzzy ANP-VIKOR for large commercial rooftop PV system based on sustainability perspective. *Sustainable Cities and*

- Society*, 40, 454-470. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.024>.
- Yager, R.R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18(1), 183-190. Doi: <https://doi.org/10.1109/21.87068>.
- Yu, L. & Lai, K.K. (2011). A distance-based group decision-making methodology for multi-person multi-criteria emergency decision support. *Decision Support Systems*, 51, 307-315. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.11.024>.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
- Zhang, Y., Zhang, Y., Li, Y., Liu, S., & Yang, J. (2017). A Study of Rural Logistics Center Location Based on Intuitionistic Fuzzy TOPSIS. *Mathematical Problems in Engineering*. Doi: <https://doi.org/10.1155/2017/2323057>.

EK 1. YAZIN ÖZETİNE İLİŞKİN TABLO

Makale	Çevresel Faktörler	Hava Kalitesi	Kirlilik	Yatırım Maliyeti	Bina Özellikleri	Bina Konumu	Ulaşım Süresi	Toplu Taşıma Olanacağı	Enerji Temini	Rekabet	İlişkili Sektörler	Şans	Yönetim Politikası	Demografik Faktörler	Yöntemler	Uygulama
Stern ve diğ. (1995)		X	X	X			X	X						X	- 0-1 Tamsayıli Programlama - AHS	Negev, İsrail
Nobre, Trotta ve Gomes (1999)					X	X							X		TODIM	Rio de Janeiro, Brezilya
Gibson ve diğ. (2004)			X	X							X	X	X		-	Kanada
Jordan ve diğ. (2004)						X	X	X					X		-	İngiltere
Wu ve diğ. (2007)	X		X						X	X	X	X	X		- Delphi Yöntemi - AHS	Tayvan
Aydın (2009)	X		X	X	X	X	X		X				X		Bulanık AHS	Ankara, Türkiye
Aydın ve diğ. (2009)	X		X	X	X	X	X		X				X		AHS	Ankara, Türkiye
Vahidnia ve diğ. (2009)		X	X		X	X							X		- CBS - Bulanık AHS	Tahran, İran
Soltani ve Marandi (2011)	X		X	X	X	X			X				X		- CBS - Bulanık AHS - Bulanık ANS	Shiraz, İran
Wissem ve diğ. (2011)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X		Hedef Programlama	Sfax, Tunus
Chatterjee ve Mukherjee (2013)	X		X	X	X	X	X		X				X		AHS	Batı Bengal, Hindistan
Chiu ve diğ. (2013)			X		X	X	X				X	X	X		AHS	Yunlin, Tayvan
Dehe ve Bamford (2015)	X		X	X	X	X	X						X		- Kanıt Temelli Muhakeme - AHS	İngiltere
Kim ve diğ. (2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	- CBS - Kanıt Temelli Muhakeme	Teksas, ABD

Song, Liu ve Li (2015)					X				X	X			X	Optimizasyon	Beijing, Çin	
Ahmed ve diğ. (2016)	X	X	X		X	X	X							- CBS - AHS	Aswan, Mısır	
Senvar ve diğ. (2016)				X	X	X	X	X	X	X			X	Tereddütlü Bulanık TOPSIS	İstanbul, Türkiye	
Moradian, Ardalan, Nejati, Boloorani, Akbarisari ve Rastegarfar (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PRISMA	-	
Sen (2017)	X			X	X	X	X	X					X	ARAS-G	Türkiye	
Çelikbilek (2018)				X		X	X	X	X				X	Bulanık VIKOR	Türkiye	
Dell'Ovo ve diğ. (2018)	X			X		X	X	X	X					- CBS - AHS	Milano, İtalya	
Mahmud, Sikdar ve Tripura (2018)	X			X	X	X	X	X					X	Kanıt Temelli Muhakeme	Chittagong, Bangladeş	
Adalı ve Tuş (2019)	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X	- CRITIC - TOPSIS - EDAS - CODAS	Denizli, Türkiye
Ajaj ve diğ. (2019)					X	X	X	X	X					- CBS - AHS	Kerkük, Irak	
Soltani ve diğ. (2019)						X	X		X				X	- CBS - AHS	İsfahan, İran	
Şahin ve diğ. (2019)	X	X				X	X		X	X			X	AHS	Muğla, Türkiye	
Queensland (2008)	X				X	X	X	X		X			X	-	Avusturya	
Virginia (2009)								X	X				X	-	ABD	
Saskatoon (2010)	X				X	X	X	X						-	Kanada	