

Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması: Düzce'de Bir Lokasyon Analizi²³

Hakan Murat ASLAN

Düzce Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
hma1973@mynet.com

Doç Dr. Mehmet Selami YILDIZ

Düzce Üniversitesi
İşletme Fakültesi
İşletme Bölümü
selamiyildiz@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. H. Tezcan UYSAL

Bülent Ecevit Üniversitesi
Zonguldak MYO
h.tezcanuysal@hotmail.com

Özet

Afet istasyonlarının kuruluş yeri seçimi, olası afet durumlarında toplumun acil yardım ihtiyacına en hızlı ve en etkin şekilde cevap verilebilmesi bakımından çok önemlidir. Ayrıca, kuruluş maliyetinin yüksek olması ve tesisin yer değiştiremez nitelikte olması da optimum kuruluş yeri seçimini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, afet istasyonlarının kuruluş yeri seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi kullanarak Düzce ilinde belirli bir bölgede en optimal kuruluş yeri seçimini yapmaktır. Bu amaca yönelik olarak dört aday afet istasyonu belirlenmiştir. Afet istasyonlarını yerleşim bölgelerinin en uygun yerlerine konuşlandırılmak için belirlenen kriterlerin bir kısmı nitel karakterli ve sözel belirsizlikler içermektedir. Çalışmada sözel belirsizlikler üçgen bulanık sayılar kullanılarak karşılaştırılabilir sayılara dönüştürülmüş ve aday afet istasyonları pozitif ideal çözüme yakınlığı açısından değerlendirilmiştir. Buna göre, Düzce de belirli bir yerleşim bölgesinde afet istasyonunun kurulması için en uygun kuruluş yeri 0.665 yakınlık katsayısı ile küçük su parkı ve verem savaş dispanserinin bulunduğu lokasyon olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afet İstasyonu, Kuruluş Yeri Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, Üçgen Bulanık Sayılar, Bulanık TOPSIS.

Application of Fuzzy TOPSIS Method on Location Selection of Disaster Stations: A Location Analysis in Düzce

Abstract

The selection of the establishment site of the disaster stations is a matter of life and death in the sense that it can respond to the immediate assistance call of the community in a fastest and most effective way in case of possible disasters. Besides, the fact that the organization cost is high and the facility is unable such as to change its place oblige the optimum location selection. The aim of this study is to select the most optimal site of establishment in a designated region in Düzce by using Fuzzy TOPSIS Method. Four candidate disaster stations were determined in line with this

²³ Bu çalışma 25-27 Haziran 2014 tarihlerinde Uludağ Üniversitesinde düzenlenen 34. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği sempozyumunda sunulan bildirinin öneriler çerçevesinde genişletilmiş halidir.

purpose. Some of the criteria determined for deploying the disaster stations in the most suitable places of sites of establishment contain qualitative-based and verbal uncertainties. In the study, the verbal uncertainties were converted into comparable numbers by using triangle fuzzy numbers and candidate disaster stations were evaluated in terms of their proximity to positive ideal solution. Accordingly, the most appropriate site of establishment in order for the disaster station to be established was ascertained in Düzce as the location where the small water park and tuberculosis control dispensary with the proximity coefficient of 0.665 is situated.

Keywords: Disaster Stations, Location Selection, Multi-Criteria Decision Making, Triangular Fuzzy Numbers, Fuzzy TOPSIS.

Jel Classification Codes: C52, C61, E37, M10, M11

GİRİŞ

Afetler bir toplumun seyrini değiştirebilen, doğal ve yapay olarak iki türde incelenebilecek, kaynağı ne olursa olsun toplumsal etkisi yıkıcı, ekonomide ve sosyal yapıda ağır izler bırakan olaylardır. Bu olaylar karşısında insanoğlunun hareket alanı kısıtlıdır. Burada önemli olan kısıtlı alanları maksimum verim içerisinde değerlendirebilmektir. Bu da optimum kuruluş yeri seçimi ve afet lojistik planlaması ile mümkündür. Özellikle optimum kuruluş yeri seçimi statik yapısından dolayı öncelikli öneme sahiptir. İlk kuruluş maliyetlerinin yüksek olması, afet lojistiğini optimum hale getirmesi ve merkez özelliği bulunmasından dolayı afet istasyonlarının bulunduğu lokasyon doğru tespit edilmelidir. Bunun için de günümüzde aktif olarak kullanılan, çok sayıda kriterin bulunduğu bir karar sürecinin analizi ve değerlendirilmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri geliştirilmiştir (Baysal ve Tecim, 2006: 2). Karar, mümkün olan seçenekler arasından bir faaliyet veya faaliyetler dizisinin seçimi olarak tanımlanmaktadır (Tulunay, 1991: 32). Kriter ise, alternatiflerin etkilerini ölçmeye yarayan ve değerlendirme faaliyetlerinde esas oluşturacak özellikleri içine alan ölçütlerdir (Lai ve Hwang, 1994: 41). Bu ölçütler, çözüm sürecinde karar verilebilmesi için gerekli olan şartları oluşturmaktadır. Çok kriterli karar verme problemlerinde karar verici için alternatiflerin incelenmesi, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması ve kararın verilmesi için alternatifler içinden öncelikli olanının seçimi oldukça önemlidir (Jahanshahloo ve diğ., 2006: 1545).

Bu çalışmanın amacı, Düzce ili içerisinde belirlenen bir bölgede kurulması planlanan afet istasyonu için en optimal kuruluş yerini belirlemektir. Bu amaca yönelik olarak, afet istasyonunun optimum konuşturulmasında Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Afet istasyonlarının kuruluş yeri seçiminde Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulanabilirliğinin ifade edildiği çalışmanın ikinci bölümünde afet istasyonlarının kuruluş yeri seçimi ve bulanık TOPSIS çalışmalarını içeren literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde, bulanık mantık terminolojisi ve Bulanık TOPSIS algoritması ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise, Bulanık TOPSIS yöntemi ile Düzce ilinde bir yerleşim bölgesi için belirlenen aday afet istasyonlarından birinin kriterler açısından optimum kuruluş yeri seçimi yer almaktadır.

1. Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçimi ve Bulanık TOPSIS

Afet istasyonları, yaralıların toplandığı, durumlarına göre sınıflandırıldığı, çok acil hastaların tedavilerinin yapıldığı, gerek görülen hastaların sahra hastanelerine ya da afet bölgesi dışındaki hastanelere nakledildiği geçici bir süre için oluşturulan yerlerdir (Schultz ve diğ.,1996: 440). Afet istasyonlarının yerleri afetlerden önce planlanmalı ve afet planlarında yer almalıdır. Aksi takdirde, bu noktaların afet anında belirlenmesi, desteklenmesi ve yönetilmesi çok zor ve karmaşık olacaktır (Callaway, 2002: 130).

Afetler sonrasında afetten etkilenen bölgede yaşanacak kargaşa durumunu azaltıcı faaliyetlerden olan afet istasyonlarının optimum kuruluş yeri seçimi yerli ve yabancı literatürde az çalışılmış alandır. Schultz ve diğ.(1996) depremlerden sonra can kayıplarını azaltmaya yönelik tıbbi müdahale planları hakkında ayrıntılı çalışmalar, Drezner (2004) yaralı toplanma noktalarının konuşlandırılması çalışmasında maksimum kapsama yaklaşımını dikkate alarak yaralı toplanma noktalarını optimum yerleştirilmesini, Darende (2009) İstanbul ili için belirlenen yerleşim bölgelerini talep merkezleri kabul ederek maksimum kapsama yaklaşımı ile yaralı toplanma noktalarını optimum konuşlandırmıştır.

İnsan düşüncelerini kesin hükümlerle tanımlamak oldukça zordur. Bu nedenle bulanık ortamda ortaya çıkan, pek çok alternatifin ve kriterin bulunduğu problemler için TOPSIS algoritması sözel değişkenleri bulanık sayılara dönüştürerek yorumlanabilir hale getirmekte kullanılabilir (Chen ve Chueh, 2008: 1420). Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulaması ilk kez Chen (2000) bir sistem analizi elemanının seçimi için kullanmıştır. Bulanık TOPSIS algoritması, çok kriterli ve grup kararı verilmesini gerektiren durumlarda etkin bir şekilde uygulanabildiğinden uygulama alanları genişlemiş ve Shih, Yuan ve Lee (2001) araç seçim probleminde, Chu (2002) kuruluş yeri seçim probleminde, Tiryaki ve Ahlatçioğlu (2005) portföy seçiminde, Chen, Lin ve Hwang (2006) tarafından tedarikçi değerlendirmesi ve secimi probleminde ilk kez yamuk bulanık sayılar kullanılmış, Jahanshahloo ve diğ., (2006) bankaların finansal tablolarının değerlendirilmesinde, Ecer (2007) satış elemanının secimi probleminde, Küçük ve Ecer (2007) tedarikçilerin değerlendirilmesinde, Milani, Shanian ve El Lahham (2008) örgütsel değişim ile ortaya çıkan insan davranışlarındaki direncin ölçümünde, Bashiri ve Hossininezhad (2009) kuruluş yeri secimi problemlerinde, Kelemenis ve Askounis (2009) personel secim probleminde üçgen bulanık sayıları kullanmışlar, Razmi, Songhori ve Khakbaz (2009) tedarikçi değerlendirme ve sipariş atama probleminde, Sun ve Lin (2009) alışveriş için kullanılan internet sitelerinin avantajlarının değerlendirilmesinde bulanık TOPSIS algoritmasını kullanarak bu yöntemin bir çok alanda uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

Yapılan yerli ve yabancı literatür taramasında afet istasyonlarının kuruluş yeri seçiminde bulanık mantık ve özellikle TOPSIS yöntemini kullanarak konuşlandırma problemlerine çözüm sunan çalışmaya rastlanmadığından çalışmada afet istasyonları gibi hayati önem taşıyan tesislerin bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak optimum konuşlandırılması yapılmıştır. Bir

sonraki bölümde bulanık mantık ve TOPSIS yaklaşımının işleyiş esasları üzerinde durulmuştur.

2. Bulanık Mantık

2.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık, mutlak karar verme yerine yaklaşık karar verme biçimleri ile ilişkilidir. Bulanık mantığın önemi, özellikle sağduyu kullanılarak verilecek olan kararların doğasının yaklaşıklık üzerine kurulu olmasından kaynaklanmaktadır (Zadeh, 1989: 90). Tarafli ifadeler, karar verme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür ifadelerin, nicel içeriğe sahip olmamalarına karşın, bazı durumlarda karmaşık değerlendirmelerin yapılabilmesi için kullanılmaları gerekmektedir (Klir ve Yuan, 1995: 12).

2.1.1. Belirsizlik Kavramı

Bulanık veriler, kişilerin algılarındaki ve konuşma dilinde kullanılan sözcüklerdeki belirsizlikler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Genellikle bulanık veriler, nitel formdaki sözel değişkenler ile ifade edilmektedir. Örneğin, “A gençtir” ifadesi yeteri kadar acık değildir çünkü gençliğin tanımı kişilere göre farklılıklar göstermektedir. Bulanık verilerin matematiksel olarak modellenmesi ise, bulanık küme teorisi ile mümkün olmaktadır (Nguyen ve Wu, 2006: 13). Zadeh tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelenmeye alınır, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir. Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de ihtiva ettiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez (Şen, 2001: 53).

2.1.2. Dilsel Değişken

Dilsel değişken, değerleri anadildeki cümleler olan değişken ya da kelime ile kelime gruplarını sayılar gibi kullanan değişkendir. Dilsel değişkenlerden karmaşık olan ya da iyi tanımlanmamış durumları nicel olarak ifade etmede yararlanır. Diğer bir ifadeyle kelimelerle ifade edilen nitel durumları modelleyebilmek ve bu modellemelerden yararlanarak değerlendirmeler yapabilmek için dilsel değişkenler kullanılır. Örneğin “ağırlık” dilsel bir ifadedir, değerleri çok, az, biraz vb. olabilir ve bu değerlere üçgen bulanık sayılar vasıtasıyla üyelik fonksiyonları atayarak sayısal olarak ifade edilebilirler (Chen ve diğ., 2006: 292).

2.1.3. Bulanık Küme Teorisi

Aristo mantığında çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme anlayışında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Oysa bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Böylece bulanık kümelerdeki öğelerin üyelik dereceleri kesintisiz olarak 0 ile 1 arasında değerler alırlar. 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öğe için değerine, üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir (Şen, 2001: 56).

Bulanık kümeler kuramı, muğlak ve belirsiz olan problemlerin çözülmesi için geliştirilmiştir. Zadeh' ten bu yana bulanık mantık ve bulanık kümeler

kuramının pek çok alanda uygulaması yapılmıştır (Kaptanoğlu ve Özek, 2006: 198).

2.1.4. Vertex Yöntemi

Vertex yöntemi, bulanık sayılar arasındaki uzaklığın bulunmasında yararlanılan bir yöntemdir. $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$, $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ gibi iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık Vertex yöntemiyle aşağıdaki formülle hesaplanır (Chen, 2000: 5).

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2.1)$$

2. 2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Bulanık TOPSIS yönteminden (BTOPSIS) önce bu yöntemin esasını teşkil eden TOPSIS yöntemi üzerinde durulacaktır.

2.2.1. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirilmiş olan, bilinen klasik çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. TOPSIS yöntemi genel olarak, seçilen alternatifin, pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olma temeline dayandırılmıştır.

2.2.2. Bulanık TOPSIS Algoritması Uygulamasında İzlenen Adımlar

Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulanmasındaki adımlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Chen, 2000: 6);

1. Adım- Karar Vericilerin ve Kriterlerin Seçilmesi: Karar vericilerden bir komite oluşturulur ve değerlendirme kriterleri belirlenir.

2. Adım- Sözel Değişkenler Kullanılarak Değerlendirmelerin Yapılması: Kriterlerin önem ağırlıkları için uygun sözel değişkenler seçilir ve kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi sözel değişkenler kullanılarak yapılır.

3. Adım- Değerlendirmelerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi: Karar vericilerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesi için belirledikleri sözel değişkenler üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülür.

4. Adım- Karar Matrislerinin Oluşturulması: Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

5. Adım-Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Belirlenmesi: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

6. Adım- Negatif ve Pozitif İdeal Çözümün Belirlenmesi: Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir.

7. Adım- Uzaklıkların Hesaplanması: Her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları hesaplanır.

8. Adım- Yakınlık Katsayılarının Bulunması: Her alternatif için yakınlık katsayıları bulunur.

9. Adım- Alternatiflerin Sıralanması: Yakınlık katsayılarına bakılarak, tüm alternatifler sıralanır ve en yüksek yakınlık katsayısına sahip olan alternatif seçilir. Yakınlık katsayısının yüksek olması, bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözüme daha yakın ve bulanık negatif ideal çözüme daha uzak olduğunun göstergesidir.

10. Adım- Surecin Değerlendirilmesi ve Geri Besleme: Alternatiflerin sıralanması yapıldıktan sonra yakınlık katsayılarının değerlerine bakılarak seçimin risk içerip içermediği kontrol edilir. Eğer yakınlık katsayısının değeri riskli bölgede yer alıyorsa karar vericilerden değerlendirmelerini tekrar yapmaları istenebilir veya surece yeni adayların katılımı sağlanabilir.

İlk olarak, karar vericilerin Tablo 1’de verilen sözel değişkenleri kullanarak kriterlerin önem derecelerini değerlendirmeleri sağlanır.

Tablo 1: Kriterlerin Önem Ağırlıkları ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları

Sözel Değişken	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Düşük (CD)	(0, 0, 0.1)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (CY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Tablo 2’de belirlenen kriterlere göre alternatiflerin değerlendirmesinde kullanılan sözel değişkenler ve üçgen bulanık sayı ifadelerine yer verilmektedir.

Tablo 2: Sözel Değişkenler ve Üçgen Bulanık Sayı İfadeleri

Sözel Değişken	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Kötü (CK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Biraz Kötü (BK)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Biraz İyi (Bİ)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Cİ)	(9, 10, 10)

Karar verilecek olan bir grup içerisinde K adet alternatifin bulunduğu varsayıldığında, kriterlerin önem düzeyleri ve her kritere göre alternatiflerin değerleri (2.2) ve (2.3)’de verilen formüller ile hesaplanmaktadır (Chen, 2001: 70).

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} & \widetilde{w}_j \\ &= \frac{1}{K} [\widetilde{w}_j^1 + \widetilde{w}_j^2 + \dots \\ &+ \widetilde{w}_j^K] \end{aligned} \quad (2.3)$$

Burada \widetilde{x}_{ij} ve \widetilde{w}_j sırası ile K'nıncı karar vericinin belirlediği alternatiflerin değerlendirmelerini ve kriterlere verdiği önem ağırlıklarını göstermektedir. Bulanık karar matrisi kullanılarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\widetilde{R} = \left[\widetilde{r}_{ij} \right]_{m \times n}$ oluşturulur. B kümesi fayda kriterlerini, C kümesi ise maliyet kriterlerini göstermek üzere normalize edilmiş karar matrisinin hesaplanması (2.5)'de ifade edilmektedir (Tiryaki ve Ahlatcıoğlu, 2005: 150).

$$\widetilde{r}_{ij}^+ = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right), \quad j \in B \quad (2.4)$$

$$\widetilde{r}_{ij}^- = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C$$

$$c_j^+ = \text{Maksimum } c_{ij} \quad j \in B$$

$$a_j^- = \text{Minimum } a_{ij} \quad j \in C$$

$$(2.5)$$

Matrislerde normalizasyon işleminin yapılmasının nedeni, normalize edilmiş üçgen bulanık sayıların [0,1] aralığına indirgenerek istenen ideal çözümden yakınlığının hesaplanabilmesi içindir. Her kriterin farklı önem derecelerinin olduğu düşünüldüğünde ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi ise (2.6)'de verilen formül ile hesaplanmaktadır (Chu, 2002: 690).

$$\widetilde{V} = [\widetilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1,2,3, \dots, m \quad \text{ve } j = 1,2,3, \dots, n$$

$$\begin{aligned} & \widetilde{v}_{ij} = \\ & \widetilde{r}_{ij} \otimes \widetilde{w}_j \end{aligned} \quad (2.6)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde \widetilde{v}_{ij} değerleri normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve değerleri [0,1] kapalı aralığındadır. Sonra bulanık pozitif ideal çözüm (\widetilde{A}^+) ve bulanık negatif ideal çözüm (\widetilde{A}^-) belirlenmelidir. Bu durum (2.7)'de ifade edilmektedir (Hwang vd., 2006: 293).

$$\widetilde{A}^+ = \{ \widetilde{v}_1^+, \widetilde{v}_2^+, \widetilde{v}_3^+, \dots, \widetilde{v}_n^+ \}$$

$$\widetilde{A}^- = \{ \widetilde{v}_1^-, \widetilde{v}_2^-, \widetilde{v}_3^-, \dots, \widetilde{v}_n^- \}$$

$$\begin{aligned}
 \tilde{v}_j^+ &= \text{Maximum}\{\tilde{v}_{ij4}\} \\
 \tilde{v}_j^- &= \text{Minimum}\{\tilde{v}_{ij1}\} \\
 i &= 1,2,3, \dots, m \text{ ve } j = \\
 &1,2,3, \dots, n
 \end{aligned} \tag{2.7}$$

Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlendikten sonra her bir alternatifin (\tilde{A}^+) ve (\tilde{A}^-) ile olan uzaklıkları (2.8)' da verilen formüllerle hesaplanabilir (Jahanshahloo, Hosseinzadeh ve Izadikhah, 2006: 1547).

$$\begin{aligned}
 D_i^+ &= \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \\
 D_i^- &= \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \\
 i &= 1,2,3, \dots, m \text{ ve } j = \\
 &1,2,3, \dots, n
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)$ ve $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$ ifadeleri iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir. Söz konusu uzaklıklar Vertex metodu kullanılarak bulunmaktadır. Alternatiflerin sıralamasının yapılabilmesi için yakınlık katsayılarının bulunması gerekmektedir. Her alternatif için yakınlık katsayıları (2.9)'de verilen formül ile hesaplanabilmektedir (Chu, 2002: 691).

$$\begin{aligned}
 CC_i &= \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad i \\
 &= 1,2, \dots, m
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

(\tilde{A}^+) ya yakın ve (\tilde{A}^-) den uzak bir alternatif olan A_i için yakınlık katsayısı değeri 1'e yaklaşmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak yakınlık katsayısı değerlerine göre tüm alternatiflerin sıralaması yapılır ve alternatifler içerisinde en büyük yakınlık katsayısına sahip olanı seçilir (Jahanshahloo, Hosseinzadeh ve Izadikhah, 2006: 1548).

$CC_i = 1$ ise $A_i = \tilde{A}^+$ ve $CC_i = 0$ ise $A_i = \tilde{A}^-$ 'dir. Yani bir alternatifin yakınlık katsayısı "1"e eşit ise söz konusu alternatifin değeri bulanık pozitif ideal çözüme, "0" a eşit ise bulanık negatif ideal çözüme eşittir. Yakınlık katsayıları kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır. Alternatifler sıralandıktan sonra her bir alternatifin yakınlık katsayı değeri için sözel değişkenler tanımlamak daha gerçekçi bir yaklaşım olabilir (Hwang vd., 2006: 295).

Tablo 3: Yakınlık Katsayısı ile Seçilen Alternatifin Kabul Durumu

Yakınlık (CC _i)	Katsayısı	Durum Değerlendirmesi
CC _i [0, 0.2)		Kabul edilmesi önerilmez.
CC _i [0.2, 0.4)		Yüksek risk ile kabul edilebilir.
CC _i [0.4, 0.6)		Düşük risk ile kabul edilebilir.
CC _i [0.6, 0.8)		Kabul edilebilir.
CC _i [0.8, 1.0]		Kabul edilebilir ve kesinlikle tercih edilebilir.

3. Bulanık TOPSIS Yöntemi Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçimi

3.1. Çalışmanın Amacı

Afet istasyonlarının oluşturulması ve afet istasyonları ile kişilerin toplanması için uygun merkezlerin belirlenmesi, kişilerin daha hızlı ve etkin bir şekilde organize olabilmeleri, müdahale edeceklerin acil yardım hizmetlerine daha hızlı bir şekilde başlayabilmeleri, eksik olan materyallerin tespiti ve gerekli arama kurtarma çalışmalarının yönlendirilmesi için çok gereklidir. Afet sırasında bazı önemli kararların doğru biçimde verilmesi çok da mümkün olamayacağı için afetlerden önce hazırlanan eylem planları doğrultusunda daha hızlı bir şekilde koordinasyon sağlanabilir.

Çalışmada, Düzce ili merkezinde yer alan bir yerleşim bölgesi için afet öncesi önlemlerden biri olan afet istasyonlarının optimum kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS algoritmasının sürece uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın gerçekleştiği yerleşim bölgesi için aday afet istasyonlarından birinin optimum konuşturulmasında Düzce ili yetkililerinden üç karar vericisi dört kritere göre dört aday istasyonunu değerlendirmişlerdir.

3.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında incelenecek olan aday afet istasyonları; Düzce ili yetkilileri tarafından belirlenmiştir. Araştırma konusu, Afet istasyonu olmaya müsait olan yerler arasından yerleşim bölgesinde ki yaşayanların olası bir afette yaşam şansının artırılması açısından belirlenen kriterlere göre sıralamasının yapılmasıdır. Karar vericilerin yaptıkları sözel değerlendirmeler üçgen bulanık sayı ile ifade edilmiş ve afet istasyonu adayları, Bulanık TOPSIS algoritması kullanılarak bulunan yakınlık katsayılarına göre sıralanmıştır.

3.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada karar vericilerin yaptıkları sözel değerlendirmeler temel alınarak yerleşim bölgesi yetkililerinin karşı karşıya kaldığı seçim problemine uygun bir bulanık çok kriterli grup karar verme tekniği olan bulanık TOPSIS yöntemi ile çözüm bulunmuştur. Karar vericiler ile görüşülerek oluşturulan kriterler, daha önce yapılan benzer çalışmalar ve afet yönetiminde bu tür

tesislerin açılabilme şartları dikkate alınarak saptanmıştır. Aday afet istasyon yerleri arasından optimum olanı, kriterlerin ve alternatif yerlerin değerlendirilmesinde ki sözel değişkenler üçgen bulanık sayılar aracılığıyla sayısal verilere dönüştürülmüş ve pozitif ideal çözüme yakınlıkları açısından sıralanmıştır.

3.4. Bulanık TOPSIS Algoritmasının Uygulanması

3.4.1. Karar Vericilerin ve Kriterlerin Seçilmesi

İlk olarak afet istasyon yerlerinin belirlenmesinde yetkili üç karar verici ile görüşülmüştür. Buna göre karar vericiler, Düzce valiliği ilgili birimlerinde görev yapan üst düzey görevlilerden üç kişidir. Karar vericiler ile yapılan ikili görüşmeler sonucunda afet istasyonlarının taşınması gereken dört kriter belirlenmiştir. Bunlar;

K1: Nüfus yoğunluğu,

K2: Ulaşım,

K3: Sağlık ekibinin yeterliği,

K4: Bölge halkı tarafından aday istasyonun bilinirliği

Kriterlerin belirlenmesinden sonraki aşamada karar vericiler bu kriterleri taşıyan yerleşim merkezinde dört aday alternatif afet istasyonu yeri belirlemişlerdir. Bu alternatif yerler;

A1- Asar cami ve külliyesi,

A2- Küçük su parkı ve verem savaş dispanseri,

A3- Yeşil cami ve bahçe alanı,

A4- Şakuş köprüsü doğusu boş alan

3.4.2. Sözel Değişkenler Kullanılarak Değerlendirmelerin Yapılması

Karar vericilerin, kriterlerin önem ağırlıkları için belirlediği sözel değişkenler Tablo 4’de ifade edilmiştir.

Tablo 4: Karar Vericilerin Kriterlere Verdikleri Önem Ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4
KV1	ÇY	ÇY	BY	ÇY
KV2	ÇY	ÇY	O	ÇY
KV3	ÇY	ÇY	Y	ÇY

Tablo 5: Karar Vericilerin Kriterler Açısından Alternatifleri Değerlendirmesi

Karar Vericiler	Kriterler	Aday Yerler			
		A1 <i>Asar Cami</i>	A2 <i>Küçük Su Parkı</i>	A3 <i>Yeşil Cami</i>	A4 <i>Şakuş Köprüsü Doğusu</i>
KV1	K1 <i>Nüfus yoğunluğu</i>	Çİ	İ	İ	İ
	K2 <i>Ulaşım</i>	İ	Çİ	O	O
	K3 <i>Sağlık ekibinin yeterliği</i>	İ	Çİ	İ	İ
	K4 <i>Bölge halkı tarafından bilinirlik</i>	Çİ	Çİ	İ	İ
KV2	K1 <i>Nüfus yoğunluğu</i>	İ	Çİ	İ	Çİ
	K2 <i>Ulaşım</i>	Çİ	Çİ	İ	İ
	K3 <i>Sağlık ekibinin yeterliği</i>	İ	Çİ	Çİ	Çİ
	K4 <i>Bölge halkı tarafından bilinirlik</i>	İ	Çİ	İ	Çİ
KV3	K1 <i>Nüfus yoğunluğu</i>	İ	Çİ	İ	İ
	K2 <i>Ulaşım</i>	O	İ	İ	Çİ
	K3 <i>Sağlık ekibinin yeterliği</i>	Çİ	Çİ	İ	Çİ
	K4 <i>Bölge halkı tarafından bilinirlik</i>	O	Çİ	İ	Çİ

Tablo 5’te karar vericiler optimum afet istasyonu yer tespiti için alternatif yerleri kriterler açısından değerlendirmişlerdir. Örneğin; 3. karar verici A1 (Asar Cami) alternatifini K4 (Bölge halkı tarafından bilinirlik) açısından O (Orta) olarak değerlendirmiştir.

3.4.3. Değerlendirmelerin Üçgen Bulanık Sayı Olarak İfade Edilmesi

Tablo 5’te karar vericilerin belirlemiş olduğu önem ağırlıkları Tablo 2’de yer alan karşılıkları alınarak üçgen bulanık sayılara Tablo 6’da gösterildiği şekilde dönüştürülmüştür.

Tablo 6: Önem Ağırlıklarının Üçgen Bulanık Sayı Olarak Karşılıkları

	K1	K2	K3	K4
KV1	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1.0, 1.0)
KV2	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.9, 1.0, 1.0)
KV3	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)

Tablo 6'daki değerler kullanılarak bulanık TOPSIS algoritması adımları içerisinde yer alan ilgili sütunların aritmetik ortalamaları alınmış ve Tablo 7'deki bulanık ağırlıklar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7: Karar Kriterlerinin Bulanık Ağırlıklar Matrisi

Kriterler	Bulanık Ağırlıklar
K1: Nüfus yoğunluğu	(0.9,1.0,1.0)
K2: Ulaşım	(0.9,1.0,1.0)
K3: Sağlık ekibinin yeterliği	(0.5,0.7,0.9)
K4: Bölge halkı tarafından bilinirlik	(0.9,1.0,1.0)

Tablo 7 de karar vericilerin K3 kriterini diğer kriterlere göre daha az gerekli ve önemsiz olarak algıladıkları, (0.5,0.7,0.9) sonucu ile anlaşılabilir.

3.4.4. Karar Matrislerinin Oluşturulması

Karar vericilerin sözel değişkenler kullanarak yaptıkları değerlendirmeler üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiş ve bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık karar matrisindeki değerlerin karşılaştırılabilir olmasını sağlamak amacı ile, fayda kriterleri kümesinde en yüksek dereceye sahip olan kriter belirlenmiş ve tüm tablo 8 değerleri belirlenen değere bölünerek normalize edilmiş ve Tablo 9 elde edilmiştir.

Tablo 8: Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4
A1	7.7,9.3,10	6.3,8,9	7.7,9.3,10	6.3,8,9
A2	8.3,9.7,10	8.3,9.7,10	9,10,10	9,10,10
A3	7,9,10	5.7,7.7,9	7.7,9.3,10	7,9,10
A4	8.3,9.7,10	6.3,8,9	8.3,9.7,10	8.3,9.7,10

Fayda kriterleri kümesinde en yüksek dereceye sahip eleman olan 10 değeri seçilmiş ve tüm Tablo 8 değerleri 10'a bölünerek Tablo 9 normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 9: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4
A1	0.77,0.93,1	0.63,0.8,0.9	0.77,0.93,1	0.63,0.8,0.9
A2	0.83,0.97,1	0.63,0.8,0.9	0.9,1,1	0.9,1,1
A3	0.7,0.9,1	0.57,0.77,0.9	0.77,0.93,1	0.7,0.9,1
A4	0.83,0.97,1	0.63,0.8,0.9	0.83,0.97,1	0.83,0.97,1

3.4.5. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Belirlenmesi

Karar vericilerin kriterler için verdikleri önem ağırlıkları kullanılarak belirlenen bulanık ağırlıklar, normalize edilmiş bulanık karar matrisinde, ilgili oldukları kriterin değeri ile çarpılarak Tablo 10'da ifade edilen ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 10: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4
A1	0.63,0.93,1	0.57,0.8,0.9	0.39,0.65,0.9	0.57,0.8,0.9
A2	0.75,0.97,1	0.57,0.8,0.9	0.45,0.7,0.9	0.81,1,1
A3	0.63,0.9,1	0.51,0.77,0.9	0.39,0.65,0.9	0.63,0.9,1
A4	0.75,0.97,1	0.57,0.8,0.9	0.42,0.68,0.9	0.75,0.97,1

Tablo 10'da ifade edilen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ile ideal çözümün belirlenmesi daha kolay hale gelmiştir.

3.4.6. Pozitif ve Negatif İdeal Çözümün Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde her bir kriterin sütunlarda sahip olduğu en yüksek değerler ile en düşük değerler kullanılarak, bulanık pozitif ideal çözüm (\tilde{A}^+) ve bulanık negatif ideal çözüm (\tilde{A}^-) belirlenmiştir.

$$\tilde{A}^+ = \{(1,1,1), (0.9,0.9,0.9), (0.9,0.9,0.9), (1,1,1)\}$$

$$\tilde{A}^- = \{(0.63,0.63,0.63), (0.51,0.51,0.51), (0.39,0.39,0.39), (0.57,0.57,0.57)\}$$

3.4.7. Uzaklıkların Hesaplanması

Her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları Vertex metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözümde Uzaklıklar

		K1	K2	K3	K4
d(Ak, A⁺)	d(A1, A ⁺)	0.22	0.20	0.33	0.28
	d(A2, A ⁺)	0.15	0.20	0.20	0.11
	d(A3, A ⁺)	0.21	0.24	0.33	0.22
	d(A4, A ⁺)	0.15	0.22	0.30	0.15
d(Ak, A⁻)	d(A1, A ⁻)	0.28	0.28	0.33	0.23
	d(A2, A ⁻)	0.30	0.28	0.35	0.38
	d(A3, A ⁻)	0.26	0.27	0.33	0.31
	d(A4, A ⁻)	0.30	0.28	0.34	0.35

Tablo 11'den çıkarılacak sonuç için bir örnek verilirse; A1 alternatif yeri K1 kriteri açısından pozitif ideal çözümden uzaklığı 0.22 değeri ile gösterilirken, aynı A1 alternatifini negatif ideal çözümden 0.28 değeri ile uzak olarak hesaplanmıştır.

3.4.8. Yakınlık Katsayılarının Bulunması

Alternatiflerin bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları kullanılarak yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 12: Yakınlık Katsayıları ve Alternatiflerin Sıralanması

	d_i^+	d_i^-	CC_i	Sıralama
A1	1.03	1.12	0.521	4
A2	0.66	1.31	0.665	1
A3	1	1.17	0.539	3
A4	0.82	1.27	0.607	2

Tablo 12'de bulanık TOPSIS algoritmasının nicel karar analizi hesaplamalarını kullanarak oluşturduğu analiz tablosu ifade edilmektedir. Bu sıralamalar dikkate alınarak alternatifler içinden belirlenen kriterler dikkate alınarak optimum kuruluş yeri belirlenmektedir.

SONUÇ

Doğal afetler sırasında halkın yaşama ihtimalini arttırmak için başta acil yardım ve afet il müdürlükleri (AFAD) olmak üzere valilik ilgili birimleri bir dizi önlemler almaktadır. Bu önlemlere ek olarak ifade edilen afet istasyonları ve bu istasyonlarının yerleşim yerleri içinde nerelere konuşlandırılacağı hayati önem taşır.

Yerleşim bölgeleri içinde afet istasyonlarının tam olarak nerelere yerleştirileceği konusunda karar vericilerin de bireyler olması ve bireylerin verdiği kararlarında da belirsizlikler içerdiği kesindir. Çünkü kişiler tercihlerini sayılardan çok sözcükler ile ifade etme eğilimindedirler.

Bu durumda sözel belirsizliklerin ortadan kaldırılmasını sağlayan bulanık sayıların kullanımı kaçınılmaz hale gelmektedir. Ayrıca, bulanık TOPSIS yöntemi grup kararı verilmesinde etkili bir teknik olduğundan, afet istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi sürecinde karar vericiler arasında çıkabilecek anlaşmazlıkları da önleyebilmektedir.

Uygulamada ki kriterler, çalışma için belirlenen afet istasyonlarının belirlenmesi sürecine özgüdür. Karar vericilerin belirlediği kriterler çerçevesinde optimum istasyon yeri, 0.665 yakınlık katsayısı ile A2 (Küçük su parkı ve verem savaş dispanseri) olarak belirlenmiştir. İkinci olarak 0.607 yakınlık katsayısı ile A4 (Şakuş köprüsü doğusu boş alan) tür. Diğer alternatiflerin seçimi yetkililer için düşük risk ile kabul edilebilir sınırları içinde olduğundan uygun çözüm olma niteliği taşımamaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre Düzce ili için belirli bir yerleşim bölgesinde belirlenen dört aday afet istasyonu arasından karar vericiler A2 (Küçük su parkı ve verem savaş dispanseri) yerleşkesini uygun görmüşlerdir.

Bu çalışma ile afet istasyonlarının optimum kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS yönteminden faydalanılmış, afet istasyonları gibi hayati önem taşıyan tesislerin optimum konuşlandırılma planı yetkililerle paylaşılmış ve toplumsal bir fayda temin edilmiştir. Çalışma bu yönüyle araştırmacılara, kamu ve özel sektör tesislerinin optimum kuruluş yeri seçiminin bulanık mantık kullanarak yapılmasında rehberlik edecektir.

Kaynakça

- Bashiri, Mahdi&Hosseininezhad-Seyed, Javad (2009), “A Fuzzy group Decision support system for multi Facility Location problems”. *International Journal Of Adv. Manufacturing Technology*, 42, 533–543.
- Baysal, G., Tecim, V. (2006), “Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri İle Uygulaması”, *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, Fatih Üniversitesi: İstanbul.
- Callaway, D.W. (2002), “Emergency Medical Services in Disaster: In Hogan D. E.”, Burstein J. L., eds. *Disaster Medicine 2nd ed.* Lippincott Williams & Wilkins 127–139
- Chen, T. (2000), “Extensions Of The TOPSIS For Group Decision Making Under Fuzzy Environment”, *Fuzzy Sets And Systems*, 114, 1-9.
- Chen, T. (2001), “A Fuzzy Approach To Select The Location Of The Distribution Center”, *Fuzzy Sets And Systems*, 118, 65-73.
- Chen-Tung-Lin, Ching-Torng, Hwang, Sue-Fn (2006), “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, *International Journal Of Production Economics*, 102, 289-301.
- Chen, Ting-Yu-Tsao, Chueh, Yung (2008), “The Interval-Valued Fuzzy TOPSIS Method and Experimental Analysis”, *Fuzzy Sets And Systems*, 159, 1410-1428.

- Chu, Ta-Chung (2002), "Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions", *International Journal Of Uncertainty, Fuzziness And Knowledge-Based Systems*, 10 (6), 687-701.
- Darende, B., (2009), "Tesis yer seçimi ile deprem durumunda yaralı toplanma noktalarının modellenmesi "Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Drezner, T., 2004, Location of casualty collection points, *Environment and Planning C: Government and Policy*, 22 (6), 899-912.
- Ecer, Fatih (2007), "Satış elemanı adaylarının değerlendirilmesine ve seçimine yönelik yeni bir yaklaşım: Fuzzy TOPSIS". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7 (2), 187-204.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, F., Izadikhah, M. (2006), "Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data, *Applied Mathematics and Computation*, 181, 1544-1551.
- Kaptanoğlu, D., Özok, F. (2006), "Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Bir Bulanık Model", *İTÜ Dergisi/d mühendislik*, C:V, No:1 , s. 193 -204
- Klir, George J., Juan, Bo (1995), *Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications*, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Küçük Orhan & Ecer Fatih (2007), "Bulanık TOPSIS kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi ve Erzurum'da bir uygulama". *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3 (1-3), 45-65.
- Lai, Young-Jou, Hwang, Ching-Lai (1994), *Fuzzy Multiple Objective Decision Making Methods And Applications, Lecture Notes In Economics And Mathematical Systems*, 404, Berlin: Springer-Verlag.
- Milani, A.S., Shanian, A. & El-Lahham C. (2008), "A decision-based Approach for measuring human behavioral resistance to organizational change in Strategic planning". *Mathematical and Computer Modelling*, 48, 1765-1774.
- Nguyen, Hung T.-Wu (2006), " Fundamentals of statistics with fuzzy data studies in fuzziness and soft computing". Volume 198. Netherlands: Springer
- Razmi, Jafar-Songhori, Mahsen Jafari & Khakbaz, Mohammad Hossein (2009), "An integrated Fuzzy group Decision making/Fuzzy linear programming (FGDMLP) framework for supplier evaluation and Order allocation". *International Journal Of Adv. Manufacturing Technology*, 43, 590-607.
- Schultz, C. H., Koenig, K. L., and Noji, E. K., (1996), A medical disaster response to reduce immediate mortality after an earthquake, *The New England Journal Of Medicine*, 334, 438-444.
- Sun, C.C. ve Lin, G.T. (2009), "Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the Competitive advantages of shopping websites". *Expert Systems with Applications*, 36 (9), 11764-11771.

- Shih, H., Yuan, W., Lee, E. (2001), “Group Decision Making for TOPSIS”, *IEEE*, 3 (1), 2712-2717.
- Şen, Z. (2001), “ Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, İstanbul, Bilge Kültür Sanat, İstanbul, 172s.
- Tiryaki, F., Ahlatçioğlu, M. (2005), “Fuzzy Stock Selection Using a New Fuzzy Ranking and Weighting Algorithm”, *Applied Mathematics and Computation*, 170 (1), 144–157.
- Tulunay, Y. (1991), “Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No: 244, Renk-iş Matbaası, İstanbul
- Zadeh, Lotfi A. (1989), “Knowledge Representation in Fuzzy Logic”, *Knowledge And Data Engineering*, 1 (1), 89–99.