

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AFET DURUMUNDA İNSANİ YARDIM FAALİYETLERİNİN
MODELLENMESİ: SAHRA HASTANESİ İÇİN ANKARA'DA YER
SEÇİMİ**

HAZIRLAYAN

İNANÇ BARUTÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2021

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AFET DURUMUNDA İNSANİ YARDIM FAALİYETLERİNİN
MODELLENMESİ: SAHRA HASTANESİ İÇİN ANKARA'DA YER
SEÇİMİ**

HAZIRLAYAN

İNANÇ BARUTÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF.DR. YUSUF TANSEL İÇ

ANKARA - 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde İnanç BARUTÇU tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 18 / 05 / 2021

Tez Adı: Afet Durumunda İnsani Yardım Faaliyetlerinin Modellenmesi: Sahra Hastanesi İçin Ankara'da Yer Seçimi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Prof. Dr. Mehmet KABAK, Gazi Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Yusuf Tansel İç, Başkent Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ, Başkent Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Faruk Elaldı
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü
Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 31 / 05 / 2020

Öğrencinin Adı, Soyadı : İnanç BARUTÇU

Öğrencinin Numarası : 21820171

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ

Tez Başlığı : Afet Durumunda İnsani Yardım Faaliyetlerinin Modellenmesi: Sahra Hastanesi İçin Ankara'da Yer Seçimi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 69 sayfalık kısmına ilişkin, 29 / 05 / 2021 tarihinde tez danışmanım tarafından "turnitin" adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %8'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını" inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: ... / ... / 20...

Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ

TEŞEKKÜRLER

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişilere tüm içtenliklerimle teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. Yusuf Tansel İç'e (tez danışmanı), bilgilerini bizden esirgemeyerek çalışmanın sonuca ulaşmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu için...

Sayın Prof. Dr. Mehmet Kabak'a (jüri başkanı), bilgileri ile yol gösterdiği ve çalışmaya katkılarından dolayı...

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış Keçeci'ye (jüri üyesi), çalışmada kullanılan birimlerin düzeltilmesi için yol gösterdiği...

Sevgili eşime, aileme ve arkadaşlarıma her daim bana desteklerini gösterdikleri için...

ÖZET

İnanç BARUTÇU

**AFET DURUMUNDA İNSANİ YARDIM FAALİYETLERİNİN MODELLENMESİ:
SAHRA HASTANESİ İÇİN ANKARA'DA YER SEÇİMİ**

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

2021

Türkiye özellikle depremler açısından riskli olarak sınıflandırılan bir bölgede yer almakta ve yakın geçmişte meydana gelen depremler önemli ölçüde can kayıplarına ve maddi hasara sebebiyet vermiştir. Dolayısı ile afetlerden sonra verilecek olan sağlık hizmetleri can kayıplarının daha da artmasını önleme ve yaralılara zamanında müdahale etme açısından büyük önem arz etmektedir. Afet durumlarında en önemli gereksinimlerden biri insanların sağlık hizmetlerine hızlı bir şekilde ulaşmalarındır. Bu çalışmada afet sonrasında kurulacak olan sağlık merkezinin yer seçiminin yapılabilmesi için alternatif konumlar ve çeşitli kriterler belirlenmiştir. Daha sonra VIKOR Yöntemi kullanılarak çeşitli senaryolar altında en iyi alternatiflerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Önerilen metodoloji Ankara İli Merkez İlçelerinde uygulanarak sonuçlar analiz edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Afet Yönetimi, Deprem, Sağlık Merkezi Yer Seçimi, VIKOR Yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme.

ABSTRACT

İnanç BARUTÇU

SELECTING THE FIELD HOSPITAL LOCATION FOR EARTHQUAKES: AN APPLICATION FOR ANKARA PROVINCE IN TURKEY

Başkent University Institute of Science

Industrial Engineering Department

Turkey is located in a risky region in terms of earthquakes. Earthquakes that occurred in the recent past caused significant loss of life and property in Turkey. Therefore, providing suitable action plans after disasters is extremely important for limiting the further loss of life and responding to the injured promptly. One of the most crucial requirements in disaster management is the rapid access of people to health services. In this thesis, we developed alternative locations and, various criteria have been determined for the field hospital site selection after the disaster. Then, it is aimed to determine the best alternatives under many scenarios using the VIKOR method. The results are analyzed by applying the proposed methodology in the Central Districts of Ankara Province.

KEYWORDS: Disaster Management, Earthquake, Health Center Site Selection, VIKOR Method, Multi Criteria Decision Making.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	2
3. DEPREM NEDİR VE NASIL ÖLÇÜLÜR.....	4
3.1. Deprem Tanımı.....	4
3.2. Dünya’da ve Türkiye’de Meydana Gelen Büyük Depremler	5
4. VIKOR METODU.....	9
4.1. Tanımı ve Kullanım Amacı.....	9
4.2. VIKOR ile İlgili Yapılan Çalışmalar	9
4.3. VIKOR Yönteminin Aşamaları.....	10
4.4. VIKOR Yönteminin Seçilme Gerekçesi.....	11
5. ANKARA İÇİN ÖRNEK UYGULAMA	12
5.1. Kriterlerin Tanımlanması	12
5.2. Çalışma Alanı	15
5.3. VIKOR Yönteminin Hastane Yeri Seçiminde Kullanılması.....	22
5.4. Çalışmanın Kısıtlıkları ve Varsayımları.....	26
6. SONUÇ	27
7. KAYNAKLAR.....	28

EKLER..... 35

EK A. FARKLI SENARYOLAR İÇİN VIKOR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

..... 35

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. Depremlerin Şiddet ve Magnitüdlerinin Karşılaştırılması	5
Tablo 2. Dünyada Meydana Gelen En Şiddetli 20 Deprem	5
Tablo 3. Türkiye’de Meydan Gelen En Şiddetli Depremler	7
Tablo 4. Literatürde Kullanılan Hastane Yer Seçim Kriterleri	12
Tablo 5. Seçilen İlçelere İlişkin Toplam Nüfus, Alan ve Yoğunluk Bilgileri.....	16
Tablo 6. Ankara İlçeleri 2015 ve 2020 Nüfusları ve Nüfus Değişim Yüzdeleri.....	16
Tablo 7. Seçilen İlçelerde Bulunan Park Listesi.....	17
Tablo 8. Ankara İlçeleri Deprem Riskleri	18
Tablo 9. Ankara Merkez İlçelerinin Seçilen Bölgelere Olan Uzaklığı (km).....	19
Tablo 10. Ankara Merkez İlçeler Hastane Listesi	19
Tablo 11. Hastanelerin Seçilen Alanlara Olan Uzaklıkları	20
Tablo 12. Ana Arterlere Olan Uzaklık	20
Tablo 13. Ana Arter Trafik Yoğunluğu.....	21
Tablo 14. VIKOR Metodu İçin Kullanılan Senaryolar	22
Tablo 15. Kriterlerin Benefical ve n- Benefical Olarak Sınıflandırılması	23
Tablo 16. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	23
Tablo 17. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	24
Tablo 18. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	24
Tablo 19. Deney Sonuçları	25
Tablo 20. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	35
Tablo 21. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	35
Tablo 22. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	36
Tablo 23. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	37
Tablo 24. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	37
Tablo 25. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	38
Tablo 26. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi	39
Tablo 27. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	39
Tablo 28. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	40
Tablo 29. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	41
Tablo 30. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	41

Tablo 31. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	42
Tablo 32. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	43
Tablo 33. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	43
Tablo 34. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	44
Tablo 35. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	45
Tablo 36. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	45
Tablo 37. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	46
Tablo 38. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	47
Tablo 39. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	47
Tablo 40. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	48
Tablo 41. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	49
Tablo 42. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	49
Tablo 43. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	50
Tablo 44. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	51
Tablo 45. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	51
Tablo 46. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	52
Tablo 47. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	53
Tablo 48. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	53
Tablo 49. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	54
Tablo 50. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi.....	55
Tablo 51. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi	55
Tablo 52. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Dünyada 1900 Yılından Sonra Meydana Gelen 6 ve Üstündeki Depremler	6
Şekil 2. Hastane Yeri Seçimi Hiyerarşi Ağacı	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3. Yer Seçimi Amacı ile Kullanılacak Kriterler	14
Şekil 4. Ankara İli İlçeler Haritası.....	15
Şekil 5. Ankara İlçeleri 2015 ve 2020 Nüfusları ve Nüfus Değişim Yüzdeleri	17
Şekil 6. Ankara İlçeleri Deprem Riskleri	18
Şekil 7. Farklı Senaryolar için VIKOR Performans Puanları	25

1. GİRİŞ

Doğal afetlerin içerisinde en yıkıcı olanlarından biri olan depremler ve onun yıkıcı etkileri toplumları beklenmedik zamanlarda zarara uğratabilir ve hem maddi, hem de manevi olarak çok büyük zararlar verebilir. Depremlerin yıkıcı etkisinin ardından ele alınması gereken en kritik konulardan birisi, yaralılara uygun hizmetin istenen düzeyde verilebilmesidir. Bu çalışmada, depremlerin meydana gelmesinden sonra verilecek olan sağlık hizmetlerinin sunulabileceği sahra hastanelerinin yer seçimi çalışması Ankara ili örneği kapsamında ele alınmıştır.

Sahra hastaneleri afet sonrasında ve özellikle deprem gibi binaların yıkılmasına neden olan doğal afetler sonrasında, acil müdahale çalışmalarının en hızlı bir şekilde gerçekleştirildiği sağlık merkezleridir. Sahra hastaneleri en kısa süre içerisinde afetten etkilenen insanlara ulaşmanın en hızlı ve kolay yollarını sunabilmektedir. Sahra hastanelerinin yer seçimlerinin afetlerden önce planlanması gerekir. Afetler gerçekleşmeden önce gerekli planlamalar hazırlanmalı, altyapı gereksinimleri belirlenmeli, lojistik destek birimleri koordine edilmelidir.

Afet durumlarında çok sayıda insan sağlık hizmeti alabilmek amacı ile tıp merkezlerine başvuracaktır. Afette yaralanan insanların tedavilerinin zamanında ve hızlı bir şekilde yapılması afetlerden sonra ortaya çıkabilecek olan salgın hastalıkların kontrolü ve takip edilmesi açısından da oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında Ankara ili için olası bir deprem sonrasında kullanılabilecek sahra hastanesi yer seçim çalışması gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda VIKOR yöntemi kullanılarak farklı senaryolar altında Ankara ilinde sahra hastanesinin veya sağlık merkezinin kurulacağı yerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sahra hastaneleri şehirlerde kurulu bulunan hastanelere benzer birimlere sahip olup, afet durumlarında sağlık hizmetlerinin kesintisiz bir şekilde verilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sahra hastaneleri literatürde mobil hastaneler olarak da nitelendirilebilmektedir (Blackwell ve Bosse, 2007; Cheng ve ark. 2015).

Sahra hastanesi yer seçimi kararlarının uygun bir şekilde verilmesi, bir afet durumunda ihtiyacın en uygun bir şekilde karşılanabilmesinde en önemli konulardan biridir. Literatürde, afet durumlarına yönelik olarak tesis yer seçim kararlarının verilmesine yönelik bazı çalışmalar sunulmuştur. Afet durumunda tıbbi ve insani yardım malzemelerinin depolanması için yer seçimi yapılan çalışmalara; Mete ve Zabinsky (2010), Doyen vd. (2012) ile Rawls ve Turnquist (2010), Noyan (2012), Balcik ve Beamon (2008) ile Salman ve Yücel (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar örnek olarak verilebilir. Diğer yönden literatürde Görmez vd. (2011), Lu (2013), Bell vd. (2014), Espejo vd. (2015), Malek vd. (2016) ise, talebin mesafeye bağlı olduğu durumlar için minimum ağırlıklı mesafeyi dikkate alan yer seçim problemi çalışmalarını sunmuşlardır. Diğer taraftan, Javadi ve Lee (2016) ile Loree ve Aros-Vera (2018) ise afetzedelere yardım malzemelerinin ulaştırılması için bekleme ve gecikme süresinin en küçüklendiği bir matematiksel model sunmuşlardır.

Sağlık tesisi kurmak için yer seçim problemini ele alan çalışmalara ise Revelle ve Snyder (1995) (alarak acil tıp merkezi yer seçimi), Salman ve Gül (2014) (ambulans istasyon konumlarının belirlenmesi) Güneş ve Nikel (2015) (sağlık tesisi yerleşim problemi) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar örnek gösterilebilir.

Literatürde yapılan çalışmaların çoğu, mevcut tesislerin felaketten etkilenmediğini varsaymaktadır (örneğin, Mohammadi ve diğerleri, 2016; Rabbani ve diğerleri, 2016). Ancak bu varsayım bazı afet durumlarda gerçekçi olmayabilir. Literatürdeki kısıtlı sayıdaki çalışma, bu tesislerin görebileceği olası zararları da ele almaktadır. Örneğin, Huang vd. (2010) bu tesislerin afetten olumsuz etkilendiği varsayımında bulunarak talep noktalarına en yakın tıp merkezlerini kullanmayı önermektedir. Galindo ve Batta (2013), depolardaki kısmi hasarı göz önünde bulundurarak, afet sonrası materyalleri teslim etmek ve minimum yanıt süresi sağlamak için belirlenen bir depoda yardım malzemelerini önceden konumlandırmayı hedefleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Paul ve MacDonald (2016) ise, tesis hasarları

riskini değerlendirerek, yardım malzemeleri depoları için uygun konum kararlarının verilmesinde kullanılabilir bir model önermiştir.

Literatürdeki diğer bir grup çalışma ise, afet sonrasındaki insani yardım lojistik faaliyetlerini iki aşamalı stokastik modellerle modellemeye çalışmışlardır (Noyan, 2012; Hamdan ve Diabat, 2019, Rawls ve Turnquist, 2011, Bozorgi-Amiri vd. 2012, Hu vd. 2015, Fahimnia vd. 2017, Noyan ve Elçi, 2018). Literatürde son dönemdeki çalışmalar ise yukarıdaki modellere ilave olarak, problemin detaylarına ve tasarımını genişletmeye odaklanmıştır. Örneğin Kaya ve Acar (2019) olası bir İstanbul depremine hazırlık açısından sahra hastanelerine ulaşımın koordine edildiği bir aę modelini önermiştir. Maharjan (2019), doğal afet durumunda tesis yeri planlaması için çok zamanlı ve çok amaçlı bir matematiksel model önermiştir. Uygulama olarak Nepal’de 2015 yılında meydana gelen deprem ele alınmış ve buradaki veriler kullanılarak çok ölçütlü bulanık karar verme yöntemi önerilmiştir. Miç ve Antmen (2019) ise Adana ilinde meydana gelebilecek olası bir depremde kullanılmak üzere sahra hastanesi yer seçim modeli önermişlerdir. Miç ve Antmen (2019) yer seçim modeli olarak bulanık TOPSIS yönteminden faydalanmışlardır. Yine Kahraman vd. (2021) İstanbul için bir sahra hastanesi yer seçim çalışması için bulanık TOPSIS yönteminin kullanıldığı bir çalışma sunmuşlardır.

Özet olarak afet durumunda hastane yeri seçimi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda çok farklı çözüm yöntemleri önerilmiştir. Bu tezde ise, sahra hastanesi yeri seçiminin yapılabilmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi olan VIKOR metodu önerilmektedir. Bahse konu yöntemi kullanmak amacı ile ilk olarak yer seçim kriterleri belirlenecek ve bu kriterler doğrultusunda VIKOR metodu kullanarak Ankara ili için belirlenen alternatif yerler arasında bir sıralama yapılacaktır.

3. DEPREM NEDİR VE NASIL ÖLÇÜLÜR?

3.1. Deprem Tanımı

Deprem, yer kabuğunun belirli bir derinlikte gerilim sonucunda kırılması olarak tanımlanmaktadır. Depremlerde “atım” deprem sonucunda kırılan yüzeyin iki tarafında bulunan kara parçalarının birbirine göre ne kadar yer değiştirdiğinin bir ölçüsü, “berklik” (rijitlik) ise kayaçların sertliği ile ilişkili bir parametredir. Atım değerinin yüksekliği kırılan yüzeyin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Dolayısı ile belirli bir derinliğe inilince, deprem büyüklüğünü tahmin etmek için kırılan yüzey büyüklüğünü tahmin etmek yeterli olacaktır (Spence, 1989).

Deprem şiddeti, depremin olduğu derinlikten yeryüzünde bulunan belirli bir noktaya etkisi olarak tanımlanmaktadır. Depremin şiddeti, depremin odağındaki büyüklüğü hakkında net bilgi vermekle birlikte, insana ve çevreye verdiği hasar farklı etki seviyelerine sahip olabilir (AFAD, 2021).

Deprem şiddetini belirlemek için şiddet cetvelleri kullanılır. Bu cetveller depremlerin uzun yıllar boyunca incelenmesine dayalı olarak hazırlanmaktadır ve deprem etkisinde kalan canlı ve cansız varlıkların depreme karşı geliştirdikleri tepkiden yola çıkılarak geliştirilir. Şiddet cetvellerinde seviyeler Romen rakamları ile gösterilir ve günümüzde iki çeşit cetvel kullanılmaktadır. Bunlar Mercalli (MM)” ve “Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) cetvelleridir. Bu cetvellerde toplan XII şiddet derecesi bulunmaktadır. Şiddet seviyesi V ve daha küçük olan depremler genellikle hafif deprem olarak kabul edilir ve bu depremler herhangi bir zarar vermezken hissedilme derecesi düşüktür. Şiddet derecesi VI ile XII arasındaki depremler şiddetli deprem olarak kabul edilir ve binalar üzerinden vermiş olduğu zararlar (çatlama, yıkılma, heyelan vb.) tespit edilerek değerlendirilir (AFAD, 2021).

Deprem büyüklüğü, deprem esnasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsüdür. Bu enerjiyi ölçebilmek amacı ile Richter (1930) tarafından geliştirilen “Magnitüd Yöntemi” kullanılmaktadır. Depremlerin şiddet ve magnitüdüleri arasında birtakım ampirik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri Tablo 1’de verilmiştir (AFAD, 2021).

Tablo 1. Depremlerin Şiddet ve Magnitüdlerinin Karşılaştırılması

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

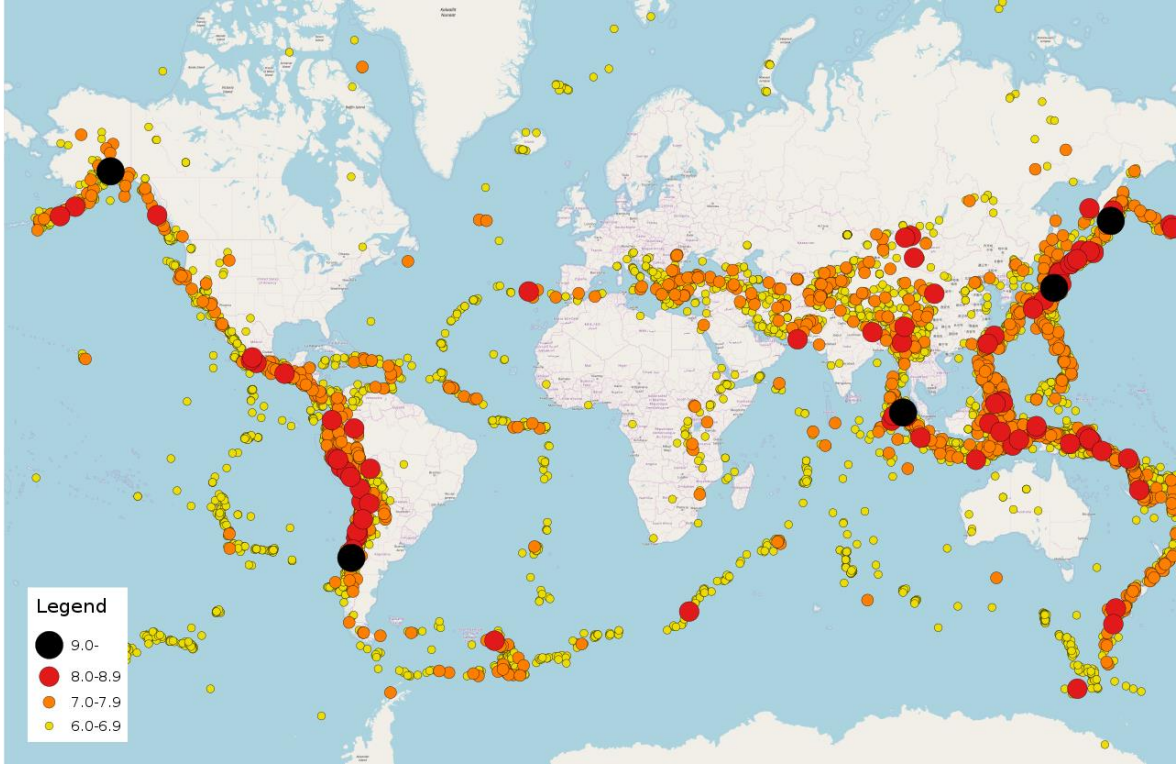
3.2. Dünya’da ve Türkiye’de Meydana Gelen Büyük Depremler

Dünyada deprem ölçümleri son 120 yılda kaydedilmektedir. Bu kayıtlara göre bu süre içerisinde toplam 5 adet 9 veya daha büyük şiddette deprem meydana gelmiştir. Bu şiddetteki depremlerden iki tanesi son yirmi yıl içinde gerçekleşmiştir. Bunların ilki 2004 Endonezya depremi, diğeri ise 2011 yılı Japonya depremidir ve her iki depremden sonra da ölümcül tsunami dalgaları meydana gelmiştir. Dünya tarihinde ölçülebilen en şiddetli deprem ise 1960 yılında meydana gelen büyük Şili (Valdivia) depremidir. 9,5 büyüklüğündeki deprem jeofizik yasalarına göre olabilecek en yüksek şiddete yakın bir depremdir. Dünyada meydana gelen en şiddetli 20 deprem, yer ve tarih bilgisi ile birlikte Tablo 2’de sunulmuştur (ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu, 2021).

Tablo 2. Dünyada Meydana Gelen En Şiddetli 20 Deprem

No	Deprem Şiddeti	Gerçekleştiği Yer	Tarih
1	9.5	Bio-Bio, Chile	1960
2	9.2	Güney Alaska	1964
3	9.1	Kuzey Sumatra'nın Batı Kıyısı Açıklarında	2004
4	9.1	Honshu'nun Yakın Doğu Kıyısı, Japonya	2011
5	9	Kamçatka Yarımadası'nın Doğu Kıyısı Açıklarında, Rusya	1952
6	8.8	Açık Deniz, Bio-Bio, Şili	2010
7	8.8	Ekvador Sahili yakınlarında	1906
8	8.7	Rat Adaları, Aleut Adaları, Alaska	1965
9	8.6	Doğu Xizang-Hindistan sınır bölgesi	1950
10	8.6	Kuzey Sumatra'nın Batı Kıyısı Açıklarında	2012
11	8.6	Kuzey Sumatra, Endonezya	2005
12	8.6	Aleutian Adaları, Alaska	1957
13	8.6	Alaska'nın güneyi	1946
14	8.5	Banda Denizi	1938
15	8.5	Atacama, Şili	1922
16	8.5	Kuril Adaları	1963
17	8.4	Yakın Doğu Yakası Kamçatka Yarımadası, Rusya	1923
18	8.4	Güney Sumatra, Endonezya	2007
19	8.4	Güney Peru Sahili yakınında	2001
20	8.4	Honshu'nun Doğu Kıyısı, Japonya	1933

Dünyada 1900 yılından itibaren meydana gelen 6 ve üzeri şiddetteki depremler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dünyada 1900 Yılından Sonra Meydana Gelen 6 ve Üstündeki Depremler

Ülkemiz deprem açısından aktif bir bölgede bulunmaktadır. Ülkemizde Doğu Anadolu, Kuzey Anadolu ve Batı Anadolu fay hatları bulunmaktadır. Türkiye’de meydana gelen en şiddetli depremler, maddi ve manevi kayıplar Tablo 3’de sunulmuştur (Vikipedi, 2021).

Tablo 3. Türkiye’de Meydan Gelen En Şiddetli Depremler

No	Deprem Şiddeti (Ms)	Gerçekleştiği Yer	Tarih	Can Kaybı	Hasarlı Bina
1	7.9	Erzincan	27.12.1939	32968	116720
2	7.8	Gölcük (Kocaeli)	17.08.1999	17480	73342
3	7.5	Muradiye (Van)	24.11.1976	3840	9232
4	7.5	Düzce	12.11.1999	763	35519
5	7.3	Mürefte (Tekirdağ)	09.08.1912	216	5540
6	7.2	Türk –Iran Siniri	07.05.1930	2514	
7	7.2	Ladik (Samsun)	27.11.1943	4000	40000
8	7.2	Gerede-Çerkeş (Bolu)	01.02.1944	3959	20865
9	7.2	Yenice (Çanakkale)	18.03.1953	265	6750
10	7.2	Gediz (Kütahya)	28.03.1970	1086	19291
11	7.2	Van	23.10.2011	644	17005
12	7.1	Fethiye Rodos (Muğla)	25.04.1957	67	3200
13	7.1	Abant (Bolu)	26.05.1957	52	5200
14	7	Erbaa (Tokat)	20.12.1942	3000	32000
15	7	Manyas (Balıkesir)	06.10.1964	23	5398
16	6.9	Burdur	04.10.1914	300	6000
17	6.9	Kurşunlu (Çankırı)	13.08.1951	50	3354
18	6.9	Varto (Muş)	19.08.1966	2396	20007
19	6.9	Erzurum – Kars	30.10.1983	1155	3241
20	6.9	Kars – Ermenistan	07.12.1988	4	546

Depremler gerçekleştiği zamana ve yere göre çok farklı etki derecelerine sahiptir. Depremden etkilenen her bireyin uygun sağlık hizmetini hızlı bir şekilde alabilmesi yaşanan travmaların atlatılması açısından çok büyük önem taşır. Depremlerin gerçekleşme ihtimalleri de göz önüne alınarak iyi organize edilmiş hazırlık planlarının oluşturulması oldukça önemlidir. Deprem ve diğer afetler sonrasında en önemli konu başlıklarından biri olan “afet sağlık yönetimi”, afet sonrası sağlık bakım hizmetlerinin ihtiyaç duyan her bireye zamanında ve tam olarak ulaştırılmasını hedefleyen sistematik bir karar verme sürecidir. Türkiye, özellikle depremler açısından yüksek risk grubunda bulunan bir ülkedir ve depremlerin yıkıcı etkileri de göz önüne alındığında bahse konu sağlık sistemlerinin planlanması son derece önemlidir.

Bu tez çalışması Ankara ilinde meydana gelebilecek olası bir depremden sonra kurulması gereken sağlık merkezinin (sahra hastanesi) yerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Böylelikle afet gerçekleşmeden önce seçilen yerde gerekli altyapı eksiklikleri tamamlanabilir ve operasyonel planlar hazırlanabilir. Bu amaca yönelik olarak çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan VIKOR yöntemi ile Ankara ili için uygun olabilecek bir sahra hastanesi yer seçim çalışması gerçekleştirilmiştir. VIKOR yöntemiyle ilgili açıklamalara ve uygulama çalışmasına ilerleyen bölümlerde yer verilmiştir.

4. VIKOR METODU

4.1. Tanımı ve Kullanım Amacı

VIKOR yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemidir ve Opricovic (1998) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem ilk defa Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından kullanılmıştır. VIKOR yöntemi, belirlenen alternatifler arasında sıralama yaparak seçim yapmayı amaçlar. VIKOR yöntemi karar vericilerin nihai kararı vermelerine katkı sağlayabilecek tarzda, birbiriyle çelişen kriterlere göre alternatiflerin amaca en uygun olacak şekilde uzlaşmacı çözümler (ideal çözümler) temelinde değerlendirilmelerine imkân sunar. Uzlaşmacı çözüm, ideal çözüme "en yakın" alternatifin belirlenme sürecini kapsar (Chu vd., 2007).

4.2. VIKOR ile İlgili Yapılan Çalışmalar

VIKOR yöntemi literatürde çok kriterli karar verme yöntemi olarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Literatürde Yang ve Wang (2006), AHP ve VIKOR yöntemlerini ürün ömrü analizi üzerine yaptıkları çalışmalarında kullanmışlardır. Chu vd. (2007) TOPSIS, SAW ve VIKOR yöntemlerini bilgi yönetimi alanında yaptıkları çalışmada karşılaşılan çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için kullanmışlardır. Çalışmalarında VIKOR yönteminin stratejileri etkin bir şekilde değerlendirmek için diğer yöntemlere göre daha kolay uygulanabildiğini ifade etmişlerdir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2009), Ege bölgesinde faaliyet gösteren 18 banka şubesinin performansını değerlendirmek amacı ile VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmaya benzer olarak Wua vd. (2009), banka performansının ölçülmesi kapsamında bankaları bulanık ve belirsiz ortamda analiz etmiş ve bu amaçla AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Opricovic (2009) su kaynakları planlaması ile ilgili çalışmasında VIKOR yöntemini kullanmıştır. Lixin vd. (2008), Datta vd. (2010) ile Sanayei vd. (2010) ise VIKOR yöntemini tedarikçi seçimi amacı ile kullanmışlardır. Yine başka bir çalışmada Dağ ve Önder (2013), VIKOR yöntemini yer seçimi probleminde kullanmışlardır. Yer seçimi amacı ile kullanılan kriterler hammadde tedariki, müşteriye yakınlık, havalimanına yakınlık, limana yakınlık, nakliye maliyeti, nitelikli işgücünün mevcudiyeti, işçilik maliyeti, sanayi bölgesine yakınlık, devlet tesislerine yakınlık ve inşaat maliyeti (yatırım maliyeti) şeklinde belirlenmiştir. Çalışmada yöntemin uygulaması olarak etiket üreten bir firma için yer seçimi yapılmıştır.

4.3. VIKOR Yönteminin Aşamaları

VIKOR yöntemi aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulanır (Dinçer ve Görener, 2011):

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

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

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

2. Adım: S_j ve R_j değerleri her bir değerlendirme kriteri için hesaplanır. w_i , i kriterinin ağırlığını göstermektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (3)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (4)$$

3. Adım: Her bir alternatif için Q_j değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_j = \vartheta (S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - \vartheta) (R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (5)$$

Bu denklemde, $S^* = \min_j \{S_j\}$, $S^- = \max_j \{S_j\}$, $R^* = \min_j \{R_j\}$, $R^- = \max_j \{R_j\}$ değerlerine karşılık gelmektedir. Denklem (5)'te yer alan ϑ değeri, en büyük grup faydasını sağlayan strateji ağırlığını, $(1 - \vartheta)$ değeri ise karşıt görüştekilerin en küçük pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Uygulamada genellikle $\vartheta = 0,5$ alınarak kullanılır.

4. Adım: Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanır ve en küçük Q_j değerine sahip alternatif, alternatif grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak belirlenir.

5. Adım: Elde edilen sonucun geçerli olması aşağıdaki iki koşula bağlıdır:

Koşul 1 (C1)- Kabul Edilebilir Avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunu ifade eden koşuldur.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (6)$$

Bu eşitsizlikte P_1 , en düşük Q değerine sahip olan birinci en iyi alternatif, P_2 ise en iyi ikinci alternatiftir. $D(Q) = 1/(j - 1)$ Şeklinde ifade edilmektedir. j , değerlendirme kriteri ($j=1, \dots, m$) sayısını göstermektedir. Değerlendirme kriteri sayısı 4'ten küçükse $D(Q) = 0,25$ alınır.

Koşul 2 (C2)- Kabul Edilebilir İstikrar: En iyi Q değerine sahip P_1 alternatifi S ve R değerlerinin en az bir tanesinde en iyi sonucu elde etmiş olmalıdır. Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- 2.Koşul sağlanmıyorsa P_1 ve P_2 alternatifleri,
- 1.Koşul sağlanmıyorsa P_1, P_2, \dots, P_m alternatifleri $Q(P_m) - Q(P_1) \geq D(Q)$ eşitsizliği dikkate alınarak ifade edilir.

4.4. VIKOR Yönteminin Seçilme Gerekçesi

Hastane seçim kriterlerinin hem negatif ideal, hem de pozitif ideal çözüme farklı ağırlıklarla uzak olması gerekliliği bu çalışmada VIKOR yönteminin tercihinde etkili olmuştur. Örneğin ilçe merkezine yakın olmanın da, uzak olmanın da farklı açılardan avantajları olabilir. Bu durumda merkez ilçeye uzak yerleşimlere daha yakın olunması hizmetin daha geniş bir alanı kapsamında avantaj yaratabilir. Ancak, merkez ilçelere yakınlık lojistiğin yönetimi açısından faydalı olabilir. Bu durumda bu kriter için her iki ideal çözüme de eşit mesafede olunması tercih edilebilir. Bu yönüyle VIKOR yöntemi TOPSIS yöntemi gibi sıralamada pozitif ideal çözüme yakınlığa göre sıralama yapan yöntemlere karşı avantaj sağlamaktadır. Gri ilişkisel analiz yönteminde de VIKOR'da olduğu gibi ideal çözüme yakınlık derecesi değişken katsayılarla sağlanabilmektedir. Ancak bu yöntemin uygulanması ve kontrolü VIKOR yöntemine göre çok daha karmaşıktır. Daha basit uygulanabilme ve kontrol edilebilme avantajı nedeniyle bu tezde VIKOR yöntemi kullanılmıştır.

5. ANKARA İÇİN ÖRNEK UYGULAMA

Bu tez kapsamında Türkiye'nin başkenti olması, alan ve nüfus olarak en büyük ikinci şehir olması, deprem bölgesi üzerinde olması, Türkiye'nin önemli bir deprem fay hattı olan Kuzey Anadolu Fay Hattına yakın olması, deprem açısından riskli olan ve yakın geçmişte önemli depremlere tanık olan Düzce ve Bolu illerine yakın olması dolayısıyla bu illere de hizmet sunabilme potansiyelinin bulunması ve daha önce bu bölgede benzeri bir çalışma yapılmaması nedenleri ile örnek uygulama yeri olarak Ankara ili seçilmiştir.

5.1. Kriterlerin Tanımlanması

Kriterleri belirlemek için hastane ve afet yönetimi ile ilgili diğer makaleler incelenmiş ve bu çalışmalarda en sık rastlanılan değerlendirme kriterleri aşağıdaki Tablo 4'te sunulmuştur:

Tablo 4. Literatürde Kullanılan Hastane Yer Seçim Kriterleri

Kriter	Referans
Ana arterlere olan uzaklık	Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A., Alimohammadi, A., (2009).
Mevcut hastanelere erişim için Seyahat Süresi alanı	
Çevre kirliliği	
Nüfus yoğunluğu	
Arazi masrafı	
Yol mesafesi	Lai, W., Han-lun, L., Qi, L., Jing-yi, C., Yi-jiao, C., (2011).
Nüfus yoğunluğu	
Bina kaybı	
Mevcut Yangın İstasyonlarına Uzaklık	Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A., Alimohammadi, A., (2009).
Yüksek Nüfus Yoğunluğu	
Ana Yollara Yakınlık	
Mevcut Yangın İstasyonlarına Uzaklık	
Tehlikeli Madde Tesislerine Uzaklık	
Ahşap Bina Yoğunluğu	

Literatürde Minç ve Antmen (2019) tarafından Adana ili için yapılan başka bir çalışmada TOPSIS yönteminde aşağıdaki kriterler kullanılmıştır:

- Nüfusun büyüklüğünü, nüfusun bileşimini (dağılım, doğum ve ölüm oranları), geçim kaynaklarının yanı sıra nüfus ve göç dağılımını içeren demografik yapı (C1);

- Satın alma, tesis düzenleme maliyetleri ve çevresel planlama maliyetlerini içeren yatırım maliyetleri (C2);
- Seyahat mesafesi (kısa / uzun) veya doğrudan / dolaylı taşımaları içeren seyahat süresi ve seyahat masrafları (C3);
- Trafik yoğunluğu, ulaşım türü, gürültü kaynaklarına yakınlığı ve şehir planlamasına uygunluğu içeren çevresel faktörler (C4);
- Park alanları, altyapının yeterliliği ve fark edilebilirliği içeren Altyapı (C5);
- İnsanların sık yaşadığı bölgelere yakınlığı / uzaklığı içeren Konum (C6).

Diğer taraftan Senvar (2016), hastane konumu seçimi için aşağıda Şekil 2’de sınıflandırılan kriterleri önermiştir.

Ana Kriter	Alt Kriter
Maliyet	Yatırım maliyeti İşçilik maliyeti Alan maliyeti
Demografi	Mevcut nüfus Beklenen nüfus Nüfus yoğunluğu Yaş profili
Çevre	Sosyal çevre Pazar gelişim oranı
Sağlık alt yapısı	Hastaneye gereksinim durumu İlaç sağlama olanakları Hastane strateji ve politikaları
Ulaştırma	Ulaşım olanakları Ulaşılabilirlik Ulaşım araçlarına mesafe Diğer hastanelere mesafe Doktor olanakları
Tasarım	Alan genişleme imkanları Mimari Altyapı Otopark imkanı

Şekil 2. Şenvar vd. (2016) tarafından kullanılan yer seçimi kriterleri

Başka bir çalışmada ise Kahraman vd. (2019) tarafından kapsamlı bir literatür taramasına dayanarak aşağıdaki kriterler önerilmiştir:

- Kurulum Maliyetleri (C1),
- Hedef alana yakınlık (C2),
- Çevresel faktörler (C3),
- Demografik altyapı (C4) ve
- Ulaşım fırsatları (C5)

Literatürde yapılan çalışmaların analiz edilmesi ve Türkiye şartları doğrultusunda incelenmesi sonucunda, Ankara ilinde sahra hastanesi yer seçimi için Şekil 3'te sunulan kriterlerin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2. Yer Seçimi Amacı ile Kullanılacak Kriterler

5.2. Çalışma Alanı

Bu tezde çalışma alanı ülkemizin başkenti ve en kalabalık ikinci şehri olan Ankara olarak belirlenmiştir. Ankara iline ait siyasi harita Şekil 3’de sunulmuştur (Coğrafya Harita, 2021). Ankara şehri alan olarak ülkemizin en geniş ikinci şehri olması nedeni ile çalışma alanı Ankara ilinin merkez ilçeleri Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Sincan ve Yenimahalle ilçelerini kapsayacak şekilde kısıtlanmıştır.



Şekil 3. Ankara İli İlçeler Haritası

Bu çalışma kapsamında tutulan ilçelere ilişkin toplam nüfus, alan ve km^2 başına düşen nüfus yoğunluğu Tablo 5’de sunulmuştur. Çalışma kapsamında dikkate alınan 8 ilçe toplam nüfusun yaklaşık olarak %88’ini barındırmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021).

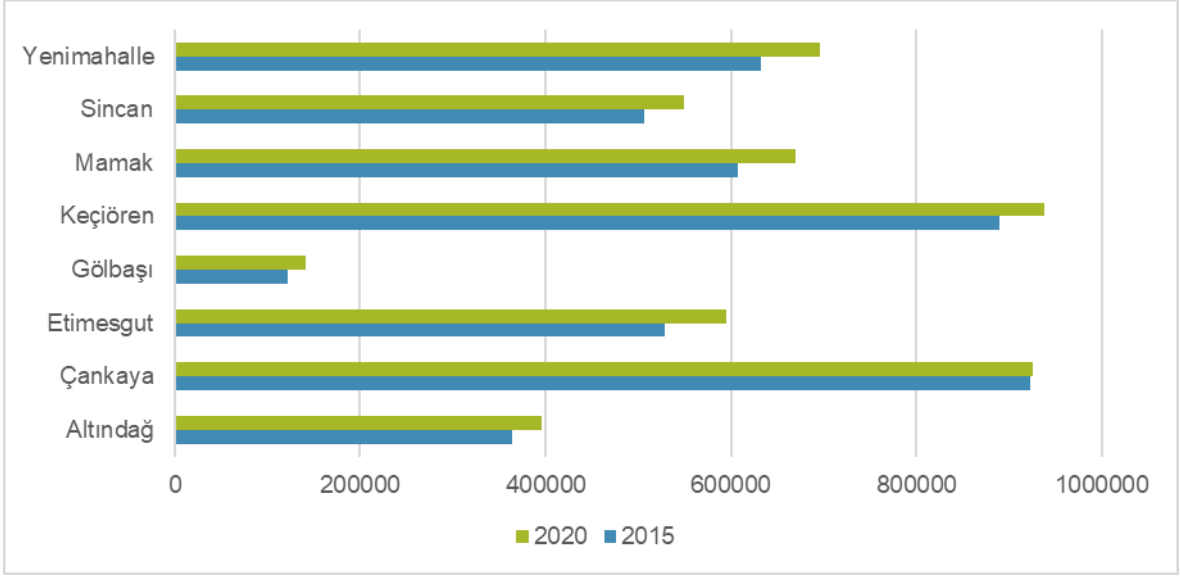
Tablo 5. Seçilen İlçelere İlişkin Toplam Nüfus, Alan ve Yoğunluk Bilgileri

İlçe	Toplam Nüfus (Kişi)	Alan (km ²)	Yoğunluk (kişi/km ²)
Altındağ	396.165	123	3.221
Çankaya	925.828	483	1.917
Etimesgut	595.305	273	2.181
Gölbaşı	140.649	1.364	103
Keçiören	938.568	159	5.903
Mamak	669.465	321	2.086
Sincan	549.108	880	624
Yenimahalle	695.395	219	3.175
Toplam	4.910.483	3.822	1.284

Çalışma kapsamına alınan ilçelere ilişkin nüfus değişim yüzdeleri Tablo 6 ve Şekil 4’de gösterilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021).

Tablo 6. Ankara İlçeleri 2015 ve 2020 Nüfusları ve Nüfus Değişim Yüzdeleri

İlçe	2015 (Kişi)	2020 (Kişi)	Nüfus Değişim Yüzdesi (%)
Altındağ	363.687	396.165	8,93
Çankaya	922.536	925.828	0,36
Etimesgut	527.959	595.305	12,76
Gölbaşı	122.288	140.649	15,01
Keçiören	889.876	938.568	5,47
Mamak	607.878	669.465	10,13
Sincan	506.950	549.108	8,32
Yenimahalle	632.286	695.395	9,98



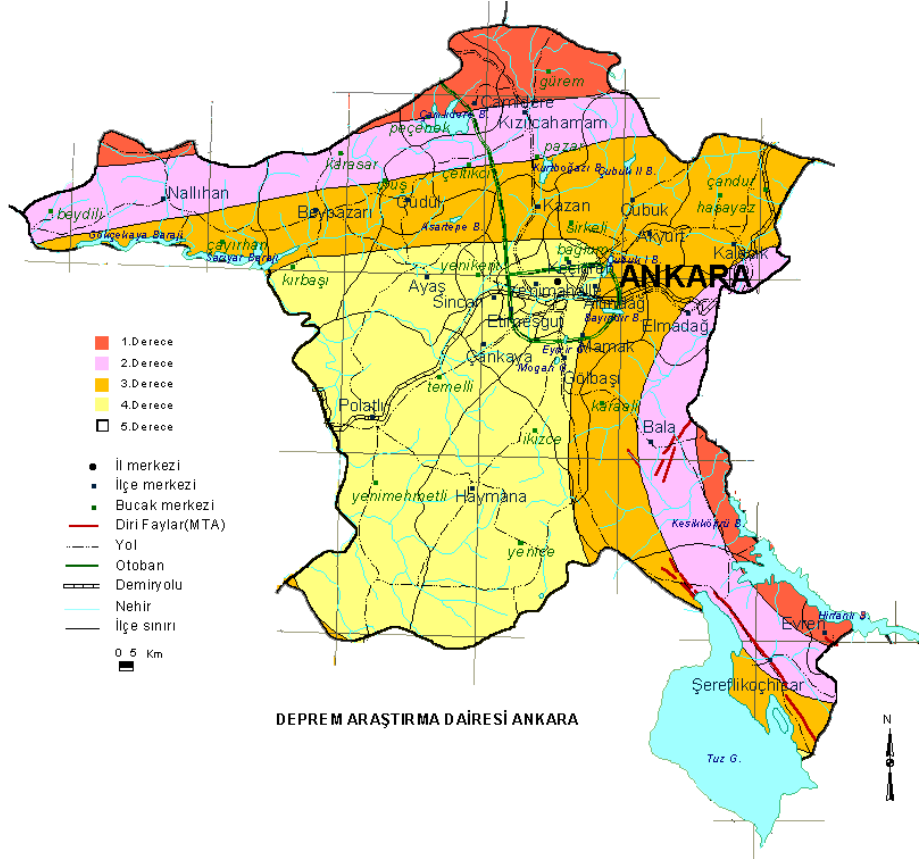
Şekil 4. Ankara İlçeleri 2015 ve 2020 Nüfusları

Yukarıda verilen ilçelerde bulunan ve 100,000 m² üzerinde olan parklar aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2021). Çalışma kapsamında buldukları konum, büyüklük, ana arterlere olan uzaklık gibi kriterler açısından daha iyi özelliklere sahip olan Hipodrom İçi (AKM), Anka Park ve Gençlik Parkı seçilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Seçilen İlçelerde Bulunan Park Listesi

Park Adı	Alan (km ²)	İlçesi
Mavi Göl Rekreasyon Alanı	1,422,608	Mamak
Harikalar Diyarı Parkı	1,300,000	Sincan
Saray Spor Tesisleri	670,000	Pursaklar
Hipodrom İçi (AKM)	659,623	Altındağ
Altınpark	644,000	Altındağ
Mogan Rekreasyon Alanı 1	407,750	Gölbaşı
Mogan Rekreasyon Alanı 2	401,667	Gölbaşı
Gençlik Parkı	275,000	Altındağ
Dikmen Vadisi II. Etap	270,631	Çankaya
Dikmen Vadisi III. Etap	240,381	Çankaya
Dikmen Vadisi I. Etap	196,325	Çankaya
AOÇ Hayvanat Bahçesi	173,355	Yenimahalle
Kuzey Ankara Rekreasyon Alanı	150,000	Keçiören
50.Yıl Parkı	122,106	Çankaya
Kurtuluş Parkı	100,167	Çankaya

Ankara iline ilişkin deprem risk haritası Şekil 5’da sunulmuştur (Ankara Havadis, 2021). Burada 1. Derece en yüksek riski, 5. Derece ise en düşük risk seviyesini göstermektedir.



Şekil 5. Ankara İlçeleri Deprem Riskleri

Yukarıdaki haritadan faydalanarak çalışma alanındaki ilçelerdeki deprem risk seviyeleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Ankara İlçeleri Deprem Riskleri

İlçe	Deprem Riski
Altındağ	3
Çankaya	4
Etimesgut	4
Gölbaşı	3
Keçiören	4
Mamak	3
Sincan	4
Yenimahalle	4

Seçilen alternatif hastane konumlarının çalışma alanı içinde bulunan ilçe merkezlerine olan uzaklıkları aşağıdaki Tablo 9’da sunulmuştur (Google, 2021).

Tablo 9. Ankara Merkez İlçelerinin Seçilen Bölgelere Olan Uzaklığı (km)

Merkez İlçeler	2020 Nüfus	Alternatif Konumlar (km)		
		Anka Park	Hipodrom	Gençlik Parkı
Altındağ	396.165	6.9	3.9	1.3
Çankaya	925.828	8.1	4.1	2.2
Etimesgut	595.305	14.2	19.3	18.1
Gölbaşı	140.649	20.8	20.5	20.3
Keçiören	938.568	13.5	7.4	5.8
Mamak	669.465	15.8	9	6.4
Pursaklar	157.082	19.8	18.2	15.8
Sincan	549.108	21.1	26.4	26.8
Yenimahalle	695.395	4.7	6.2	4.8

Çalışma kapsamı içinde bulunan devlet hastaneleri ve buldukları ilçeler ise Tablo 10’da sunulmuştur (Ankara İl Sağlık Müdürlüğü, 2021).

Tablo 10. Ankara Merkez İlçeler Hastane Listesi

#	Hastane Adı	Konum ilçe
1	Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Altındağ
2	Ankara Şehir Hastanesi	Çankaya
3	Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Altındağ
4	Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Keçiören
5	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Keçiören Eğitim Araştırma Hastanesi	Keçiören
6	Yenimahalle Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Yenimahalle
7	29 Mayıs Devlet Hastanesi	Çankaya
8	Ankara Gölbaşı Şehit Ahmet Özsoy Devlet Hastanesi	Gölbaşı
9	Beytepe Murat Erdi Eker Devlet Hastanesi	Çankaya
10	Dr. Nafiz Körez Sincan Devlet Hastanesi	Sincan
11	Etimesgut Şehit Sait Ertürk Devlet Hastanesi	Etimesgut
12	Gazi Mustafa Kemal Devlet Hastanesi	Yenimahalle
13	Ankara Üniversitesi Cebeci Araştırma ve Uygulama Hastanesi	Çankaya
14	Ankara Üniversitesi İbni Sina Araştırma ve Uygulama Hastanesi	Çankaya
15	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi	Yenimahalle
16	Hacettepe Üniversitesi Hastanesi	Çankaya

Çalışma alanı içinde bulunan devlet hastanelerinin alternatif konumlara olan uzaklıkları da Tablo 11’de verilmektedir (Google, 2021).

Tablo 11. Hastanelerin Seçilen Alanlara Olan Uzaklıkları

Hastane Adı	Alternatif Konumlar (km)		
	Anka Park	Hipodrom	Gençlik Parkı
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi	9.1	12.2	2.4
Ankara Şehir Hastanesi	13	12.9	13.5
Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi	7.9	11	1.9
Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi	8.8	10.2	4.7
Sağlık Bilimleri Üni. Keçiören Eğt. ve Arş. Hastanesi	13.4	15.8	8.3
Yenimahalle Yıldırım Beyazıt Eğt. ve Arş. Hastanesi	8.7	11.9	3.7
29 Mayıs Devlet Hastanesi	14.3	14.3	8
Ankara Gölbaşı Şehit Ahmet Özsoy Devlet Hastanesi	22.2	28.2	21.3
Beytepe Murat Erdi Eker Devlet Hastanesi	22.1	23.5	22.5
Dr. Nafiz Körez Sincan Devlet Hastanesi	24.4	24.4	26
Etimesgut Şehit Sait Ertürk Devlet Hastanesi	16.9	15.3	17.5
Gazi Mustafa Kemal Devlet Hastanesi	3.4	6.8	3.4
Ankara Üni. Cebeci Araştırma ve Uygulama Hastanesi	9.6	12.7	3.3
Ankara Üni. İbni Sina Araştırma ve Uygulama Hastanesi	7	10.5	1
Gazi Üni.Tıp Fakültesi Gazi Hastanesi	6.9	10.2	3.2
Hacettepe Üni. Hastanesi	7.2	10.4	1.1

Alternatif konumların Ankara’da bulunan ana arterlere olan uzaklıkları Tablo 12’de verilmiştir (Google, 2021).

Tablo 12. Ana Arterlere Olan Uzaklık

Ana Trafik Arterleri	Alternatif Konumlar (km)		
	Anka Park	Hipodrom	Gençlik Parkı
Mevlâna Bulvarı	9.7	11.8	7.1
Dumlupınar Bulvarı	13.2	13.2	14.8
Turgut Özal Bulvarı	11.1	13.1	5.7
Fatih Sultan Mehmet Bulvarı	8.8	8.8	10.4
Anadolu Bulvarı	8.5	8.5	9.2
Atatürk Bulvarı	8.8	11.9	2.7
Celal Bayar Bulvarı	5.4	8.5	1.2
GMK Bulvarı	7.1	10.2	2.8

Normal mesai günlerinde en yoğun saatlerde ana arterlerdeki trafik yoğunluğu Tablo 13’de verilmiştir. Kırmızı en yüksek trafik yoğunluğunu gösterirken yeşil en hafif yoğunluğu göstermektedir (Yandex, 2021).

Tablo 13. Ana Arter Trafik Yoğunluğu

Ana Arterler	Trafik Yoğunluğu		
	Yeşil	Turuncu	Kırmızı
Mevlâna Bulvarı	+	+	
Dumlupınar Bulvarı	+		
Turgut Özal Bulvarı		+	+
Fatih Sultan Mehmet Bulvarı	+	+	
Anadolu Bulvarı	+	+	+
Atatürk Bulvarı	+	+	+
Celal Bayar Bulvarı	+	+	+
GMK Bulvarı		+	+

5.3. VIKOR Yönteminin Hastane Yeri Seçiminde Kullanılması

Alternatif hastane konumlarının değerlendirilmesi için kriter ağırlıkları için farklı senaryolar geliştirilerek Tablo 14 hazırlanmıştır. Her bir senaryoda farklı kriterlere daha fazla ağırlık verilerek modelin ürettiği sonucun farklı kriter ağırlıklarına ne kadar duyarlı olduğu test edilmiştir. Ayrıca her bir senaryo altında $\vartheta = 0.2$, $\vartheta = 0.5$ ve $\vartheta = 0.8$ için hesaplamalar tekrarlanmıştır. Dolayısı ile toplamda $4 \times 3 = 12$ farklı parametre seti için VIKOR yöntemi ile hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 14. VIKOR Metodu İçin Kullanılan Senaryolar

Senaryo No	ϑ Değeri	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
S1	0.2	0.1	0.1	0.15	0.1	0.15	0.1	0.2	0.1
	0.5								
	0.8								
S2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	0.25	0.1
	0.5								
	0.8								
S3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.5								
	0.8								
S4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.5								
	0.8								

Örnek olarak Senaryo 1 ($\vartheta = 0,5$) için VIKOR metodu aşamaları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir:

Tablo 15. Kriterlerin Fayda ve Zarar Olarak Sınıflandırılması

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	11.8	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	11.1	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	2.7	3	1
Fayda / Zarar	Zarar	Fayda	Fayda	Zarar	Zarar	Zarar	Zarar	Fayda

23

Tablo 16. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.15	0.1	0.15	0.1	0.2	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü (f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

Tablo 17. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.150	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.500	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.116	0.000	0.000	0.088	0.200	0.100	0.604	0.200

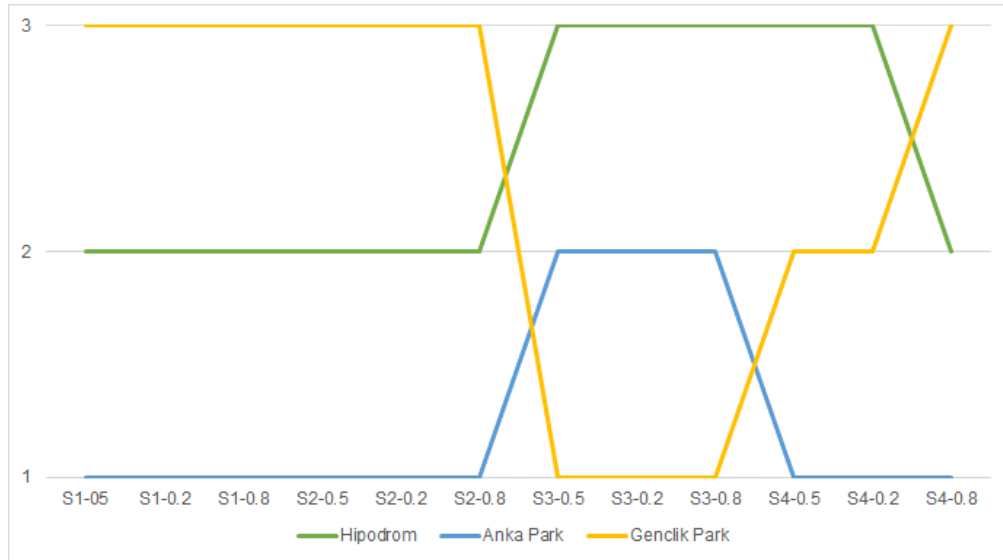
Tablo 18. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Sıra	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.500	0.150	0.395791729	2	0.791583458	$C_1 \geq D(Q)$	Oldu
Anka Park	0.378	0.100	0	1	1.5	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.604	0.200	0.75	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.603688592						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.2						
ϑ Değeri	0.5						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
	Ankarpark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.						

Toplam 12 farklı senaryo için hesaplamalar yapılmış ve VIKOR puanları Tablo 19'da verilmiştir ve Şekil 6'de gösterilmiştir.

Tablo 19. Deney Sonuçları

Scenaryolar	Senaryo 1			Senaryo 2			Senaryo 3			Senaryo 4		
	0.5	0.2	0.8	0.5	0.2	0.8	0.5	0.2	0.8	0.5	0.2	0.8
Hipodrom	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2
Anka Park	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1
Gençlik Park	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2	3



Şekil 6. Farklı Senaryolar için VIKOR Performans Puanları

Senaryo analizi sonuçlarından, alternatiflerin VIKOR puanlarının bir senaryodan diğerine değişmesine rağmen, sıralamaların her zaman değişmediği gözlenmektedir. Senaryo analizi sonuçları, önerilen modelin kararlı ve sağlam olduğunu, dolayısıyla bir **sahra hastanesi** yeri seçimi uygulaması için uygun olduğunu göstermektedir.

Bir numaralı senaryoda “sahip olduğu alan”, “şehir hastanelerine olan ortalama uzaklık” ve “yakınında bulunan ana yolun trafik yoğunluğu” gibi farklı kriterlere daha yüksek ağırlıklar verilmiş ve alt senaryoların tamamında Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Ankapark “sahip olduğu alan” ve “yakınında bulunan ana yolun trafik yoğunluğu” kriterlerinde en iyi alternatif ve “şehir hastanelerine olan ortalama uzaklık” kriterinde ise ikinci en iyi alternatif olması nedeni ile sıralamada ilk sırada yer alması yapılan seçim modelin verdiği sonucun tutarlılığını da göstermektedir.

İki numaralı senaryoda “Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık” ve “Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu” kriterlerine daha yüksek ağırlık verilmiştir. Verilen ağırlıklar doğrultusunda en iyi alternatif olarak yine Ankapark seçilmiştir.

Üçüncü senaryoda ise “Merkez İlçelere Uzaklığı” kriterine daha yüksek ağırlık verilmiştir. Bu kriterde Gençlik Parkı diğer alternatiflere göre daha düşük değere sahiptir. Dolayısı ile VIKOR modeli bu senaryoda en iyi alternatif olarak Gençlik Parkını belirlemiştir.

Dördüncü senaryoda “Sahip Olduğu Alan” kriterine daha yüksek ağırlık verilmiştir. Bu kriterde de en büyük alana sahip olan alternatif Ankapark’tır. VIKOR Modeli ile yapılan hesaplamalar sonucunda bu senaryoda da Ankapark seçilmiştir.

Sonuç olarak yapılan farklı senaryo analizlerinde Ankapark alternatifi diğer alternatiflere göre daha fazla seçilmiştir. Dolayısı ile farklı karar vericilerin farklı ihtiyaçlarını daha iyi karşılaması nedeni ile belirlenen alternatiflerden en uygun alternatif olarak Ankapark’ın kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilebilir.

5.4. Çalışmanın Kısıtlıkları ve Varsayımları

Bu çalışmada alternatif hastane yerleri önceden belirlenerek modelde kullanılmıştır. Dolayısı ile model, sunulan alternatifler arasından en iyi alternatifin seçiminde kullanılmıştır. Bu çalışmanın bir uzantısı olarak alternatiflerin belirlenmesi amacı ile daha geniş perspektifli bir çalışma yapılarak daha uygun alternatifler belirlenebilir. Böylece bütün kriterleri daha iyi karşılayan çözümlerin bulunması sağlanabilir. Modeldeki temel varsayım şehir yapısında kısa ve orta vadede önemli değişikliklerin olmamasıdır. Özellikle ilçe nüfuslarında önemli değişimler olmayacağını ve alternatif ulaşım güzergâhlarının oluşturulmayacağı varsayılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, VIKOR yöntemi ile oluşturulan model ile farklı sahra hastanesi olası yerlerinden oluşan alternatiflerin belirlenen kriterler doğrultusunda değerlendirilerek sıralanması amaçlanmıştır. Diğer taraftan, farklı senaryolar altında farklı kriter ağırlıklarının ve model parametrelerinin alternatiflerin sıralaması üzerindeki etkisi test edilmeye çalışılmıştır. Yapılan analizlerde farklı ϑ değerleri için aynı senaryo içinde sıralamanın aynı olduğu, ancak farklı senaryolar altında sıralamanın farklılaşabildiği (örneğin senaryo 4'te $\vartheta = 0,8$ iken sıralama değişmiştir) de gözlemlenmiştir. Bu nedenle, karar vericiler önümüzdeki yıllar için yeni bir çalışma gerçekleştirmeleri durumunda, kriter ağırlıklarını dikkatlice seçmeli ve VIKOR uygulamasını yeni verilerle güncelleyerek çalışmalarını gerçekleştirmelidirler.

Bu çalışma aynı zamanda önerilen modelin sağlam olduğunu, sahra hastanesi alternatiflerini çeşitli kriterlere göre sıralayabileceğini ve kriter değerleri ve ağırlıklarına göre tek bir genel sıralama puanı elde edebileceğini göstermektedir. Bu tez çalışması yeni kriterler ve alternatiflerin eklenmesiyle genişletilebilecek bir yapıda hazırlanmış olup, güncellemeye uygun olarak tasarlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (2021, 02, 15). “20 Largest Earthquakes in the World.” https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects adresinden alındı.
- [2] Acar, M., Kaya, O., 2019. A healthcare network design model with mobile hospitals for disaster preparedness: A case study for Istanbul earthquake. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 130, 273-292.
- [3] AFAD, (2021, 04, 12). “Depremın Byklg ve Şiddeti Aynı Kavramlar Mıdır?” <https://www.afad.gov.tr/depremin-buyuklugu-ve-siddeti-ayni-kavramlar-midir> adresinden alındı.
- [4] Ankara Büyükşehir Belediyesi (2021, 04 15). “Ankara Parkları” https://www.ankara.bel.tr/ankara_parklar/ adresinden alındı.
- [5] Ankara Havadis (2021, 04 16). ”Ankara'nın Deprem Haritası” <https://www.ankarahavadis.com.tr/ankara/ankara-nin-deprem-haritasi-iste-ilce-ilce-ankara-nin-h15289.htm> adresinden alındı.
- [6] Ankara İl Sağlık Müdürlüğü (2021, 03 26). “Devlet Hastaneleri” <https://ankaraism.saglik.gov.tr/TR-69494/devlet-hastaneleri.html> adresinden alındı.
- [7] Apte, A., Heidtke, C., Salmeron, J., (2014). “Casualty collection points optimization: A study for the district of Columbia.” *Interfaces* 45 (2), 149–165.
- [8] Balcık, B., Beamon, B.M., (2008). “Facility location in humanitarian relief.” *Int. J. Logist. Res. Appl.* 101–121.

- [9] Bell, M., Fonzone, A., Polyzoni, C., (2014). “Depot location in degradable transport networks.” *Transp. Res. Part B* 66, 148–161.
- [10] Blackwell, T., Bosse, M., (2007). “Use of an innovative design mobile hospital in the medical response to Hurricane Katrina.” *Ann. Emerg. Med.* 49 (5), 580–588.
- [11] Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M., Alinaghian, M., (2012). “A modified particle swarm optimization for disaster relief logistics under uncertain environment.” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 60 (1–4), 357–371.
- [12] Cheng, B., Shi, R., Du, D., Hu, P., Feng, J., Huang, G., Cai, A., Yin, W., Yang, R., (2015). “Mobile emergency (surgical) hospital: Development and application in medical relief of “4.20” Lushan earthquake in Sichuan Province, China.” *Chin. J. Traumatol.* 18 (1), 5–9.
- [13] Chu, M.T., Shyu, J., Tzeng, G.H. & Khosla, R., (2007). “Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group Decision Analysis”, *Expert Systems with Applications*, 33(4), 1011-1024.
- [14] Coğrafya Harita (2021, 04 12). “Ankara İli Haritasi” <http://cografyaharita.com/haritalarim/41-ankara-ili-haritasi.png> adresinden alındı.
- [15] Datta, S., Mahapatra, S.S., Banerjee. S. & Bandyopadhyay, A., (2010). “Comparative Study on Application of Utility Concept and VIKOR Method for Vendor Selection”, *Proceedings of AIMS International Conference on Value-based Management*, 614-622.

- [16] Doyen, A., Aras, N., Barbarosoglu, G., (2012). "A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics." *Optim. Lett.* 6 (6), 1123–1145.
- [17] Drezner, T., (2004). "Location of casualty collection points." *Environ. Plann. C* 22, 899–912.
- [18] Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N., (2009). "Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1),19-28.
- [19] Espejo, I., Marin, A., Rodriguez-Chia, A., (2015). "Capacitated p-center problem with failure foresight." *Eur. J. Oper. Res.* 247, 229–244.
- [20] Fahimnia, B., Jabbarzadeh, A., Ghavamifar, A., Bell, M., (2017). "Supply chain design for efficient and effective blood supply in disasters." *Int. J. Prod. Econ.* 183, 700–709.
- [21] Galindo, G., Batta, R., (2013). "Prepositioning of supplies in preparation for a hurricane under potential destruction of prepositioned supplies." *Socio-Econ. Plann. Sci.* 47 (1), 20–37.
- [22] Google (2021, 03 25). "Google Maps." <https://www.google.com/maps/> adresinden alındı.
- [23] Gormez, N., Koksalan, M., Salman, F.S., (2011). "Locating disaster response facilities in Istanbul." *J. Oper. Res. Soc.* 62 (7), 1239–1252.
- [24] Gunes, E., Nickel, S., (2015). "Location problems in healthcare." *Loc. Sci.* 555–579.

- [25] Hamdan, B., Diabat, A., (2019). "A two-stage multi-echelon stochastic blood supply chain problem." *Comput. Oper. Res.* 101, 130–143.
- [26] Hasan, Dinçer; Ali, Görener, (2011), "Performance Evaluation Using AHP - VIKOR and AHP - TOPSIS Approaches: The Case of Service Sector", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 244-260.
- [27] Huang, R., Kim, S., Menezes, M.B., (2010). "Facility location for large-scale emergencies." *Ann. Oper. Res.* 181 (1), 271–286.
- [28] Javadi, M., Lee, S., (2016). "The latency location-routing problem." *Eur. J. Oper. Res.* 255 (2), 604–619.
- [29] Javid, A., Seyedi, P., Syam, S.S., (2017). "A survey of healthcare facility location." *Comput. Oper. Res.* 79, 223–263.
- [30] Kahraman, C., Gundogdu, F. K., Onar, S. C., & Oztaysi, B., 2019. Hospital location selection using spherical fuzzy TOPSIS. In 11th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019) (pp. 77-82). Atlantis Press.
- [31] Lixin, D., Ying, L. & Zhiguang, Z., (2008). "Selection of Logistics Service Provider Based On Analytic Network Process and VIKOR Algorithm", *Networking, Sensing and Control, ICNSC 2008- IEEE International Conference Proceedings*, 1207- 1210.
- [32] Loree, N., Aros-Vera, F., (2018). "Points of distribution location and inventory management model for Post-disaster Humanitarian Logistics." *Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev.* 116 (C), 1–24.

- [33] Lu, C., (2013). “Robust weighted vertex p-center model considering uncertain data: An application to emergency management.” *Eur. J. Oper. Res.* 230 (1), 113–121.
- [34] Malek, R., Moghaddam, T., Cheikhrouhouc, T., Moghaddam, A., (2016). “An approximation approach to a trade-off among efficiency, efficacy, and balance for relief pre-positioning in disaster management.” *Transp. Res. Part E: Logist. Transp. Rev.* 93, 485–509.
- [35] Mete, H.O., Zabinsky, Z.B., (2010). “Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management.” *Int. J. Prod. Econ.* 126 (1), 76–84.
- [36] Miç, P., & Antmen, Z. F. 2019. Sağlık Hizmeti Tesis Yerleşimi Probleminin Değerlendirilmesine Çok Kriterli Bulanık Bir Yaklaşım. *European Journal of Science and Technology*, 16, 750-757.
- [37] Mohammadi, R., Fatemi Chomi, S., Jolai, F., (2016). “Prepositioning emergency earthquake response supplies: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm.” *Appl. Math. Model.* 40, 5183–5199.
- [38] Noyan, N., (2012). “Risk-averse two-stage stochastic programming with an application to disaster management.” *Comput. Oper. Res.* 39 (3), 541–559.
- [39] Opricovic, S. & Tzeng, G.H., (2004). “Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- [40] Opricovic, S. & Tzeng, G.H., (2007), “Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods”, *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529.

- [41] Opricovic, S., (1998). "Multi-Criteria Optimization of Civil Engineering Systems", Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
- [42] Opricovic, S., (2009). "A Compromise Solution in Water Resources Planning", *Water Resources Management*, 23, 1549-1561.
- [43] Paul, J.A., MacDonald, L., (2016). "Location and capacity allocations decisions to mitigate the impacts of unexpected disasters." *Eur. J. Oper. Res.* 251 (1), 252–263.
- [44] Rabbani, M., Soufi, H., Torabi, S., (2016). "Developing a two-step fuzzy cost–benefit analysis for strategies to continuity management and disaster recovery." *Saf. Sci.* 85, 9–22.
- [45] Rawls, C., Turnquist, M., (2010). "Pre-positioning of emergency supplies for disaster response." *Transp. Res. Part B* 44 (4), 521–534.
- [46] Rawls, C., Turnquist, M., (2011). "Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints." *OR Spectrum* 33 (3), 481–498.
- [47] Salman, F.S., Gul, S., (2014). "Deployment of field hospitals in mass casualty incidents." *Comput. Ind. Eng.* 74, 37–51.
- [48] Salman, S., Yucel, E., (2015). "Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case." *Comput. Oper. Res.* 62, 266–281.
- [49] Sanayei, A., Mousavi, S.,F. & Yazdankhah, A., (2010). "Group Decision Making Process For Supplier Selection With VIKOR Under Fuzzy Environment", *Expert Systems with Applications*, 37(1), 24-30ç

- [50] Spence, William; S.A. Sipkin; G.L. Choy, (1989). "Measuring the size of an Earthquake". United States Geological Survey. Archived from the original on 2009-09-01.
- [51] Türkiye İstatistik Kurumu (2021, 04 15). "Nüfus ve Demografi" <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> adresinden alındı.
- [52] Tzeng, G.H., Lin, C.W. & Opricovic, S., (2005). "Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation", *Energy Policy*, 33, 1373-1383.
- [53] Wikipedi (2021, 04, 12). "Türkiye'deki depremler listesi." https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_depremler_listesi adresinden alındı.
- [54] Wua, H.Y., Tzeng, G.H. & Chen, Y.H., (2009). "A Fuzzy MCDM Approach For Evaluating Banking Performance Based On Balanced Scorecard", *Expert Systems with Applications*, 36(6), 10135-10147.
- [55] Yandex. (2021, 03 28). "Yandex Yol Durumu." <https://yandex.com.tr/harita/11503/ankara/?l=trf%2Ctrfe&ll=32.854049%2C39.920756&z=12> adresinden alındı.
- [56] Yang,C. & Wang, T., (2006). "VIKOR Method Analysis of Interactive Trade in Policy-Making", *The Business Review*, 6(2), 77-85.

EKLER

EK A. FARKLI SENARYOLAR İÇİN VIKOR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Senaryo 1 ($\vartheta = 0,2$)

Tablo 20. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.15	0.1	0.15	0.1	0.2	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü (f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

Tablo 21. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.150	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.500	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.116	0.000	0.000	0.088	0.200	0.100	0.604	0.200

Tablo 22. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.500	0.150	0.39579173	2	1.978958645	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.378	0.100	0	1	3.75	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.604	0.200	0.75	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.603688592						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.200						
ϑ Değeri	0.2						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için en küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 1 ($\vartheta = 0,8$)

Tablo 23. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.15	0.1	0.15	0.1	0.2	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

37

Tablo 24. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.150	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.500	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.116	0.000	0.000	0.088	0.200	0.100	0.604	0.200

Tablo 25. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.500	0.150	0.39579173	2	0.494739661	$C_1 \geq D(Q)$	Sağlamadı
Anka Park	0.378	0.100	0	1	0.9375	$C_1 \geq D(Q)$	√
Gençlik Parkı	0.604	0.200	0.75	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.603688592						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.2						
ϑ Değeri	0.8						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 2 ($\vartheta = 0,5$)

Tablo 26. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	0.25	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

39

Tablo 27. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.450	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.250	0.100	0.615	0.250

Tablo 28. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.450	0.150	0.25255082	2	0.505101643	$C_1 \geq D(Q)$	Sağlamadı
Anka Park	0.378	0.100	0	1	1.6	$C_1 \geq D(Q)$	√
Gençlik Parkı	0.615	0.250	0.8	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.615125728						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.25						
ϑ Değeri	0.5						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 2 ($\vartheta = 0,2$)

Tablo 29. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	0.25	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	150	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	300	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	250	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	150.0	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	300.0	3	1

41

Tablo 30. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.450	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.250	0.100	0.615	0.250

Tablo 31. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.450	0.150	0.25255082	2	1.262754106	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.378	0.100	0	1	4	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.615	0.250	0.8	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.615125728						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.25						
ϑ Değeri	0.2						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 2 ($\vartheta = 0,8$)

Tablo 32. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	0.25	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

43

Tablo 33. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.100	0.150	0.000	0.000	0.000	0.450	0.150
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.090	0.100	0.000	0.000	0.378	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.250	0.100	0.615	0.250

Tablo 34. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.450	0.150	0.25255082	2	0.315688527	$C_1 \geq D(Q)$	Sağlamadı
Anka Park	0.378	0.100	0	1	1	$C_1 \geq D(Q)$	√
Gençlik Parkı	0.615	0.250	0.8	3			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3775						
S^- (En Büyük S değeri)	0.615125728						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.25						
ϑ Değeri	0.8						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 3 ($\vartheta = 0,5$)

Tablo 35. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

45

Tablo 36. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.300	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.263	0.060	0.100	0.000	0.000	0.523	0.263
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.465	0.100

Tablo 37. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.83333333	3	0.967057447	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.523	0.263	0.48352872	2	1.666666667	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.465	0.100	0	1			
S^* (En Küçük S değeri)	0.465125728						
S^- (En Büyük S değeri)	0.6						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.5						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için en küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Gençlik Parkı en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 3 ($\vartheta = 0,2$)

Tablo 38. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

Tablo 39. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.300	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.263	0.060	0.100	0.000	0.000	0.523	0.263
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.465	0.100

Tablo 40. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.83333333	3	2.417643618	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.523	0.263	0.48352872	2	4.166666667	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.465	0.100	0	1			
S^* (En Küçük S değeri)	0.465125728						
S^- (En Büyük S değeri)	0.6						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.2						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Gençlik Parkı en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 3 ($\vartheta = 0,8$)

Tablo 41. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

49

Tablo 42. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.100	0.300	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.263	0.060	0.100	0.000	0.000	0.523	0.263
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.077	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.465	0.100

Tablo 43. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.83333333	3	0.604410905	$C_1 \geq D(Q)$	
Anka Park	0.523	0.263	0.48352872	2	1.041666667	$C_1 \geq D(Q)$	√
Gençlik Parkı	0.465	0.100	0	1			
S^* (En Küçük S değeri)	0.465125728						
S^- (En Büyük S değeri)	0.6						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.8						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R _i ve S _i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C ₂ sağlanmıştır.						
Gençlik Parkı en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 4 ($\vartheta = 0,5$)

Tablo 44. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

51

Tablo 45. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.300	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.060	0.100	0.000	0.000	0.348	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.231	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.619	0.231

Tablo 46. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.79769742	3	1.437923949	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.348	0.100	0	1	1.595394836	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.619	0.231	0.71896197	2			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3475						
S^- (En Büyük S değeri)	0.619377185						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.5						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R _i ve S _i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C ₂ sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 4 ($\vartheta = 0,2$)

Tablo 47. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

53

Tablo 48. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m^2)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.300	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.060	0.100	0.000	0.000	0.348	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.231	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.619	0.231

Tablo 49. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.79769742	3	3.594809873	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.348	0.100	0	1	3.988487089	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.619	0.231	0.71896197	2			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3475						
S^- (En Büyük S değeri)	0.619377185						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.2						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R_i ve S_i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C_2 sağlanmıştır.						
Anka Park en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							

Senaryo 4 ($\vartheta = 0,8$)

Tablo 50. Adım 1: f_i^* ve f_i^- Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık (W_j)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı (m)	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri
Hipodrom İçi (AKM)	3	7.82%	659.623	6.9	14.4	9.7	2	2
Anka Park	4	13.72%	1,200,000	6.2	12.2	14.7	2	2
Gençlik Parkı	3	7.82%	275,000	1.3	8.9	14.1	3	1
En İyi (f_i^+)	3	13.72%	1200000	1.3	8.9	9.7	2	2
En Kötü(f_i^-)	4	7.82%	659.623	6.9	14.4	14.7	3	1

55

Tablo 51. Adım 2: S_i ve R_j Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	Deprem Riski	Bulunduğu İlçenin Nüfus Yoğunluğu	Sahip Olduğu Alan(m ²)	Merkez İlçelere Uzaklığı (km)	Şehir Hastanelerine Olan Ortalama Uzaklık (km)	En Yakın Ana Yol Uzaklığı	Yakınında Bulunan Ana Yolun Trafik Yoğunluğu	Ulaşım Alternatifleri	S_i	R_i
Hipodrom İçi (AKM)	0.000	0.100	0.300	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.600	0.300
Anka Park	0.100	0.000	0.000	0.088	0.060	0.100	0.000	0.000	0.348	0.100
Gençlik Parkı	0.000	0.100	0.231	0.000	0.000	0.088	0.100	0.100	0.619	0.231

Tablo 52. Adım 3, 4 ve 5: Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i	Rank	C_1		C_2
Hipodrom İçi (AKM)	0.600	0.300	0.79769742	3	0.898702468	$C_1 \geq D(Q)$	√
Anka Park	0.348	0.100	0	1	0.997121772	$C_1 \geq D(Q)$	
Gençlik Parkı	0.619	0.231	0.71896197	2			
S^* (En Küçük S değeri)	0.3475						
S^- (En Büyük S değeri)	0.619377185						
R^* (En Küçük R değeri)	0.1						
R^- (En Büyük S değeri)	0.3						
ϑ Değeri	0.8						
$D(Q)$ (j=3 Alternatif)	0.5						
C_2	R _i ve S _i için En küçük değerlere sahip alternatifler aynı olduğu için C ₂ sağlanmıştır.						
Ankapark en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.							