



Assignment of Support Province and Alternative Route Selection for Emergencies and Disasters: an Application in Kocaeli Province

Beyza Altin ¹, Buket Ozer ¹, Emel Guven ¹ and Tamer Eren ¹

¹ Kirikkale University, Engineering Faculty, Department of Industrial Engineering, 71450 Kirikkale, Türkiye

ORCID: 0009-0004-1140-8164, 0009-0008-2202-7980, 0000-0001-6106-9720, 0000-0001-5282-3138

Keywords

Disaster, Disaster management, AHP, PROMETHEE, TOPSIS

Highlights

- * Possible Marmara Earthquake
- * Provincial assignment of support in case of disaster
- * Alternative route selection in disaster management

Aim

Determining the provinces and alternative routes where aid will be sent in case of a possible Marmara Earthquake

Location

This study was conducted in Kocaeli province

Methods

In this study, qualitative research methods were used

Results

Support province determination and alternative route selection criteria have been determined. The province that will provide support in case of disaster has been determined. Routes to be used in case of disaster have been determined.

Supporting Institutions

The author(s) declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure

The author(s) declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 22.02.2024

Revised: 23.04.2024

Accepted: 09.05.2024

Printed: 30.06.2024

DOI

10.46464/tdad.1441663



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Tamer Eren

Email: tamereren@gmail.com

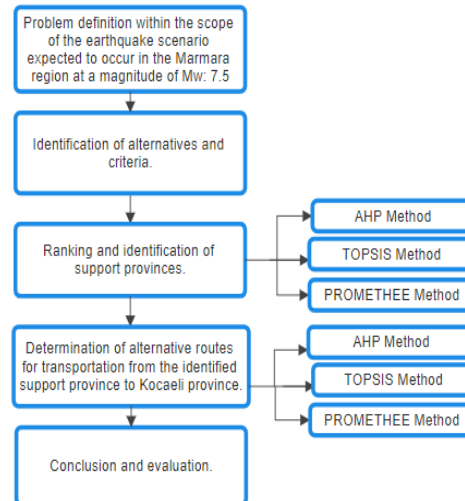


Figure
Application flowchart

How to cite:

Altin B., Ozer B., Guven E., Eren T., 2024. Assignment of Support Province and Alternative Route Selection for Emergencies and Disasters: an Application in Kocaeli Province, Turk Deprem Arastirma Dergisi 6(1), 215-235, <https://doi.org/10.46464/tdad.1441663>.



Acil Durum ve Afetler İçin Destek İl Atanması ve Alternatif Güzergâh Seçimi: Kocaeli İlinde Bir Uygulama

Beyza Altın¹, Buket Özer¹, Emel Güven¹ ve Tamer Eren¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71450 Kırıkkale, Türkiye
ORCID: 0009-0004-1140-8164, 0009-0008-2202-7980, 0000-0001-6106-9720, 0000-0001-5282-3138

ÖZET

Afetlerde insanlar maddi, manevi büyük kayıplar yaşamaktadırlar. Afet sonrasında, ulaşım yollarında büyük hasarların olduğu ve afet bölgesine ulaşımın zorlaştığı görülmektedir. Afet bölgesindeki afetzedelere yardımların hızla ulaştırılmasına çözüm odaklı bakılarak, belirlenen farklı ve güvenli rotalardan bölgeye gidilmesiyle ulaşımındaki karmaşıklığın önüne geçilmelidir. Bu çalışmada, Kocaeli ili Darıca ilçesi için afet sonrası bölgeye ulaşımında alternatif güzergâh seçimi ve destek il atama problemi ele alınmıştır. Bu problem, Kocaeli İl Afet Risk Azaltma Planı-İRAP 2021'de yer alan en kötü deprem senaryosu kapsamında değerlendirilmiştir. Seçilen deprem senaryosunda atanan iller değerlendirilmiş ve yetersiz kalabilecekleri durumlar göz önünde bulundurularak yeni destek iller sıralanmıştır. Sıralanan destek illere göre alternatif güzergâhların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP (Analytic Hierarchy Process), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution), yöntemleri kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler

Afet, Afet yönetimi, AHP, PROMETHEE, TOPSIS

Öne Çıkanlar

- * Olası Marmara Depremi
- * Afet durumunda destek il atanması
- * Afet yönetiminde alternatif güzergâh seçimi

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 22.02.2024
Düzeltilme: 23.04.2024
Kabul: 09.05.2024
Basım: 30.06.2024

DOI

10.46464/tdad.1441663

Sorumlu yazar

Tamer Eren
Eposta:
tamereren@gmail.com

Assignment of Support Province and Alternative Route Selection for Emergencies and Disasters: an Application in Kocaeli Province

Beyza Altın¹, Buket Ozer¹, Emel Guven¹ and Tamer Eren¹

¹ Kırıkkale University, Engineering Faculty, Department of Industrial Engineering, 71450 Kırıkkale, Türkiye
ORCID: 0009-0004-1140-8164, 0009-0008-2202-7980, 0000-0001-6106-9720, 0000-0001-5282-3138

ABSTRACT

In disasters, people experience great material and spiritual losses. After the disaster, it is seen that there is great damage to the transportation roads and transportation to the disaster area becomes difficult. By looking at the rapid delivery of aid to disaster victims in the disaster area with a solution-oriented approach, the complexity in transportation should be avoided by going to the region through different and safe routes. In this study, the problem of alternative route selection and support province assignment in transportation to the post-disaster region for the Darıca district of Kocaeli province is discussed. This problem has been evaluated within the scope of the worst earthquake scenario in Kocaeli Provincial Disaster Risk Reduction Plan-İRAP 2021. The provinces assigned in the selected earthquake scenario were evaluated and new support provinces were listed, taking into account the situations in which they may be inadequate. It is aimed to determine alternative routes according to the listed support provinces. In this study, AHP (Analytic Hierarchy Process), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution), which are among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, are used.

Keywords

Disaster, Disaster management, AHP, PROMETHEE, TOPSIS

Highlights

- * Possible Marmara Earthquake
- * Provincial assignment of support in case of disaster
- * Alternative route selection in disaster management

Manuscript

Research Article

Received: 22.02.2024
Revised: 23.04.2024
Accepted: 09.05.2024
Printed: 30.06.2024

DOI

10.46464/tdad.1441663

Corresponding Author

Tamer Eren
Email:
tamereren@gmail.com

1. GİRİŞ

Afet; toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaylar şeklinde tanımlanmıştır (AFAD 2002a). Afetler oluş zamanı belirli olmayan olaylar olduğundan sürekli tedbirli olunmayı gerektirmektedir. Afet anlarında ve sonrasında olaylara hızlı müdahale insan hayatını kurtarmada son derece önemli ve etkilidir (Erkal ve Değerliyurt 2009).

Yollar hem günlük faaliyetlerin sürdürülebilmesi hem de afet sırasında ve sonrasında hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle afet yönetiminde risk azaltmaya yönelik hazırlık çalışmalarının önemli bir bölümünü erişilebilirlik oluşturmakta ve bu kapsamda alternatif güzergâhların her zaman hazır olması gerekmektedir.

Alternatif güzergâh seçimi problemi ile hangi alternatifin daha optimal olduğuna karar verilmektedir. Bu doğrultuda belirli kriterler, çevresel faktörler ve olasılıklar dahilinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yönteminin kullanımı daha sağlıklı bulunmaktadır. Çünkü en uygun alternatifin seçiminde yöntem gereği sayısal veriler kullanılmaktadır. Uygulanan problem için dikkate alınacak kriterler seçilmesi gerekir. ÇKKV yöntemleri ile (AHP yöntemi) bu kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir, farklı yöntemleri ile de (PROMETHEE ve TOPSIS yöntemleri) alternatif noktalar belirlenmektedir.

Marmara bölgesi aktif fayları bulunan ve deprem riski yüksek olan Türkiye'nin önemli bir bölgesidir. Tarihsel deprem kayıtları bölgede birçok depremin gerçekleştiğini göstermektedir. Marmara bölgesinden geçen Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde doğudan batıya devam eden deprem aktivitelerinden 1967'de yaşanan Mudurnu depreminden sonra 1999 yılında Kocaeli ve Düzce depremleri meydana gelmiştir. Bu depremlerin devamında bir sonraki olası deprem aktivitesinin Marmara Denizi'nde meydana gelebileceğini ortaya koyan çeşitli araştırmalar mevcuttur. Geçmişte yaşanan depremler bölgede yaşayan insanlarda maddi ve manevi olarak ciddi kayıplara neden olmuştur. Araştırmalar sonucunda öne sürülen olası Marmara Depremi'ne hazırlıklı olunması gerekmektedir. Olası Marmara depremi, ülke nüfusunun ve endüstrisinin çok önemli bir kısmına sahip olan Marmara Bölgesi ve Kocaeli ili için büyük bir risk oluşturmaktadır (Kocaeli Valiliği 2021).

Acil durum ve afetler sırasında ve sonrasında yollar bazı nedenlerden dolayı işlevini kaybederek kullanılamamaktadır. Bu çalışmada kullanım dışı kalan yollar yerine alternatif güzergâhların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada Kocaeli ili ele alınarak, afet sonrası bölgeye ulaşım faaliyetlerinin aksamadan devam edebilmesi için ÇKKV yöntemleriyle çözümler elde edilmesi hedeflenmiştir.

ÇKKV yöntemlerinden; AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ele alınan problemin çözümünde kullanılmaktadır. Kriter ağırlıkları belirlenerek ağırlık değerlerinin elde edilmesi için AHP, bu değerlerle alternatif yolların sıralanmasında TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde alternatif güzergâh seçimi problemi ele alınarak detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde çalışma içerisinde incelenilen literatür çalışmasına yer verilmektedir. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılacak olan ÇKKV yöntemlerinden; AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin aşamaları anlatılmaktadır. Beşinci bölümde problemin uygulanması ve çözüm elde edilmesi aşamasına geçilmektedir. Altıncı bölümde çözümden elde edilen sonuçların tartışma ve sonuç kısmı yer almaktadır.

2. ACIL DURUM VE AFETLER İÇİN ALTERNATİF GÜZERGÂH SEÇİM PROBLEMİ

Afet lojistiği, afet ve acil durumlardan etkilenen bölgelere ve insanlara yardım malzemeleri ile diğer malzeme ve ekipmanların depolanması ve ulaştırılması olayı olarak tarif edilmektedir (AFAD 2022a). Afet sonrası yapılan yardımların ulaştırılmasında, sınırlı iletişimden kaynaklı kurumların koordinasyonu sağlayamamasından ve hasar gören ulaşım yollarından kaynaklanan problemler ortaya çıkmaktadır. İnsani yardımların, olabilecek en hızlı ve etkin bir şekilde depremedelere ulaştırılması gerekir. Afet lojistiği faaliyetleri, ilk yardım malzemelerinin, yiyecek, ekipman ve arama kurtarma ekibinin çıkış noktasından, yardım bölgesine karmaşık ve çeşitli varış noktalarına ulaştırılması ve afetzedelerin bölgeden çıkarılarak hızlı ve güvenli bir şekilde sağlık merkezlerine ulaştırılması ile ilgili faaliyetlerdir (Barbarosoğlu ve diğ. 2002).

Deprem bölgeleri ve büyük şehirler için güzergâh planlama kent içi ulaşımında büyük rol oynamaktadır. Güzergâh planları ulaşım türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Güzergâh planlaması yapılırken yolculara en iyi ve etkin hizmet vermek göz önünde bulundurularak doğru bir şekilde planlanmalıdır. Güzergâh planlaması yapılırken yoğunluğa sebebiyet veren alanlar öncelik alınarak, talepler doğrultusunda en iyi güzergâhın belirlenmesi önem arz etmektedir (Hamurcu ve Eren 2015). Acil durum ve afetlerde ise hız ve güvenlik ultra önem arz etmektedir. Bu kapsamda insani yardımların afet bölgesine ulaştırılmasında en güvenli ve hızlı rotaların seçilmesi ulaşımdaki trafik ve kargaşa sorunlarının önüne geçmesi yönüyle alternatif güzergâhların önemini ortaya koymaktadır. Alternatif güzergâh seçimi aynı zamanda varılmak istenen noktaya hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşımın sağlanması olarak tanımlanabilmektedir (Gür ve diğ. 2016).

Alternatif güzergâh seçimi üzerine literatürde birden fazla çalışmaya rastlamak mümkündür. Özellikle hızlı tren, yol, raylı sistem, otobüs güzergâhları için yapılmış çalışmalar mevcuttur. Yapılan bu çalışmalarda, hazırlanılacak planın ulaşım taleplerine cevap verebilme, trafik sorununa çözüm üretme gibi amaçları sağlamaya çalışılmaktadır. Acil durum ve afetlerde yolların zarar görme varsayımları göz önünde bulundurularak, afet sonrası bölgeye ulaşımında güzergâhlarda yaşanan sorunların önüne geçmek için alternatif güzergâh seçimi problemi ele alınmaktadır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırmasında afet lojistiği, afet yönetimi, afet analizi ve çeşitli afet raporları yer almaktadır. Konu başlıklarının yanı sıra çok kriterli karar verme yöntemlerine de yer verilmektedir.

Akyürek ve Arslan (2018), Kocaeli ili ve çevresinde gerçekleşen depremlerin konumsal istatistik analizini yaparak çalışmalarında Kocaeli ili için deprem afetini değerlendirmeye almışlardır. Önsüz ve Atalay (2015) çalışmalarında deprem, sel ve heyelan gibi doğal afetlerde insanların ihtiyaçlarını giderebilmek amacıyla taşınacak malzemelerin afet lojistiği ile en verimli şekilde depolanması ve planlanması konusunu ele almışlardır. Börühan ve Ersoy (2012) tarafından yapılan çalışmada acil durum ve afetlerde afet yönetimini sağlamak amacıyla tedarik zinciri ve lojistik planlama konuları ele alınmıştır. Çamaş ve Turan (2023) deprem afetini ele alarak afet yönetiminde yeni bir model geliştirilmesi konusunu ele almışlardır. B.İ.B. Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan raporda 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin incelenmesi ele alınmıştır (Demirtaş 2000). Hayrullahoğlu (2018) tarafından yapılan çalışmada Marmara bölgesinde gerçekleşen deprem sonrasında meydana gelen kent sorunları ve çözüm aranması ele alınmıştır. Topal (2016) TAMP verileriyle birlikte afet lojistiğinin değerlendirilmesini ele almıştır. AFAD (2022b) tarafından yapılan çalışmada Türkiye için gerçekleştirilecek tüm afetlerde görev alacak bakanlık kurum ve kuruluşlar ele alınmıştır. Sarımehmet ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmada YHT istasyonu seçimi probleminin çok kriterli karar verme metodlarıyla çözümlenmesi ele alınmıştır. Hamurcu ve Eren (2015)

tarafından yapılan çalışmada Ankara ili için Monoray güzergâh seçimi probleminin çok kriterli karar verme metodlarıyla çözümlenmesi ele alınmıştır. Şen ve Esmer (2017) tarafından yapılan çalışmada afet lojistiği konusu üzerine literatür taraması ele alınmıştır. Erdem ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada afet ve acil durumlarda koordinasyon birimleri, acil durum ekipleri ve afet bölgelerine erişilebilirlik konusunu ele almışlardır. Vatandaşlar ve Demir (2016) İstanbul ilinde yaşanabilecek olası bir deprem sonrasında orman yollarının değerlendirilmesi konusu üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

Gerçekleştirilen literatür taraması kapsamında afet sonrası yardımların ulaşımında destek illere göre güzergâhların değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca afet durumunda iller için hazırlanan destek illerin değerlendirildiği başka bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmanın bu yönleriyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4. YÖNTEMLER

ÇKKV yöntemleri genel olarak durum ve şartlara göre çözüm adımları değişkenlik gösterebilen problemlerin çözümlerinde fazla sayıda kriter ve alternatifin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Danışan ve diğ. 2022). Çok kriterli karar verme yöntemi, problemin birden çok kriterle değerlendirilmeye tabi tutularak ve alternatifler arasından en iyi tercihin bulunmasını sağlayan yöntemdir. Birden fazla alternatifin yer aldığı seçim problemlerinde amaç en iyi alternatifin belirlenmesidir (Turgut ve diğ. 2023). Çalışmada ele alınan problem en uygun alternatif güzergâh seçimi olduğundan dolayı ÇKKV yöntemleri tercih edilmiştir.

4.1) AHP Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, problemleri hiyerarşik bir yapıyla görselleştirerek daha kolay ve anlaşılır bir hale getiren yöntemdir. AHP yöntemi, verileri toplu bir şekilde değerlendirerek problemlerinin çözülmesinde karar vericilere etkin bir karar verme imkânı sunmaktadır (Bedir ve Eren 2015). Aşağıda 6 adımdan oluşan AHP işlem adımları verilmiştir (Danışan ve diğ. 2022).

Adım 1: İkili karşılaştırma matrisi oluşturma: Saaty'nin 1-9 önem skalası

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisindeki her bir değer Eşitlik 1'deki formülasyonla hesaplanarak yeni matris oluşturulur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Adım 3: Elde edilen yeni matrisin satır ortalamaları alınarak kriterlerin önem derecelerini gösteren yüzde önem dağılımları Eşitlik 2 ile elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Tutarlık testi: Öncelikle karar matrisi ile öz vektörün çarpılmasıyla D sütun vektörü elde edilir. D sütun vektörünün öz vektöre bölünmesiyle ise E sütun vektörü Eşitlik 3 ile elde edilir.

$$E_i = \frac{D_i}{w_i} (i = 1,2,3..n) \quad (3)$$

Adım 5 : E sütun vektörünün aritmetik ortalaması alınarak, λ değeri Eşitlik 4'deki gibi elde edilir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

Adım 6 : Tutarlılık göstergesi hesaplama: λ değerleri ile Eşitlik 5' ten yararlanılarak hesaplanır. Tutarlılık göstergesi, problemin kriter sayısına tekabül eden değere bölünerek tutarlılık oranı Eşitlik 6 ile elde edilir. Hesaplanan CR değeri 0.10'dan küçükse yapılan karşılaştırmanın tutarlı olduğu anlamına gelir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

İlk adımda Saaty ve Niemira (2006) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen matematiksel modeldeki önem skalası kullanılarak karşılama matrisi oluşturulur. İkinci adımda ise ilk adımda elde edilen matristeki her bir değer, bulunduğu sütundaki değerlerin toplamına bölünmesiyle normalize karar matrisi elde edilmiş olur, ikinci adıma ait formülasyon Eşitlik 1'de verilmiştir. Üçüncü adımda ise Eşitlik 2' de verilen formülasyon yardımıyla satır ortalamaları alınarak önem dağılımı elde edilir. Bu adımlardan sonra sırasıyla Eşitlik 3, Eşitlik 4, Eşitlik 5, ve Eşitlik 6'da verilen formüller kullanılarak tutarlılık kontrolü yapılır. Yapılan kontrol sonrasında CR değeri 0,10'dan küçükse tutarlı, büyükse tutarsız olarak kabul edilir (Taş ve diğ. 2017).

4.2) TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilen bu yöntemde, alternatiflerin ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatif olarak sıralanması prensibine dayanır. Yöntem alternatifleri sıralayarak ideal çözüme en yakın olan alternatifleri belirler (Erol ve diğ. 2021). TOPSIS yöntemi 6 aşamadan oluşmaktadır (Kutlu ve Emekçioğlu 2012).

Adım 1: Karar matrisi oluşturma: Sütunlarda kararı etkileyecek kriterler, satırlarında ise sıralanmak istenen alternatiflerin olduğu başlangıç matrisi oluşturulur.

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması: Eşitlik 7'deki formülasyon kullanılarak standart karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (7)$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması: Kriter değerlendirilmesi için belirlenen ağırlık oranlarından sonra Eşitlik 8 ile her ağırlık değeri standart karar matrisinde yer alan ilgili kriterin değeriyle çarpılmasıyla elde edilir.

$$V_{ij} = w_j * r_{ij} \quad \forall_{i,j,w_i} \quad (8)$$

Adım 4: İdeal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması: Kriterlerin monoton azalan ve artan eğilim gösterdiği varsayımıyla ağırlıklı karar matrisindeki değerler arasından minimum ve maksimum olanlar Eşitlik 9 ve Eşitlik 10 ile elde edilir.

$$A^* = (\max_i, V_{ij} | j \in J), (\min_i, V_{ij} | j \in J) \quad (9)$$

$$A^- = (\min_i, V_{ij} | j \in J), (\max_i, V_{ij} | j \in J) \quad (10)$$

Adım 5 : Matristeki her bir karar noktasının kriter değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları Eşitlik 11 ve Eşitlik 12 deki gibi elde edilir.

$$s_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad (11)$$

$$s_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (12)$$

Adım 6 : İdeal Çözüme görelî yakınlığın hesaplanması: Ayrım ölçütleri kullanılarak ideal çözüm görelî yakınlık Eşitlik 13 ile elde edilir.

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^*} \quad (13)$$

4.3) PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi ile karar verenin seçtiği kriter ve alternatifleri göz önüne alınarak, belirlenmiş tercih fonksiyonlarına göre değerlendirme yapılır. İkili karşılaştırma tekniğiyle alternatifleri, kısmi sıralama (PROMETHEE I) ve tam sıralama (PROMETHEE II) olarak sıralayarak öncelik değerleri belirlenmektedir (Dağdeviren ve Eraslan 2008). Karar vericinin oluşturduğu karar matrisi sonucunda ise aşağıda verilen PROMETHEE yönteminin adımları sırasıyla gerçekleştirilerek çözüm elde edilir. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmakta olup yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Veri matris tablosunun oluşturulması: Sütunlarda kararı etkileyecek kriterler, satırlarında ise sıralanmak istenen alternatiflerin olduğu, en alt satırda ise kriterlerin ağırlıklarının olduğu veri matris tablosu oluşturulur.

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonlarının tanımlanması: Alternatiflerin ikili karşılaştırması yapılırken her bir kriter için daha önce belirlenmiş 6 sabit tercih fonksiyonundan bir tanesi seçilmelidir.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi: Alternatifler için belirlenmiş ortak tercih fonksiyonları alternatiflerin ikili karşılaştırılması sonucunda ve Eşitlik 14 yardımıyla elde edilir.

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases} \quad (14)$$

Adım 4: Tercih İndekslerinin Belirlenmesi: Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri Eşitlik 15 ve Eşitlik 16 ile belirlenir.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j * P_j(a, b) \quad (15)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j * P_j(b, a) \quad (16)$$

Adım 5 : Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler belirlenmesi: Her bir alternatif için pozitif üstünlük Eşitlik 17 yardımıyla, negatif üstünlük ise Eşitlik 18 yardımıyla elde edilir.

$$\phi_{(a)}^+ = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (17)$$

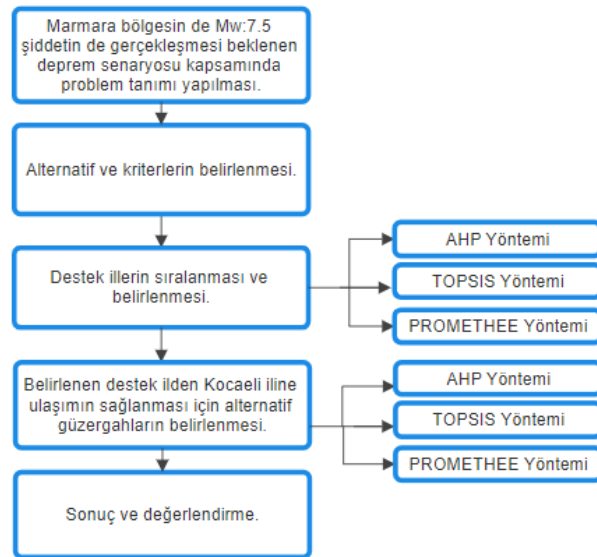
$$\phi_{(a)}^- = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (18)$$

Adım 6 : PROMETHEE I ile alternatifler için kısmi önceliklerin belirlenmesi: İdeal Çözüme görelî yakınlığın hesaplanması: Ayrım ölçütleri kullanılarak ideal çözüm görelî yakınlık Eşitlik 19 ile elde edilir.

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^*} \quad (19)$$

5. UYGULAMA

Bu çalışmada, olası Marmara depreminde Kocaeli ili Darıca ilçesine yardımların en etkin şekilde ulaştırılabilmesi ve yeni destek illerin belirlenmesi için afet yönetimini daha etkin yürütülebilme amaçlı T.C. Kocaeli Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından hazırlanan İl Afet Risk Azaltma Planı kapsamında yapılan en kötü senaryo kullanılmıştır (Kocaeli Valiliği 2021). Bu senaryo Kocaeli ilini etkileyebilecek Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) İstanbul-Adalar kolunda olası en büyük deprem olarak öngörülen $M_w=7.5$ büyüklüğündeki Marmara depremi esas alınarak, en kötü deprem senaryosu çalışmasıdır. Bu senaryo kapsamında olası Marmara depreminden etkilenecek iller Kocaeli İRAP 2021'de belirlenmiştir. Belirlenen iller ise Edirne, Tekirdağ, İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Bolu, Düzce, Bursa, Zonguldak, Eskişehir, Yalova, Bilecik, Kütahya, Balıkesir ve Çanakkale'dir. Problemin çözüm aşamasında AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinden yararlanılmıştır. Problem akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

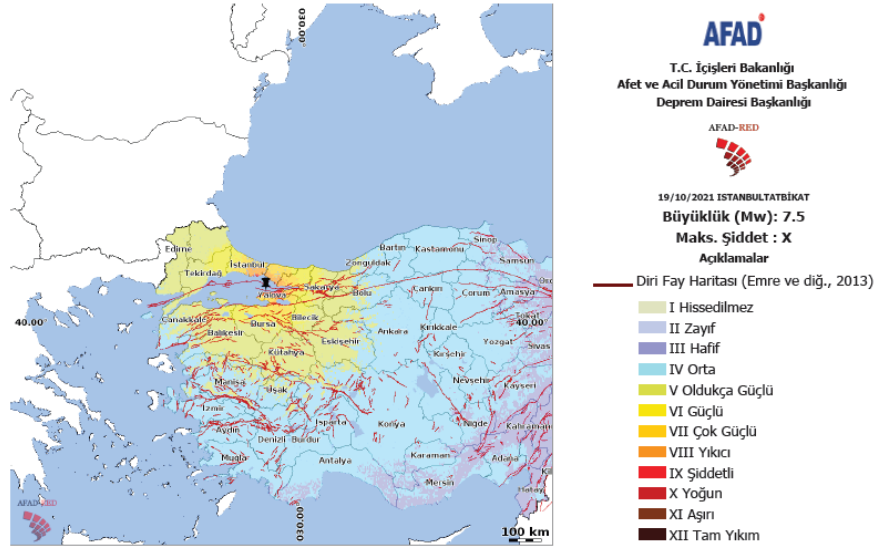


Şekil 1: Akış şeması
Figure 1: Flow chart

5.1) Problem Tanımı

Kocaeli ili coğrafi olarak Asya ile Avrupa'yı birleştiren bir noktada önemli bir yol kavşağında yer almaktadır. Ayrıca Kocaeli ili İstanbul'a da oldukça yakın bir konumdadır. Sanayi ve ticaret açısından ülkemizin en önde gelen illerinden biri olma özelliğini taşıması Kocaeli ilinin seçilmesinde etkili olmuştur. Marmara bölgesi aktif fayları içeren ve yüksek deprem riski taşıyan bir bölgedir. Tarihsel deprem kayıtları bölgenin çok sayıda depreme maruz kaldığını göstermektedir. İlin deprem riskinin yüksek olması Kocaeli ilinin seçilmesinde etkili olmuştur. KAFZ üzerinde doğudan batıya devam eden deprem aktivitelerinden 1967 Mudurnu depreminden sonra 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinin akabinde, bir sonraki olası depremin Marmara Denizi'nde meydana gelebileceği çeşitli araştırmalar ile öne sürülmektedir (Kocaeli Valiliği 2021). Marmara Denizinde meydana gelebilecek bir depremin Kocaeli ili için büyük bir risk oluşturması Kocaeli ilinin seçilmesinde büyük önem arz etmektedir (Kocaeli Valiliği 2021). Kocaeli iline en yakın ve depremsellik riski yüksek faylar içerisindeki KAFZ'ye ait kuzey kolunun Marmara Denizi içerisinde bulunan alt kolları (Adalar Kolu-Orta Marmara Kolu-Ganos Kolu),

güney kolu (İznik-Mekece Kolu) ve doğuda Gerede Kolunun $M_w=7$ 'den büyük deprem üretme ihtimali oldukça yüksektir. Bu durum depremin kent için önemini ortaya koymaktadır (Kocaeli Valiliği 2021). Şekil 2'de $M_w=7.5$ büyüklüğündeki en kötü deprem senaryosu altında illerdeki şiddet haritası verilmiştir (Kocaeli Valiliği 2021).



Şekil 2: $M_w= 7.5$ büyüklüğündeki senaryo deprem altında şiddet haritası (Kocaeli Valiliği 2021)
Figure 2: Intensity map under scenario earthquake of magnitude $M_w= 7.5$ (Kocaeli Valiliği 2021)

Kocaeli ilinde yapılacak uygulama için Darıca ilçesi baz alınmıştır. Darıca ilçesi Kocaeli ilinin nüfus yoğunluğu en fazla olan 3'üncü ilçesidir. 40 adet toplanma alanına ve 10 adet geçici iskân alanına sahiptir. Darıca ilçesi toprak kayması heyelan gibi doğal afetlerde bölgesel olarak daha fazla risk taşımaktadır. Önceki yıllarda yaşanan afetler incelendiğinde de Darıca ilçesinde heyelan, sel ve su baskını gibi afetlerin daha fazla yaşandığı görülmektedir. Darıca ilçesinin seçilmesindeki başlıca nedenlerden biri ilçenin üç tarafının da denize kıyısı olmasıdır. Olası bir acil durum ve afette bölgeye yardımların ulaşımını, destekte bulunacak illerin belirlenmesi ve bölgede yardım bekleyenlerin bölgeden çıkarılması için alternatif güzergâh ve rotalar belirlenecektir.

Problem çözümünde hem destek il ataması için kullanılan kriterler ve alternatifler hem de alternatif güzergâh seçiminde kullanılan kriterler ve alternatifler Tablo 1'de yer alan uzmanların ortak grup karar vermesi sonucunda oluşturulmuştur. Problem içerisinde yer alan karar matrisleri yine aynı uzmanların ortak grup karar vermesi ile elde edilmiştir.

Tablo 1: Uzmanlar

Table 1: Experts

No	Görevi	Deneyim Yılı
1	Mühendis	10 yıl
2	Mühendis	7 yıl
3	Afad Gönüllüsü	6 yıl
4	Yönetici	15 yıl
5	Akademisyen	28 yıl

5.2) Destek İllerin Seçimi

Kocaeli İRAP-İl Afet Risk Azaltma Planı kapsamında hazırlanan raporda Kocaeli ilinde meydana gelebilecek acil durum ve afetlerin etkilenme oranına göre destek durumu ve destek iller aşağıda Tablo 2’de verilmiştir (Kocaeli Valiliği 2021).

Tablo 2: Destek İller (AFAD 2022b)
Table 2: Supporting Provinces (AFAD 2022b)

İl adı	1. Grup destek iller bölge illeri + komşu iller	2. Grup destek iller	Arama-kurtarma birlik müdürlüğü
Kocaeli’ ye destek verecek iller	Bursa Edirne Kırklareli Tekirdağ İstanbul Yalova Sakarya	Bolu Tekirdağ Eskişehir	Ankara

5.2.1) Destek İllerin Kriterleri

Atanan destek iller arasında olan İstanbul, Yalova, Sakarya, Tekirdağ, Edirne ve Bursa illeri de olası Marmara depreminden etkilenecekleri ve gerekli yardımları yapmakta etkin rol alamayacakları için Kocaeli İRAP 2021 raporu kapsamında belirlenen destek illerin dışında alternatif yedek destek iller belirlenecektir. 81 il ele alınarak illerin büyükşehir olmamaları, AFAD deposu bulundurmaları ve Kocaeli İRAP 2021’de yer alan destek iller içinde bulunmamalarına bakılarak 11 ile indirgenerek illerin ağırlıklandırılması için farklı kriterler belirlenmiştir. Alternatif destek illerin belirlenmesinde kullanılan kriterler aşağıda verilmiştir. Kriterler literatür araştırılarak ve uzman görüşleri alınarak elde edilmiştir. Bu kriterler doğrultusunda 11 il ele alınmış ve sıralanmıştır.

- İle Yakınlık (K-1): Belirlenecek destek illerin Kocaeli ili Darıca ilçesine olan yakınlığı ele alınmaktadır.
- Ulaşım Kolaylığı (K-2): Seçilecek olan destek ilin Kocaeli iline olan ulaşımının kolaylığı dikkate alınmaktadır (Cankaya 2011).
- AFAD Deposu Büyüklüğü (K-3): Belirlenen destek illerin AFAD deposunun büyüklüğü ele alınmaktadır (AFAD 2022b).
- Nüfus (K-4): Seçilecek olan destek illerin nüfus değerlendirmesidir (Hamurcu ve Eren 2015).

5.2.2) Destek İller Probleminin Kriterlerinin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması

Tablo 3’te kriterlerin karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3: AHP Yöntemi Karşılaştırma Matrisi
Table 3: AHP Method Comparison Matrix

Kriterler	K-1	K-2	K-3	K-4
K-1	1	3	5	7
K-2	0.33	1	3	5
K-3	0.20	0.33	1	3
K-4	0.14	0.20	0.33	1
Toplam	1.68	4.53	9.33	16.00

Tablo 3’te elde edilen değerlendirmelerin normalizasyon adımı da uygulanmaktadır. Ağırlıklandırmalar elde edildikten sonra tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Hesaplanan tutarlılık oranı değeri 0.044 olup 0.10 değerinden daha küçük bir değer olduğu için sonucun tutarlı

olduğu ve ağırlıklandırılmalarının bir sonraki aşamada kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Tablo 4'te kriterlerin ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 4: AHP Yöntemi Sonuç Tablosu
Table 4: AHP Method Result Table

Kriterler	K-1	K-2	K-3	K-4	Ağırlık
K-1	0.60	0.66	0.54	0.44	0.558
K-2	0.20	0.22	0.32	0.31	0.263
K-3	0.12	0.07	0.11	0.19	0.122
K-4	0.09	0.04	0.04	0.06	0.057

Tablo 4'te kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıklar neticesinde K-1 (0.558) ağırlığıyla en önemli kriter olarak belirlenmiştir. K-2 (0.263), K-3 (0.122) ve K-4 (0.057) olarak belirlenerek kriterler sıralanmıştır. Tablo 4'te elde edilen ağırlıklar TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin uygulama aşamalarında kullanılmaktadır.

5.2.3) Destek İller Probleminin TOPSIS Yöntemi ile Çözümü

AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları K-1 (0.558), K-2 (0.263), K-3 (0.122) ve K-4 (0.057) olarak belirlenmiştir. Kriterler dahilinde iller değerlendirilmiş ve 11 il alternatif olarak belirlenmiştir. Belirlenen alternatif iller kriterler kapsamında 1-9 aralıksal ölçeğe göre değerlendirilmiştir (1- En kötü, 9- En iyi). Değerlendirme Tablo 1'de belirtilen uzmanlar tarafından ortak grup karar verme ile kriterlere göre gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda elde edilen karar matrisi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: TOPSIS Yöntemi Karar Matrisi
Table 5: TOPSIS Method Decision Matrix

	Kriterler			
	Yakınlık	Ulaşım kolaylığı	Afad deposu	Nüfus
Ağırlıklar	0.558	0.263	0.122	0.057
Alternatifler	Max	Max	Max	Max
Manisa	7	3	5	4
Muğla	6	4	3	3
Denizli	7	7	5	3
Antalya	6	7	5	6
Ankara	8	6	5	9
Samsun	6	4	5	4
Adana	5	4	5	6
Kahramanmaraş	4	4	5	4
Diyarbakır	2	4	3	5
Erzurum	3	4	5	1
Van	2	4	3	4
Toplam	18.111	15.969	15.067	16.155

Tablo 5'te bulunan karar matrisi 1 ile 10 arasında skala kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen verileri kullanılarak standart karar matrisi oluşturulur. Standart matris yapısı AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin her sütunundaki en büyük değerler A+, en küçük değerler A- olarak belirlenerek her karar noktası için ideal ayırım ölçütleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan ölçütler neticesinde elde edilen sonuç ve sıralama Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: TOPSIS Yöntemi Sonuç Tablosu
Table 6: TOPSIS Method Result Table

Alternatifler	Ci*	Sıralama
Ankara	0,92179	1
Denizli	0,81841	2
Antalya	0,69397	3
Manisa	0,67476	4
Samsun	0,60859	5
Muğla	0,59903	6
Adana	0,47911	7
Kahramanmaraş	0,33228	8
Erzurum	0,18994	9
Diyarbakır	0,10124	10
Van	0,09216	11

TOPSIS yöntemiyle elde edilen sıralamaya göre ilk üç destek il sırasıyla Ankara, Denizli ve Antalya olarak saptanmıştır.

5.2.4) Destek İller Probleminin PROMETHEE Yöntemi ile Çözümü

TOPSIS yöntemi için oluşturulan karar matrisi PROMETHEE yönteminde de kullanılmaktadır. Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: PROMETHEE Yöntemi Karar Matrisi
Table 7: PROMETHEE Method Decision Matrix

Ağırlıklar	0.558	0.263	0.122	0.057
Alternatifler	Yakınlık	Ulaşım kolaylığı	Afad deposu	Nüfus
Manisa	7	3	5	4
Muğla	6	4	3	3
Denizli	7	7	5	3
Antalya	6	7	5	6
Ankara	8	6	5	9
Samsun	6	4	5	4
Adana	5	4	5	6
Kahramanmaraş	4	4	5	4
Diyarbakır	2	4	3	5
Erzurum	3	4	5	1
Van	2	4	3	4
Max xij	8	7	5	9
Min xij	2	3	3	1

Tablo 7'de bulunan karar matrisi 1 ile 10 arasında skala kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen matristeki verilerle birlikte AHP kriter ağırlıkları ele alınarak veri matrisi oluşturulur. Veri matrisinde alternatifler için pozitif ($\phi+$) ve negatif ($\phi-$) alternatiflerin karşılaştırılmasıyla sonuç ve sıralama elde edilmiştir. Uygulanan PROMETHEE adımlarından sonra elde edilen sonuç ve sıralama Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: PROMETHEE Yöntemi Sonuç Tablosu
Table 8: PROMETHEE Method Result Table

Alternatifler	Q+	Q-	Q(a)	Sıralama
Ankara	0.48	0.01	0.47	1
Denizli	0.41	0.02	0.39	2
Antalya	0.35	0.04	0.31	3
Manisa	0.25	0.14	0.11	4
Samsun	0.18	0.1	0.08	5
Adana	0.14	0.15	-0.01	6
Muğla	0.14	0.2	-0.06	7
Kahramanmaraş	0.09	0.22	-0.13	8
Erzurum	0.06	0.31	-0.25	9
Diyarbakır	0.02	0.47	-0.46	10
Van	0.01	0.48	-0.46	11

PROMETHEE yöntemiyle elde edilen sıralamaya göre ilk üç destek il sırasıyla Ankara, Denizli ve Antalya olarak saptanmıştır.

5.2.4) Destek İlin Seçilmesi İçin TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırılması

TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak elde edilen sıralamalar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: TOPSIS ve PROMETHEE Sonuç Karşılaştırma Tablosu
Table 9: TOPSIS ve PROMETHEE Result Comparison Table

Topsis sıralama	Promethee sıralama
Ankara	Ankara
Denizli	Denizli
Antalya	Antalya
Manisa	Manisa
Samsun	Samsun
Muğla	Adana
Adana	Muğla
Kahramanmaraş	Kahramanmaraş
Erzurum	Erzurum
Diyarbakır	Diyarbakır
Van	Van

Tablo 9'da TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin uygulanması sonucu elde edilen sıralamaların birbirlerine göre karşılaştırılması verilmiştir. TOPSIS yönteminde atanabilecek ilk destek il Ankara olarak belirlenmiştir. PROMETHEE yönteminde de atanabilecek ilk destek il Ankara olarak belirlenmiştir. İki yöntemin sıralamasındaki tek farklılık altıncı ve yedinci sırada yer alan Muğla ve Adana illerinin yer değiştirmiş olmasıdır. Bu neticede elde edilen sonuçlar dikkate alınarak çalışmada kullanılacak destek il Ankara olarak belirlenmiştir.

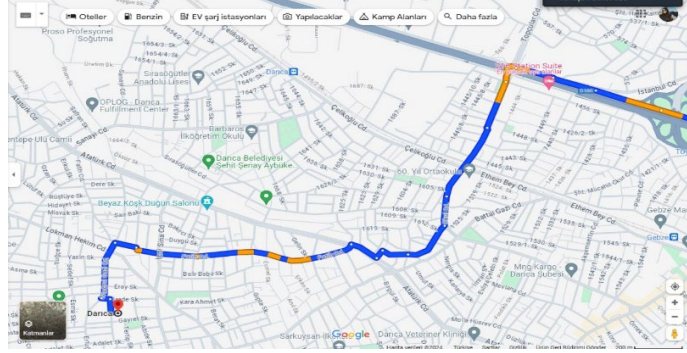
5.3) Alternatif Güzergâh Seçimi

Çalışmanın bu bölümünde bir önceki aşamada belirlenen destek il olan Ankara'dan Kocaeli'ne alternatif güzergâhlar belirlenerek en uygun alternatifin hangisi olacağı belirlenecektir. Alternatifler seçilirken başlangıç noktası için Ankara ili AFAD deposu konumu ve bitiş noktası için Kocaeli ili Darıca ilçesi belirlenmiştir. Belirlenen noktalar sonucu 5 adet alternatif güzergâh seçilerek belirlenen kriterler ile birlikte ÇKKV yöntemleriyle çözümü elde edilecektir.

5.3.1) Alternatifler

1'nci Alternatif

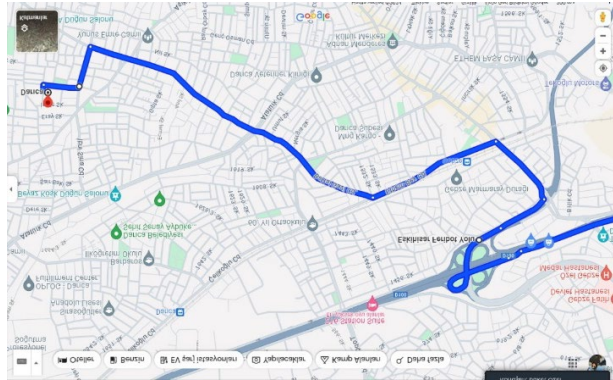
1'nci Alternatifte, E90 – D200 – O20 – D140 – D765 – E80 – O7 – D100 karayollarını takip ederek Topçular KöprülÜ Kavşaağına bağlanılmasının ardından Topçular Caddesi istikametinde okul caddesini takiben Darıca ilçesine ulaşılmaktadır. Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3: 1'nci Alternatif
Figure 3: 1st Alternative

2'nci Alternatif

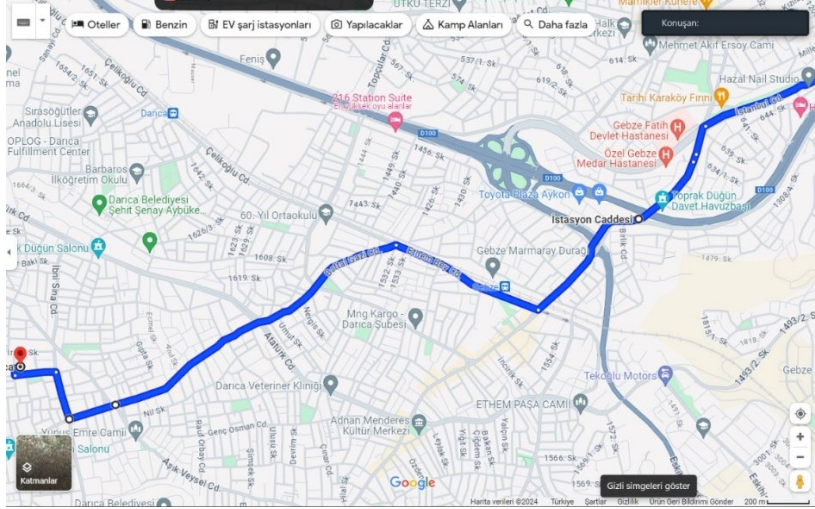
2'nci Alternatifte, E90 – D200 – O20 – E89 – E80 – O7 – D100 karayollarını takip ederek Eskihisar Feribot yolu istikametinde İstasyon caddesi, Ethem Caddesi ve Battal Gazi Caddelerini izleyen rotadan Darıca ilçesine ulaşılmaktadır. Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4: 2'nci Alternatif
Figure 4: 2nd Alternative

3'ncü Alternatif

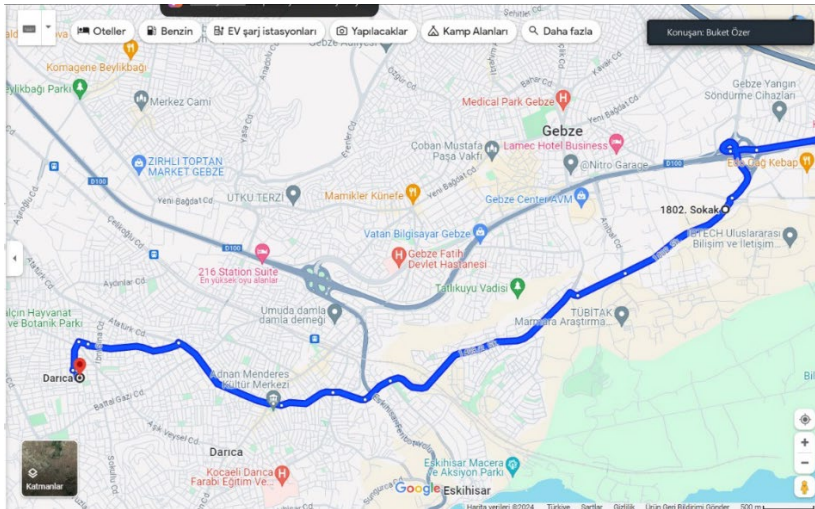
3'ncü Alternatifte, E90 – D200 – O20 – E89 – E80 – O7 – D100 karayollarını takip ederek İstanbul Caddesi istikametinden İstasyon Caddesi, Ethem Caddesi ve Battal Gazi Caddelerini izleyen rotadan Darıca ilçesine ulaşılmaktadır. Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5: 3'ncü Alternatif
Figure 5: Alternative 3

4'üncü Alternatif

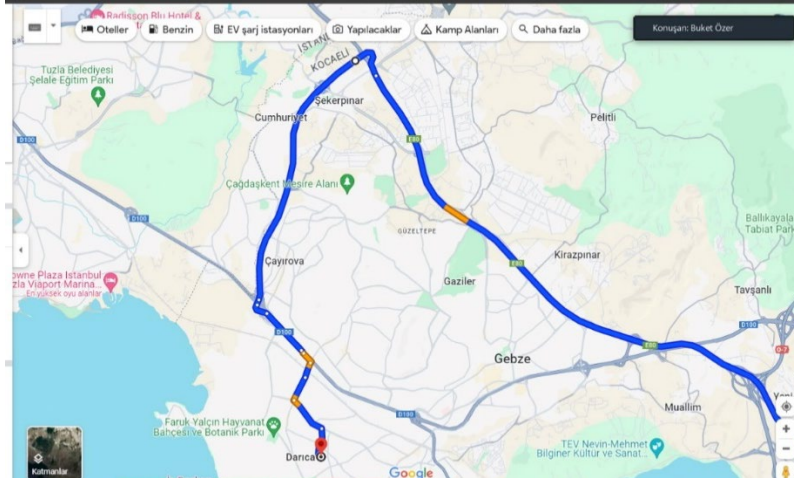
4'üncü Alternatifte, E90 – D200 – O20 – E89 – E80 – O7 – D100 karayollarını takip ederek Terminal Caddesi istikametinden 1802, 1493/2, 1493/1 sokaklarından geçerek Dr. Zeki Acar Caddesini izleyen rotadan Darica ilçesine ulaşılmaktadır. Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6: 4'üncü Alternatif
Figure 6: Alternative 4

5'inci Alternatif

5'inci Alternatifte, E90 – D200 – O20 – E89 – E80 – D100 karayollarını takip ederek Asioğlu Caddesi istikametinden İstiklal Caddesi, Atatürk Caddesi ve Ertuğrul Gazi Caddelerini izleyen rotadan Darica ilçesine ulaşılmaktadır. Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7: 5'inci Alternatif
Figure 7: 5th Alternative

5.3.2) Güzergâh Seçimi Kriterleri

Alternatif güzergâhın seçiminde etkili olacak kriterler literatür taraması ve uzman görüşleri sonucu Trafik Yoğunluğu (K-1), Güzergâh uzunluğu, (K-2), Toplam Seyahat Zamanı (K-3), Erişilebilirlik (K-4), Hız Limiti (K-5) ve Afetten Etkilenme (K-6) olarak belirlenmiştir.

- Trafik Yoğunluğu (K-1): Seçilecek olan alternatif güzergâhın trafik akışının hızını ve trafik yoğunluğunu ifade etmektedir (Hamurcu ve Eren 2015).
- Güzergâh Uzunluğu (K-2): Belirlenen alternatif güzergâhların uzunluğudur. Güzergâhların uzunluğunun belirlenmesinde Google Maps uygulaması kullanılmıştır (Erdal 2018).
- Toplam Seyahat Zamanı (K-3): Belirlenen alternatif güzergâhların toplam seyahat süreleridir.
- Erişilebilirlik (K-4): Seçilecek güzergâhın erişiminin kolaylığını ifade etmektedir (Cankaya 2011).
- Hız Limiti (K-5): Güzergâhların kullandığı yollar içerisinde hız limitinin belirlenmesidir. KGM (2022) yasal hız sınırları sorgulanarak ulaşılmıştır.
- Afetten Etkilenme (K-6): Seçilecek güzergâhta kullanılacak yolların afetten etkilenme değeridir. Kocaeli Valiliği (2021)'den il ve ilçelerin afet selliği sorgulanarak ulaşılmıştır.

5.3.3) Güzergâh Seçimi Probleminin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması

Alternatif Güzergâh seçimi için belirlenen kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılması sonucu oluşturulan karar matrisi Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: AHP Yöntemi Karşılaştırma Matrisi 2
Table 10: AHP Method Comparison Matrix 2

Kriterler	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6
K-1	1	0.14	0.33	0.33	3	0.14
K-2	7	1	5	3	9	0.33
K-3	3	0.20	1	0.33	5	0.20
K-4	3	0.33	3	1	5	0.20
K-5	0.33	0.11	0.20	0.20	1	0.11
K-6	7	3	5	5	9	1

Tablo 9'da elde edilen karşılaştırmalar sonrasında normalizasyon adımı da uygulanmaktadır. Ağırlıklandırmalar elde edildikten sonra tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Hesaplanan tutarlılık oranı değeri 0.072 olup 0.10 değerinden daha küçük bir değer olduğu için sonucun tutarlı olduğu ve ağırlıklandırmaların bir sonraki aşamada kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: AHP Yöntemi Sonuç Tablosu 2

Table 11: AHP Method Result Table 2

Kriterler	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	Ağırlık
K-1	0.05	0.03	0.02	0.03	0.09	0.07	0.050
K-2	0.33	0.21	0.34	0.30	0.28	0.17	0.272
K-3	0.14	0.04	0.07	0.03	0.16	0.10	0.090
K-4	0.14	0.07	0.21	0.10	0.16	0.10	0.129
K-5	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.06	0.027
K-6	0.33	0.63	0.34	0.51	0.28	0.50	0.432

Tablo 11’de AHP yöntemi sonucu elde edilen ağırlıklar verilmiştir. Bu ağırlıklar göz önüne alındığında en önemli kriter 0.432 ağırlık oranıyla K-6 seçilmiştir. Kalan kriterler sırasıyla 0.272 K-2, 0.129 K-4, 0.090 K-3, 0.050 K-1 ve 0.027 K-5 olarak sıralanmaktadır. Elde edilen ağırlıklar alternatif güzergâh seçimi yapılabilmesi için TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde kullanılmaktadır.

5.3.4) Güzergâh Seçimi Probleminin TOPSIS Yöntemi ile Çözümü

Alternatif güzergâhlar, kriterlere göre 1 ile 10 skalası arasında ağırlıklandırılmıştır ve bu doğrultuda karar matrisi Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: TOPSIS Yöntemi Karar Matrisi 2

Table 12: TOPSIS Method Decision matrix 2

	Min	Min	Min	Max	Min	Min
Ağırlıklar	0.050	0.272	0.090	0.129	0.027	0.432
Alternatifler	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6
A1	1	1	1	5	7	7
A2	7	5	5	7	5	7
A3	7	5	5	5	5	5
A4	5	3	3	3	5	1
A5	3	3	3	7	3	5

Tablo 12’de bulunan karar matrisi verileri kullanılarak standart karar matrisi oluşturulur. Standart matris yapısı AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin her sütunundaki en büyük değerler $A+$, en küçük değerler $A-$ olarak belirlenerek her karar noktası için ideal ayırım ölçütleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan ölçütler neticesinde elde edilen sonuç ve sıralama Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13: TOPSIS Yöntemi Sonuç Tablosu 2

Table 13: TOPSIS Method Result Table 2

Alternatifler	Ci*	Sıralama
A2	0.98217	1
A3	0.73077	2
A5	0.61794	3
A1	0.60079	4
A4	0.23878	5

TOPSIS yöntemiyle elde edilen sıralamaya göre alternatifler sırasıyla A2, A3, A5, A1 ve A4 olarak belirlenmiştir.

5.3.5) *Güzergâh Seçimi Probleminin PROMETHEE Yöntemi ile Çözümü*

TOPSIS yöntemi için belirtilen karar matrisi 1 ile 10 arasındaki değer skalasında değerler olarak oluşturulmuştur ve bu matris PROMETHEE yönteminde de kullanılmaktadır. Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14: PROMETHEE Yöntemi Karar Matrisi 2
Table 14: PROMETHEE Method Decision Matrix 2

Ağırlıklar	0.050	0.272	0.090	0.129	0.027	0.432
Alternatifler	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6
A1	1	1	1	5	7	7
A2	7	5	5	7	5	7
A3	7	5	5	5	5	5
A4	5	3	3	3	5	1
A5	3	3	3	7	3	5
Max x _{ij}	7	5	5	7	7	7
Min x _{ij}	1	1	1	3	3	1

Elde edilen matristeki verilerle birlikte AHP kriter ağırlıkları ele alınarak veri matrisi oluşturulur. Veri matrisinde alternatifler için pozitif ($\phi+$) ve negatif ($\phi-$) alternatiflerin karşılaştırılmasıyla sonuç ve sıralama elde edilmiştir. Uygulanan PROMETHEE adımlarından sonra elde edilen sıralama Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15: PROMETHEE Yöntemi Sonuç Tablosu 2
Table 15: PROMETHEE Method Result Table 2

Alternatifler	Q+	Q-	Q(a)	Sıralama
A2	0.418	0.004	0.414	1
A3	0.241	0.0722	0.169	2
A5	0.186	0.273	-0.087	3
A1	0.213	0.341	-0.128	4
A4	0.054	0.422	-0.368	5

PROMETHEE yöntemiyle elde edilen sıralamaya göre alternatifler sırasıyla A2, A3, A5, A1 ve A4 olarak belirlenmiştir.

5.3.6.) *Alternatif Güzergâhın Karşılaştırılması İçin TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırılması*

TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin uygulanması ile elde edilen sıralamalar Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16: TOPSIS ve PROMETHEE Sonuç Karşılaştırma Tablosu
Table 16: TOPSIS ve PROMETHEE Result Comparison Table

Topsis sıralama	Promethee sıralama
A2	A2
A3	A3
A5	A5
A1	A1
A4	A4

Belirlediğimiz destek ilden seçtiğimiz bitiş noktasına uzanan alternatifler arasından en optimal sonuca karar verilmesi için kullanılan kriter ağırlıklandırılmaları AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Ağırlıklar TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde kullanılarak sıralamalar elde edilmiştir. Sıralamalar karşılaştırıldığında her ikisinde de en uygun alternatifin A2 olduğu gözlemlenmiştir. Verilen tablodaki sıralamalar iki yöntemde de benzer olduğu için seçilebilecek alternatif güzergâh sıralaması A2, A3, A5, A1 ve A4'tür.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Acil durum ve afetlerde insanlar büyük kayıplar yaşamaktadırlar. Afet sonrasında meydana gelen hasarlar neticesinde yolların büyük bir çoğunluğu da işlevini kaybetmektedir. Afet bölgesindeki insanlara yardımların en hızlı ve en etkin şekilde ulaştırılması büyük bir problem haline gelmektedir. Bu nedenle acil durum ve afetler alternatif güzergâh seçimi problemi önemli bir hal almaktadır.

Alternatif güzergâh seçimi problemi, ulaşım taleplerine, afet sonrası yardım lojistiğine ve çeşitli trafik sorunlarına çözüm üretme gibi amaçlar sağlamaya çalışmaktadır. Bu çalışmada acil durumlarda ve afetlerde alternatif güzergâh seçimi probleminin Kocaeli ili için uygulanması ele alınmıştır. Çalışmada literatür taraması ile destek illerin atanabilmesi için kriterler belirlenmiştir. Bunlar AFAD deposu büyüklüğü, nüfus, ulaşım kolaylığı ve yakınlık olup ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıklara göre TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak en uygun destek ilin Ankara olduğu kararlaştırılmıştır. Destek ilin seçimi aşamasından sonra Ankara ilinden Kocaeli ili Darıca ilçesine alternatif güzergâhlar seçilerek, alternatif güzergâh seçimi için yeni kriterler belirlenmiştir. Kriterleri trafik yoğunluğu, güzergâh uzunluğu, toplam seyahat zamanı, erişilebilirlik, hız limiti ve afetten etkilenme olarak oluşturulmuştur. Belirlenen kriterlerin ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Ağırlıklar TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinde kullanılarak en uygun alternatif güzergâh ikinci alternatif seçilmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda kriterler arttırılabilir. Alternatifler detaylandırılıp çeşitlendirilebilir. Ayrıca farklı afet senaryoları ve iller için uygulanabilir.

7. KAYNAKÇA

AFAD, 2022a. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Temmuz 2022.

Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>.

AFAD, 2022b. TAMP Türkiye Afet Müdahale Planı, Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı,

Erişim adresi: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/TAMP.pdf.

Akyürek Ö., Arslan O., 2018. Kocaeli ili ve çevresinde (1900-2016) yılları arasında gerçekleşen tarihsel depremlerin konumsal İstatistik analizi, *Kocaeli Üniversitesi, Geomatik Dergisi* 3(1), 48-62.

Barbarosoğlu G., Özdamar L., Çevik A., 2002. Afet Yardım Operasyonlarında Helikopter Lojistiğinin Hiyerarşik Analizi İçin Etkileşimli Bir Yaklaşım, *Avrupa Yöneylem Araştırması Dergisi*, 140 (1), 118-133.

Bedir N., Eren T., 2015. AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu İle Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama, *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(4), 46-58.

Börühan G., Ersoy P., 2012. Afet Yönetiminde Lojistik Planlamanın Önemi. I. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi Bildiri Kitabı, 376-383.

Çamaş T., Turan M., 2023. Afet yönetiminde yeni bir model: Türkiye ulusal risk kalkani modeli, *Cevre Sehir ve İklim Dergisi* 2(4), 238-261.

Cankaya T., 2011. Monaray ulasim sisteminin Kocaeli ilinde uygulanabilirliğinin arastirilmasi, Yuksek Lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 98 s.

Dağdeviren M., Eraslan E., 2008. Supplier Selection Using Promethee Sequencing Method, *Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University*, 23(1), 69-75.

Danişan T., Gümüş G., Ercan Z., Güven E., Eren T., 2022. Türkiye’de Aşı Taşıma Sisteminde AHP Ve TOPSIS Yöntemleri İle Taşıma Türü Seçimi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36), 47-58.

Demirtaş R., 2000. 17 Agustos 1999 İzmit Korfezi depremi raporu, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Erdal H., 2018. Tehlikeli madde tasimacılığı güzergâh secimi problemi için stokastik bir risk analizi, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 6(6), 935-943.

Erdem U., Erdin H.E., Özcan S.N., 2017. Afet ve acil durumlarda erişilebilirlik, 4. *Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 11-13.

Erkal T., Değerliyurt M., 2009. Türkiye’de afet yönetimi, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14 (22), 147-164.

Erol E., Özcan E., Eren T., 2021. Elektrik Üretim Santrallerinde İş Güvenliği Uzmanı Seçiminde Hibrit Bir Karar Modeli, *Journal of Turkish Operations Management*, 5(1), 615-629.

Gür Ş., Hamurcu M., Eren T., 2016. Kamu Kurumunda Proje Seçiminde Analitik Ağ Süreci Ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, *Les Cahiers du MECAS*, 13, 36-51.

Hamurcu M., Eren T., 2015. Ankara Büyükşehir Belediyesi’nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Monoray Güzergâh Seçimi, *Transist*, 8, 410-419.

Hayrulloğlu G., 2018. Kentsel yayılma alanlari ve bu alanlarda konut talebini etkileyen faktorlerin analizi: Alacaatli-Yasamkent mahalleleri örneği, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 144 s.

KGM, 2022. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Ankara, Erişim adresi: <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/HizSinirlari.aspx>

Kocaeli Valiliği, 2021. İRAP İl Risk Azaltma Planı (Kocaeli), T.C. Kocaeli Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Erişim Adresi: <https://kocaeli.afad.gov.tr/kurumlar/kocaeli.afad/Kocaeli-IRAP.pdf>.

Kutlu A.C., Ekmekçioğlu M., 2012. Bulanık TOPSIS Tabanlı Bulanık AHP Kullanılarak Bulanık Hata Modları Ve Etki Analizi, *Uygulamalı Uzman Sistemler*, 39 (1), 61-67.

Önsüz M.F., Atalay B.I., 2015. Afet lojistiği, *Osmangazi Tıp Dergisi* 37(3), 1-6.

Saaty T.L., Niemira M.P., 2006. A framework for making a better decision, *Research Review*, 13(1), 1-4.

Sarimehmet B., Hamurcu M., Eren T., 2020. Çok kriterli karar verme: Kirikkale YHT istasyonu-sehir baglantısının saglanması, Kirikkale Universitesi, Demiryolu Mühendisligi Dergisi 11, 26-40.

Şen G., Esmer S., 2017. Disaster logistics: a literature review International, *Journal of New Approaches in Social Sciences* 5(5), 231-250.

Taş M., Özlemiş Ş.N., Hamurcu M., Eren T., 2017. Ankara'da AHP Ve PROMETHEE Yaklaşımıyla Monoray Hat Tipinin Belirlenmesi, *Ekonomi İşletme Siyaset Ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 3(1), 65-89.

Topal B., 2016. An evaluation on Turkey's disaster logistics management system, ISEM 2016 3 rd International Symposium on Environment and Morality, 4-6 November 2016, Alanya Turkey, Erişim adresi: <https://www.i-sem.info/PastConferences/ISEM2016/ISEM2016/papers/22-ISEM2016ID320.pdf>.

Turgut Z.N., Danişan T., Güven E., Eren T., 2023. Yaşlı Bireyler İçin Giyilebilir Teknolojilerinin Kullanımı Ve Değerlendirilmesi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(3), 167-178.

Vatandaşlar C., Demir M., 2016. Orman Yollarının Doğal Afetlerde Acil Ulaşım Yolu Olarak Kullanım Olanakları, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 369-378.

ARAŞTIRMA VERİSİ

Kocaeli İRAP 2021 (En kötü deprem senaryosu kullanımı)
GOOGLE MAPS (Güzergâh uzunlukları)
Türkiye Afet Müdahale Planı (İllere ait destek illerin listesi)

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ

Yazarların beyan edecekleri herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (Author Contributions)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): B.A., B.Ö., E.G., T.E.
- Literatür araştırması (*Literature research*): B.A., B.Ö.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): B.A., B.Ö.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): B.A., B.Ö., E.G.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): B.A., B.Ö., E.G.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): B.A., B.Ö., E.G.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): B.A., B.Ö., E.G., T.E.