

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ELEKTRİKLİ
OTOBÜSLERİN AFET SONRASI ETKİN KULLANIMI ÜZERİNE
AMPİRİK BİR ÇALIŞMA**

Yüksek Lisans Tezi

HİCRAN TİRYAKİOĞLU

İstanbul, 2022

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ELEKTRİKLİ
OTOBÜSLERİN AFET SONRASI ETKİN KULLANIMI ÜZERİNE
AMPİRİK BİR ÇALIŞMA**

Yüksek Lisans Tezi

HİCRAN TİRYAKİOĞLU

Danışman: DOÇ. DR. MEHMET NURİ İNEL

İstanbul, 2022

GENEL BİLGİLER

İsim ve Soyadı	: Hicran TİRYAKİOĞLU
Anabilim Dalı	: İşletme
Programı	: Sayısal Yöntemler
Tez Danışmanı	: Doç. Dr. Mehmet Nuri İNEL
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans – 2022
Anahtar Kelimeler	: Çok Kriterli Karar Verme, ÇKKV, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, Geçici Barınma Alanları, Doğal Afetler, Afet Yönetimi, Elektrikli Otobüs, Enerji, Stadyum, Stadyum Seçimi, Kesintisiz Güç Kaynağı, UPS, Entropi

ÖZET

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE ELEKTRİKLİ OTOBÜSLERİN AFET SONRASI ETKİN KULLANIMI ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

Afetlerin önlenmesi mümkün olmasa da etkileri alınacak olan önlemlerle azaltılabilmektedir. Özellikle beklenmekte olan büyük Marmara depremi için afet yönetimi anlamında çeşitli çalışmalar mevcut olmakla birlikte devam etmektedir. Bu tez çalışmasında da amaç, olası bir afet durumunda ulusal ve uluslararası standartlar dahilinde geçici barınma alanları sınıfında yar alan stadyumlardan en uygun olanının ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE kullanılarak seçilmesi ile hem afet alanına hem de afet sonrası yerleşilecek olan bu alanlara gerekli olması durumunda enerji sağlayacak bir alternatif olarak Elektrikli Otobüsleri önererek karar alıcılara farklı bir bakış açısı sunmaktır. Ayrıca kullanımı giderek artan ve İETT tarafından da 2022 bütçesinde yer alan 100 Elektrikli Otobüs alımını göz önünde bulundurarak bu araçların fayda ve etkinliğine dikkat çekmektir.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname : Hicran TIRYAKIOĞLU
Field : Business Administration
Programme : Quantitative Methods
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Nuri İNEL
Degree Awarded and Date : Master – 2022
Keywords : Multi Criteria Decision Making, MCDM, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, Temporary Shelter Areas, Natural Disasters, Disaster Management, Electric Bus, Energy, Stadium, Stadium Selection, Uninterruptible Power Supply, UPS, Entropy

ABSTRACT

AN EMPIRICAL STUDY ON THE EFFECTIVE USE OF ELECTRIC BUSES POST-DISASTER WITH MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Although it is not possible to prevent disasters, their effects can be reduced by the measures to be taken. Although there are various studies in terms of disaster management, especially for the expected great Marmara earthquake, it continues. In this thesis, the aim is to select the most suitable stadium among the stadiums, which is one of the areas in the temporary shelters category within the scope of national and international standards by using TOPSIS, VIKOR and PROMETHEE methods from MCDM methods and, if necessary to provide energy to both the disaster area and these areas to be settled after the disaster to offer a different perspective to decision makers by proposing Electric Buses as an alternative. It is also to draw attention to the benefits and effectiveness of these vehicles which are increasingly used, taking into account the purchase of 100 electric buses by IETT and included in the 2022 budget.

ÖNSÖZ

Tez danışmanım Doç. Dr. Mehmet Nuri İNEL'e teşekkür etmekle birlikte

Kendisinden çok şey öğrendiğim ve örnek aldığım, her zaman ve her konuda yanımda olarak desteğini sonuna kadar sunan, aynı zamanda bu tez çalışmasının da ana fikrini veren yol göstericim, değerli hocam Prof. Dr. Ümit Kemalettin TERZİ'ye,

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Merve GÜNAYDIN ve Neslihan EKİCİ'ye,

Maddi manevi her konuda ve her zaman yanımda olup beni destekleyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim hayattaki en değerli varlığım annem ve babam başta olmak üzere sevgili kardeşlerimle birlikte tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunar

Azimle başlayıp sabırla devam ederek nihayete kavuşturabildiğim bu tez çalışması için de kendimi kutlayıp başarılarımın devamını dilerim.

İstanbul, 2022

Hicran TİRYAKİOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLO LİSTESİ.....	V
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
KISALTMALAR	VIII
1. GİRİŞ	1
2. AFET KAVRAMI VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Afet.....	4
2.2. Ulaşım	17
2.3. Elektrikli Otobüsler	24
2.4. Stadyumlar	35
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	41
3.1. TOPSIS Yöntemi	46
3.2. VIKOR Yöntemi	50
3.3. PROMETHEE Yöntemi.....	53
4. TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE YÖNTEMLERİYLE GEÇİCİ BARINMA ALANI OLARAK STADYUM SEÇİMİ UYGULAMASI.....	58
4.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı	58
4.2. Uygulamanın Önemi	58
4.3. Uygulamanın Yöntemi ve Kısıtları	58
4.4. Uygulamanın Aşamaları.....	60
4.4.1. Değişken Seçimi	60
4.4.2. Verilerin Toplanması	70
4.4.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması	71
4.4.3.1. Entropi Yöntemi İle Kriterlerin Ağırlıklandırılması	72
4.4.3.2. TOPSIS Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması.....	74
4.4.3.3. VIKOR Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması	78
4.4.3.4. PROMETHEE Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması	83
4.4.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması	89
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR	99

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1 : Jeneratörler ve Teknik Özellikleri	13
Tablo 2 : Elektrikli Otobüsler ve Teknik Özellikleri	34
Tablo 3 : PROMETHEE Genel Tercih Fonksiyonları	54
Tablo 4 : TFF İstanbul İl Temsilciliğine Bağlı Stadyumlar	61
Tablo 5 : Sphere Projesine Göre Belirlenen Kriterler	63
Tablo 6 : Uzman Görüşlerine Göre Belirlenen Kriterler	64
Tablo 7 : Kullanılan Kriterler ve Çalışmalardaki Kullanım Sıklıkları	65
Tablo 8 : Kriterler ve Değerleri	70
Tablo 9 : Kriterler ve Değerlerinin Büyükleme ile Küçükleme ile İfade Edilmesi	74
Tablo 10 : Normalize Karar Matrisi	75
Tablo 11 : Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi	75
Tablo 12 : Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüm	76
Tablo 13 : Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar ..	77
Tablo 14 : Göreli Yakınlık Değerleri ve Sıralama	77
Tablo 15 : En İyi ve En Kötü Alternatiflerin Belirlenmesi	78
Tablo 16 : Normalizasyon Matrisi	79
Tablo 17 : Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	79

Tablo 18	: Fayda ve Zarar Değerlerinin Hesaplanması	80
Tablo 19	: Birliktelik Değerlerinin Hesaplanması	81
Tablo 20	: Alternatiflerin Sıralanması	81
Tablo 21	: Sonuçların Değerlendirilmesi	82
Tablo 22	: Maksimum ve Minimum Değerlerin Belirlenmesi	83
Tablo 23	: Normalizasyon Matrisi	84
Tablo 24	: İkili Karşılaştırma ile Sapmanın Belirlenmesi	84
Tablo 25	: Tercih Edilebilir Fonksiyonun Hesaplanması	86
Tablo 26	: Tercih Edilebilir Fonksiyonun Belirlenmesi	87
Tablo 27	: Pozitif ve Negatif Sıralama Akışları	88
Tablo 28	: Her Bir Alternatif İçin Net Geçiş Akışının Belirlenmesi	88
Tablo 29	: Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması	89
Tablo 30	: Kullanılan ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması	91

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1 : Tipik Çok Kriterli Karar Verme Süreci Aşamaları	42
Şekil 2 : TOPSIS Karar Aşamaları	46
Şekil 3 : VIKOR Karar Aşamaları	50
Şekil 4 : PROMETHEE Karar Aşamaları	53



KISALTMALAR

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
AYEDAŞ	İstanbul Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş
CO₂	Karbondioksit
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
EA	Elektrikli Araç
ELECTRE	ÉLimination et Choix Traduisant la REalité
GRASP	Greedy Randomized Adaptive Search Procedure
GZFT	Güçlü ve Zayıf Yönler – Fırsat ve Tehditler
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İETT	İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel
İETT	İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım AŞ.
İRAP	İl Risk Azaltma Planı
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
km	kilometre
kWh	kiloWatt saat
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VIKOR	Vİse Kriterijumsa Optimizacija Kompromisno Resenje

1. GİRİŞ

Ülkemiz, coğrafi konumu, sahip olduğu tektonik, sismik, topografik ve iklimsel yapısı gereği başta deprem olmak üzere çeşitli doğal afetlerle karşıya kalmaktadır. Afetler, toplumun kendi imkân ve kaynakları ile başa çıkmakta yetersiz kalacağı düzeyde kayıplara uğramasına yol açarak normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan olaylardır. Bunların önlenmesi mümkün olmasa da etkileri doğru bir afet ve acil durum yönetimiyle azaltılabilmektedir. Bu nedenle şehir planlaması, afet ve acil durum yönetimi gibi çalışmalar son derece önem arz etmektedir. Bunu yaparken de insanlığa fayda sağlama, geleceğe dair hedefler belirleme, çok fonksiyonelliğe vurgu, ekonomiklik ve çevreye olan olumlu etki göz önünde bulundurulmaktadır.

Konutun afet ve acil durum nedeniyle kullanılamaz hâle gelmesi veya kullanılmasının riskli olması sebebiyle açıkta kalan afetzedeler ile tahliyeye tabi olanların bulundukları yerlerde ya da başka yerlerde münferit veya toplu hâlde geçici olarak barınmalarının sağlandığı merkezlere Geçici Barınma Alanları denmektedir. Yaşanan afetlerden sonra kullanılacak olan “Geçici Barınma Alanları”nın şehir içindeki konumlarının belirlenmesiyle birlikte bu alanların büyüklüklerinin, dağılımlarının ve altyapı özellikleri gibi yeterliliklerinin sağlanabilmesi son derece önemlidir. Yer seçimi için geniş alanlara sahip, ulaşım alternatifleri olan, gerekebilecek ihtiyaçların asgari düzeyde de olsa karşılanabileceği ve fazlaca sayıda insanın geçici olarak barınabileceği yerler olarak kamusal açık ve kamusal kapalı alanlar grubunda bulunan stadyumlar ele alınıp Geçici Barınma Alanı olarak en uygun olanının belirlenmesi için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri kullanılacaktır.

Gelişen teknolojinin gücü ve etkinliği hayatımızın her anı ve noktasında etkisini göstermektedir. Bunlardan biri de afetlerde teknolojinin nasıl yararlı ve etkin kullanılabileceğidir. Bu çalışma, dünyadaki teknolojik gelişmelerin insanlığa nasıl daha yararlı hizmet edebileceği konusunda afetlerin ardından oluşan etkiyi, kullanılacak teknolojik araçlarla en aza indirmeyi ve etkin bir biçimde kullanmayı hedeflemektedir. Afet sonrasında en önemli ihtiyaçlardan olan ulaşımın sağlanması ilk olarak insanların toplanma alanlarından sonra tahliyenin sağlanacağı geçici barınma alanlarına taşınması aşamasında kendini göstermektedir. Ulaşımında kullanılacak araçların aynı zamanda enerji

gibi bir diğerk hayati ihtiyaçı da giderebilecek özelliğinin olması aracın etkinliğini artırmaktadır. Bu amaçla Elektrikli Otobüsleri kullanmak, bu araçların ulaşım işlevini yerine getirmelerinin ardından alandaki Kesintisiz Güç Kaynağı (UPS) olarak enerji ihtiyacını da giderebilecek özelliğinin olması son derece kullanışlı ve ekonomik bir tercih olacağını göstermektedir. Ayrıca yine elektrikli otobüslerin kullanımıyla çevreye 0 karbon emisyonu sayesinde hava kirliliğı, çevreye ve insan sağlığına verilen zarar azaltılmış olmakla birlikte sürdürülebilirliğe ve bu kirliliğın etkisini yok etmek için emek sarfiyatı ortadan kaldırılıp finansal fayda sağlanarak etkili bir kaynak yönetimine dikkat çekilmiştir.

Önümüzdeki yıllarda kullanımda olacak olan Elektrikli Otobüslerin popülerliğı altyapı çalışmalarının tamamlanması ve yerli üretimin seriye geçmesinin ardından artacaktır. Bu sayede iklim değışikliğıyle mücadele konusunda şehirlerin geniş etkiye sahip sürdürülebilir çözümler kullanması bakımından toplu taşıma araçlarının elektrifikasyonu önemli bir adım olacaktır. Farklı kullanım amaçlarına da hizmet edebilmek amacıyla afet durumlarında afet alanları ve tahliye merkezleri gibi yerlere elektrik sağlamasının yanı sıra afet bölgelerindeki cihaz ve ekipmanlara elektrik vermesi ve hatta ihtiyaç sahipleri için geçici barınak görevi görebilmesi bakımından da ilerleyen yıllarda her gün kullanımda görebileğimiz bu otobüsler, işletimde olsun veya olmasın periyodik bakım gerektiren ve her an arızayla karşılaşabilme ihtimali olan jeneratörler karşısında iyi bir alternatif olacaktır.

Geçici Barınma Alanlarının afet sonrası kurulumlarının tamamlanıp yaşam için gerekli asgari şartlar sağlanana kadar evsiz afetzedelerin kalabilecekleri alternatiflerin başında stadyumlar gelmektedir. Buralar, geniş alanlara sahip, ulaşım alternatifleri olan, gerekebilecek ihtiyaçların asgari düzeyde de olsa karşılanabileceğı ve fazlaca sayıda insanın geçici olarak barınabileceğı yerlerdir. Burada da en uygun stadyumu seçmek oldukça önemlidir. Bu aşamada çeşitli alternatifler arasından en iyi olanın seçimi için farklı yaklaşımlar öneren Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılacaktır. ÇKKV yöntemlerini kullanmadaki amaç alternatif ve kriter sayılarının çok olduğı durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğı kadar kolay ve çabuk elde etmektir.

Bu çalışmada İstanbul ilinde bulunan ve toplam alanı 10.000 m²'nin üzerinde olan stadyumlardan en uygun olanı ÇKKV yöntemlerinden kriter ağırlıklarını derecelendirerek ideal çözüme göre alternatifleri sıralamak üzere TOPSIS, birbiriyle çelişen kriterlerin var olduğu durumlarda sıralama yapmak ve bunlar arasından bir seçim yapmak üzere VIKOR, farklı tercih fonksiyonlarının temelinde alternatifleri değerlendirip tam sıralamanın elde edilmesiyle analizlerin daha ayrıntılı yapılmasını sağlamak üzere PROMETHEE yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda ele alınan stadyumlar arasında derecelendirmeye gidilerek matematiksel çözüm içeren ÇKKV yöntemlerinin probleme uygunluğu incelenip yöntemlerde kullanılan kriter ağırlıklandırma tekniklerinin önemi vurgulanarak karar sonucuna ne derece etkin ve hızlı bir şekilde ulaşılacağı gözlemlenmiştir. Seçimin ardından buradaki enerji ihtiyacını ne kadar süreyle bir elektrikli otobüsün karşılayabileceğine dair matematiksel hesaplamalarla yorumlama yapılmıştır. Ayrıca afet alanlarında arama kurtarma çalışmaları esnasında kullanılacak olan ekipmanlara enerji sağlamak için kullanılan jeneratörler yerine de yine elektrikli otobüslerin kullanımıyla ilgili karşılaştırmalı hesaplamalarla yorumlama yapılmıştır.

Çalışma, beş bölümden oluşmakta olup ilk bölümde yapılan çalışma hakkındaki genel bilgiler, ikinci bölümde kavramsal çerçeve, üçüncü bölümde bu çalışmada kullanılmış olan ÇKKV yöntemleri, dördüncü bölümde çalışmanın esas amacı olan geçici barınma alanı olarak stadyum seçimi uygulaması ve son bölümde ise çıktıların değerlendirildiği sonuç ve öneriler kısmı yer almaktadır.

2. AFET KAVRAMI VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde afet ve ulaşım kavramları tanımlanarak ulaşımın İstanbul'daki durumu hakkında bilgi verilip afet durumlarındaki önemine vurgu yapılacaktır. Ayrıca elektrikli otobüsler ve stadyumlar hakkında bilgi verilerek her bir konudaki ilgili literatüre yer verilecektir.

2.1. Afet

Afetler, toplumun kendi imkân ve kaynakları ile başa çıkmakta yetersiz kalacağı düzeyde kayıplara uğramasına yol açarak normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan olaylardır. Bu tanımın yanında afetin pek çok farklı tanımı bulunmaktadır.

AFAD¹'in tanımına göre toplumun belli bir kesimi ya da tamamı için sosyal, fiziksel ve ekonomik kayıplar meydana getiren, insan faaliyetlerini ve normal hayatı kesintiye uğratan ve hatta durduran, etkilenen toplumun karşı koyma kapasitesinin yeterli olmadığı teknoloji doğa veya insan kaynaklı olay olup ayrıca bir olayın kendisi olmayıp, meydana getirdiği sonuçtur. Cambridge Dictionary²'de büyük zarar, hasar, ölüm veya ciddi zorlukla sonuçlanan bir olay olarak tanımlanırken Dünya Sağlık Örgütü³'nün afet tanımı, normal varoluş koşullarını bozan ve etkilenen topluluğun uyum kapasitesini aşan düzeyde acıya neden olan bir olay şeklindedir. Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu ise afeti bir topluluğun veya toplumun işleyişini ciddi şekilde bozan ve topluluğun veya toplumun kapasitesini aşan insani, maddi ve ekonomik veya çevresel kayıplara neden olan ani, felaketli bir olay olarak tanımlamaktadır. ⁴ Aynı zamanda, tipik olarak aniden meydana gelen, hasara, ekolojik bozulmaya, insan yaşamının kaybına, sağlık ve sağlık hizmetlerinin bozulmasına neden olan ve etkilenen topluluğun kapasitesini dışarıdan yardım gerektirecek ölçüde aşan herhangi bir olay olarak da tanımlanabileceği gibi⁵ genel bir ifadeyle afet, maruz kalma, savunmasızlık ve

¹ Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD), <https://www.afad.gov.tr> (21.09.2022).

² İngilizce Sözlük (Cambridge Dictionary) <https://dictionary.cambridge.org> (21.09.2022).

³ Dünya Sağlık Örgütü (WHO) <https://www.who.int> (21.09.2022).

⁴ Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC), <https://www.ifrc.org> (21.09.2022).

⁵ L. Y. Landesman & R. V. Burke, **Landesman's Public Health Management of Disasters: The Practice Guide**, Amerika, American Journal of Public Health, 4. Basım, 2001.

kapasite koşullarıyla etkileşime giren tehlikeli olaylar nedeniyle bir topluluğun veya toplumun işleyişinde insan, malzeme, ekonomik ve çevresel kayıplar ya da etkilerden bir veya daha fazlasına yol açan ciddi bir bozulma olarak tanımlanabilmektedir.⁶

Afetlerin psikolojik, ekonomik, sosyal, sağlık sorunları ve can kayıpları gibi olumsuzlukların yanı sıra insanların yer değiştirmesi, yapı tahribi, altyapının yıkılması ve çevreye zarar vermesi gibi yıkıcı etkileri bulunmaktadır.

Yaygın olarak acil durumlara yol açan afetler, dünyanın her yerinde hem seyrek nüfuslu kırsal hem de yoğun nüfuslu kentsel bölgelerde ve ayrıca doğal ve insan kaynaklı tehlikeleri içeren durumlarda çeşitli durumlarda ortaya çıkar. Afetler genellikle nedenlerine göre insan yapımı veya doğal, boyutlarına göre küçük veya büyük ve başlangıç hızlarına göre de yavaş veya ani olarak sınıflandırılmaktadır.

Afetleri, kaynaklarına göre doğal afetler ve insan kaynaklı afetler olmak üzere iki ana türe ayırmak mümkündür. Doğal afetler deprem, tsunamiler, seller, volkanik olaylar, kuraklık ve salgın hastalıklar gibi yavaş veya hızlı başlangıçlı oluşumların neden olduğu tüm doğal olayları içerirken insan kaynaklı afetler ise savaşları, kıtlıkları, ulaşım kazalarını, kirliliği ve endüstriyel kazaları içermektedir.

Bazı afet türleri aşağıda tanımlanmıştır:⁷

- *Deprem:*

Yerdeki magmatik, volkanik hareketliliğin veya yer yüzeyinin altındaki kayaların yer değiştirmesinin neden olduğu hızlı ve ani yer sarsıntısıdır. Depremler herhangi bir uyarı olmaksızın her an ve aniden meydana gelmektedirler.

- *Çığ:*

Bazen kar kayması olarak da adlandırılan çığ, buz, kar veya kayanın bir yokuştan veya dağdan aşağı hızlı akışıdır. Daha güçlü bir buz veya kar tabakasının daha zayıf bir kar tabakasının üstünden kayması durumunda meydana gelen çığlar en tehlikelidir.

⁶ Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNISDR) - Strategic Framework 2016-2021, https://www.unisdr.org/files/51557_unisdrstrategicframework20162021pri.pdf (21.09.2022).

⁷ Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC).

- *Heyelan:*

Heyelanlar toprak, kaya, çamur veya molozun kütlü halinde bir yamaçtan aşağı doğru olan hareketidir. Çoğu heyelan yerçekiminden kaynaklanırken deprem, yağışlar, volkanik patlamalar, erozyon, yeraltı suyu basıncı, ekim, inşaat ve ormanların yok edilmesi sonucu yamaçların dengesizleşmesiyle buzul ve kar erimelerinden de kaynaklanabilmektedir.

- *Volkanik Patlama:*

Volkanik kül, magma ve gazların kaçmasına izin veren, dünya yüzeyindeki bir yırtılma veya açıklıktır. Genellikle tektonik plakaların ayrıldığı veya bir araya geldiği yerlerde bulunurlar fakat plakaların ortasında da volkanik sıcak noktalar nedeniyle oluşabilirler. Bir yanardağdan lav ve gazın salınması bir volkanik patlamadır.

- *Teknolojik ve Biyolojik Tehlike:*

Teknolojik tehlikeler, tehlikeli prosedürlerden, altyapı arızasından veya insan faaliyetlerinden, teknolojik veya endüstriyel koşullardan kaynaklanmaktadır. Biyolojik, kimyasal, nükleer ve radyolojik tehlikeler her türlü teknolojik tehlikedir. Biyolojik tehlikeler de teknolojik tehlikelerle aynı müdahale ve hazırlık önlemlerine sahip ve ayrıca birçok benzerliği paylaştıklarından genellikle birlikte gruplandırılmaktadırlar.

- *Tsunami:*

Deniz tabanının büyük ölçekli yer değiştirmesiyle tetiklenen bir deniz dalgasıdır. Bunlara en yaygın olarak depremler neden olurken aynı zamanda volkanik patlamalar veya büyük sualtı toprak kaymaları da neden olmaktadır. Bir tsunami önlenemese dahi zamanında uyarı alındığında, riskler anlaşıldığında ve nasıl müdahale edileceği bilindiğinde etkisi azaltılabilmektedir.

- *Dolu Fırtınası:*

Buz topaklarından oluşan bir tür katı yağmur olarak tanımlanabilmektedir. Dolunun yere ulaşmasıyla oluşan fırtınalara dolu fırtınası denmektedir. Yaklaşık 15 dakika sürmesine karşın ekinlerde, araçlarda ve binalarda zarara yol açarken insanlarda ise yaralanmalara neden olmaktadır.

- *Taşkın:*

Suyun bir nehir, dere veya başka bir su kütlelerinin normal sınırlarından taşması veya genellikle kuru olan bir alanda birikmesidir. İklim değişikliği sebebiyle gelecekte daha sık ve daha şiddetli sellerin olacağı tahmin edilmektedir.

- *Kuraklık:*

Uzun süreli düşük yağış döneminin neden olduğu su kıtlığıdır. Toplulukların içme, tarım ve temizlik için gereken suya sahip olmaması, hastalıkların yayılmasına, gıda güvensizliğine, göçe ve ekonomik kayıplara, yetersiz beslenmeye ve açlığa yol açabilmektedir.

- *Salgınlar ve Pandemiler:*

Bir bölgede veya toplulukta belirli bir hastalığın beklenmedik ve genellikle de ani olarak artmasıdır. Pandemiler, bir salgının dünya çapında ortaya çıkması, uluslararası sınırları aşarak çok sayıda insanı etkilemesidir. Bulaşıcı hastalıklar küresel, bölgesel ve yerel düzeyde önemli sağlık tehditleri olarak salgınlara veya pandemilere neden olabilmektedirler.

Son zamanlarda, küresel doğal afetler sıklıkla meydana gelmekte ve ciddi hasarlara neden olmaktadır. Önemli bir kentsel alan kaynağı ve kamu hizmeti tesisi olarak, barınakların makul planlama ve yerleşim optimizasyonu, afet kayıplarını azaltmak ve şehirlerin sürdürülebilir kalkınmasını iyileştirmek için oldukça önemlidir.⁸

Türkiye'de en çok korkulan afet türü ve çoğu zaman da çok sayıda can kaybı olduğu depremler, ciddi ekonomik kayıplara, ölümlere ve evsizliğe neden olan bir tür doğal afetdir ve depremten etkilenenler için barınak sağlamak hayati önem taşımaktadır. Bu afet türünde tahliye edilenler için uygun miktarda, yeterli kapasitede ve doğru lokasyonlarda sığınakların yapılması esastır.⁹

⁸ L. He & Z. Xie, **Optimization of Urban Shelter Locations Using Bi-Level Multi-Objective Location-Allocation Model**, Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, Sayı: 19, No: 4401.

⁹ X. Zhao, J. Chen, W. Xu, S. Lou, P. Du, H. Yuan & K. Ip, **A Three-Stage Hierarchical Model for An Earthquake Shelter Location-Allocation Problem: Case Study of Chaoyang District, Beijing, China**, Sustainability, Sayı: 11, No: 4561, 2019.

Kentler, yaşam döngüleri boyunca ciddi hasarlara neden olan farklı türlerdeki afetlerle karşı karşıya kalarak binalarda ve altyapılarda gerçekleşen yıkımlarla çevresel, ekonomik, insani ve sosyal açıdan zarara uğramaktadırlar. Bu zararlar, afet sırasında afet yönetimine ve afet sonrası yeniden yapılandırma politikalarına veya planlarına duyulan ihtiyacı göstermektedir. Afet yönetimi, devam eden afetin olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlarken, yeniden yapılanma süreci, gelecekteki gereksinimleri karşılayan, şehrin kimliğini koruyan ve insanın mekana bağlılık duygusunu sürdüren entegre sürdürülebilir kentsel planlamayı başlatmayı amaçlamaktadır.¹⁰

- ***Afet Öncesi***

Tahmin: Bu aşamada sorumlu makamlar, teknik araçları kurar ve doğal tehlikelerin oluşumunu tahmin etmek amacıyla sismik izleme, uzaktan algılama ve hava tahmini gibi mevcut tüm teknolojileri kullanırlar.

Hazırlık: Belirli bir tehlike öngörüldüğünde bu tehlikenin olası etkileri için kapsamlı bir çalışma oluşturularak hayat kurtaracak ve mülkleri koruyacak olası tepkiler veya önlemler için entegre bir plan veya strateji geliştirilmelidir. Geliştirilen strateji tahliye planlarını içermektedir.

Etki Azaltma: Tehlikenin beklenen olumsuz etkilerini önlemek veya en azından azaltmak için her seviyedeki bütün odak noktaları tarafından gerçekleştirilen eylemler dizisidir. Bu aşama, bina yönetmeliklerinin güncellenmesi gibi yasal konuları içererek kırılabilirlik düzeyine bağlı olarak belirli bina türlerinde sismik yapısal gereksinimi kapsamaktadır.

- ***Afet Sırası***

Acil Müdahale: Bir afetin hemen ardından afetzedelerin temel ihtiyaçlarının belirlenerek sağlandığı, kurtarma ve izleme operasyonlarına önem verildiği, zarar ve kayıpların tahmin edilmesi için bilgilerin toplandığı dönemdir. Bu aşama, yardım operasyonlarını kolaylaştırmak için erişim yollarının açılmasına ek olarak genellikle evsiz kalan insanlara çadır vs. gibi barınaklar sağlamayı içerir.

¹⁰ Z. Albarakani, **Post-Disaster Reconstruction Impact on City's Urban Development**, Yüksek Lisans Tezi, Metropolia University, Berlin, 2020.

- **Afet Sonrası**

Kurtarma ve Rehabilitasyon: Afet öncesi normal yaşam koşullarına geri dönmeyi, etkilenen konut ve altyapıyı rehabilite etmeyi amaçlayan acil müdahalenin tamamlanmasından sonra başlayan bölümdür. Bu aşamada evsiz kalan kişiler acil konutlar yerine geçici konutlara taşınmalıdır. Geçici barınma alanları olan bu kamplar, prefabrik veya basit tuğla evlerden oluşan geçici konutlara, su temini imkanına ve sıhhi tesisler gibi gerekli temel hizmetlere sahiptir.

Yeniden Yapılanma: Kapsamlı bir operasyon, afetin tüm olumsuz etkilerini ortadan kaldırmayı ve etkilenen bölgenin tamamını yerel toplumun gereksinimlerini karşılayacak ve yaşam koşullarında iyileşmeyi sağlayacak sürdürülebilir bir şekilde geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu aşamanın sonunda evsiz kişiler, yeniden inşa edilmiş veya yeni inşa edilmiş kalıcı konutlara taşınmaktadır.

AFAD Yönetimi Başkanlığı tarafından acil durum ve afetlerde görev alacak olan bakanlık, kurum ve kuruluşlarla yapılan değerlendirmelerin sonucunda hazırlanan Türkiye Afet Müdahale Planı¹¹ (TAMP)'nda yer alan ana çözüm ortaklarının sorumlulukları ve görevleri bölümünde Enerji Hizmet grubu çözüm ortağı olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olup destek çözüm ortakları ise Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Özel Sektör olarak belirlenmiştir. Hizmet grubunun görev ve sorumlulukları ise şunlardır:

- Afet bölgesinde etkilenen doğalgaz, elektrik vb. enerji ile ilgili alt yapı tesislerinin acil onarımının yapılması, yaptırılması ve hizmet vermesinin de sürekliliğinin sağlanması,
- Kritik ve önemli enerji tesislerinin kısa süre içerisinde devreye girmesinin sağlanması,
- Bakım üniteleri ve geçici barınma alanlarının ısıtma, aydınlatma, soğutma tesislerine enerji sağlanması,
- Gerekli noktalarda seyyar aydınlatma, mobil jeneratör, vb. acil çözümlerin sunulması,

¹¹ T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, **Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)**, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2419/files/Afet_Mud_PL_ResmiG_20122013.pdf (15.10.2022).

- Gerektiği anda operasyonda çalışacak olan ekipman ve araçlara yakıt ikmal desteğinin sağlanması.

Bu hazırlanmış olan Türkiye geneli plan dahilinde ayrıca illerin özelliklerinin ve önceliklerinin dikkate alındığı planlar da çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarının ortaklaşa çalışmaları sonucu hazırlanmıştır. Bunlardan biri olan İstanbul İl Afet Risk Azaltma Planı¹² (İRAP), İstanbul ilinin afet durumu ile afetlerin olası etkilerinin ortaya koyulduğu ve bu etkilerin en aza indirilebilmesi için afetlerin gerçekleşmesinden önce yapılacak olan çalışmaların eylemler şeklinde gösterilerek sorumlularının tanımlandığı bir plandır. İRAP'ın oluşturulduğu eylemler bir süreç halinde programlı ve kapsamlı olarak 5 modülden oluşmaktadır. Bu modüllerde sırasıyla İlin genel durumu, Risk ve tehlike değerlendirmesi, Mevcut durum analizi, Afet risk azaltma amaç, hedef ve eylemleri, İzleme ve değerlendirme hakkında detaylar yer almaktadır.

İRAP paydaşlarıyla gerçekleştirilen çalıştaylar neticesinde İstanbul'da 10 tehlikenin risk teşkil ettiği tespit edilmiştir. Her bir afet riski özelinde GZTF analizleri yapılmış ve sonuç olarak etkin kurumlar arası iletişimin yer seçimi konusunda zayıf kalması ve kent nüfusunun deprem konusunda yeterli düzeyde hazırlıklı olmaması zayıf yönler olarak belirtilmiştir.

Bu çalışma özelinde İRAP'ta yer alan 2022 döneminde tamamlanması planlanan eylemler şunlardır:

Afet risklerinin dikkate alınarak mekansal planlara yansıtılması konusunda afet sonrası çadırların kurulması için planlanan kamuya ait geçici barınma alanlarının altyapıları sorumlu kurum olarak İlçe Belediye Başkanlıkları ve destekleyici kurum olarak da İstanbul Büyükşehir Belediyesi, AFAD İl Müdürlüğü, Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü, AYEDAŞ, İGDAŞ, İSKİ, BEDAŞ tarafından tamamlanacaktır.

Afet risklerinin azaltılması dikkate alınarak kapasite oluşturma/arttırma konusunda afet sonrası kurulacak olan geçici barınma alanlarının kanalizasyon, su, enerji, elektrik, yönetim merkezleri, lojistik akış gibi açılardan kamuya ait açık alanların ve yeşil

¹² T.C. İstanbul Valiliği, **İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP)**, https://istanbul.afad.gov.tr/kurumlar/istanbul.afad/PDF-Dosyalar/irap_istanbul.pdf (15.10.2022).

alanların öncelikli olarak altyapıları sorumlu kurum olarak AFAD İl Müdürlüğü ve destekleyici kurum olarak da İlçe Belediye Başkanlıkları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, AYEDAŞ, İGDAŞ, İSKİ, BEDAŞ tarafından sağlanacaktır. Ayrıca yine bu konuda afet müdahale planlarına kapalı ve açık alanlı spor tesisleri, buz yüzeyler ve halı sahalar da dahil olarak afet durumunda ekstra fonksiyon ile kullanılabilecek tesisler sorumlu kurum olarak İstanbul Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü ile destekleyici kurum olarak da İlçe Belediye Başkanlıkları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi vasıtasıyla dahil edilecektir.

Afete hazır olma konusunda süreklilik arz eden plan ise belirli alanlardaki bina, tesis, işletme ve yapıların hareketli veya sabit jeneratör ile yakıt bulundurma konusundaki sorumlulukları sorumlu kurum olarak AFAD İl Müdürlüğü ve destekleyici kurum olarak da İlçe Belediye Başkanlıkları, Kaymakamlıklar tarafından kontrol edilecektir.

İstanbul İRAP'ta yer alan kurum görevleri dahilinde elektrik, ulaşım ve kurtarma çalışmaları ile ilgili eylem ve sorumluluklar incelenerek bu konu özelinde ele alınmıştır. Bu bağlamdaki görevli kuruluşlar ve sorumluluklarına tek tek belirtilmiştir.

AYEDAŞ'ın olası bir doğal afet sonrasında elektrik şebekesinde oluşacak kalıcı arızaların giderilmesinde lojistik deposunda bütün ekipmanların yedekleri bulunmaktadır.

AFAD tarafından kritik merkezler (hastane, okul, stadyum vb.) ile Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından kritik GSM baz istasyonları ilk olarak enerji alınacak fiderler olarak belirlenmiştir. Ayrıca mobil jeneratörlerin bakımı yapıp Anadolu Yakası'nda kurulacak olan çadır kentlere enerji sağlanması için gerekli malzemeler ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

1 MVA gücünde 1 tane 36 kV gerilim değerinde besleme yapabilecek Mobil Jeneratör ve depremin ardından trafo merkezleri ile elektrik hatlarında meydana gelecek hasarın tespitinde kullanılmak üzere de 3 tane DRONE'nin tedariki sağlanmıştır.

Afetlerin yaşanması durumunda karayolu ile yardım ekiplerinin ve afetzedelerin ulaşımını sağlamada İETT Genel Müdürlüğü, İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Özel Halk Otobüsleri görevli olup hizmet verecekleri otobüs sayısı 6.000'in üzerindedir. Aynı

zamanda ulaşımın yanı sıra haberleşme sistemleri ve ekipmanlar ile acil yardım malzemelerini taşıma görevi de yine bu kurumlara aittir.

125 adet istasyon, 850 adet araç ve 4.500 personele sahip İtfaiye Daire Başkanlığının afet anındaki birincil görevi yangınları söndürmek ve arama kurtarma çalışmalarına katılmaktır. Bu nedenle afet durumunda kullanılacak olan çok amaçlı araçların ve ekipmanların alınmasına önem verilmiştir. İtfaiyenin de sorumluluğundaki kurtarma çalışmalarında kullanılan ekipmanlar¹³ Gaz, Isı, Radyasyon Ölçüm Cihazları, Enkaz Altı Canlı Arama Sistemleri, Yardımcı Kurtarma Ekipmanları, Canlı Arama Kamerası, Ayırıcı ve Kesiciler, Dayanak ve Destekler, Kaldırma Yastıkları, İlk Yardım Çantası, Kurtarma Halatları, Delici ve Kırıcılar, Seyyar Merdivenler, Motorlu Kesiciler, Aydınlatma Kulesi, İkaz Ekipmanları, Termal Kameralar, Makaralı Kablo, Kurtarma Botu, Atlama Yatağı, El Fenerleri, İklim Çadırı, Jeneratörler, Projektörler, El Aletleri, Köprüler, Krikolar, Megafon ve Sedyelerdir.

Bu ekipmanlardan elektrikli dalgıç pompaları, duman ve hava tahliyesi için kullanılmakta olan aspiratörler, hafif köpük jeneratörü, hidrolik kesici-ayırıcıların çalıştırılması, kırıcı-delicilerin çalıştırılması, spiral kesicilerin çalıştırılması ve elektrik aydınlatmaları için gereken enerji ile şehir şebeke elektriğinin olmadığı yerlerde enerjinin sağlanması için yine ekipmanlar arasında yer alan jeneratörler kullanılmaktadır. Kullanılan bu jeneratörler ise 4 çeşit olup teknik detaylarının yer aldığı bilgiler tablo haline getirilerek aşağıdaki Tablo 1’de gösterilmiştir:

¹³ İstanbul İtfaiyesi, **Kurtarma Ekipmanları**, <http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/kurtarma-ekipmanlari/0/sp1.html> (15.10.2022).

Tablo 1
Jeneratörler ve Teknik Özellikleri

	BOSCH VANGUARD MODEL 303447 JENERATÖR	HONDA 20 .0 V. TWIN JENERATÖR	HONDA GX 390 JENERATÖR	EİSEMANN SACHS – STAMO JENERATÖR
Tip	BSKA 8	BSKA 12 E	6800 FD – A / HHBA	BSKA 5
Çıkış	3 Adet monofaze 230 V 21,7 A 8 kVA	3 Adet monofaze 230 V 48 A 11,5 kVA 9,2 kW	3 Adet monofaze, 230 V 21,7 A 5 kVA 50 Hz	3 Adet monofaze, 230 V 21,7 A 5 kVA
Çıkış	1 Adet trifaze 400 V 11,5 A 8 kVA	1 Adet trifaze 400 V 16,7 A 11 kVA 9,2 kW	1 Adet trifaze, 400 V 8,2 A 5,7 kVA 50 Hz	1 Adet trifaze, 400 V 8 A 5,5 kVA
Yakıt	Süper benzin	Süper benzin	Süper benzin	50 / 1 oranlı yağ karışımı mahlutla çalışma
Yakıt Kapasitesi	10 lt	10 lt	5 lt	5 lt
Motor Gücü	9,1 kW 16 Hp	14,9 kW 20 Hp	8,7 kW 13 Hp	6,2 kW
Motor Devri	3000 rpm	3000 rpm	3600 rpm	3000 rpm
Silindir Hacmi	480 cm ³	614 cm ³	389 cm ³ tek silindirli	-
Ağırlık	128 kg	149 kg	91 kg	102 kg
Motor	V2 4 zamanlı, manyeto ipli elle çalıştırılmalı	V2 4 zamanlı, marşlı ve manyetolu	4 zamanlı, yağ karterli, manyetolu iple çekmeli	Tek devirli, hava soğutmalı, kartersiz

Kaynak: İstanbul İtfaiyesi, http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/143692112015__3874780536.pdf (15.10.2022).

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ÇKKV yöntemlerinin geçici barınma alanlarının seçiminde sıklıkla kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Deprem için sığınak seçiminde teknik destek sağlamak amaçlı yapılan çalışmada deprem acil durum barınaklarının seçimi için kapsamlı bir değerlendirme modeli oluşturulmaya odaklanılmıştır. Değerlendirme göstergesi olarak barınma kapasitesi, tesis kalitesi ve erişilebilirlik kriterleri ele alınmıştır. Bu göstergelerin tanımları ve nicel

hesaplama prosedürü detaylandırılarak her bir göstergenin ağırlığı, Analitik Hiyerarşi Sürecine (AHP) dayalı olarak tahmin edilerek modelin geçerliliği ve kullanışlılığı kanıtlanmak üzere bir vaka çalışması da yapılmıştır. ¹⁴

Tahliye için uygun sabit sismik sığınakların seçiminin yapıldığı çalışmada tehlike riski, konum ve büyüklük ve kurtarma tesisleri gibi etkili faktörlerle ilgili 3 temel kriter ve 9 alt kriterden oluşan bir değerlendirme sistemi kurulmuştur. Kriterler, AHP ve entropi yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmıştır ve bu yöntemin uygulanabilirliğini kanıtlayan TOPSIS yöntemi uygulanarak tahliye için sabit sismik sığınaklar seçilmiştir. ¹⁵

Çalışma alanı olarak Harbin şehrinin Songbei bölgesinin ve araştırma konusu olarak da sel hasarının alındığı çalışmada drenaj peyzajı fonksiyon alanı, Songbei yerleşim alanı ve baraj ana etkileyen faktörler olarak seçilmiştir. Ağırlıklandırma için AHP kullanılıp acil barınma uygunluk analizi için de CBS mekansal analizi kullanılmıştır. Sonuçta topluluk seviyesi, sokak seviyesi ve kentsel bölge seviyesi olarak üç seviyeli acil barınma alternatif bölgeleri belirlenmiştir. ¹⁶

Deprem hasar değerlendirmesine dayalı bir coğrafi bilgi sistemi ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak deprem öncesi geçici barınaklar için uygun ve sistematik yer seçimi amacıyla bir model önerilen çalışmada geçici barınakların yer seçimi için etkili kriterler belirlendikten sonra bu kriterlerin coğrafi katmanları İran'ın başkenti Büyük Tahran'ın 1 Nolu Belediye Bölgesi için hazırlanmıştır. Bu nitelikler ve gerekli barınak alanı (415 - 610 hektar) göz önüne alındığında, başlangıçta 14 bölge önerilerek son seçim için de çeşitli ÇKKV yöntemleri kullanılıp toplu sıralama sonuçlarının ortalaması belirlenmiş ve ilk 14 bölgeden 10'u sıralanmıştır. ¹⁷

Bir başka çalışmada mekânsal çok kriterli karar analizi ve coğrafi bilgi sistemlerinin analitik hiyerarşi süreci kullanılarak geleneksel zayıflama ilişkisi

¹⁴ S. Kongsomsaksakul, C. Yang & A. Chen, **Shelter Location-Allocation Model For Flood Evacuation Planning**, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005, Cilt: 6, s. 4237 - 4252.

¹⁵ J. Chu, & Y. Su, **The Application of TOPSIS Method in Selecting Fixed Seismic Shelter for Evacuation in Cities**, Systems Engineering Procedia, 2012, Cilt: 3, s. 391-397.

¹⁶ Z. Tong, J. Zhang & X. Liu, **GIS-Based Design Of Urban Emergency Shelter In Songbei Harbin**, In Recent advances in computer science and information engineering, Springer, Berlin, Heidelberg (2012), s. 617-622.

¹⁷ B. Omidvar, M. Baradaran-Shoraka & M. Nojavan, **Temporary Site Selection And Decision Making Methods: A Case Study Of Tehran, Iran**, Disasters, 2013, Cilt: 37, Sayı: 3, s. 536 - 553.

yöntemlerini kullanmaktan daha hızlı, yüksek çözünürlüklü deprem tehlike haritaları oluşturmak için yeni bir yöntem sunulmuştur. Bu yöntem İstanbul şehri için oluşturulmuş ve test edilmiştir. Ortaya çıkan haritalar, Boore ve Atkinson'ın NGA modeli kullanılarak İstanbul şehri için oluşturulan deprem tehlike haritaları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca İstanbul'un nüfusu ve binaları için risk altındaki unsurların bir haritası ve risk altındaki net unsurlara yönelik yeni bir yaklaşım tanıtılmıştır.¹⁸

İstanbul'un hasar görebilirliğinin ortaya koyulması amacıyla mevcuttaki yapıların deprem sonrası durumları hakkında ilgililerin aydınlatılmasının hedeflendiği çalışmada geçici barınma alanlarının kurulacağı yerin belirlenmesi için karar destek modeli geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışılan modelde analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır.¹⁹

AHP ile CBS'ye dayalı çok kriterli karar analiz yönteminin kullanıldığı çalışmada Literatür taraması, afet uzmanları ile karşılıklı görüşmeler ve Gölcük ilçesinin öncelikleri dikkate alınarak 15 kriter belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemek için AHP kullanılmış ve analizler ArcGIS, QuantumGIS ve ERDAS yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak 243.900 m² geçici barınma alanı tespit edilmiştir.²⁰

İstanbul'da olası bir afet sonrası kurulacak olan geçici barınma alanlarının yerlerinin belirlenmesi için ÇKKV tekniklerinden yararlanılarak nitel ve nicel değerlendirme kriterlerinin bir arada irdelenmesiyle bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Geçici barınma alanları yeri seçimi için potansiyel lokasyonların değerlendirilip bunun sonucunda en uygun yer seçimi belirlenmeye çalışılmıştır.²¹

Burdur ve Isparta şehirlerinde meydana gelebilecek olası bir deprem senaryosu altında kent merkezlerinde geçici iskân alanı seçimi ve bu alanlara atanacak mahallelerin belirlenmesi çalışması yapılarak AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılıp P-medyan

¹⁸H. Karaman H., & T. Erden, **Net Earthquake Hazard And Elements At Risk (NEaR) Map Creation For City Of Istanbul Via Spatial Multi-Criteria Decision Analysis**, Natural Hazards, 2014, Cilt: 73, s. 685 - 709.

¹⁹ S. Rezaei S., **Developement Of A Decision Support Model For The Optimum Shelter Location Following A Disaster**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji, İstanbul, 2014.

²⁰ E. Şentürk E. & A. Erener, **Determination of Temporary Shelter Areas in Natural Disasters By GIS: A Case Study for Gölcük/ Turkey**, International Journal of Engineering and Geosciences, 2017, Cilt: 2, Sayı: 3, s. 84 - 90.

²¹ S. Şahin, **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Bulanık Ortamda Afet Yönetimi Sisteminde Geçici Barınma Alanları Yer Seçimi**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, 2017.

problemi olarak modellenmiş ve GAMS paket programı ile çözülmüştür. Çalışma sonucunda Burdur’da dokuz adaydan altısı, Isparta’da altı aday arasından dört tanesinin geçici iskân alanı olarak kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. ²²

İran'ın kuzeyindeki afete eğilimli bir bölgeye ait farklı barınma alanlarını araştırmak için ÇKKV yöntemi olarak AHP'nin uygulandığı çalışmada en uygun geçici barınma alanlarının yerlerini belirlemek için hassas alanlar, yollara erişim, yangınla mücadele merkezleri, nüfuslu alanlar, fay hatları ve tıp merkezleri ilkeleri göz önünde bulundurulmuştur. Yöntem, bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) desteğiyle, sığınak adaylarının seçilmesi, sığınakların mekânsal kapsamının analiz edilmesi ve sığınak konumlarının belirlenmesi olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Son olarak, çok kriterli modelin ve ilgili çözüm yönteminin uygulanmasını ve kentsel deprem tahliye sığınaklarının planlanmasındaki etkinliklerini göstermek için bir vaka çalışması yapılarak fay hattına uzaklık kriterinin diğer kriterlere göre en etkili faktör olabileceği tespit edilmiştir. ²³

Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) kullanılarak etkin bir afet planlaması için barınma yeri seçiminin belirleyicileri arasındaki karmaşık ilişkilerin analizine odaklanılan çalışmada barınak alanlarının yerini belirlemek için tüm boyutları analiz edilerek ve önceliklendirilerek faydalı bilgiler üretilmiştir. Sonuçlar, arazinin elverişliliğinin, topluluk altyapısının, ulaşım altyapısının ve mülkiyet türünün diğer faktörler üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. ²⁴

Sivas ili için geçici barınma alanlarının belirlendiği çalışmada AHP ile CBS ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin bütünleştirilerek, geçici barınma alanlarının ulusal ve uluslararası standartlara göre tespit edilebilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Oluşturulan AHP tabanlı CBS ortamında ArcGIS 10.1 yazılımı üzerinde geliştirilen

²² M. Hazırcı, **Burdur Ve Isparta İllerinde Meydana Gelebilecek Olası Bir Deprem Senaryosu Altında Şehir Merkezlerinde Geçici İskân Alanı Seçimi Ve Bu Alanlara Atanacak Mahallelerin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, SBE, 2017.

²³ J. Junian & V. Azizifar, **The Evaluation of Temporary Shelter Areas Locations Using Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process**, Civil Engineering Journal, 2018, Cilt: 4, Sayı: 7, s. 1678 - 1688.

²⁴ A. Trivedi, **A Multi-Criteria Decision Approach Based On Dematel To Assess Determinants Of Shelter Site Selection İn Disaster Response**, International Journal of Disaster Risk Reduction, 2018, Cilt: 31, s. 722 - 728.

kullanıcı arayüz programı ile yalnızca parametre girişiyle geçici barınma alanları tespit edilip açık kaynaklı yazılım kütüphanelerinin yardımıyla web ortamında yayınlanmıştır.²⁵

Yapılan bir çalışmada Türkiye'nin başkenti ve ikinci büyük kenti olan Ankara ilinde afet sonrası geçici barınma alanlarının seçimi için bulanık TOPSIS tekniği kullanılmıştır. Uzman görüşleriyle birlikte ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak belirlenen on kritere göre 5 adet alternatif değerlendirilip sonuç olarak Ankara için en uygun geçici barınma alanı olarak Etimesgut belirlenmiştir.²⁶

2.2. Ulaşım

Ulaşım, hem günlük hayatımızda hem de ulusal ve uluslararası entegrasyonlarda kritik bir role sahiptir. Ulaşım ağları, ticari ve ekonomik faaliyetlerde, güvenlik ve ulusal savunma gereksinimlerinde, ihtiyaçlarımızın karşılanmasında ve günlük faaliyetlerimizde oldukça önemlidir. Bu nedenle ulaşım ağları tüm bu hareketliliği kaliteli, ekonomik, verimli ve güvenli bir şekilde karşılamalıdır.²⁷

İstanbul özelinde bakıldığında ulaşım olgusu, İstanbul'un makro gelişimi, yapılanması ve kentsel imajı üzerinde etkisi olan önemli bir dinamiktir. Zaman içindeki dönüşümler bazen morfolojik yapıya uygun olarak bazen de kendiliğinden oluşmuşlardır. Kentsel yayılma incelendiğinde, başlangıçta denize paralel olarak gelişip sonraki dönemlerde ise demiryollarının ve karayollarının iyileştirilmesiyle şeritler halinde kendi eksenlerini merkeze alarak gelişimini sürdürdüğü görülmektedir.²⁸

²⁵ İ. Moğulkoç, **Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tespit Edilmesi: Sivas İli Örneği**, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, FBE, 2019.

²⁶ M. Ömürgönülşen & C. Menten, **Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Ankara İli İçin Olası Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Seçimi**, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2021, Cilt: 7, Sayı: 1, s. 159 - 175.

²⁷ A. Özden & S. N. A. Şahin, **Urban Mobility in Covid-19: How We Adapted to Change and How Should We Respond**, Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management, Cilt 1 (Aralık 2020), s. 96-109.

²⁸ İ. Bilgin & M. Karaören, **İkili Yapıda Bir Şehir**, İstanbul Dergisi, Küreselleşme ve İstanbul, Sayı 7 (Ekim 1993), s. 36-39.

Ancak 1970'li yıllardan sonra yaşanan hızlı ve plansız kentleşmenin patlaması ile birlikte kent, her yöne genişlemeye başlamış ve yıllarca koruduğu kıyı kenti kimliğinden uzaklaşarak iç kısımda bir kent kimliğine bürünmüştür.²⁹

Ulaşım altyapısı ve bu güzergâhlarda yaşayanların ulaşımını kolaylaştırmak için üretilen yeni ulaşım araçları birbirini destekleyerek güçlendirmiştir. Sonucunda da son derece kaotik ve eşzamanlı bir ulaşım ağı ve buna bağlı bir kentsel morfoloji ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla bu sistemlerin (altyapı ve ulaşım araçları) ve kentsel formun karşılıklı olarak geliştiği söylenebilmektedir.³⁰

19. yüzyıldan İkinci Meşrutiyet'in ilanına kadar kurulan ulaşım ağının modernize edilmesi ve kent imajının batı teknolojisi ve kültürünün temelleriyle desteklenmesi amacıyla yabancı mimar ve mühendisler tarafından bazı büyük kentsel tasarım projeleri geliştirilmiştir. Bunlar içinde uygulamaya konulan, kentin kısmi bölümler halinde ele alınmasından ziyade bir bütün olarak ele alındığı projede kentsel sorunlar çözülmeye, ulaşım rahatlatılmaya ve kente Avrupai bir çehre kazandırılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda yeni meydanlar oluşturma, çıkmaz sokakları kaldırma gibi çözümlerle kentte modern bir imaj oluşturulması hedefiyle caddeler, rıhtımlar ve sahiller tasarlanmıştır. Bu kentsel planlama yaklaşımında şehrin bağlantısız bölümleri köprüler ve ulaşım projeleriyle birleştirilerek bütüncül ve büyük bir kentsel imaj sunulmuştur.³¹

İstanbul'da Sanayi Devrimi öncesi ulaşım biçimlerine bakıldığında 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar şehir içi ulaşımın büyük çoğunluğunun yaya olarak, kayıkla veya atlı arabalarla yapıldığı görülmektedir. Bu dönemde deniz ulaşımı, karayolu ulaşımına göre daha hızlı ve daha kolay sağlanması ve yerleşim alanlarının çoğunun sahil kenarlarında yer alması nedeniyle en çok tercih edilen ulaşım şekli olmuştur. Tanzimat Dönemi'nde ulaşım şekillerindeki ve araçlarındaki gelişmelere bakıldığında, Sanayi Devrimi'nin de etkisiyle sistemlerin modernleştiği görülmektedir. Boğaziçi'nde

²⁹ Z. Yenen, Y. Ünal & Z. Meray Enlil, *İstanbul'un Kimlik Değişimi: Su Kentinden Kara Kentine*, İstanbul Dergisi, Cilt 5 (1993), s. 118-128.

³⁰ E. Ekenyazıcı Güney, *A Study on The Effect of Transportation Systems to The Evolution of The City Image: The Case of Istanbul*, Megaron, Cilt 7 (Ocak 2012), s. 91-107.

³¹ Z. Çelik, *19. Yüzyılda Osmanlı Başkenti: Değişen İstanbul*, 1. Basım, İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 1998, s. 99.

yerleşimin artmasıyla birlikte vapurlar hizmete girmiştir. Ardından ilk kentsel toplu taşıma sistemi kurularak vapurların da işletmeye alınmasıyla Boğaziçi'ndeki yerleşimler kıyı şeridinde yayılmıştır. Deniz ulaşımında yaşanan bu gelişmeler sayesinde de iki kıta arasındaki iletişim gelişmiştir. Bir diğer toplu taşıma şekli olan atlı sistemler (atların çektiği tramvaylar) kara ulaşımının eksikliklerini gidermek ve yerleşimler arası bağlantıyı karadan sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Cumhuriyet'in ilanından sonraki dönemde nüfustaki azalmaya rağmen taşraya karşın İstanbul'un merkezi olmayan mahalleleri, merkezi iş ve yerleşim alanları büyümeye devam etmiştir ve bu da önemli ulaşım sorunlarına neden olmuştur. 20. yüzyılın başlarında yaygınlaşmaya başlayan otomobil olgusu, I. Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda artarak kent içi ulaşım sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Böylece zamanla at arabaları, otobüslerin şehir içi ulaşım sistemine dahil olup yaygınlaşması sonucu önemini yitirmiştir.^{32 33 34 35 36}

İstanbul'un tarih boyunca geçirdiği kentsel dönüşüm ve değişim, ekonomik kalkınma, coğrafi sınırlamalar ve kültürel, politik ve sosyal yönlerle ilgili farklı stratejilere bağlı olarak birçok eksen üzerinde değerlendirilebilir. Bu eksenler üzerindeki eşik noktaları sayesinde kentin çehresinde değişimler gözlemlenmektedir. Bu değişimler ve ulaşım kavramları birbirini tamamlayacak nitelikte olduğundan tarih boyunca ulaşım sistemlerindeki ve araçlardaki gelişmeler kent görünümünün önemli bir parçası olmuştur.³⁷

Sanayi Devrimi ile teknolojiye yaşanan önemli ilerlemelerle birlikte 19. yüzyıldan itibaren ulaşım araçları ve türlerindeki gelişmeler hem şehirlerin birbirinden ayrı merkezlerini birbirine bağlamış hem de zamanla ulaşım eksenleri üzerinde bir şekillenme eğilimi oluşturmuştur. Kentin taşralara doğru yayılmasıyla birlikte toplu ulaşımın bu alanlara ulaşamadığı noktalarda yeni ulaşım araçları ve türleri devreye

³² İ. Tekeli, **İstanbul ve Ankara için Kent İçi Ulaşım Yazıları**, İlhan Tekeli Toplu Eserleri-9, 1. Basım, İstanbul, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 2010, s. 22-23.

³³ Çelik, s. 68-74.

³⁴ G. Ü. Aybet, **O Şehr-i İstanbul Ki...**, İstanbul Dergisi, Cilt 7 (1993), s. 132.

³⁵ A. Türel, **Kent ve Ulaşım**, 75 Yılda Değişen Kent ve Mimarlık, İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları, 1998, s. 165.

³⁶ C. Bilsel, **İstanbul'un Dönüşümleri: Prost Planlaması Ve Modern Kenti Yaratmak 1910-2010**, İstanbul: Osmanlı Bankası Arşiv ve Araştırma Merkezi, 2010, s. 55.

³⁷ M. Noussan, M. Hafner & S. Tagliapietra, **The Evolution of Transport Across World Regions**, The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization, SpringerBriefs in Energy (Mayıs 2020), s. 1-28.

girmiştir. Bunların da sistem içinde yerini almasıyla birlikte kent, farklı eksenlerde şekillenmeye devam etmiştir.³⁸

Teknolojideki genel eğilimler ulaşımda da kendini göstermektedir. Kent merkezleri için önemi nedeniyle toplu taşıma, teknolojik gelişimin de odak noktası haline gelmiştir. Alternatif enerji, otonom araçlar ve yüksek hızlı ulaşım seçenekleri son yıllarda oldukça önem kazanan olgular olmuşturlardır. Bunların bir kısmı yenilik şeklinde iken bir kısmı da günümüzde şehirler için toplu taşıma sorunlarına yol açan sorunlara pratik çözümler sunma şeklindedir. Hem yenilik hem de çevre sorununa çözüm olarak elektrikli otobüslerin popülerliğinin artmasıyla birlikte birçok toplu taşıma sistemi, emisyonları azaltmaya ve şehir havasını temiz tutmaya yardımcı olmak için bu çevre dostu araçları benimsemeye başlamıştır.³⁹

Günümüzde nüfus ve trafikteki taşıt sayısı hızla artmaya devam ederek şehir yaşantısı içerisinde ulaşım problemini en önemli sorunlardan biri haline getirmiştir. Özellikle kent merkezlerinde yaşanan yoğunluk her geçen gün daha da artarak karşılanmasında güçlük çekilen bir noktaya ulaşmıştır. Bunun üstesinden gelebilmek için aktarmalı yolculuk yapma gibi yöntemler uygulanmaya başlanmıştır. Burada amaç kara ulaşımında yaşanan yoğunluğu deniz ve raylı sistemler gibi diğer ulaşım türlerine kaydırıp uyumlu bir şekilde aktarmalı sistemler tasarlanmaya başlanmıştır. Fakat deniz ulaşımı coğrafi ve ekonomi açısından; raylı ulaşım sistemleri ise ekonomi açısından her güzergahta uygulanması mümkün olmadığından benzer bir bakış açısıyla alternatif olarak şehir içi otobüs taşımacılığına uyarlanmasının faydalı olabileceği düşüncesiyle hat düzenlemesi problemi ortaya konulmuştur. Bunun için daha önce yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde çeşitli yöntemlerin uygulandığı görülmektedir.^{40 41}

³⁸ Ekenyazıcı Güney, s. 91–107.

³⁹ J. Terry, **Impacts of New Technology on Public Transportation**, Public Transportation Accidents, Community Improvement, Ağustos 2020, <https://www.torhoermanlaw.com/impacts-of-new-technology-on-public-transportation/> (23.02.2022).

⁴⁰ E. Yılmaz, **Kentçi Otobüs Taşımacılığında Yeni Bir Model Önerisi ve Simülasyon Tekniği İle Performans Değerlendirmesi**, Öneri Dergisi, Cilt 6 (2005), s. 161-173.

⁴¹ Z. Bayrakdar, N. Camkesen, & G. Akyıldız, **İstanbul'da Ulaşım Sorununun Çözümü İçin Mevcut Toplu Taşıma Sistemleri Nasıl Kullanılmalı?** İstanbul: İstanbul Kentçi Ulaşım Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 2001, s. 75-83.

Kentsel toplu taşıma sistemlerinde rotaların ve frekansların optimal tasarımı problemi olan çok amaçlı bir kombinasyonel optimizasyon problemi olarak modellenen Transit Ağ Tasarım Problemi'nin çözümü için GRASP meta-sezgisele dayalı yeni bir buluşsal yöntem kullanılmıştır. Burada önerilen çok amaçlı algoritmanın tek bir çalıştırmada bir dizi çeşitli resesif çözümler ürettiği gösterilerek bu çok amaçlı yaklaşımın aynı hesaplama denemesiyle daha resesif çözümler üretmesi bakımından Ağırlıklı Toplam Yöntemi'nden daha verimli olduğu gösterilmiştir.⁴²

Aktarım sayısının ve kullanıcıların toplam seyahat süresinin azaltılarak mevcut otobüs hizmetlerinin iyileştirilmesi amacıyla rota tasarımı problemini ele alan bir genetik algoritma ile frekans ayarlama problemini ele alan bir komşuluk arama buluşsal yöntem melezleştirilerek kullanılmıştır. Önerilen yöntemin aktarım sayısını ve toplam seyahat süresini sırasıyla en az %20,9 ve %22,7 oranında eşzamanlı olarak azaltabilen bir tasarım oluşturabileceği belirtilmiştir.⁴³

Rota setlerinin bir dizi parametre ile kalitesinin değerlendirildiği durumlarda yolcu maliyetlerinin en aza indirilmesi için evrimsel bir optimizasyon tekniği olan Genetik Algoritma ile çalışılmıştır. Hesaplama deneyleri, önerilen algoritmanın Mandl'ın problemleri için kıyaslama sonuçlarından daha iyi performans verdiğini göstermiştir.⁴⁴

Otobüs rotalarını ve trafikteki sıklığı olduğu bölümleri değerlendirmek, rota planlamasının, zaman planlamasının ve özel otobüs şeritlerinin oluşturulması için veri madenciliği teknikleriyle mekânsal-zamansal analiz çalışması yapılarak serbest akış bölümleri, otobüs durağı konumları, trafik ışığı konumları ve sıklığı eğilimli yol bölümleri belirlenmeye çalışılmıştır.⁴⁵

Seçilen gerçek bir şehir için sosyal açıdan verimli bir toplu taşıma otobüs güzergah planının değerlendirilmesi ve tasarlanması amacıyla DEAP Solver yazılımıyla

⁴² A. Mauttone & M. E. Urquhart, **A Multi-objective Metaheuristic Approach For the Transit Network Design Problem**, Journal of Public Transport, Cilt 1 (2009), s. 253-273.

⁴³ W. Y. Szeto & Y. Wu, **A Simultaneous Bus Route Design and Frequency Setting Problem for Tin Shui Wai, Hong Kong**, European Journal of Operational Research, Cilt 209 (Mart 2011), s. 141-155.

⁴⁴ J. S. C. Chew & L. S. Lee, **A Genetic Algorithm for Urban Transit Routing Problem**, International Journal of Modern Physics: Conference Series, Cilt 9 (Ocak 2012), s. 411-421.

⁴⁵ X. Fei & O. Gkountouna, **Spatiotemporal Clustering in Urban Transportation: A Bus Route Case Study in Washington D.C.**, SIGSPATIAL Special, Cilt 10 (Temmuz 2018), s. 26-33.

çok modlu veri modellemesinin, veri zarflama analizi yönteminin ve coğrafi bilgi sistemi teknolojisinin kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak mevcuttaki ve yeni tasarlanmış olan güzergahlar verimlilik açısından karşılaştırılmış ve çok modlu veriler kullanılarak toplumsal bakışa dayalı olarak güzergahların performansını iyileştirme yolları önerilmiştir.⁴⁶

Transit Yol Ağı Tasarım Problemi için bir optimizasyon modeli oluşturulmuş ve gerçek bir şehirde uygulanması hibrit bir optimizasyon modeli olarak çok seviyeli ve çok modlu bir ağ tasarım yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem için vaka çalışmasıyla Mandl'ın karşılaştırması yapılarak sonuçlar, önerilen yöntem için toplam seyahat süresinin %21,51'lik bir azalma olduğu gözlenmiştir.⁴⁷

Afet yönetimi açısından bakıldığında ulaşım ağları, doğal veya insan kaynaklı afetlerde acil müdahale, afet yönetimi, orta ve uzun vadede afet sonrası müdahale ve iyileştirme çalışmaları için kritik bir öneme sahiptir. Afetlerde insanların ulaşım ihtiyaçları ve davranışları normalden çok farklı olduğu için ulaşım ağlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kullanılması oldukça karmaşık bir sorun haline gelmektedir. Depremler, patlamalar ve kasırgalar gibi geçmişte yaşanmış çeşitli olaylardan da bilindiği üzere ulaşım sistemlerinin ve altyapılarının bozulması ile içinde bulunulan durum daha da yıkıcı olmaktadır.⁴⁸

Kasırgalar gibi tahmini önceden mümkün afetlerde ulaşım ağı, olay gerçekleşmeden önce hazırlık için veya gerçekleştikten sonra oluşan hasar sonrası müdahale ve kurtarma için tahliye aşamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı ağ davranışının yanı sıra yerel ve bölgesel trafik ve nüfus dinamiklerini belirleyip bilmek, hazırlık ve ilk müdahale için kritik bir öneme sahiptir. Öte yandan, patlama ya da deprem gibi beklenmedik bir şekilde yakalanan afetlerde, afetin daha da yıkıcı olmasını engellemek için anında müdahale hayat kurtarıcı olmaktadır. Kurtarma operasyonları için

⁴⁶ P. Singh, A. K. Singh, P. Singh, S. Kumari & A. K. Sangaiah A. K., **Multimodal data modeling for efficiency assessment of social priority based urban bus route transportation system using GIS and data envelopment analysis**, Multimed Tools Applications, Cilt 78 (Eylül 2019), s. 23897–23915.

⁴⁷ C. Wang, Z. Ye & W. Wang, **A Multi-Objective Optimization and Hybrid Heuristic Approach for Urban Bus Route Network Design**, IEEE Access, Cilt 8 (Ocak 2020), s. 12154-12167.

⁴⁸ T. Litman, **Lessons From Katrina And Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners**, Journal of Transportation Engineering, Cilt 132 (Ocak 2006), s. 11-18.

etkilenen bölgelere acil durum araçlarının; gıda, su, hijyen ürünleri, ilaç gibi acil ihtiyaçların dağıtılması için acil yardım kuruluşlarının; molozların kaldırılması, zarar görmüş su ve elektrik hatlarının onarımı, yol altyapı hasarlarının giderilmesinden sorumlu kurumların ulaşmasında ulaşım ağları kullanılmaktadır.^{49 50}

Afet olaylarından sonra mevcut hizmet seviyesini korumak ve hızlı bir şekilde eski haline getirmek, sistemin beklenmedik durumlar karşısında önemli bir arıza olmadan normal çalışmasını sağlamak, olası etkiyi azaltmak ve hareketliliği sürdürmek için bozulmayı absorbe etme yeteneği ulaşım ağının esnekliği olarak tanımlanmaktadır. Hasarın etki alanı ve giderilme süresi, afetin boyutu ve ulaşım ağının dayanıklılığı ile doğrudan ilişkilidir. Ulaşım ağının esnek olmayışı ihtiyaç duyulan mal ve hizmetlerin sağlanmasında kesintiye uğramasına neden olarak iyileşme süresinin daha da uzamasına yol açacak bir unsurdur.^{51 52}

Artan nüfus yoğunluğu ile kentleşme de artarak kentsel alanlarda sorunlara neden olmuştur. Bunların başında altyapı ile ilgili en kritik sorunlardan biri olan ulaşım gelmektedir. Yerel yönetimler, bu soruna çözüm üretebilmek için toplu taşıma sistemlerini cazip hale getirmeye çalışmaktadırlar. Bu çalışmalar daha modern, ekonomik ve teknolojik sistemlerle hizmet verilmesi amaçlıdır. Bu amaçla da günümüzde elektrikli otobüsler, azaltılmış emisyonları ve diğer sosyal ve ekonomik faydaları nedeniyle giderek artan sayıda şehir tarafından toplu taşıma için kullanılmaktadır.⁵³ Dünyada kullanılan toplam elektrikli otobüs sayısının ve teknolojisinin her geçen yıl artmasına paralel olarak akademik literatürde de bu büyüme söz konusudur.

⁴⁹ J. Holguín-Veras, N. Pérez, S. Ukkusuri, T. Wachtendorf, & B. Brown, **Emergency Logistics Issues Affecting the Response to Katrina: A Synthesis and Preliminary Suggestions for Improvement**, Transportation Research Record, (Ocak 2007), s. 76–82.

⁵⁰ F. Yuan & L. D. Han, **Improving Evacuation Planning with Sensible Measure of Effectiveness Choices: Case Study**, Transportation Research Record, Cilt 2137 (Ocak 2009), s. 54–62.

⁵¹ D. Freckleton, K. Heaslip, W. Louisell, & J. Collura, **Evaluation of Resiliency of Transportation Networks after Disasters**, Transportation Research Record, Cilt 2284 (Ocak 2012), s. 109-116.

⁵² C. Ta, A. V. Goodchild, & K. Pitera, **Structuring a Definition of Resilience for the Freight Transportation System**, Transportation Research Record, Cilt 2097 (Ocak 2009), s. 19-25.

⁵³ IEA, **World Energy Outlook 2016**, International Energy Agency: Paris, France, 2016, s. 28.

2.3. Elektrikli Otobüsler

Tarihler boyunca ulaşım, bir şehrin gelişiminin en önemli unsurlarından biri olmuştur. Görüldüğü üzere günümüzde şehirlerde ulaşım daha çok otobüslerle gerçekleştirilmektedir. Ulaşımında yüksek CO₂ emisyon değerlerine ve aynı zamanda yüksek maliyete sahip olan fosil yakıtla çalışan otobüslerin kullanılması hava kirliliğini artırarak insan sağlığını ve dolayısıyla da hayatını kötü yönde etkilemektedir. Elektrikli otobüsler, hava kirliliğini azaltıp temiz havayı korumakla sağlık harcamalarının önüne geçerek toplumsal fayda sağlamaktadır. Dizel araçlardan kaynaklanan emisyonlar küresel ısınmanın da başlıca nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Elektrikli araçlar sayesinde bu emisyonlar, partikül kirliliği ve kirleticiler ortadan kaldırılıp toprak seviyesi ozon oluşumuna katkıda bulunularak hava kalitesi iyileştirilmektedir. Sadece dizel otobüslerin elektrikli otobüslere çevrilmesiyle sera gazı emisyonları önemli ölçüde azaltılabilecektir. Bunun bir sonucu olarak da hava kirliliği ve çevreye verilen zararın azaltılmasıyla havayı ve çevreyi temizlemek için para ve emek harcamak zorunda kalınmadan topluma daha fazla finansal fayda sağlanabilecektir.^{54 55}

Artık günümüzde fosil yakıt kaynakları azalmış durumda ve ülkelerin enerjide uygulamaya başladıkları politikalarla yeni ve temiz enerji kullanan ulaşım teknolojileri ortaya çıkmıştır. Bu yüzden son yıllarda ulaşımında elektrikli otobüslerin kullanımı artmaya başlamıştır. Çünkü bu elektrikli otobüsler, dizel olanlara göre yakıtının ekonomik oluşu ve sürdürülebilirlik açısından çok daha iyi alternatiftir. Ayrıca, ileri teknolojileri sayesinde elektrikli otobüslerin bakım maliyetleri dizel otobüslere göre oldukça düşük olduğundan da ekonomik fayda sağlamaktadırlar. Ulaşımındaki otobüs filolarının gün geçtikçe elektrikli otobüslerle donatılmaya başlanmasının sonucu olarak dünyadaki toplam elektrikli otobüs miktarı hızla artmaktadır. Böylece artan taleple birlikte günden güne elektrikli otobüsler hakkında daha fazla araştırma yapılmaya başlanarak bu alandaki literatür de büyümeye başlamıştır. Ve bu araştırmaların bir kısmı da elektrikli otobüslerin verimliliğini artırmak amacıyla şehir planlamacıları, idareciler

⁵⁴ S. F. Tie & C. W. Tan, *A Review Of Energy Sources And Energy Management System In Electric Vehicles*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt 20 (Nisan 2013), s. 82-102.

⁵⁵ International Energy Agency, *World Energy Outlook 2016*, 2016, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (22.02.2022).

ve mühendisler tarafından desteklenerek elektrikli otobüslere geçiş kararının verilmesinde farklı faktörlerin önemini belirlemek veya sıralamak için çeşitli araştırmalar ve yayınlar yapılmıştır.

Çalışmaya konu olan ÇKKV yöntemlerinin kullanımları literatürde incelendiğinde ağırlıklı olarak AHP, bulanık ve bazı hibrit uygulamaları kapsamaktadır. Elektrikli otobüsler ile ilgili yapılan son çalışmalarda ise çoğunlukla hibrit uygulamalar, ANP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE veya bulanık sayılar gibi analitik yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür.^{56 57 58}

Delhi'de Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) kullanılmasıyla araç seçimi için üç alternatif ulaşım seçeneğiyle birlikte enerji tasarruf potansiyeli (enerji), emisyon azaltım potansiyeli (çevre), işletme maliyeti (maliyet), teknolojik durum (teknoloji), seçeneğin uyarlanabilirliği (uyarlanabilirlik) ve uygulama engelleri (engel) olmak üzere altı farklı kriter kullanılarak alternatif ulaşım seçeneklerinin başarısızlığının nedeni açıklanmıştır.⁵⁹

Toplu taşımada alternatif yakıtlarla çalışan otobüslerin teknolojik gelişiminin ele alındığı çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak içinde bulunulan zaman diliminde uygun olan otobüs türü belirlenip olası durum karşısında en iyi alternatifin ne olabileceği konusundaki fikirler sunulmuştur.⁶⁰

Düşük emisyonlu otobüslerin kullanılmasının çevre kirliliğini azaltmadaki etkisinin araştırılması üzerine Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak işletme

⁵⁶ W. Enang & C. Bannister, **Modelling and Control Of Hybrid Electric Vehicles (A Comprehensive Review)**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt 74 (Temmuz 2017), s. 1210-1239.

⁵⁷ Z. Li, A. Khajepour & J. Song, **A Comprehensive Review Of The Key Technologies For Pure Electric Vehicles**, Energy, Cilt 182 (Eylül 2019), s. 824-839.

⁵⁸ T. Liu & A. Ceder, **Battery-Electric Transit Vehicle Scheduling With Optimal Number Of Stationary Chargers**, Transportation Research - Bölüm C: Emerging Technologies, Cilt 114 (Mayıs 2020), s. 118-139.

⁵⁹ S. Yedla & R. M. Shrestha, **Multi-criteria Approach For The Selection Of Alternative Options For Environmentally Sustainable Transport System In Delhi**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Cilt 37 (Ekim 2003), s. 717-729.

⁶⁰ G. H. Tzeng, C. W. Lin & S. Opricovic, **Multi-criteria Analysis Of Alternative Fuel Buses For Public Transportation**, Energy Policy, Cilt 33 (Temmuz 2005), s. 1373-1383.

maliyeti ve çevrenin korunması konusundaki gerekliliklerin karşılandığı otobüs seçimi yapılmıştır. ⁶¹

Alternatif yakıtlı otobüslerin toplu taşımada kullanılmasıyla emisyonun azaltılarak hava kalitesinin iyileştirilebilmesi amacıyla yapılacak yeni yatırım kararının verilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. ⁶²

Elektrik, yakıt hücresi (hidrojen) ve metanol gibi çeşitli yakıtların kullanıldığı otobüslerin seçimi problemi, bulanık ÇKKV yöntemleriyle ele alınmıştır. ⁶³

Hibrit çok kriterli karar verme yaklaşımlarından bulanık AHP ve VIKOR yöntemleri kullanılarak ekonomik, sosyal ve teknolojik faktörler açısından toplu taşıma için otobüs türü seçimi yapılmıştır. ⁶⁴

Yenilik benimseme teorisi ve gerekçeli eylem teorisiyle yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak alternatif yakıtlı araçlarla ilgili çıkarımlarda ve önerilerde bulunulmuştur. ⁶⁵

Hiyerarşik Kararsız Bulanık Dilsel Model kullanılarak alternatif yakıtlı araçların otobüs filosuna uyarlanmasıyla olası sorunlar ve bunların önemi üzerine çalışma yapılmıştır. ⁶⁶

⁶¹ H. Hsiao, Y. C. Chan, C. H. Chiang & G. H. Tzeng, **Fuzzy AHP and TOPSIS For Selecting Low Pollutant Emission Bus Systems**, In Proceedings of the 28th IAEE International Conference, Taipei, Taiwan (2005), s. 1-19.

⁶² A. Patil, P. Herder & K. Brown, **Investment Decision Making for Alternative Fuel Public Transport Buses: The Case of Brisbane Transport**, Journal of Public Transportation, Cilt 13 (Haziran 2010), s. 115-133.

⁶³ B. Vahdani, M. Zandieh & R. Tavakkoli-Moghaddam, **Two Novel FMCDM Methods For Alternative-fuel Buses Selection**, Applied Mathematical Modelling, Cilt 35 (Mart 2011), s. 1396-1412.

⁶⁴ S. Aydın & C. Kahraman, **Vehicle Selection For Public Transportation Using An Integrated Multi Criteria Decision Making Approach: A Case Of Ankara**, Journal of Intelligent Fuzzy Systems, Cilt 26 (Ocak 2014), s. 2467-2481.

⁶⁵ M. Petschnig, S. Heidenreich & P. Spieth, **Innovative Alternatives Take Action Investigating Determinants Of Alternative Fuel Vehicle Adoption**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Cilt 61 (Mart 2014), s. 68-83.

⁶⁶ M. Yavuz, B. Öztayşi, S. Çevik Onar & C. Kahraman, **Multi-criteria Evaluation Of Alternative-fuel Vehicles Via A Hierarchical Hesitant Fuzzy Linguistic Model**, Expert Systems with Applications, Cilt 42 (Nisan 2015), s. 2835-2848.

Otobüslerde alternatif yakıtların performansının değerlendirilmesi için Graph Teorisi ve AHP yöntemlerinin kullanıldığı çok kriterli hibrit bir metodoloji geliştirilip üç örnekle de önerilen metodolojinin etkinliği ve esnekliği gösterilmiştir. ⁶⁷

TOPSIS ve Fuzzy-Set analizi kullanılarak alternatif yakıtlı araçların sürdürülebilirlikleri ve yaşam döngüleri açısından sıralamaları yapılmıştır. ⁶⁸

Aralık değerli sezgisel bulanık kümeleri (IVIFS) kullanılarak alternatif yakıt teknolojisi ve seçimi yapılmıştır. ⁶⁹

Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için birden fazla kritere bağlı olarak otobüslerde en iyi yakıt teknolojisini seçmek amacıyla sezgisel bulanık kümelerin (IFS) benzerlik ölçülerinin uygulandığı bir metodoloji geliştirilmiştir. ⁷⁰

Karar kriterleri ve belirsizlik arasındaki etkileşimlerin ele alındığı sezgisel bulanık fuzzy Choquet integral yaklaşımı ile sürdürülebilir kentsel ulaşım alternatifleri olarak halk otobüsü teknolojilerinin seçimi hakkında çalışma yapılmıştır. ⁷¹

Kararsız Bulanık Kümeler'e (HFS: Hesitant Fuzzy Sets) dayanan COMET (Characteristic Objects Method) Yöntemiyle elektrikli şehir otobüsleri seçimi için kısa bir ampirik vaka çalışması yapılarak elde edilen sonuçlarla HFS COMET'in belirsiz veriler kullanıldığında daha güvenilir kararlar alma şansının olduğunu gösterilmiştir. ⁷²

⁶⁷ P. B. Lanjewar, R. Rao & A. Kale, **Assessment Of Alternative Fuels For Transportation Using A Hybrid Graph Theory And Analytic Hierarchy Process Method**, Fuel, Cilt 154 (Ağustos 2015), s. 9-16.

⁶⁸ N. C. Onat, S. Gümüş, M. Küçükvar & O. Tatari, **Application Of The TOPSIS And Intuitionistic Fuzzy Set Approaches For Ranking The Life Cycle Sustainability Performance Of Alternative Vehicle Technologies**, Sustainable Production and Consumption, Cilt 6 (Nisan 2016), s. 12-25.

⁶⁹ B. Öztayşi, S. Çevik Onar, C. Kahraman & M. Yavuz, **Multi-criteria Alternative-fuel Technology Selection Using Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Sets**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Cilt 53 (Haziran 2017), s. 128-148.

⁷⁰ S. Mukherjee, **Selection Of Alternative Fuels For Sustainable Urban Transportation Under Multi-criteria Intuitionistic Fuzzy Environment**, Fuzzy Information and Engineering, Cilt 9 (Mart 2017), s. 117-135.

⁷¹ G. Büyüközkan, O. Feyzioğlu & F. Göçer, **Selection Of Sustainable Urban Transportation Alternatives Using An Integrated Intuitionistic Fuzzy Choquet Integral Approach**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Cilt 58 (Haziran 2018), s. 186-207.

⁷² W. Salabun, A. Karczmarczyk & J. Wątróbski, **Decision-Making using the Hesitant Fuzzy Sets COMET Method: An Empirical Study of the Electric City Buses Selection**, 2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 2018, s. 1485-1492.

Ulaşımında çevre dostu araçların kullanılması önerilerek TOPSIS ve AHP yöntemleriyle donanım (kapasite, şarj/hizmet süresi, konfor), motor özelliği (yakıt tedariki, motor gücü, tırmanma kabiliyeti), enerji verimliliği, estetik görünüm, engelsiz ulaşım, hareket kabiliyeti, çevre ve maliyet kriterlerinin kullanıldığı kampüs içi alternatif yakıtlı ring otobüs seçimi yapılmıştır. ⁷³

Bulanık AHP yoluyla faaliyet başarısını değerlendirmek için bir endeks sistemi kullanılarak tamamen elektrikli otobüslerin yol sürüş testlerine dayalı olarak seçimi yapılmıştır. Yöntemin kolayca uygulanabildiği ve oldukça pratik olduğu gösterilerek tamamen elektrikli otobüslerin tasarımı, seçimi ve değerlendirilmesinde bir temel oluşturabileceği belirtilmiştir. ⁷⁴

Mevcut seçim yöntemlerinin sınırlı oluşu nedeniyle yol çalışması testine dayalı bir test yöntemi geliştirilerek bir vaka çalışması yapılmış ve ana faktörler olarak güç tüketimi, şarj süresi, arıza süresi ve günlük ortalama sürüş mesafesi belirlenerek uygun otobüs seçimi yapılmıştır. ⁷⁵

Elektrikli otobüsler gibi temiz teknolojili araçların seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS kullanılarak gerçek bir şehir üzerinden uygulanması yapılmıştır. Altı kriter altında potansiyel altı otobüs değerlendirilip en iyi performans gösteren otobüs belirlenmiştir. ⁷⁶

Yeşil ulaşım için altı potansiyel elektrikli otobüs yedi spesifik kriter altında değerlendirilerek AHP ve TOPSIS yöntemleriyle seçim yapılmıştır. ⁷⁷

Doğaya verilen zararlarla birlikte doğal kaynakların tükenmeye başladığı ve canlıların yaşam alanlarının kısıtlandığı günümüz dünyasında organizasyonların,

⁷³ N. Süt, M. Hamurcu & T. Eren, **Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması: Ring Araçlarının Seçimi İçin Bir Karar Verme Süreci**, Gazi Journal Engineering and Science, Cilt 5 (Nisan 2019), s. 1-21.

⁷⁴ Y. Liu, J. He, W. Lu, X. Yan & C. Cheng., **Evaluation Method to Select Pure Electric Buses Based on Road Operation Tests**, World Electric Vehicle Journal, Cilt 11 (Aralık 2019), s.4.

⁷⁵ J. Gong, J. He, C. Cheng, M. J. King, X. Yan, Z. He., & H. Zhang, **Road Test-Based Electric Bus Selection: A Case Study of the Nanjing Bus Company**, Energies, Cilt 13 (Mart 2020), s. 1253.

⁷⁶ M. Hamurcu, & T. Eren, **Electric Bus Selection with Multicriteria Decision Analysis for Green Transportation**, Sustainability, Cilt 12 (Nisan 2020), s. 2777.

⁷⁷ M. Hamurcu & T. Eren, **Applications Of The MOORA And TOPSIS Method For Decision Of Electric Vehicle In Public Transportation Technology**, Transportation 2020.

şirketlerin, kuruluşların veya işletmelerin gelecek nesiller için daha yaşanılabilir bir dünya bırakma amaçları doğrultusunda yapılan çalışmalarla literatürde yeşil ulaşım kavramı her geçen gün üzerinde daha bir önemle durulan konulardan biri haline gelmiştir. Ulaşım filolarında fosil kaynaklı yakıt kullanan araçlar yerine sera gazı salınımını optimize etmek ve böylece çevreye daha az zarar veren biyodizel, doğalgaz gibi yakıtlarla çalışan araçların kullanılmaya başlanması için kamu kurum ve kuruluşlarının öncülüğünde çeşitli girişimlerde bulunmaktadır. Popülaritesinin günden güne arttığı ancak günümüz teknolojisinde hala yüksek maliyet ve nispeten kısa akü ömrü gibi kısıtları olan elektrikli araçların rota seçiminde, hat planlamasında ve elektrikli araçlara geçiş aşamasında yaşanan entegrasyon problemlerinin çözümünde farklı modeller, algoritmalar ve yöntemler kullanılmaktadır. İncelenen literatürde bu amaçla çok sayıda çalışma yapıldığı da gözlemlenmiştir.

Yüksek düzeyli mimari (HLA) yaklaşımını izleyen entegre bir simülasyon platformu ve bu platformu açıklayan Matlab/ Simulink ortamında tasarlanmış bir elektrikli otobüs güç aktarım mekanizması modeliyle birleştirilen mikroskobik trafik simülatörü SUMO (Kentsel Mobilité Simülasyonu) kullanılarak elektrikli bir otobüsün gerçek bir şehirdeki üç farklı güzergah için performansı analiz edilerek gidilen güzergah türü ile bunu gerçekleştirmek için harcanan enerji miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir. Otobüs durakları ve çok dolambaçlı bölümler arasındaki daha kısa mesafelerin en zorlu rotalar olduğu ve kilometre başına daha fazla enerji harcandığı sonucuna varılmıştır.⁷⁸

Lagrange yöntemine dayalı sezgisel çözüm algoritmasıyla elektrikli otobüs hattı tasarım değişkenlerini optimize etmek için sosyal bir refah maksimizasyonu modelinin oluşturulmuştur. İki farklı şarj stratejisine dayanılarak şarj istasyonundaki kuyrukta bekleme zamanının etkisi tartışılmış ve bu modelin elektrikli otobüs güzergahının planlaması için karar verme bakımından temel oluşturabileceği belirtilmiştir.⁷⁹

⁷⁸ D. Perrotta, J. L. Macedo, R. J. F. Rossetti, J. F. de Sousa, Z. Kokkinogenis, B. Ribeiro, & J. L. Afonso, **Route Planning for Electric Buses: A Case Study in Oporto**, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Cilt 111 (Şubat 2014), s. 1004–1014.

⁷⁹ L. Jiang & Y. Zhang, **Research on Route Planning of Electric Buses**, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cilt 252 (2019).

e-Bus uygulaması hakkında çeşitli makaleler kapsamlı olarak incelenerek karar verme sürecinde daha iyi bilgi vermek için planlama, vaka çalışması ve simülasyon ile e-Bus araştırmasında kullanılan sistem optimizasyon modelleri gözden geçirilmiştir.⁸⁰

Karınca kolonisi optimizasyonu algoritması kullanılarak elektrikli araç rotalama probleminde EA'ların menziline herhangi bir zamanda bir şarj istasyonunun olup olmadığının tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Simülasyon sonuçlarından, önerilen ACO-EVRP yaklaşımının elektrikli bir araç filosu için enerji açısından uygun rotalar üretebildiği gösterilmiştir.⁸¹

Rotalama problemi hakkında literatürdeki çalışmalar incelenerek elektrikli aracın özelliklerine ve kullanılan yöntemlere göre Kesin veya Yaklaşık Yöntemler olarak sınıflandırılması yapılmıştır. Kesin yöntemin en iyi çözümü bulduğu, Yaklaşık yönteminse daha az çaba gerektirdiğinden optimum çözümü vermediği belirlenmiştir.⁸²

Sahip olduğu farklı kolonilerin birbirleriyle iletişimi için bir göç politikası paralel karınca kolonisi optimizasyonu algoritması elektrikli araç rotalama probleminde uygulanarak simülasyon çalışmalarında oldukça etkili olduğu gösterilmiştir.⁸³

Elektrikli araç rotalama problemi ile ilgili 2011-2019 yılları arasında yayınlanan çalışmalar üzerine bir inceleme yapılarak özet bir çalışma elde edilmiştir. Ve gelecekteki araştırmalar için trafik sıkışıklığı, enerji ağı şartları ve şarj istasyonu sınırlamaları gibi daha gerçekçi sınırlamalar dikkate alınarak büyük ölçekli problemler için daha verimli algoritmalar geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.⁸⁴

⁸⁰ L. DaSilva & M. Mohamed, **Optimizing Electric Bus Transit Systems: A Review of Modelling Techniques And Methods**, Proceedings of the 55th annual Canadian Transportation Research Forum (Eylül 2020).

⁸¹ M. Mavrovouniotis, G. Ellinas & M. Polycarpou, **Ant Colony Optimization for the Electric Vehicle Routing Problem**, 2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (Kasım 2018), s. 1234-1241.

⁸² N. Dammak, S. Dhoub & A. El mhamedi, **A Review of Optimal Routing Problem for Electric Vehicle**, 2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA) (2019), s. 1-5.

⁸³ M. Mavrovouniotis, C. Li, G. Ellinas & M. Polycarpou, **Parallel Ant Colony Optimization for the Electric Vehicle Routing Problem**, 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (Ekim 2019), s. 1660-1667.

⁸⁴ Y. Zhou, L. Chen, Y. Yang & Y. Li, **Electric Vehicle Routing Problem: Model and Algorithm**, 2020 12th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA) (Şubat 2020), s. 1049-1054.

Elektrikli araçların sınırlı akü kapasiteleri nedeniyle elektrik istasyonlarında durmaları ve şarj olmaları dikkate alınarak elektrikli araç rotalama problemi için karma tam sayılı doğrusal programlama (MILP) modeli geliştirilip çözümü için de bir Tabu Arama (TS) algoritması tasarlanmıştır. Hesaplamalı deneyler, önerilen modelin verimliliğini kanıtlamak için Solomon'un örneklerine dayalı olarak gerçekleştirilip yöntemler matematiksel program yazılımı CPLEX ile karşılaştırılmıştır.⁸⁵

Araçların kat ettiği toplam mesafeyi en aza indirmek için heterojen araçlar ve kısmi şarj ile elektrikli araç rotalama probleminin çözümü için geliştirilmiş modelin çözümü için ILOG OPL CPLEX Optimization Studio kullanılmıştır. Önerilen model, sayısal deneylerle doğrulanmıştır ve lojistik yöneticilerinin karar verme sürecindeki etkilerini karşılaştırmak için araç türleri ve şarj yöntemlerinin farklı kombinasyonları dikkate alınarak karşılaştırmalı deneyler yapılmıştır.⁸⁶

Yinelenen değişken komşuluk araması algoritması (IVNS: Iterated Variable Neighbourhood Search) kullanılarak elektrikli araç filosunun yönlendirilmesini ve maliyeti en aza indirmek amacıyla aracın hızını ve hareket saatini belirlemeyi içeren zamana bağlı elektrikli araç yönlendirme problemine çözüm aranmıştır. Deneysel sonuçlarda IVNS'nin mükemmel performans gösterdiği belirlenmiştir.⁸⁷

Boylamsal dinamik modeli ve simülasyonu (kuyruk teorisi) kullanılarak geleneksel otobüsler yerine elektrikli otobüslerin kullanımının fizibilitesi çalışması ele alınmıştır. Yapılan vaka çalışması sonucu kullanılan otobüslerin hepsinin elektrikli yapılabileceği ve uygun işletim sıklığını korumak için gerekli olacak şarj cihazı sayısı ile kapasiteleri belirlenmiştir.⁸⁸

Otobüs filosundaki farklı araç türleri arasındaki dengenin en iyi şekilde sağlanması için genetik algoritma kullanılmıştır. Gerçek veriler kullanılarak yapılan

⁸⁵ Q. Wang, S. Peng & S. Liu, **Optimization of Electric Vehicle Routing Problem Using Tabu Search**, 2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC) (Ağustos 2020), s. 2220-2224.

⁸⁶ H. Park & S. Jin, **Electric Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Vehicles and Partial Charge**, Cilt 11 (Ekim 2020), s. 215-225.

⁸⁷ J. Lu, Y. Chen, J. Hao & R. He, **The Time-dependent Electric Vehicle Routing Problem: Model and Solution**, Expert Systems with Applications, Cilt 161 (Haziran 2020), s. 113593.

⁸⁸ G. De Filippo, V. Marano & R. Sioshansi, **Simulation Of An Electric Transportation System At The Ohio State University**, Applied Energy, Cilt 113 (Ocak 2014), s. 1686-1691.

çalışma sonucunda karma otobüs filolarını yapılandırma ve elektrikli araç filolarıyla toplu taşıma yönetimine ilişkin genel hususlara katkıda bulunulmuştur.⁸⁹

Nitel analizle hibrit, yakıt pili ve batarya kullanımlarına göre üç elektrikli otobüs kategorisi için çeşitli performans özellikleri ayrıntılı olarak incelendiği çalışmada elektrikli otobüslerin ekonomik, çevresel, operasyonel ve enerji verimliliği dahil olmak üzere dört performans özelliği gözden geçirilmiştir. Hibrit otobüslerin sera gazında (GHG) önemli bir azalma sağlamayacağı fakat tam elektrikliye geçişe yönelik kısa vadede bir basamak olarak kullanılmasının uygun olacağı; akü ve yakıt hücreli otobüslerinse mevcut operasyonel gereksinimleri karşılayabileceği fakat ilk yatırım maliyetinin de engel teşkil ettiği sonucu çıkarılmıştır.⁹⁰

Doğrusal Programlama ile hem akülü hem de şarjlı hibrit elektrikli otobüslerin toplu taşıma sisteminin operasyon planlamasını nasıl değiştireceği ve değiştirmesi gerektiği araştırılmıştır. Ve sonuç olarak farklı şarj istasyonu senaryolarının kullanımıyla gereken minimum araç sayısı belirlenmiştir.⁹¹

Yeşil otobüs filolarına geçişleri desteklemede kapsamlı bir optimizasyona dayalı karar verme tam sayılı doğrusal programlama ile yapılmıştır. Gerçek verilerin kullanıldığı çalışmada, kuruluşların filo elektrifikasyon hedeflerini uygun bir maliyetle karşılayacak otobüs değiştirme planlarını belirlemelerine olanak tanıyan bir filo değiştirme problemi çözülmeye çalışılmıştır.⁹²

Deterministik bir karma tam sayılı programlama ile transit kuruluşlarının sera gazı emisyonlarını en aza indirmek için dizel bir otobüs filosunu alternatif teknoloji

⁸⁹ D. Santos, Z. Kokkinogenis, J. F. de Sousa, D. Perrotta & R. J. F. Rossetti, **Towards The Integration Of Electric Buses In Conventional Bus Fleets**, 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (Kasım 2016), s. 88-93.

⁹⁰ M. Mahmoud, R. Garnett, M. Ferguson & P. Kanaroglou, **Electric Buses: A Review Of Alternative Powertrains**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt 62 (Eylül 2016), s. 673-684.

⁹¹ C. H. Hall, A. Ceder, J. Ekström & N. H. Quttineh, **Adjustments of Public Transit Operations Planning Process for the Use of Electric Buses**, The 96th TRB Annual Meeting Conference, (Ocak 2017).

⁹² S. Pelletier, O. Jabali, J. E. Mendoza & G. Laporte, **The Electric Bus Fleet Transition Problem**, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Cilt 109 (Ekim 2019), s. 174-193.

otobüslerle değiştirme süreciyle ilgili daha bilinçli kararlar almalarına yardımcı olacak bir çalışma yapılmıştır. ⁹³

Elektrikli otobüs filosu tarafından işletilen bir transit ağı durumu için kapsamlı bir rota tasarım modelinin geliştirilmesi ve test edilmesi amacıyla çok amaçlı parçacık sürü optimizasyonu ve karma tam sayılı programlama kullanılarak gerçekçi tasarım sonuçları verdiği gösterilmiştir. ⁹⁴

Birden fazla araç türü için elektrikli araçların zaman çizelgesinin hazırlanması amacıyla genetik algoritma kullanılmıştır ve önerilen metodoloji vaka çalışmasıyla doğrulanmıştır. ⁹⁵

Pareto yapay balık sürüsü algoritması ve genetik algoritma şehir içi elektrikli transit ağı probleminin çözümünde kullanılmıştır. Gerçek bir transit ağına uygulanıp önerilen yaklaşımın, iki değişken hedef arasında en iyi uyumu arayarak nispeten büyük ölçekli bir ulaşım ağını rasyonel bir şekilde tasarlayabildiğini ortaya koymuştur. ⁹⁶

Sahip oldukları yüksek sera gazı emisyonuna rağmen bilindiği üzere Türkiye'de toplu taşımada daha çok standart içten yanmalı motorlara sahip araçlar kullanılmaktadır. Türkiye'de her ne kadar Temsa, Bozankaya, Otokar, BMC, Karsan, gibi elektrikli otobüs üretimini ve ihracatını gerçekleştiren büyük firmalar olsa da bu otobüsler için ülkemizde belirli bir yönetmelik veya standart henüz bulunmamaktadır. ⁹⁷

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de geleneksel ulaşım sistemi konseptinden elektrikli tahrik sistemine sahip toplu taşıma araçlarına geçiş denemeleri her geçen gün artmaktadır. Bunun bir örneği olarak İETT tarafından EA'ların kullanımı için gereken

⁹³ A. Islam & N. Lowmes, **When To Go Electric? A Parallel Bus Fleet Replacement Study**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Cilt 72 (Temmuz 2019), s. 299-311.

⁹⁴ C. Iliopoulou, I. Tassopoulos, K. Kepaptsoglou & G. Beligiannis, **Electric Transit Route Network Design Problem: Model and Application**, Model and Application, Transportation Research Record, Cilt 2673 (Nisan 2019), s. 264-274.

⁹⁵ E. Yao, T. Liu, T. Lu, & Y. Yang, **Optimization Of Electric Vehicle Scheduling With Multiple Vehicle Types In Public Transport**, Sustainable Cities and Society, Cilt 52 (Ocak 2020), s. 101862.

⁹⁶ Y. Liu, X. Feng, Y. Yang, Z. Ruan, L. Zhang & K. Li, **Solving Urban Electric Transit Network Problem By Integrating Pareto Artificial Fish Swarm Algorithm And Genetic Algorithm**, Journal of Intelligent Transportation Systems (Kasım 2020).

⁹⁷ O. Topal, **Türkiye Toplu Ulaşım Sisteminde Elektrikli Otobüsler**, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 15 (Mart 2019), s. 155-167.

testlerin yapılması gösterilebilir. 3039 adet otobüsle ülkenin en büyük otobüs filosuna sahip İETT'nin 2022 bütçesinde filosuna katmak üzere 100 adet otobüsün alımı yer almaktadır. EA alımı için düzenlenecek ihale sonrası alınacak olan otobüslerin ilkinin testleri Ocak 2022’de yapılmaya başlanıp 6.sının testleri de Haziran 2022 tarihi itibarıyla tamamlanmış bulunmaktadır.⁹⁸

Testleri tamamlanıp ihaleye girecek olan elektrikli otobüsler tek tek incelenip teknik özellikleriyle bir tablo oluşturularak aşağıdaki Tablo 2’de gösterilmiştir:

Tablo 2
Elektrikli Otobüsler ve Teknik Özellikleri

Marka	KARSAN	BOZANKAYA	IVECO	OTOKAR	IKARUS	TEMSA
Model	e-ATA 12	SILEO S12	E-WAY 12 M	e-Kent 12 M	120e CityPioneer	AVENUE ELECTRON
Batarya Kapasitesi	449 kWh	230 kWh	350 kWh	350 kWh	314 kWh	360 kWh
Menzil	450 km	280 km	543 km	400 km	350 km	400 km
Maksimum Güç	250 kW	400 kW	120 kW	410 kW	240 kW	250 kW
Toplam Uzunluk	12.220 mm	12.220 mm	12.050 mm	12.000 mm	12.000 mm	12.095 mm
Şarj Süresi	3 saat 10 dakika	3 - 7 saat	-	2 saat	-	3 saat
Azami Yüklü Ağırlık	19.500 kg	19.500 kg	20.000 kg	18.000 kg	18.600 kg	19.145 kg
Koltuk Kapasitesi	40	39	24	27	28	35
Yolcu Kapasitesi	89	90	-	74	84	85

Normal şartlar altında 4 kişilik bir ailenin yaşadığı bir evdeki aylık asgari elektrik enerjisi tüketimi 230 kWh (TEİAŞ’ın 2011’de yaptığı araştırmaya göre ise bu tüketim 253 kWh olarak belirlenmiştir)’dir. İhalesi yapılacak olan bu otobüslerden ortalama olarak 350 kWh’lik batarya sahip otobüslerden biri baz aldığında bir evi yaklaşık olarak 1,5 ay besleyebileceği söylenebilmektedir.

⁹⁸ İETT, Elektrikli Araç Testi Yapıldı, 2022, <https://iett.istanbul/arsiv/37978/elektrikli-arac-testi-yapildi> (06.09.2022).

2.4. Stadyumlar

Stadyum kelimesinin kökeni Antik Yunanistan'daki Olympia kasabasından gelmektedir. Olimposlular, eskiden Yunanistan'da "stadium" adı verilen bir ölçü birimiyle 192 metreye karşılık gelen bir koşu yarışı yapmaktaydılar. Daha sonra ise bu birim, stadyum olarak mekanın adı olmuştur.^{99 100 101}

Antik Yunan ve Roma günlerinden bu yana stadyum konsepti çok çeşitli spor disiplinlerinin özel gereksinimlerini yansıtmak üzere önemli ölçüde gelişmiştir. Sadece son birkaç yılda stadyum projeleri yaklaşımlarında radikal değişiklikler olmuştur. Örneğin, yaklaşık 30 yıl kadar önce, futbol stadyumları genellikle atletizm gibi diğer sporlar için de kullanılmak üzere tasarlanırken günümüz tasarımlarında oyunun özel ihtiyaçları göz önüne alınmaktadır.¹⁰²

Bir spor stadyumu, esasen kahramanlıkların sergilendiği devasa bir tiyatrodur.¹⁰³ Bu işlevi ve devasa boyutu ile stadyum, güçlü bir mimari ürün haline gelmektedir.

Tüm spor mekanlarının ortak noktası, insanların spor izlemek için bir alana ihtiyaç duymaları ve sosyalleşmek için kahramanca bir başarı, beyzbol maçı, boğa güreşi, konser veya futbol maçı gibi ortak ilgi alanlarını paylaşmak üzere bir araya gelmelerinin gerekmesidir.

Kolezyum, Circus Maximus, Hipodromlar, U şeklindeki olimpiik stadyumlar gibi birçok spor mekanı yıllar içinde gelişmiştir. Bir bina tipi olarak stadyum, sanayi devriminden sonra bir canlanmıştır. Halkın kitlesel izleyici olarak etkinliklere artan talebiyle bu talebi karşılamak isteyen girişimcilerin varlığı ile stadyum veya kapalı salonların inşasının kolaylaşması için yeni yapısal teknolojiler ortaya çıkmıştır.¹⁰⁴

⁹⁹ UEFA, **Guide To Quality Stadiums**, https://editorial.uefa.com/resources/01f9-0f842793b513-3ec14e88e0ef-1000/uefa_guide_to_quality_stadiums.pdf (09.09.2022).

¹⁰⁰ S. Saltuk, **Antik Stadyumlar**, İstanbul, İnkılap Kitapevi, 1995.

¹⁰¹ S. Nixdorf, **Stadium Atlas**, Berlin, Ernst & Sohn, 2009.

¹⁰² UEFA, **Guide To Quality Stadiums**.

¹⁰³ R. Sheard, **The Stadium: Architecture for the New Global Sporting Culture**, Singapur, Pesaro Publishing, 2005.

¹⁰⁴ G. John, R. Sheard, & B. Vickery, **Stadia: The Populous Design and Development Guide**, Birleşik Krallık, Routledge, 5. Basım, 2016.

Futbol stadyumları farklı bölgeler ve farklı gelenekler sebebiyle çeşitli mimari tiplere yol açmaktadır. Örneğin, futbola büyük ilgi duyan İngiltere'de seyirci koltukları diğer Avrupa stadyumlarına göre sahaya daha yakındır. Bu yapı detayı seyirciyi oyuna yakın tutarken diğer yandan, bir koşu parkur yapmak için alanı sınırlandırmaktadır. Veya Güney Amerika'daki futbola meraklı ve heyecanlı taraftar grupları için seyirci alanının bazı kısımlarında koltuk yoktur. Bu uygulama, tüm taraftarın takımını desteklemek için ayağa kalkarak oyuna hızlı bir şekilde müdahale etmesini sağlamaktadır. Bu örnekler stadyum, oyuncular ve seyirciler arasındaki ilişkinin stadyum mimarisine bağlı olarak oldukça önemli olduğunu göstermektedir.¹⁰⁵

Stadyumun şehrin merkezinde yer alması ve sadece bir futbol etkinliğinden ziyade müzeleri, ofisleri olan ve daha fazla insanı çekerek mekanı canlı tutacak farklı kullanım şekillerini içermesi gibi işlevleri olan stadyumlar olmaları gerekmektedir.¹⁰⁶

Bir stadyum halka açık ve güvenli aktivite alanları ile servis araçlarına park alanı sağlayacak kadar geniş bir alanda konumlandırılmış olmalıdır. Seyircilerin stadyuma varışlarından, turnikelerin yakınına kadar olan alanda gereksiz tıkanıklıkları önlemek için yeterli geniş alanın olması kadar seyircilerin birçoğunun stadyumu aynı anda terk etmek istediklerinde de yine yeterli bir genişlikte alanın olması gerekmektedir. Yeterli dış alan mevcudiyeti, gelecekteki genişletme veya yeniden geliştirmeye imkan sağlayacaktır. Dünya çapında birçok ünlü stadyum, yolları, binaları ve kanalları hemen her tarafta bitişik olan yoğun şekilde gelişmiş yerlerdedir. Yenileme ve yeniden geliştirme olanakları alan darlığı nedeniyle sınırlı olup bunun arzu edilen bir durum olmadığı ifade edilmektedir.¹⁰⁷

Günümüz stadyumları, hava limanları, otobüs terminalleri, tren istasyonları gibi şehirlerarası bağlantı noktaları ile kentin ana ulaşım ağlarına ve otel, hastane gibi yerlere yakın konumda olmalıdır.¹⁰⁸

¹⁰⁵ İ. Bayraktar, **Football Stadiums' Integration Into Urban Fabric In Context Of Spatial Discourse**, Yüksek Lisans Tezi. Özyeğin Üniversitesi FBE, 2019.

¹⁰⁶ A. Aksu, **Stadyumlar: Kentsel Bağlamda Spor Eksenli Dönüşüm Öğeleri**, Mimarlık Dergisi, (Nisan 2012), No. 364, s. 65-70.

¹⁰⁷ FIFA, **Football Stadiums Guidelines 2022**, <https://www.fifa.com/technical/stadium-guidelines> (09.09.2022).

¹⁰⁸ FIFA, **Football Stadiums Technical Recommendations and Requirements**, Uluslararası Yönerge, Zürih, 5. Basım, 2011.

UEFA'ya göre modern stadyum tasarımı ve inşasında 21. yüzyıl stadyum geliştiricilerinin bilmesi gereken bazı temel temalar ve düşünceler şunlardır: ¹⁰⁹

- Stadyum tasarımı maksimum düzeyde konfor ve güvenlik sağlayan insan dostu yapılar yaratma amacına odaklanmalıdır.
- Futbol stadyumları giderek çevredeki topluluklar ve altyapı üzerinde büyük etkisi olan kentsel peyzaj içinde mimari simgeler olarak kabul edilmektedirler.
- Etkileyici mekanların sınırlı bütçelerle de oluşturulabileceği ve bu da daha küçük kulüplerin cesur tasarımlar yapabileceğinin mümkün olduğu anlamına gelmektedir.
- Stadyumlar genel olarak topluma hizmet etmeyi amaçlamalı ve hem futbol maçları hem de diğer etkinlikler için aile dostu mekanlar olarak tasarlanmalıdırlar.
- Stadyumlar, çok çeşitli tesisleri ve kullanımları bir araya getirerek ticari potansiyellerini en üst düzeye çıkaracak şekilde geliştirilmelidirler.
- Stadyum tasarımı, bir maç günü deneyiminden sonra her geçen gün daha fazlasını bekleyen seyirciye mümkün olan en iyi imkanları sunmak üzere en son teknolojik gelişmeleri içermelidir.

Ve yine UEFA'ya göre stadyum kurulum yeri için dikkat edilmesi gereken unsurlar, genel konum ve ortam (kentsel, yarı-kentsel ve yeşil alan), erişilebilirlik, çevresel etki, kapasite, mevcut ve gelecekteki kullanım, öngörülen karlılık, acil durum ve tahliye planlaması (sahanın lojistik uygunluğu), yerel toplulukla entegrasyon, yerel topluma katkıda bulunmak, kilit nokta faktörleri, görsel etki, alan sahipliği, alan boyutu, alan topografyası, jeoloji ve önceki arazi kullanımı, planlama ve imar kısıtlamaları, site erişilebilirliği, kamu hizmetlerine bağlantılar (elektrik, gaz, su ve atık hizmetlerine şebeke bağlantıları), çevredeki tesisler ve olanaklar, toplu taşıma ağı, gürültü kontrolü, projektörler ve aydınlatma, güvenlik ve güvenlik sorunları, gelecekteki stadyum kullanımı ve uyarlanabilirlik şeklinde belirtilmiştir.

¹⁰⁹ UEFA, *Guide To Quality Stadiums*.

Yakın geçmişte literatüre yapılan katkılara bakıldığında spor tesisleri için yer seçimine yapılan vurgunun arttığı görülebilmektedir. Spor tesislerini planlama ve yönetme konusunda birçok bilim insanı özellikle kuruluş yerinin önemini vurgulamış ve spor tesisleri için yer seçimi ile ilgili kriterleri tanımlamışlardır.

Konu ile ilgili ilk çalışmalardan birinde bir spor tesisi yerinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörlerin listesi verilerek belirlenen kriterlerin de açıklamaları sunulmuştur. Bu kriterlerden bazıları alan büyüklüğü, imar düzenlemeleri, görünürlük, toplu taşıma yoluyla erişilebilirlik, çevredeki trafiği, güvenlik, iklim, çevredeki rekabet, demografik yapı, çevresel koşullar, park yeri, büyüme eğilimleri, nüfus değişimleri, teşvikler, mevcut iş gücü, yerleşik işletme bölgeleri vb. ¹¹⁰

Maliyet ve bütçeye dayalı spor tesisleri için yer seçiminin yapıldığı bir çalışmada ise pazar istekleri ve güvenlik için nitelik tasarımı ile bakım, ısıtma, aydınlatma ve ilgili faktörler için enerji kontrolü üzerinde durulmuştur. ¹¹¹

Yer seçimi faktörlerinin tasarım, müşterilere ve katılımcılara erişilebilirlik, coğrafi alanın büyüklüğü (pazarın büyüklüğü ve potansiyeli), iklim, pazarlanabilirlik ve potansiyel doluluk veya kullanım oranları olarak sıralandığı bir başka çalışmada bu tür faktörlerin, gelirler ve maliyetlerle potansiyel ilişkileri göz önünde bulundurularak birbirlerine karşı tartılması gerektiği önerilmiştir.¹¹² Seçim faktörlerinin ağırlıklandırılmasına yönelik bu yaklaşım, aslında kriterleri birbirine karşı sistematik olarak ağırlıklandırdığımız çalışmamızın Entropi yöntemiyle uyumlu olmaktadır.

Spor kulüplerinin konumu ile ilgili yapılan çalışmada toplu taşımaya kolay erişim, imar, tesislerin mevcudiyeti ve kapasitesi, saha koşulları ve yerleşim hususları, sulak alanların işgali, doğal çevre ve doğal manzaralar dahil olmak üzere ilgili hususlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. ¹¹³

¹¹⁰ L. K. Miller, **Sport Business Management**, Jones & Bartlett Learning, New York, 1997.

¹¹¹ D. Arthur, **Sport Event And Facility Management**, The Business of Sport Management, Cilt 1 (2010), s. 321-349.

¹¹² H. Westerbeek, A. Smith, P. Turner, P. Emery, C. Green, & L. Van Leeuwen, **Managing Sport Facilities and Major Events**, Crowst Nest, N.S.W., Allen and Unwin, 2005, s. 64.

¹¹³ M. Robinson, **Sport Club Management**, New York, Human Kinetics, 2010.

Spor tesisleri için yer seçiminde tasarımsal faktörler üzerinde durulan bir çalışmada erişilebilirlik, park yeri, çevre ve yer tasarımı ile düzeni seçiminde dikkate alınması gerektiği üzerinde durulmuştur. ¹¹⁴

Yer seçiminde konumun çekiciliğinin, mevcut alan boyutunun, doğal ve çevresel koşulların ve toplum desteğinin dikkate alınması gerektirdiğinin belirtildiği bir çalışmada erişim kolaylığının önemine değinilmiştir. ¹¹⁵

Yapılan bir başka çalışmada imar, topluluk etkisi, kullanıcı ihtiyaçları, siyasi nüfuz, taşkın alanları, iklim, topografya, yüzölçümü, şekil, erişim, güvenlik hususları, kamu hizmetleri, alan maliyeti, izinler, düzenlemeler ve alanın estetik değeri gibi seçim kriterlerinin olduğu konumla ilgili hususlar kapsamlı bir incelemeyle sunulmuştur. ¹¹⁶

İki matematiksel modelden oluşan bir yapının geliştirildiği bir çalışmada ise metropol alanlarda spor tesislerinin kurulumu için en uygun yer tahsisi yapılmıştır. ¹¹⁷

Tesis yerleşimi şirketler için karmaşık bir problemken spor kulüpleri de birer şirket gibi düşünülecek olursa stadyum yerleşimi birden fazla kriterin dahil olduğu önemli bir karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. ¹¹⁸ Spor kulüpleri için Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin, spor literatürüne bakıldığında yine spor tesis yerlerinin seçiminin yanı sıra genellikle de oyuncu seçimi ¹¹⁹, spor kulüplerinin özelleştirilmesi ¹²⁰, spor takımlarının sıralaması ¹²¹ veya spor kulüplerinin sportif

¹¹⁴ B. J. Mullin, S. Hardy, & W. Sutton, **Sport Marketing**, New York, Human Kinetics, 4. Basım, 2014.

¹¹⁵ E. C. Schwarz, S. A. Hall, & S. Shibli, **Sport Facility Operations Management**, A Global Perspective, Londra ve New York , 2015.

¹¹⁶ G. Fried, M. Kastel, **Managing Sport Facilities**, Champaign/ IL, Human Kinetics, 4. Basım, 2020.

¹¹⁷ Y. S. Kwon, B. K. Lee & S. Y. Sohn, **Optimal Location-Allocation Model For The Installation Of Rooftop Sports Facilities in Metropolitan Areas**, European Sport Management Quarterly, Cilt 20, No. 2, s. 189-204.

¹¹⁸ U. O. Karaköprü & Ö. Kabadurmuş, **Evaluation of Stadium Locations Using AHP and TOPSIS Methods**, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi (2020), Cilt 15, No. 1, s. 1-16.

¹¹⁹ S. Ballı, S. Korukoğlu, **Development of A Fuzzy Decision Support Framework for Complex Multi-Attribute Decision Problems: A Case Study for the Selection of Skilful Basketball Players**, Expert Systems (2014), Cilt. 31, No.1, s. 56-69.

¹²⁰ M. Salimi, M. Soltanhosseini, D. Padash & E. Khalili, **Prioritization of the Factors Effecting Privatization in Sport Clubs: With AHP & TOPSIS Methods-Emphasis in Football**, International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences (2012), Cilt: 2, No. 2, s. 102-114.

¹²¹ Z. Sinuany-Stern, **Ranking of Sports Teams via the AHP**, Journal of the Operational Research Society (1988), Cilt: 39, No. 7, s. 661-667.

başarıları ile finansal performansları arasındaki ilişki ¹²² için kullanılmakta olduğu görülmüştür.

Stadyum konumlarının değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada iki aşamalı Çok Kriterli Karar Verme modeli oluşturulup öncelikle kriter ağırlıklarını belirlemek için AHP kullanılmış ve sonrasında ise spor kulüpleri için en iyi stadyum yerini bulmak için yer alternatiflerini değerlendirmek üzere TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. ¹²³

Yapılması planlanan bir stadyum için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri kullanılmak üzere 13 kriter ve 4 alternatif yer belirlenmiştir. AHP ile kriterler ağırlıklandırılarak VIKOR yöntemiyle de alternatifler değerlendirilip sıralanmıştır. ¹²⁴

Kış sporlarında bölgesel kayak merkezlerinin değerlendirilmesine odaklanılan çalışmada kayak merkezi seçimini etkileyen ferdi faktörler Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi ve IRP yöntemleri ile bütünlük bir yaklaşım kullanılmıştır. ¹²⁵

Kayak merkezi seçimi için yapılan bir başka çalışmada ise müşteri bakış açısıyla yönelimler AHP ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye 6 kayak merkeziyle 7 kriter dahil edilerek çözümleme Super Decisions paket programıyla yapılmıştır. ¹²⁶

¹²² N. Ergul, *Analyzing of the Effects of League Performance of Turkish Sport Clubs Over the Financial Performances of the Corresponding Sport Companies*, China-USA Business Review (2010), Cilt: 9, No. 12, s. 69–79.

¹²³ U. O, Karaköprü

¹²⁴ G. Eğilmez, M. S. Yıldız & A. Eş, *AHP Tabanlı VIKOR Yöntemiyle Optimum Stadyum Kuruluş Yerinin Belirlenmesi: Bolu İli Örneği*, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (2019), Cilt: 19, No. 4, s. 1043-1067.

¹²⁵ T. Erzincanlı & E. Aksakal, *Kayak Merkezi Seçimi Problemine Entropy Ve IRP Yöntemleri İle Bütünlük Bir Yaklaşım: Türkiye Uygulaması*, I. Uluslararası Kış Turizmi Kongresi, 19 - 21 Aralık 2019.

¹²⁶ S. Yurttakalan C. Yeşilyurt, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği İle Kayak Merkezlerinin Tercih Edilme Yönelimlerinin Değerlendirilmesi*, Manas Journal of Social Studies (2020), Cilt: 9, No.2, s. 973 - 984.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), bir dizi karar kriterinin varlığında karar problemleriyle ilgilenen yöneylem araştırmasının en iyi bilinen dalıdır. Birbiriyle çelişen, nitel ve/veya nicel karar kriterleri ve sonuçları altında her bir karar alternatifinin performansını bir uzlaşmalı seçimde birleştirerek karar problemlerini yapılandıran ve çözen bir prosedürdür.¹²⁷

Mevcut ÇKKV yöntemlerinin sayısı nedeniyle, her bir yöntemin kendi sınırlamaları, özellikleri, hipotezleri, öncülleri ve bakış açıları olduğundan ve aynı soruna uygulandığında farklı sonuçlara yol açabileceğinden karar vericiler uygun ÇKKV yöntemini seçme konusunda zorlanabilmektedirler. Bu nedenle, tek bir karar probleminde farklı yöntemler kullanılarak sonuçlar değerlendirip en doğru karar verilebilmektedir.¹²⁸

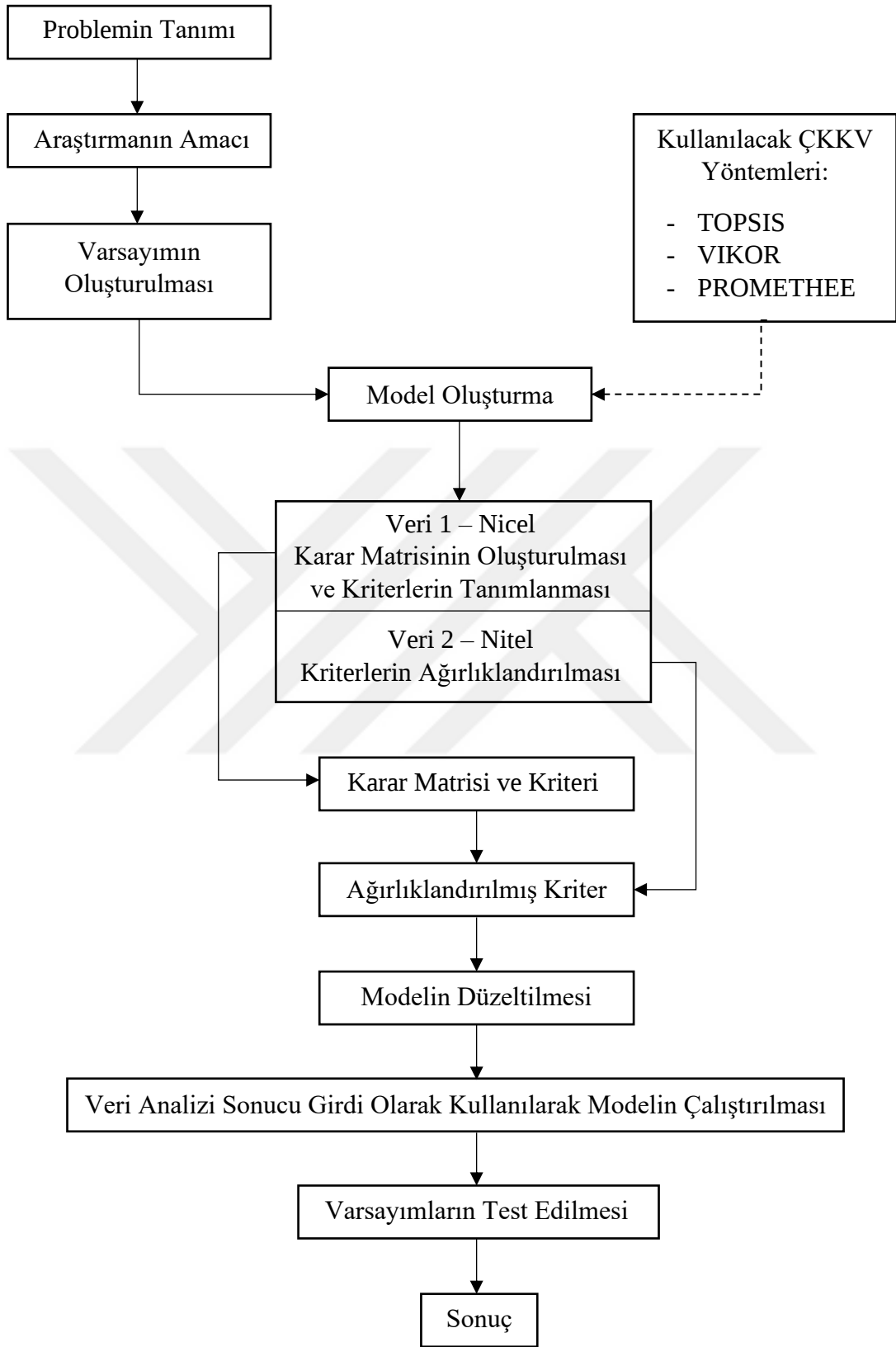
İlgili ÇKKV yöntemleri, ÇKKV problemlerini çözmede karar vericilere yardımcı olmayı amaçlar; bunlar, karar alternatifleri gruplarının çelişen kriterlere karşı değerlendirildiği farklı türdeki gerçek hayat problemlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Karar sürecinde karar vericiler için çok sayıda ÇKKV yöntemi geliştirilmiştir. Seçilmiş bir uzlaşma çözümü bulmak için tüm nesnel ve öznel bilgiler birleştirilir.¹²⁹

Bu bölümde, gerçekleşecek bir afet durumunda geniş alanlara sahip, ulaşım alternatifleri olan, gerekebilecek ihtiyaçların asgari düzeyde de olsa karşılanabileceği ve fazlaca sayıda insanın geçici olarak barınabileceği yerler olan stadyumlardan en uygun olanının belirlenmesinde üç ÇKKV yöntemini (TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE) uygulayarak farklılıklar vurgulanıp anlamlı sonuçlara ulaşmak için verilerin uygunluğu analiz edilerek karşılaştırmalı bir çalışma sunulacaktır.

¹²⁷ V. Belton & T. Stewart, **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach**, Amerika: Springer-Science+Business Media, 2002, s. 13-33.

¹²⁸ A. Ishizaka & P. Nemery, **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software**, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

¹²⁹ E. Triantaphyllou, & S. Mann, **Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some challenges**, The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, Cilt 2 (1995), s. 35-44.



Şekil 1: Tipik Çok Kriterli Karar Verme Süreci Aşamaları

ÇKKV Yöntemlerinin Uygulama Alanları:

İşletmeler, organizasyonlar ve/veya bireyler yaşamlarının hemen her alanında çok boyutlu karar problemleriyle karşılaşmaktadırlar. ÇKKV yöntemleri ilk defa geliştirildikleri 1960'lı yılların sonlarından itibaren gerek organizasyonların gerekse insanların karşılaştıkları personel seçimi, proje seçimi, ürün seçimi gibi fazlaca sayıda gerçek hayat probleminde uygulanmıştır.¹³⁰

ÇKKV Yöntemlerini Kullanma:

ÇKKV yöntemleri, karar seçeneklerini ağırlıklandırmada ve değerlendirmede matematiksel ve hesaba dayalı araçlar içerdiğinden karmaşık, çok boyutlu karar verme senaryolarına uygulama için oldukça uygundur.¹³¹

Karar verme sürecinin amacı “karar vericiye geleceğe bakma, geçmiş ve şimdiki bilgilerle gelecek tahminlerine dayanarak mümkün olan en iyi kararı verme yeteneği sağlamaktır”. ÇKKV yöntemleri, karar vericinin en iyi seçeneği seçebileceği karar seçeneklerini değerlendirmek ve sıralamak için nicel verileri, nitel verileri ve öznel uzman yargısını dikkate alarak bu amaca ulaşır.¹³²

ÇKKV yöntemleri bir karar verme sürecinin bileşenleri olarak kullanılır. Ayrıca nicel ve nitel veri analizini karar verme sürecinin bileşenleri olarak birleştirir.

ÇKKV yöntemleri, aşağıdaki özelliklere sahip bir karar verme sürecine uyum sağlayarak uygulanmaktadır:¹³³

¹³⁰ Y. Çınar, **Çok Nitelikli Karar Verme ve ‘Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi’ Örneği**, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi SBE, 2004.

¹³¹ A. Gani, M. N. Haque, N. B. Anuar & I. Haque, **Cloud Service Selection Using Multicriteria Decision Analysis**, The Scientific World Journal (Şubat 2014).

¹³² D. R. Georgiadis, A. T. Mazzuchi & S. Sarkani, **Using Multi-Criteria Decision Making in Analysis of Alternatives for Selection of Enabling Technology**, Systems Engineering, Cilt 16 (2016), No. 3.

¹³³ T. R. Ivan, **Applying Multi-Criteria Decision-Making Methods to the Department of Defense Cloud Service Offering Security Authorization Process**, Yüksek Lisans Tezi. The George Washington University EAS, 2018.

- Karar hedefleri belirlenir. Bir karar, bir veya daha fazla alternatifi karar verme ortamıyla ilgili bir veya daha fazla kriterle karşılaştırmanın sonucudur.¹³⁴
- Karar vericinin kullanabileceği karar seçenekleri belirlenir.
- Kararın verileceği karar kriterleri belirlenir.
- Karar kriterleri ağırlıkları karar alternatiflerinin değerlendirilmesinde ve karşılaştırılmasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ağırlıklar, nicel ve nicel veri kaynaklarının bir kombinasyonu kullanılarak geliştirilebilir.
- Karar seçenekleri ağırlıklı kriterlere göre değerlendirilir. Her seçenek, diğer karar seçeneklerinden bağımsız olarak ağırlıklı karar kriterlerine göre değerlendirilir.
- Karar seçenekleri, karar vericinin en uygun alternatifi seçmesine ya da bir veya daha fazla alternatifin daha fazla değerlendirilmeden elenmesine yardımcı olmak için sıralanmıştır.
- Sıralanmış alternatifler listesinden en uygun alternatif seçilerek karar verilir.

ÇKKV yöntemleri, nicel ve nitel veri analizini karar verme sürecine entegre ederek, karar vericinin karar verme sürecini şu yollarla güçlendirmektedir:

- Karar kriterleri ağırlık atamalarında öznelliğin kaldırılması: ÇKKV yöntemlerinde karar kriterleri ağırlıkları resmi teknikler kullanılarak atanır.
- Karar verme sürecinin tüm bileşenlerinin dokümantasyonunu ve iletişimini geliştirmek: ÇKKV yöntemleri, karar verici ile karardan etkilenen paydaşlar arasında dokümantasyon ve iletişimi kolaylaştırır.
- Karar kriterleri ağırlıklarının ve alternatif sıralamaların hesaplanması ve analizi, daha sonraki analiz veya uygun şekilde iyileştirme için belgelenmiş bir denetim geçmişi oluşturur.¹³⁵

¹³⁴ K. E. Foote, An Introductory Overview to Multi Criteria Evaluation, 2017, <https://slideplayer.com/slide/4595592/> (24.02.2022).

¹³⁵ Multi-Criteria Analysis: A Manual, Department of Communities and Local Government. Eland House, Bressenden Place, London, 2009, <http://www.communities.gov.uk> (24.02.2022).

ÇKKV Yöntemleri:

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden bazıları:

- *ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English):*

Roy ve Benayoun tarafından sunulan bir ÇKKV yöntemi olan Electre, değerlendirme kriterlerinin her birinin ikili karşılaştırma avantajlarına göre alternatifleri sıralayan ve seçen bir yöntemdir.

- *COPRAS (Complex PROportional ASsessment):*

Alternatifleri değerlendirmek ve sıralamak için kullanılan bu ÇKKV yönteminin başlıca özelliği her bir seçeneğin birbiriyle karşılaştırılarak iyi ya da kötü olma durumlarının yüzde olarak ifade edilmesidir.

- *ARAS (Additive Ratio Assesment):*

ÇKKV problemlerini çözmek için Turskis ve Zavadskas tarafından sunulan bu yöntemde her bir alternatifin fayda fonksiyon değeri, optimal alternatifin fayda fonksiyon değeri ile karşılaştırılmaktadır. ARAS yönteminin süreci 4 adımdan oluşmaktadır. Yöntemin son adımında her bir alternatifin optimallik fonksiyonu değeri hesaplanarak alternatiflerin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

- *MULTIMOORA (Multi-Objective Optimization On The Basis Of Ratio Analysis Plus Full Multiplicative Form):*

Bu ÇKKV yöntemi Zavadskas ve Brauers tarafından geliştirilerek sunulmuştur. En pratik ÇKKV yöntemlerinden birisi olarak karmaşık karar verme problemlerini çözmek kullanılmaktadır. Ayrıca literatürde, MOORA adı altında türevleri bulunmaktadır.

- *SAW (Simple Additive Weighting):*

Ağırlıklı Toplam Modeli olarak da bilinen bu yöntem Ackoff ve Churchman tarafından sunulmuştur. Diğer birçok ÇKKV yöntemine kıyasla daha basit bir hesaplama sürecine sahip olması sebebiyle sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir.

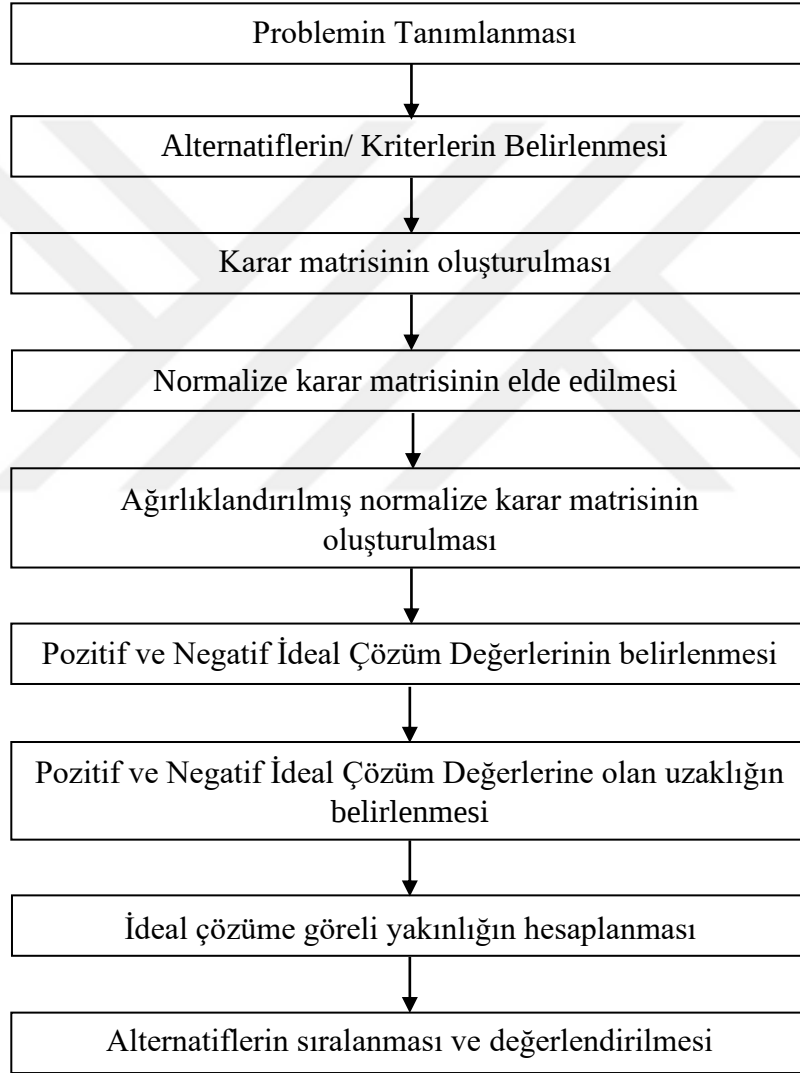
- *MAUT (Multi-Attribute Utility Theory):*

Niceliksel ve niteliksel kriterlerin birlikte değerlendirilmesine imkan vererek kriterler açısından en iyi alternatifin belirlenmesini sağlayan ÇKKV yöntemlerinden biridir.

Çalışmada kullanılacak olan ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE ayrıntılı bir şekilde başlıklar halinde incelenmiştir.

3.1. TOPSIS Yöntemi

Bu yöntem Yoon ve Hwang tarafından geliştirilmiştir. İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercihi Tekniği anlamına gelen TOPSIS, seçilen alternatifin ideal çözüme en kısa ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif olması gerektiği anlayışına dayanan bir ÇKKV yöntemidir. TOPSIS, bir alternatifin yerleşik isteklere veya hedeflere nasıl ulaştığını ölçen bir hedef, istek ve referans modelidir.^{136 137}



Şekil 2: TOPSIS Karar Aşamaları

¹³⁶ R. Gavade, **Multi-Criteria Decision Making: An Overview of Different Selection Problems and Methods**, International Journal of Computer Science and Information Technologies, Cilt 5 (2014), s. 5643-5646.

¹³⁷ F. Tscheikner-Gratl, E. Patrick, R. Wolfgang & K. Manfred, **Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute Water, 2017.

TOPSIS yönteminde pozitif ve negatif ideal çözümler belirlendiğinden karar vericiler tarafından seçilmek istenen alternatiflerin en ideal ve en ideal olmayanı belirlenerek yorumlanabilmektedir. Bu da TOPSIS yöntemini diğer yöntemlerden ayıran başlıca özelliktir.

Problem tanımlanıp alternatifler ve kriterler de belirlendikten sonra adım adım yapılacak olan hesaplama aşamaları:

- Karar Matrisinin (A_{ij}) Oluşturulması: Matrisin satırları üstünlüklerin ifade edildiği alternatifleri gösterirken sütunları ise karar verme aşamasında kullanılacak olan kriterleri göstermektedir. Burada “m” alternatif sayısını, “n” ise kriter sayısını ifade etmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix}$$

- Normalize Karar Matrisinin (R_{ij}) Oluşturulması: Oluşturulan karar matrisinin değerleri kullanılarak eşitlik (1) yardımıyla normalize karar matrisi hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m \alpha_{kj}^2}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Eşitlik yardımıyla oluşturulan R matrisi aşağıdaki gibi olur:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

- Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin (V_{ij}) Oluşturulması: Uzman görüşü ile belirlenmiş olan kriter ağırlıkları ($\sum_{j=1}^n w_j = 1$) kullanılarak eşitlik (2) yardımıyla oluşturulur.

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (2)$$

Eşitlik yardımıyla oluşturulan V matrisi aşağıdaki gibi olur:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

- Pozitif İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerinin Oluşturulması: Bu yöntemde her bir kriter durağan bir biçimde azalan eğilimli ya da artan eğilimli bir grafiğe sahip gibi varsayılır.

Pozitif ideal çözüm setini oluştururken kriterler maksimizasyon odaklı ise sütun değerlerinden, yani V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinden en büyükleri seçilirken kriterler minimizasyon odaklı ise en küçük olan seçilmektedir. Pozitif ideal çözüm, eşitlik (3) yardımıyla bulunmaktadır.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \left\{ \left(\max_i \{v_{ij}\} \mid j \in P \right), \left(\min_i \{v_{ij}\} \mid j \in N \right) \right\} \quad (3)$$

Negatif ideal çözüm setini oluştururken ise kriterler minimizasyon odaklı ise sütun değerlerinden, yani V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinden en küçükleri seçilirken kriterler maksimizasyon odaklı ise en büyük olan seçilmektedir. Negatif ideal çözüm, eşitlik (4) yardımıyla bulunmaktadır.

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \left\{ \left(\min_i \{v_{ij}\} \mid j \in P \right), \left(\max_i \{v_{ij}\} \mid j \in N \right) \right\} \quad (4)$$

Her iki eşitlikte de yer alan $P = \{j = 1, 2, \dots, n\}$ fayda değerini (maksimizasyon), $N = \{j = 1, 2, \dots, n\}$ kayıp değerini ifade etmektedir.

- Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması: Alternatiflerin her birinin pozitif ideal çözüme olan uzaklığı (S_i^+) eşitlik (5)'teki gibi ve negatif ideal çözüme olan uzaklığı (S_i^-) ise eşitlik (6)'daki gibi Euclidian Uzaklık teoreminden yararlanılarak bulunabilmektedir.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (6)$$

- Görelî Yakınlık Hesaplanması: Her bir alternatifin ideal çözüme görelî yakınlığı eşitlik (7) yardımıyla hesaplanmaktadır.

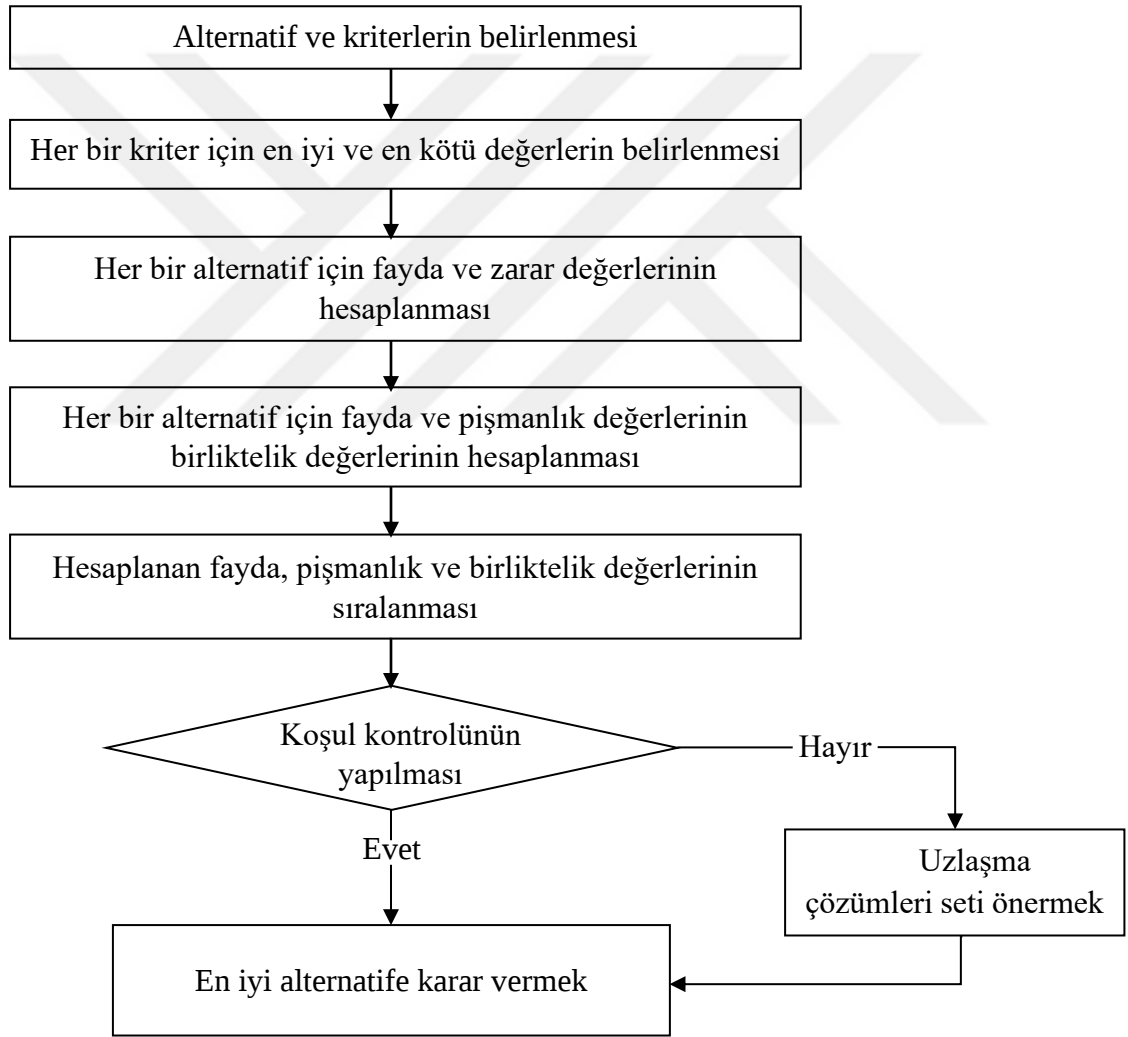
$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad 0 \leq C_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$C_i = 1$ ise karar noktası pozitif ideal çözüme, $C_i = 0$ ise karar noktası negatif ideal çözüme yakın demektir.

Ve burada en büyük C_i 'ye sahip ideal çözüm, optimal çözümü temsil etmektedir.

3.2. VIKOR Yöntemi

Bu yöntem Opricovic tarafından geliştirilmiştir. Uzlaşma Sıralaması Yöntemi anlamına gelen VIKOR, karmaşık sistemlerin çoklu kriter optimizasyonu için kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Bir dizi alternatif arasından sıralamaya ve seçime odaklanan VIKOR yöntemi, çelişen kriterlere sahip problemler için uzlaşmacı çözümler sunmaktadır.¹³⁸ Uzlaşma çözümü, ideal çözüme en yakın olan uygulanabilir bir çözümdür ve uzlaşma, alternatifler arasında yapılan karşılıklı tavizlerle kurulan bir anlaşma anlamına gelmektedir.



Şekil 3: VIKOR Karar Aşamaları

¹³⁸ S. Opricovic & G. H. Tzeng, *Compromise Solution By Mcdm Methods: A Comparative Analysis Of Vikor And Topsis*, European Journal Of Operational Research, Cilt 156 (2004), s. 445-455.

- En İyi (f_i^+) ve En Kötü (f_i^-) Alternatiflerin Hesaplanması: j alternatifleri ($j = 1, 2, \dots, m$), i ise kriterleri ($i = 1, 2, \dots, n$) göstermekte olup her bir kriter için eşitlik (9) ile en iyi ve eşitlik (10) ile de en kötü alternatifler hesaplanabilmektedir.

$$f_i^+ = \max_j \{f_{ij}\} \quad (9)$$

$$f_i^- = \min_j \{f_{ij}\} \quad (10)$$

- Fayda (S_j) ve Zarar (R_j) Değerlerinin Hesaplanması: Eşitlik (11) ile fayda ve eşitlik (12) ile zarar değerleri her bir alternatif için hesaplanır. Buradaki w_i , her bir kriterin ağırlık değerini belirtmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)}, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$R_j = \max_i \left[w_i \frac{(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)} \right], \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

- Birliktelik Değerinin (Q_j) Hesaplanması: Her bir alternatif için birliktelik değeri eşitlik (13) yardımıyla hesaplanır.

$$Q_j = v \frac{(S_j - S^+)}{(S^- - S^+)} + (1 - v) \frac{(R_j - R^+)}{(R^- - R^+)} \quad (13)$$

$$S^+ = \min_j \{S_j\}, \quad S^- = \max_j \{S_j\}, \quad R^+ = \min_j \{R_j\}, \quad R^- = \max_j \{R_j\}$$

$$i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Burada “v” maksimum grup faydasının ağırlığını ifade edip genellikle 0,5 olarak alınmaktadır. “(1-v)” ise karşıt olarak minimum zararın ağırlığını ifade etmektedir.

- Sıralamanın Yapılması: S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır. Ve böylece üç farklı sıra elde edilmiş olur. Daha sonra ise en küçük değerli Q_j , alternatifler içerisindeki en iyi olarak belirlenir.

Belirlenen Sonucun Geçerliliği: Bir önceki adımda bulunan sonucun geçerli olup olmadığını belirlemek için iki koşulla test edilmesi gerekmektedir.

Koşul - 1: Kabul edilebilir avantaj koşulu eşitsizlik (14) yardımıyla tespit edilebilmektedir.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1}, \quad m = 1, 2, \dots, j \quad (14)$$

Buradaki A_1 en küçük Q değerine sahip en iyi alternatifi, A_2 ise en iyi ikinci alternatifi ifade ederken m değeri ise alternatif sayısını ifade etmektedir.

Koşul - 2: Kabul edilebilir istikrar koşuluyla en iyi Q değerine sahip olan A_1 alternatifinin R ve S değerlerinden en az birinde en iyi sonucun olup olmadığı test edilmektedir.

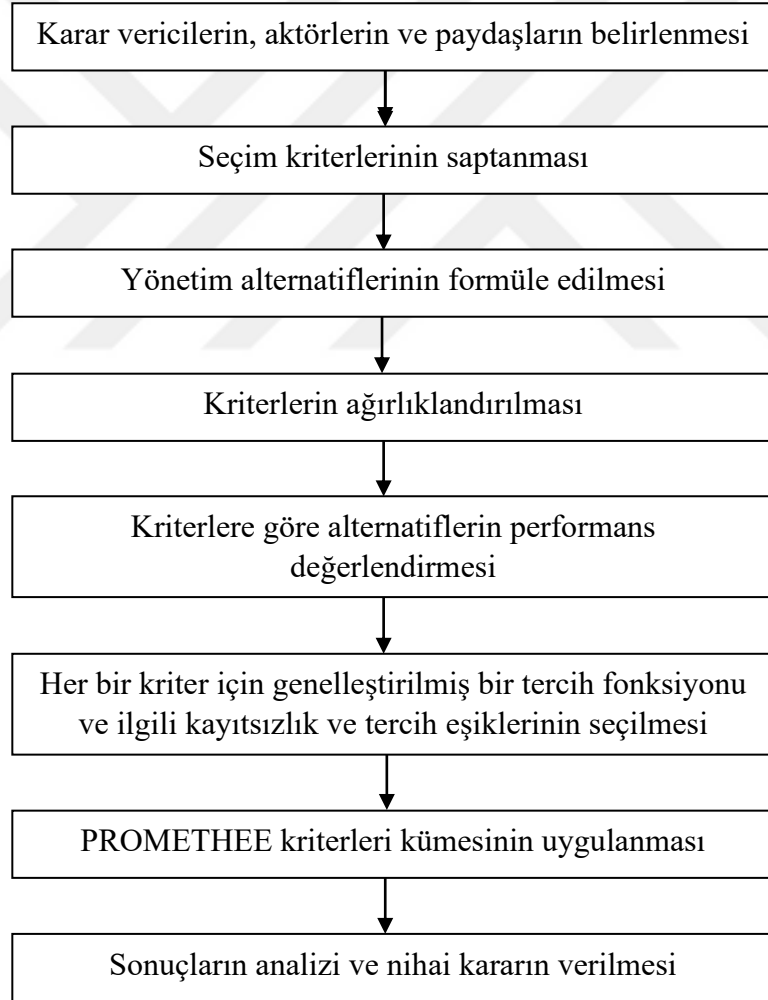
Yukarıda belirtilmiş olan iki koşuldan biri sağlanamıyorsa uzlaşık çözüm kümesi aşağıdaki koşullarla yeniden belirlenir:

- *Koşul - 2* sağlanmıyorsa A_1 ve A_2 alternatifleri,
- *Koşul - 1* sağlanmıyorsa $A_1, A_2, \dots, A_j$ alternatifleri $Q(A_j) - Q(A_1) < \frac{1}{m-1}$ eşitsizliği dikkate alınarak ifade edilir.

Kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar kümelerinin her ikisinde de yer alan alternatifler sıralama kuralına kıyasla istikrarlı karar noktalarını göstermektedir.

3.3. PROMETHEE Yöntemi

Bu yöntem Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilmiştir. Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi anlamına gelen PROMETHEE, her bir kriter için alternatif çiftleri arasındaki farka odaklanan bir ÇKKV yöntemidir.¹³⁹ PROMETHEE sıralama yöntemi, alternatiflerin yalnızca birbirlerine göre güçlerine (en iyi veya en kötü durum) göre sıralanmasına izin vermektedir, böylece nihai bir sıra ölçeğinde olmayan bir sıralama çözümü sağlamış olur. PROMETHEE yöntemi ile ÇKKV yöntemleri arasındaki en önemli fark genelleştirilmiş tercih fonksiyonlarının kullanılmasıdır.



Şekil 4: PROMETHEE Karar Aşamaları

¹³⁹ T. A. Mazzuchi, **Application of Multi Criteria Decision Making Methods to the DLA Energy Military Construction Portfolio Selection Process**, Doktora Tezi. The George Washington University EAS, 2016.

Problem çözümü için belirlenmiş kriterlerle değerlendirmeyi yapabilmek üzere tanımlanmış olan farklı tipte altı adet tercih fonksiyonu bulunmaktadır. Bu tercih fonksiyonlarından kriterlerin yapısına göre çözüm aşamasında uygun olanlarından yararlanılmaktadır. ¹⁴⁰

Tablo 3
PROMETHEE Genel Tercih Fonksiyonları

Tür	Parametre	Fonksiyon	Grafik
Birinci Tür (Olağan)	-	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$	
İkinci Tür (U-tipi)	q	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$	
Üçüncü Tür (V-tipi)	p	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 \leq d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	
Dördüncü Tür (Seviyeli)	p, q	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	
Beşinci Tür (Lineer)	p, q	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$	
Altıncı Tür (Gaussian)	s	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}}, & d > 0 \end{cases}$	

Kaynak: Ö. Özsoy, Evaluation of Industrial Designs by Using Analytical Hierarchy Process and Parallel Prototyping, Tasarım + Kuram, 2019.

¹⁴⁰ J. P. Brans, & P. Vincke, **Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM**, Management Science, Cilt 31 (1985), No 6, s. 647-656.

Problem tanımlanıp alternatifler ve kriterler de belirlendikten sonra adım adım yapılacak olan hesaplama aşamaları:

- Karar Matrisinin (A_{ij}) Oluşturulması: Matrisin satırları üstünlüklerin ifade edildiği alternatifleri gösterirken sütunları ise karar verme aşamasında kullanılacak olan kriterleri göstermektedir. Burada “m” alternatif sayısını, “n” ise karar sayısını ifade etmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix}$$

- En Yüksek (Max_{ij}) ve En Düşük (Min_{ij}) Değerlerin Belirlenmesi: j alternatifleri ($j = 1, 2, \dots, m$), i ise kriterleri ($i = 1, 2, \dots, n$) göstermekte olup her bir kriter için eşitlik (15) ile en yüksek ve eşitlik (16) ile de en düşük değerler belirlenebilmektedir.

$$Max_{ij} = \max_j \{x_{ij}\} \quad (15)$$

$$Min_{ij} = \min_j \{x_{ij}\} \quad (16)$$

- Normalize Karar Matrisinin (R_{ij}) Oluşturulması: En yüksek ve en düşük değerler belirlendikten sonra fayda kriteri için eşitlik (17), maliyet kriteri içinse eşitlik (18) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulur.

Fayda kriteri için:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - Min(x_{ij})}{Max(x_{ij}) - Min(x_{ij})}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (17)$$

Maliyet kriteri için:

$$r_{ij} = \frac{Max(x_{ij}) - x_{ij}}{Max(x_{ij}) - Min(x_{ij})}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (18)$$

Eşitlik yardımıyla oluşturulan R_{ij} matrisi aşağıdaki gibi olur:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

- İkili Karşılaştırma ile Sapmanın Belirlenmesi: $d_j(a, b)$, her bir kriterde a ve b'nin değerlendirilmeleri arasındaki farkı göstermektedir.

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (19)$$

- Tercih Fonksiyonunun Tanımlanması: $P_j(a, b)$, 0 ile 1 arasında değer alan her bir kriter için alternatif a ile alternatif b değerleri arasındaki farkın fonksiyonunu temsil etmektedir.

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad (20)$$

- Çok Kriterli Tercih Endeksinin Belirlenmesi:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P(a, b)w_j \quad (21)$$

- Pozitif ve Negatif Sıralama Akışlarının Belirlenmesi:

Pozitif Sıralama Akışı:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (22)$$

Ele alınan alternatifin diğer alternatifler üzerinde nasıl bir üstünlük sağladığının gösterilmesidir. Bu alternatifin gücünün ve üstünlük karakterinin göstergesidir.

Negatif Sıralama Akışı:

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (23)$$

Ele alınan alternatifin üzerinde diğer alternatiflerin nasıl bir üstünlük sağladığının gösterilmesidir. Bu alternatifin zayıflığının göstergesidir.

- Her Bir Alternatif İçin Net Geçiş Akışının Belirlenmesi:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^k \sum_{x \in A} [P_j(a, x) - P_j(x, a)] w_j \quad (24)$$

Net akım büyüdükçe alternatifin performansı da o derece yüksek olacaktır. Bu hesaplamanın sonucunda alternatifler arası tam bir sıralamanın yapılabilmesi artık mümkün olmaktadır. Buradan elde edilen değerlerle sıralama iyiden kötüye olacak şekilde sayı değeri olarak büyükten küçüğe doğru yapılmaktadır.

PROMETHEE yönteminin temel özellikleri açıklığı, dengeli oluşu ve basitliğidir.

4. TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE YÖNTEMLERİYLE GEÇİCİ BARINMA ALANI OLARAK STADYUM SEÇİMİ UYGULAMASI

4.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Uygulamanın amacı, gerçekleşecek bir afet durumunda geniş alanlara sahip, ulaşım alternatifleri olan, gerekebilecek ihtiyaçların asgari düzeyde de olsa karşılanabileceği ve fazlaca sayıda insanın geçici olarak barınabileceği yerler olan stadyumlardan en uygun olanının ÇKKV yöntemleriyle belirlenmesi ve otobüslerin farklı amaca hizmet etmesine dikkat çekilmesiyle tüm bunların sonucu olarak da verimli bir şekilde kaynak yönetiminin ve sürdürülebilirliğin vurgulanmasıdır.

4.2. Uygulamanın Önemi

Geçici barınma alanlarının afet sonrası kurulumları tamamlanıp yaşam için gerekli asgari şartlar sağlanana kadar evsiz afetzedelerin kalabilecekleri alternatiflerin başında gelen stadyumlara ulaşımında kullanılacak araçların aynı zamanda alandaki kesintisiz güç kaynağı (UPS) olarak enerji gibi bir diğer hayati ihtiyacı da giderebilecek özellikte olmasının son derece kullanışlı ve ekonomik bir tercih olacağı düşünülmektedir. Ayrıca günümüzde toplu taşımada kullanılan fosil yakıtlı araçlarla çevreye sera gazı emisyonu yayılarak kirliliğe neden olmaktadır elektrikli otobüslerin kullanımıyla bu olumsuz etki ortadan kalkacaktır. Sonuç olarak çevre konusunda da elektrikli otobüslerin olumlu etkisinden söz etmek mümkündür.

4.3. Uygulamanın Yöntemi ve Kısıtları

AFAD’da ilgili birimdeki uzmanlarla yapılan görüşme sonucunda Geçici Barınma Alanlarının kurulacağı yerlerin seçiminde uluslararası kabul görmüş olan Sphere Projesi’nin standartlarının baz alındığı aktarılmıştır. Ayrıca 10.000 m² üzeri alanların değerlendirmeye alındığı, konumlandırmanın doğu ve batı olmak üzere yapılmakta olduğu ve seçilen alanların mülkiyetinin kamu veya özel olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle yer seçimi yapmak üzere kamusal açık ve kapalı alanlardan olan stadyumlar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma sadece İstanbul ilindeki stadyumlar ve bu stadyumlarda da

toplam alanı 10.000 m² olanlar arasında gerçekleştirilmiştir. Sphere Projesi'nde yer alan ve literatürde de sıkça kullanılan Geçici Barınma Alanı seçim kriterlerinin başlıca önemlilerinden olan alanda su ve elektrik altyapısının olması kriterleri alanın stadyum olması ve bu kriterleri halihazırda sağlıyor olması nedeniyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Son olarak seçilecek alanın enerji ihtiyacını karşılamada kullanılacak olan elektrikli otobüslerin güç kapasitesi İETT'nin testlerini yapıp ihalesini ise ileri bir tarihte yapacağı otobüsler arasından ortalama güçteki bir otobüsün seçimiyle yapılmıştır.

İstanbul'da yer alan stadyumlar belirlenip toplam alanı 10.000 m²'nin üzerinde olan 7 stadyum, belirlenen 6 kriter ile uygulamaya dahil edilerek en uygun stadyumun seçimi için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

Pozitif çözüme en kısa yolu ve negatif sonuca en uzak yolu belirleyerek ideal çözüme göre alternatifleri sıralamak üzere TOPSIS, birbiriyle çelişen kriterlerin var olduğu durumlarda sıralama yapmak ve bunların arasından bir seçim yapmak üzere VIKOR, alternatifleri farklı tercih fonksiyonları temelinde değerlendirerek ve alternatiflere ilişkin tam sıralamanın elde edilmesini sağlayarak daha ayrıntılı analizlerin yapılmasını sağlamak üzere PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır.

Uygulamada kullanılan yöntemlerin çözümlenmesi için veri analistleri ve diğer kullanıcılar tarafından kolaylıkla kullanılabilen, satırlar ve sütunlar halinde sıralanmış hücre adı verilen çok sayıdaki kutu içeriğiyle kullanıcıların bir elektronik tablodaki verileri hesaplamasına, biçimlendirmesine, eğilimleri belirlemesine, verileri anlamlı kategoriler halinde düzenlemesine ve sıralamasına olanak tanıyan bir yazılım olan Microsoft Excel kullanılmıştır.

TÜİK verilerine göre nüfusun 18,71'inin yaşadığı İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık şehridir.¹⁴¹ Ve beklenen büyük Marmara depreminde de bu kalabalıklığı ve konumu nedeniyle en çok etkilenecek olan il olması¹⁴², ayrıca alternatif olarak kullanılacak fazlaca sayıda stadyumun burada bulunması nedeniyle İstanbul ilinin çalışmanın yapılması için uygun olduğu düşünülmüştür.

AFAD ve Sphere Projesi kapsamında geçici barınma alanı olarak belirtilen stadyumlar, kapalı ve açık alanlara sahip olmaları, adreslerinin herkes tarafından

¹⁴¹ TÜİK, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500#:~:text=İstanbul%27un%20nüfusu%2015%20milyon,840%20bin%20900%20kişi%20oldu> (24.09.2022).

¹⁴² BBC NEWS, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-53790449> (24.09.2022).

rahatlıkla bulunabilirliği, güvenli ve korunaklı alanlar olmaları ve afet sonrası psikolojik olarak kapalı alanlarda kalmak istemeyecek insanların da rahatlıkla barınmalarını sağlayabilecekleri en uygun barınma alanı türü olmaları nedeniyle çalışma stadyumlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Geçici barınma alanlarının seçiminde başlıca kriterlerden olan elektrik ve su altyapısının olması gereği ve beklenen büyük Marmara depreminde İstanbul'u besleyen elektrik şebekesinin sahip olduğu nakil hatlarındaki %5'lik kısımda orta düzeyli hasar oluşacağından¹⁴³ bu olumsuzluğa karşı tedbir olarak buralarda yaşanabilecek elektrik altyapısı sorununa karşın elektrikli otobüsler çalışmanın konusu olmuştur. Ayrıca Sphere Projesi¹⁴⁴ kapsamındaki gıda dışı kalemler standardı 4'te her hanenin yeterli aydınlatmaya erişim ihtiyacı kişisel güvenlik için gerekli olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle yerel enerji için ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir kaynaklar belirlenerek önceliklendirilip afetten etkilenen insanların sürdürülebilir yapay aydınlatma ihtiyacı belirlenerek uygun ve güvenli bir şekilde karşılanması gerektiği ifade edilmektedir. Bu nedenle de elektrikli otobüslerin enerji kaynağı olarak öncelikle aydınlatmanın sağlanması amacına hizmet etmesi gerekliliğine karar verilmiştir.

4.4. Uygulamanın Aşamaları

Uygulamaya dahil edilen stadyumlar için ÇKKV yöntemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında subjektif değerlendirmelerden kaçınmak için Entropi Yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra stadyumlara ait kriterler yaygın olarak kullanılan klasik ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE II yöntemleri ile analiz edilerek çözümlemeleri için MS Excel kullanılmış ve bu 7 stadyumun performansı değerlendirilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Alana gerekli olan enerjiyi bir elektrikli otobüsün ne kadar süre ile karşılayabileceği hesaplanmıştır.

4.4.1. Değişken Seçimi

Bu uygulamada, alternatifler olarak Türkiye Futbol Federasyonu İstanbul İl Temsilciliğine bağlı 191 stadyum listelenerek toplam alanlarının büyüklüklerine göre

¹⁴³ BBC NEWS (24.09.2022).

¹⁴⁴ Sphere Projesi, **The Sphere Handbook 2011: İnsani Yardım Sözleşmesi ve İnsani Yardımda Asgari Standartlar**, Birleşik Krallık, Practical Action Publishing, 5. Baskı, s. 274-275.

sıralanmışlardır. Bu sıralama sonucu oluşan listede 10.000 m²'nin üzerinde olan 7 adet stadyum olduğu tespit edilmiş ve uygulamanın alternatifleri olmak üzere bu çalışmaya dahil edilmişlerdir. Seçilen bu stadyumların isimleri, bağlı oldukları kulüp ve bulundukları ilçeler aşağıdaki Tablo 4'te yer almaktadır:

Tablo 4
TFF İstanbul İl Temsilciliğine Bağlı Stadyumlar

KULÜP	STADYUM ADI	BULUNDUĞU İLÇE
Ulusal Stadyum	Atatürk Olimpiyat Stadı	Beylikdüzü
Beşiktaş	Vodafone Park	Beşiktaş
Fenerbahçe	Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi	Kadıköy
Başakşehir	Başakşehir Fatih Terim Stadı	Başakşehir
Galatasaray	Ali Sami Yen Spor Kompleksi Nef Stadyumu	Kağıthane
Kasımpaşa	Recep Tayyip Erdoğan Stadı	Beyoğlu
Fatih Karagümrük	Vefa Stadı	Fatih

Kaynak: TFF İstanbul İl Temsilciliği, <https://www.tffistanbul.org/stadyumlar/> (29.06.2022).

Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılmak üzere belirlenen 6 adet kriter yine Sphere Projesi, AFAD'ın geçici barınma merkezleriyle ilgili yönergesi ve yapılan literatür çalışmaları sonucu belirlenmiştir. Bu belirleme aşaması, stadyumların halihazırda sahip oldukları özelliklerdeki kriterler göz ardı edilip birbirlerine göre farklılarının olduğu kriterler değerlendirilmeye alınarak yapılmıştır.

AFAD Yönetimi Başkanlığı, Geçici Barınma Merkezlerinin Kurulması, Yönetimi ve İşletilmesi Hakkında Yönerge¹⁴⁵ 'sine göre geçici barınma alanlarının sahip olması gereken kriterler:

- *Yerleşim yerlerine yakın olması*
- *Elektrik, su ve kanalizasyon altyapısının olması*
- *Genişlemeye uygun olması*
- *Zemin etüdüünün yapılmış olması*
- *Arazi eğim oranının %2 - %6 arasında olması*
- *Su drenajının sağlanması*
- *Hakim rüzgar etkisinin hesaba katılması*
- *Ulaşımının kolay olması*
- *Afet riski taşımayan alanların olması*
- *Yağmur suyu havzasından yüksekliği en az 3 m olmalı*
- *Tarımsal alan olmamalı*
- *Çadır ve konteyner kurulumuna uygun alan olması*
- *Mülkiyet durumu mümkünse kamu olan alan olması*
- *Kaziya ve suyu geçirmeye uygun toprak yapısına sahip olması*

Sphere Projesi – Afetle Mücadelede Asgari Standartlar ve İnsani Yardım Sözleşmesi¹⁴⁶ 'sine göre geçici barınma alanlarının sahip olması gereken kriterler ve alt kriterler tablo haline getirilerek aşağıda gösterilmiştir:

¹⁴⁵ AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Geçici Barınma Merkezlerinin Kurulması, Yönetimi ve İşletilmesi Hakkında Yönerge, <https://www.aile.gov.tr/uploads/athgm/uploads/pages/goc-afet-ve-acil-durumlarda-psikososyal-destek/gecici-barinma-merkezlerinin-kurulmasi-yonetimi-ve-isletilmesi-hakkinda-yonerge.pdf> (24.09.2022).

¹⁴⁶ Sphere Association, **The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response**, Cenevre, İsviçre, 2018, <http://www.sphereproject.org/handbook> (24.09.2022).

Tablo 5
Sphere Projesine Göre Belirlenen Kriterler

Kurulu Olması Gereken Temel Alt Yapılar	Elektrik	Yapı/ Çevre	Zemin Etüdünün Yapılmış Olması
	Su		Yağmur Suyu Havzasından 3 m Yüksek
	Kanalizasyon		%2 ile %6 Oranında Meyilli Arazi
	Haberleşme		Hakim Rüzgar
Ulaşılabilirlik	Market, Depo	Yapı/ Çevre	Tarımsal Alan (Olmamalı)
	Sağlık Merkezleri		Genişlemeye Uygunluk
	Su Kaynakları		Kişi Başına 45 m ² Alan
	Ulaşım Ağları		
	Yerleşim Alanları	Afet Sonrası Gerekli Olacak Alanların Kurulumuna Uygunluk	Okul
Mülkiyet	Kamu		Kreş
	Özel		İbadet Alanları
Coğrafik	Morfolojik Özellikler		Psiko-sosyal Destek Hizmet Merkezi
	İklimsel Özellikler		Spor Tesisleri
	Hidrografik Özellikler		Çamaşırhane
	Toprak Özelliği		İçme Suyu
	Bitki Örtüsü		Atık Su Arıtma Tesisleri
			Oyun Parkları ve Kurs Alanları

Uzman görüşlerinin alınmasıyla kriterlerin belirlendiği çalışmaya göre geçici barınma alanlarının sahip olması gereken kriterler ve alt kriterler¹⁴⁷ tablo haline getirilerek aşağıda gösterilmiştir:

Tablo 6
Uzman Görüşlerine Göre Belirlenen Kriterler

Sağlık ve Güvenlik	Su Kaynaklarının Varlığı
	Huzur Ve Güvenliğin Sağlanması
	Yeni Bir Afete Maruz Kalınmaması
	Hastalık Ve Zararlı Böcek Riski
Ulaşım	Havalimanı Ve Otogara Yakınlık
	Ağır Vasıtaların Ulaşımına Uygunluk
	Yerel Yol Ve Altyapı Varlığı
	Yerleşim Alanına Yakınlık
Kapasite	Alanın Yeterli Büyüklükte Olması
	Sosyal Ve Ekonomik Tesislere Yakınlık
Yapılaşmaya Uygunluk	Hazine Arazisi Olması
	Toprağın Su Geçirgenliğine Ve Kazıya Uygunluğu
	Tarım Arazisi Olmaması
	Altyapı Şebekelerine Yakınlığı

¹⁴⁷ Y. Şahin & M. Hazırcı, Geçici İskân Alanlarının Seçimi İçin AHP Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, Cilt: 7 (2019), Sayı: 2 , s. 403 - 417.

Geçici barınma alanlarının sahip olması gereken kriterler ve bu kriterlerin çalışmalardaki kullanım sıklıkları ¹⁴⁸ üzerine yapılan bir literatür çalışması sonucuna göre:

Tablo 7
Kullanılan Kriterler ve Çalışmalardaki Kullanım Sıklıkları

KRİTER	KULLANIM SIKLIĞI
Ulaşılabilirlik	20
Mülkiyet	13
Su kaynaklarıyla mesafesi	13
Topoğrafya ve arazi eğimi	13
Arazinin kapasitesi ve büyüklüğü	13
Eğitim ve sağlık tesisine yakınlık	12
Jeolojik durum-ikincil tehlike sıvılaşma tehlikesi	11
Konut alanlarına olan yakınlık	10
Altyapı	10
Tehlikeli yapılarla mesafesi	9
Sel tehlikesi ve su baskını	7
Yüzey suyu drenajı	7
Güvenlik ve asayiş	6
Fay hattına uzaklık	6
Alanın fonksiyonelliği	6
Bitki örtüsü	5
Toprak yapısı	5

¹⁴⁸ D. D. Aman, **Olası Marmara Depreminde Toplanma Alanları Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi: İstanbul Bağcılar Örneği**, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2019.

Gelenek, kültür ve nüfus gruplarının bileşimi	5
Yardım hizmetlerine yakınlık	5
Heyelan tehlikesi	4
Bina yıkılma durumu	4
Dini yapılara ve doğal yaşam alanlarıyla mesafesi	4
Salgın hastalıkların yayılma durumu	3
Konfigürasyon	3
Arazinin kıyıdan uzaklığı ve yüksekliği	3
Arazinin eski kullanımı	3
Günlük hayattaki kullanımı	2
İklimsel koşullar	2
Tarım yapabilme	2
Kamu görüşü	2
Yeterli depreme dayanıklı bina barındırma	2
Depolara olan uzaklık	2
Hava kirliliği ve zararlı çevresel etki	1
Ekonomik maliyet	1

Uygulamada kullanılmak üzere belirlenen 6 kriter ve özellikleri:

- *İstanbul'un merkezine olan uzaklık (C_1):* İhtiyaç duyulan hizmetlere ulaşmak için geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum şehir merkezine yakın olmalıdır.
- *Toplam alan (C_2):* Afet sonrası belirsiz sayıda afetzedede olacağı için geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum mümkün olduğunca geniş alan sahip olmalıdır.

- *Toplam kapasite (C_3):* Afet sonrası belirsiz sayıda afetzedede olacağı için geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum mümkün olduğunca fazla sayıda afetzedenin barınmasına imkan sağlayacak kapasitede olmalıdır.
- *Sağlık merkezlerine uzaklık (C_4):* Geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum, burada kalacakların sağlık ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için bu kurumlara yakın olmalıdır.
- *Otogar ya da havaalanına olan uzaklık (C_5):* Geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum, ihtiyaçların kolayca karşılanabilmesi ya da afetzedelerin daha güvende olacakları şehirlere ulaşabilmesi bakımından bu tür yerlere yakın olmalıdır.
- *Alana erişilebilirlik (C_6):* Geçici barınma alanı olarak kullanılacak olan stadyum metro, minibüs, tren ve otobüsle erişilebilir olmalıdır.

Belirlenen koşullar altında değerlendirmeye alınan stadyumlar ve özellikleri:

- *Atatürk Olimpiyat Stadı (S_1):* İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C_1) 17.50 Km, toplam alanı (C_2) 240.929 m², seyirci kapasitesi (C_3) 76.092 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim Ve Araştırma Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C_4) 2.25 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan İstanbul Büyük Otogarı ile arasındaki mesafe (C_5) 11.58 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C_6) metro ve otobüs olmak üzere 2 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 146T, 79K, HS1, MK13, MK14, MK15 ve metro hattı olarak M9 ile sağlanmaktadır.
- *Vodafone Park (S_2):* İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C_1) 4.25 km, toplam alanı (C_2) 140.039 m², seyirci kapasitesi (C_3) 41.903 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Gümüşsuyu Asker Hastanesi olup burayla

arasındaki mesafe (C₄) 0.416 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan Harem Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 3.43 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs, tren ve minibüs olmak üzere 4 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 129T, 28, 28T, 29C, 30A, 48T, 49T, DT1, tren hattı olarak Marmaray (Ataköy - Pendik), metro hattı olarak M2 ve minibüs hattı olarak D-61 ile sağlanmaktadır.

- *Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi (S₃):* İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C₁) 7.21 Km, toplam alanı (C₂) 110.304 m², seyirci kapasitesi (C₃) 53.586 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Medicana Kadıköy Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C₄) 0.36 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan Harem Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 3.40 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs, tren ve minibüs olmak üzere 4 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 14ES, 16D, 19K, ER1, tren hattı olarak Marmaray (Ataköy - Pendik), Marmaray (Halkalı - Gebze), metro hattı olarak M4 ve minibüs hattı olarak D-36 ile sağlanmaktadır.
- *Başakşehir Fatih Terim Stadı (S₄):* İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C₁) 17.46 km, toplam alanı (C₂) 93.877 m², seyirci kapasitesi (C₃) 41.903 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Başakşehir Çam Ve Sakura Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C₄) 3.08 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan İstanbul Büyük Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 11.57 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs ve minibüs olmak üzere 3 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 146BA, 78, 78F, 78H, 78Ş, 98H, metro hattı olarak M3 ve minibüs hattı olarak A-46 ile sağlanmaktadır.
- *Ali Sami Yen Spor Kompleksi Nef Stadyumu (S₅):* İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C₁) 10.70 km, toplam alanı (C₂) 82.000 m², seyirci kapasitesi (C₃) 52.650 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Seyrantepe Hamidiye Etfal

Eğitim Ve Araştırma Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C₄) 0.454 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan İstanbul Büyük Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 10.37 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs ve minibüs olmak üzere 3 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 27SE, 41ST, 500L, metro hattı olarak M2 ve minibüs hattı olarak B-42 ile sağlanmaktadır.

- *Recep Tayyip Erdoğan Stadı (S₆)*: İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C₁) 2.53 km, toplam alanı (C₂) 40.413 m², seyirci kapasitesi (C₃) 13.856 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi İstanbul Prof. Dr. N. Reşat Belger Beyoğlu Göz Eğitim Ve Araştırma Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C₄) 0.204 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan İstanbul Büyük Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 6.42 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs, tren ve minibüs olmak üzere 4 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 46Ç, 66, 72T, 74A, 76D, 77, tren hattı olarak Marmaray (Ataköy - Pendik), Marmaray (Halkalı - Gebze), metro hattı olarak M2 ve minibüs hattı olarak D-11 ile sağlanmaktadır.
- *Vefa Stadı (S₇)*: İstanbul'un merkezine olan uzaklığı (C₁) 2.30 km, toplam alanı (C₂) 27.752 m², seyirci kapasitesi (C₃) 8.000 kişi, en yakınındaki sağlık merkezi Haseki Eğitim Ve Araştırma Hastanesi olup burayla arasındaki mesafe (C₄) 0.732 Km, en yakınında yer alan şehirlerarası ulaşımı sağlayan yer olan İstanbul Büyük Otogarı ile arasındaki mesafe (C₅) 3.86 Km, stada ulaşımı sağlayan alternatif toplu taşıma araçları (C₆) metro, otobüs ve tren olmak üzere 3 adet olup bunlar da otobüs hattı olarak 28, 32, 336E, 35D, 36A, 87, tren hattı olarak Marmaray (Ataköy - Pendik), Marmaray (Halkalı - Gebze) ve metro hattı olarak M1A, M1B ile sağlanmaktadır.

Alternatifler ve kriterlerin değerleri aşağıdaki Tablo 8'de yer almaktadır:

Tablo 8
Kriterler ve Değerleri

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	17,50	240.929	76.092	2,25	11,58	2
	S ₂	4,25	140.039	41.903	0,416	3,43	4
	S ₃	7,21	110.304	53.586	0,36	3,4	4
	S ₄	17,46	93.877	17.156	3,08	11,57	3
	S ₅	10,70	82.000	52.650	0,454	10,37	3
	S ₆	2,53	40.413	13.856	0,204	6,42	4
	S ₇	2,3	27.752	8.000	0,732	3,86	3

4.4.2. Verilerin Toplanması

Verilen toplanması aşamasında ilk olarak Geçici Barınma Alanlarının konumları hakkında bilgi almak için AFAD’da ilgili birim uzmanlarıyla görüşülmüş ve konum bilgileri gizli tutulduğundan paylaşılamayacağı için sonuç olarak bu alanlar yerine stadyumlar arasında seçim yapılmasına karar verilmiştir. Ve bu durum sonucunda alternatifler olarak Türkiye Futbol Federasyonu İstanbul İl Temsilciliğine bağlı 191 stadyum incelenerek içlerinden toplam alanı 10.000 m²’nin üzerinde olan 7 stadyum seçilmiştir.

Yine AFAD’dan alınan bilgi dahilinde seçim yapılacak olan alanların belirlenmesinde uluslararası kabul görmüş olan Sphere Projesi’nde yer alan kriterlerin kullanıldığı belirtildiğinden bu proje kapsamındaki kriterler ve ilgili literatürdeki çalışmalardaki en çok kullanılan kriterler incelenerek kullanımlarına karar verilmiştir.

İstanbul'un merkezine olan uzaklık olarak belirtilen kriter için İstanbul'un merkezi, Nevşehirli Damat İbrahim Paşa Külliyesi ile Şehzadebaşı Camii'nin avlu duvarının kesiştiği nokta¹⁴⁹ ile olan mesafe kullanılmıştır.

Otogar ya da havaalanına olan uzaklık kriteri için yapılan ölçümlerde otogarların havaalanlarından daha yakın oldukları tespit edildiğinden otogarlar baz alınmıştır. Ve otogarlardan İstanbul'da yer alan İstanbul Büyük Otogarı (Esenler Otogarı), Alibeyköy Otogarı, Avcılar Cep Otogarı, Harem Otogarı, Ataşehir Dudullu Otogarı, Samandıra Otogarı, Sultanbeyli Otogarı ve Gebze Otogarı ile stat arası mesafenin en az olduğu otogar mesafesi uygulamaya konmuştur.

Sağlık merkezlerine uzaklık olarak belirtilen kriter için şehir hastaneleri ile eğitim ve araştırma hastaneleri gibi büyük sağlık kuruluşlarına olan mesafe kullanılmıştır.

Mesafeler için verilen ölçüm değerleri kuş uçuşu uzaklıklar olup çevrimiçi haritalama servisi olan Google Maps kullanılarak tespit edilmiştir.

Alana erişilebilirlik kriteri kapsamında toplu taşıma araçları için stat yakınından geçen alternatif ulaşım araçları türleri bakımından İETT Nasıl Giderim Uygulaması kullanılarak belirlenmiştir.

4.4.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması

Bu bölümde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri içinden seçilen TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri modele uygulanmıştır. Modele uygulama sırasında ilk önce kriterlerin ağırlıklandırılması için nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden olan Entropi Yöntemi kullanılmıştır.

¹⁴⁹ TRT HABER, <https://www.trthaber.com/haber/kultur-sanat/eski-istanbulun-kalbi-yesil-sutun-359838.html> (24.09.2022).

4.4.3.1. Entropi Yöntemi İle Kriterlerin Ağırlıklandırılması

ÇKKV yöntemlerini uygulamada kullanılacak olan ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulmasında ağırlıklar **Entropi Yöntemi**¹⁵⁰ ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Fayda yönlü kriterler için : } P_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} = \frac{240.929 - 27.752}{240.929 - 27.752} = 1$$

$$\text{Maliyet yönlü kriterler için : } P_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} = \frac{17,50 - 17,50}{17,50 - 2,3} = 0$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} = \frac{0}{0 + 0,87 + \dots + 1} = 0$$

Bu eşitlik her bir hücre değeri için tek tek uygulanarak bir b_{ij} matrisi oluşturulur:

$$b_{ij} = \begin{bmatrix} 0,0000 & 0,3940 & 0,3286 & 0,0590 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,2188 & 0,2075 & 0,1636 & 0,1894 & 0,2678 & 0,2222 \\ 0,1699 & 0,1526 & 0,2200 & 0,1934 & 0,2688 & 0,2222 \\ 0,0007 & 0,1222 & 0,0442 & 0,0000 & 0,0003 & 0,1111 \\ 0,1123 & 0,1003 & 0,2154 & 0,1867 & 0,0398 & 0,1111 \\ 0,2472 & 0,0234 & 0,0283 & 0,2045 & 0,1696 & 0,2222 \\ 0,2510 & 0,0000 & 0,0000 & 0,1670 & 0,2537 & 0,1111 \end{bmatrix}$$

¹⁵⁰ N. Yavuz & B. Baki, **Patent Değerlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Sıralanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi, 2019, Sayı: 17, s. 27 - 52.

b_{ij} matrisinin her bir sütununa aşağıdaki eşitlik uygulanarak 1×6 'lık E_i matrisi elde edilir:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m b_{ij} \ln(b_{ij})$$

$$k = \frac{1}{\ln(m)}$$

$$= -\left(\frac{1}{\ln(7)}\right) [0 \times \ln(0) + 0,2188 \times \ln(0,2188) \dots + 0,2510 \times \ln(0,2510)] = 0,8102$$

$$E_j = [0,8102 \quad 0,7994 \quad 0,8039 \quad 0,8925 \quad 0,7635 \quad 0,8917]$$

Buradan da her bir kriterin ağırlığı aşağıdaki eşitlikle tek tek hesaplanarak ağırlıklar olarak 1×6 'lık W_j matrisi elde edilir:

$$W_j = \frac{1 - E_i}{\sum_{i=1}^n (1 - E_i)}$$

$$= \frac{1 - (0,8102)}{(1 - 0,8102) + (1 - 0,7994) + \dots + (1 - 0,8917)} = 0,1827$$

$$W_j = [0,1827 \quad 0,1931 \quad 0,1888 \quad 0,1035 \quad 0,2276 \quad 0,1043]$$

4.4.3.2. TOPSIS Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması

Bu uygulamada, alternatifler ve kriterler Tablo 8’de verildiği gibi olup TOPSIS yöntemi uygulanarak devam edilmektedir.

Alternatifler ve kriterlerin değerlerinin büyükleme ve küçükleme ile ifade edilmesi aşağıdaki Tablo 9’da yer almaktadır:

Tablo 9
Kriterler ve Değerlerinin Büyükleme ile Küçükleme ile İfade Edilmesi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	17,50	240.929	76.092	2,25	11,58	2
	S ₂	4,25	140.039	41.903	0,416	3,43	4
	S ₃	7,21	110.304	53.586	0,36	3,4	4
	S ₄	17,46	93.877	17.156	3,08	11,57	3
	S ₅	10,70	82.000	52.650	0,454	10,37	3
	S ₆	2,53	40.413	13.856	0,204	6,42	4
	S ₇	2,30	27.752	8.000	0,732	3,86	3
		Min.	Maks.	Maks.	Min.	Min.	Maks.

En küçükleme problemi olarak değerlendirilmek üzere C₁, C₄ ve C₅ kriterleri; en büyükleme problemi olarak değerlendirilmek üzere ise C₂, C₃ ve C₆ kriterleri kullanılacaktır.

Eşitlik (1) kullanılarak oluşturulan normalize karar matrisi aşağıdaki Tablo 10’da yer almaktadır:

Tablo 10
Normalize Karar Matrisi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	0,61590	0,73392	0,64916	0,56903	0,54292	0,22502
	S ₂	0,14958	0,42659	0,35748	0,10521	0,16081	0,45004
	S ₃	0,25375	0,33601	0,45715	0,09104	0,15941	0,45004
	S ₄	0,61450	0,28597	0,14636	0,77893	0,54245	0,33753
	S ₅	0,37658	0,24979	0,44917	0,11482	0,48619	0,33753
	S ₆	0,08904	0,12311	0,11821	0,05159	0,30099	0,45004
	S ₇	0,08095	0,08454	0,06825	0,18512	0,18097	0,33753

Entropi Yöntemi'nin kullanımı sonucunda elde edilen ağırlıklar (W_j) ile eşitlik (3) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulup aşağıdaki Tablo 11'de gösterilmiştir:

Tablo 11
Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	0,112533	0,141724	0,122553	0,058890	0,123587	0,023462
	S ₂	0,027330	0,082376	0,067488	0,010888	0,036607	0,046924
	S ₃	0,046364	0,064885	0,086305	0,009422	0,036286	0,046924
	S ₄	0,112276	0,055222	0,027631	0,080614	0,123480	0,035193
	S ₅	0,068806	0,048236	0,084797	0,011883	0,110673	0,035193
	S ₆	0,016269	0,023772	0,022316	0,005339	0,068517	0,046924
	S ₇	0,014790	0,016325	0,012885	0,019159	0,041196	0,035193
Ağırlıklar		0,182712	0,193104	0,188787	0,103493	0,227636	0,104268

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulmasından sonra pozitif ideal çözüm eşitlik (3) yardımıyla negatif ideal çözüm de eşitlik (4) yardımıyla oluşturularak aşağıdaki Tablo 12’de gösterilmiştir:

Tablo 12
Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüm

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	0,112533	0,141724	0,122553	0,058890	0,123587	0,023462
	S ₂	0,027330	0,082376	0,067488	0,010888	0,036607	0,046924
	S ₃	0,046364	0,064885	0,086305	0,009422	0,036286	0,046924
	S ₄	0,112276	0,055222	0,027631	0,080614	0,123480	0,035193
	S ₅	0,068806	0,048236	0,084797	0,011883	0,110673	0,035193
	S ₆	0,016269	0,023772	0,022316	0,005339	0,068517	0,046924
	S ₇	0,014790	0,016325	0,012885	0,019159	0,041196	0,035193
		<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Min.</i>	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>
Pozitif İdeal Çözüm		0,014790	0,141724	0,122553	0,005339	0,036286	0,046924
		S ₇	S ₁	S ₁	S ₆	S ₃	S ₂ , S ₃ , S ₄
Negatif İdeal Çözüm		0,112533	0,016325	0,012885	0,080614	0,123587	0,023462
		S ₁	S ₇	S ₇	S ₄	S ₁	S ₁

Pozitif ideal çözüm setini oluştururken maksimizasyon odaklı kriterlerde sütun değerlerinden en büyükleri seçilmişken minimizasyon odaklı kriterlerde ise en küçük olanlar seçilmiştir.

Negatif ideal çözüm setini oluştururken minimizasyon odaklı kriterlerde sütun değerlerinden en küçükleri seçilmişken maksimizasyon odaklı kriterlerde ise en büyük olanlar seçilmiştir.

Ayrım ölçülerinin hesaplanmasında alternatiflerin her birinin pozitif ideal çözüme olan uzaklığı eşitlik (5) yardımıyla ve negatif ideal çözüme olan uzaklığı ise eşitlik (6) yardımıyla hesaplanarak Tablo 13'te gösterilmiştir:

Tablo 13
Pozitif İdeal Çözüm ve Negatif İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar

	Pozitif İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar	Negatif İdeal Çözüme Olan Uzaklıklar
S ₁	0,1435	0,1680
S ₂	0,0821	0,1661
S ₃	0,0907	0,1593
S ₄	0,1985	0,0432
S ₅	0,1371	0,1146
S ₆	0,1581	0,1366
S ₇	0,1676	0,1423

Görelî yakınlığın hesaplanmasında her bir alternatifin ideal çözüme görelî yakınlığı eşitlik (7) yardımıyla hesaplanarak sıralamaları da belirtilerek aşağıdaki Tablo 14'te gösterilmiştir:

Tablo 14
Görelî Yakınlık Değerleri ve Sıralama

		Görelî Yakınlık Değerleri	Sıralama
ALTERNATİFLER	S ₁	0,5393	3
	S ₂	0,6692	1
	S ₃	0,6371	2
	S ₄	0,1788	7
	S ₅	0,4553	6
	S ₆	0,4635	4
	S ₇	0,4592	5

4.4.3.3. VIKOR Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması

Bu uygulamada, alternatifler ve kriterler Tablo 8’de verildiği gibi olup VIKOR yöntemi uygulanarak devam edilmektedir.

Eşitlik (9) ve eşitlik (10) kullanılarak en iyi alternatiflerin belirlenmesinde maksimizasyon odaklı kriterlerde sütun değerlerinden en büyükleri seçilmişken minimizasyon odaklı kriterlerde ise en küçük olanlar seçilmiştir. En kötü alternatiflerin belirlenmesinde minimizasyon odaklı kriterlerde sütun değerlerinden en küçükleri seçilmişken maksimizasyon odaklı kriterlerde ise en büyük olanlar seçilmiştir. Burada C_1 , C_4 ve C_5 kriterleri minimizasyon odaklı, C_2 , C_3 ve C_6 kriterleri ise minimizasyon odaklı olarak değerlendirmeleri yapılmıştır. Böylelikle oluşan değerler Tablo 15’te gösterilmiştir:

Tablo 15
En İyi ve En Kötü Alternatiflerin Belirlenmesi

		KRİTERLER					
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
ALTERNATİFLER	S_1	17,50	240.929	76.092	2,25	11,58	2
	S_2	4,25	140.039	41.903	0,416	3,43	4
	S_3	7,21	110.304	53.586	0,36	3,4	4
	S_4	17,46	93.877	17.156	3,08	11,57	3
	S_5	10,70	82.000	52.650	0,454	10,37	3
	S_6	2,53	40.413	13.856	0,204	6,42	4
	S_7	2,30	27.752	8.000	0,732	3,86	3
		Min.	Maks.	Maks.	Min.	Min.	Maks.
En İyi Değer		2,30	240.929	76.092	0,204	3,4	4,00
En Kötü Değer		17,50	27.752	8.000	3,08	11,58	2,00

En iyi ve en kötü alternatiflerin belirlenmesinden sonra doğrusal normalizasyon yöntemi uygulanarak elde edilen değerlerle bir matris oluşturulur. Bu oluşturulan normalizasyon matrisi Tablo 16’da gösterilmiştir:

Tablo 16
Normalizasyon Matrisi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	1	0	0	0,71140	1	1
	S ₂	0,12829	0,47327	0,50210	0,07371	0,00367	0
	S ₃	0,32303	0,61275	0,33052	0,05424	0	0
	S ₄	0,99737	0,68981	0,86553	1	0,99878	0,5
	S ₅	0,55263	0,74553	0,34427	0,08693	0,85208	0,5
	S ₆	0,01513	0,94061	0,91400	0	0,36919	0
	S ₇	0	1	1	0,18359	0,05623	0,5

Ağırlıklandırılmış normalize matrisi oluşturmak için Entropi Yöntemi kullanılarak hesaplanan ağırlıklar (W_j) kullanılmıştır. Sonuç olarak da oluşturulan ağırlıklandırılmış normalize matris Tablo 17’de gösterilmiştir:

Tablo 17
Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	0,1827	0	0	0,0736	0,2276	0,1043
	S ₂	0,0234	0,0914	0,0948	0,0076	0,0008	0
	S ₃	0,0590	0,1183	0,0624	0,0056	0	0
	S ₄	0,1822	0,1332	0,1634	0,1035	0,2274	0,0521
	S ₅	0,1010	0,1440	0,0650	0,0090	0,1940	0,0521
	S ₆	0,0028	0,1816	0,1726	0	0,0840	0
	S ₇	0	0,1931	0,1888	0,0190	0,0128	0,0521
Ağırlıklar		0,2001537	0,1827125	0,1931045	0,1887866	0,103493	0,2276359

Tablo 17’deki her bir alternatif için kriterler toplanarak eşitlik (11) ile fayda; eşitlik (12) ile yani her bir alternatif için kriterlerde en yüksek değer alınarak zarar değerleri hesaplanıp Tablo 18’de gösterilmiştir:

Tablo 18
Fayda ve Zarar Değerlerinin Hesaplanması

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Fayda	Zarar
S ₁	0,18271	0	0	0,07363	0,22764	0,10427	0,588	0,228
S ₂	0,02344	0,09139	0,09479	0,00763	0	0	0,218	0,095
S ₃	0,05902	0,11833	0,06240	0,00561	0,00000	0,00000	0,245	0,118
S ₄	0,18223	0,13321	0,16340	0,10349	0,22736	0	0,862	0,227
S ₅	0,10097	0,14396	0,06499	0,00900	0,19396	0,05213	0,565	0,194
S ₆	0,00276	0,18164	0,17255	0	0,08404	0	0,441	0,182
S ₇	0	0,19310	0,18879	0,01900	0,01280	0,05213	0,466	0,193

Her bir alternatif için birliktelik değeri Tablo 18’de belirtilen fayda ve zarar değerleriyle eşitlik (13) kullanılarak hesaplanır. Eşitlikteki maksimum grup faydasının ağırlığı genel olarak %50 alınmakla birlikte burada %0, %25, %50, %75 ve %100 için de alınıp ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucu oluşan değerler aşağıdaki Tablo 19 yardımıyla gösterilmektedir:

Tablo 19
Birliktelik Değerlerinin Hesaplanması

	Fayda	Zarar	%0	%25	%50	%75	%100
	0,588	0,228	1	0,8938	0,7875	0,6813	0,5750
	0,218	0,095	0	0	0	0	0
	0,245	0,118	0,1772	0,1435	0,1098	0,0761	0,0424
	0,862	0,227	0,9979	0,9984	0,9990	0,9995	1
	0,565	0,194	0,7465	0,6946	0,6427	0,5908	0,5389
	0,441	0,182	0,6537	0,5769	0,5000	0,4231	0,3463
	0,466	0,193	0,7401	0,6513	0,5625	0,4737	0,3848
Maksimum	0,862	0,228					
Minimum	0,218	0,095					

Birliktelik değerleri hesaplandıktan sonra alternatifler her bir grup faydası ağırlık değerinin kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla birer dizi oluşur. Bu sıralamada en küçük değer en iyi alternatif olarak değerlendirilmek üzere 2 koşul altında test edilir. Bu sıralamalar aşağıdaki Tablo 20’de gösterilmektedir:

Tablo 20
Alternatiflerin Sıralanması

		%0		%25		%50		%75		%100	
ALTERNATİFLER	S ₁	1	7	0,894	6	0,788	6	0,681	6	0,575	6
	S ₂	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	S ₃	0,177	2	0,143	2	0,110	2	0,076	2	0,042	2
	S ₄	0,998	6	0,998	7	0,999	7	0,999	7	1	7
	S ₅	0,747	5	0,695	5	0,643	5	0,591	5	0,539	5
	S ₆	0,654	3	0,577	3	0,500	3	0,423	3	0,346	3
	S ₇	0,740	4	0,651	4	0,562	4	0,474	4	0,385	4

Buradaki en küçük değerin en iyi alternatif olup olmadığının, yani belirlenen sonucun geçerliliğinin 2 koşul altında test edilmesi gerekmektedir:

Koşul - 1: Kabul edilebilir avantaj koşulu: Eşitlik (14)'ün kullanılması

Koşul - 2: Kabul edilebilir istikrar koşulu: En iyi alternatifin fayda ya da zarar bakımından maksimum ya da minimum değere sahip olması

İlk olarak denenen en küçük sıralamaya sahip en iyi alternatif (A_1) ile en küçük ikinci sıralamaya sahip en iyi ikinci alternatif (A_2) sonucunda Koşul – 1 maksimum grup faydası ağırlığının %0 olduğu durumda sağlanmıştır.

Koşul – 2 ise bütün ağırlık değerlerinde sağlanmaktadır.

Tablo 21
Sonuçların Değerlendirilmesi

	0%	25%	50%	75%	100%
$Q(A_1)$	0	0	0	0	0
$Q(A_3)$	0,177	0,143	0,110	0,076	0,042
$Q(A_3) - Q(A_1)$	0,177	0,143	0,110	0,076	0,042
$DQ = 1 / (7 - 1)$	0,166666667				
<i>Koşul - 1</i>	Sağlandı	Sağlanmadı	Sağlanmadı	Sağlanmadı	Sağlanmadı
<i>Koşul - 2</i>	Sağlandı	Sağlandı	Sağlandı	Sağlandı	Sağlandı

4.4.3.4. PROMETHEE Yöntemi İle Stadyum Seçimi Uygulaması

Bu uygulamada, alternatifler ve kriterler Tablo 8’de verildiği gibi olup PROMETHEE yöntemi uygulanarak devam edilmektedir.

Maksimum değerlerin belirlenmesinde sütun değerlerinden en büyük olanlar seçilirken ve minimum değerlerin belirlenmesinde ise en küçük olanlar seçilmiştir. Eşitlik (15) ve eşitlik (16) kullanılarak en yüksek ve en düşük değerler ile kriterlerin maliyet ya da fayda durumları da tabloya işlenmiştir. Böylelikle oluşan değerlerle Tablo 22 oluşturulmuştur:

Tablo 22
Maksimum ve Minimum Değerlerin Belirlenmesi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	17,50	240.929	76.092	2,25	11,58	2
	S ₂	4,25	140.039	41.903	0,416	3,43	4
	S ₃	7,21	110.304	53.586	0,36	3,4	4
	S ₄	17,46	93.877	17.156	3,08	11,57	3
	S ₅	10,70	82.000	52.650	0,454	10,37	3
	S ₆	2,53	40.413	13.856	0,204	6,42	4
	S ₇	2,30	27.752	8.000	0,732	3,86	3
		Maliyet	Fayda	Fayda	Maliyet	Maliyet	Fayda
Maksimum		17,50	240.929	76.092	3,08	11,58	4
Minimum		2,30	27.752	8.000	0,20	3,40	2

İkili karşılaştırmanın yapılması için fayda veya maliyet durumuna göre eşitlik (17) ve eşitlik (18) kullanılarak oluşturulan normalize matris Tablo 23’te gösterilmektedir:

Tablo 23
Normalizasyon Matrisi

		KRİTERLER					
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
ALTERNATİFLER	S ₁	0	1	1	0,2886	0	0
	S ₂	0,8717	0,5267	0,4979	0,9263	0,9963	1
	S ₃	0,6770	0,3872	0,6695	0,9458	1	1
	S ₄	0,0026	0,3102	0,1345	0	0,0012	0,5
	S ₅	0,4474	0,2545	0,6557	0,9131	0,1479	0,5
	S ₆	0,9849	0,0594	0,0860	1,0000	0,6308	1
	S ₇	1	0	0	0,8164	0,9438	0,5

İkili karşılaştırma ile sapmanın belirlenmesi için eşitlik (19) kullanılarak her bir alternatif diğer alternatiflerle karşılaştırılmış olur. Bu durum Tablo 24’te gösterilmiştir:

Tablo 24
İkili Karşılaştırma İle Sapmanın Belirlenmesi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
S ₁ - S ₂	-0,8717	0,4733	0,5021	-0,6377	-0,9963	-1,0000
S ₁ - S ₃	-0,6770	0,6128	0,3305	-0,6572	-1,0000	-1,0000
S ₁ - S ₄	-0,0026	0,6898	0,8655	0,2886	-0,0012	-0,5000
S ₁ - S ₅	-0,4474	0,7455	0,3443	-0,6245	-0,1479	-0,5000
S ₁ - S ₆	-0,9849	0,9406	0,9140	-0,7114	-0,6308	-1,0000
S ₁ - S ₇	-1,0000	1,0000	1,0000	-0,5278	-0,9438	-0,5000
S ₂ - S ₁	0,8717	-0,4733	-0,5021	0,6377	0,9963	1,0000
S ₂ - S ₃	0,1947	0,1395	-0,1716	-0,0195	-0,0037	0,0000
S ₂ - S ₄	0,8691	0,2165	0,3634	0,9263	0,9951	0,5000
S ₂ - S ₅	0,4243	0,2723	-0,1578	0,0132	0,8484	0,5000
S ₂ - S ₆	-0,1132	0,4673	0,4119	-0,0737	0,3655	0,0000
S ₂ - S ₇	-0,1283	0,5267	0,4979	0,1099	0,0526	0,5000

S ₃ - S ₁	0,6770	-0,6128	-0,3305	0,6572	1,0000	1,0000
S ₃ - S ₂	-0,1947	-0,1395	0,1716	0,0195	0,0037	0,0000
S ₃ - S ₄	0,6743	0,0771	0,5350	0,9458	0,9988	0,5000
S ₃ - S ₅	0,2296	0,1328	0,0137	0,0327	0,8521	0,5000
S ₃ - S ₆	-0,3079	0,3279	0,5835	-0,0542	0,3692	0,0000
S ₃ - S ₇	-0,3230	0,3872	0,6695	0,1293	0,0562	0,5000
S ₄ - S ₁	0,0026	-0,6898	-0,8655	-0,2886	0,0012	0,5000
S ₄ - S ₂	-0,8691	-0,2165	-0,3634	-0,9263	-0,9951	-0,5000
S ₄ - S ₃	-0,6743	-0,0771	-0,5350	-0,9458	-0,9988	-0,5000
S ₄ - S ₅	-0,4447	0,0557	-0,5213	-0,9131	-0,1467	0,0000
S ₄ - S ₆	-0,9822	0,2508	0,0485	-1,0000	-0,6296	-0,5000
S ₄ - S ₇	-0,9974	0,3102	0,1345	-0,8164	-0,9425	0,0000
S ₅ - S ₁	0,4474	-0,7455	-0,3443	0,6245	0,1479	0,5000
S ₅ - S ₂	-0,4243	-0,2723	0,1578	-0,0132	-0,8484	-0,5000
S ₅ - S ₃	-0,2296	-0,1328	-0,0137	-0,0327	-0,8521	-0,5000
S ₅ - S ₄	0,4447	-0,0557	0,5213	0,9131	0,1467	0,0000
S ₅ - S ₆	-0,5375	0,1951	0,5697	-0,0869	-0,4829	-0,5000
S ₅ - S ₇	-0,5526	0,2545	0,6557	0,0967	-0,7958	0,0000
S ₆ - S ₁	0,9849	-0,9406	-0,9140	0,7114	0,6308	1,0000
S ₆ - S ₂	0,1132	-0,4673	-0,4119	0,0737	-0,3655	0,0000
S ₆ - S ₃	0,3079	-0,3279	-0,5835	0,0542	-0,3692	0,0000
S ₆ - S ₄	0,9822	-0,2508	-0,0485	1,0000	0,6296	0,5000
S ₆ - S ₅	0,5375	-0,1951	-0,5697	0,0869	0,4829	0,5000
S ₆ - S ₇	-0,0151	0,0594	0,0860	0,1836	-0,3130	0,5000
S ₇ - S ₁	1,0000	-1,0000	-1,0000	0,5278	0,9438	0,5000
S ₇ - S ₂	0,1283	-0,5267	-0,4979	-0,1099	-0,0526	-0,5000
S ₇ - S ₃	0,3230	-0,3872	-0,6695	-0,1293	-0,0562	-0,5000
S ₇ - S ₄	0,9974	-0,3102	-0,1345	0,8164	0,9425	0,0000
S ₇ - S ₅	0,5526	-0,2545	-0,6557	-0,0967	0,7958	0,0000
S ₇ - S ₆	0,0151	-0,0594	-0,0860	-0,1836	0,3130	-0,5000

Tablo 24'teki değerlerin her biri $d_j(a, b) \leq 0 \Rightarrow d_j(a, b) = 0$ olacak şekilde yeniden dzenlenmiřtir. Bu dzenlenen değerler Tablo 25'te gsterilmiřtir:

Tablo 25
Tercih Edilebilir Fonksiyonun Hesaplanması

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
S ₁ - S ₂	0	0,0914	0,0948	0	0	0
S ₁ - S ₃	0	0,1183	0,0624	0	0	0
S ₁ - S ₄	0	0,1332	0,1634	0	0	0
S ₁ - S ₅	0	0,1440	0,0650	0	0	0
S ₁ - S ₆	0	0,1816	0,1726	0	0	0
S ₁ - S ₇	0	0,1931	0,1888	0	0	0
S ₂ - S ₁	0,1593	0	0	0,0660	0,2268	0,1043
S ₂ - S ₃	0,0356	0,0269	0	0	0	0
S ₂ - S ₄	0,1588	0,0418	0,0686	0,0959	0,2265	0,0521
S ₂ - S ₅	0,0775	0,0526	0,0000	0,0014	0,1931	0,0521
S ₂ - S ₆	0	0,0902	0,0778	0	0,0832	0
S ₂ - S ₇	0	0,1017	0,0940	0,0114	0,0120	0,0521
S ₃ - S ₁	0,1237	0	0	0,0680	0,2276	0,1043
S ₃ - S ₂	0	0	0,0324	0,0020	0,0008	0
S ₃ - S ₄	0,1232	0,0149	0,1010	0,0979	0,2274	0,0521
S ₃ - S ₅	0,0420	0,0256	0,0026	0,0034	0,1940	0,0521
S ₃ - S ₆	0	0,0633	0,1102	0	0,0840	0
S ₃ - S ₇	0	0,0748	0,1264	0,0134	0,0128	0,0521
S ₄ - S ₁	0,0005	0	0	0	0,0003	0,0521
S ₄ - S ₂	0	0	0	0	0	0
S ₄ - S ₃	0	0	0	0	0	0
S ₄ - S ₅	0	0,0108	0	0	0	0
S ₄ - S ₆	0	0,0484	0,0091	0	0	0
S ₄ - S ₇	0	0,0599	0,0254	0	0	0
S ₅ - S ₁	0,0817	0	0,0000	0,0646	0,0337	0,0521
S ₅ - S ₂	0	0	0,0298	0	0	0
S ₅ - S ₃	0	0	0	0	0	0
S ₅ - S ₄	0,0813	0	0,0984	0,0945	0,0334	0
S ₅ - S ₆	0	0,0377	0,1076	0,0000	0	0
S ₅ - S ₇	0	0,0491	0,1238	0,0100	0	0

$S_6 - S_1$	0,1799	0	0	0,0736	0,1436	0,1043
$S_6 - S_2$	0,0207	0	0	0,0076	0	0
$S_6 - S_3$	0,0563	0	0	0,0056	0	0
$S_6 - S_4$	0,1795	0	0	0,1035	0,1433	0,0521
$S_6 - S_5$	0,0982	0	0	0,0090	0,1099	0,0521
$S_6 - S_7$	0	0,0115	0,0162	0,0190	0	0,0521
$S_7 - S_1$	0,1827	0	0	0,0546	0,2148	0,0521
$S_7 - S_2$	0,0234	0	0	0	0	0
$S_7 - S_3$	0,0590	0	0	0	0	0
$S_7 - S_4$	0,1822	0	0	0,0845	0,2146	0
$S_7 - S_5$	0,1010	0	0	0	0,1812	0
$S_7 - S_6$	0,0028	0	0	0	0,0712	0
Ağırlıklar	0,18271	0,19310	0,18879	0,10349	0,22764	0,10427

Çok kriterli tercih endeksinin belirlenmesi için Entropi Yöntemi kullanılarak hesaplanan ağırlıklarla eşitlik (21) kullanılarak aşağıdaki Tablo 26 oluşturulmuştur:

Tablo 26
Tercih Edilebilir Fonksiyonun Belirlenmesi

		ALTERNATİFLER						
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
ALTERNATİFLER	S_1	-	0,1862	0,1807	0,3265	0,2090	0,3542	0,3819
	S_2	0,5563	-	0,0625	0,6437	0,3767	0,2512	0,2712
	S_3	0,5236	0,0352	-	0,6165	0,3197	0,2575	0,2795
	S_4	0,0529	0	0	-	0,0108	0,0576	0,0853
	S_5	0,2322	0,0298	0	0,3076	-	0,1452	0,1829
	S_6	0,5014	0,0283	0,0619	0,4784	0,2693	-	0,0988
	S_7	0,5043	0,0234	0,0590	0,4813	0,2821	0,0740	-

Eşitlik (21) uygulandıktan sonra oluşan değerler, satır ve sütunlarda alternatiflerin yer aldığı bir matrise dönüştürülerek Tablo 26'daki halini almıştır.

Tablo 27
Pozitif ve Negatif Sıralama Akışları

		ALTERNATİFLER							Pozitif Akış
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
ALTERNATİFLER	S ₁	-	0,1615	0,1536	0,3585	0,1768	0,3063	0,3306	0,2731
	S ₂	0,5179	-	0,0609	0,7044	0,2297	0,1826	0,2225	0,3603
	S ₃	0,4860	0,0369	-	0,6804	0,1783	0,1909	0,2375	0,3387
	S ₄	0,0105	0	0	-	0,0087	0,0478	0,0720	0,0344
	S ₅	0,3309	0,0274	0	0,5108	-	0,1296	0,1873	0,1496
	S ₆	0,5283	0,0482	0,0804	0,6177	0,1974	-	0,0977	0,2397
	S ₇	0,4902	0,0257	0,0647	0,5796	0,1928	0,0353	-	0,2374
Negatif Akış		0,3951	0,0505	0,0607	0,4757	0,2290	0,1900	0,2166	

Pozitif, yani çıkış akışı için eşitlik (22) ve negatif, yani giriş akışı için eşitlik (23) kullanılıp sıralama akışları belirlenerek Tablo 27’de gösterilmiştir.

Son adım olarak eşitlik (24) ile her bir alternatif için net geçiş akışı belirlenerek alternatiflerin sıralaması Tablo 28’da gösterilmiştir:

Tablo 28
Her Bir Alternatif İçin Net Geçiş Akışının Belirlenmesi

		Pozitif Akış	Negatif Akış	Fark	Sıralama
ALTERNATİFLER	S ₁	0,2731	0,3951	-0,1221	6
	S ₂	0,3603	0,0505	0,3098	1
	S ₃	0,3387	0,0607	0,2780	2
	S ₄	0,0344	0,4757	-0,4412	7
	S ₅	0,1496	0,2290	-0,0794	5
	S ₆	0,2397	0,1900	0,0497	3
	S ₇	0,2374	0,2166	0,0208	4

4.4.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bu bölümde TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmak üzere tek tablo haline getirilerek Tablo 29’da verilmiştir:

Tablo 29
Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

SIRA NO	TOPSIS		VIKOR		PROMETHEE	
	Değer	Alternatif	Değer	Alternatif	Değer	Alternatif
1	0,66916	S ₂	0	S ₂	0,3098	S ₂
2	0,63708	S ₃	0,177	S ₃	0,2780	S ₃
3	0,53932	S ₁	0,654	S ₆	0,0497	S ₆
4	0,4635	S ₆	0,740	S ₇	0,0208	S ₇
5	0,45916	S ₇	0,747	S ₅	-0,0794	S ₅
6	0,45527	S ₅	0,998	S ₁	-0,1221	S ₁
7	0,17881	S ₄	1	S ₄	-0,4412	S ₄

S₁: Atatürk Olimpiyat Stadı

S₂: Vodafone Park

S₃: Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi

S₄: Başakşehir Fatih Terim Stadı

S₅: Ali Sami Yen Spor Kompleksi Nef Stadyumu

S₆: Recep Tayyip Erdoğan Stadı

S₇: Vefa Stadı

Mevcut çok kriterli karar verme yaklaşımları, karmaşık hesaplama adımları ve ürettikleri çözümler nedeniyle zaman zaman kullanıcıların kafa karışıklığına neden olabilmektedir. Bu yöntemlerin her birinin kendi güçlü ve zayıf yönleri vardır. ÇKKV yaklaşımlarının yapılarındaki bu farklılıklar nedeniyle, aynı problemin değerlendirilmesinde farklı yöntemlerle farklı sıralamalar elde etme problemi ortaya çıkmaktadır ki buna tutarsız problem sıralaması da denilmektedir.¹⁵¹ Bu tekniklerin en büyük eleştirisi budur. Farklı ağırlıkların kullanılması, en iyi alternatifi belirlemek için farklı bir yaklaşım kullanılması, hedefleri ölçme çabası ve sonucu farklı etkileyebilecek parametrelerin kullanılması bu farklılıkların başlıca nedenleridir. Halihazırda, çok kriterli değerlendirme yöntemlerinin uygulanması ve elde edilen sonuçların yorumlanması için belirli bir standart kural bulunmamaktadır.

Bu çalışmada ÇKKV tekniklerinden kolay hesaplama adımları nedeniyle en yaygın olarak kullanılan TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE II yöntemleri Entropi Yöntemiyle ağırlıklandırılarak kullanılmıştır. Bu nedenle kriterlerin objektif olarak ağırlıklı olduğu ve herhangi bir subjektif değerlendirme gerektirmeyen, sadece kriter değerlerinin işlenip değerlendirildiği ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Diğer bir deyişle, değerlendirmeler tamamen objektif bir çerçevede yapılmıştır.

ÇKKV Yöntemleri'nden bu çalışma kapsamında kullanılan TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri aynı girdiye sahip olup bir normalleştirme prosedürüne dayanmaktadırlar. Fakat buna karşın bu 3 yöntemde kullanılan algoritmaların farklılığının sıralamalarda da farklılığa neden olabileceğini söylemek mümkündür. Yöntemlerin sahip olduğu bu hesaplama farklılıkları nedeniyle de uygulamalar sonucu elde edilen sıralamalarda fark olması çok beklenmedik bir durum değildir ve bu çalışmada da uygulamaların sıralamaları arasında ufak farklılık vardır.

TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE Yöntemleri arasındaki farklılıklar ve benzerlikler Tablo 30 yardımıyla belirtilerek yöntemler arası sıralama farklılıklarının nedenleri gösterilmeye çalışılmıştır:

¹⁵¹ G. Özkaya, M. Timor & C. Erdin, **Science, Technology and Innovation Policy Indicators and Comparisons of Countries through a Hybrid Model of Data Mining and MCDM Methods**, Sustainability 2021, Sayı: 13, No: 2, s. 694.

Tablo 30
Kullanılan ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	TOPSIS	VIKOR	PROMETHEE
Normalizasyon Türü	Vektör Normalizasyonu	Doğrusal Normalizasyon	Normalleştirme Otomatik Olarak Gerçekleştirilir
Uygunluk	Seçim Problemleri, Sıralama Problemleri	Seçim Problemleri, Sıralama Problemleri	Seçim Problemleri, Sıralama Problemleri
Girdiler	İdeal ve İdeal Olmayan Seçenek Ağırlıkları	En İyi Ve En Kötü Seçenek Ağırlıkları	Kayıtsızlık Ve Tercih Eşikleri Ağırlıkları
Çıktılar	İdeale Yakınlık Ve İdeale Uzaklık İle Sıralamanın Tamamlanması	En İyi Seçeneğe Yakınlık Puanı İle Sıralamanın Tamamlanması	Tam Sıralama (İkili Sıralama Dereceleri)
Tercih Fonksiyonu	Mesafe Ölçüm	Mesafe Ölçüm	Normal, Doğrusal, U-şekli, V-şekli, Düzey, Gauss
Yaklaşım	Niteliksel Ve/Veya Niceliksel	Niceliksel	Niteliksel Ve/Veya Niceliksel
Sıralama Ölçeği	0 ile 1 Aralığı	Pozitif Değerler	-1 ile 1 Aralığı
En İyi Alternatif	Maksimum Değer	Minimum Değer	Maksimum Değer

VIKOR'da doğrusal normalleştirme, TOPSIS'te vektör normalleştirme ve PROMETHEE'de ise otomatik olarak gerçekleşen normalleştirme, ölçüt fonksiyonlarının birimlerini ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. VIKOR uzlaşma sıralaması yöntemi, "çoğunluk" için maksimum "grup faydası" ve "karşıt" için minimum bireysel pişmanlık sağlayarak bir uzlaşma çözümü belirlemektedirken TOPSIS yöntemi, ideal çözüme en kısa mesafeye ve negatif-ideal çözüme en büyük uzaklığa sahip bir çözümü belirlemekte olup bu mesafelerin göreceli önemini dikkate almamaktadır. PROMETHEE yöntemi ise alternatiflerin ikili karşılaştırmasına dayalı olarak tam sıralamaya sahip bir çözümü belirlemektedir.

TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri incelendiğinde her iki yöntemin de uzlaşma programlama yönteminden kaynaklanan “ideal yakınlığı” temsil eden bir toplama işlevine dayanmakta olduğu ve operasyonel yaklaşımları ile bu yöntemlerin ideal çözümlere yakınlık kavramını nasıl ele aldığı konusunda farklı davrandıkları görülmektedir. PROMETHEE ise tam sıralama yaparak sonuç vermektedir.

TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri ele alındığında VIKOR tarafından en yüksek dereceli alternatif, ideal çözüme en yakın olanken TOPSIS tarafından en yüksek dereceli alternatif, sıralama indeksi açısından en iyisidir ki bu, her zaman ideal çözüme en yakın olduğu anlamına gelmemektedir. Sıralamaya ek olarak VIKOR yöntemi, avantaj oranı olan bir uzlaşma çözümü önermektedir.

TOPSIS ve PROMETHEE Yöntemleri ele alındığında ise PROMETHEE Yöntemi'nin TOPSIS'e göre daha hassas olduğu söylenebilmektedir. Yani TOPSIS Yöntemi'nde duyarlılık, kriter ağırlıklarına karşı daha azdır.

Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan bütün tekniklerde en iyi seçim Vodafone Park (S_2) olurken ikinci sıradaki en iyi seçim olan Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi (S_3) ile son sıradaki seçim olan Başakşehir Fatih Terim Stadı (S_4) da bütün tekniklerde aynı sonucu vermiştir. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı sıradaki seçimlerin sıralamaları ise yöntemlere göre farklılıklar göstermiştir. Ancak tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde sonuçların birbirleri ile uyumlu oldukları söylenebilmektedir. Bu da yöntemlerin tutarlılıklarını ve dolayısıyla doğru uygulandıklarını göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Spor alanlarının ve tesislerinin afet durumlarında kullanıldığı bilinmekle birlikte buna çarpıcı bir örnek olarak Kocaeli Olimpik Buz Sporları tesisinin planlanmadığı halde depremde hayatını kaybedenler için morg olarak kullanılmış olmasını göstermek mümkündür. İyi bir planlama sonucunda ise afet sonrası bunun gibi tesislerin daha büyük problemlerin engellenmesinde oldukça önemli bir rol oynayacağı açıktır. Bazı uygulamalar incelendiğinde iyi bir planlama sonucu stadyumlar başta olmak üzere spor tesis ve alanlarının hem halk tarafından bilinen adresler olmaları hem de korunaklı alanlar olmaları sebebiyle uygun birer çadırkente dönüştürülebileceği mümkün gözükmektedir.

Çalışma kapsamında afet sonrası geçici barınma alanı olarak stadyum seçim kriterleri ve alternatifler belirlenerek TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak oluşan sıralamalar ile en uygun stadyum belirlenmiştir. Ayrıca yöntemlerde kullanılan seçim kriterlerinin ağırlıkları Entropi Yöntemi ile elde edilmiştir. TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri zor işlem adımlarının olmayışı, basit ve açık oluşları gibi nedenlerden dolayı alternatiflerin sıralanmasında sıklıkla kullanılan yöntemler olduğundan tercih edilmişlerdir.

Çalışmada ilk olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS yönteminde hesaplanan göreceli yakınlık değerleri 1'e yaklaştıkça karar noktası pozitif ideal çözüme, 0'a yaklaştıkça ise karar noktası negatif ideal çözüme yaklaşmaktadır. Ve burada optimal çözümü temsil eden, yani en büyük göreceli yakınlık değerine sahip ideal çözüm sonucu oluşan sıralamayla Tablo 14'te gösterildiği üzere S₂ kodlu Vodafone Park olmuştur.

İkinci olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden VIKOR yönteminde çoğunluğun maksimum grup faydası ve karşıtın minimum bireysel pişmanlığı ifade edildiğinden elde edilen çözüm, karar vericiler tarafından kabul edilebilir olmaktadır. Yöntem sonucu Tablo 20'de gösterildiği gibi sıralamada en küçük değere sahip olan alternatifin en iyi alternatif olup olmadığı Tablo 21'de gösterildiği üzere 2 koşul altında test edilmiş ve doğruluğu onaylanarak en iyi alternatifin bu yöntem sonucunda da yine S₂ kodlu Vodafone Park olduğu görülmüştür.

Üçüncü olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden PROMETHEE yönteminde tam sıralamanın yapıldığı PROMETHEE II yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin tercih fonksiyonu yapısı alternatiflerin ikili olacak şekilde birbirleri ile karşılaştırılması temeline dayandığından iki alternatifin belirli bir kriter üzerindeki değerleri arasındaki fark dikkate alınmaktadır. İki alternatif arası farkın büyüklüğü ile tercih kesinliğinin doğru orantılı olduğu bu yöntemde pozitif ve negatif akışlar belirlendikten sonra tam sıralamanın net geçiş akışıyla belirlendiği Tablo 28'deki sıralamaya göre diğer yöntemlerde de olduğu gibi S₂ kodlu Vodafone Park'ın en iyi alternatif olduğu görülmüştür.

Kullanılan yöntemlerin üçünde de S₂ koduyla Vodafone Park'ın ilk sırada ve S₃ koduyla Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi'nin ikinci sırada, S₄ koduyla Başakşehir Fatih Terim Stadı'nın son sırada ve diğer statların ise yöntemlere göre farklı şekilde sıralandığı görülmüştür. Bu durumda üç yöntem göz önüne alındığında bazı sıralamalarda gözlemlenen farklılığın çok büyük olmadığına söylenebilmesi mümkündür. Sonuç olarak en uygun stadyumun S₂ koduyla Vodafone Park'ın olduğu ve uygulanan yöntemlerin tutarlı sonuç verdiği söylenebilmektedir.

Son aşama olarak seçilen stadyumun aydınlatılması için gerekli olacak enerji ihtiyacının karşılanması için Elektrikli Otobüslerin bataryalarının kullanılmasıyla ilgili hesaplama yapılarak bir Elektrikli Otobüsün belirlenen bu sahayı ne kadar süreyle aydınlatabileceği ortaya konmuştur. Vodafone Park'ta Elektrik Mühendisi olarak görev yapmakta olan bir uzmanla yapılan görüşmede bir maç sırasında saha aydınlatması için gerekli olan miktarın 800 kW olduğu belirtilmiştir. Ve enerji sağlamak için yakın bir zamanda İETT'nin ihalesini yapacağı EA'ların arasından en düşük olarak 230 kWh'lik batarya kapasitesine sahip "BOZANKAYA SILEO S12" ve en yüksek olarak 449 kWh'lik batarya kapasitesine sahip "KARSAN e-ATA 12" model Elektrikli Otobüsler çalışmamız kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda BOZANKAYA SILEO S12'nin bu sahanın aydınlatma ihtiyacını $230 \text{ kWh} \div 800 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre 17,25 dk boyunca; KARSAN e-ATA 12'nin bu sahanın aydınlatma ihtiyacını $449 \text{ kWh} \div 800 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre 33,675 dk boyunca karşılayabileceği görülmüştür. Sonuç olarak İETT'nin seçeceği Elektrikli Otobüse göre

bu sahanın 17,25 dk ile 33,675 dk boyunca aydınlatılabileceğini söylemek mümkündür. Buradan aydınlatmaların açık kalacağı süreye göre gerekecek olan otobüs adedi belirlenebilecektir.

Elektrikli Otobüslerin etkin olarak kullanımları için çalışmanın bir diğer amacı olan afet alanlarında arama kurtarma çalışmaları esnasında kullanılan ekipmanlar için de gerekli olacak enerji ihtiyacının karşılanması için jeneratörler yerine yine Elektrikli Otobüslerin bataryalarının kullanılmasıyla ilgili hesaplama yapılarak bir Elektrikli Otobüsün kaç adet jeneratörlere eşdeğer olduğu ortaya konmuştur. Afet alanındaki arama kurtarma çalışmalarında kullanılacak olan ekipmanlara enerji sağlayacak olan jeneratörler arasından en düşük olarak 5 kVA (güç faktörü 1 için gerçek güç 5 kW)'lık güce sahip "HONDA GX 390" veya "EİSEMANN SACHS – STAMO" jeneratörlerinden herhangi biri ve en yüksek olarak 11,5 kVA (güç faktörü 1 için gerçek güç 11,5 kW)'lık güce sahip "HONDA 20 .0 V. TWIN" jeneratörü ile karşılaştırma yapmak üzere EA'ların arasından yine en düşük olarak 230 kWh'lik batarya kapasitesine sahip "BOZANKAYA SILEO S12" ve en yüksek olarak 449 kWh'lik batarya kapasitesine sahip "KARSAN e-ATA 12" model Elektrikli Otobüsler çalışmamız kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan değerlendirmelerde KARSAN e-ATA 12'nin HONDA GX 390 veya EİSEMANN SACHS – STAMO jeneratörleriyle kıyaslanması sonucunda $230 \text{ kWh} \div 5 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre 46 adet jeneratöre ve HONDA 20 .0 V. TWIN jeneratörüyle kıyaslandığında ise $230 \text{ kWh} \div 11,5 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre 20 adet jeneratöre eşdeğer olduğu; BOZANKAYA SILEO S12'nin HONDA GX 390 veya EİSEMANN SACHS – STAMO jeneratörleriyle kıyaslanması sonucunda $449 \text{ kWh} \div 5 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre yaklaşık olarak 90 adet jeneratöre ve HONDA 20 .0 V. TWIN jeneratörüyle kıyaslandığında ise $449 \text{ kWh} \div 11,5 \text{ kW}$ işlemi sonucuna göre de yaklaşık olarak 39 adet jeneratöre eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak burada da İETT'nin seçeceği Elektrikli Otobüsün, afet alanlarında kullanılacak olan bir jeneratörün 20 ile 90 adedine eşdeğer olduğunu söylemek mümkündür.

Batarya kapasiteleri teknolojiyle birlikte her geçen gün gelişmektedir. Bu gelişim güç kapasitelerinin ve ömürlerinin artırımında; boyutlarının, ağırlıklarının ve

maliyetlerinin azaltımında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda daha az sayıda araçla daha fazla enerji sağlanabileceğinin mümkün olacağı aşıkardır.

Elektrikli araçlar sadece afet durumlarında değil sıradan elektrik kesintilerinde bile özellikle kritik durumu olup tıbbi cihazla yaşamını sürdüren hastaların hanelerine veya oluşacak olumsuz bir durumda hastanelere gereken enerjinin sağlanabilmesi açısından tekerlekleri sayesinde nakliye sorunu olmayan yüksek güçlü bir jeneratör gibi düşünülerek önemini ortaya koymaktadır. Günlük yaşamda ihtiyaç halinde kullanılan UPS'lerdeki aküler ucuz ve dolayısıyla da düşük güçte olup belli ömürleri olan ve sürekli bakım yapıp değiştirilmesi gereken cihazlardır. EA'lar gibi sürekli işletimde olmadıkları için de aniden kullanılmaları gerektiğinde olası bir olumsuzlukla karşılaşılma riskini barındırmaktadırlar.

Elektrikli araçların bir diğer hizmet ettiği alan ise temiz çevre bilincidir. Ulaşımında yüksek emisyon değerlerine ve aynı zamanda yüksek maliyete sahip olan fosil yakıtlı otobüslerin kullanılması hava kirliliğini artırarak insan sağlığını ve dolayısıyla da hayatını kötü yönde etkilemektedir. Ayrıca bu emisyon değerleri küresel ısınmanın da başlıca nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Elektrikli otobüsler, hava kirliliğini azaltarak temiz havayı koruyup iyileştirmekle sağlık harcamalarının önüne geçip toplumsal fayda sağlamaktadır. Sadece dizel otobüslerin elektrikli otobüslere çevrilmesiyle sera gazı emisyonları önemli ölçüde azaltılabilecektir. Bunun bir sonucu olarak da hava kirliliğinin ve çevreye verilen zararın azaltılmasıyla havayı ve çevreyi temizlemek için para ve emek harcamak zorunda kalınmadan topluma daha fazla finansal fayda yanında sürdürülebilirlik de sağlanacaktır.

Geçici barınma alanı seçimindeki alan büyüklüğü standardı temelinde çalışmaya dahil olan alternatiflerden S₃ kodlu Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi'nin Anadolu Yakası'nda yer alan tek stadyum olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yapılacak olan çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurularak geçici barınma alanları sınıfında yer alan diğer alanlar olarak park ve bahçeler değerlendirmeye dahil edilebilir ya da bu alanlarla ilgili ayrı bir değerlendirme yapılabilir. Ve böylece Anadolu Yakası'nın bu yönden yeterli alanlara sahip olup olmadığı ve uygunlukları test edilerek karar alıcılar açısından bir farkındalık oluşturulabilir.

Konuyla ilgili ileride yapılacak çalışmalar için ayrıca farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak, başka alternatifler veya kriterler eklenerek çalışma genişletilebilir, sıralamaları karşılaştırmak için daha fazla teknik kullanılabilir.

Bu çalışma temel alınarak diğer şehirlerde de aynı yöntemler aynı ihtiyaç için ya da etkinlikler, festivaller gibi farklı amaçlar için uygun alanın belirlenmesinde yol gösterici olabilir.

Aynı yöntemler ya da diğer ÇKKV yöntemleri de çalışmaya dahil edilerek farklı ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak tutarlık ya da farklılık olup olmadığı test edilebilir.

Uygulamaların nesnelliği için çalışmada kullanılan Entropi Yöntemi yerine uzman görüşleriyle oluşturulacak ağırlıklandırmalar kullanılarak elde edilen sonuçların nesnel ve öznel ağırlıklar ile değişime uğrayıp uğramadığı ya da nasıl farklılıkların ortaya çıkacağı test edilebilir.

Çok sayıda teknik kullanıldığından elde edilen bu sonuçların birleştirilip tek bir sıralamanın oluşturulması için COPELAND birleştirme yöntemi veya BORDA sayım yöntemi gibi birleştirici yöntemler kullanılabilir.

Ayrıca artmakta olan elektrikli araç çeşitliliği ile özellikle toplu taşımada yapılacak olan yeni ihalelerle elektrikli otobüs alımları için otobüs seçimi yapılarak önerilerde bulunulabilir.

Geçici barınma alanı seçimindeki alan büyüklüğü standardı temelinde çalışmaya dahil olan alternatiflerden S₃ kodlu Ülker Stadyumu Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Spor Kompleksi'nin Anadolu Yakası'nda yer alan tek stadyum olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yapılacak olan çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurularak geçici barınma alanları sınıfında yer alan diğer alanlar olarak park ve bahçeler değerlendirmeye dahil edilebilir ya da bu alanlarla ilgili ayrı bir değerlendirme yapılabilir. Ve böylece Anadolu Yakası'nın bu yönden yeterli alanlara sahip olup olmadığı ve uygunlukları test edilerek karar alıcılar açısından bir farkındalık oluşturulabilir.

AFAD’la yapılan görüşmede bu çalışma baz alınarak uzmanlar tarafından da bazı öneriler sunulmuştur. İlk etapta toplanma alanlarında elektrikli otobüslerin şarj üniteleri gibi düşünülerek telefon ve el feneri şarj etme amacıyla kullanımının sağlanması. Yakındaki herhangi bir çeşmeden akan suyun arıtılıp kullanılabilir hale getirilmesi amacıyla su arıtma cihazının kullanılabilmesi için elektrikli otobüslerin enerjisinden faydalanılabilmesi. Haberleşme alanında uydu bağlantısı kurulması amacıyla elektrikli otobüs üzerinde uyduyu kullanarak kontrollü telefon gibi bir sistemle kullanılabilmesi. Yine elektrikli otobüsün enerjisinden faydalanılarak TRT yayınlarını naklen verecek bir ekranların kurulumuyla kulaktan kulağa yayılan yalan haberleri engelleyip kargaşayı önlenerek istenmeyen olayların yaşanmasının önüne geçilebilmesinin mümkün olması.

KAYNAKLAR

Kitaplar

- Bayrakdar Z., Camkesen N. & Akyıldız, G., **İstanbul'da Ulaşım Sorununun Çözümü İçin Mevcut Toplu Taşıma Sistemleri Nasıl Kullanılmalı?** İstanbul: İstanbul Kentiçi Ulaşım Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 2001.
- Belton V. & Stewart T, **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach**, Amerika: Springer-Science+Business Media, 2002.
- Bilsel C., **İstanbul'un Dönüşümleri: Prost Planlaması Ve Modern Kenti Yaratmak 1910-2010**, İstanbul: Osmanlı Bankası Arşiv ve Araştırma Merkezi, 2010.
- Çelik Z., **19. Yüzyılda Osmanlı Başkenti: Değişen İstanbul**, 1. Basım, İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 1998.
- Fried G., Kastel M., **Managing Sport Facilities**, 4. Basım, New York: Human Kinetics, 2020.
- Ishizaka A. & Nemery P, **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software**, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- John G., Sheard R., & Vickery B., **Stadia: The Populous Design and Development Guide**, 5. Basım, Birleşik Krallık: Routledge, 2016.
- Landesman L. Y. & Burke R. V., **Landesman's Public Health Management of Disasters: The Practice Guide**, Amerika, American Journal of Public Health, 4. Basım, 2001.
- Mullin B. J., Hardy S., & Sutton W., **Sport Marketing**, 4. Basım, New York: Human Kinetics, 2014.
- Nixdorf S., **Stadium Atlas**, Berlin: Ernst & Sohn, 2009.
- Saltuk S., **Antik Stadyumlar**, İstanbul: İnkılap Kitapevi, 1995.
- Schwarz E. C., Hall S. A., & Shibli S., **Sport Facility Operations Management, A Global Perspective**, Londra ve New York, 2015.
- Sheard R., **The Stadium: Architecture for the New Global Sporting Culture**, Singapur: Pesaro Publishing, 2005.

Sphere Projesi, **The Sphere Handbook 2011: İnsani Yardım Sözleşmesi ve İnsani Yardımda Asgari Standartlar**, Birleşik Krallık, Practical Action Publishing, 5. Baskı.

Tekeli İ., **İstanbul ve Ankara için Kent İçi Ulaşım Yazıları**, İlhan Tekeli Toplu Eserleri-9, 1. Basım, İstanbul, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 2010.

Türel A., **Kent ve Ulaşım**, 75 Yılda Değişen Kent ve Mimarlık, İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları, 1998.

Westerbeek H., Smith A., Turner P., Emery P., Green C., & Van Leeuwen L., **Managing Sport Facilities and Major Events**, Crowst Nest, N.S.W: Allen and Unwin, 2005.

Süreli Yayınlar

Aksu A., **Stadyumlar: Kentsel Bağlamda Spor Eksenli Dönüşüm Öğeleri**, Mimarlık Dergisi, 2012.

Albarakani Z., **Post-Disaster Reconstruction Impact on City's Urban Development**, Yüksek Lisans Tezi, Metropolia University, Berlin, 2020.

Aman D. D., **Olası Marmara Depreminde Toplanma Alanları Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi: İstanbul Bağcılar Örneği**, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2019.

Arthur D., **Sport Event And Facility Management**, The Business of Sport Management, 2010.

Atalı L. & Sertbaş K., **Spor Tesisleri ve Alanlarının Deprem Sonrası Afet Hizmetlerine Yönelik Kullanımı**, Megaron, 2014.

Aybet G. Ü., **O Şehr-i İstanbul Ki...**, İstanbul Dergisi, 1993.

Aydın S. & Kahraman C., **Vehicle Selection For Public Transportation Using An Integrated Multi Criteria Decision Making Approach: A Case Of Ankara**, Journal of Intelligent Fuzzy Systems, 2014.

- Ballı S., Korukoğlu S., **Development of A Fuzzy Decision Support Framework for Complex Multi-Attribute Decision Problems: A Case Study for the Selection of Skilful Basketball Players**, Expert Systems, 2014.
- Bayraktar İ., **Football Stadiums' Integration Into Urban Fabric In Context Of Spatial Discourse**, Yüksek Lisans Tezi. Özyeğin Üniversitesi FBE, 2019.
- Bilgin İ. & Karaören M., **İkili Yapıda Bir Şehir**, İstanbul Dergisi, Küreselleşme ve İstanbul, 1993.
- Brans J. P., & Vincke P., **Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM**, Management Science, 1985.
- Büyüközkan G., Feyzioğlu O. & Göçer F., **Selection Of Sustainable Urban Transportation Alternatives Using An Integrated Intuitionistic Fuzzy Choquet Integral Approach**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2018.
- Chew J. S. C. & Lee L. S., **A Genetic Algorithm for Urban Transit Routing Problem**, International Journal of Modern Physics: Conference Series, 2012.
- Chu J. & Su Y., **The Application of TOPSIS Method in Selecting Fixed Seismic Shelter for Evacuation in Cities**, Systems Engineering Procedia, 2012.
- Çınar Y., **Çok Nitelikli Karar Verme ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği**, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi SBE, 2004.
- Dammak N., Dhouib S. & El mhamedi A., **A Review of Optimal Routing Problem for Electric Vehicle**, 2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA), 2019.
- DaSilva L. & Mohamed M., **Optimizing Electric Bus Transit Systems: A Review of Modelling Techniques And Methods**, Proceedings of the 55th annual Canadian Transportation Research Forum, 2020.
- De Filippo G., Marano V. & Sioshansi R., **Simulation Of An Electric Transportation System At The Ohio State University**, Applied Energy, 2014.
- Eğilmez G., Yıldız M. S. & Eş A., **AHP Tabanlı VIKOR Yöntemiyle Optimum Stadyum Kuruluş Yerinin Belirlenmesi: Bolu İli Örneği**, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2019.

- Ekenyazıcı Güney, E., **A Study on The Effect of Transportation Systems to The Evolution of The City Image: The Case of Istanbul**, Megaron, 2012.
- Enang W. & Bannister C., **Modelling and Control Of Hybrid Electric Vehicles (A Comprehensive Review)**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017.
- Erturan-Ogut E. E. & Kula U., **Selecting The Right Location For Sports Facilities Using Analytical Hierarchy Process**, Journal of Facilities Management, 2022.
- Erzincanlı T. & Aksakal E., **Kayak Merkezi Seçimi Problemine Entropy Ve IRP Yöntemleri İle Bütünleşik Bir Yaklaşım: Türkiye Uygulaması**, I. Uluslararası Kış Turizmi Kongresi, 19 - 21 Aralık 2019.
- Fei X. & Gkountouna O., **Spatiotemporal Clustering in Urban Transportation: A Bus Route Case Study in Washington D.C.**, SIGSPATIAL Special, 2018.
- FIFA, **Football Stadiums Technical Recommendations and Requirements**, Uluslararası Yönerge, 2011.
- Freckleton D, Heaslip K, Louisell W, & Collura J., **Evaluation of Resiliency of Transportation Networks after Disasters**, Transportation Research Record, 2012.
- Gani, A., Haque, M. N., Anuar, N. B., & Haque, I., **Cloud Service Selection Using Multicriteria Decision Analysis**, The Scientific World Journal, 2014.
- Gavade R., **Multi-Criteria Decision Making: An Overview of Different Selection Problems and Methods**, International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2014.
- Georgiadis, D. R., Mazzuchi, T. A. & Sarkani, S., **Using Multi-Criteria Decision Making in Analysis of Alternatives for Selection of Enabling Technology**, Systems Engineering, 2013.
- Gong, J., He, J., Cheng, C., King, M.J., Yan, X., He, Z., & Zhang, H., **Road Test-Based Electric Bus Selection: A Case Study of the Nanjing Bus Company**, Energies, 2020.
- Hall C. H., Ceder A., Ekström J. & Quttineh N. H., **Adjustments of Public Transit Operations Planning Process for the Use of Electric Buses**, The 96th TRB Annual Meeting Conference, 2017.

- Hamurcu M. & Eren T., **Applications Of The MOORA And TOPSIS Method For Decision Of Electric Vehicle In Public Transportation Technology**, Transportation 2020.
- Hamurcu, M., & Eren, T., **Electric Bus Selection with Multicriteria Decision Analysis for Green Transportation**, Sustainability, 2020.
- Hazırcı M., **Burdur Ve Isparta İllerinde Meydana Gelebilecek Olası Bir Deprem Senaryosu Altında Şehir Merkezlerinde Geçici İskân Alanı Seçimi Ve Bu Alanlara Atanacak Mahallelerin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, SBE, 2017.
- He L. & Xie Z., **Optimization of Urban Shelter Locations Using Bi-Level Multi-Objective Location-Allocation Model**, Int. J. Environ. Res. Public Health 2022.
- Holguín-Veras J., Pérez N., Ukkusuri S., Wachtendorf T., & Brown B., **Emergency Logistics, Issues Affecting the Response to Katrina: A Synthesis and Preliminary Suggestions for Improvement**, Transportation Research Record, 2007.
- Hsiao H., Chan Y. C., Chiang C. H. & Tzeng G. H., **Fuzzy AHP and TOPSIS For Selecting Low Pollutant Emission Bus Systems**, In Proceedings of the 28th IAEE International Conference, Taipei, Taiwan, 2005.
- IEA, **World Energy Outlook 2016**, International Energy Agency: Paris, France, 2016.
- Iliopoulou C., Tassopoulos I., Kepaptsoglou K. & Beligiannis G., **Electric Transit Route Network Design Problem: Model and Application, Model and Application**, Transportation Research Record, 2019.
- Islam A. & Lownes N., **When To Go Electric? A Parallel Bus Fleet Replacement Study**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2019.
- Ivan T. R., **Applying Multi-Criteria Decision-Making Methods to the Department of Defense Cloud Service Offering Security Authorization Process**, Yüksek Lisans Tezi. The George Washington University EAS, 2018.
- Jiang L. & Zhang Y., **Research on Route Planning of Electric Buses**, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019.
- Junian J., Azizifar V., **The Evaluation of Temporary Shelter Areas Locations Using Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process**, Civil Engineering Journal, 2018.

- Karaköprü U. O. & Kabadurmuş Ö., **Evaluation of Stadium Locations Using AHP and TOPSIS Methods**, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2020.
- Karaman H., Erden T., **Net Earthquake Hazard And Elements At Risk (NEaR) Map Creation For City Of Istanbul Via Spatial Multi-Criteria Decision Analysis**, Natural Hazards, 2014.
- Kongsomsaksakul S., Yang C., & Chen A., **Shelter Location-Allocation Model For Flood Evacuation Planning**, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005.
- Kwon Y. S., Lee B. K. & Sohn S. Y., **Optimal Location-Allocation Model For The Installation Of Rooftop Sports Facilities in Metropolitan Areas**, European Sport Management Quarterly.
- Lanjewar P. B., Rao R. & Kale A., **Assessment Of Alternative Fuels For Transportation Using A Hybrid Graph Theory And Analytic Hierarchy Process Method**, Fuel, 2015.
- Li Z., Khajepour A. & Song J., **A Comprehensive Review Of The Key Technologies For Pure Electric Vehicles**, Energy, 2019.
- Litman T., **Lessons From Katrina And Rita: What Major Disasters Can Teach Transportation Planners**, Journal of Transportation Engineering, 2006.
- Liu T. & Ceder A., **Battery-Electric Transit Vehicle Scheduling With Optimal Number Of Stationary Chargers**, Transportation Research, Bölüm C: Emerging Technologies, 2020.
- Liu Y., Feng X., Yang Y., Ruan Z., Zhang L. & Li K., **Solving Urban Electric Transit Network Problem By Integrating Pareto Artificial Fish Swarm Algorithm And Genetic Algorithm**, Journal of Intelligent Transportation Systems, 2020.
- Liu Y., He J., Lu W., Yan X. & Cheng C., **Evaluation Method to Select Pure Electric Buses Based on Road Operation Tests**, World Electric Vehicle Journal, 2019.
- Lu J., Chen Y., Hao J. & He R., **The Time-dependent Electric Vehicle Routing Problem: Model and Solution**, Expert Systems with Applications, 2020.
- Mahmoud M., Garnett R., Ferguson M. & Kanaroglou P., **Electric Buses: A Review Of Alternative Powertrains**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016.

- Mauttone A. & Urquhart M. E., **A Multi-objective Metaheuristic Approach For the Transit Network Design Problem**, Journal of Public Transport, 2009.
- Mavrovouniotis M., Ellinas G. & Polycarpou M., **Ant Colony Optimization for the Electric Vehicle Routing Problem**, 2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 2018.
- Mavrovouniotis M., Li C., Ellinas G. & Polycarpou M., **Parallel Ant Colony Optimization for the Electric Vehicle Routing Problem**, 2019 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 2019.
- Mazzuchi T. A., **Application of Multi Criteria Decision Making Methods to the DLA Energy Military Construction Portfolio Selection Process**, Doktora Tezi. The George Washington University EAS, 2016.
- Miller L. K., **Sport Business Management**, Jones & Bartlett Learning, 1997.
- Moğulkoç İ., **Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tespit Edilmesi: Sivas İli Örneği**, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, FBE, 2019.
- Mukherjee S., **Selection Of Alternative Fuels For Sustainable Urban Transportation Under Multi-criteria Intuitionistic Fuzzy Environment**, Fuzzy Information and Engineering, 2017.
- Noussan M., Hafner M., & Tagliapietra S., **The Evolution of Transport Across World Regions**, The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization, SpringerBriefs in Energy, 2020.
- Omidvar B., Baradaran-Shoraka M. & Nojavan M., **Temporary Site Selection And Decision Making Methods: A Case Study Of Tehran, Iran**, Disasters, 2013.
- Onat N. C., Gümüş S., Küçükvar M. & Tatari O., **Application Of The TOPSIS And Intuitionistic Fuzzy Set Approaches For Ranking The Life Cycle Sustainability Performance Of Alternative Vehicle Technologies**, Sustainable Production and Consumption, 2016.
- Opricovic S. & Tzeng G. H., **Compromise Solution By Mcdm Methods: A Comparative Analysis Of Vikor And Topsis**, European Journal Of Operational Research, 2004.
- Ömürgönülşen M. & Menten C., **Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Ankara İli İçin Olası Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Seçimi**, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2021.

- Özden A. & Şahin S. N. A., **Urban Mobility in Covid-19: How We Adapted to Change and How Should We Respond**, Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management, 2020.
- Özkaya G., Timor M. & Erdin C., **Science, Technology and Innovation Policy Indicators and Comparisons of Countries through a Hybrid Model of Data Mining and MCDM Methods**, Sustainability, 2021.
- Özsoy Ö., **Evaluation of Industrial Designs by Using Analytical Hierarchy Process and Parallel Prototyping**, Tasarım + Kuram, 2019.
- Öztayşi B., Çevik Onar S., Kahraman C. & Yavuz M., **Multi-criteria Alternative-fuel Technology Selection Using Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Sets**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2017.
- Park H. & Jin S., **Electric Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Vehicles and Partial Charge**, 2020.
- Patil A., Herder P. & Brown K., **Investment Decision Making for Alternative Fuel Public Transport Buses: The Case of Brisbane Transport**, Journal of Public Transportation, 2010.
- Pelletier S., Jabali O., Mendoza J. E. & Laporte G., **The Electric Bus Fleet Transition Problem**, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2019.
- Perrotta D., Macedo J. L., Rossetti R. J. F., de Sousa J. F., Kokkinogenis Z., Ribeiro B., & Afonso J. L., **Route Planning for Electric Buses: A Case Study in Oporto**, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014.
- Petschnig M., Heidenreich S. & Spieth P., **Innovative Alternatives Take Action Investigating Determinants Of Alternative Fuel Vehicle Adoption**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2014.
- Rezaei S., **Developement Of A Decision Support Model For The Optimum Shelter Location Following A Disaster**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Teknoloji, İstanbul, 2014.
- Salabun W., Karczmarczyk A. & Wątróbski J., **Decision-Making using the Hesitant Fuzzy Sets COMET Method: An Empirical Study of the Electric City Buses Selection**, 2018 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 2018.
- Salimi M., Soltanhosseini M., Padash D. & Khalili E., **Prioritization of the Factors Effecting Privatization in Sport Clubs: With AHP & TOPSIS Methods-**

Emphasis in Football, International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 2012.

Santos D., Kokkinogenis Z., de Sousa J. F., Perrotta D. & Rossetti R. J. F., **Towards The Integration Of Electric Buses In Conventional Bus Fleets**, 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016.

Singh P., Singh A. K., Singh P. Kumari S. & Sangaiah A. K., **Multimodal data modeling for efficiency assessment of social priority based urban bus route transportation system using GIS and data envelopment analysis**, Multimed Tools Applications, 2019.

Sinuany-Stern Z., **Ranking of Sports Teams via the AHP**, Journal of the Operational Research Society, 1988.

Süt N., Hamurcu M. & Eren T., **Kampüste Yeşil Ulaşım Uygulaması: Ring Araçlarının Seçimi İçin Bir Karar Verme Süreci**, Gazi Journal Engineering and Science, 2019.

Szeto W. Y. & Wu Y., **A Simultaneous Bus Route Design and Frequency Setting Problem for Tin Shui Wai, Hong Kong**, European Journal of Operational Research, 2011.

Şahin S., **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Bulanık Ortamda Afet Yönetimi Sisteminde Geçici Barınma Alanları Yer Seçimi**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, 2017.

Şahin Y. & Hazırcı M., **Geçici İskân Alanlarının Seçimi İçin AHP Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği**, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2019.

Şentürk E., Erener A., **Determination of Temporary Shelter Areas in Natural Disasters By GIS: A Case Study for Gölçük/ Turkey**, International Journal of Engineering and Geosciences, 2017.

Ta C., Goodchild A. V. & Pitera K., **Structuring a Definition of Resilience for the Freight Transportation System**, Transportation Research Record, 2009.

Tie S. F. & Tan C. W., **A Review Of Energy Sources And Energy Management System In Electric Vehicles**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.

Tong Z., Zhang J. & Liu X., **GIS-Based Design Of Urban Emergency Shelter In Songbei Harbin**, In Recent advances in computer science and information engineering, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

- Topal O., **Türkiye Toplu Ulaşım Sisteminde Elektrikli Otobüsler**, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2019.
- Triantaphyllou E. & Mann S., **Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some challenges**, The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, 1995.
- Trivedi A., **A Multi-Criteria Decision Approach Based On Dematel To Assess Determinants Of Shelter Site Selection In Disaster Response**, International Journal of Disaster Risk Reduction, 2018.
- Tscheikner-Gratl F., Patrick E., Wolfgang R. & Manfred K., **Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute Water, 2017.
- Tülü M. G., **AHP Based Evaluation Approach For Decision Making Criteria Of Electric Bus Implementations**, Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi FBE, 2021.
- Tzeng G. H., Lin C. W. & Opricovic S., **Multi-criteria Analysis Of Alternative Fuel Buses For Public Transportation**, Energy Policy, 2005.
- Vahdani B., Zandieh M. & Tavakkoli-Moghaddam R., **Two Novel FMCDM Methods For Alternative-fuel Buses Selection**, Applied Mathematical Modelling, 2011.
- Wang C., Ye Z. & Wang W., **A Multi-Objective Optimization and Hybrid Heuristic Approach for Urban Bus Route Network Design**, IEEE Access, 2020.
- Wang Q., Peng S. & Liu S., **Optimization of Electric Vehicle Routing Problem Using Tabu Search**, 2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC) 2020.
- Yao E., Liu T., Lu T. & Yang Y., **Optimization Of Electric Vehicle Scheduling With Multiple Vehicle Types In Public Transport**, Sustainable Cities and Society, 2020.
- Yavuz M., Öztayşı B., Çevik Onar S. & Kahraman C., **Multi-criteria Evaluation Of Alternative-fuel Vehicles Via A Hierarchical Hesitant Fuzzy Linguistic Model**, Expert Systems with Applications, 2015.
- Yavuz N. & Baki B., **Patent Değerlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Sıralanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi, 2019.

- Yedla S. & Shrestha R. M., **Multi-criteria Approach For The Selection Of Alternative Options For Environmentally Sustainable Transport System In Delhi**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2003.
- Yenen Z., Ünal Y. & Meray Enil Z., **İstanbul'un Kimlik Değişimi: Su Kentinden Kara Kentine**, İstanbul Dergisi, 1993.
- Yılmaz E., **Kentiçi Otobüs Taşımacılığında Yeni Bir Model Önerisi ve Simülasyon Tekniği İle Performans Değerlendirmesi**, Öneri Dergisi, 2005.
- Yuan F. & Han L. D., **Improving Evacuation Planning with Sensible Measure of Effectiveness Choices: Case Study**, Transportation Research Record, 2009.
- Zhao X., Chen J., Xu W., Lou S., Du P., Yuan H. & Ip K., **A Three-Stage Hierarchical Model for An Earthquake Shelter Location-Allocation Problem: Case Study of Chaoyang District, Beijing, China**, Sustainability, 2019.
- Zhou Y., Chen L., Yang Y., Li Y. Cheng G., Fu Y., Zhu C., Liu Y. & Mao H., **Electric Vehicle Routing Problem: Model and Algorithm**, 2020 12th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2020.
- Zhu Y., Tian D. & Yan F., **Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making**, Mathematical Problems in Engineering, 2020.

Diğer Yayınlar

- AFAD, **Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Geçici Barınma Merkezlerinin Kurulması, Yönetimi ve İşletilmesi Hakkında Yönerge**, <https://www.aile.gov.tr/uploads/athgm/uploads/pages/goc-afet-ve-acil-durumlarda-psikososyal-destek/gecici-barinma-merkezlerinin-kurulmasi-yonetimi-ve-isletilmesi-hakkinda-yonerge.pdf> (24.09.2022).
- Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD), <https://www.afad.gov.tr> (21.09.2022).
- BBC NEWS, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-53790449> (24.09.2022).
- Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNISDR), **Strategic Framework 2016-2021**, www.unisdr.org/files/51557_unisdrstrategicframework20162021pri.pdf (21.09.2022).

- Dünya Sağlık Örgütü (WHO), <https://www.who.int> (21.09.2022).
- FIFA, **Football Stadiums Guidelines 2022**, <https://www.fifa.com/technical/stadium-guidelines> (09.09.2022).
- Foote, K. E., **An Introductory Overview to Multi Criteria Evaluation**, 2022, <https://slideplayer.com/slide/4595592/> (24.02.2022).
- International Energy Agency, *World Energy Outlook 2016*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (22.02.2022).
- İETT, **Elektrikli Araç Testi Yapıldı**, 2022, <https://iett.istanbul/arsiv/37978/elektrikli-arac-testi-yapildi> (06.09.2022).
- İngilizce Sözlük (Cambridge Dictionary), <https://dictionary.cambridge.org> (21.09.2022).
- İstanbul İtfaiyesi, http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/143692112015__3874780536.pdf (15.10.2022).
- İstanbul İtfaiyesi, **Kurtarma Ekipmanları**, <http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/kurtarma-ekipmanlari/0/sp1.html> (15.10.2022)
- Multi-Criteria Analysis: A Manual**, Department of Communities and Local Government. Eland House, Bressenden Place, London, 2022, <http://www.communities.gov.uk>. (24.02.2022).
- Sphere Association, **The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response**, Cenevre, İsviçre, 2018, <http://www.sphereproject.org/handbook> (24.09.2022).
- T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, **Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)**, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2419/files/Afet_Mud_Pl_ResmiG_20122013.pdf (15.10.2022).
- T.C. İstanbul Valiliği, **İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP)**, https://istanbul.afad.gov.tr/kurumlar/istanbul.afad/PDF-Dosyalar/irap_istanbul.pdf (15.10.2022).
- Terry J., **Impacts of New Technology on Public Transportation**, Public Transportation Accidents, Community Improvement, 2020, <https://www.torhoermanlaw.com/impacts-of-new-technology-on-public-transportation/> (23.02.2022).
- TFF İstanbul İl Temsilciliği, <https://www.tffistanbul.org/stadyumlar/> (29.06.2022).

TRT HABER, <https://www.trthaber.com/haber/kultur-sanat/eski-istanbulun-kalbi-yesil-sutun-359838.html> (24.09.2022).

TÜİK, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500#:~:text=İstanbul%27un%20nüfus u%2015%20milyon,840%20bin%20900%20kişi%20oldu> (24.09.2022).

UEFA, **Guide To Quality Stadiums**, https://editorial.uefa.com/resources/01f9-0f842793b513-3ec14e88e0ef-1000/uefa_guide_to_quality_stadiums.pdf (09.09.2022).

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC), <https://www.ifrc.org> (21.09.2022).

