



**KARADENİZ BÖLGESİ'NDE DENİZ YETKİ ALANLARININ
GÖZETLENEBİLMESİ AMACIYLA SAHİL GÖZETLEME
RADARLARININ KONUMLARININ BELİRLENMESİ**

Sevim UYGUR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sevim UYGUR

25/07/2023

KARADENİZ BÖLGESİ'NDE DENİZ YETKİ ALANLARININ GÖZETLENEBİLMESİ AMACIYLA SAHİL GÖZETLEME RADARLARININ KONUMLARININ

BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sevim UYGUR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2023

ÖZET

Deniz ticareti faaliyetlerinin ve deniz trafiğinin yoğun olduğu, düzensiz göç ve kaçakçılık gibi konularda mücadelelerin verildiği, ülkemizin kıyı ve karasularının kontrolünü ve güvenliğini sağlamak her zaman kritik öneme sahip bir konu olmuştur. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin jeopolitik ve jeostratejik konumu itibarıyla deniz güvenliğine önem vermesi ve bu konudaki teknolojik gelişmeler çerçevesinde yatırım yapması kaçınılmazdır. Son zamanlarda meydana gelen düzensiz göç, kaçakçılık faaliyetleri, su ürünleri avcılığı vb. yasa dışı faaliyetlerin önlenmesi, sınır güvenliğinin sağlanması ve stratejik öneme sahip tesislerin güvenliğinin sağlanması amacıyla denizlerimizin 7/24 gözetilmesini sağlayacak radar gibi teknolojik sistemlerin kullanılması büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda, çalışma Karadeniz Bölgesi'nde deniz yetki alanlarının gözetlenebilmesi amacıyla sahil gözetleme radarlarının konuş yerlerinin belirlenmesi problemini ele almaktadır. Bu tez çalışması, bölge seçimi ve yeni tip radarların birlikte ele alınması nedeniyle literatürde yapılmış çalışmalardan ayrılmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin seçilmesinin sebebi daha önce çalışılmamış olması ve kurulması planlı olan nükleer güç santrali gibi stratejik öneme sahip tesislerin güvenliğinin sağlanması sorunudur. Problem genel yapısı itibarıyla tesis yer seçimi problemidir. Çalışmada tesis yer seçimiyle ilgili çalışmalar incelenmiş ve bahse konu problem için Karadeniz Bölgesi özelinde parametreler belirlenmiştir. Problemin çözümü için küme kapsama ve maksimum kapsama modeli oluşturulmuş ve oluşturulan modeller GAMS (General Algebraic Modeling System) programlama dili kullanılarak çözülmüştür. Optimal çözümde bulunan konumlara radar yerleştirilmesiyle Karadeniz Bölgesi deniz yetki alanlarının tam kapsama sağladığı sonucuna varılmıştır. Bu sayede, Karadeniz Arama Kurtarma Bölgesi tam ve etkin bir şekilde gözetlenebilecek, başta arama kurtarma olmak üzere kaçakçılık, yasadışı göç ve balıkçılık ile deniz kirliliği gibi suçlarla daha etkili ve maliyet etkin bir şekilde mücadele edilebilecektir.

Bilim Kodu : 90620

Anahtar Kelimeler : Sahil Gözetleme Radarı, Yer Seçimi Problemi, Küme Kapsama

Sayfa Adedi : 72

Danışman : Doç. Dr. Tahsin ÇETİNYOKUŞ

DETERMINATION OF THE LOCATIONS OF COASTAL SURVEILLANCE RADARS
FOR SURVEILLANCE OF MARITIME JURISDICTION IN BLACK SEA REGION

(M. Sc. Thesis)

Sevim UYGUR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2023

ABSTRACT

It has always been a critical issue to ensure the control and security of our country's coastal and territorial waters, where maritime trade activities and maritime traffic are intense and struggles are made on issues such as irregular migration and smuggling. It is inevitable for our country, which is surrounded by seas on three sides, to attach importance to maritime security due to its geopolitical and geostrategic position and to invest within the framework of technological developments in this regard. In order to prevent illegal activities such as recent irregular migration, smuggling activities, fisheries hunting, etc. and to ensure border security and the security of strategically important facilities, it is of great importance to use technological systems such as radar that will ensure 24/7 surveillance of our seas. In this context, the study deals with the problem of determining the location of the coastal surveillance radars in order to monitor the maritime jurisdiction areas in the Black Sea Region. This thesis study differs from the studies in the literature due to the region selection and the consideration of new types of radars together. The reason for choosing the Black Sea Region is that it has not been studied before and it is the problem of ensuring the security of strategically important facilities such as the planned nuclear power plant. The problem is a facility location selection problem in terms of its general structure. In the study, studies on facility location selection were examined and parameters specific to the Black Sea Region were determined for the aforementioned problem. Set covering and maximum coverage model were created to solve the problem, and the created models were solved using the GAMS (General Algebraic Modeling System) programming language. It has been concluded that the Black Sea Region maritime jurisdiction areas provide full coverage by placing radar at the locations found in the optimal solution. In this way, the Black Sea Search and Rescue Region will be fully and effectively monitored, and crimes such as smuggling, irregular migration, illegal fishing and marine pollution, especially search and rescue, will be combated in an effective way and cost-effectively.

Science Code : 90620
Key Words : Coastal Surveillance Radar, Location Selection, Set Covering
Page Number : 72
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Tahsin ÇETİNYOKUŞ

TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde tez konusu seçiminden çalışmanın nihai hale getirilmesine kadar her aşamada beni yönlendiren, değerli tecrübelerini benimle paylaşan, kıymetli vaktini ayıran, ilgi ve bilgisini benden esirgemeyen çok değerli danışmanım Sayın Doç.Dr. Tahsin ÇETİNYOKUŞ'a ve her türlü desteğini gösteren ve çalışmama büyük katkı sağlayan Sayın Dr. Öğr.Üyesi Emre ÇALIŞKAN'a ve tez jürisinde yer almayı kabul edip değerli katkılarını sunan Sayın Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma esnasında ihtiyaç duyduğum her anda görüş, öneri ve yardımlarını eksik etmeyen Gökhan Edge KARAARSLAN, Safa SÖYLEM, Rıza BÜTÜN, Kerem TAMKOÇ ve Adnan ARAS başta olmak üzere bütün mesai arkadaşlarıma beni bu dönemde destekledikleri için saygı ve sevgilerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi bana güç veren, her zaman her koşulda arkamda duran canım aileme, çalışmama son dokunuşlarıyla değer katan kardeşim Selin Sude SAYAK'a ve karşılaştığım her zorluğun üstesinden gelmeme yardım eden, bu zorlu süreçte her tökezlediğimde beni ayağa kaldıran motivasyon kaynağım kıymetli eşim Burak UYGUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. TESİS YER SEÇİMİ	3
2.1. Tesis Yer Seçiminin Önemi	5
2.2. Tesis Yer Seçiminin Prensipleri	6
2.3. Tesis Yer Seçiminin Amaçları.....	8
2.4. Tesis Yer Seçimine Etki Eden Faktörler.....	9
2.5. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Sınıflandırılması	11
2.5.1. Küme kapsama problemleri	13
2.5.2. Maksimum kapsama problemleri	14
2.5.3. P-merkez problemleri	16
2.5.4. P-medyan problemleri	18
2.5.5. P-dağılım problemleri	20
2.6. Tesis Yer Seçimi Konusunda Literatür Araştırması	22
3. DENİZ GÜVENLİĞİ VE RADAR.....	27

	Sayfa
3.1. Karadeniz ile İlgili Deniz Politikaları ve Stratejileri.....	28
3.2. Arama Kurtarma Bölgesi Sorumluluk Sahası.....	29
3.2.1. Karadeniz arama ve kurtarma bölgesi.....	32
3.3. Türkiye'nin Karadeniz'deki Yetki Alanları.....	33
3.4. Radarlar Hakkında Genel Bilgiler.....	34
3.4.1. Radarların kısa tarihçesi	35
3.4.2. Radarların çalışma prensibi.....	36
3.4.3. SERDAR sahil gözetleme radarı	39
4. PROBLEMİN TANIMI	41
4.1. Matematiksel Modelin Girdileri	42
4.1.1. Aday noktalarının belirlenmesi	43
4.1.2. Talep noktalarının belirlenmesi.....	46
4.2. Modelin Varsayımları	47
4.3. Matematiksel Model.....	48
4.4. Problemin Çözümü.....	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	59
EKLER.....	66
EK-1. Aday noktalarının değerlendirilmesi sonucu verilen puanlar	67
EK-2. Sahil Güvenlik Komutanlığı unsurları tarafından 2022 yılında uygulanan yasal işlemlerin coğrafi dağılımı.....	69
EK-3. Talep noktalarının değerlendirilmesi sonucu verilen puanlar	70
EK-4. Etik komisyonu onayı.....	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Tesis yer seçiminin uygulama alanları	8
Çizelge 2.2. Küme kapsama, maksimum kapsama ve p-merkez modellerinin karşılaştırılması.....	18
Çizelge 4.1. Aday noktaları yükseklik kriterleri değerleri.....	44
Çizelge 4.2. Aday noktaları mesafe kriterleri değerleri.....	45
Çizelge 4.3. Küme kapsama çözümü sonucunda elde edilen analiz	51
Çizelge 4.4. Maksimum kapsama çözümü sonucunda elde edilen analiz.....	52

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Klasik bir p-medyan probleminin çözümü	19
Şekil 3.1. FMCW radar blok diyagramı.....	37
Şekil 4.1. Aday noktalarının iklim uygunluk değerlendirmelerinin puan dağılımları	44
Şekil 4.2. Aday noktalarının yükseklik uygunluk değerlendirmelerinin puan dağılımları	45
Şekil 4.3. Aday noktalarının ulaşım uygunluk değerlendirmelerinin puan dağılımları	46

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Geleneksel radar sistemi.....	36
Resim 3.2. SERDAR sahil gözetleme radarı	39



HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Türk deniz arama kurtarma bölgesi	31
Harita 3.2. Karadeniz’de kıyısı bulunan ülkelerin MEB’leri	34
Harita 4.1. Aday noktaları	43
Harita 4.2. Talep noktaları	46
Harita 4.3. Küme kapsama çözüm haritasının gösterimi	51
Harita 4.4. Maksimum kapsama çözüm haritasının gösterimi	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

m	Metre
km	Kilometre
mHz	Megahertz
cm	Santimetre

Açıklamalar

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
A/K	Arama Kurtarma
FMCW	Frekans Modülasyonlu Sürekli Dalga
GAMS	General Algebraic Modeling System
HF	Yüksek Frekans
IMO	Uluslararası Denizcilik Örgütü
İDA	İnsansız Deniz Aracı
İGK	İstihbarat, Gözetleme Ve Keşif
İHA	İnsansız Hava Aracı
KHO	Kara Harp Okulu
LPI	Düşük Tespit Edilme Olasılıklı
MEB	Münhasır Ekonomik Bölge
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TOPSIS	İdeal Çözümle Benzerlik Halinde Tercih
VIKOR	Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm

1. GİRİŞ

Tarih boyunca denizler, toplum yaşamının farklı alanlarında kültürden güvenlik durumuna, yaşam biçiminden ülke sınırına, geçim kaynağından dış politikaya kadar etkili olmuştur. Bundan dolayı devletler için denizlerde güç kazanmak ve egemenlik sağlamak ekonomik ve askeri stratejilerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. 21. yüzyılda küreselleşme ve teknolojiadaki ilerlemelerle birlikte devletlerin denizlerden elde ettiği çıkar ve menfaatlerin kapsamı önemli ölçüde genişlemiştir. Böylelikle denizler, son yıllarda kritik rekabet ve ilgi odağı haline gelmiştir (Tutak, 2021).

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada ülkesidir. Ülkemiz etrafını çevreleyen bu denizlerin jeostratejik ve jeopolitik öneminden dolayı her türlü tehlike ve tehditlere açık bir konumdadır. Sürekli birtakım tehditlere maruz kalması, bu yöndeki güvenlik ihtiyaçlarının da bu tehditler kapsamında gündeme gelmesine sebep olmuştur.

Bu jeostratejik ve jeopolitik konumunun önemine ilave olarak gelecekte denizlerimizde kaçakçılık ve göç gibi tehdit unsurlarının artacağı, deniz çevresinin ve denizlerdeki doğal kaynakların korunmasının önem kazanacağı dolayısıyla da denizlerimizin öneminin artarak devam edeceği değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda, Karadeniz Bölgesi'nde Türk deniz yetki alanlarının güvenlik ve emniyetinin sağlanması amacıyla; deniz yolu ile yapılan düzensiz göç ve insan ticaretine, Karadeniz'e sahilgar devletlerin balıkçı gemilerinin Karadeniz Türk Münhasır Ekonomik Bölgesinde (MEB) izinsiz su ürünleri avcılığı yapmalarına, deniz yolu ile yapılan kaçakçılık faaliyetlerine, MEB sınırları dâhilinde yapılan araştırma, kablo/boru hattı döşenmesi, petrol arama gibi faaliyetlerin takip/kontrolüne, her türlü kirliliğin kontrolüne, yakın gelecekte kurulacak olan nükleer santraller gibi stratejik tesislerin güvenliğinin sağlanmasına, Türkiye-Gürcistan deniz yan hududunun kontrolüne öncelik verilmesi gerekmektedir.

Bahsedilen faaliyetlerin önlenmesi için deniz yetki alanlarının gözetlenmesinde azami kapsama sağlanması ve gerçek zamana yakın deniz resminin oluşturularak denizde durumsal farkındalığın artırılması, denizlerimizdeki görevlerin icrasının daha etkin ve

verimli hale getirilmesi, denizde işlenen suçların tespitine yönelik maliyeti minimuma indirmek hedefleri doğrultusunda yürütülen çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Karadeniz Bölgesi deniz yetki alanlarında deniz yoluyla gerçekleşen kaçakçılık faaliyetleri, düzensiz göç, denizde arama kurtarma, deniz kirliliği tespiti, su ürünleri avcılığı yapan teknelerin kontrolü vb. olaylara erken müdahale edilebilmesi, kara sularımızın kontrol altına alınması, etkili ve hedef odaklı deniz güvenliğini sağlayabilmek amacıyla sahil gözetleme radarları ile teknolojik gözetleme, tespit ve teşhis imkân ve kabiliyeti sağlamaktır.

Bu amaç doğrultusunda Karadeniz Bölgesi'nde deniz yetki alanlarının gözetlenebilmesi amacıyla tam kapsama sağlamak için gereken sahil gözetleme radarı adedinin belirlenmesi ile sahil gözetleme radarlarının Karadeniz kıyılarına konuş yerlerinin belirlenmesine yönelik bir problem çözülmeye çalışılmaktadır.

Çalışma daha önceden yapılan birçok araştırmadan farklı olarak Karadeniz Bölgesi ve yeni tip radar sistemini ele almıştır. İncelenen literatür araştırmaları kapsamında araştırmaların daha çok Ege Bölgesi ve İnsansız Hava Aracı (İHA) konularında yapıldığı görülmüştür.

Problem bir yer seçimi problemi olarak tanımlanmış ve yer seçimi problemlerinden Küme Kapsama Modeli ve Maksimum Kapsama Modeli kullanılmıştır. Optimum çözümü bulmak için modele probleme uygun parametreler ilave edilmiş ve GAMS programlama dili kullanılarak problem çözülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümünde tesis yer seçimi modelleri, üçüncü bölümünde deniz güvenliği ve radarlar hakkında detaylı bilgiler; dördüncü bölümünde problemin tanımı, modeli ve çözümü, beşinci bölümde ise probleme ait sonuç ve gelecekteki çalışmalar için öneriler yer almaktadır.

2. TESİS YER SEÇİMİ

Yer bulma problemi tarih boyunca süregelen en eski problem sahalarından biridir. İnsanlar öncelikle korunabilmek ve hayatlarını devam ettirebilmek için gerekli yiyeceği bulabileceği yerleri keşfetmeye başlamıştır. Bunun sonucunda ilk yerleşim yerleri olan medeniyetler doğal kaynaklar yönünden zengin olan bölgelerde ortaya çıkmıştır. Yer bulma problemi, her dönem varlığını devam ettirmesinin yanı sıra toplumun en küçük yapı biriminden en büyüğüne kadar her kesimde karşılaşılan bir problemdir. Toplumun en küçük yapıtaşları olan bir aile bile ev alırken veya kiralarken o evin, işyerine olan mesafesini, sağlık kuruluşlarına olan uzaklığını, market, pazar yeri gibi ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri yerlere olan uzaklığını ve bunun gibi birçok etkeni düşünerek karar vermektedir. Kısacası her bir birey hayatında mutlaka bu problemin üzerinde düşünmektedir (Ayöperken ve Ermiş, 2011).

Basit bir tanımla, tesis yeri işletmelerin üretim faaliyetlerini sürdürdükleri konum veya mekânı ifade eder (Tüzmen, 2010). Daha ayrıntılı ifade edersek, üretim faaliyetleri için gereken teknik ve ekonomik koşulları diğerlerine göre en elverişli şekilde sağlayan, yani girişimcinin başarılı olmasını sağlayan yer tesis yeridir (Özcan, 2014). Bir diğer tanım ise, bir işletmenin tedarik, üretim, depolama ve dağıtım gibi temel faaliyetlerini ve bunlarla etkileşim içerisinde olarak ekonomik amaçlarını gerçekleştirebileceği en uygun yer olarak yapılmıştır. (Barutçugil, 1988). Yer seçimi kavramı ile ise hedeflenen süre içinde çeşitli ölçütlere göre en avantajlı yerin belirlenmesi ifade edilmektedir (Abdülvahitoğlu, 2021).

Tesis yeri seçimi problemlerini temelde n adet tesisten m adet konuma optimum şartlar göz önüne alınarak yapılacak olan taşıma maliyetlerinin en az seviyede olmasını sağlayacak şekilde tesislerin yerleştirilmesi olarak tanımlayabiliriz (Tavakkoli ve Shayan, 1998). Bir başka tanım ise, müşterilerin taleplerinin karşılanması ve maliyetlerin minimum seviyede tutulması amacıyla, hizmet veren tesislerin belli kısıtlar göz önünde bulundurularak elverişli bölgelere yerleştirilmesi ve her bir müşterinin bu tesislere atanmasıyla ilgili problemlerdir (Bastı, 2012).

Tesis yeri seçimi problemlerine ilişkin literatür incelendiğinde yapılan ilk çalışmanın 1909 yılında Alfred Weber tarafından bir deponun müşterilerine en az mesafede konumlandırılmasına yönelik yapılan çalışma olduğu görülmektedir (Owen ve Daskin,

1998). Günümüzde incelediğimiz bilimsel şekliyle daha kapsamlı ve gerçekçi yöntemler ile algoritmalar ise 1960'lı yılların ortalarında netleşmeye başlamıştır. Tesis yer seçimi problemlerinin formülasyonu ile ilgili ilk çalışmaları kimin yaptığı konusunda değişik görüşler bulunsa da araştırmacılar ilk çalışma olarak Balinski'nin 1966 yılında yaptığı çalışmayı kabul etmektedir. 1978 yılında Morris, tesis kuruluş yeri çalışmalarını daha fonksiyonel hale getirmiştir (Ballı, 2014).

Tesis yer seçimi problemleri daha çok ulaşım maliyetlerinin en aza indirilmesi şeklinde yöneylem araştırması alanında çalışan araştırmacıların ilgi alanında yer almıştır. Araştırmacılar bu maksatla belirli sayıda tesisi talep noktalarına en yakın tesislerden en hızlı şekilde hizmet verecek şekilde ilişkilendirilmeye çalışmışlardır. Tesis konumlarının seçiminde genel amaç çoğunlukla tesis ile talep noktaları arasındaki mesafeyi azaltarak maliyeti düşürmek ve işletmelerin karlılığını artırmaktır (Durak ve Yıldız, 2015).

Tesis yer seçimi problemleri tedarik zincirindeki uzun dönemi kapsayan stratejik planlamanın bir parçasıdır (Daskin, 2008). Tesis konumlarının belirlenmesi kararları firmaların varlıklarını devam ettirebilmek için günümüz koşullarında artan rekabetçi koşullar göz önünde bulundurulduğunda oldukça önem arz etmektedir. Müşteri odaklılık ve küresel rekabet, zaman faktörünün rekabet edebilme seviyesini etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Müşterilerin beklentilerini karşılamak ve memnuniyet sağlamak, işletmelerin rekabet gücünü artırmak için kritik öneme sahiptir. Küresel pazarda hızlı değişimler ve gelişmeler yaşandığından, işletmelerin hızlı ve esnek bir şekilde müşteri taleplerine cevap verebilmesi büyük bir avantaj sağlar. Zaman faktörü, müşteri odaklılık ve rekabet edebilme yeteneği arasında doğrudan bir ilişki kurarak, işletmelerin başarı düzeyini belirleyen önemli bir unsurdur. Talep noktasına yakınlık arttıkça sunulan hizmetin hızı ve kalitesi de aynı oranda artacaktır. Bir başka açıdan baktığımızda eğer bir firma tesis konumunun belirlenmesi kararını almışsa çok ciddi maliyetlerle karşı karşıya kaldığından her türlü faktörü göz önünde bulundurmak zorundadır. Bunun sebebi mevcutta var olan bir tesisin sonradan değiştirilmesinin firma açısından daha önce katlanılan büyük ölçekli maliyetini israf etmesidir. Bir firma için sermaye kısıtı söz konusu olduğundan bunu gerçekleştirmek mümkün değildir (Caccetta ve Dzator, 2005).

Ayrıca, hizmet alanının veya tesisin birçok faktörü dikkate alarak optimum veya optimuma yakın bir şekilde yerleştirilmesi sadece katlanılan ve katlanılacak maliyeti azaltmak ile

kalmaz aynı zamanda elde edilen kar seviyesini de pozitif olarak etkiler. Bu nedenle, firmalar tesis yeri seçimi kararını verirken etkili ve verimli sonuç alabilmek için oldukça dikkatli olmak zorundadırlar (Pereira, Lorena ve Senne, 2007; Lee ve Yang, 2009).

2.1. Tesis Yer Seçiminin Önemi

Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak yaşam standartları da hızla yükselmekte, yerleşim alanları genişlemekte, ulaşım ağı gelişmekte, zaman kavramı kısalmakta, talep noktalarına mesafe, sosyal ve çevresel faktörler gibi birçok etkenin önemi artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı en iyi tesis kuruluş yerini seçme işlemi daha da zorlaşmakta ve karmaşıklaşmaktadır (Ağdaş, 2014).

Tesis yer seçimine karar vermek gerek özel sektör gerekse kamu alanında stratejik planlamada çok önemli yer işgal etmektedir. Bir perakende zincirine dâhil edilecek bir dükkânın yeri, üreticinin yeni açacağı bir deponun konumu, şehir planlayıcısının itfaiye merkezlerinin yerini seçmesi ya da acil ambulans hizmeti veren merkezlerin yerlerinin belirlenmesi gibi kararlar stratejik açıdan karar verilen ve karar vericileri çok zorlayan konulardır (Tozan ve Dönmez, 2015). Nüfus değişimi, pazar eğilimlerindeki değişiklikler, tesislerin genişletilme, değiştirilme ihtiyaçları vb. etmenler tesis yerinin seçimini zorlaştıran etkenlerdir. Tesis yeri seçimi tipik olarak çok maliyetli, zamana hassas projelerdir. Bir tesis için satın alma ya da inşa kararı alınmışsa önce uygun konum planlama çalışması yapılır, şartnameler hazırlanır ve buna bağlı olarak sermaye tahsisleri yapılır. Karar vericiler dışında her seviyedeki yönetici tarafından düşünüldüğünde bile tesis yeri seçimi uzun vadeli bir yatırım kararıdır. Bu kararın yanlış verilmesi, yatırımcılara gelecek uzun vadede çok büyük maliyetlere sebebiyet verebilecektir (Owen ve Daskin, 1998).

Tesis yer seçimi geri dönüşü çok zor bir karar olduğundan tesis bir kere kurulduktan sonra bundan vazgeçmenin hemen hemen imkânsız olduğu ya da büyük maliyetlere katlanmayı gerektireceğinden dolayı zaman süreci de bir faktör olarak düşünülmüştür. Bu konunun önemini belirten H. C. Stuckeman'ın şu sözünü bu noktada belirtmekte yarar vardır. “Bir fabrika için yer seçimi eş seçmeye benzer. İleride onu değiştirmek olası görülebilir, ancak bu değişiklik hem pahalı hem de hoş olmayabilir.” (Demir ve Gümüsoğlu, 2003:195).

2.2. Tesis Yer Seçiminin Prensipleri

İşletmelerin karlılıklarını veya verimliliklerini artırmak maksadıyla en iyi tesis yerini seçmek zorunda olmaları karar vericiler için çözülmesi oldukça zor ve zaman alan problemler olarak kabul edilmektedir. Bu tarz problemlerde tesis yeri seçimine etki eden birçok parametrenin veya kriterin bulunması ve oldukça fazla kısıtın dikkate alınmasının gerekliliği problemi zorlaştırmaktadır. Literatür taramada tesis yer seçimi probleminin araştırmacılar tarafından daima dikkat çektiği ve bu konu hakkında farklı yöntemlerle çok fazla çalışma yapıldığı görülmektedir.

Tesis yer seçimi hakkında ilk defa çalışma yapan Alfred Weber belirli prensiplere bağlayarak yaptığı çalışmalarda tesisler ile talep noktaları arasındaki mesafeyi en aza indirerek maliyetleri en küçüklemek istemiştir. Objektif verileri bilimsel metotlarla değerlendirerek bazı prensiplerin kullanıldığı bir model ortaya koymaya çalışmıştır (Jamshidi, 2009).

Tesis yerinin seçiminde uygulanması gereken belirli prensipler vardır. Bu prensipler aşağıda özetlenmiştir (Kobu, 2003):

- İşletmenin ihtiyaç duyduğu unsurlar nesnel olarak belirlenmelidir. Seçim yapılacak yerin belirlenen ihtiyaçları en iyi düzeyde karşılayacak seviyede olması gerektiği için ihtiyaç tanımlarının açık, tam ve eksiksiz olarak yapılması bir zorunluluktur.
- Seçilecek yerin tesisin faaliyetlerini etkileyebileceği değerlendirilen karakteristikleri belirlenmelidir. Aynı şekilde bu aşamada da tam ve gerçeğe uygun bilgilerin elde edilmesi oldukça önemlidir.
- Yer seçimi çalışmaları yürütülmesi gereken aşamalar birbirine karıştırılmadan ve sırasıyla gerçekleştirilmelidir.
- Her aşamaya göre olması gereken uzman kişi ve tesisler belirlenerek faydalanma imkânları araştırılmalıdır.

Küçük işletmelerde tesis yer seçimi kararını genellikle işletme sahibi sezgisel bir davranış sergileyerek verirken, işletmenin çapı ve büyüklüğünün artmasıyla birlikte ise bilimsel yöntemlerin tercih edilerek sezgisel yaklaşımlardan uzak daha objektif kararlar verildiği görülmektedir (Şimşek, 2016).

Tesis yer seçimi basitçe üç adımdan oluşur. Bunlar (Acar ve Özdağoğlu, 2018);

- Seçime etki eden kriterlerin belirlenmesi ve öncelik değerlerinin bulunması,
- Bu kriterlere göre alternatif yerlerin sıralanması ve
- Karar verilen yer için uygun yer ve arazi seçimidir.

Kuruluş yerinin yanlış seçimi işletmelerinin esnekliğini kaybetmesine, verimliliklerinin düşmesine, etkinliklerinin azalmasına, ciddi maliyete ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Hizmet amacıyla yapılan tesislerin bir karavan gibi başka bir yere taşınıp orada hizmet görmesini sağlamak mümkün olmadığı için vatandaşa genel hizmet için kurulan okul, sağlık ocağı, karakol, kültür merkezi gibi binaların atıl kalması, milli kaynakların boşa harcanmasına ve ülke ekonomisine zarar vermesine neden olacaktır (Abdülvahitoğlu, 2021).

Yer seçimi yapılırken optimal çözüme ulaşmak için bazı aşamaların eksiksiz ve doğru bir biçimde yerine getirilmesi önem arz etmektedir. Bu aşamalar şöyle ifade edilmektedir (Üreten, 2006):

- Tesis yerinde bulunması gereken özelliklerin işletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmesi,
- Siyasi, sosyal, ekonomik ve pazarla ilgili bilgilerden faydalanılarak tesis yeri alternatiflerinin tespit edilmesi,
- Belirlenen alternatifler arasından asıl ihtiyaçları karşılamak açısından yetersiz olanlarının göz ardı edilmesi,
- Uygun modeller hazırlanarak alternatiflerin sayısal temele göre karşılaştırılması,
- Somut etkenlerin daha az dikkate alınması amacıyla faktör sıralama metodu veya diğer subjektif yöntemler aracılığıyla alternatiflerin sayısal olmayan veriler kullanılarak karşılaştırılması,
- Alternatifler arasından en uygun tesis yerinin seçilmesi.

Maliyet etkin bir tesis yeri seçimi için yukarıdaki aşamaların takip edilmesi önemlidir.

2.3. Tesis Yer Seçiminin Amaçları

Tesis yer seçimi, kamu ve özel sektör fark etmez, her ikisi için de önemli bir karardır. İhtiyaç duyulan bir yere yeni tesis kurulması, mevcut bir tesisin reorganizesi kapsamında geliştirilmesi veya mevcut bir tesisin kurulduğu yerin değiştirilmesinin maliyeti yüksek olmakta ve zaman almaktadır. Özellikle yerinin değiştirilmesi önceki yatırımın boşa gitmesine neden olmaktadır. Bu yüzden tesis ve tesis yeri ile ilgili karar vermeden önce uzun döneme cevap verecek bir çalışma yapılmalı ve ihtiyaçlar amaca uygun olarak belirlenmelidir. Bu nedenle yüksek maliyetler nedeni ile uzun vadeli yatırım projesine dönüşen tesis yeri seçimi ve kuruluşu sürecindeki karar verme işlemleri stratejik hale gelmektedir (Abdülvahitoğlu, 2021).

Tesis yer seçim problemi gerçek dünyada sıkça karşılaşılan bir optimizasyon problemidir. Kamu kurumları vatandaşlara hizmet sunacakları noktaları (okullar, hastaneler, karakollar, acil servis binaları vb.) en uygun alanlara yerleştirme amacı taşırken, özel sektör ise üretim ve dağıtım merkezleri, satış noktaları ve depoların yerlerine ilişkin kritik kararlar vermek zorunda kalmaktadır (Bastı, 2012). Tesis yer seçiminin kullanıldığı alanlara daha kapsamlı bir şekilde Çizelge 2.1’de yer verilmiştir:

Çizelge 2.1. Tesis yer seçiminin uygulama alanları (Uluğ, 2003)

Özel Sektör Uygulama Alanları	Kamu Sektörü Uygulama Alanları
• Depo/ Üretim Merkezi • Fabrika İş Merkezi Kuruluş Yeri • İletişim Ağı Tasarımı/Değişim Yeri • Elektrik Santralleri • Özel Servis Araçları (Örneğin; Taksi Filoları, Kan Merkezleri) • Özel Servis Ekipmanları (Örneğin; Petrol Sızıntısı Temizleme, Çırcır Makinesi) • Ulaşım Merkezleri (Örneğin; Nakliye Limanları, Demiryolu Sınıflandırması, Otobüs Garajları) • Banka Hesapları	• Acil Servis Araçları/Tesisleri • Kamu Hizmeti Merkezleri (Örneğin; sağlık merkezleri, kan bankaları, atık arıtma tesisleri) • Kamu Ağ Tasarım (Örneğin; su arıtma ağları) • Yerleşim birimleri • Savunma Tesisleri

Tesis yer seçimi probleminin uygulama alanları birbirinden oldukça farklı ve fazladır. Tedarik zinciri depolarının pazara ulaşım süresini en az yapacak şekilde yerleştirilmesi, tehlikeli madde tesislerinin halka en az zarar verecek şekilde konumlandırılması, demiryolu istasyonlarının dağıtım programlarını en az aksatacak şekilde yerleştirilmesi, banka ATM'lerinin müşterilere en iyi hizmeti sunacak şekilde yerleştirilmesi ve kıyı arama ve kurtarma noktalarının deniz kazalarına en süratli şekilde müdahale edebilecek şekilde yerleştirilmesi gibi örnekler, yer seçimi problemlerinin farklı uygulama alanlarına örnek olarak verilebilir (Owen ve Daskin, 1998). Bununla birlikte, afet olduğunda afetzedelere yardımda bulunmak için hazırlanan dağıtım depolarının uygun konumlara yerleştirilmesi, itfaiye merkezlerinin ve ambulansların olaya tepki zamanını en küçükleyecek şekilde yerleştirilmesi, karakolların olay olma potansiyeli fazla olan alanlara konuşlandırılması gibi çok çeşitli uygulama alanları da bulunmaktadır.

Yer seçimi problemlerinde çözülecek problemin yapısına bağlı olarak birbirinden farklı amaçlar belirlenebilmektedir. Bu amaçlar şu şekilde özetlenebilir;

- Toplam kurulum maliyetinin en küçüklenmesi,
- Mevcut tesislerden en uzak mesafenin en küçüklenmesi,
- Sabit maliyetin en küçüklenmesi,
- Toplam yıllık işletim maliyetinin en küçüklenmesi,
- Hizmetin en büyüklenmesi,
- Ortalama ulaşım zamanı/mesafesinin en küçüklenmesi,
- En büyük ulaşım zamanı/mesafesinin en küçüklenmesi,
- Yerleştirilecek tesis sayısının en küçüklenmesi,
- Çözüm hızının en büyüklenmesi (Farahani, Steadieseifi ve Asgari, 2010).

2.4. Tesis Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

İşletmelerin geleceği açısından önemli bir karar olan tesis yer seçimi, uzun dönemli bir planlamanın sonucu alınan stratejik bir karar olmasından dolayı değiştirilmesi zor ve maliyeti oldukça yüksek bir karardır. Aynı zamanda kuruluş yeri seçimi için yapılan çalışmalar esnasında birbiri ile çelişen çok fazla kriter göz önüne alındığından ve bu kriterler uzlaştırılmaya çalışıldığından seçim süreci karmaşıklaşmaktadır (Ömürbek, Üstündağ ve Helvacıoğlu, 2013).

Tesis yer seçimi problemleri analitik yöntemler ile çözülmesi zorlu ve karmaşık olan problemler sınıfında kabul edilmektedir. Non-deterministic Polynomial-time Zor (NP-Zor) problemler sınıfına giren bu problemin çözümü polinom zaman içerisinde gerçekleşmemektedir. Yani burada problemin boyutu büyüdükçe problemi çözmek için geçen zaman da üssel olarak artış göstereceği için problem çözümünün polinom fonksiyonu ile sınırlı olan hesaplama zamanı süresince ortaya çıkamayacağı anlatılmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda büyük boyutlu problemlerin çözümünde optimum sonucu garanti etmese de polinom sınırlar içerisinde bir zamanda optimum veya optimuma yakın sonuç veren sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır (Ballı, 2014; Sümer, 2019)

Tesis yerini etkileyen faktörleri dört başlık altında ele alabiliriz. Bunlar; ekonomik, doğal, sosyal ve psikolojik, fizyolojik ve politik faktörlerdir. Bir tesisin kuruluş aşamasında ve ürün veya hizmetin tüketiciye ulaştırılmasına kadar var olan süreçte hammadde ve yardımcı malzeme kaynaklarının yakın olması, işgücü imkânlarının durumu, pazar ve enerji kaynaklarına yakınlık, ulaşım uygunluğu vb. faktörler ekonomik faktörler olarak kabul edilmektedir. Tesisin yer aldığı bölgenin iklim koşulları, arazi özelliklerinin uygun olup olmaması ve su kaynaklarına yakınlığı gibi faktörler tesisin faaliyetlerini doğrudan etkileyebilecek potansiyele sahip olup doğal faktörlere örnektir. Tesisin kurulacağı yerde yaşayan diğer insanların sosyal ihtiyaçlarının giderilmesi, atıkların çevreye etkileri ve yaşam koşulları sosyal faktörler arasındadır. Devletin teşvik politikaları, bölgedeki diğer tesisler ve sendikalaşma gibi unsurlar ise fizyolojik ve politik faktörler arasında yer almaktadır (Özcan, 2014).

Tesis yer seçimine karar verme sürecinde sayılamayan faktörleri dâhil etmek, çok zaman alan toplantılara ve bu toplantılarda değişik departmanlardan gelen fikir ve çatışmalara sebep olmaktadır. Örneğin, finans bölümü maliyeti azaltacak bir tesis yeri isterken, üretim ve satış bölümü tedarik zincirinin devam etmesi ve zamanında teslimat üzerinde durmaktadır. Bu tür çatışmalar toplantıları engelleyebilmekte ve sonuçta üst seviye bir yöneticinin müdahalesi ile son bulmaktadır. Bir yerleşim yeri kararında her türlü nitel ve nicel faktörler tümleşik olarak göz önünde bulundurulmalıdır (Chang ve Lin, 2015).

Yer seçimini etkileyen faktörlerin önemi üretimi yapılan ürünün niteliğine ve kullanılan teknolojiye göre değişiklik göstermektedir. Bir endüstride ürün miktarı (veya hammadde)

ağırlıkta olduğu zaman taşıma maliyetleri bir konum belirleme faktörü olarak vurgulanır. Buna örnek olarak tuğla, cam ve çimento fabrikalarının ihtiyaç duydukları hammaddeye yakın konumlara kurulması verilebilir (Garrett ve Silver, 1973).

Bir başka çalışmada tesis yer seçiminde kabul görme, güvenlik, ulaşım imkânları, maliyet, vatandaşlara yakınlık, talep noktalarına yakınlık ve hizmet kalitesi gibi hususlar dikkate alınmıştır (Ofloğlu, Baki ve Ar, 2017). Firmaların kuruluş yerini etkileyen bir diğer faktörler ise kullanılan teknoloji, üretim şekli, hitap ettiği pazar, iklimin elverişliliği, yaşam koşulları, toplumun tutumu, kamu hizmetlerinin varlığı gibi hususlardır (Tüzmen, 2010).

2.5. Tesis Yer Seçimi Problemlerinin Sınıflandırılması

Yapılan literatür araştırması sonucunda tesis yer seçimi problemlerinin sınıflandırılmasında birçok farklı çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalardan en kapsamlısı Daskin (1995) tarafından yapılmış olup aşağıda belirtilmiştir;

- Düzlem (sürekli), ağ veya ayrık yapıda olmasına bağlı olarak
- Ağaç problemi veya genel grafik yapısında olmasına bağlı olarak
- Uzaklık ölçüsüne bağlı olarak
- Yerleştirilecek tesis adetine bağlı olarak (çoklu veya tekli)
- Statik veya dinamik yerleşim modelleri olmasına bağlı olarak
- Deterministik veya probalistik olmasına bağlı olarak
- Tek veya çoklu ürün modelli olmasına bağlı olarak
- Özel sektör ya da kamu sektörü problemleri olmasına bağlı olarak
- Tek amaçlı veya çok amaçlı olmasına bağlı olarak
- Esnek veya esnek olmayan talep durumuna bağlı olarak
- Kapasite kısıtlı veya kapasite kısıtsız olmasına bağlı olarak
- Talebin en yakın tesisten veya dağıtılarak karşılanmasına bağlı olarak
- Hiyerarşik veya tek aşamalı olmasına bağlı olarak
- İstenen ya da istenmeyen tesisler olmasına bağlı olarak.

Toregas, Swain, Revelle ve Bergman (1971) yer seçimi problemlerini küme kapsama, maksimum kapsama, p-merkez, p-medyan ve p-dağılım olmak üzere 5 ana başlıkta incelemiştir.

Sule (2001) tesis yeri seçimi modellerini p-medyan, p-merkez, kapasite kısıtlı, kapasite kısıtsız ve karesel atama modeli olarak beş gruba ayırmıştır.

Current, Daskin ve Schilling (2001) tarafından tesis yeri seçimi modelleri sekiz kategori altında incelenmiştir. Bunlar küme kapsama modeli, maksimum kapsama modeli, p-merkez modeli, p-dağılım modeli, p-medyan modeli, sabit maliyetli tesis yer seçimi modeli, ana dağıtım üssü tesis yer seçimi modeli ve maksimum toplam tesis yer seçimi modeli olarak belirtilmiştir.

Klose ve Drexl (2005) tarafından ise dağıtım sistemleri tasarımı için bir başka sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre;

- Tesislerin şekli dikkate alınarak; şebeke yerleşim modeli, kesikli yerleşim modeli ya da karışık tam sayılı programlama modelleri olarak üç kategoriye ayrılmıştır.
- Amaç fonksiyonlarının tipi dikkate alınarak; toplam uzaklığın en küçüklenmesi veya en büyük mesafenin en küçüklenmesi hesaplamasına bağlı olarak ayrılmıştır. Özel sektör işletmelerinin yer seçimi kararlarında toplamaların en küçüklenmesi modeli kullanılmaktayken kamu sektörü ve kar amacı olmayan yerlerde en büyüklerin en küçüklenmesi modelleri kullanılmaktadır.
- Kapasite kısıtı dikkate alınarak; kapasite kısıtlı ya da kapasite kısıtsız olmasına bağlı olarak ikiye ayrılmıştır. Buna ilave olarak kapasite kısıtlı tesis yerleşim modelleri tek kaynak ya da çok kaynak olmasına bağlı olarak iki başlıkta incelenmektedir. Kapasite kısıtsız modelde talep ataması sınırlandırılmazken, kapasite kısıtlı modellerde ise talep atamaları verilen kısıtlar göz önünde bulundurularak yapılır.
- Aşama sayısı dikkate alınarak; tek aşamalı ya da çok aşamalı (hiyerarşik) yapıda olmasına göre iki sınıfa ayrılmıştır.
- Ürün sayısı dikkate alınarak; tek ürün veya çoklu ürün olmasına bağlı olarak iki gruba ayrılmıştır.
- Talep yapısı dikkate alınarak; talebin esnek veya sabit olmasına göre ikiye ayrılmıştır.
- Periyot miktarı dikkate alınarak; statik (tek bir dönem) ya da dinamik modeller (talebin, maliyetin kapasitelerin zamana bağlı olarak değiştiği modeller) olmasına bağlı olarak ikiye ayrılmıştır.
- Verilerin aldığı değer dikkate alınarak; olasılıklı ve belirli (deterministik) modeller olmasına bağlı olarak iki gruba ayrılmıştır.

- Klasik yer seçimi veya birleşik yer seçimi/rotalama problemi olması dikkate alınarak ikiye ayrılmıştır.
- Ayrıca, bu sınıflandırmaya tek ve çok amaçlı modeller ve istenen/istenmeyen tesislerin modellerini ilave etmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde yer seçimi problemlerini küme kapsama problemleri, maksimum kapsama problemleri, p-merkez problemleri, p-medyan problemleri ve p-dağılım problemleri olmak üzere beş temel başlıkta toplananın uygun olduğu değerlendirilmiştir.

2.5.1. Küme kapsama problemleri

Küme kapsama problemleri en az sayıdaki tesisle bütün talep noktalarını belirli bir hizmet düzeyinde kapsamayı hedeflemektedir. Bu problem tüm talep noktalarını karşılayacak en küçük tesis sayısını bulmaya çalışır ve ayrıca her talep noktasının en azından bir tesise atanması kısıtı bulunmaktadır. Açılan her bir tesisin sabit maliyeti var olduğundan dolayı tesis yerleri belirli bir kaplama seviyesi elde edildikten sonra toplam sabit maliyetin en küçüklenmesi amacıyla da model kullanılabilmektedir (Current ve diğerleri, 2001: 86). Küme kapsama problemleri hava yolu mürettebat planlaması, siyasi bölgelerin paylaşımı, hava yolu planlaması, araç rotalaması gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır (Berman ve Krass, 2002). Küme kapsama problemleri matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir (Atalay, 2016);

Kümeler

I = Talep noktaları kümesi,

J = Aday tesisler kümesi.

Parametreler

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & j. \text{ bölgeye kurulan tesis } i. \text{ bölgedeki alanı kapsıyorsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

$$c_j = j. \text{ bölgeye hizmet merkezi kurmanın maliyeti}$$

Karar Değişkenleri

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer aday tesis } j \text{ kurulacaksa,} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases}$$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{EN KÜÇÜK } \sum_j c_j X_j \quad (2.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_j a_{ij} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2.2)$$

$$X_j = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall j \in J \quad (2.3)$$

Eş. 2.1, amaç fonksiyonu olup seçilen tesislerin maliyetinin minimum olmasını sağlamaktadır. Eş. 2.2' deki kısıt, her bir talebin en az bir aday tesisten karşılanmasını ifade etmektedir. Eş. 2.3' teki kısıt, işaret kısıtları olup değişkenin 0 ya da 1 değerini almasını sağlamaktadır (Atalay, 2016).

2.5.2. Maksimum kapsama problemleri

Talep noktalarının (düğüm) bölgesel olarak oldukça fazla dağıldığı problem yapılarında taleplerin tamamının kapsanması bütçe açısından gerçeğe aykırı hususlar meydana getirebilmektedir (ReVelle ve Eiselt, 2005). Aynı zamanda küme kapsama tipi yer seçimi problemlerinde birtakım eksiklikler de ortaya çıkabilmektedir. Talep noktalarının tamamını kapsayacak şekilde tesis yerleştirmek oldukça yüksek bir maliyete sebep olabilmekte ayrıca model bütün talep noktalarını aynı derecede öneme sahip kabul ederek talebi fazla ya da az olan noktalar arasındaki fark gözden kaçabilmektedir. Kısacası bu tarz problemlerin çözümü için talep noktalarını önceliklendirmek gerekebilmektedir. Bu kısıtlamalar sonucunda Church ve ReVelle (1974) maksimum kapsama problemini formülize etmişlerdir (ReVelle, Eiselt ve Daskin, 2008). Bu modelde belirli sayıda tesisle

istenilen hizmet mesafesi içindeki kapsamanın en büyüklenmesi amaçlanmaktadır (Church ve ReVelle, 1974). Bu problemde, taleplerin tamamının karşılanması değil, mevcut sınırlı kaynakların en iyi şekilde kullanılması hedeflenmektedir (Tozan ve Dönmez, 2015).

Maksimum kapsama problemi matematiksel olarak formülize edilirken küme kapsama modeline bazı ilaveler yapılarak oluşturulan model aşağıdaki gibidir (Arslan, 2018);

Parametreler

k_i = i noktasındaki talep miktarı

P = tesis sayısı

Karar Değişkenleri

$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer talep noktası } i \text{ kaplanmışsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$

Amaç Fonksiyonu

$$\text{EN BÜYÜK } \sum_i k_i Z_i \quad (2.5)$$

Kısıtlar

$$Z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i \in I \quad (2.6)$$

$$\sum_j X_j \leq P \quad (2.7)$$

$$X_j = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall j \in J \quad (2.8)$$

$$Z_i = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i \in I \quad (2.9)$$

Eş. 2.5 ile gösterilen amaç fonksiyonu azami sayıda talep noktasının kaplanmasını ifade etmektedir. Eş. 2.6 numaralı kısıt hangi talep noktasının kabul edilebilir hizmet mesafesi içinde en az bir aday tesis tarafından kaplandığını göstermektedir. Eş. 2.7 numaralı kısıt, yerleştirilecek tesis sayısının P 'den büyük olmasını engellemektedir. Eş. 2.8 ve Eş. 2.9'daki kısıtlar karar değişkenlerinin sadece 0 ya da 1 değerlerini almasını sağlayan işaret kısıtlarıdır (Arslan, 2018).

2.5.3. P- merkez problemleri

P-merkez problemi herhangi bir talep noktası ile ona en yakın hizmet verecek tesis arasındaki en büyük uzaklığın en küçüklenmesini hedeflemektedir (Owen ve Daskin,1998). Kısacası problemdeki amaç tüm talep noktalarını kapsayacak ve talep noktaları ile en yakın tesis arasındaki en büyük uzaklığı en küçükleyecek şekilde p adet tesisin hangi aday bölgelere kurulacağını belirlenmesidir (Ballı,2014).

Merkez problemlerinin yaygın olarak kullanımı acil yardım hizmet tesislerinin konumlarının belirlenmesidir. Bunun nedeni tüm talep noktalarının kapsanarak istenilen yardımın hızlı bir şekilde talep noktalarına ulaştırılması gerekliliğidir. Böyle bir durum söz konusu olduğunda maliyet faktörü ihmal edilir, temel amaç insan yaşamının kurtarılmasıdır (Eiselt ve Marinov, 2011). Merkez problemlerinin uygulanabileceği alanlar aşağıda gösterilmiştir (Ballı, 2014):

- Ambulans, polis, yangın istasyonları gibi acil müdahale gerektiren tesislerin yerleştirilmesinde,
- Veri dosyalarının yerlerinin belirlendiği bilgisayar şebeke hizmetlerinde,
- Depo gibi dağıtım tesislerinin yerleştirilmesinde,
- Askeri amaçlarla,
- Parklar ve oteller gibi halka hizmet sunan tesislerin yerleştirilmesinde,
- Otobüs duraklarının yerleştirilmesinde.

P-merkez probleminin formülasyonu aşağıdaki gibidir (Carloğlu,2005):

Parametreler

d_{ij} = Talep noktası i 'nin aday tesis j 'ye uzaklığı

h_i = i 'nin talebi

P = tesis sayısı

Karar Değişkenleri

$X_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer aday tesis } j' \text{ye inşa edilirse,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$

Y_{ij} = Talep noktası i 'nin tesis j tarafından karşılanan kısmı,

L = bir talep noktası ile ona en yakın tesis arasındaki maksimum mesafe

Amaç Fonksiyonu

EN KÜÇÜK L (2.10)

Kısıtlar

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.11)$$

$$\sum_j X_j = P \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.12)$$

$$Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.13)$$

$$L \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.14)$$

$$X_j = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.15)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.16)$$

Eş. 2.10 ile ifade edilen amaç fonksiyonu, talep noktası ile ona en yakın tesis arasındaki mesafenin en az olmasını sağlamaktadır. Eş. 2.11 numaralı kısıt bütün i ' ler için her bir talep noktasının talebinin bir tesisten karşılanmasını ifade etmektedir. Eş. 2.12 numaralı kısıt yerleştirilecek tesis sayısını P tane olacak şekilde sınırlandırmaktadır. Eş. 2.13 numaralı kısıt j ' de tesis açılmadıkça, talep noktası i ' nin buraya atanamayacağını ifade

etmektedir. Eş. 2.14 numaralı kısıt, bir talep noktası ile ona en yakın tesis arasındaki en büyük mesafenin herhangi bir i ile atandığı tesis j arasındaki mesafeden büyük olması gerekliliğini sağlamaktadır. Eş. 2.15 kısıtı işaret kısıtı olup karar değişkenin 0 ya da 1 olmasını sağlarken Eş. 2.16 numaralı kısıt pozitiflik kısıtı olarak ifade edilmektedir. (Carlıoğlu,2005).

Küme kapsama, maksimum kapsama ve p- merkez modellerinin karşılaştırılması Çizelge 2.2.'de hazırlanmıştır (Daskin ve Owen, 1999).

Çizelge 2.2. Küme kapsama, maksimum kapsama ve p-merkez modellerinin karşılaştırması
(Daskin ve Owen, 1999)

MODEL	İSTASYON SAYISI	KAPSAMA	KAPSAMA MESAFESİ
KÜME KAPSAMA	(Amaç Fonksiyonu) En Az	%100	Dış Kaynaklı (Exogenous)
MAKSİMUM KAPSAMA	Dış Kaynaklı (Exogenous)	(Amaç Fonksiyonu) En Büyük	Dış Kaynaklı (Exogenous)
P-MERKEZ	Dış Kaynaklı (Exogenous)	%100	(Amaç Fonksiyonu) En Az

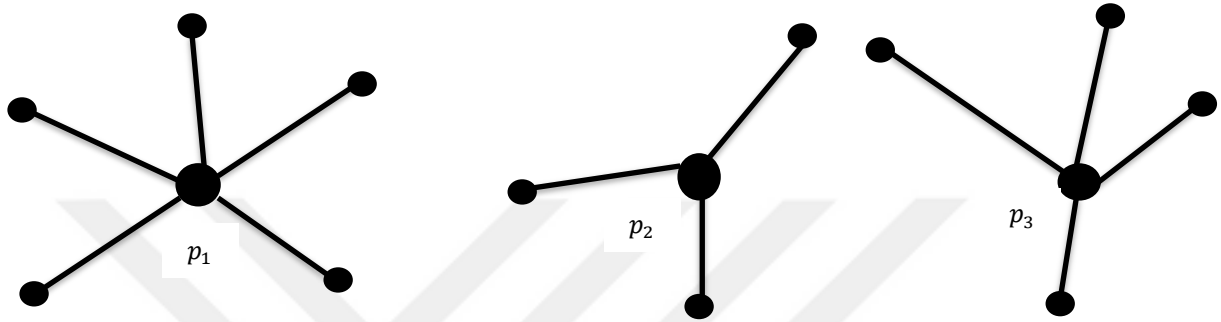
2.5.4. P- medyan problemleri

P-medyan problemi tesis yer seçim problemleri arasında en tanınmış olanıdır ve bu konuda birçok çalışma yapılmış olan bir tesis konumu belirleme ve atama modelidir (Alp, Erkut ve Drezner, 2003). P-medyan problemi minisum (minimum toplam) tesis yerleşim problemleri sınıfına dâhildir. Bu tür problemler ilk kez Kuehn ve Hamburger (1963), Hakimi (1964), Manne (1964) ve Balinski (1965) tarafından formülize edilmiştir. Problemin ayrıntılı formülasyonu ise ilk defa 1964 yılında Hakimi tarafından yapılmıştır. Hakimi problemi sadece formülize etmekle kalmamış bununla birlikte üçgen eşitsizliği olan bir ağ yapısında en uygun yerleşimin düğümlerde olduğunu kanıtlamıştır (Marianov ve Serra, 2004).

P-medyan problemleri bir şebekedeki hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasındaki toplam veya ortalama uzaklığı P sayıda hizmet noktası için en küçük yapmaya çalışan bir yaklaşımdır. Bir örnek olarak otoyolda devriye görevi yapacak olan karakolların sorumluluk sahalarının belirlenmesi verilebilir. Olay olması muhtemel noktalara yakın

konumlanan karakollar, hızlı müdahale ve etkili hizmet sunma açısından en uygun alternatifleri oluşturmaktadır (Watson,1982).

Şekil 2.1’de p-medyan probleminin çözümü amacıyla bir örnek gösterilmektedir. Burada p noktaları hizmet sunan tesisleri, bu tesislere bağlanan noktalar ise talep noktalarını göstermektedir (Bastı, 2012).



Şekil 2.1. Klasik bir p-medyan probleminin çözümü ($n=12$, $p=3$)

P-medyan probleminin varsayımları aşağıdaki gibidir (Jamshidi, 2009);

- Maliyet ve uzaklıklar arasında doğrusal bir bağlantı bulunmaktadır,
- Tesis sayısı belirlidir,
- Zaman tahdidi yoktur,
- Tesislerde kapasite kısıtı yoktur,
- Tesislerin kurulum maliyeti yoktur,
- Kurulacak tesisler aynı tip tesislerdir,
- Tesislerin açılacağı noktalar belirlidir,
- Müşteri talepleri sabittir,
- Problem kesikli yapıdadır.

P-medyan probleminin matematiksel formülasyonunu ilk kez ReVelle ve Swain (1970) yapmıştır (Bastı, 2012). ReVelle ve Swain tarafından oluşturulan formülasyonu temel olarak Daskin’in yapmış olduğu p-medyan problemine ait matematiksel formülasyon aşağıdaki gibidir (Daskin, 2011).

Parametreler

$a_i = i$ noktasındaki talep

d_{ij} = i noktası ile j noktası arasındaki uzaklık

P = yerleştirilecek tesis sayısı

Karar değişkenleri

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ müşterisi } j \text{ tesisine atanmışsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ noktasında bir tesis açılmışsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

Amaç Fonksiyonu

$$EN \text{ KÜÇÜK} \quad \sum_i \sum_j a_i d_{ij} X_{ij} \quad (2.17)$$

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2.18)$$

$$X_{ij} \leq Y_j \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.19)$$

$$\sum_j Y_j = P \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.20)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.21)$$

$$Y_j = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.22)$$

Amaç fonksiyonu Eş. 2.17 ile tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyetin en küçüklenmesi hedeflenmektedir. Eş. 2.18 ile bir talep noktasının tüm taleplerinin sadece bir tesisten karşılanması ifade edilmektedir, yani her talep noktası yalnız bir tesise atanmaktadır. Eş. 2.19 açık olmayan bir tesise talep noktası ataması yapılmamasını ifade etmektedir, böylelikle tutarlılık sağlanmaktadır. Eş. 2.20 açılacak olan tesis sayısının P adet olmasını ifade etmektedir. Eş. 2.21 ve Eş. 2.22 ise değişkenlerin sadece 0 ve 1 olabileceği kısıtı göstermektedir (Lee ve Yang, 2009).

2.5.5. P- dağılım problemleri

P-dağılım problemi herhangi iki tesis arasındaki en küçük uzaklığı en büyük yapmayı amaçlamaktadır. Bu problem modeli daha çok franchising veren mağazalar için

kullanılmaktadır. P-dağılım probleminin matematiksel modeli şu şekildedir (Kuby, 1989):

Parametreler

M = Çok büyük bir değer

d_{ij} = düğüm i ve düğüm j arasındaki en kısa yol mesafesi

P = yerleştirilecek tesis sayısı

Karar Değişkenleri

$X_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ düğümünde yerleştirilmişse,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$

$X_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ düğümünde tesis varsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$

W = açılan tesislerin herhangi ikisi arasındaki en kısa uzaklık

Amaç Fonksiyonu

EN BÜYÜK W (2.23)

Kısıtlar

$$W \leq d_{ij} (1 + M(1 - X_i) + M(1 - X_j)) \quad \forall i, j \in I, J \quad (2.24)$$

$$\sum_i X_i = P \quad (2.25)$$

$$X_i = 0 \text{ veya } 1 \quad \forall i, \in I \quad (2.26)$$

Eş. 2.23 amaç fonksiyonu açılan tesisler arasındaki en küçük uzaklığı en büyükmeyi sağlamaktadır. Eş. 2.24'te üst sınır için W 'nin sadece $(1 - X_i)$ ve $(1 - X_j)$ sonuçlarının her ikisinin de 0 olması halinde d_{ij} 'ye eşit olacağını göstermektedir. $(1 - X_i)$ ve $(1 - X_j)$ ikilisinden sadece birinin veya her ikisinin de 1 olması halinde üst sınır sonsuza yakın bir değer alır. Eş. 2.25 açılacak olan tesis sayısının P tane olmasını sağlamaktadır. Eş. 2.26 ise standart işaret kısıtlarıdır (Kuby, 1989).

2.6. Tesis Yer Seçimi Konusunda Literatür Araştırması

Yapılan literatür incelemesinde “tesis yer seçimi” ve “sahil gözetleme radarı” anahtar kelimeleri kullanılarak araştırmalar değerlendirilmiştir. Tesis yer seçimi ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle 2005 yılı ve sonrasında önemli olduğu düşünülen çalışmalara yer verilmiştir.

Carlioğlu (2005) tarafından Ege Denizi’ndeki yasa dışı faaliyetleri denetlemek, arama kurtarma faaliyetlerinde etkinliği artırmak amacıyla kıyılara sahil gözetleme radarlarının konuşlandırılması problemi ele alınmıştır. Çalışmada p-medyan modeli kullanılarak 7 tane senaryo oluşturulmuştur. Her bir senaryo LINGO 4.0 programı vasıtasıyla çözülmüş, çözüm sonucunda elde edilen durum ile mevcut durum karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır.

Rawls ve Turnquist (2010), doğal afetlere hazırlıklı olmak için acil durum malzemelerinin afete müdahale evresinde kullanılmak üzere talebi en kısa sürede karşılayacak ve toplam maliyeti en küçükleyecek şekilde nerede, ne kadar stok yapılması gerektiği konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla, bir stokastik karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Modelde, fazla stok tutma ve karşılanamayan taleplerin maliyetleri ile maruz kalınan afet sonucunda bazı tesislerin hasar görebileceğini ve yolların kullanılamaz hale gelebileceğini dikkate almışlardır.

Kim ve Soh (2012) Wonkwang Üniversitesi’nde okuyup bölgede dağınık bir şekilde yerleşen öğrencileri, okula taşıyan otobüs ulaşım hattının düzenlenmesi ve yolculuk süresinin azaltılarak toplam maliyetin en küçüklenmesi maksadıyla p-medyan modelini kullanmışlardır. Elde edilen veriler, Excel ortamında modellenmiştir. Araştırmacılar gelecekte başka parametreler ilave edilerek daha detaylı bir çalışma yapılabileceğini önermişlerdir.

Kurban (2014) tarafından farklı kaplama mesafelerine sahip Mini İnsansız Hava Araçlarının anlık İstihbarat, Gözetleme ve Keşif (İGK) elde etme görev etkinliğini artırmak için sorumluluk sahasındaki en uygun mini İHA yer kontrol istasyonlarının yer seçimi incelenmiştir. Çalışmada, öncelikle değişen hava şartlarının etkisi olmaksızın maksimum kapsama problemi ele alınmış, ardından değişen hava şartları ve koşulların

etkisi altında hizmet verememe olasılık değerlerinin dikkate alındığı maksimum beklenen kapsama problemi üzerinde çalışılmıştır. Model Safır ve Demir ülkelerinin hudut hattını gösteren jenerik bir araziye uygulanmıştır. Oluşturulan model, maksimum kapsama problemi için 5, maksimum beklenen kapsama problemi için 12 olmak üzere toplam 17 senaryo üzerinde GAMS programı kullanılarak çözülmüştür.

Yavuz ve Deveci (2014) Erzincan ilinde yeni bir alışveriş merkezi açma kararı alan bir işletme için müşteri potansiyelinin yüksek, maliyetin düşük ve karın yüksek olmasını sağlama öncelikleri göz önünde bulundurularak çok kriterli karar verme tekniklerinden İdeal Çözümle Benzerlik Halinde Tercih (TOPSIS) ve Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR) tekniklerini kullanarak en uygun yer seçiminin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada alternatiflerin değerlendirilmesi için 14 kriter belirlenmiş ve potansiyel talep, altyapı uygunluğu, sosyal ve kültürel çevre kriterlerinin karar vericiler tarafından en önemli olarak görüldüğü sonucuna varılmıştır.

Hong, Lejeune ve Noyan (2015), belirsiz talep ve ulaşım kapasiteleri altında bir afet öncesi yardım ağı tasarım problemi için riskten kaçınan bir stokastik modelleme yaklaşımı önerisinde bulunmuşlardır. Afete yardım tesislerinin büyüklükleri, yerleri ve her tesisteki yardım malzemelerinin envanter seviyeleri, belirli bir düzeyde şebeke güvenilirliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Şebeke boyunca yardım malzemeleri talebinin yüksek olasılıkla karşılanmasını sağlamak için uygun bir akışın varlığına ilişkin olasılıksal bir kısıtlama getirilmiştir. Ayrıca şebekede birden fazla bölge tanımlanarak ve her bölge içindeki talebin karşılanması için yerel olasılıksal kısıtlamalar da ilave edilmiştir. Bu yerel kısıtlamalar, her bölgenin kendi ihtiyaçlarını büyük bir olasılıkla karşılaması açısından kendi kendine yeterli olmasını sağlamaktadır. Problemin çözümünde Gale-Hoffman eşitsizliklerini ortadan kaldırmak için bir ön işleme algoritması kullanılmış ve daha sonra kombinatoriyal modellere dayalı bir yöntem kullanılarak karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model Amerika Birleşik Devletleri'nin Güneydoğu kesimindeki kasırga felaketlerine yanıt vermek için bir afet öncesi yardım ağı tasarlama sistemi için senaryolar oluşturularak çözülmüştür ve çözüm yönteminin etkinliği test edilmiştir.

Durak ve Yıldız (2015) bir gıda firmasının Düzce il ve ilçelerindeki optimum depo sayısı ve yerlerinin belirlenmesi problemini ele almışlardır. Problemin çözümünde iki ayrı

modelin farklı tesis sayıları denenmiştir. İlk modelde firmanın mevcut tesis yeri dikkate alınmış, diğer modelde ise mevcut durum dikkate alınmadan farklı tesis sayılarının denenmesi sonucu oluşan maliyetler karşılaştırılmıştır. Oluşturulan p-medyan modeli Analitik Solver Platform programı kullanılarak çözülmüştür. Problemin çözümünde, ilk modelde, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısı belirlenmiş ve firmanın optimum sayıda depoya sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. İkinci modelde, elde edilen maliyet eğrisine göre optimum depo sayısının iki olması gerektiği belirlenmiştir. Hazırlanan iki model beraber karşılaştırıldığında ise firmanın mevcut depo yerinin ve sayısının optimum olmadığı değerlendirilmiştir.

He, Kuo ve Wu (2016), Çin'in Pekin şehrinde elektrikli araçların şarj istasyonlarının yerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada istasyonların yerlerinin belirlenmesinde küme kapsama, maksimum kapsama ve p-medyan problemi olmak üzere üç farklı model kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda p-medyan modeliyle belirlenen şarj istasyonlarının yerleri talep noktalarına daha yakın olduğundan modelin daha etkin olduğunu değerlendirmişlerdir.

Kılıçarslan (2019) çalışmasında deprem sonrası arama kurtarma faaliyetlerinde ve tıbbi yardım için kullanılacak olan deprem yardım konteynerlerinin yerleşim yerlerinin belirlenmesi için bir şans kısıtlı matematiksel model önermiştir. Çalışmada kullanılan matematiksel model p-medyan olup modelin çözümünde Binary Genetik Algoritma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada Adana ili seçilmiş ve modelin çözümleri GAMS programı ile çözülerek önerilen üç senaryo karşılaştırılmıştır.

Grubestic, Nelson, ve Wei (2019) Alabama, Mississippi ve Florida kıyıları için çevreye duyarlı bölgelere olan genel yakınlığı iyileştirmeye çalışarak, petrol kirliliği müdahale kaynaklarının alternatif coğrafik düzenlenme şekillerini araştırmışlardır. Çalışmada maksimum kapsama modeli kullanılmıştır. Çevresel duyarlılık indeksi verileri kullanılarak çözülen problemin sonucunda çevreye duyarlı olan kıyı şeritlerinin petrol kirliliğinden korunması için stratejik bir yaklaşım sunulmuştur.

Belanger, Ruiz ve Soriano (2019) çalışmalarında acil müdahale araçlarının dağıtımının yapılmasında karar verme sürecini desteklemek için geliştirilen modeller hakkında yapılan araştırmaları incelemişlerdir. Ele alınan çalışmalar amaç, kısıtlar, araç sayıları,

belirsizlikler, çözüm stratejileri ve çalışmaların gerçekleştikleri alanlar parametleri altında incelenmiştir. Çalışma, statik ambulans yerleşim problemleriyle ilgili çalışmalarla birlikte taktik ve operasyonel kararları ve bu iki tür karar arasındaki etkileşimi ele alan son yaklaşımlara da odaklanmaktadır.

Olgaç (2020) Ege Denizi Arama ve Kurtarma Bölgesinde icra edilecek arama ve kurtarma faaliyetlerinde İHA'ları etkin bir şekilde kullanabilmek maksadıyla İHA'ların sahil kontrol istasyonlarının yerlerini belirlemeye çalışmıştır. Problemi çözerken coğrafi ve meteorolojik koşullar, İHA'lardan kaynaklı kısıtlar, Çanakkale Boğazı gibi stratejik yerlerin önem derecesi, kaza/olay yoğunlukları gibi parametreler belirleyerek matematiksel model oluşturmuştur. Çalışmada önce küme kapsama sonrasında da maksimum kapsama modelleri hazırlanmış, hazırlanan modeller GAMS programlama dili yardımıyla çözülerek İHA'lar için en uygun mevkieer bulunmuştur.

Sadıç (2022) tarafından ilaç tedarikinin sosyal mesafenin azaltılmasını sağlayacak İHA'lar ile dağıtılması konusunu incelemiştir. Çalışma hem pandemi döneminde ilaçların temininin fiziksel şartlardan etkilenmeden dağıtımını, hem de pandemi sonrası dönem için sağlık süreçlerini kapsayan bir çevrimiçi ilaç teslimi konusunu ele almaktadır. Bakırköy'ün farklı mahallelerinden farklı zaman dilimlerinde gelecek kutu ilaç talepleri, depo ve hava aracı sayıları, konum ve kapasitelerine ilişkin bir model oluşturulmuş ve oluşturulan model 5 farklı kutu ilaç senaryosu ile GAMS üzerinde kodlanıp çözülmüştür.



3. DENİZ GÜVENLİĞİ VE RADAR

Denizler, nesiller boyunca toplumların yaşam tarzını, güvenlik anlayışını, savaş stratejilerini, refah seviyesini, dış politika tercihlerini önemli ölçüde etkilemiştir (Akçadağ, 2015). Karasal alanların yüzölçümü dünya genelinde %21 iken deniz ve göllerin kapladığı alan %79'dur. Bu durum devletlerin denizler üzerindeki politika ve stratejilerine büyük bir önem vermelerini gerektirmektedir (Kurul, 2014). Son yıllarda doğal kaynakların hızla tükenmesi, küresel ısınma, salgın hastalıklar, terör faaliyetleri, mülteci sorunu gibi durumlar devletlerin deniz yetki alanlarının önemini daha da arttırmış ve devletleri deniz gücüne daha fazla yatırım yapmaya yönlendirmiştir (Y. Wang ve N. Wang, 2019).

Denize kıyısı olan devletler deniz hak ve menfaatlerini belirlemek ve korumak için kendi denizcilik güçlerini oluşturma zorunluluğunu bilmelidirler. Bu durum, özellikle Türkiye gibi bir yarımada devleti için vazgeçilmezdir.

Denizler, doğal kaynaklar, ticaret yolları, enerji kaynakları ve ekonomik fırsatlar gibi birçok nimet ve menfaat sağlamaktadır. Ancak, aynı zamanda denizlerden ülkelere yönelik işgal ve sömürü amacı taşıyan tehlikeler de meydana gelebilmektedir (Bayat, 1986).

Bu tehlikeler neticesinde ortaya çıkan denizlerde güvenlik sorunları (deniz haydutluğu, fidye, silahlı soygun, çevresel bozulma, kanunsuz ve aşırı avcılık, uyuşturucu, silah ve insan kaçakçılığı, vb.) her geçen gün nicelik ve nitelik olarak artmaktadır. Söz konusu güvenlik sorunlarının kapsamı ulusal veya uluslararası denizcilik faaliyetlerini etkilemekle kalmayıp bölgesel etkileri de çok büyük olmaktadır (Yüce ve Gazioğlu, 2006).

Denizlerde güvenlik kavramı deniz ortamında gerçekleşebilecek tehditleri ve saldırıları içeren, planlı, kötü niyetli ve suç unsurlarını barındıran durumları ifade etmektedir. Bu tehditler, bireyler veya gruplar tarafından gerçekleştirilebilir ve deniz ortamında farklı şekillerde ortaya çıkabilir (Beyoğlu, 2014).

Birleşmiş Milletler Genel Sekreterliği'nin Okyanus ve Deniz Hukukuna ilişkin yayımladığı raporda deniz güvenliğine karşı olan başlıca tehditler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (United Nations, 2008).

- Haydutluk ve gemilere yönelik silahlı soygun eylemleri
- Gemiciliğe, açık denizlerdeki tesislere ve diğer denizcilik menfaatlerine yönelik terörist eylemler
- Silah ve kitle imha silahlarının yasa dışı trafiği
- Narkotik ve psikotrop madde kaçakçılığı
- Deniz yoluyla gerçekleştirilen insan/göçmen kaçakçılığı
- Yasa dışı, kayıt dışı ve düzenlenmemiş balıkçılık
- Deniz çevresine verilen kasti ve yasa dışı zararlar.

Bu bağlamda; geleneksel olarak gemilere ve personeline yönelik yasa dışı saldırılara karşı yapılan düzenlemeler ve alınan tedbirler güvenlik kapsamında sayılmaktadır.

Deniz güvenliği önlemleri, deniz alanında sivil ve askeri kurumlar tarafından yasa dışı veya tehlike oluşturan tehditlerle mücadele etmek, riskleri azaltmak ve vatandaşların güvenliğini sağlamak amacıyla alınan tedbirlerdir. Bu önlemler, denizdeki kanunları uygulamak, ulusal ve uluslararası toplumun çıkarlarını korumak ve denizdeki tehlikeleri ortadan kaldırmak için çeşitli kurumlar ve faaliyetlerle gerçekleştirilir (Beyoğlu, 2014).

Bu noktada, deniz güvenliğini sağlamak üzere alınacak tedbirlerin kısa sürede ve doğru bir şekilde gerçekleşmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Teknolojinin değişmesi ve gelişmesiyle birlikte İHA, radar, İnsansız Deniz Aracı (İDA) vb. sistemlerin önemi giderek artmakta ve deniz güvenliği konusunda maliyet etkin çözümler sağlamaları sebebiyle kullanım alanları artma eğilimindedir.

3.1. Karadeniz ile İlgili Deniz Politikaları ve Stratejileri

Karadeniz, jeostratejik konumu nedeniyle tarih boyunca birçok medeniyetin etkileşim içinde olduğu, ticaretin ve güç savaşlarının merkezinde bulunan bir deniz olmuştur. Jeostratejik konumu nedeniyle daima önemini muhafaza eden bu deniz, günümüzde de mücadelelerin merkezinde olup, aynı zamanda Doğu ile Batı'nın sınırını oluşturmaktadır. Karadeniz'in tarihsel olarak stratejik önemi, Lozan Antlaşması ve Montrö Boğazlar Sözleşmesi ile daha da vurgulanmıştır. Bu sözleşmeler, Karadeniz'in askeri ve ticari gemi trafiği açısından düzenlenmesini ve boğazların geçiş güvenliğini sağlamayı amaçlamış ve bölgede siyasi ve politik bir durağanlığa sebep olmuştur. Günümüzde ise bölgedeki enerji

kaynaklarının keşfi ve Hazar havzası enerji nakil hatlarının Karadeniz üzerinden geçmesi bölgenin stratejik önemini daha da artırmış ve birçok devletin bölgeye olan ilgisini artırmıştır. Kısacası birçok devletin, Karadeniz Bölgesi'ni, dünya üzerinde stratejik önemde kabul etmesinin sebebi, bölgenin konumu, sahip olduğu enerji potansiyeli ve geçiş güzergâhı olmasıdır.

Türkiye'nin neredeyse bütün kuzey sınırını oluşturan Karadeniz, şüphesiz Türkiye'nin güvenliği açısından hayati öneme sahiptir. Karadeniz, Sovyetler Sosyalist Cumhuriyetler Birliğinin (SSCB) yıkılmasından sonra altı kıyıdaş devletli (Bulgaristan, Romanya, Ukrayna, Rusya Federasyonu, Gürcistan, Türkiye) bir denize dönüşmüştür. Karadeniz'de barış ve istikrarın devam etmesi amacıyla çalışmalarını devam ettiren Türkiye, Karadeniz'de güvenliği sağlamayı ve kıyıdaş devletler ile iş birliğini geliştirmeyi hedeflemektedir (Milli Savunma Üniversitesi, 2020).

Günümüzde Karadeniz'de yaşanan politik-askeri gelişmelerle birlikte, enerji alanında meydana gelen gelişmeler de Türkiye için hayati öneme sahiptir (Gönül, 2018). En büyük arz ve talep bölgeleri arasında kurulan ve kurulacak bütün enerji nakil hatları ve bu hatların güvenliği, doğrudan veya dolaylı olarak Türkiye'yi ilgilendirmektedir. Özellikle doğal gazın taşınması konusunda Karadeniz, Türkiye'yi içinde bulunduran birçok proje içermektedir (Milli Savunma Üniversitesi, 2020). Aynı zamanda Karadeniz kıyısında kurulması planlanan Sinop Nükleer Güç Santrali gibi stratejik öneme sahip tesislerin denizden güvenliğinin sağlanması da Türkiye için oldukça önem arz etmektedir.

Bütün bu gelişmeler ışığında, her enerji projesiyle birlikte meydana gelen güvenlik sorunlarının yakın gelecekte Türkiye'nin kuzeyini kaplayan Karadeniz'de devam edeceği kolay bir şekilde öngörülebilir (Milli Savunma Üniversitesi, 2020). Bu kapsamda, ülkemiz için Karadeniz'de güvenlik ve emniyetin sağlanmasına yönelik olarak izleme, gözetleme, takip ve kontrol imkân ve kabiliyetlerini geliştirmek ve gerekli tedbirleri almak bir zorunluluktur.

3.2. Arama Kurtarma Bölgesi Sorumluluk Sahası

Arama kurtarma faaliyetleri (A/K), tehlikeye maruz kalan veya kaybolan hava ve deniz araçlarındaki insanların kurtarılması için yapılan operasyonlardır. Bu faaliyetler, karada,

havada, su üstünde ve su altında gerçekleştirilebilir. Arama kurtarma ekipleri, özel teçhizat, araçlar ve kurtarma birliklerini kullanarak kaybolan veya kazaya uğrayan kişileri arama ve kurtarma işlemlerini yürütür (Türk Arama ve Kurtarma Yönetmeliği, 2001). Arama kurtarma operasyonlarının asıl amacı, insan hayatını kurtarmaktır. Bu nedenle, tehlike altındaki hava ve deniz araçlarının kurtarılması işlemleri değil, içlerinde bulunan kişilerin kurtarılması işlemlerini kapsar. Arama kurtarma operasyonları, güvenlik ve can emniyeti konularında uluslararası mevzuat tarafından da desteklenmektedir. Denizcilik sektöründe, can emniyeti konusunda uluslararası mevzuatın temeli, Titanik faciası sonrasında atılmıştır. Titanik adlı yolcu gemisinin 1912 yılında buz dağına çarparak batması ve 1500'den fazla kişinin hayatını kaybetmesi, dünya genelinde büyük bir etki yaratmıştır. Bu facia sonrasında, 1914 yılında İngiltere'de 13 ülkenin katılımıyla uluslararası bir konferans düzenlenmiş ve 20 Ocak 1914 tarihinde Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi'nin ilk hali hazırlanmıştır (Arasan, 2014).

A/K kavramı uluslararası bir anlaşmada ilk kez 1944 Chicago Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi'nde yer almaktadır (Arasan, 2014). Denizde arama ve kurtarmaya ilişkin hazırlanan ilk uluslararası sözleşme ise 1979 tarihli Hamburg Denizde Arama ve Kurtarma Uluslararası Sözleşmesidir. 1979 tarihli bu sözleşme devletlere denizde hayat kurtarma ile ilgili sorumluluklar yüklemektedir (Denizde Arama ve Kurtarma Uluslararası Sözleşmesi, 1979).

Deniz ve hava kazalarının önemli oranda artması sebebiyle, 1979'da imzalanan Hamburg Sözleşmesinin ardından Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı ile birlikte 1998 yılında Uluslararası Havacılık ve Denizcilik Arama ve Kurtarma Kılavuzunu yayınlamıştır. Bu kılavuz A/K konusunda uluslararası bir referans olup devletlere uluslararası sözleşmelerden doğan yükümlülüklerini yerine getirme hususunda rehberlik etmeyi amaçlamaktadır (Kara, 2013).

Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nde gerçekleştirilen A/K faaliyetleri 12 Aralık 2001 tarihli ve 24611 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Türk Arama ve Kurtarma Yönetmeliğine uygun olarak yürütülmektedir. Yönetmelikte, A/K hizmetlerinin yürütülmesinde ilgili bakanlık ile kurum veya kuruluşların görev ve sorumlulukları, insan hayatını kurtarmaya yönelik A/K faaliyetlerinin ne şekilde yapılacağı, A/K sorumluluk sahalarının coğrafi sınırları, A/K faaliyetlerinde ülkemizin uluslararası sorumluluklarını karşılamak amacıyla yerine

getirmesi gereken usul ve esaslar bulunmaktadır (Türk Arama ve Kurtarma Yönetmeliği, 2001).

Ülkemizde arama kurtarma faaliyetlerine ilişkin esaslar 17 Ekim 2020 tarihli ve 31277 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Deniz ve Hava Araçları Kazalarında Arama Kurtarma Yönetmeliği ile düzenlenmiştir.

Söz konusu mevzuata göre Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına bağlı Ana Arama Kurtarma Koordinasyon Merkezi, Türk Arama Kurtarma Bölgesi içerisinde icra edilecek tüm arama kurtarma faaliyetlerini en üst düzeyde koordine etmekle görevlendirilmiştir. Kıyılardan itibaren deniz alanlarında arama kurtarma faaliyetlerinin koordinasyon sorumluluğu ise Sahil Güvenlik Komutanlığına verilmiştir (Sahil Güvenlik Komutanlığı Deniz Arama Kurtarma Faaliyetleri, 2022). Türk deniz arama kurtarma bölgesi Harita 3.1.’de olduğu gibidir.



Harita 3.1. Türk deniz arama kurtarma bölgesi (Türk Arama Kurtarma Yönetmeliği, 2001)

3.2.1. Karadeniz arama ve kurtarma bölgesi

Karadeniz Arama ve Kurtarma Bölgesi 05.12.1986 tarihli ve 86/11264 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesiyle ilan ettiğimiz 200 deniz mili genişliğindeki MEB’imiz bu denizdeki A/K bölgemizi oluşturmaktadır. Arada çok ufak farklılıklar bulunmaktadır. Türkiye’nin liderliğinde sorumluluk alanlarına ayrılan bu denizdeki Türk Arama ve Kurtarma Bölgesi de Karadeniz’e kıyıdaş devletlerle yapılan üç anlaşma sonucunda belirlenmiştir (Olgaç, 2020).

“Karadeniz’e Sahildar Ülkeler Arasında Deniz Arama ve Kurtarma Faaliyetlerinde İş Birliği Sağlanması Hakkında Anlaşma” Karadeniz A/K bölgesiyle ilgili yapılan anlaşmalardan ilki olup Türkiye Cumhuriyeti, Bulgaristan Cumhuriyeti, Romanya Hükümeti, Ukrayna Hükümeti, Rusya Federasyonu ve Gürcistan Cumhuriyeti arasında 1998 yılında imzalanmıştır. Bu anlaşmayla kıyıdaş ülkeler, Karadeniz’deki A/K operasyonlarının koordine ve iş birliği içerisinde yürütülmesi için ikili veya çok taraflı anlaşmalar yapmayı, yaptıkları anlaşma ve düzenlemeleri IMO Genel Sekreterliğine bildirmeyi taahhüt etmişlerdir.

Karadeniz’e kıyıdaş ülke olan Rusya ile 25 Şubat 2004’te Karadeniz’e Sahildar Ülkeler Arasında Deniz Arama ve Kurtarma Faaliyetlerinde İş Birliği Anlaşması uyarınca Türkiye Cumhuriyeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında “Karadeniz’de Denizde Arama ve Kurtarma Alanında İş Birliği Anlaşması” imzalanmıştır. Bu anlaşma ile ülkelerin A/K bölgeleri sorumluluk sahaları, iki ülke arama ve kurtarma merkezleri arasında gerçekleştirilecek iş birliği faaliyetleri ve ülkelerin yardım taleplerinde verilecek izinlerle ilgili düzenlemeler belirlenmiştir (Olgaç, 2020).

Karadeniz A/K bölgesiyle ilgili bir diğer anlaşma 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye ile Bulgaristan arasında imzalanan “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Bulgaristan Cumhuriyeti Hükümeti Arasında Karadeniz’de Denizde Arama ve Kurtarma Alanında İş Birliği Anlaşmasıdır.” Bu anlaşma ile iki ülke arasında deniz A/K sınırları belirlenmiş, A/K faaliyetlerinde iki ülke arasındaki iş birliğinin ne şekilde yapılması gerektiği kararlaştırılmıştır.

Bu anlaşmalara ilaveten 2004 yılından itibaren her yıl Karadeniz’e kıyıdaş bir ülkenin ev sahipliğinde Karadeniz Arama ve Kurtarma Konferansları gerçekleştirilmektedir. Düzenlenen konferansa sadece Karadeniz’e kıyısı olan ülkeler değil diğer ülkeler de katılım sağlamaktadır. Bu konferanslarda Karadeniz’deki A/K faaliyetlerinin daha etkin ve koordineli bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla öneriler ve karşılaşılan sorunlar görüşülmektedir (Olgaç, 2020).

3.3. Türkiye’nin Karadeniz’deki Yetki Alanları

Türkiye'nin kıyılarında karasuları uygulaması ve karasularının genişliği konusunda çeşitli kanunlar ve antlaşmalar bulunmaktadır. Lozan Antlaşması’ndan sonra Türkiye 3 deniz mili olarak belirlenen bir karasuları uygulamasına başlamıştır. Daha sonra, 15 Mayıs 1964 tarihli 476 sayılı Karasuları Kanunu ile karasuları genişliği 6 mil olarak ilan edilmiş ve 6 millik bir balıkçılık bölgesi tanımlanmıştır. Bu kanunda, diğer ülkelerin karasularını geniş tutmaları durumunda Türkiye'nin karasularının da aynı şekilde belirleneceği ve mütekabiliyet esasının geçerli olacağı belirtilmiştir. 20 Mayıs 1982 tarih ve 2674 sayılı Karasuları Kanunu ile birlikte, Karadeniz dâhil olmak üzere Türk karasularının genişliği 6 deniz mili ilan edilmiştir. Buna ilave olarak, bu kanunda Türkiye'nin kıyılarıyla bitişik ya da karşılıklı olan devletlerle karasularının sınırlandırılmasının anlaşma yoluyla ve bölgenin özellikleri ve hakkaniyet esasına göre belirleneceği hükme bağlanmıştır. Bakanlar Kurulu’nun 29 Mayıs 1982 tarih ve 8/4742 sayılı bir kararıyla, 1982 tarihli karasuları kanunun yürürlüğe girmesinden önce hala geçerli olan Karadeniz’deki karasularının genişliği 12 mil olarak ilan edilmiştir (Balık,2018).

Türkiye ile SSCB arasında 23 Haziran 1978 tarihinde imzalanan ve 8 Aralık 1980 tarih ve 2355 sayılı kanunla kabul edilen “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Sovyet Sosyalist Cumhuriyetleri Birliği Hükümeti Arasında Türkiye Cumhuriyeti ve Sovyet Sosyalist Cumhuriyetleri Birliği Arasındaki Karadeniz’de Kıt’a Sahanlığı Sınırlandırması Hakkında Anlaşma” ile iki ülkenin Karadeniz’deki kıta sahanlığı sınırları belirlenmiştir. Bu anlaşma hakça ilkeler esasına göre yapılmıştır. Daha sonra, SSCB ve Romanya’nın Karadeniz’de MEB ilan etmeleriyle birlikte Türkiye de 05 Aralık 1986 tarih ve 86/11264 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesi ile Karadeniz’de 200 MEB ilan etmiştir. Karadeniz’de Türkiye ve SSCB arasında daha önce belirlenen kıta sahanlığı sınırı, 1986 yılında MEB sınırı olarak kabul edilmiştir. SSCB’nin 1991 yılında dağılmasının ardından Türkiye’nin bu devlet ile

olan kıta sahanlığı sınırı, Gürcistan, Rusya Federasyonu ve Ukrayna için de geçerli olmuştur (Pazarcı 1999). Bunun yanı sıra, 14 Temmuz 1997 tarihinde Gürcistan ile Türkiye arasında imzalanan bir protokol ile, SSCB döneminde Türkiye ile yapılmış, 1973 Protokolü, 1978 Kıta Sahanlığı Sınırlandırması, 1986-1987 MEB Sınır antlaşmalarının her iki devlet için de geçerli olduğu kabul edilmiştir (Özman, 2006).

Türkiye, 4 Aralık 1997’de Bulgaristan ile de bir antlaşma yaparak Karadeniz’deki MEB’sini Harita 3.2’de görüldüğü gibi hakkaniyet ilkesi çerçevesinde belirlemiştir (Tamçelik ve Kurt, 2014).



Harita 3.2. Karadeniz’de kıyısı bulunan ülkelerin MEB’leri (Tamçelik ve Kurt, 2014).

3.4. Radarlar Hakkında Genel Bilgiler

Radarların tarihçesi, çalışma prensibi ve ele alınan problem için kullanılacak olan SERDAR sahil gözetleme radarının özellikleri bu bölümde açıklanmıştır.

3.4.1. Radarların kısa tarihçesi

Radarın icadı ve gelişmesine birçok farklı ülkelerden çok sayıda bilim insanının katkısı olmuştur. 1865 yılında İskoç fizikçi James Clerk Maxwell elektromanyetik dalgaları keşfetmiştir. Sonrasında bu dalgaların yayılmasını açıklayan elektromanyetik ışık teorisini ortaya atmıştır (Radarların Kısa Tarihçesi, 2023).

1886’ da Alman fizikçi Heinrich Rudolf Hertz, Maxwell’in ortaya attığı teorinin deneylerini yaparak radyo ve ışık arasındaki benzerlikleri tespit etmiştir. Hertz, radyo dalgalarının, madeni ve dielektrikleri cisimlerle yansıtılabileceğini saptamış, böylelikle Maxwell’in kuramını kanıtlamıştır (Deniz Harp Okulu, 1987).

1897 yılında İtalyan fizikçi Guglielmo Marconi elektromanyetik dalgaları ilk kez çok uzun menzillere taşımayı başarmıştır. İlk denemesinde ağaçtan yapılmış çadır direkleri üzerinden geçirdiği bir iletkeni kullanmıştır. Kendisi bugün hala telsiz iletişiminin öncüsü olarak kabul görmektedir.

1904 yılında Alman mühendis Christian Hülsmeyer su yüzeyindeki trafiği kontrol etmek amacıyla “telemobiloskopu” icat etmiştir. Telemobiloskop, metal bir nesneye (gemiye) çarparak dönen elektromanyetik dalgaların süresini ölçmekte ve bu sayede menzil hesaplaması yapmaktadır. İlk kez denenen pratik radar için Hülsmeyer patent başvurusunda bulunmuştur.

1922’de Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Donanma Laboratuvarında çalışan ve elektrik mühendisi olan Albert. H. Taylor ve Leo C. Young ilk kez ahşap bir geminin konumunu tespit etmiştir (Radarların Kısa Tarihçesi, 2023).

1930 yılında ABD Donanma Laboratuvarından L.A.Hyland tesadüf eseri yerde bulunan bir uçağın yön bulucu cihazını kullanarak uçak deteksiyonu yapmıştır (Carlıoğlu, 2005).

1931’de William A. S. Butement ve P. E. Pollard ilk İngiliz radar sistemini bir gemiye kurmuştur. Alıcı ve verici anteni olarak boynuz ışıyıcılar bulunan parabolik antenler kullanmışlar, kısa menzillerde başarılı sonuçlara ulaşmalarına karşın, çalışmaları devlet tarafından desteklenmeyince devam edememişlerdir.

1933 yılında Rudolph Kühnhold kendinin geliştirdiği “radyo ölçüm aygıtı” sonarı tanıtmıştır. Bu aygıt 48 cm’lik bir dalga boyunda çalışmakta ve 40 Watt üzerinde bir gönderim gücüne sahiptir. Bu aygıtın denemeleri sonunda Freya radarı geliştirildi ve 1938 yılından itibaren radarın seri üretimine başlanıldı (Radarların Kısa Tarihçesi, 2023).

1936 yılında ABD Kara Kuvvetleri tarafından ilk darbeleri radarını denemeleri yapılmıştır. 1938 yılında uçaksavar kontrolünde kullanılmaya başlanılan radarın uzaklığı 7 mildir.

1939 yılında ordu tarafından uzun menzile sahip ve ilk uyarda kullanılan SCR-270 geliştirilmiştir. 1941 yılındaki Pearl Harbor baskını bu radar ile tespit edilmiştir. Ancak radar alıcısındaki ekoların ne anlama geldiği bombalar patlayana kadar malesef anlaşılamamıştır (Carlıoğlu, 2005).

1940 yılında ise ABD, Rusya, Almanya ve Japonya’da değişik radar sistemleri geliştirilmiştir.

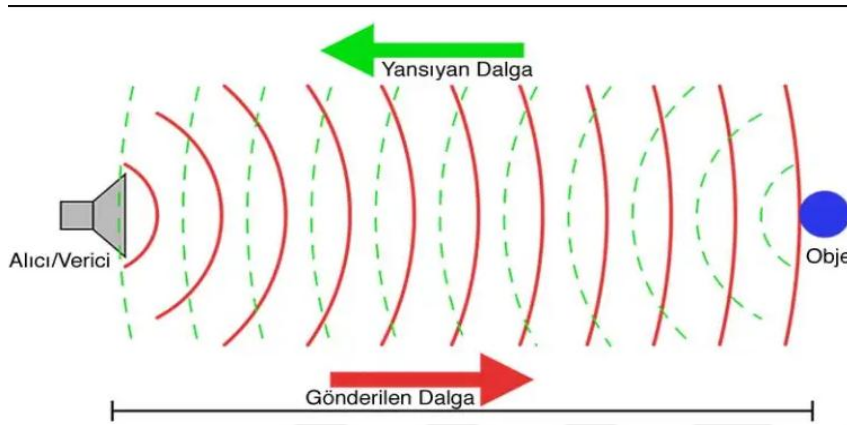
2. Dünya Savaşının ardından, bilim adamı ve mühendisler, barış zamanının amaçlarına uygun bir şekilde radarla ilgilendikleri için radarın gelişme hızı oldukça düşüş göstermiştir. Savaş sonrası yaklaşık on yıla kadar kullanılan radarlar, savaş süresince geliştirilen radarlardır. Bu yıllarda, çeşitli yükseklik bulucu radarlar uçakların uzun menzilde tespit edilmelerinde kullanılmışlardır. Bununla birlikte 1950’li yıllara gelindiğinde, alıcı ve yüksek güç klistronlarının gelişmesiyle radarların imkan ve kabiliyetleri artırılmıştır (Carlıoğlu,2005). Radarların, 1950’li yıllarda askeri alanlarda kullanılmaya başlamasından bu zamana kadar hava trafik kontrolü, uzaktan algılama, tıbbi teşhis, haritalama, otomotiv gibi çok geniş ve farklı alanlarda uygulamaları bulunmaktadır (Skolnik, 1990).

3.4.2. Radarların çalışma prensibi

Radar “Radio Detection and Ranging” kelimelerinin baş harflerinden meydana gelen, elektromanyetik dalgaları kullanarak cisimlerin hız ve veya konum bilgisinin tespit edilmesini sağlayan bir aygıttır.

Radarın çalışma prensibini basitçe anlatmak gerekirse; radar sistemi, çeşitli zaman periyotları ile radar sinyalleri gönderir, bu periyotlar esnasında ise sinyal gönderimi

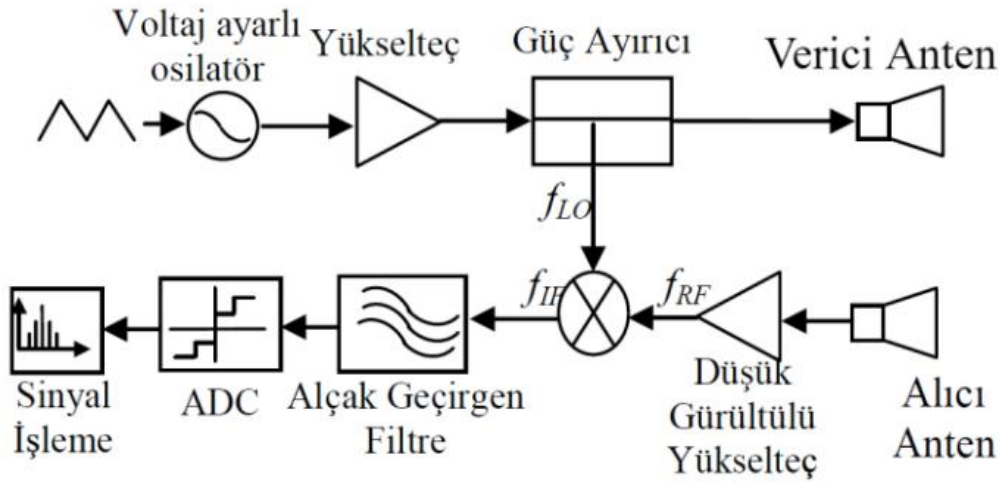
yapılan objeden geri dönüş olup olmadığını inceler. Radar ile tespit edilmek istenen obje arasındaki mesafe, gönderilen sinyalin geri dönüş süresine göre hesaplanır. Hedef objeye gönderilen dalga enerjisinin objeye iletilmesi ile obje üzerinde darbe yaratır. Bu darbenin oluşturduğu enerjinin bir kısmının objeden geri sekerek kaynağa geri ulaşması ile objenin mesafesi hakkında bilgi sahibi olunur (Earth Observing Laboratory,2023). Geleneksel radar sistemi Resim 3.1’de gösterildiği gibidir.



Resim 3.1. Geleneksel radar sistemi (Kozmik Anafor, 2016)

Günümüzde birçok amaçla kullanılan çok sayıda radar tipleri bulunmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılacak olan radarın Frekans Modülasyonlu Sürekli Dalga (Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW) tipinde olmasından dolayı, o radara ait genel özelliklere değinilmesinde fayda görülmüştür.

FMCW radarlar, 2. Dünya Savaşı öncesinde genellikle uçak irtifası ölçmek amacıyla kullanılmıştır (Komarov ve Smolskiy, 2003). Teknolojideki gelişmelerle birlikte, FMCW radarların yüksek çözünürlüğe, düşük iletim gücüne, daha basit bir yapıya ve düşük hata oranına sahip olması nedeniyle günümüzde kullanıldığı alanlar artmıştır (Handayani, Sediono ve Shah, 2013). Literatürde FMCW radarların başta sivil ve askeri alanlar olmak üzere oldukça çeşitli uygulama alanında tercih edildiği görülmektedir. Şekil 3.1’de FMCW radarın blok diyagramı gösterilmiştir. Sürekli üretilen frekans modülasyonlu sinyali iletilen anten aracılığıyla yayılımı sağlanarak hedeften-engelden dönen sinyaller alıcı anten tarafından alınır ve çarpıldıktan sonra hedefin-engelin hızını ve FMCW radara olan uzaklığı gibi verileri içinde barındıran vuru frekansı elde edilir. Sonrasında, gerekli sinyal işleme yöntemlerinin uygulanmasıyla hedefe ait hız ve uzaklık bilgilerine ulaşılmış olunur (Güz, Cıvcık ve Canan, 2021).



Şekil 3.1. FMCW radar blok diyagramı (Güz, Civecik ve Canan, 2021)

FMCW radarı sürekli dalga yollayan radar sensörlerinin özel bir çeşididir. Sürekli dalga radarlarından farklı olarak, bir FMCW radarı ölçüm sırasında üçgen veya testere dişi dalga kullanarak gönderilen işaretin çalışma frekansını değiştirme yeteneğine sahiptir. Bu, gönderim işaretinin frekansının modüle edilmesi anlamına gelmektedir. Frekanstaki bu değişimler neticesinde işaretlerin gidiş-geliş sürelerinin ölçülmesiyle birlikte ilk defa ilave ölçüm olanakları elde edilmiştir. Verici anten aracılığıyla gönderilen sinyal olası hedeflerden yansıyıp hedefin FMCW radara olan uzaklığına bağlı olarak gecikmesiyle alıcı antenle alınmaktadır. Alınan sinyal, gönderilen sinyalin zamanda geciktirilmiş ve frekansta kaydırılmış bir kopyasıdır. Zaman gecikmesi kullanılarak hedefin FMCW radara olan uzaklığı, frekans değişimi kullanılarak ise hedefin hızı belirlenebilmektedir.

Bir FMCW radar;

- Çok kısa mesafelerde bile ölçme kabiliyeti,
- Menzil ve hızı eşzamanlı ölçebilme,
- Yüksek ölçüm doğruluğu,
- Olumsuz çevre şartlarında dahi çalışabilme

gibi özelliklere sahiptir (Güz, Civecik ve Canan, 2021).

3.4.3. SERDAR sahil gözetleme radarı

Ele alınan problem için kullanılacak olan SERDAR Radarı, sahil gözetleme görevlerini icra etmek için üretilmiştir. Sabit bir kara platformu üzerinde kullanılabilen, su üstü deniz hedeflerini ve su üstünde alçak irtifaya sahip hava hedeflerini tespit ve takip edebilen FMCW tipinde düşük tespit edilme olasılıklı (Low Probability of Intercept, LPI) bir radar sistemidir. Kullanılan katı hal güç yükselteç teknolojisi ve modüler tasarım yaklaşımı sayesinde sistemin faydalı ömrü uzun, bakım/onarım süreleri kısadır. Komuta kontrol sistemlerine entegre edilen radar askeri alanda operasyonel gücü artırdığı gibi, sahil gözetleme görevlerinin yanı sıra gemi trafik kontrol, liman kontrol gibi uygulamalarda da yüksek etkinlik sağlamaktadır (Milli Savunma, 2017).

Resim 3.2’de örneği bulunan SERDAR Radarın özellikleri:

- X-Bant yayın frekansı,
- 48 Deniz mili azami menzil,
- Düşük tespit edilme olasılığı,
- Katı hal tasarım,
- Yarıkli dalga kılavuzu anten,
- Yüksek menzil çözünürlüğü,
- Üstün yakın menzil / hedef çözünürlüğü performansı,
- Çok sayıda hedefin aynı anda otomatik takibi,
- Komuta kontrol merkezi üzerinden uzaktan komutadır (Milli Savunma, 2017).



Resim 3.2. SERDAR sahil gözetleme radarı (Vizyoner Genç, 2020)



4. PROBLEMİN TANIMI

Değişmekte ve gelişmekte olan teknolojiyle birlikte ülkelerin sahip oldukları coğrafyanın güvenliğini sağlamak için yatırım yapması kaçınılmazdır (Uygur ve Çetinyokuş, 2023). Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin siyasi ve coğrafi konumu itibariyle özellikle son zamanlarda gerçekleşen yasa dışı faaliyetlerin artması sonucunda ortaya çıkan tehditlerle başa çıkabilmek için deniz güvenliği konusunda stratejik adımlar atmak oldukça önem taşımaktadır.

Denizlerimizde icra edilen faaliyetlerin çeşitliliği, deniz ortamının kendine özgü zorlukları içeren dinamik yapısı, denizcilik faaliyetlerinin her geçen gün artan yoğunluğu ve stratejik tesislerin önemi dikkate alındığında Türk deniz yetki alanlarının emniyet ve güvenliğinin sağlanması için gemi ve insan gücü yerine daha verimli olabilecek maliyet etkin teknolojiler kullanmak ülke ekonomisi için son derece önem kazanmaktadır.

Son zamanlarda artarak devam eden deniz trafiğinin kontrolü, sınır güvenliğinin sağlanması, stratejik öneme sahip alanların güvenliği, arama kurtarma faaliyetlerinin etkinliği ve denizlerde yaşanabilecek her türlü yasa dışı faaliyetin önlenmesinde en etkili şekilde reaksiyon gösterilmesi için denizlerimizin 7 gün 24 saat kesintisiz olarak gözetlenebilmesi amacıyla sahil gözetleme radarları kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Karadeniz Bölgesi'nde deniz yetki alanlarının gözetlenebilmesi amacıyla kullanılacak radarların konuşlandırılacakları istasyonların mevkielelerini optimum şekilde belirlemektir. Çalışmada Karadeniz Bölgesi'nin seçilmesinin sebebi daha önce bu bölgede yapılmış bir çalışma olmaması ve nükleer santraller gibi stratejik tesislerin güvenliğini sağlanmasının önemini vurgulamaktır.

Araştırmanın sınırlarını Karadeniz Türk Arama Kurtarma Bölgesi oluşturmaktadır. Çalışmada coğrafi olarak kabul gören Karadeniz Bölgesi'nin (Sakarya'nın doğusundan Gürcistan sınırına kadar olan bölgenin) deniz yetki alanlarının minimum sayıda radar ile kaplanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın gerçekliğini korumak maksadıyla örneklem olarak Karadeniz Bölgesi'nde son bir yılda gerçekleşen arama kurtarma faaliyetleri ile yasa dışı olaylara (düzensiz göç, kaçakçılık faaliyetleri, deniz kirliliği vb.) uygulanan yasal işlem sayıları kullanılmıştır. Bu veriler ile bölgesel önem kriterleri göz önünde bulundurularak kaplanacak bölgenin talep noktaları oluşturulmuştur.

Radar istasyonlarının konuşlandırılması her bölgenin sahip olduğu bölgesel özelliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu bölgesel farklılıklar iklim, yükseklik ve ulaşım kolaylığı olarak belirlenmiş ve bu kriterler radar konusunda tecrübeye sahip uzmanların görüşleri ile değerlendirilerek aday noktaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın konusu ve özellikleri itibarıyla ele alınan problem bir tesis yer seçimi problemidir. Problem çerçevesinde talep noktalarının tamamının en az sayıdaki istasyonla kapsanması hedeflenmektedir. Çalışmada çözüme ulaşmak için Olgaç (2020) tarafından önerilen model kullanılmıştır. Ele alınan problem iki aşamada çözülmüştür. İlk aşamada, talep noktalarının tamamının kapsanması için asgari sayıda radarın belirlenmesi en küçükleme problemi olup “Küme Kapsama Modeli” temel alınarak çözülmüştür. İkinci aşamada ise belirlenen sınırlı sayıdaki tesisin tam kapsamayı sağlamak üzere çeşitli faktörler dikkate alınarak en uygun yere konuşlandırılması maksadıyla “Maksimum Kapsama Modeli” kurularak çözülmüştür. Küme kapsama modelinin çözümü sonrası elde edilen en az radar sayısı verisi maksimum kapsama modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Problemin çözümünde tesis yer seçimi problemlerinin çözümü için kullanılan programlar incelenmiş ve oluşturulan model güçlü ve esnek bir programlama dili olan GAMS seçilerek çözülmüştür.

4.1. Matematiksel Modelin Girdileri

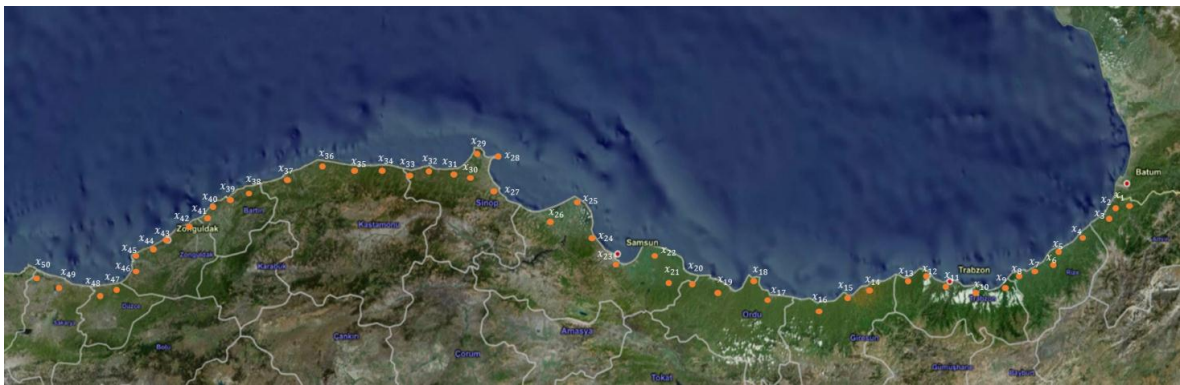
Modelin ana unsurları olan aday noktaları ve talep noktalarının belirlenmesi ve bölgesel özellikleri yansıtan parametrelerin tespit edilmesi son derece önemlidir. Belirlenen aday ve talep noktaları verileri matematiksel modelde kısıt olarak kullanılmıştır.

4.1.1. Aday noktalarının belirlenmesi

Aday noktalarının belirlenmesinde nasıl bir yol izleneceğine dair belirli bir yöntem bulunmamaktadır. Bölgedeki birçok nokta aday noktası olarak belirlenebilir fakat her bir noktanın bölgesel özelliğinin farklılık göstermesinden dolayı aday noktalarının radar konuşlanmaya uygun olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Her noktanın kendine özgü bölgesel özelliklerinin olması ve bu durumun modele yansıtılması modelin gerçekliğinin korunması açısından son derece önemlidir. Bu özellikler aday noktanın iklim durumu, yüksekliği, ulaşım durumu ve bölgenin stratejik önemi olarak belirlenmiştir. Bu özellikler dikkate alınarak bölgede arazi incelemesi yapan ve radar konusunda tecrübeye sahip uzmanların görüşleri doğrultusunda aday noktaları tespit edilmiştir.

Bununla birlikte aday noktaları belirlenirken radar konuşlandırılmasına uygun büyüklükte bir alanın olması, emniyet açısından güvenli bir yerde olması, görüş açısında herhangi bir engelin olmaması, fiberoptik kablo bağlantısı, elektrik enerjisi ihtiyacı gibi altyapı ihtiyaçlarının uygun olduğu bölgeler olmasına dikkat edilmiştir.

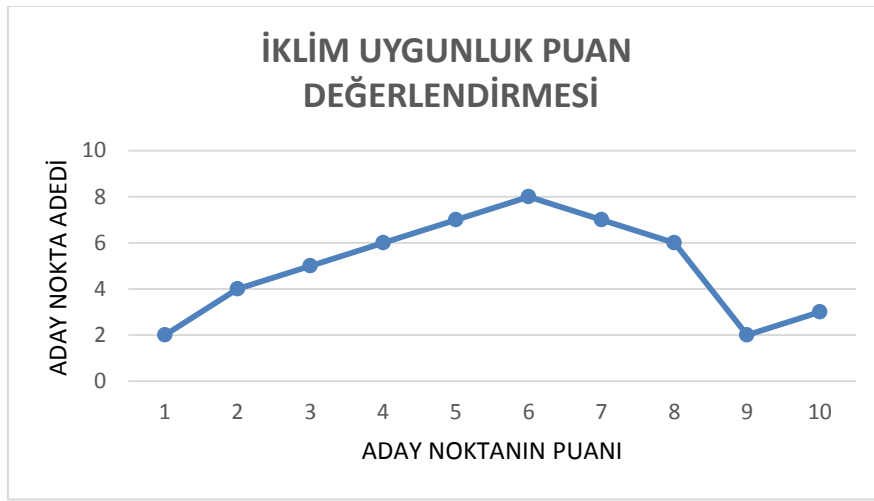
Bu faktörler dikkate alınarak çalışmada radar konuşlandırılacak 50 adet aday noktası belirlenmiştir. Coğrafi Analiz Sistemi bilgisayar programı kullanılarak belirlenen aday noktaları Harita 4.1.'de gösterilmektedir.



Harita 4.1. Aday noktaları

Aday noktalarının bulunduğu bölgenin özelliklerinin probleme dâhil edileceği belirtilmişti. Bu kapsamda aday noktaları için belirlenen özellikler için bölgede keşif yapan uzmanlar ile görüşülerek bir değerlendirme yapılmıştır. Aday noktalarının her birine bölgesel özellik bazında 1 ile 10 arasında puanlar verilmiştir.

Aday noktaların bulunduğu mevkieleer iklim koşullarının radar istasyonu konuşlandırmaya elverişli olması gerekmektedir. Radar istasyonları yağış, sis ve rüzgar gibi meteorolojik olaylardan etkilenmektedir. Bu koşulları değerdendirmek için Türkiye'nin rüzgar atlası, yağış normalleri ve bölgede keşif yapan uzmanların meteorolojik gözlemleri dikkate alınmıştır. Uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda iklim şartlarının en uygun olduğu değerdendirilen noktalara 10 puan verilmiş ve diğer noktalar 1 ile 9 puan arasında değerdendirilmiştir. Uzmanlar tarafından verilen puanların dağılımı Şekil 4.1'de olduğu gibidir.



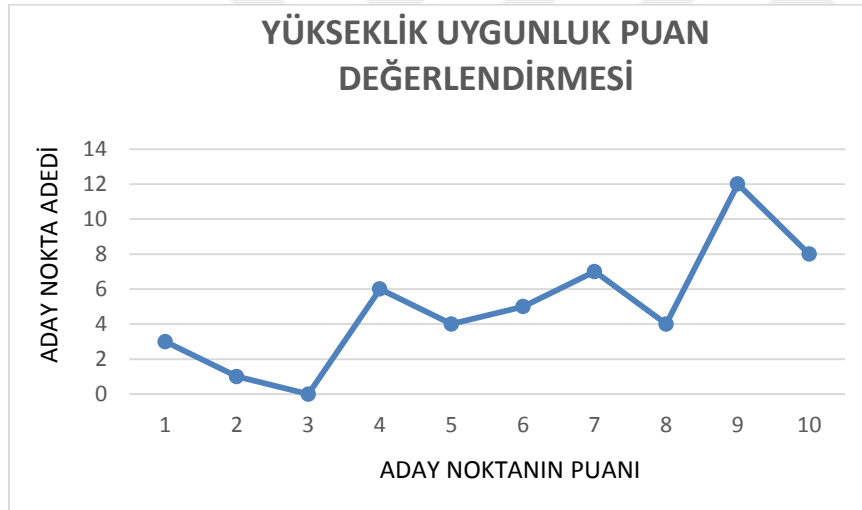
Şekil 4.1. Aday noktalarının iklim uygunluk değerdendirmelerinin puan dağılımları

Aday noktaların yükseklik değerdendirilmesi yapılırken noktaların maksimum yerleştirilebileceği yüksekliği hesaplamak için ufuk çizgisi faktörü dikkate alınmıştır. Ufuk çizgisi daha ilerisini göremediğimiz en uzak mesafede, yerle gökyüzünün birbirinden ayrıldığı düz yatay çizgiye denilmektedir. Dünyanın küresel olduğu varsayılararak ve radarların maksimum 48 mil menzili dikkate alınarak yapılan hesaplamada radarların deniz seviyesinden yüksekliğinin ufuk çizgisinden dolayı maksimum 610 m olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle aday noktalarının maksimum 610 m yükseklik sınırına konuşlandırılabilceği dikkate alınmıştır. Aday noktaların her birinin deniz seviyesinden yükseklik değerdeleri Coğrafi Analiz Sistemi programı yardımıyla ölçülmüştür. En uygun yükseklik değerdine sahip noktaya 10 puan, diğer noktalara ise 1 ile 9 arasında puanlar verilmiştir. Değerler verilirken kullanılan yükseklik kriterleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Aday noktaları yükseklik kriterleri değerleri

Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Puan
1-61	1
62-122	2
123-183	3
184-244	4
245-305	5
306-366	6
367-427	7
428-488	8
489-549	9
550-610	10

Aday noktalarının belirlenen yükseklik kriterine göre oluşturulan puanların dağılımı Şekil 4.2’de olduğu gibidir.



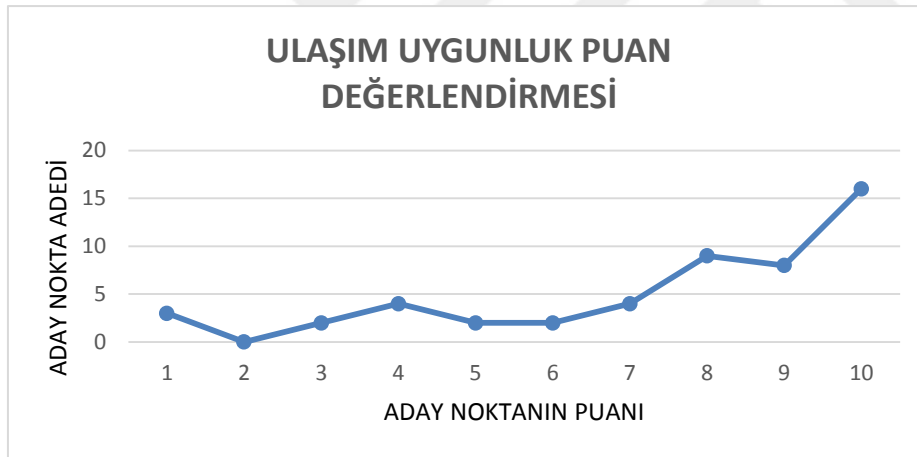
Şekil 4.2. Aday noktalarının yükseklik uygunluk değerlendirmelerinin puan dağılımları

Aday noktalarının ulaşım kolaylığı değerlendirilmesi yapılırken noktanın ana karayolu ile köy, belde, lojistik destek sağlayabilecek üs bölgesine yakınlığı Coğrafi Analiz Sistemi’nde yer alan karayolu ulaşım ağı sınırları dikkate alınarak ölçülmüş ve mesafe kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen mesafe kriterleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Aday noktaları mesafe kriterleri değerleri

Mesafe (m)	Puan
0-30	10
31-60	9
61-90	8
91-120	7
121-150	6
151-180	5
181-210	4
211-240	3
241-270	2
271 ve üstü	1

Belirlenen mesafe kriterleri dikkate alınarak kolay ulaşım sağlanabilecek noktaya 10, diğer noktalara ise uzaklık kriterine göre 1 ile 9 arasında puanlar verilmiştir. Aday noktalarının belirlenen mesafe kriterine göre oluşturulan puanların dağılımı Şekil 4.3'te olduğu gibidir.



Şekil 4.3. Aday noktalarının ulaşım uygunluk değerlendirmelerinin puan dağılımları

Bütün aday noktaları için yapılan değerlendirmeleri gösteren tablo EK-1'de verilmiştir.

4.1.2. Talep noktalarının belirlenmesi

Talep noktaları belirlenirken radarların etkinliğinin bu noktaların kaplanmasıyla sağlanacağı göz önüne alınmıştır. Bu konudaki en önemli husus talep noktalarının bütün bölgeyi kaplayacak şekilde düzenlenmesidir. Karadeniz Bölgesi'nde son bir yılda meydana gelen yasa dışı olaylara (düzensiz göç, deniz yolu ile yapılan her türlü kaçakçılık faaliyeti, denizde arama kurtarma, su ürünleri avcılığı yapan teknelerin kontrolü vb.) Sahil Güvenlik

Komutanlığı unsurları tarafından uygulanan yasal işlemlerin coğrafi dağılımı EK-2’de verilmiştir (Sahil Güvenlik Komutanlığı, 2021). Çalışmada talep noktaları tespit edilirken bu veriler ile bölgedeki stratejik öneme sahip tesislerin güvenliği, özel güvenlik bölgeleri ve sınır güvenliği dikkate alınmıştır. Bu etmenler göz önünde bulundurularak uzman görüşleri yardımıyla 110 adet talep noktası belirlenmiştir. Belirlenen talep noktaları Harita 4.2.’de gösterilmektedir.



Harita 4.2. Talep noktaları

Model oluşturulurken talep noktalarının önem dereceleri birbirinden farklı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, bölgede meydana gelen olayların yoğunluğu, bölgenin stratejik öneme sahip olması, sınır bölgesi olması gibi etmenler dikkate alınarak uzman görüşleri doğrultusunda en önemli bölgede yer alan talep noktalarına 10, diğer noktalara ise 1 ile 9 arasında değerler verilmiştir. Talep noktaları için yapılan değerlendirmeleri gösteren tablo EK-3’te verilmiştir.

4.2. Modelin Varsayımları

Modelin varsayımları aşağıdaki gibidir.

- Tüm talep noktaları sonlu sayıdaki en az bir aday nokta tarafından kaplanmaktadır.
- Aday noktaları belirlenirken arazinin radar konuşlandırılmasına uygun olduğu kabul edilmiştir.
- Aday ve talep noktaları belirlenirken değerlendirilen bölgesel özelliklerin önem dereceleri birbirinden farklıdır. Aday noktalarının önem dereceleri belirlenirken radar

konusunda tecrübeli uzmanlar ile yapılan görüşme sonucunda için yükseklik faktörünün en önemli kriter olduğu değerlendirilmiş ve yükseklik önem derecesi 3 olarak kabul edilmiştir. Daha az önemli olduğu değerlendirilen iklim önem derecesi 2, ulaşım önem derecesi ise 1 olarak kabul edilmiştir.

- Aday noktalarının belirlenen iklim, yükseklik ve ulaşım kolaylığı kriterlerine ait puan değerlendirmelerinin 3 ve üzerinde olmasının problem için uygun olduğu uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir.

- Sahil gözetleme radarının menzili SERDAR radarın maksimum menzili olan 48 mil olarak alınmıştır. Radar konuşlandırılacak istasyon kulesinin boyunun radar ile birlikte toplam 35 m olduğu kabul edilmiştir.

- Sahil gözetleme radarının görüş açısı 360 derecedir. Radarda mevcut olan kara maskeleyesi özelliği ile karasal alanlar kör nokta olarak kabul edilmiştir.

- Maliyet bilgisi probleme dâhil edilmemiştir.

4.3. Matematiksel Model

Bu çalışmada tanımlanan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

Parametreler

I: Talep noktaları kümesi

J: Radar istasyonu konuş yeri kümesi

S: Kaplama menzili

c_j : j aday istasyon mevkiinin iklim şartlarına uygunluk değeri

a_{lj} : j aday istasyon mevkiinin yükseklik uygunluk değeri

b_{lj} : j aday istasyon mevkiinin ulaşım uygunluk değeri

ort_c : İklim şartları kriterinin asgari belirlenmiş ortalaması

ort_{a1} : Yükseklik kriterinin asgari belirlenmiş ortalaması

ort_b : Ulaşım uygunluk kriterinin asgari belirlenmiş ortalaması

α : İklim önem derecesi

β : Yükseklik önem derecesi

θ : Ulaşım önem derecesi

M : Çok büyük bir sayı

p_i : Talep noktalarının değerlendirilmesi sonucunda oluşan değer

N : Kurulabilecek azami radar adedi

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ aday mevkiinde konuşlandırılacak radar } i \text{ talep noktasına} \\ & \text{hizmet edebilecek mesafede ise,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

Karar Değişkenleri

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ aday mevkiinde radar konuşlandırıldıysa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ aday mevkiindeki radar } i \text{ talep noktasına hizmet ediyorsa,} \\ 0, & \text{dd} \end{cases}$$

Küme Kapsama Problemi

Amaç Fonksiyonu

$$\text{EN KÜÇÜK } \sum_{j \in J} x_j \quad (4.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in J} k_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (4.2)$$

$$x_j c_j + M(1 - x_j) \geq ort_c \quad \forall j \in J \quad (4.3)$$

$$x_j al_j + M(1 - x_j) \geq ort_{al} \quad \forall j \in J \quad (4.4)$$

$$x_j b_j + M(1 - x_j) \geq ort_b \quad \forall j \in J \quad (4.5)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (4.6)$$

Amaç fonksiyonu (4.1), en az sayıda aday noktaya radar konuşlandırılmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.2), her talep noktasının aday noktalar tarafından en az 1 defa kaplanmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.3), j aday noktasına radar konuşlandırılması için aday noktanın uzmanlar tarafından belirlenmiş iklim uygunluğu değerinin asgari belirlenmiş ortalamasının üstünde olmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.4), j aday noktasına radar konuşlandırılması için aday noktanın uzmanlar tarafından belirlenmiş yükseklik uygunluk değerinin asgari belirlenmiş ortalamasının üstünde olmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.5), j aday noktasına radar konuşlandırılması için aday noktanın uzmanlar tarafından belirlenmiş ulaşım uygunluk değerinin asgari belirlenmiş ortalamasının üstünde olmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.6), her bir aday noktanın 0 ya da 1 değerini almasını sağlamaktadır.

Maksimum Kapsama Problemi

Amaç Fonksiyonu

$$\text{EN BÜYÜK} \sum_{j \in J} (x_j (\alpha c_j + \beta al_j + \theta b_j)) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} y_{ji} p_i \quad (4.7)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in J} x_j \leq N \quad (4.8)$$

$$y_{ij} \leq x_j k_{ij} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (4.9)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (4.10)$$

$$x_j, y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (4.11)$$

Amaç fonksiyonu (4.7), j aday noktalarının iklim, yükseklik ve ulaşım uygunluk değerleri ile hizmet verdikleri i talep noktalarının değerlendirilmesi sonucu oluşan değeri göz önünde tutularak en yüksek uygunluğu sağlamaktadır. Kısıt (4.8), aday noktalarına konuşlandırılacak radar istasyonlarının küme kapsama modeli çözümünde belirlenen sayıdan büyük olmamasını sağlamaktadır. Kısıt (4.9), i talep noktasının j aday noktasından hizmet alabilmesi için bu aday noktasına kapsama sağlayabilecek mesafede radar konuşlandırılmasını sağlamaktadır.. Kısıt (4.10), her talep noktasının aday noktaları tarafından en az bir defa kapsanmasını sağlamaktadır. Kısıt (4.11), karar değişkenlerinin 0 ya da 1 değerini almasını sağlamaktadır.

4.4. Problemin Çözümü

Oluşturulan modeller GAMS programlama dilindeki CPLEX çözücü vasıtasıyla çözülmüştür. Öncelikle küme kaplama modeli çözülmüş ve asgari 12 radar ile Karadeniz Bölgesi'nin kapsanacağı sonucuna ulaşılmıştır. Çözüm sonucuna göre Harita 4.3'te gösterilen 2, 10, 13, 16, 19, 24, 27, 30, 35, 37, 39 ve 48 numaralı aday noktalarıyla Türk Karadeniz Arama Kurtarma Bölgesi kapsanmaktadır.



Harita 4.3. Küme kapsama çözüm haritasının gösterimi

Küme kapsama modelinin çözümü sonucunda elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Küme kapsama çözümü sonucunda elde edilen analiz

RADAR SAYISI	SEÇİLEN ADAY NOKTALAR	KAPSANAN TALEP NOKTALARI	KAPSAMA ORANI (%)
1	2	1-10	10
2	10,2	1-24	21,82
3	13, 10, 2	1-28	25,45
4	16, 13, 10, 2	1-36	32,73
5	19, 16, 13, 10, 2	1-48	43,64
6	24, 19, 16, 13, 10, 2	1-62	56,36
7	27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-65	59,09
8	30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-70,73	65,55
9	35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-78	70,91
10	37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-84,86	77,27
11	39, 37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-98	89,09
12	48, 39, 37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 2	1-110	100

Küme kapsama modelinin çözümü incelendiğinde 12 radar ile Karadeniz Bölgesi'nin kapsanmasının optimum olduğu sonucuna varılmıştır. Çözüm sonucunda ortaya çıkan aday noktaları iklim, yükseklik ve ulaşım kolaylığı kriterleri bakımından diğer noktalara göre daha uygun olanlardır.

Küme kapsama modelinden elde edilen radar sayısı maksimum kapsama problemi için kısıt olarak modele ilave edilmiş ve oluşturulan model çözülmüştür. Sonucunda 4, 10, 13, 16, 19, 24, 27, 30, 35, 37, 39 ve 48 numaralı aday noktalarından oluşan toplam 12 radar ile Karadeniz Bölgesi'nin kapsanacağı sonucuna ulaşılmıştır. Harita 4.4.'te çözüm sonucunda kapsanan alanlar gösterilmiştir.



Harita 4.4. Maksimum kapsama çözüm haritasının gösterimi

Tam kapsamanın 12 radarla sağlandığı çözüm sonucunda elde edilen analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Maksimum kapsama çözümü sonucunda elde edilen analiz

RADAR SAYISI	SEÇİLEN ADAY NOKTALAR	KAPSANAN TALEP NOKTALARI	KAPSAMA ORANI (%)
1	4	1-10,12-14,17	12,73
2	10,4	1-24	21,82
3	13, 10, 4	1-28	25,45
4	16, 13, 10, 4	1-36	32,73
5	19, 16, 13, 10, 4	1-48	43,64
6	24, 19, 16, 13, 10, 4	1-62	56,36
7	27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-65	59,09
8	30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-70,73	65,55
9	35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-78	70,91
10	37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-84,86	77,27
11	39, 37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-98	89,09
12	48, 39, 37, 35, 30, 27, 24, 19, 16, 13, 10, 4	1-110	100

Maksimum kapsama modelinin çözümünde ise 12 radarın konuşlandırılabilceği en uygun konumlar tespit edilmiştir. Bu modelde talep noktalarının önem dereceleri ve aday noktalarının iklim, yükseklik ve ulaşım uygunluk değerleri ile bu faktörlerin önem dereceleri dikkate alınarak sonuca ulaşılmıştır. Çözüm incelendiğinde küme kapsama modelinden bir aday noktasının farklılık gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Küme kapsama modelinden farklılık gösteren noktanın ulaşım kriterinin daha uygun olduğu görülmüştür. Bunun sebebi küme kapsama modelinde çözümde yer alan noktanın bulunduğu Artvin ilinin coğrafi koşullarının ulaşımı olumsuz etkilemesidir.



5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Üç tarafımızı çevreleyen denizlerle birlikte ülkemizin konumu itibarıyla küresel düzeyde süregelen tehdit ve tehlikelere karşı deniz güvenliğini sağlamak maksadıyla uzun vadeli stratejik önlemler alması oldukça önem arz eden bir konudur. Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte ülkemizin deniz yetki alanlarında caydırıcı faaliyetlerde bulunması ve bu gücün varlığını sürdürmesini sağlamak maksadıyla gelişen teknolojiyi yakından takip etmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bölgenin konumu, enerji potansiyeli ve geçiş güzergâhı olması sebebiyle stratejik açıdan ülkemiz için son derece önemli olan Karadeniz Bölgesi için oluşabilecek güvenlik sorunlarını en aza indirmek ve gerekli tedbirleri almak son dönemlerde artarak devam eden yasa dışı faaliyetler de göz önünde bulundurulduğunda bir zorunluluk halini almıştır. Başta insan hayatını kurtarmak odaklı yürütülen arama kurtarma çalışmaları olmak üzere artan düzensiz göç hareketliliğinin önlenmesi, deniz yoluyla yapılan her türlü kaçakçılık faaliyetlerinin azaltılması, denizde çevresel kirliliğe sebep olan unsurların tespiti, yasa dışı su ürünleri avcılığı faaliyetlerinin tespiti gibi deniz yoluyla gerçekleştirilen her türlü yasa dışı faaliyetin önlenmesi için denizlerimizin kesintisiz olarak izlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, yasa dışı olayların yoğun olduğu bölgeler ile stratejik açıdan önemi bulunan bölgeleri kapsayacak şekilde sahil gözetleme radarlarını kullanmak daha az insan gücü kullanarak etkin, bilinçli ve azami derecede verim almayı sağlayabilecek en etkili yöntemlerden biridir.

Sahil gözetleme radarları su üstü unsurların icra ettiği tüm faaliyetlerin gece ve gündüz kesintisiz olarak takip edilmesi, denizde seyir emniyetini tehlikeye düşürecek şüpheli cisimlerin tespit edilmesi, denizde meydana gelen kaza ve olayların takip edilmesi gibi imkân ve kabiliyetleri kullanarak denizlerimizin güvenliğini sağlamakta sonuç odaklı ve proaktif bir teknoloji olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, deniz güvenliğini sağlamak maksadıyla Karadeniz Bölgesi'nde sahil gözetleme radarlarının konumlarının belirlenmesi problemi çözülmeye çalışılmıştır. Problem tesis yer seçimi problemi olarak ele alınmıştır. Tesis yer seçiminde en önemli nokta aday ve talep noktalarının belirlenmesidir.

Talep noktaları belirlenirken yasa dışı olaylara uygulanan yasal işlem sayıları dikkate alınmış, olay yoğunluğunun fazla olduğu yerlere ilave önem verilmiştir. Yasal işlem sayılarının coğrafi dağılımı incelendiğinde Karadeniz Bölgesi'nin genel olarak kıyı kesimlerinde olay yoğunluğunun fazla olduğu görülmüştür. Olay olmasa bile bölgenin tamamını kapsamak amacıyla talep noktaları bütün bölgeyi kaplayacak şekilde sık aralıklarla düzenlenmiştir. Bununla birlikte bölgenin önem derecesi de talep noktalarını belirlerken etkili olmuştur.

Çalışmada, her talep noktasının önem derecesinin birbirinden farklı olduğu göz önüne alınmıştır. Olay yoğunluğunun fazla olması, deniz yan hududunun güvenliği, nükleer güç santrali gibi stratejik öneme sahip tesislerin güvenliği gibi faktörler dikkate alınarak talep noktaları değerlendirilmiş ve önem derecesi belirlenmiştir.

Bir diğer husus da aday noktalarının tespit edilmesidir. Aday noktaları belirlenirken bölgeye göre farklılık gösterecek kriterler tespit edilmiş ve radar konuşlandırılmasına etki edebilecek iklim, yükseklik ve ulaşım kolaylığı parametreleri belirlenerek ele alınan noktalar bu bağlamda değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bölgeyi tanıyan ve radar konusunda tecrübeli uzmanlarla gerçekleştirilen görüşme neticesinde yükseklik kriterinin aday nokta belirlenmesinde en önemli olan kriter olduğu, sonrasında iklim faktörünün önemli olduğu ve önem derecesinin en az olduğu kriterin ulaşım olduğu değerlendirilmiş ve bu veriler amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir.

Talep ve aday noktaları oluşturulduktan sonra problemin çözümü için iki model kullanılmıştır. Sahil gözetleme radarlarının konumlarının belirlenmesi için öncelikle Karadeniz Bölgesi'nin tamamını kapsamak için gerekli olan asgari radar sayısını tespit etmek amacıyla küme kapsama modeli hazırlanmış ve hazırlanan model çözülmüştür. Daha sonra bölgenin tamamını kapsamak için talep noktalarının önem dereceleri ve aday noktalarının iklim, yükseklik ve ulaşım uygunluk değerleri göz önünde bulundurularak hazırlanan maksimum kapsama modeli çözülmüştür. Modellerin çözümünde yüksek performanslı ve esnek bir programlama dili olan GAMS kullanılmıştır.

Çözüm sonucunda elde edilen bilgiler değerlendirildiğinde Karadeniz Bölgesi'nin tamamının kapsanması için 12 radara ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır. Karadeniz kıyı şeridinin uzunluğu ve radarın menzili göz önünde bulundurulduğunda bu sonucun

tatmin edici bir seviyede olduğu gör÷lmektedir. Küme kapsama modelinin sonucu ile maksimum kapsama modelinin sonucu karşılaştırılığında yalnızca bir aday noktasının değışiklik gösterdiği gör÷lmüştür. Bunun nedeni maksimum kapsama modelindeki aday noktanın daha fazla talep noktasını kapsaması ve ulaşım konusunda küme kapsama sonucunda elde edilen noktaya göre daha elverişli olmasıdır. Küme kapsama ve maksimum kapsama problemindeki çözümlerin arasında anlamlı bir fark olmaması olağandır çünkü kapsanması gereken talep noktası sayısı çok fazla olduğundan bunu sağlayabilecek aday noktası da kısıtlıdır.

Ele alınan problem daha önce Karadeniz Bölgesi özelinde böyle bir çalışma olmamasından dolayı oldukça önemlidir. Değışen teknoloji ve ihtiyaçlara bağı olarak model farklı coğrafi bölge özelliklerine göre uyarlanıp kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- Abdülvahitoğlu, A. (2021). *AHP-TOPSIS Tabanlı Matematiksel Programlama ile Jandarma Karakolu Kuruluş Yeri Seçimi ve CAS/CBS ile Analizi*, Doktora Tezi, ukuova niversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Acar, E. ve zdağoğlu, A. (2018). Optimal Plant Location Selection in Apparel Company By Using Multi-Criteria Decision Making Method. *The Journal of Social Science*, 5(22),438-453.
- Ağdaş, M. (2014). *ok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Tesis Yer Seçimi: Kamu Sektöründe Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu (KHO) Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Akçadağ, E. (2015). *Denizlerin nemi ve Türk Deniz Kuvvetleri*, İstanbul: Bilgesam Yayınları, Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi, 4.
- Alp, O., Erkut, E. ve Drezner, Z. (2003). An Efficient Genetic Algorithm for the p-Median Problem. *Annals of Operations Research*, 122(1), 21-42.
- Arasan, İ. (2014). *Türkiye'nin AB'ye yelik Sürecinde Arama-Kurtarma Bölgesi Düzenlemeleri: Kuvvetler Arası Koordinasyon ve Hava Kuvvetlerinin Rolü*, Yüksek Lisans Tezi, Harp Akademileri Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, İstanbul.
- Arslan, H.M. (2018). Electre ve Maksimum Kapsama Modeli Yöntemleri ile Bilim Merkezlerinin Optimum Tesis Yeri Seçimi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(65), 337-355.
- Atalay, . (2016). Türkiye leğinde Hizmet Vermeyi Planlayan Ortak Sağlık Güvenlik Biriminin şube Yerlerinin Küme rtme Yaklaşımı ile Belirlenmesi. *Social Sciences (E-Journal of New World Sciences Academy)*, 11(2), 173-193.
- Ayperken, E. ve Ermiş, M., (2011). İnsansız Hava Araçları İçin s Konumlarının Kapsama Alanı Problemi Olarak Modellenmesi ve Eniyilenmesi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 61-71.
- Balık, İ. (2018). Türkiye'nin Deniz Yetki Alanları ve Kıyıdaş lkelerle Yetki Alanı Anlaşmazlıkları, *Kent Akademisi*, 11(1).86-98.
- Ballı, H. (2014). *Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Balinski, M. (1965). Integer programming, methods, uses and computation. *Manage Science*, 12(3), 253-313.
- Barutçugil, İ.S. (1988). *retim Sistemi ve Yönetim Teknikleri*. (Genişletilmiş İkinici Baskı). Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.

- Bastı, M., (2012). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7), 47–75.
- Bayat, M. (1986). *Milli Güç ve Devlet*. İstanbul: Belge Yayınları. 409.
- Berman, O. ve Krass, D. (2002). The Generalized Maximal Covering Location Problem. *Computers and Operations Research*, 29(6), 563-581.
- Belanger, V., Ruiz, A. ve Soriano, P. (2019). Recent Optimization Models and Trends in Location, Relocation and Dispatching of Emergency Medical Vehicles. *European Journal of Operation Research*, 272(1), 1-23.
- Beyoğlu, M. (2014). *Dünya Denizlerinde Yasadışı Faaliyetler Bağlamında Deniz Güvenliği; Türkiye Örneği*, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Caccetta, L. ve Dzator, M. (2005). *Heuristic methods for locating emergency facilities*, In Proceeding of 16th international congress on modelling and simulation, Australia, pp. 1744-1750.
- Carlioğlu, S. (2005). *Ege Bölgesinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığına Ait Sahil Gözetleme Radarlarının Yeniden Yerleştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Chang, P., ve Lin, H., (2015). Manufacturing Plant Location Selection in Logistics Network Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1547-1575.
- Church R.L. ve ReVelle C. (1974). The Maximal Covering Location Problem. *Papers Regional Science Association*. 32(1), 101-118.
- Current, J., Daskin, M.S. ve Schilling, D. (2001). *Discrete Network Location Model, Facility Location: Applications and Theory*, Ed. by. Z. Drezner and H.W. Hamacher, Springer-Verlag, 83-120.
- Daskin, M.S. (1995). *Network and Discrete Location: Models, algorithms, and applications*. (Third Edition). New York: John Wiley & Sons, Inc., 10-18.
- Daskin M.S. ve Owen S. (1999). *Partial Covering P-Center and Parital Covering Set Covering Models*, North-Western University, Evanston, 147-155.
- Daskin, M.S. (2008). What You Should Know About Location Modeling. *Naval Research Logistics*, 55(4), 283-294.
- Daskin, M.S. (2011). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*. John Wiley & Sons, 221-222.
- Demir, M.H. ve Gümüsoğlu, Ş. (2003). *Üretim Yönetimi İşlemler Yönetimi*. (Dördüncü Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 195.

- Deniz Harp Okulu. (1987). *Radar Sistemlerine Giriş*. Deniz Harp Okulu Teknik Bilimler Bölüm Başkanlığı, 11-44.
- Durak, İ. ve Yıldız, M.S. (2015). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2), 43-64.
- Farahani, R.Z., Steadieseifi M. ve Asgari, N. (2010). Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey. *Applied Mathematical Modeling*, 34(7), 1689-1709.
- Garrett, L. ve Silver J.M. (1973). *Production Management Analysis*. (Second Revised Edition). New York: Harcourt Brace Javanovich.
- Grubestic, T.H., Nelson, J.R., Wei, R. (2019). A Strategic Planning Approach for Protecting Environmentally Sensitive Coastlines from Oil Spills: Allocating Response Resources on a Limited Budget. *Marine Policy*. 108(1), 1-10.
- Gönül,Ö. (2018). *Orta Doğu'nun Enerji Güvenliği ve Karadeniz*. Karadeniz Jeopolitiği,(ed. H. Çomak, C. Sancaktar, V. Tatar ve B.Ş. Şeker), İstanbul:Beta Yayınları, 601.
- Güz, H., Cıvık, L. ve Canan, S. (2021). FMCW Radar İle Endüstriyel Uygulamalarda Mesafe Ölçüm. *European Journal of Science and Technology*, 30(1), 44-47.
- Hakimi, S.L. (1964). Optimum Location of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. *Operations Research*, 12(3), 450–459.
- Handayani, D.O.D., Sediono, W. ve Shah, A. (2013). Design and Development of the FMCW Radar Scene Generator, *Industrial Electronics and Applications (ISIEA)*, 39-44.
- He, Y. S., Kuo, Y. H. ve Wu, D. (2016). Incorporating Institutional and Spatial Factors in The Selection of The Optimal Locations of Public Electric Vehicle Charging Facilities: A Case Study of Beijing, China. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67(1), 131-148.
- Hong, X., Lejeune, M. A., ve Noyan, N. (2015). Stochastic Network Design for Disaster Preparedness. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 47(4), 329– 357.
- İnternet: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (1979). Denizde Arama ve Kurtarma Uluslararası Sözleşmesi. Web: <https://denizcilik.uab.gov.tr/uploads/pages/aakkm-mevzuat/hamburg-sozlesmesi-1979.pdf>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2023
- İnternet: Sahil Güvenlik Komutanlığı. (2022). Deniz Arama Kurtarma Faaliyetleri. Web: <https://www.sg.gov.tr/deniz-arama-kurtarma-faaliyetleri>, Son Erişim Tarihi: 25.02.2023
- İnternet: Sahil Güvenlik Komutanlığı (2022). 2022 Yılı Harekât Faaliyetleri Raporu. Web: <https://www.sg.gov.tr/kurumlar/sg.gov.tr/komutanlik/yayinlar/Sahil-Guvenlik-Komutanligi-2022-Yili-Harekat-Faaliyetleri-Raporu.pdf>, Son Erişim Tarihi: 01.05.2023.

İnternet: Milli Savunma. (2017) Serdar 7M Sahil Gözetleme Radarı, <https://www.millisavunma.com/aselsan-serdar-7m-sahil-gozetleme-radari/>, Son Erişim Tarihi: 14.03.2023

İnternet: Vizyoner Genç. (2020). SERDAR Sahil Gözetleme Radar Ailesi, Web: <https://vizyonergenc.com/index.php/icerik/serdar-sahil-gozetleme-radar-ailesi>, Son Erişim Tarihi: 14.03.2023

İnternet: HAVELSAN. (2023). Sahil Gözetleme Radar Sistemi. Web: <https://www.havelsan.com.tr/sektorler/savunma-ve-guvenlik/kara/gozetleme-sistemleri/havelsan-sgrs>, Son Erişim Tarihi: 14.03.2023

İnternet: Radarın Kısa Tarihçesi. (2023). <https://www.radartutorial.eu/04.history/hi04.tr.html>, Son Erişim Tarihi: 29.04.2023

İnternet: Earth Observing Laboratory. (2023). How Do Radars Work? Web: <https://www.eol.ucar.edu/content/how-do-radarswork>, Son Erişim Tarihi: 30.04.2023

İnternet: Kozmik Anafor. (2016). Radar ve Radardan Gizlenmek. Web: <https://www.kozmikanafor.com/radar-veradardan-gizlenmek/>, Son Erişim Tarihi: 30.04.2023

İnternet: Milli Savunma Üniversitesi. (2020). Deniz Gücü ve Güvenliği İncelemeler. Web: https://msu.edu.tr/img/Deniz_Harp_Enstitusu/deniz_gucu_ve_guvenli%C4%9Fi/deniz_gucu_ve_guvenli%C4%9Fi16_10.pdf Son Erişim Tarihi: 29.04.2023

Lee, W. ve Yang N. (2009). Location problems solving by spreadsheets. *Wseas Transactions on Business and Economics*, 6(8), 469-480.

Jamshidi, M., (2009). Median Location Problem, Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies. *Physica-Verlag Heidelberg*, 177-191.

Kara, A. (2013). *Arama Kurtarma Operasyonlarında Risk Analizi ve Türkiye İçin Arama Kurtarma Model Araştırması*, Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.

Kılıçarslan, B. (2019). *Deprem Sonrası Arama Kurtarma Konteynerleri Yerleşim Yerin Şans Kısıtlı Programlama Modeli ile Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kim, J. ve Soh, S. (2012). Designing Hub-and-Spoke School Bus Transportation Network: A Case Study of Wonkwang University. *Traffic&Transportation*, 24(5), 389-394.

Klose, A. ve Drexler A. (2005). Facility Location Models For Distribution System Design. *European Journal of Operational Research*, 162(1), 4-29.

Komarov, I.V. ve Smolskiy, S. (2003). Fundamentals of Short Range FM Radar. (ed. Barton D.K.). London: Artech House.

- Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi*. (Revizyon Baskı). İstanbul: Avcıol Basım.
- Kuby, M. (1989). A Location-Allocation Model of Lösch's Central Place Theory: Testing on a Unifm Lattice Network. *Geographical Analysis*, 21(4), 316-337.
- Kuehn, A.A. ve Hamburger, M.J. (1963). A Heuristic Program for Locating Warehouses. *Management Science*, 9(4), 643-666.
- Kurban, Ö.F. (2014). *Anlık İstihbarat, Gözetleme ve Keşif İhtiyaçları İçin Mini İnsansız Hava Araçlarının Yer Kontrol İstasyonlarının Seçimi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kurul, E. (2014). Alfred Thayer Mahan, Deniz Harbi Üzerine. *Mediterranean Journal of Humanities*, 4(1), 355-358.
- Manne, A. (1964). Plant Location under Economies of Scale - Decentralization and Computation, *Management Science*, 11(2), 213-235.
- Marianov, V. ve Serra, D. (2004). *P-Median Models in Public Sector , Facility Location: Applications and Theory*, (Second Edition). (ed. Horst W. Hamacher), Zvi Drezner, Berlin: Springer, 119-143.
- Olgaç, T. (2020). *Ege Denizi Arama Kurtarma Bölgesinde Gerçekleşecek Arama Kurtarma Faaliyetleri Kapsamında Kullanılacak İnsansız Hava Araçlarının Sahil İstasyon Mevkilerinin Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Ofluoğlu, A., Baki, B. ve Ar, İ.M., (2017). Afet Depo Yeri Seçimi İçin Çok Kriterli Karar Analizi Modeli. *Journal of Management, Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106.
- Owen, S.H. ve Daskin, M.S. (1998). Strategic Facility Location: A Review. *European Journal of Operational Research*. 98(111), 423-447.
- Ömürbek, N., Üstündağ, S. ve Helvacıoğlu, Ö.C., (2013). Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 101-116.
- Özcan, S. (2014). *Tesis Yeri Seçimine Doğrusal Programlama Yaklaşımı: Entegre Bir Model Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Özman, A. 2006. *Deniz Hukuku I*. Turhan Kitabevi, Ankara.
- Pazarcı, H. (1999). *Uluslararası Hukuk Dersleri. I. Kitap*, Turhan Kitabevi, Ankara.
- Pereira, M. A., Lorena, L. A. N., ve Senne, E. L. F. (2007). A column generation approach for the maximal covering location problem. *International Transactions in Operational Research*, 14(4), 349-364.

- Rawls, C.G. ve M. A. Turnquist. (2010). Pre-positioning of Emergency Supplies for Disaster Response, *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(4), 521-534.
- Revelle, C.S. ve Eiselt H.A. (2005). Location Analysis: A Synthesis and Survey. *European Journal of Operational Research*, 165(1), 1-19.
- Revelle, C.S. ve Eiselt H.A. ve Daskin M.S. (2008). A Bibliography for Some Fundamental Problem Categories in Discrete Location Science. *European Journal of Operational Research*, 184(3), 817-848.
- ReVelle, C. ve Swain, R. (1970). Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, 2(1), 30-42.
- Sadıç, B. (2022). *Hava Araçları ile İlaç Dağıtımı: Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Skolnik, M., (1990). *Introduction To Radar Systems*. (2nd ed.). Japan: Mc Graw-Hill, 2.
- Sule, D. R. (2001). *Logistics of Facility Location And Allocation*. (First Edition). Florida: CRC Press.
- Sümer, Ü.T. (2019). *Meta Sezgisel Yaklaşımlar İle P- Medyan Tesis Yeri Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyol Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Şimşek, K., (2016), *AHP ve ELECTRE Yöntemi ile Tekstil Sektöründe Kuruluş Yeri Seçimi*. Uluslararası katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 12-14 Ekim, İstanbul, Türkiye, 1037-1045.
- Tamçelik, S. ve Kurt, E. (2014). *Türkiye'nin Münhasır Ekonomik Bölge Algısı ve Yakın Tehdit Alanı: Kıbrıs*. Uluslararası Güvenlik Kongresi Bildiriler Kitabı (Cilt 3), Editör: Hasret Çomak, Kocaeli Üniversitesi Yayınları 1. Baskı, Kocaeli, 882-993.
- TAKY, 2001, Türk Arama ve Kurtarma Yönetmeliği, (9/7/1982 tarihli ve 2692 sayılı Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanununun hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.) TC Resmi Gazete Sayı: 24611, 12 Aralık 2001.
- Tavakkoli R. ve Shayan E. (1998). Facilities layout design by genetic algorithms. *Computers and Industrial Engineering*, 35(3), 527-530.
- Toregas C., Swain R., ReVelle C. and Bergman L. (1971). The Location of Emergency Service Facilities. *European Journal of Operations Research*, 19(6), 1363-1373.
- Tozan, H., Dönmez, S. (2015). A Genetic Algorithm Based Approach to Provide Solutions for Emergency Aid Stations Location Problem and A Case Study for Pendik/İstanbul. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 12(4), 915-940.

- Tutak, E. (2021). *21.Yüzyılda Denizlerin ve Deniz Gücünün Artan Önemi Kapsamında Türkiye'nin Deniz Stratejisi: Bir Deniz Gücü Analiz Model Önerisi*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Tüzmen, S. (2010). *Türkiye’de Akaryakıt İstasyonu Yer Seçimine Çok Amaçlı Bir Yaklaşım*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Uluğ, M., (2003). *Location of Natural Disasters Search and Rescue (SAR) Units in Sectors*, Master Thesis, Bilkent University The Institute Of Engineering And Science, Ankara.
- United Nations, General Assembly. (2008). Oceans and the law of the sea Report of the Secretary-General (Rapor No: A/63/63). United Nations.
- Uygur S. ve Çetinyokuş T. (2023). *Kıyılarda Güvenli Alan Oluşturulması Problemi: Bir Model Önerisi*, 8. Uluslararası Akademik Öğrenci Çalışmaları Kongresi, 26-27 Mayıs, İstanbul, 353.
- Üreten, S. (2006). *Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri*. (Beşinci Baskı), Ankara: Gazi Kitabevi.
- Wang, Y. ve Wang, N. (2019). The Role of the Marine Industry in China's National Economy: an Input-Output Analysis. *Marine Policy*, 99(1), 42-49.
- Watson, J. (1982). Heuristic Procedures For The M-Partial Cover Problem On a Plane. *European Journal Of Operation Research*, 11(2), 149-157.
- Yavuz, S. ve Deveci, M. (2014). Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama, *Ege Akademik Bakış*, 14(3), 463-479.
- Yüce. H. ve Gazioğlu C. (2006). Maritime Security Challenges Ahead in The Black Sea. *Journal Of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 12(3),233-250.



EKLER

EK-1. Aday noktalarının değerlendirilmesi sonucu verilen puanlar

Çizelge 1.1. Aday noktalarının puanları sayfa 1

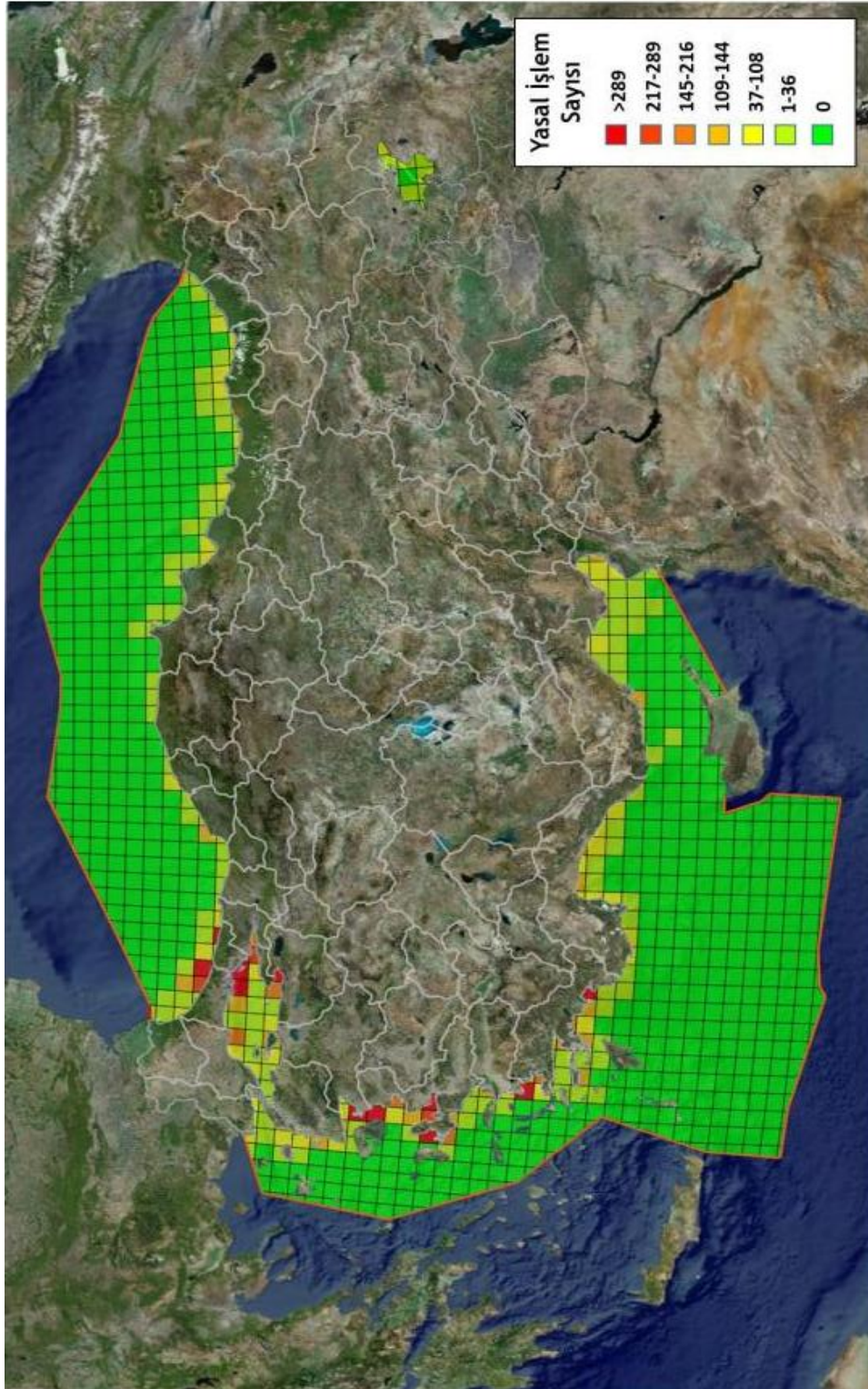
ADAY NOKTA	İKLİM UYGUNLUK PUANI	YÜKSEKLİK KRİTERİ PUAN	ULAŞIM KOLAYLIĞI PUANI
X1	1	6	10
X2	4	10	4
X3	1	4	8
X4	4	9	10
X5	2	5	10
X6	5	10	8
X7	6	7	9
X8	5	8	8
X9	6	5	7
X10	8	9	9
X11	10	8	10
X12	7	10	9
X13	6	9	9
X14	3	7	10
X15	4	6	1
X16	8	8	10
X17	2	7	8
X18	3	6	10
X19	5	10	5
X20	4	9	8
X21	5	9	6
X22	7	1	10
X23	6	9	10
X24	10	9	4
X25	9	1	8
X26	9	7	6
X27	7	10	5
X28	10	4	10
X29	8	2	3
X30	6	9	10
X31	8	4	10
X32	7	8	7
X33	2	10	10
X34	3	9	9
X35	5	9	8
X36	3	7	9
X37	6	10	4
X38	7	9	8

EK-1. (devam) Aday noktalarının değerlendirilmesi sonucu verilen puanlar

Çizelge 1.2. Aday noktalarının puanları sayfa 2

ADAY NOKTA	İKLİM UYGUNLUK PUANI	YÜKSEKLİK KRİTERİ PUAN	ULAŞIM KOLAYLIĞI PUANI
X39	8	5	4
X40	4	6	10
X41	5	4	9
X42	3	9	7
X43	7	7	10
X44	5	7	7
X45	6	5	8
X46	2	4	1
X47	4	6	1
X48	6	10	5
X49	7	4	10
X50	8	1	9

EK-2. Sahil Güvenlik Komutanlığı unsurları tarafından 2022 yılında uygulanan yasal işlemlerin coğrafi dağılımı



Harita 2.2. 2022 yılında uygulanan yasal işlemlerin gösterimi (Sahil Güvenlik Komutanlığı, 2022)

EK-3. Talep noktalarının değerlendirilmesi sonucu verilen puanlar

Çizelge 3.1. Talep noktalarının puanları

TALEP NOKTASI	PUAN	TALEP NOKTASI	PUAN	TALEP NOKTASI	PUAN	TALEP NOKTASI	PUAN
Y1	10	Y31	4	Y61	3	Y91	9
Y2	9	Y32	2	Y62	4	Y92	10
Y3	7	Y33	3	Y63	8	Y93	7
Y4	8	Y34	1	Y64	6	Y94	2
Y5	6	Y35	2	Y65	7	Y95	6
Y6	5	Y36	6	Y66	9	Y96	5
Y7	4	Y37	7	Y67	10	Y97	8
Y8	7	Y38	5	Y68	6	Y98	6
Y9	3	Y39	8	Y69	1	Y99	9
Y10	8	Y40	9	Y70	2	Y100	6
Y11	6	Y41	3	Y71	2	Y101	10
Y12	7	Y42	4	Y72	8	Y102	3
Y13	9	Y43	2	Y73	6	Y103	2
Y14	6	Y44	5	Y74	5	Y104	4
Y15	10	Y45	1	Y75	3	Y105	7
Y16	9	Y46	3	Y76	5	Y106	5
Y17	6	Y47	4	Y77	4	Y107	6
Y18	4	Y48	6	Y78	6	Y108	6
Y19	7	Y49	3	Y79	1	Y109	8
Y20	8	Y50	5	Y80	2	Y110	9
Y21	10	Y51	4	Y81	4		
Y22	7	Y52	5	Y82	3		
Y23	8	Y53	7	Y83	6		
Y24	6	Y54	8	Y84	4		
Y25	3	Y55	4	Y85	5		
Y26	2	Y56	6	Y86	7		
Y27	4	Y57	8	Y87	8		
Y28	6	Y58	7	Y88	6		
Y29	5	Y59	6	Y89	8		
Y30	7	Y60	8	Y90	8		

EK-4. Etik komisyonu onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 12.05.2023-E.654153



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu**

Sayı : E-77082166-302.08.01-654153
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

12.05.2023

Dağıtım Yerlerine

Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Sevim UYGUR'un, Doç. Dr. Tahsin ÇETİNYOKUŞ'un** danışmanlığında yürüttüğü **"Karadeniz Bölgesi'nde Deniz Yetki Alanlarının Gözetlenebilmesi Amacıyla Sahil Gözetleme Radarlarının Yerleştirilmesi"** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **09.05.2023** tarih ve **09** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2023 - 610

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM
Gereği:
Sayın Doç. Dr. Tahsin ÇETİNYOKUŞ

Bilgi:
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne



Gazili Olmak Ayrıcalıktır...