

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE
ALTERNATİF KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ:
İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doğuş GÜLER

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE
ALTERNATİF KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ:
İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Doğuş GÜLER
(501141647)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501141647 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Doğuş GÜLER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ALTERNATİF KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ: İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Hande DEMİREL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 25 Kasım 2016
Savunma Tarihi : 21 Aralık 2016

Eşime,

ÖNSÖZ

Çalışmayı gerçekleştirmemde danışmanlık eden ve bilgilerini paylaşan Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU'na, sağladıkları karşılıksız veri için “Orr and Associates” adlı şirketin sahipleri Avusturalyalı Tom Orr ve Lisa Orr’a, desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Her zaman desteğini hissettiğim sevgili eşim Demet ÇILDEN GÜLER’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kasım 2016

Doğuş GÜLER
Geomatik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı	6
1.2 Çalışmanın Amacı	7
1.3 Metodoloji	7
1.4 Temel Tanım ve Kavramlar	8
1.4.1 Coğrafi bilgi sistemleri	8
1.4.2 Çok kriterli karar verme yöntemleri	9
1.4.2.1 Analitik hiyerarşi yöntemi	12
1.4.3 Katı atık yönetimi	14
1.4.3.1 Katı atık tanımı	15
1.4.3.2 Katı atık bertaraf yöntemleri	15
1.4.3.3 Türkiye’de katı atık yönetimi	16
1.4.3.4 İstanbul’da katı atık yönetimi	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	19
2.1 Çalışma Alanının Belirlenmesi	19
2.1.1 Coğrafi özellikleri	19
2.2 Yazılım ve Donanım Seçimi	22
2.3 Projeksiyon Sistemi ve Dönüşümler	22
2.4 Konumsal Veri/Bilgi Toplama ve İşleme	23
2.5 Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimine Etki Eden Faktörler	25
2.5.1 Arazi kullanımı	25
2.5.2 Jeoloji	27
2.5.3 Yerleşim alanlarına uzaklık	28
2.5.4 Yüzey sularına uzaklık	31
2.5.5 Nüfus yoğunluğu	33
2.5.6 Havalimanlarına uzaklık	34
2.5.7 Korunan alanlara uzaklık	36
2.5.8 Eğitim	36
2.5.9 Katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık	38
2.5.10 Arazi değerleri	40
2.5.11 Karayollarına uzaklık	40

2.6 Faktör Ağırlıklarının AHY İle Belirlenmesi	44
2.7 Depolama Sahası Yer Seçimi İçin Model Geliştirilmesi.....	46
2.8 Uygulama: İstanbul İçin Alternatif Katı Atık Depolama Tesisİ Yer Seçimi....	47
3. BULGULAR	51
3.1 Tespit Edilen Alternatif Alanların Değerlendirilmesi	51
3.2 Mevcut Depolama Tesislerinin İrdelenmesi.....	54
3.3 Modelin İrdelenmesi.....	56
3.3.1 Piksel boyutunun irdelenmesi	56
3.3.2 Kriter ağırlıklarının irdelenmesi.....	57
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirmesi
ÇKKVY	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
ha	: Hektar
km	: Kilometre
m	: Metre
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TL	: Türk Lirası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

SEMBOLLER

◦ : Derece

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : AHY ölçek esasları [52].	13
Çizelge 1.2 : İstanbul'daki düzenli depolama saha alanları [67].	18
Çizelge 1.3 : İstanbul'daki düzenli depolama sahaları atık miktarları [67].	18
Çizelge 2.1 : İstanbul ili iklim istatistikleri [69].	20
Çizelge 2.2 : Veri kaynakları.	24
Çizelge 2.3 : Arazi kullanım kriter değerleri.	26
Çizelge 2.4 : Jeoloji kriter değerleri.	27
Çizelge 2.5 : Yerleşim alanlarına uzaklık kriter değerleri.	31
Çizelge 2.6 : Su yüzeylerine uzaklık kriter değerleri.	31
Çizelge 2.7 : Nüfus yoğunluğu kriter değerleri.	33
Çizelge 2.8 : Havalimanlarına uzaklık kriter değerleri.	34
Çizelge 2.9 : Korunan alanlara uzaklık kriter değerleri.	36
Çizelge 2.10 : Eğim kriter değerleri.	37
Çizelge 2.11 : Katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık kriter değerleri.	38
Çizelge 2.12 : Arazi değerleri kriter değerleri.	40
Çizelge 2.13 : Karayollarına uzaklık kriter değerleri.	40
Çizelge 2.14 : A- B ₁ , B ₂ karşılaştırma matrisi.	45
Çizelge 2.15 : B ₁ - C ₁₋₇ karşılaştırma matrisi.	45
Çizelge 2.16 : B ₂ - C ₈₋₁₁ karşılaştırma matrisi.	45
Çizelge 2.17 : Kriter ağırlık matrisi.	46
Çizelge 3.1 : Sınıfların alansal bilgileri.	51
Çizelge 3.2 : Piksel boyutlarına göre alan yüzdeleri.	56
Çizelge 3.3 : Ekonomik senaryo ağırlıkları.	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Mekânsal çok kriterli karar verme süreci [49].	10
Şekil 1.2 : Karar verme süreci kavramsal modeli [49].	11
Şekil 1.3 : Rastgele indeks değerleri [58].	14
Şekil 2.1 : İstanbul ili haritası.	19
Şekil 2.2 : İstanbul ili yükseklik haritası.	21
Şekil 2.3 : İstanbul iline ait uydu görüntüsü.	21
Şekil 2.4 : İstanbul ili eğim haritası.	22
Şekil 2.5 : İstanbul ili bakı haritası.	23
Şekil 2.6 : İstanbul ili arazi kullanım haritası.	26
Şekil 2.7 : İstanbul ili arazi kullanımı faktör haritası.	27
Şekil 2.8 : İstanbul ili arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası.	28
Şekil 2.9 : İstanbul ili jeoloji haritası.	29
Şekil 2.10 : İstanbul ili jeoloji faktör haritası.	29
Şekil 2.11 : İstanbul ili jeoloji yeniden sınıflandırma haritası.	30
Şekil 2.12 : İstanbul ili yerleşim alanları haritası.	30
Şekil 2.13 : İstanbul ili yerleşim alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	31
Şekil 2.14 : İstanbul ili su yüzeyleri haritası.	32
Şekil 2.15 : İstanbul ili su yüzeylerine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	32
Şekil 2.16 : İstanbul ili nüfus yoğunluğu haritası.	33
Şekil 2.17 : İstanbul ili nüfus yoğunluğu yeniden sınıflandırma haritası.	34
Şekil 2.18 : İstanbul ili havalimanı haritası.	35
Şekil 2.19 : İstanbul ili havalimanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	35
Şekil 2.20 : İstanbul ili korunan alanlar haritası.	36
Şekil 2.21 : İstanbul ili korunan alanlara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	37
Şekil 2.22 : İstanbul ili eğim yeniden sınıflandırma haritası.	38
Şekil 2.23 : İstanbul katı atık aktarma istasyonları haritası.	39
Şekil 2.24 : İstanbul ili katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	39
Şekil 2.25 : İstanbul ili arazi değerleri haritası.	41
Şekil 2.26 : İstanbul ili arazi değerleri yeniden sınıflandırma haritası.	41
Şekil 2.27 : İstanbul ili idari sınırlarını içeren veri katmanı öznetelik tablosu.	42
Şekil 2.28 : İstanbul ili karayolları haritası.	43
Şekil 2.29 : İstanbul ili karayollarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.	43
Şekil 2.30 : Uygun depolama alanı hiyerarşi modeli.	44
Şekil 2.31 : Katı atık yer seçimi işlemi için hazırlanan model.	48
Şekil 2.32 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritası.	49
Şekil 2.33 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası uygunluk yoğunluğu haritası.	50
Şekil 3.1 : 1 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.	51
Şekil 3.2 : 2 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.	52
Şekil 3.3 : 3 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.	52
Şekil 3.4 : 4 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.	53

Şekil 3.5 : 5 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.	53
Şekil 3.6 : İstanbul ili alternatif katı atık düzenli depolama sahası haritası.....	55
Şekil 3.7 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası ekonomik senaryo uygunluk haritası.....	58

ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ALTERNATİF KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ: İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ

ÖZET

Katı atık yönetimi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için oldukça önemli çevresel olgulardan biridir. Atık yönetiminde kullanılan yöntemler zaman içinde değişim göstermektedir. Katı atıkların bertaraf edilme yöntemlerinden biri olan düzenli depolama fazlaca kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir. İstanbul ilinde gerçekleştirilen altyapı projeleriyle birlikte kentleşmenin ve kentleşmenin bir sonucu olarak da nüfusun da hızla artacağı öngörülmektedir. Artan nüfusla birlikte oluşacak katı atık miktarında da hızlı bir artış görülmesi beklenmektedir. Katı atık depolama sahaları çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinden dolayı yer seçimi işleminde oldukça önem gösterilmesi gereken yapılardır. Konumsal bilgi içeren problem çözümlerinde farklı disiplinlerin kullanılması çözüm için daha sağlıklı sonuçlar oluşturacağından çalışmada bilgi teknolojilerinden Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak İstanbul ili için alternatif katı atık depolama sahası yer seçimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakın geçmişte tamamlanmış veya yakın gelecekte tamamlanacak, ili büyük ölçüde etkileyecek projeleri de içeren çalışma alanı olarak İstanbul ili idari sınırlarını kapsayan bir bölge seçilmiştir. En uygun depolama sahası tespiti için kullanılacak faktörlere ait gerekli veriler belirlenmiş ve daha sonra farklı kaynaklardan elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, ülkemize ait yönetmelikte belirtilen kısıtlamalarla birlikte literatür araştırması yapılarak en yoğun olarak tercih edilen faktörler değerlendirilmiştir. Çalışmada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 adet etki faktörü kullanılmıştır. Çevresel faktörler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik faktörler ise eğim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Çalışma kapsamında katı atık depolama sahası yer seçimi işlemi için dinamik bir model oluşturulmuştur. AHY ile ağırlıkları hesaplanan kriterlerin İstanbul iline ait veri katmanları Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin sağladığı konumsal analiz araçları yardımıyla analiz edilerek sonuç bulunmuştur. Sonuç verisi değerlendirilerek alternatif katı atık depolama sahası önerilmiştir. Model sonucunda elde edilen çıktıyla İstanbul ilindeki mevcut depolama sahalarının yerlerinin uygunluğu da irdelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerle karar vericilere yol gösterecek dijital harita altlıkları oluşturulmuştur.

ALTERNATIVE LANDFILL SITE SELECTION USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A CASE STUDY ISTANBUL

SUMMARY

The immediate solution of environmental problems has been generally understood in recent years and much effort has been made to produce realistic solutions to problems. Instead of material-minded thoughts, studies involving multi-criteria methods are seen.

All decision-making processes start with the identification and identification of the decision problem. The problem of decision is widely perceived as the difference between the present level of the system and the desired level. Decision-making ends with suggestions for future actions. The outcome recommendation should be based on the order of the alternatives and sensitivity analysis. Visualization techniques play a very important role in the presentation and transmission of results to decision makers and related groups.

In developing countries, the increase of human population and related human activities accelerated urbanization. As a result of increasing population, change of consumption patterns, economic growth, change of income, urbanization and industrialization, solid waste production and diversification have increased.

Solid waste management is an important environmental event for developed and developing countries. The methods used in waste management change over time. One of the methods of disposal of solid wastes, regular storage, is widely used as a method.

Solid waste management is a complicated process because it involves many technologies and disciplines. Technologies related to production, management, storage, collection, transport, processing and disposal of solid wastes and control of these processes are the technologies that solid waste management involves.

All these actions should be carried out in the context of existing legal regulations and social guides and should be in a way that is acceptable to society, health, environment, aesthetics and economics. Integrated solid waste management system; The selection of appropriate methods, technologies and management programs for specific solid waste issues and objectives.

Waste management and waste disposal alternatives are a complex process involving decision makers and related parties. Selection of the most suitable landfill site; administrative constraints and regulations, as well as physical process conditions and environmental, economic, health and sociocultural impacts.

One of the most sensitive issues in waste management is the selection of a suitable location for the storage site, and a number of factors are taken into consideration, and there is no universal formulation for selection. It is predicted that the population will increase as a result of urbanization and urbanization with the infrastructure projects realized in Istanbul province. It is expected that there will be a rapid increase in the amount of solid waste to be generated together with the increased population.

In solid waste management in Turkey, T.C. Ministry of Environment and Urbanization, General Directorate of Environmental Management, Waste Management Department, Ministry of Health, T. C. Ministry of Development, Ilker Bank, Municipalities and Ministry of Finance are authorized.

Solid waste disposal sites are the ones that should be given great importance in the process of site selection due to their environmental, social and economic effects. In order to use different disciplines in the solution of the problems involving spatial information, the alternative solid waste storage site selection process for the Istanbul province has been carried out by using Geographic Information Systems and Analytical Hierarchy Process of Multi-Criteria Decision Making Methods from information technologies. A district covering the administrative provinces of Istanbul was selected as a study area which recently completed or will be completed in the near future and which includes projects that will greatly affect the province.

The generation of the alternatives should be based on the process of setting the value structure and evaluation criteria. Limit the terminology of geographic information systems; points, lines, polygons, or raster data are used as attributes to determine the attributes of the data.

As a study area, a region covering administrative borders of Istanbul province was selected. The same limits are used for all factors used in the spatial analysis. Because of the use of data such as continuity, land use and slope, a study area covering the administrative borders of Istanbul was chosen.

The necessary data for the factors to be used for the most appropriate storage location determination were determined and then obtained from different sources. In the study conducted, the most intensively preferred factors were evaluated by conducting a literature search with the restrictions specified in the country's regulation.

In the study, the most commonly used factors were evaluated by conducting a literature search along with the restrictions stated in the regulation of our country. In addition, the factors to be used are determined by considering the characteristics of the study area.

A total of 11 factors were used in the study, two of which are environmental and economic. Environmental factors; Land use, geology, settlement areas, surface waters, population density, airports and protected areas. Economic factors are inclination, solid waste transfer stations, land values and highways. The identified factors are separated by sub criteria according to the appropriateness of solid waste landfill and values are assigned. Values are assigned between 0 and 5 for all factors.

In the scope of the study, a dynamic model was created for the site selection process with solid waste storage. Factors and weights used for site selection of solid waste storage area may vary depending on the study area and the preferred scenario of importance.

Scenarios with economic, environmental or social content can be produced. It will be easier to implement these operations with a dynamic model that can be modified, and it will be able to minimize the errors that may occur during the operation. Analytical Hierarchy Process was used to calculate the weighted criteria of the data layers of the province of Istanbul with the help of spatial analysis tools provided by Geographic Information Systems.

An alternative solid waste storage site is proposed by evaluating the result data. As a result of the work done, alternative areas for solid waste landfill have been identified. Fields obtained as a result of analysis; classified as unsuitable, less suitable, appropriate and very appropriate.

One of the studies that has been made is the discussion of the creation of a dynamic model for the location selection of the solid waste storage area. The data, weights and parameters to be used as input according to the characteristics of the study area can be modified. The studies in the literature were examined and these weights were changed in order to examine the model and the results were evaluated. An ecological scenario was created in the hierarchy of the AHP.

As a result of the model obtained, the appropriateness of the locations of the existing storage areas in Istanbul province was examined. As a result of the study, the digital map bases leading to the decision-makers were created.

1. GİRİŞ

Bilgi teknolojilerinin gelişimi günümüzde de devam etmektedir. Çevresel problemlere daha kısa sürelerde ve daha nitelikli çözümler üretilmesi için bilgi teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Toplumların yoğun olarak yerleşim gösterdiği şehirlerde çok sayıda çevresel problemle karşılaşmaktadır. Problemlerin en az zararlı ortadan kaldırılması için yöneticiler tarafından alınacak kararlarda bilgi teknolojilerine sıklıkla başvurulmaktadır.

Günümüzde toplumların sağlıklı ve nitelikli bir yaşam sürebilmesi için usul ve esaslar belirlenmekte ve bunlar amacına uygun olarak en doğru şekilde uygulanılmaya çalışılmaktadır. Çevresel konulardan kentsel katı atık yönetimi tüm dünya ülkelerinde ciddiyle yaklaşılan bir konudur. Bilgi sistemlerinden biri olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çevresel konuların çözümünde kullanılan önemli araçlardan biridir. CBS konumsal bilgi içeren verilerle yönlendirilen işlemlerde etkin rol oynamaktadır. Yürütülen çalışmalarda, CBS farklı karar verme yöntemleriyle birlikte kullanılarak sonuçta anlamlı çıktılar üretilmektedir.

Siddiqui ve diğ. [1] tarafından Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin Oklahoma eyaletinde yer alan Cleveland County yerleşim biriminde CBS ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak bir çalışma yürütülmüştür. İnşa edilecek yeni kentsel katı atık alanları için yönetmeliklerin ve yerel halk tarafından gelen itirazların bazı zorlukları ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Çalışmada AHY yöntemi için yönetmeliklerdeki kısıtlamalar, bölge özellikleri ve arazi değerlendirmeleri uzmanların ve kullanıcıların yardımıyla oluşturulmuştur. Ayrıca farklı yerleşim ölçütlerinin, çöp sahası büyüklüğünün ve konumdaki zorlayıcı kısıtlamaların göreceli olarak etkili oldukları analiz edilmiştir.

Kao ve Lin [2] yaptıkları çalışmada depolama sahası için gerekli olan yerleşim kuralları, yönetmelikler, faktörler ve kısıtlamalara değinerek CBS ile konumsal verinin yönetilebilmesini ve üretilen kompakt programlama modeli kullanarak yer seçimi işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada raster tabanlı veriler kullanılmıştır. Farklı

faktörlere ait ağırlıklar CBS ortamındaki katmanlara işlenerek analizler gerçekleştirilmiştir.

Basağaoğlu ve diğ. [3] Ankara Gölbaşı'ndaki mevcut düzensiz depolama sahasına alternatif olarak CBS'yi kullanarak yeni katı atık depolama alanları belirlemişlerdir. Çalışma, Gölbaşı yerel yönetiminin açık çöp sahasının çevreye verdiği zararın farkına varıp yeni uygun yer arayışından ortaya çıkmıştır. Yüzey suları, sulak alanlar, yer altı kaynakları, yollar, topoğrafik eşyükselti eğrileri ve yerleşim gibi konumsal veriler CBS ile kullanılmıştır. Uygulamada birden fazla aday bölge CBS ile ortaya konulmuştur.

Baban ve Flannagan [4] tarafından yapılan çalışmada CBS yardımıyla depolama alanı belirlemek adına Birleşik Krallık'da uygulanan yönetmelikler, diğer ülkelerin kısıtlamaları ve Avrupa Birliği yönergeleri irdelenerek basitleştirilmiş kriterler önerilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen kriterlerin faydalılığının gösterilmesi için South Warwickshire bölgesinde CBS kullanılarak depolama alanı tespiti yapılmıştır.

Kao ve Lin [5] yaptıkları çalışmada daha önce depolama alanı tespiti için üretilen grid tabanlı modelin düzenli olmayan konumsal veriler için uygulanamadığına istinaden yeni iki farklı model üretmişlerdir. Üretilen modeller arazinin değeri ile analizlerde kullanılan eğim ve yol gibi verilerin esnekliğine olanak sağlamaktadır.

Gupta ve diğ. [6] hazırladıkları çalışmada teknolojik ve endüstriyel proje aktivitelerinin doğal ekosisteme zarar verdiğiinden ve dolaylı veya dolaysız olarak sonuçlara yol açtığına değinmişlerdir. En uygun depolama alanı seçiminde çevresel etkinin en aza indirilmesinin ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu'nun gerekli olduğunu savunmuşlardır. Bu doğrultuda bulanık mantık yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıklarından faydalanarak potansiyel yeni depolama alanları önermişlerdir.

Kontos ve diğ. [7] tarafından yürütülen çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY), CBS, konumsal analiz ve konumsal istatistikler kullanılmıştır. Uygun depolama alanı yer seçimi için Yunanistan ve Avrupa Birliği yönetmelikleri ile evrensel ve pratikteki uygulamalardan faydalanılmıştır. Uygulamanın sonucunda Lemnos adasının %9,3'ünün depolama alanı için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Sener ve diğ. [8] yaptıkları çalışmada kentsel alanlardaki katı atık yönetiminin önemine değinmişler ve Ankara ili için uygun depolama sahası tespitini CBS ile ÇKKVY'den faydalananarak gerçekleştirmişlerdir. ÇKKVY'den Basit Toplamlı Ağırlıklandırma ve AHY yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada topografya, yerleşim alanları, yollar ve havalimanı gibi 16 farklı harita katmanı girdi olarak yer almıştır. Çalışmanın sonucunda iki farklı ÇKKVY yöntemi kullanılarak üretilen haritalar karşılaştırılmıştır.

Mahini ve Gholamalifard [9] yaptıkları çalışmada depolama sahalarının yüksek maliyet, toplulukların karşı çıkması ve kısıtlayıcı yönetmelikler ile zor bir süreç içerisinde yer aldığına değinmişlerdir. CBS ve ÇKKVY kullanarak İran'ın Gorgan şehri için 18 adet uygun yeni depolama sahası tespit etmişlerdir. Çalışmada analizler bölgesel arazi uygunluğuna göre yapılmıştır.

Sumathi ve diğ. [10] yaptıkları çalışmada hızla artan kent nüfusunun gelişmekte olan ülkelerde kentsel olgulardan olan çevresel sürdürülebilirlik ve etkili katı atık yönetiminin önemini arttırdığına dikkat çekmişlerdir. Çalışmada jeoloji, arazi kullanımı ve hava kalitesi gibi birçok faktör girdi olarak kullanılmıştır. CBS ve ÇKKVY kullanılarak Hindistan'ın Pondicherry, Karaikal, Mahe ve Yanam bölgelerini içeren alanda sonuçlar elde edilmiştir.

Changa ve diğ. [11] tarafından hazırlanan çalışmada depolama alanı seçiminin zorlu, karmaşık ve meşakkatli bir süreç olduğuna dikkat çekilmiştir. Çalışmada, hızlı büyüme içerisinde olan kentsel bölge Texas için konumsal karar verici destek sistemleri kullanılarak uygun depolama sahası önerilmiştir. Bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemi ve CBS kullanılarak ABD ve Meksika ülkeleri arasındaki sınır bölgesinde uygun depolama alanı tespit edilmiştir.

Guiqin ve diğ. [12] tarafından yapılan çalışmada yer seçiminin hızlı gelişen bölgelerdeki atık yönetimi için önemli ve gerekli olduğu belirtilmiştir. Atık yönetim sistemlerinin karmaşıklığından dolayı uygun depolama alanı seçimi birden fazla alternatif sonuca ve değerlendirme ölçütlerine ihtiyaç duymaktadır. Çin'in Beijing ili için gerçekleştirilen çalışmada CBS ve AHY yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda en iyi, iyi ve uygun olmayan alanlar tespit edilmiştir.

Moeinaddini ve diğ. [13] yaptıkları çalışmada Karaj bölgesi için uygun katı atık depolama sahasını CBS, Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme ve AHY kullanarak tespit etmişlerdir. AHY'yi nicel ve nitel verilerin değerlendirmesinde sağladığı etkili anlamlandırmadan dolayı kullanmışlardır. Yeni alanları 20 yıllık bir periyod için tespit etmeyi amaçlamışlardır.

Şener ve diğ. [14] tarafından yapılan çalışmada Türkiye'de kentsel katı atık yönetiminde kullanılan yaygın imha etme yönteminin atık gömme işlemi olduğu vurgulanmıştır. Depolama alanı yer seçiminde sosyal, çevresel ve teknik parametrelerin dikkate alınması gerektiğine değinilmiştir. Çalışma, Konya ilinin sınırları içerisinde yer alan Beyşehir Gölü havzası için gerçekleştirilmiştir. Jeoloji, arazi kullanımı, eğim ve yollar gibi çeşitli katmanlardan faydalanılarak AHY ve CBS ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

Şener ve diğ. [15] Isparta ili sınırlarında bulunan Senirkent–Uluborlu havzası için yaptıkları çalışmada AHY, CBS ve uzaktan algılama yöntemleri kullanarak uygun katı atık depolama alanı tespit etmişlerdir. Çalışmada 10 adet girdi verisi kullanılmıştır. Verilere örnek olarak arazi kullanımı, bakı, eğim ve yükseklik verilebilir. Çalışma sonucunda bölgenin %96,3'nün depolama alanı için uygun olmadığı ve %2,1'nin çok uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yıldırım [16] tarafından hazırlanan çalışmada Mersin ili için CBS ve AHY kullanılarak en uygun katı atık depolama sahası tespiti gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 11 adet farklı katman kullanılmıştır. Eğim, bakı, yükseklik, yüzey suları ve yerleşim alanları kullanılan verilere örnek olarak verilebilir. Yapılan analizler sonucunda beş farklı alternatif katı atık depolama alanı bulunmuştur.

Yıldırım [17] tarafından yürütülen çalışmada raster tabanlı CBS kullanılarak Trabzon ili için uygun depolama alanları uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda uygun alanlar piksel tabanlı değerlerle ortaya konulmuştur. Mevcut depolama alanlarının uygun alanlar içinde yer almadığı görülmüştür. Geleneksel yöntemlere göre raster tabanlı CBS yönteminin daha etkili sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Yesilnacar ve diğ. [18] tarafından yapılan çalışmada kentsel atık yönetiminde katı atık depolama sahalarının bir ihtiyaç olduğuna dikkat çekilmiştir. Kısıtlamalar ve çevresel

yönetmelikler mekanik bir şekilde uygun olmayan alanları kapatmaktadırlar. Bu zorlayıcı durum CBS ve AHY ile etkili bir biçimde çözülebilmektedir. Çalışmanın sonucunda uzman tabanlı çözümlerin tüm kısıtlamaları aynı anda değerlendirip hızlı bir şekilde çözüme ulaşamadığı görülmüştür.

Yal ve Akgün [19] Ankara'nın Gölbaşı belediyesini içeren bölge için yaptıkları çalışmada CBS ve ÇKKVY kullanılarak alternatif katı atık depolama alanları belirlemişlerdir. Çalışmada jeoloji, eğim, yerleşim, tarım ve erozyon gibi girdi verileri kullanılmıştır.

Baba ve diğ. [20] yaptıkları çalışmada atık yönetiminin toplum sağlığına etkisine değinmişlerdir. Gazze Şeridi için gerçekleştirdikleri çalışmada mevcut depolama sahalarına alternatif olarak CBS ve AHY yöntemlerinden yararlanarak yeni alanlar tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda bölgenin sadece %5,5'nin depolama sahası için çok uygun olduğu belirlenmiştir.

Monsef [21] tarafından yapılan çalışmada son yıllarda hızla büyüyen bir turist bölgesi olan Kızıldeniz için alternatif katı atık depolama sahası tespiti CBS ve AHY yöntemlerinden yararlanılarak tespit edilmiştir. Çalışmada ulaşım rotaları, havalimanları, yüzey suları ve yerleşim alanları gibi farklı faktörler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda üç farklı alternatif depolama sahası belirlenmiştir.

Djokanovic ve diğ. [22] tarafından yürütülen çalışmanın amacı karmaşık bir süreç olan katı atık depolama alanı tespitinin jeoloji mühendislerinin bakış açısından değerlendirilmesidir. Çalışmada CBS ve AHY yöntemleri kullanılarak Sırbistan'ın Pancevo bölgesi için alternatif depolama alanları tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda bölgenin %62,31'nin uygun değil ve %12,12'sinin ise çok uygun olduğu belirlenmiştir.

Maguiri ve diğ. [23] hızlı gelişmekte olan ülkelerden Fas'ın Mohammedia şehri için CBS, uzaktan algılama ve ÇKKVY yöntemlerini kullanarak alternatif depolama sahaları belirlemişlerdir. Çalışmada evlerden uzaklık, yüzey suları, arazi kullanımı ve eğim gibi veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda üç farklı depolama alanı tespit edilmiştir.

Literatürde konuyla ilgili çok sayıda çalışma olduğu görülmüştür [24-37].

1.1 Problem Tanımı

Çevresel problemlerin acil çözümü son yıllarda daha çok anlaşılmıştır ve sorunlara gerçekçi çözümler üretebilmek için fazlaca çaba sarf edilmektedir. Maddi odaklı düşüncelerin yerine çok kriterli yöntemleri içeren çalışmalar görülmektedir [38]. Gelişmekte olan ülkelerde insan nüfusunun ve ilişkili olarak insan kökenli aktivitelerin artışı kentleşmeyi hızlandırmıştır [10]. Artan nüfus, tüketim modellerinin değişmesi, ekonomik büyüme, kazancın değişmesi, kentleşme ve endüstrileşmenin sonucunda, katı atık üretimi ve çeşitliliği artış göstermiştir [39].

2015 yılına ait “Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları” verilerine göre Türkiye’nin nüfusu 78.741.053’dür. Nüfusun 14.657.434’ü İstanbul ilinde yaşamaktadır. Bu sayı yaklaşık olarak toplam ülke nüfusun %18’ine karşılık gelmektedir [40]. Yoğun nüfus oranıyla birlikte çevresel etkileşimde artmaktadır. Sonuçta ortaya çıkan önemli çevresel konulardan biri de atık yönetimidir. Türkiye’deki illerde atık yönetimi belediyeler tarafından yürütülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından paylaşılan 2014 yılı Belediye Atık İstatistikleri’ne göre ülke genelinde 1.391 belediye tarafından yıl içinde 28 milyon ton atık toplanmıştır. Kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,08 kg olarak belirtilmiştir. İstanbul için bu rakamlar 6 milyon ton ve 1,16 kg olarak açıklanmıştır. Atık toplama ve taşıma hizmeti verilen belediyelerde toplanan 28 milyon ton atığın, %63,5’inin düzenli depolama tesislerine, %35,5’inin belediye çöplüklerine, %0,5’inin kompost tesislerine gönderildiği, %0,5’inin ise diğer yöntemler ile bertaraf edildiği görülmüştür [41]. İstatistiki bilgiler İstanbul’daki atık yönetiminin önemini göstermektedir.

Atık yönetimi ve atık imha alternatifleri, karar vericiler ile konunun ilgili taraflarını içeren karmaşık bir süreçtir. En uygun düzenli depolama sahası yer seçimi; yönetsel kısıtlamalar ve yönetmeliklerdeki kıstasların yanı sıra fiziksel uygulama koşulları ile çevresel, ekonomik, sağlık ve sosyokültürel etkilerin en aza indirildiği bir işlemin sonucudur [25]. Atık yönetimdeki en hassas konulardan biri de depolama sahası için uygun yer seçimi olmakla birlikte çok sayıda faktör göz önüne alınmakta ve seçim için evrensel bir formülasyon bulunmamaktadır [32].

1.2 Çalışmanın Amacı

Tez kapsamında, CBS'nin imkân tanıdığı konumsal analizler ve Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile elde edilecek kriterlerin ağırlıkları kullanılarak İstanbul ili için alternatif düzenli depolama alanı yer tespiti amaçlanmaktadır. Bu bağlamda İstanbul ili için öncesinde böyle bir çalışmanın olmaması bu çalışmayı önemli hale getirmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın temel amaçları:

- İstanbul için en uygun alternatif katı atık düzenli depolama sahası bulunması,
- Mevcut düzenli depolama alanlarının elde edilecek yeni alanlarla karşılaştırılması,
- Yakın geçmişte tamamlanmış ve tamamlanacak, şehri büyük ölçüde etkileyecek altyapı projelerinin düzenli depolama alanları en uygun yer seçiminde etkisinin gösterilmesi,
- Düzenli depolama alanları yer seçimi için kriterlerin çalışma bölgesine göre değişkenlik gösterebileceğinin ortaya konulması,
- Yapılacak analizler sonucunda karar vericilere yol gösterecek dinamik harita altlıklarının üretilmesi,
- Düzenli depolama alanı yer seçimi için dinamik bir model oluşturulması,

olarak ifade edilebilir.

1.3 Metodoloji

Tez kapsamında, CBS'nin imkân tanıdığı konumsal analizler ve Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile elde edilecek kriterlerin ağırlıkları kullanılarak İstanbul ili için alternatif düzenli depolama alanı yer tespiti amaçlanmaktadır. Bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilen işlemler:

- Çalışma bölgesinin belirlenmesi,
- AHY işlemi için kriterlerin belirlenmesi,
- Mevcut veri ve haritaların elde edilmesi,
- AHY yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması,

- Ana kriterlere bağı olarak alt kriterlerin saptanması,
- Kriterlerin ortak bir koordinat sisteminde CBS ortamına aktarılması,
- Katmanların alt kriterlerin değerlerine göre yeniden sınıflandırması,
- Uzaklık değeri içeren katmanların Öklid uzaklığıyla yeniden sınıflandırması,
- Katmanların ağırlıklandırılıp CBS ortamında analizler ile en uygun alanların saptanması,
- Yer seçimi işlemi için CBS yazılımı bünyesinde bir modüler yapı ile dinamik bir model oluşturulması,

şeklindedir.

1.4 Temel Tanım ve Kavramlar

1.4.1 Coğrafi bilgi sistemleri

Coğrafi konum aktiviteler, yöntemler ve planlar için önemli bir özelliktir. CBS ise sadece aktiviteleri, yöntemleri ve planları değil aynı zamanda konumsal özelliklerini de saklayan özel bir bilgi sistemleri sınıfıdır [42]. CBS'nin farklı disiplinlerdeki problemlere çözüm bulmakta kullanılan bir araç olduğuna dair birçok kaynak literatürde mevcuttur [43-46].

CBS, konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir. CBS'nin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en az beş ana unsurun bir arada olması gerekir. Bunlar; donanım, yazılım, veri, insan ve yöntemlerdir. CBS'de vektör ve raster veri modelleri sıklıkla kullanılmaktadır. Vektör veri modellerinde nokta, çizgi ve poligon olmak üzere üç çeşit veri elementi bulunmaktadır. Raster veri modelleri ise piksel olarak adlandırılan hücrelerin birleşiminden oluşmaktadır [47]. CBS uygulamalarında ana hedefe ulaşmak için bir veya birden fazla sayıda faaliyet, konumsal verilerle yönetme, görselleştirme, sorgulama, birleştirme, analiz ve tahmin olarak gerçekleştirilir. CBS, veri modellerini konumsal ve konumsal olmayan öznitelikleriyle yöneterek yüksek boyuttaki verilerden faydalı bilgiler elde etmeyi gerçekleştirmektedir. Bilgisayarlar ve CBS sayesinde insanlar zorlayıcı derecedeki komplike konumsal ilişkileri anlama yeteneğine sahip olmuşlardır. Görselleştirmenin yanında özel olayların her türlü

durumda nasıl gerçekleşebileceği CBS'nin konumsal sorgulama yeteneğiyle sağlanabilmektedir. Birçok farklı kaynaktan elde edilen veriler CBS ile birleştirilerek anlamlı sonuçlara ulaşılabilmektedir. Verilerin analiz edilmesi CBS'nin sağladığı faydalardan bir diğeridir. Ölçmeler, istatistik hesaplamalar, oluşturulan modeller konumsal analizler ile elde edilebilmektedir. Bulgular ise ileriye dönük tahminler için bilgi altyapısını CBS ile sağlamaktadır [48].

1.4.2 Çok kriterli karar verme yöntemleri

Problem çözümlerinde kullanılan ÇKKVY literatürde yer aldığı şekliyle genel olarak 6 adet bileşen içermektedir. Bunlar;

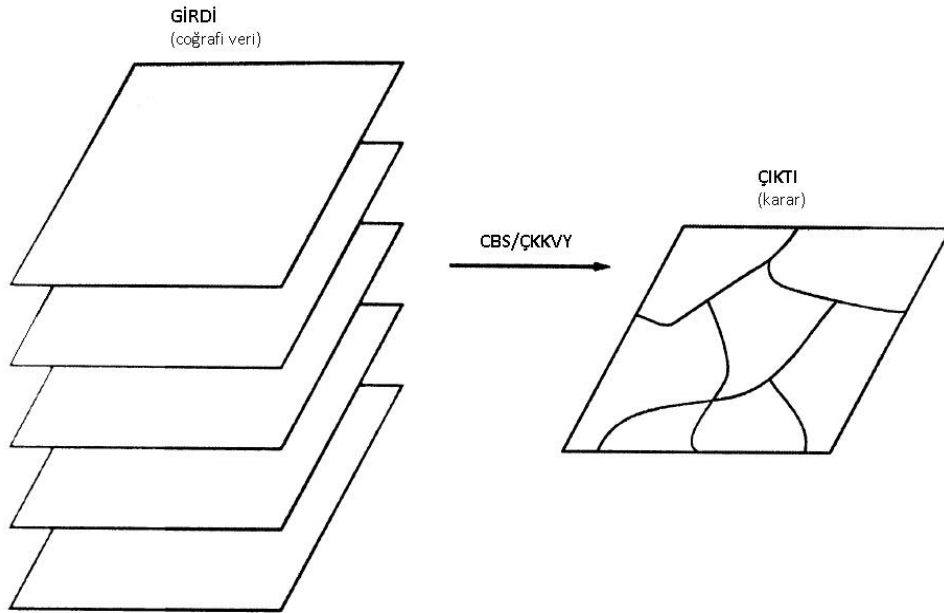
- Karar vericinin ulaşmaya çalıştığı amaç veya amaçlar grubu,
- Karar verici veya karar vericilerden oluşan grubun karar verme sürecinde kriter değerlendirmesine yönelik tercihleriyle yer almaları,
- Kriterlerin değerlerinin karar vericilere göre olayların alternatif seçeneklerine göre belirlenmesi,
- Alternatif kararların belirlenmesi,
- Kontrol edilemeyen değerlerin belirlenmesi,
- Ortaya çıkan sonuçların alternatif özellik çiftlerinin belirlenmesi,

olarak açıklanabilir.

Alternatifler coğrafi olarak, konumsal ayarlamalarına bağlı olarak analiz sonucuna göre tanımlanabilir. CBS terminolojisinde alternatifler; nokta, çizgi ve alansal objeler ile ilişkilendirildikleri kriter değerleridir. Mekânsal çok kriterli analiz, geleneksel ÇKKVY'den içerdiği coğrafi bileşen nedeniyle keskin bir biçimde ayrılmaktadır. Geleneksel ÇKKVY'nin aksine alternatiflerin sadece değerlerine değil aynı zamanda coğrafi konumlarına da ihtiyaç duymaktadır. Veri, CBS ve ÇKKVY kullanılarak karar verebilmek için işlenmektedir. Mekânsal çok kriterli analiz girdi olarak kullanılan coğrafi verinin birleştirilip dönüştürülerek kesin karar çıktısına ulaşma süreci olarak düşünülebilir. Şekil 1.1'de bu süreç gösterilmektedir.

Mekânsal çok kriterli karar verme analizi için iki önemli durum bulunmaktadır. Bu durumlar;

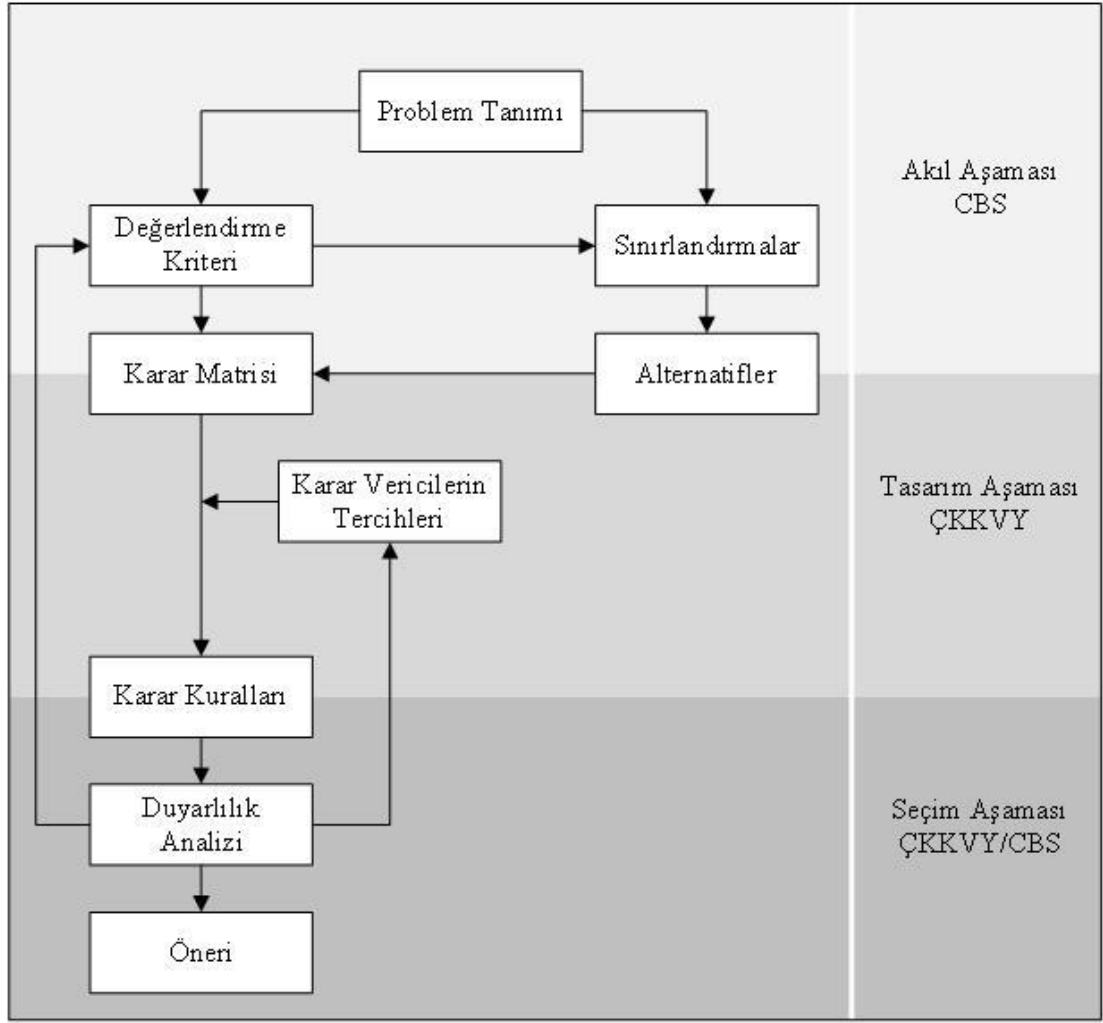
- CBS'nin veri elde etme, saklama, yeniden düzeltme, yönetme ve analiz kapasitesi,
- ÇKKVY'nin coğrafi veri ve karar vericilerin tercihi ettiği alternatif değerlerini tek bir boyutta toplama kapasitesidir.



Şekil 1.1 : Mekânsal çok kriterli karar verme süreci [49].

Karar verme, problem tespit edilmesiyle başlayıp önerilere kadar gerçekleştirilen aktiviteleri kapsayan bir süreçtir. Karar verme sürecine ait kavramsal model Şekil 1.2’de yer almaktadır.

Tüm karar verme işlemleri karar probleminin teşhisi ve tanımlanması ile başlamaktadır. Karar problemi yaygın olarak sistemin mevcut durumuyla istenilen düzeyi arasındaki fark olarak algılanmaktadır. CBS’nin veri depolama, yönetme, idare etme ve analiz yetenekleri problem tanımı aşamasında büyük destek olmaktadır. Karar problemi tanımlandığında mekânsal çok kriterli analiz değerlendirme kriterinin belirlenmesine odaklanır. Özellikle açıklamak gerekirse; karar problemiyle ilgili tüm etkenlerin hedef doğrultusunda kapsamlı şekilde belirlenmesi ve hedeflere ulaşabilmek için ölçmenin yapılmasıdır.



Şekil 1.2 : Karar verme süreci kavramsal modeli [49].

Ölçme olarak öznetelikler örnek olarak verilebilir. Değerlendirme kriteri haritaları öznetelik haritaları olarak da bilinmektedir. CBS terminolojisinde tematik haritalar veya veri katmanları olarak adlandırılabilir.

Alternatiflerin üretilmesi süreci değer yapısı ve değerlendirme kriterinin belirlenmesine dayanmalıdır. CBS terminolojisinde sınırlandırmalar; noktalar, çizgiler, poligonlar veya raster verilerin değerlendirmeler sonucunda öznetelik verilerine göre özelliklerini saptamak olarak açıklanabilir.

Karar vericilerin tercihleri değerlendirme kriterine yansıtılarak karar modeli içerisinde toplanır. Alternatifler, öznetelikler ve ilişkili ağırlıklarıyla girdi verileri karar matrisi veya tablosunda oluşturulur.

Karar kuralları, en iyi alternatifin belirginleştirilmesi veya alternatiflerin birbirleri karşısındaki üstünlüklerini saptamak için kullanılır. Sonuç olarak seçim karar verici tarafından gerçekleştirilecektir. Karar kuralları, alternatifleri performansları ve

değerlendirme kriterine göre sıralayarak en iyi sonucun seçilmesine, karar alternatifinin belirlenmesiyle sonucun hazırlanmasını sağlamaktadır.

Duyarlılık analizi girdi verileri olan coğrafi verilerin ve karar vericinin tercihinin sonuçlarda diğer bir deyişle alternatiflerde ne kadar değişikliğe uğradığını belirlemektedir. Bu analiz çeşitli karar elementlerinin en uygun alternatifin belirlenmesine ne kadar etki ettiği ve karar vericilerin anlaşmazlıklardaki önemli kaynağın elementlerini öğrenmesini sağlamaktadır.

Karar verme işlemi gelecekteki eylemler için önerilerle sona ermektedir. Sonuç önermesi alternatiflerin sıralanması ve duyarlılık analizine dayanmalıdır. Görselleştirme teknikleri karar vericiler ile ilgili gruplara sonuçların sunulması ve iletilmesinde çok önemli rol oynamaktadır [49].

1.4.2.1 Analitik hiyerarşi yöntemi

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) genel bir ölçme teoremidir. Teorem, ayrık ve devamlı ikili karşılaştırmaları çoklu hiyerarşik yapıda oranlayarak kullanır. Karşılaştırmalar, gerçek ölçmelerden elde edilebileceği gibi tercihlerin ve hislerin kuvvetliliğine göre temel ölçekte de elde edilebilirler. AHY ile insanların uzun zamandır endişelendiği konulardan olan fiziksel ve sosyal olayların ölçülmesi birlikte gerçekleştirilebilecektir [50]. AHY, insanlığın özünde olan küçük problemler hakkında yargıya varma durumuna dayanmaktadır. Çeşitli karar ve planlama projelerinde yaklaşık olarak 20 farklı ülkede kullanılmıştır. AHY'nin akılcılığı; problem çözme hedefine odaklanması, problem hakkında ilişkiler ve etkilerden oluşan bütünlüklü bir model geliştirme yetisine sahip olması, yapıdaki ilişkiler arasında baskın ve öncelikli etkiye sahip olanları bilme ve deneyimlemeyi gerçekleştirebilmesi, farklılıklar arasında izin vererek en iyi anlaşmaya varabilmesi olarak açıklanabilir [51]. AHY, ÇKKVY'den biri olarak nicel ve nitel ölçmelerle sayısal ölçekte bir yöntem sağlar. 1 ila 9 arasında derecelendirme yapılarak karşılaştırma ortaya konur. 1 eşit önem derecesine sahipken 9 kesinlikle daha önemli olduğunu göstermektedir. AHY ölçek esasları Çizelge 1.1'de görülmektedir.

Çizelge 1.1 : AHY ölçek esasları [52].

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önem	İki faaliyette hedefe eşit derecede katkı sağlıyor
3	Orta derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti diğerine nispeten tercih edilir kılıyor
5	Güçlü derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti diğerine kuvvetlice tercih edilir kılıyor
7	Çok güçlü derecede önem	Bir faaliyet diğerine çok kuvvetlice üstün geliyor ve bu üstünlük pratikte görülebiliyor
9	Aşırı derece önem	Bir faaliyetin diğerine olan üstünlüğünün kanıtı yüksek olasılıkla teyit edilebiliyor
2,4,6,8	Ara değerler	Faaliyetler iki ardışık önem arasında kaldığında kullanılıyor

AHY metodolojisini açıklamak gerekirse;

- Problemin tanımlanması ve hedefin belirlenmesi,
- Hiyerarşinin en üst basamaktan başlanarak, hedef, kriter, alt kriter ve alternatifler olmak üzere farklı seviyelerde oluşturulması,
- Karşılaştırma matrisinin ilgili bölümlerde oluşturulması,
- En yüksek özdeğer vektörünün, tutarlılık göstergesinin, tutarlılık oranının ve her kriterin normalize değerlerinin bulunması,
- Bulunan değerler tatmin ediciyse normalize ağırlıklar ile karar alma işleminin gerçekleştirilmesi, eğer uygun değilse işlemlerin tekrarlanarak hedeflenen aralığa ulaşılması,

aşamaları gerçekleştirilir [53, 54].

C_n kriterleri ve a_{ij} , C_i kriteri ile C_j kriteri arasındaki AHY ölçek esasların göre derecelendirme yapılarak $(n \times n)$ boyunda karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir.

Normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin her satırına ait ortalama değerler hesaplanarak sütun vektörü elde edilir. Hesaplanan sütun vektörü normalleştirilerek göreceli önemler vektörü bulunur. Daha sonra bu vektörün her

bir elemanı, göreceli önem vektöründe karşı gelen elemana bölünerek bir başka vektör hesaplanır. Sonuç olarak bu vektörün aritmetik ortalaması ise en büyük öz değer olan $\lambda_{\max}$ 'ı vermektedir [55, 56].

$$\lambda_{\max} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n \quad (1.1)$$

$\lambda_{\max}$: En büyük özdeğer

$a_1, a_2, \dots, a_n$: Ağırlıklandırılmış toplam vektörün öncelik değerlerine oranı

n: Eleman sayısıdır.

En büyük özdeğer ve karşılaştırılan eleman sayısı değerleri kullanılarak tutarlılık göstergesi elde edilir.

$$TG = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (1.2)$$

TG: Tutarlılık göstergesi,

n: karşılaştırılan parametre sayısıdır.

TO aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır:

$$TO = TG / RG \quad (1.3)$$

TO: Tutarlılık oranı,

RG: Rastgele gösterge değeridir.

Rastgele indeks (RI) değerleri, karşılaştırılan elemanların sayısına (n) bağlı olarak Şekil 1.3'deki değerleri alır [57].

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele İndeks	0	0	.52	.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Şekil 1.3 : Rastgele indeks değerleri [58].

Bu hesaplamalar sonucunda, yapılan işlemlerin kabul edilebilir olması için elde edilen TO değerlerinin 0,10'dan küçük olması gerekmektedir. TO değeri kabul edilebilir bulunduysa hesaplanan ağırlıklar karar verme işlemi için kullanılabilir.

1.4.3 Katı atık yönetimi

Katı atık yönetimi birçok teknoloji ve disiplini içerdiğinden dolayı karmaşık bir süreçtir. Üretim, yönetim, depolama, toplama, ulaştırma, işleme ve katı atıkların

bertaraf edilmesi ile bu işlemlerin kontrolüyle ilgili teknolojiler katı atık yönetiminin içerdiği teknolojilerdir. Tüm bu işlemler mevcut yasal düzenlemeler ve sosyal yol göstericiler eşliğinde yürütülerek toplum sağlığı, çevresel, estetik ve ekonomik açıdan kabul edilebilir şekilde olmalıdırlar. Entegre katı atık yönetim sistemi; uygun yöntemlerin, teknolojilerin ve yönetim programının belirli katı atık konuları ve amaçları için seçilerek uygulanması olarak tanımlanabilir [59].

1.4.3.1 Katı atık tanımı

14.03.1991 tarihli “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”nde katı atık; “Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru” olarak tanımlanmıştır. Buzdolabı, çamaşır makinesi, koltuk gibi evsel nitelikli eşyalardan oluşan ve işlevsiz durumda bulunan genellikle iri hacme sahip olan atıklar ise iri katı atık olarak tanımlanmıştır. Konutlardan atılan tehlikeli ve zararlı atık kavramına girmeyen, bahçe, park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıklar evsel katı atık (çöp) olarak tanımlanırken; arıtma çamuru, evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış çamur olarak ifade edilmiştir [60].

1.4.3.2 Katı atık bertaraf yöntemleri

Katı atık bertaraf yöntemleri; kaynak azaltımı, geri dönüşüm ve kompostlama, yakma ve depolama olarak gruplandırılabilir.

Kaynak azaltımı üretilen atık hacminin düşürülmesine odaklanmaktadır. Toplumdaki herkes tarafından uygulanabilmektedir. Tüketiciler daha az ürün satın alarak veya ürünleri daha faydalı bir şekilde kullanarak kaynak azaltımına katkıda bulunabilirler. Yerel ve özel sektör kaynak azaltımında tüketicilerden daha etkin rol oynayabilir. Daha az kağıt kullanımı, üretilen malzemelerin uzun ömürlü olması veya üretim etkinliğinin artması kaynak azaltımı yöntemi için uygulanabilecek seçeneklerdir.

Geri dönüşüm, katı atık uygulamalarından en çok pozitif olarak algılanan yöntem olabilir. Geri dönüşümün faydaları çok fazladır. Birçok değerli ve sınırlı kaynağı çevreye olumlu şekilde işleyebilmekte ve harcanan enerjiyi azaltabilmektedir. Geri dönüşüm aynı zamanda bazı olumsuz etkilerde yaratabilmektedir. Zayıf bir şekilde yürütülen katı yağ ger dönüşümü gibi uygulamalar ortaya çıkabilecek toksinlerden

dolayı çevreye zarar verebilmektedir. Kompostlama geri dönüşümün diğer bir alanıdır. Yeterli konumsal kontroller sağlanmadığında su kaynaklarına karışarak olumsuz etkiler oluşturabilmektedir.

Yakma tesisleri oldukça olumlu etkiye sahiptir çünkü atık miktarını dokuz katı kadar düşürebilirler. Atık hacminin azalması kendi başına çok önemli bir şekilde maliyeti düşürmektedir. Yakma tesislerinin işletilmesi için ekonomik ve güvenlik açısından zorlu bir süreçtir.

Depolama, kimsenin istemediği ancak herkesin yapmak zorunda olduğu bir atık yönetimi çeşididir. Depolama işlemine gerek bırakmayan basit bir atık yönetim birleşimi bulunmamaktadır. Modern depolama işleminde teknoloji ve yönetim insan sağlığını ve çevreyi korumalıdır. Depolama işlemindeki zorluk herhangi bir sızdırmaya imkân tanımadan tesislerin oluşturulmasıdır. Modern depolama tesislerinde yeraltı su sistemleri ve gaz kontrol sistemleri bulunmaktadır [59].

1.4.3.3 Türkiye’de katı atık yönetimi

Ülkemizde katı atık yönetimi ilgili kanun ve mevzuatlar doğrultusunda yönetilmektedir. 1580 Sayılı Belediyeler Kanunu ile katı atık yönetimi, kurulan belediyelere hükmedilmiştir [61]. 2872 Sayılı Çevre Kanunu çıkarılarak vatandaşların sağlıklı ve güvenli bir çevrede yaşaması amaçlanmıştır [62]. Artan nüfus yoğunluğu sonucunda kentlerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için 3030 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu çıkarılmıştır. Büyükşehir Belediyeleri kurularak atık yönetiminde önemli konulardan olan düzenli depolama sahalarının kurulması ve işletilmesi görevleri verilmiştir [63]. Atık yönetimiyle ilgili ülkemizde mevcut yönetmeliklerden Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik tez kapsamında başvuru başlıca yönetmeliklerdir [60, 64]. Avrupa Birliği’ne tam üyelik sürecinde direktiflere göre ülkemizdeki yasal düzenlemelerde değişiklikler yapılmaktadır.

Katı atık alanında, 2006 yılında yüzde 34 olan düzenli depolamadan yararlanan belediye nüfusunun toplam nüfusa oranı, 2012 yılında yüzde 60 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2012 yılı itibarıyla işletmede olan düzenli depolama tesisi sayısı 69 olup, bu tesislerle 903 belediyede 44,5 milyon nüfusa hizmet verilmektedir. Katı atık yönetimi etkinleştirilerek atık azaltma, kaynakta ayrıştırma, toplama, taşıma, geri

kazanım ve bertaraf safhaları teknik ve mali yönden bir bütün olarak geliştirilecek; bilinçlendirmenin ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesine öncelik verilecektir [65].

Türkiye’de katı atık yönetiminde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Sağlık Bakanlığı, T. C. Kalkınma Bakanlığı, İller Bankası, Belediyeler ve Maliye Bakanlığı yetkili olarak görülmektedir [66].

1.4.3.4 İstanbul’da katı atık yönetimi

İstanbul ilinde katı atık yönetimi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde “Atık Yönetimi Müdürlüğü” tarafından yürütülmektedir. 1991 yılında teşkilatlandırılmış olup İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı’na bağlı olarak hizmet yürütmektedir.

Bu bağlamda İBB Atık Yönetimi Müdürlüğü;

- İstanbul’un Asya yakasındaki; Ümraniye (Hekimbaşı), Tuzla (Aydınlı), Kadıköy (Küçükbakkalköy), Şile,
- Avrupa yakasındaki; Şişli (Baruthane), Bahçelievler (Yenibosna), Küçükçekmece (Halkalı) ve Silivri ilçelerindeki Katı Atık Transfer İstasyonları’nın işletilmesi,
- Katı atık transfer istasyonlarına İlçe Belediyeleri tarafından getirilen evsel katı atıkların kabulü ve bu istasyonlardan Kemerburgaz-Odayeri, Şile-Kömürcüoda ve Silivri-Seymen Düzenli Depolama Alanlarına evsel atıkların taşınması,
- Katı atık düzenli depolama tesislerinin yapımı, bakımı, onarımı ve işletilmesi,
- Tıbbi atıkların toplanması ve tıbbi atık yakma ve sterilizasyon tesislerinin işletilmesi,
- Avrupa ve Asya Yakasındaki (LFG) Depo gazından elektrik enerjisi üretim santrallerinin işletilmesi,
- Odayeri ve Kömürcüoda Katı atık kompostlaştırma ve geri kazanım tesislerinin işletilmesi,

- Gümrüklerden ve özel firmalardan gelen talepler doğrultusunda defolu, bozuk, tarihi geçmiş malzemelerin Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve imha prosedürlerine göre imha işlemlerinin yapılması,

İstanbul genelindeki ana arter ve meydanların süpürülmesi, yıkanması ve her türlü görüntü kirliliğinin giderilmesi ile ilgili hizmetleri yürütmektedir [67].

İstanbul'daki mevcut düzenli depolama sahaları ve özellikleri Çizelge 1.2 ve Çizelge 1.3'de görülmektedir.

Çizelge 1.2 : İstanbul'daki düzenli depolama saha alanları [67].

Saha	Mevcut alan (ha)	Ek alan (ha)
Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahası	89	144
Odayeri Düzenli Depolama Sahası	112	152
Silivri Seymen Düzenli Depolama Sahası	227	-

Çizelge 1.3 : İstanbul'daki düzenli depolama sahaları atık miktarları [67].

Saha	Bölge	Ortalama atık miktarları (ton/gün)
Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahası	Anadolu Yakası	5,500
Odayeri Düzenli Depolama Sahası	Avrupa Yakası	9,500
Silivri Seymen Düzenli Depolama Sahası	Avrupa Yakası	500

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Çalışma Alanının Belirlenmesi

Tez kapsamında İstanbul ili için en uygun katı atık depolama sahası yer seçimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.1’de İstanbul iline ait OpenStreetMap haritası bulunmaktadır.



Şekil 2.1 : İstanbul ili haritası.

Çalışma alanı olarak İstanbul ili idari sınırlarını kapsayan bir bölge seçilmiştir. Yapılan konumsal analizlerde kullanılan tüm faktörlerde aynı sınırlar kullanılmıştır. Devamlılık özelliği bulunan, arazi kullanımı ve eğim gibi veriler kullanıldığından dolayı İstanbul ili idari sınırlarını içine alan bir çalışma bölgesi seçilmiştir.

2.1.1 Coğrafi özellikleri

Eski Dünyanın merkezinde yer alan İstanbul, tarihi abideleri ve şahane tabii manzaraları ile çok önemli bir megapoldür. Asya ile Avrupa Kıtaları'nın dar bir deniz geçidi ile ayrıldığı yerde, iki kıta üzerinde kurulu ve dünya üzerinde içinden deniz

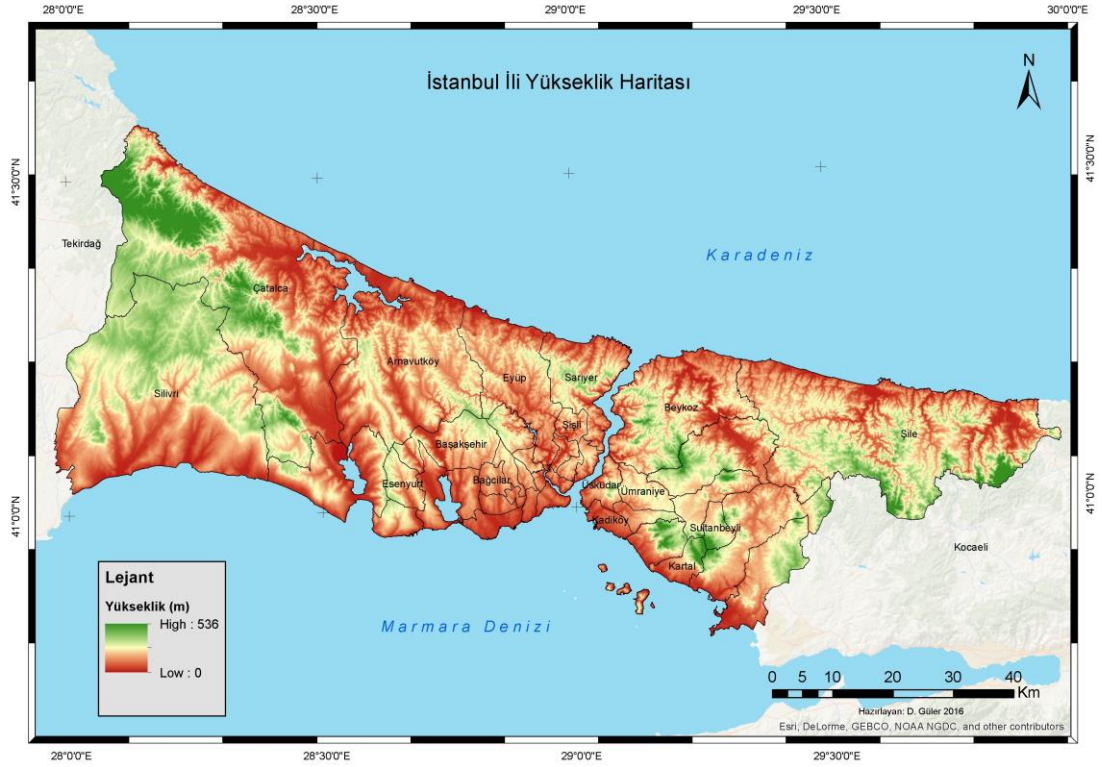
geçen tek şehirdir. İstanbul Boğazı, Karadeniz'i, Marmara Denizi'yle birleştirirken; Asya Kıtası'yla Avrupa Kıtası'nı birbirinden ayırmakta ve İstanbul kentini de ikiye bölmektedir. İli kuzeyde Karadeniz, doğuda Kocaeli Sıradağları'nın yüksek tepeleri, güneyde Marmara Denizi ve batıda ise Ergene Havzası'nın su ayırım çizgisi sınırlamaktadır [68]. İstanbul'un il bütününün yer aldığı alandaki iklim tipini, belirgin bir iklim tipi içinde değerlendirme imkânı yoktur. Coğrafi konumu ve fiziki coğrafya özellikleri nedeniyle aynı enlemde yer alan birçok yerleşmelerin ikliminden daha farklı iklim özelliklerine sahiptir. Yerküre üzerinde ekvatorundan başlayıp sırasıyla ikiye kez yinelenen alçak ve yüksek basınç kuşakları içinde, İstanbul (41 derece kuzey enlemi, 29 derece doğu boylamındaki konumu ile), subtropikal yüksek basınç kuşağı ile soğuk - ılık bölgenin alçak basınçlarının ya da karasal (nemsiz) alize rüzgârları ile denizse (nemli ve yağışlı) batı rüzgârlarının sınırındadır. Yerkürenin hareketleriyle kış ve yaz mevsimlerinde farklı iklim şartları oluşur. İstanbul'da yıl boyunca üç hava tipi egemendir. Bunlar kuzeyden ve güneyden sokulan hava tipleri ile sakin hava tipidir. Doğu ve batı yönlü rüzgârlara bağlı olan hava tipleri ise önemsizdir. Mevsimlere göre dört devre vardır; soğuk ve sıcak devrelerle biri uzun diğeri kısa süren iki geçiş devresi [68]. Çizelge 2.1'de İstanbul'a ait iklim istatistikleri görülebilir.

Çizelge 2.1 : İstanbul ili iklim istatistikleri [69].

İSTANBUL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.7	5.7	7	11.1	15.7	20.4	22.9	23.1	19.8	15.6	11.5	8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.5	9	10.8	15.4	20	24.6	26.6	26.8	23.7	19.1	14.7	10.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.2	3.1	4.2	7.7	12.1	16.5	19.5	20.1	16.8	13	8.9	5.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	17.5	15.3	13.8	10.4	8.1	6.1	4.2	4.9	7.4	11.3	13.2	17.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m2)	105	78	70.8	45.2	34.1	35	31.6	40.7	59.5	90	101.3	122
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2015)											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22	23.2	29.3	33.6	34.5	40	41.5	39.6	36.6	34	26.5	25.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11	-8.4	-5.8	-1.4	3	8.5	12	12.3	7.1	0.6	-2.2	-7

Üç hava tipi arasında, en yüksek frekansı (en çok esme sayısını) göstereni, kuzey rüzgârlarının egemen olduğu sırada görülen hava tipidir. İstanbul metropoliten alanını

doğal bitki örtüsü, orman, maki, psödomaki (Karadeniz iklimine uymuş, değişime uğramış, nemli karakterli daha ağaçlı maki bitki toplulukları) ile kıyı bitkilerinden meydana gelmekte; Çatalca ve Kocaeli Yarımadası'nda iklim şartlarına uyan bitki toplulukları kuzeyde “nemli” güneyde “kuru” türlerini geliştirmişlerdir [68]. İstanbul'a ait yükseklik haritası Şekil 2.2'de görülebilir. Şekil 2.3'de Google Earth'den elde edilen İstanbul'a ait 2016 yılı uydu görüntüsü görülebilmektedir.



Şekil 2.2 : İstanbul ili yükseklik haritası.



Şekil 2.3 : İstanbul iline ait uydu görüntüsü.

Şekil 2.4’de görüldüğü üzere İstanbul’un eğim haritası oluşturulmuştur.



Şekil 2.4 : İstanbul ili eğim haritası.

İstanbul’un en yüksek noktası 536 metre yüksekliğe sahip Aydos Tepesi’dir. İstanbul’un sahip olduğu en yüksek eğim miktarı 55 derecedir. Şekil 2.5’de ise İstanbul’un bakı haritası yer almaktadır.

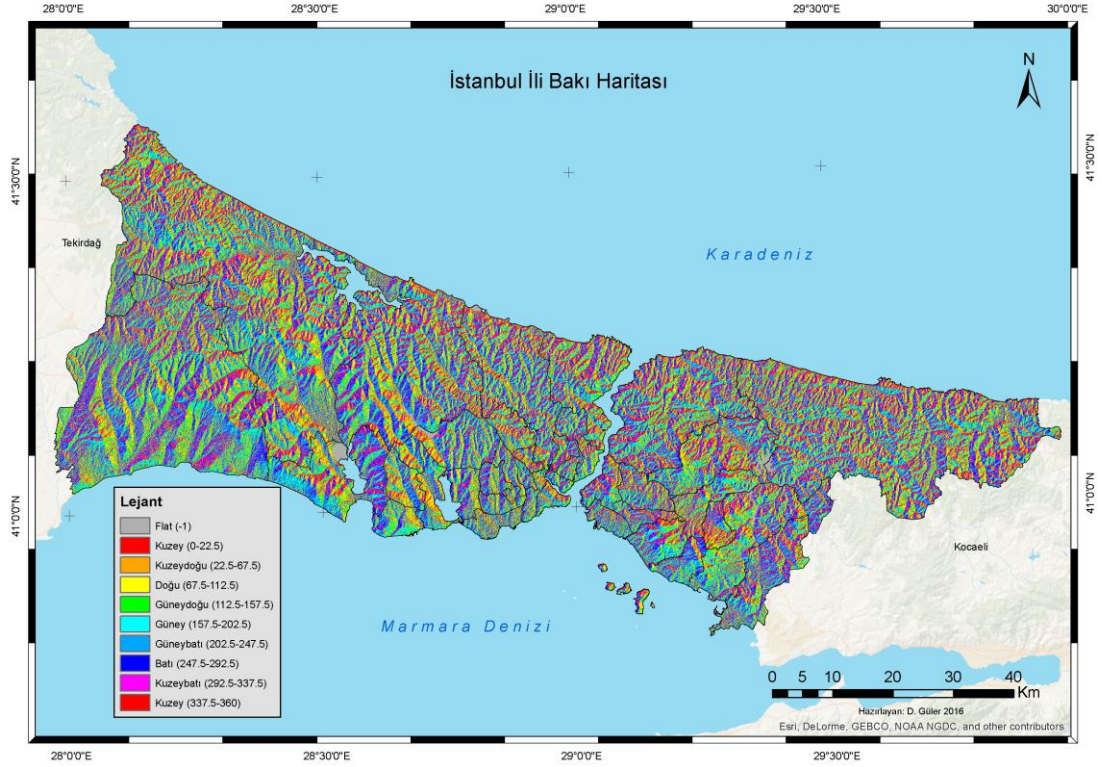
2.2 Yazılım ve Donanım Seçimi

Çalışmada verilerin hazırlanması ve yapılan analizler için İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı bünyesindeki yazılım hizmetinde yer alan ESRI firmasının ArcGIS 10.3.1 ve 10.4.1 yazılımı ve ilgili modülleri kullanılmıştır. Donanım olarak ise Lenovo marka Z560 model dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

2.3 Projeksiyon Sistemi ve Dönüşümler

Yapılan çalışmada kullanılan tüm veriler aynı koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Konumsal analizlerin doğru sonuçlar verebilmesi için ortak koordinat sistemi kullanılması gerekmektedir. Elde edilen veriler doğrultusunda çalışmada World Geodetic System (WGS) 1984 Datumu ve Universal Transverse Mercator (UTM)

projeksiyonu Zone 35N koordinat sistemi kullanılmıştır. Verilerin koordinat dönüşümleri ArcGIS yazılımında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5 : İstanbul ili bakı haritası.

2.4 Konumsal Veri/Bilgi Toplama ve İşleme

En uygun depolama sahası tespiti için kullanılacak faktörlere ait gerekli veriler belirlenmiş ve daha sonra farklı kaynaklardan elde edilmiştir. Çizelge 2.2’de veri kaynaklarına ait bilgiler görülmektedir.

Arazi kullanımı, yerleşim alanı ve yüzey sularına ait bilgiler CORINE Arazi Örtüsü’nün 2012 yılına ait güncel verisinden elde edilmiştir. Veri Avrupa Birliği’ne bağlı Copernicus Programı’nın internet sayfasından indirilmiştir [70].

İstanbul’a ait jeoloji Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) verisi Avustralya’da yer alan Orr and Associates adlı şirketten veriler ücretli olmasına rağmen tez kapsamında kullanılacağı belirtilerek ücretsiz olarak temin edilmiştir.

Nüfus yoğunluğunu içeren veri İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)’nden elde edilmiştir.

Havalimanı faktörü için İstanbul’da bulunan mevcut havalimanları ve 2017’de faaliyete geçirilmesi planlanan yeni havalimanına ait koordinat bilgileri Google Maps

üzerinden elde edilmiş, CBS ortamına aktarılarak kullanılacak katman oluşturulmuştur.

İstanbul’da korunan alanlara ait konumsal veriler Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından elde edilmiştir.

Eğim verisi ASTER uydusuna ait sayısal yükseklik modelinin CBS’de analiz edilmesiyle oluşturulmuştur.

İstanbul’daki katı atık aktarma istasyonlarına ait veriler İBB Atık Yönetim Müdürlüğü’nden elde edilmiştir.

Arazi değerlerini içeren bilgiler Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından paylaşılan verilerin işlenmesiyle oluşturulmuştur.

Karayollarına ait veriler Trans-Tools adındaki Avrupa Birliği projesinden elde edilmiştir.

Çizelge 2.2 : Veri kaynakları.

Kriter	Kaynak
Arazi Kullanımı	CORINE 2012 (100m)
Jeoloji	MTA 1:500.000 (2001)
Yerleşim Alanları	CORINE 2012 (100m)
Yüzey Suları	CORINE 2012 (100m)
Nüfus Yoğunluğu	İBB 2013
Havalimanı	Google Maps
Korunan Alanlar	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (2013)
Eğim	ASTER
Katı Atık Aktarma İstasyonları	İBB Atık Yönetim Müdürlüğü
Arazi Değerleri	Gelir İdaresi Başkanlığı (2014)
Karayolları	Trans-Tools

2.5 Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

Depolama tesisi yer seçiminde kullanılacak faktörler yönetmeliklerde istenilen şartları sağlamalı ve ekonomi, çevre, sosyal toplum ile sağlıkla ilgili konularda en az derecede olumsuz etki göstermelidirler [1]. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik [64] depolama tesislerinin yer seçiminde kullanılacak sınırlandırmaları;

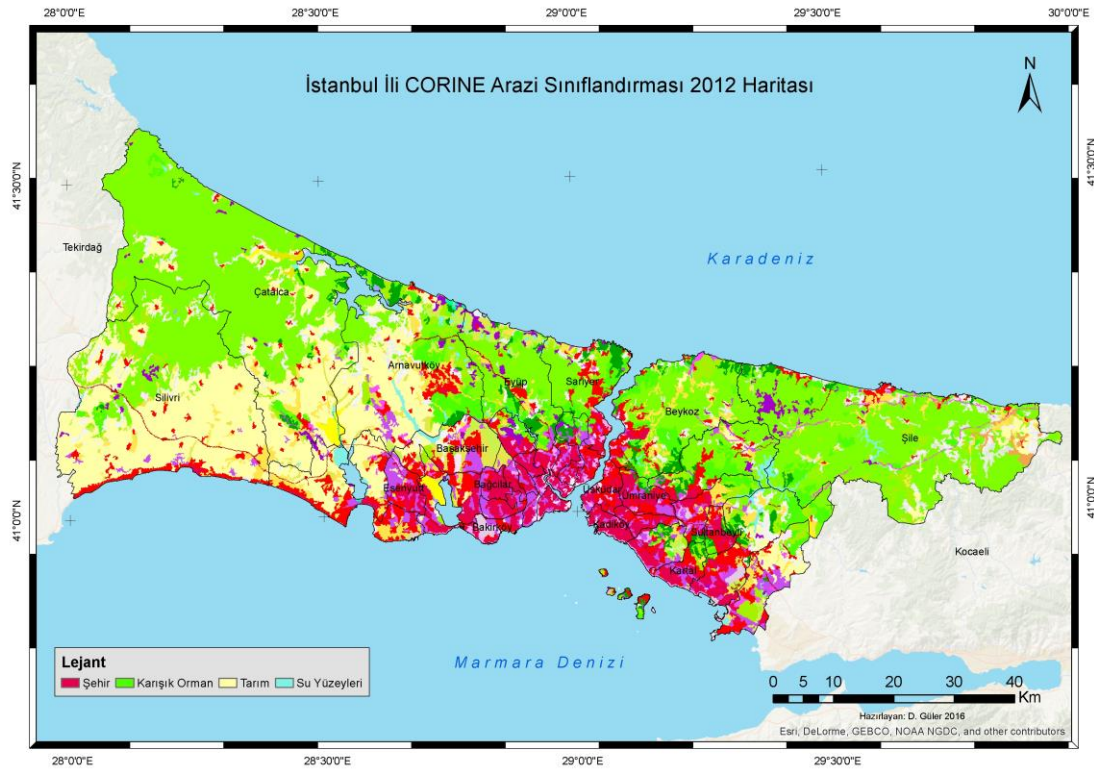
- Havalimanlarına uzaklık,
- Orman, ağaçlandırma ve korunan alanlara uzaklık,
- Yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarına uzaklık,
- Topoğrafik ve jeolojik durum,
- Taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski,
- Hakim rüzgar yönü ve yağış durumu,
- Doğal veya kültürel miras durumu,
- Boru hatlarının bulunmaması,

olarak içermektedir.

Yapılan çalışmada, ülkemize ait yönetmelikte belirtilen kısıtlamalarla birlikte literatür araştırması yapılarak en yoğun olarak kullanılan faktörler değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışma bölgesinin özellikleri göz önüne alınarak kullanılacak faktörler belirlenmiştir. Çalışmada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 adet faktör kullanılmıştır. Çevresel faktörler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik faktörler ise eğim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Belirlenen faktörler katı atık depolama sahası uygunluğuna göre alt kriterlere ayrıştırılmış ve değerler atanmıştır. Değerler tüm faktörler için 0 ila 5 aralığında atanmıştır.

2.5.1 Arazi kullanımı

Çalışmada kullanılan çevresel faktörlerden biri arazi kullanımıdır. İstanbul'a ait arazi kullanım haritası Şekil 2.6'da görülmektedir.

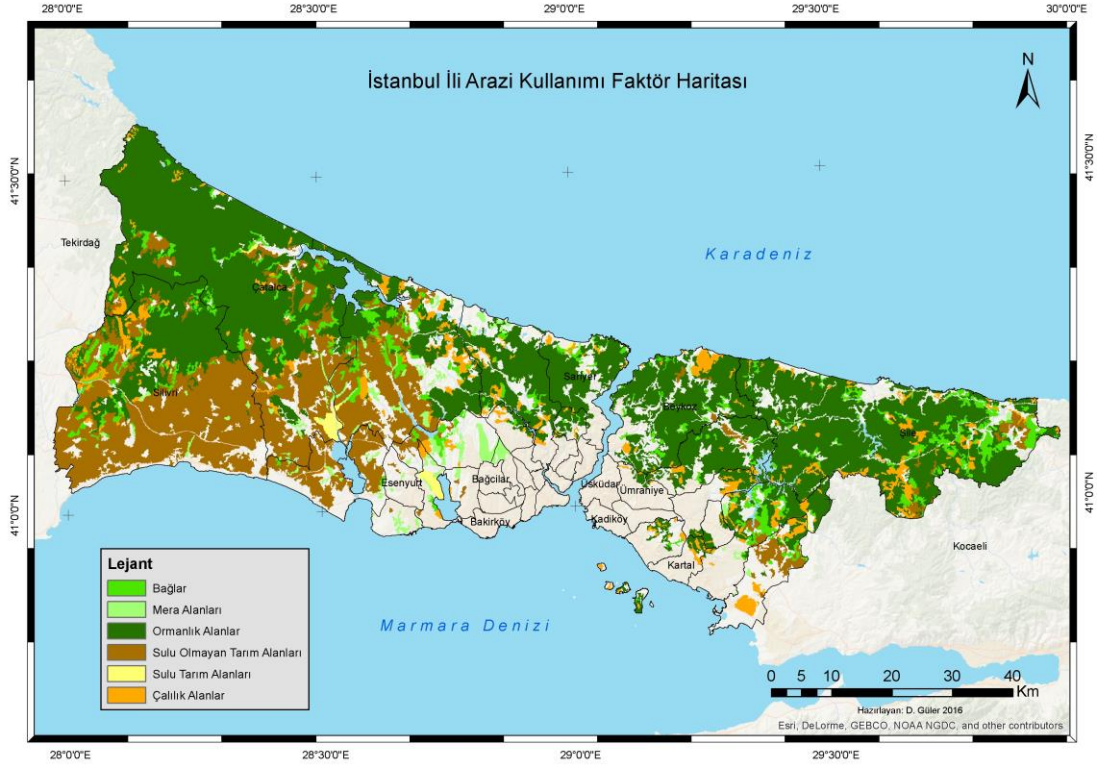


Şekil 2.6 : İstanbul ili arazi kullanım haritası.

Arazi kullanım faktörü için belirlenen kriterler ve değerler Çizelge 2.3’de gösterilmiştir. Ormanlık alanlar depolama sahası için uygun değildirler. Bağlar, çalılık alanlar ve mera alanları yer seçimi için daha uygun olarak seçilmiş ve değerleri belirlenmiştir. Sulu ve sulu olmayan tarım için kullanılan alanlar depolama tesisleri için uygun olduklarından yüksek değerler atanmıştır. CORINE verisinden belirlenen alt kriterler yeni bir katman olarak çıkarılmıştır. Şekil 2.7’de belirlenen arazi kullanımı faktörlerini gösteren harita bulunmaktadır. Şekil 2.8’de ise belirlenen kriter değerlerine ESRI ArcGIS yazılımında yeniden sınıflandırma işlemi yapılarak hazırlanan arazi kullanımı veri katmanının haritası görülmektedir.

Çizelge 2.3 : Arazi kullanım kriter değerleri.

Kriter	Değer
Ormanlık Alanlar	0
Bağlar	1
Çalılık Alanlar	2
Mera Alanları	3
Sulu Tarım Alanları	4
Sulu Olmayan Tarım Alanları	5



Şekil 2.7 : İstanbul ili arazi kullanımı faktör haritası.

2.5.2 Jeoloji

Çevresel faktörlerden biri olan jeoloji için belirlenen alt kriterleri ve ataması yapılan değerler Çizelge 2.4’de görülmektedir.

Çizelge 2.4 : Jeoloji kriter değerleri.

Kriter	Değer
Volkanik	3
Metamorfik	4
Sedimanter	5

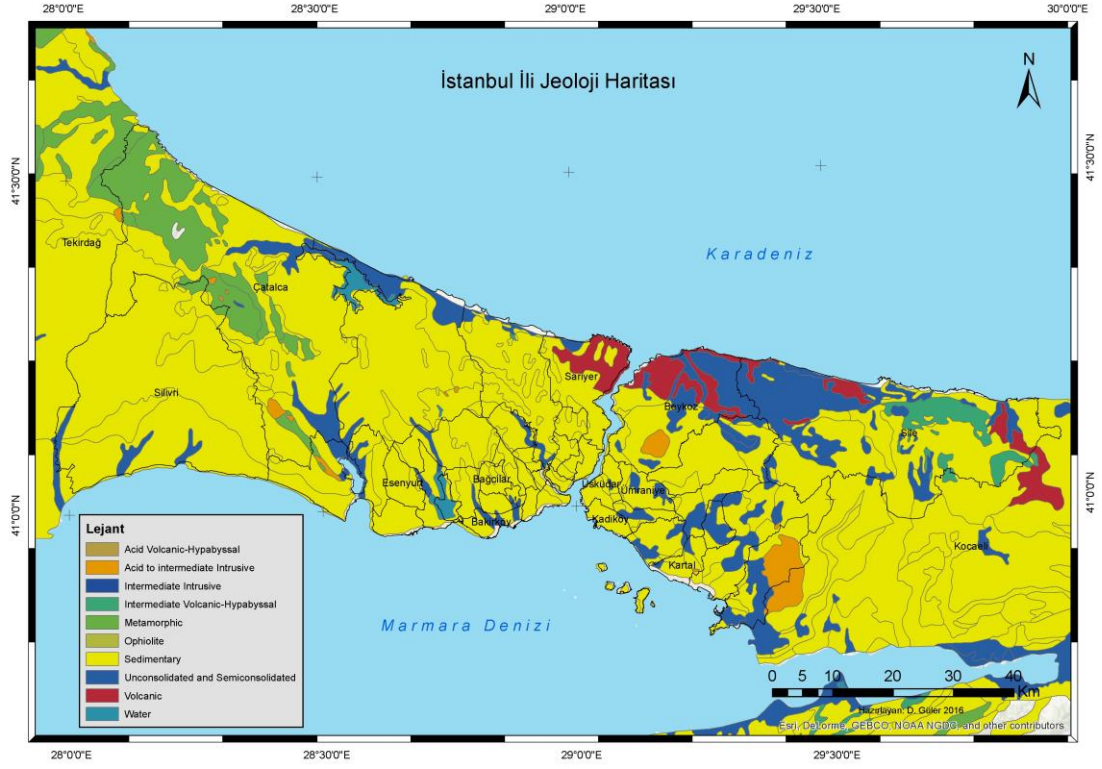
Volkanik özellikli bölgeler sınırlı su geçirme özelliğine sahip olduklarından depolama sahası yer seçimi için uygun olabilecek alanlar olarak değerlendirilmiştir. Metamorfik ve sedimanter kayalar özelliklerine göre daha az su geçirgenliğine sahip oldukları için değer olarak yüksek atama yapılmıştır [14]. Şekil 2.9’da İstanbul’a ait jeoloji haritası bulunmaktadır. Şekil 2.10’da jeoloji faktörü için belirlenen alt kriterleri gösteren harita görülmektedir. Şekil 2.11’de ise yeniden sınıflandırma işlemi sonucunda jeoloji faktörü için hazırlanan veri katmanı gösterilmektedir.



Şekil 2.8 : İstanbul ili arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.3 Yerleşim alanlarına uzaklık

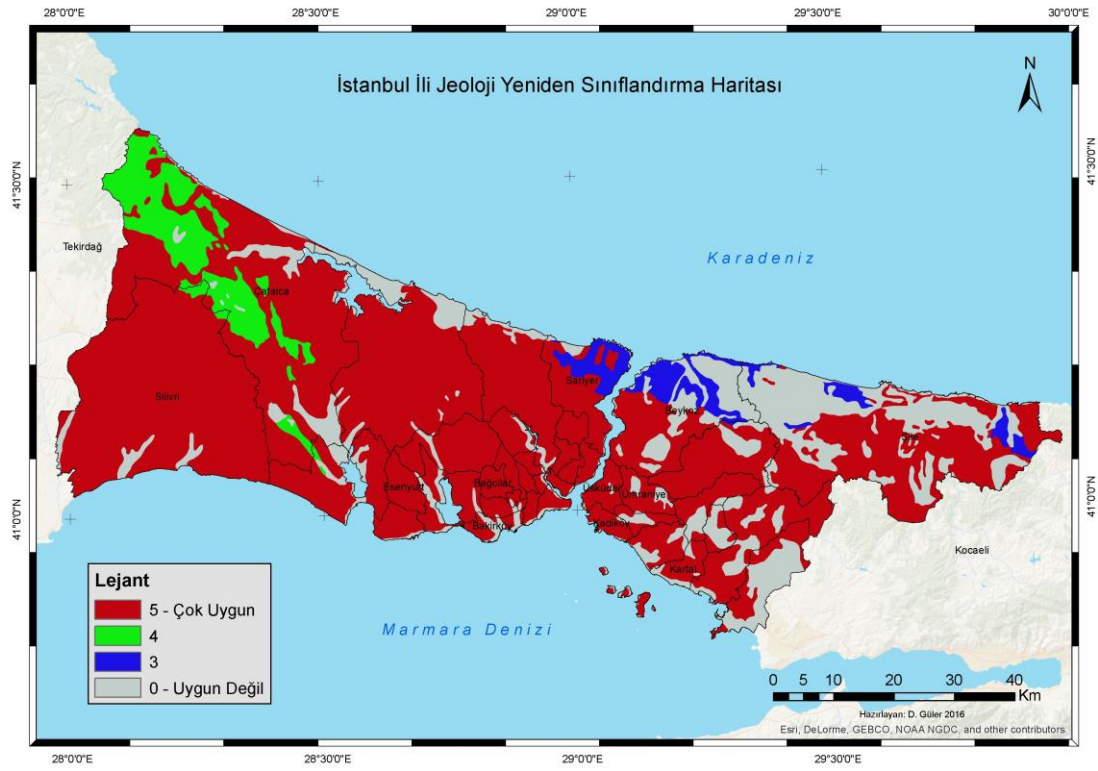
Katı atık depolama sahaları yerleşim alanlarına yönetmelikte belirtildiğine göre en az bir kilometre (km) uzaklıkta bulunmalıdır. Çevresel olarak yaratabileceği olumsuz etkiler göz önünde alınarak yerleşim alanlarına uzaklık arttıkça alt kriterlere yüksek değerler verilmiştir. Çizelge 2.5’de alt kriterler ve atanan değerler gösterilmiştir. CORINE verisinden yerleşim alanlarını içeren yeni bir katman oluşturulmuştur. Şekil 2.12’de İstanbul’daki yerleşim alanlarını gösteren harita bulunmaktadır. Şekil 2.13’de ise alt kriterlere atanan değerlere göre hazırlanan yeniden sınıflandırılmış veri katmanı gösterilmektedir. Yerleşim alanlarına uzaklık Öklid uzaklığı yöntemiyle analiz edilmiştir.



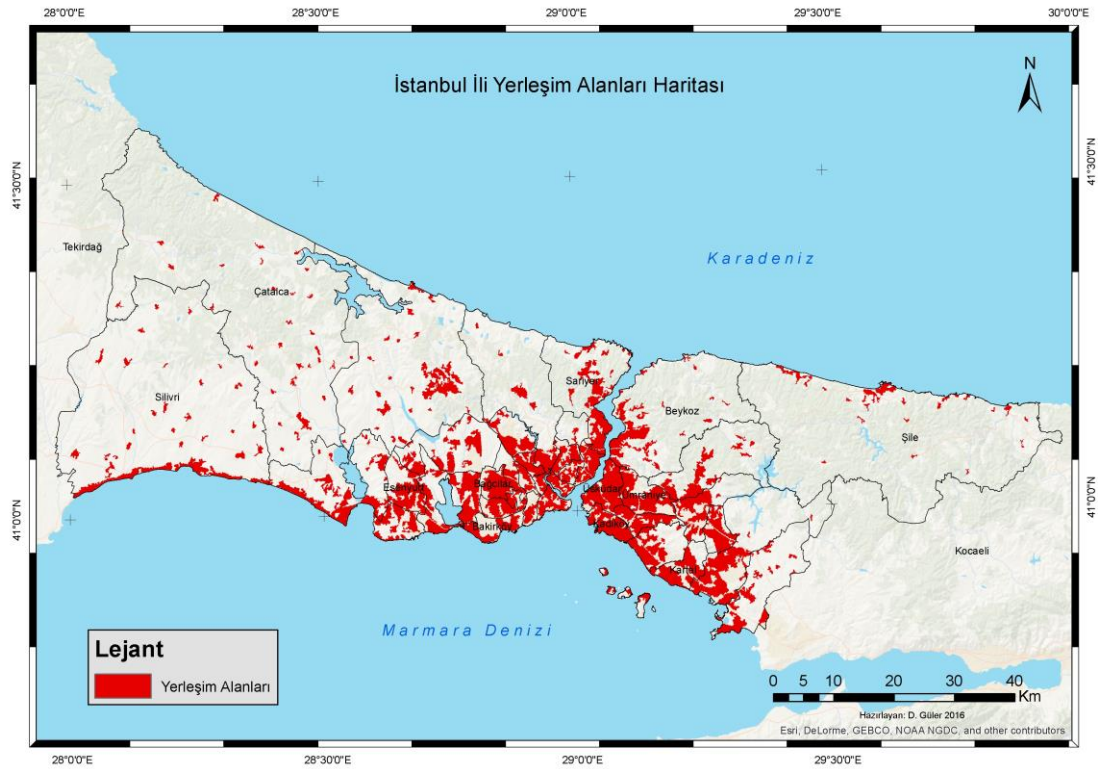
Şekil 2.9 : İstanbul ili jeoloji haritası.



Şekil 2.10 : İstanbul ili jeoloji faktör haritası.



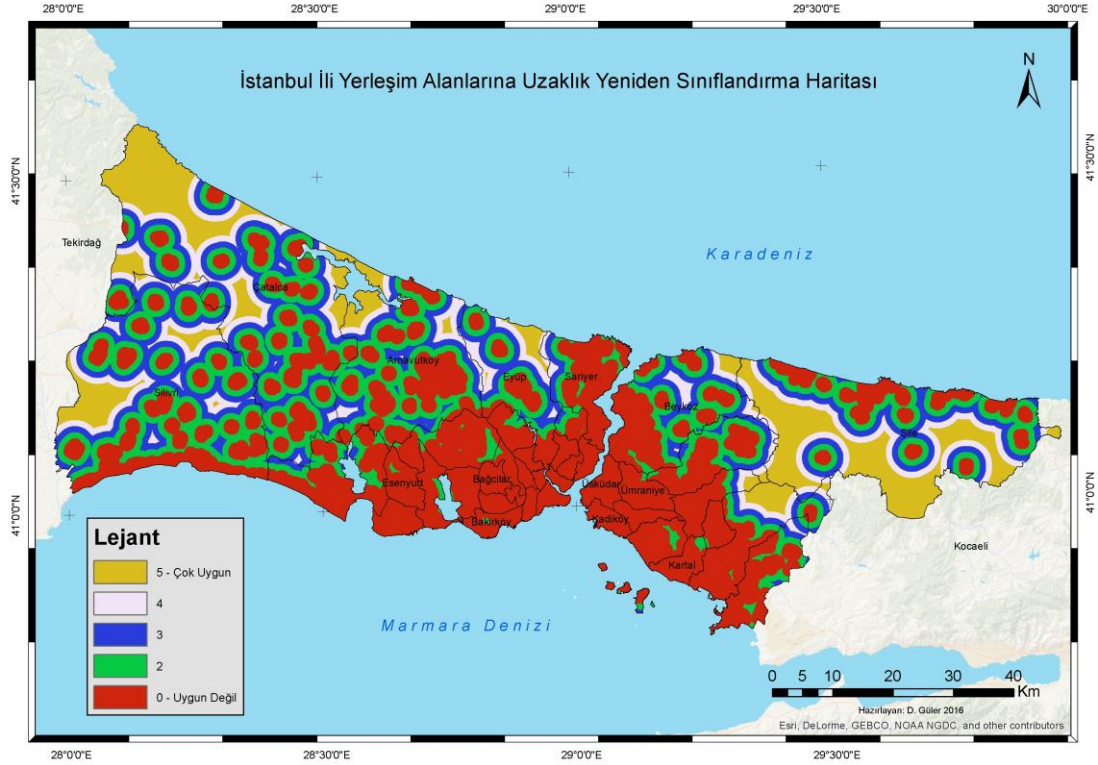
Şekil 2.11 : İstanbul ili jeoloji yeniden sınıflandırma haritası.



Şekil 2.12 : İstanbul ili yerleşim alanları haritası.

Çizelge 2.5 : Yerleşim alanlarına uzaklık kriter değerleri.

Kriter (km)	Değer
0 - 1	0
1 - 2	2
2 - 3	3
3 - 4	4
4 <	5



Şekil 2.13 : İstanbul ili yerleşim alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.4 Yüzey sularına uzaklık

Çevresel olumsuz etkilerinden dolayı yönetmelikte de belirtildiği üzere yüzey sularına yakın katı atık depolama sahaları kurulamamaktadır [71]. Yüzey sularına uzaklığa ait alt kriterlere en az beş yüz metre (m) sınırında olmak üzere atanan değerler Çizelge 2.6’da görülmektedir. Yüzey sularına ait veri katmanı CORINE verisinden üretilmiştir. İstanbul’daki su yüzeylerini gösteren harita Şekil 2.14’de bulunmaktadır.

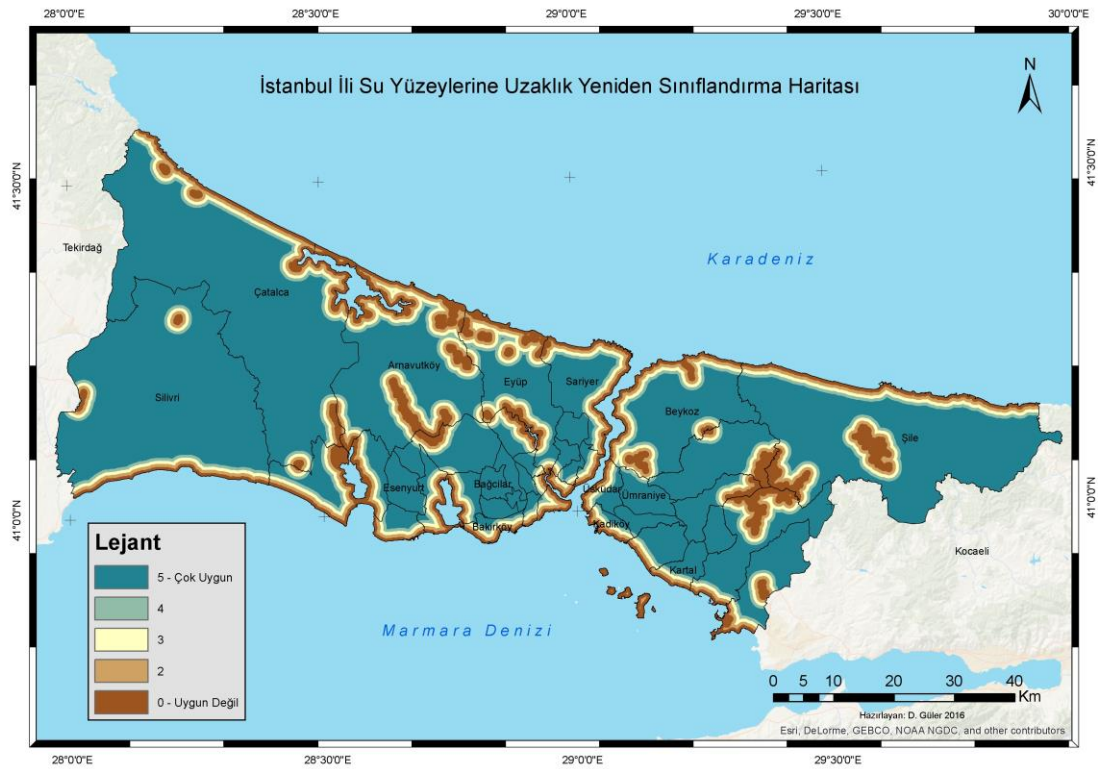
Çizelge 2.6 : Su yüzeylerine uzaklık kriter değerleri.

Kriter (m)	Değer
0 - 500	0
500 - 1000	2
1000 - 1500	3
1500 - 2000	4
2000 <	5



Şekil 2.14 : İstanbul ili su yüzeyleri haritası.

Şekil 2.15’de ise Öklid uzaklığına göre üretilen yüzey sularına uzaklık veri katmanı görülebilmektedir.



Şekil 2.15 : İstanbul ili su yüzeylerine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.5 Nüfus yoğunluğu

Depolama alanı yer seçiminde kullanılan çevresel faktörlerden biri de nüfus yoğunluğudur. İstanbul'a ait ilçelerin nüfus ve alan bilgileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilmiştir [72]. Nüfus bilgileri kilometrekare alan bilgilerine oranlanarak ilçelerin nüfus yoğunlukları hesaplanmıştır. Şekil 2.16'da İstanbul'un nüfus yoğunluğu haritası görülmektedir. Nüfus yoğunluğu verileri Natural Breaks (Jenks) yöntemine sınıflandırılmıştır. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerler düşük değere sahip olurken yoğunluğun az olduğu bölgeler yüksek değerlere sahip olacak şekilde atama yapılmıştır. Çizelge 2.7'de nüfus yoğunluğunun alt kriterlerine ait değerler bulunmaktadır. Şekil 2.17'de ise nüfus yoğunluğu faktörünün yeniden sınıflandırma haritası görülmektedir.



Şekil 2.16 : İstanbul ili nüfus yoğunluğu haritası.

Çizelge 2.7 : Nüfus yoğunluğu kriter değerleri.

Kriter	Değer
0 - 30	5
30 - 330	4
330 - 640	3
640 - 1600	2
1600<	1



Şekil 2.17 : İstanbul ili nüfus yoğunluğu yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.6 Havalimanlarına uzaklık

İstanbul’da mevcut durumda kullanılan üç havalimanı bulunmaktadır. Ana uçuşların gerçekleştiği havalimanları Anadolu Yakası’nda Sabiha Gökçen Havalimanı ve Avrupa Yakası’nda Atatürk Havalimanı’dır. Avrupa Yakası’nda ek olarak İstanbul Hertz Havalimanı bulunmaktadır. İnşaat aşamasında olan İstanbul Yeni Havalimanı’da koordinat bilgisi elde edildikten sonra havalimanı verisine eklenerek çalışmada kullanılmıştır [73]. Şekil 2.18’de İstanbul’daki havalimanlarını gösteren harita yer almaktadır. Çizelge 2.8’de havalimanlarına uzaklık faktörünün alt kriterlerine ait değerler görülmektedir. Havalimanlarına en aza bir km uzaklıkta olmak kaydıyla kriterlere değerler atanmıştır. Şekil 2.19’de Öklid uzaklığıyla hesaplanan mesafelerin yeniden sınıflandırılmasıyla oluşturulan veri katmanına ait harita bulunmaktadır.

Çizelge 2.8 : Havalimanlarına uzaklık kriter değerleri.

Kriter (km)	Değer
0 - 1	0
1 - 3	2
3 - 5	3
5 - 7	4
7 <	5



Şekil 2.18 : İstanbul ili havalimanı haritası.



Şekil 2.19 : İstanbul ili havalimanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.7 Korunan alanlara uzaklık

Çalışma bölgesinde yer alan korunan alan verisi Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden Google Earth formatında edinilip ArcGIS yazılımında veri dönüşümü yapılarak kullanılmıştır [74]. Çizelge 2.9'da korunan alanlara uzaklık faktörünün alt kriterleri için seçilen değerler görülmektedir. Şekil 2.20'de İstanbul'daki korunan alanları gösteren harita bulunmaktadır. Şekil 2.21'de ise korunan alanlara uzaklığa ilişkin seçilen değerlere göre yeniden sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen veri katmanını gösteren harita görülmektedir.

Çizelge 2.9 : Korunan alanlara uzaklık kriter değerleri.

Kriter (km)	Değer
0 - 1	0
1 <	5



Şekil 2.20 : İstanbul ili korunan alanlar haritası.

2.5.8 Eğitim

Ekonomik faktörlerden biri olan eğim için Terra uydusunda bulunan beş adet uzaktan algılama sensöründen biri olan ve Japonya ile ABD ortak projesi ASTER sayısal yükseklik modeli verisi kullanılmıştır [75]. Eğimin fazla olduğu alanlarda inşaat maliyeti artacağından ekonomik faktörler arasında değerlendirilmiştir. Eğimin



Şekil 2.21 : İstanbul ili korunan alanlara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

25°’den fazla olduğu bölgeler literatürdeki çalışmalar ışığında katı atık depolama sahası için uygun olarak değerlendirilmemektedir [17, 76]. Çalışmada eğim faktörünün alt kriterleri için belirlenen değerler Çizelge 2.10’da görülmektedir. Şekil 2.22’de eğim faktörünün ait kriterlerin değerleriyle birlikte yeniden sınıflandırılmasıyla oluşturulan veriyi içeren harita bulunmaktadır.

Çizelge 2.10 : Eğim kriter değerleri.

Kriter (°)	Değer
0 - 5	5
5 - 10	4
10 - 15	3
15 - 20	2
20 - 25	1
25<	0



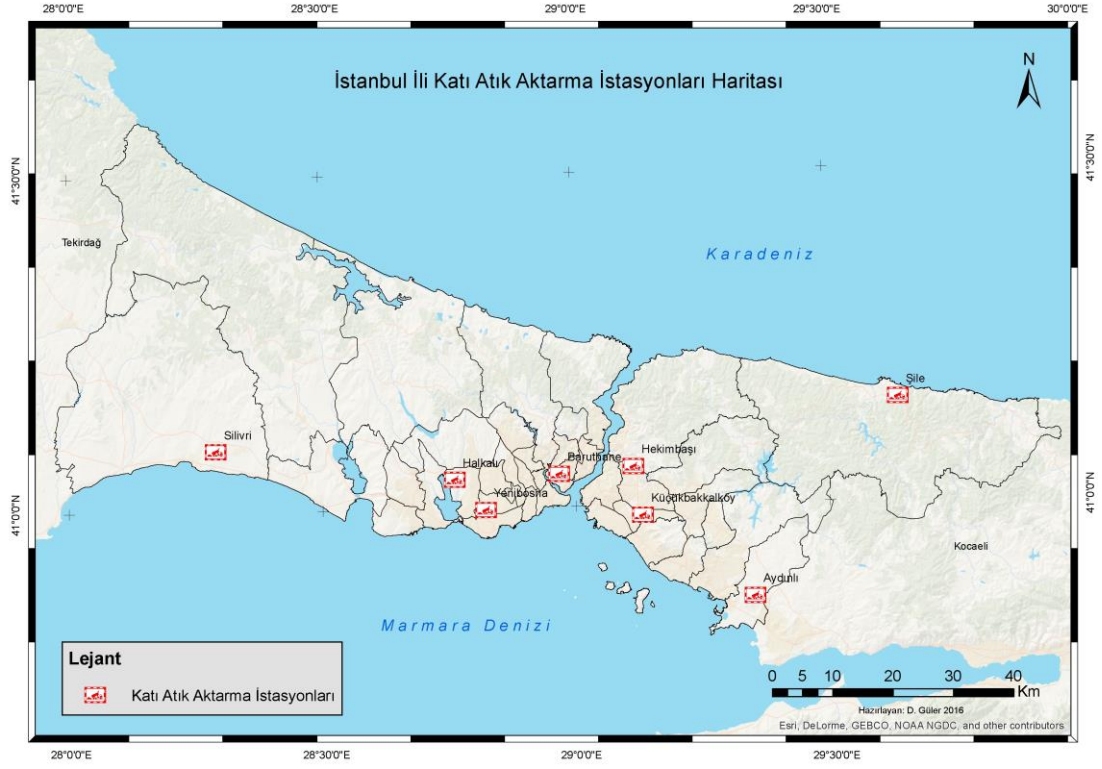
Şekil 2.22 : İstanbul ili eğim yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.9 Katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık

Ekonomik açıdan katı atık aktarma istasyonlarına yakın depolama sahaları daha avantajlı olmaktadır [12]. İstanbul’da mevcut kullanımda olan toplam 8 adet katı aktarma istasyonlarına ait koordinat bilgileri ArcGIS ortamında veri katmanı haline getirilmiştir. İstasyonların 4 tanesi Avrupa Yakası’nda diğer 4 tanesi ise Anadolu Yakası’nda yer almaktadır. Şekil 2.23’de İstanbul’daki katı atık aktarma istasyonları gösteren harita bulunmaktadır. Aktarma istasyonlarına yakın alanların yüksek değerler aldığı kriterler Çizelge 2.11’de görülmektedir. Aktarma istasyonlarına ait kriterlerin Öklid uzaklığıyla oluşturulan verinin değerlerine göre yeniden sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen katman Şekil 2.24’de yer almaktadır.

Çizelge 2.11 : Katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık kriter değerleri.

Kriter (m)	Değer
0 - 250	5
250 - 500	4
500 - 750	3
750 - 1000	2
1000<	1



Şekil 2.23 : İstanbul kıta atık aktarma istasyonları haritası.



Şekil 2.24 : İstanbul ili kıta atık aktarma istasyonlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

2.5.10 Arazi değerleri

Literatürde katı atık depolama sahası için kullanılan faktörler arasında arazi değerlerine az sayıda yer verilmiştir [12]. Çalışma bölgesi olan İstanbul ilinin çok değişken arazi değerlerine sahip olduğu ve değeri yüksek arazi oranının da fazla olduğu göz önüne alınarak arazi değerleri faktörü seçilmiştir. Faktörün seçilmesinin bir diğer amacı da yapılan çalışmaya özgünlük kazandırmaktır. İstanbul'a ait sokak ölçeğinde 2014 yılına ait arazi birim fiyatları Türk lirası (TL) biriminden Gelir İdaresi Başkanlığı internet sayfasından elde edilmiştir [77]. Sokaklara ait arazi değerlerinin ortalaması alınarak ilçelere ait arazi değerleri hesaplanmıştır. Arazi değerleri Natural Break (Jenks) yöntemine göre sınıflandırılmış ve değeri yüksek olan alanlara düşük değerler atanmıştır. Arazi değerleri faktörünün alt kriterlerine atanan değerler Çizelge 2.12'de bulunmaktadır. Şekil 2.25'de İstanbul'un arazi değerleri haritası görülmektedir. Şekil 2.26'da arazi değerlerine ilişkin hazırlanan yeniden sınıflandırılmış veriden oluşan harita yer almaktadır. Şekil 2.27'de ise İstanbul idari sınırlarını içeren veri katmanının öz nitelik tablosunda yer alan ilçelere ait nüfus, nüfus yoğunluğu, alan, ortalama arazi değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.12 : Arazi değerleri kriter değerleri.

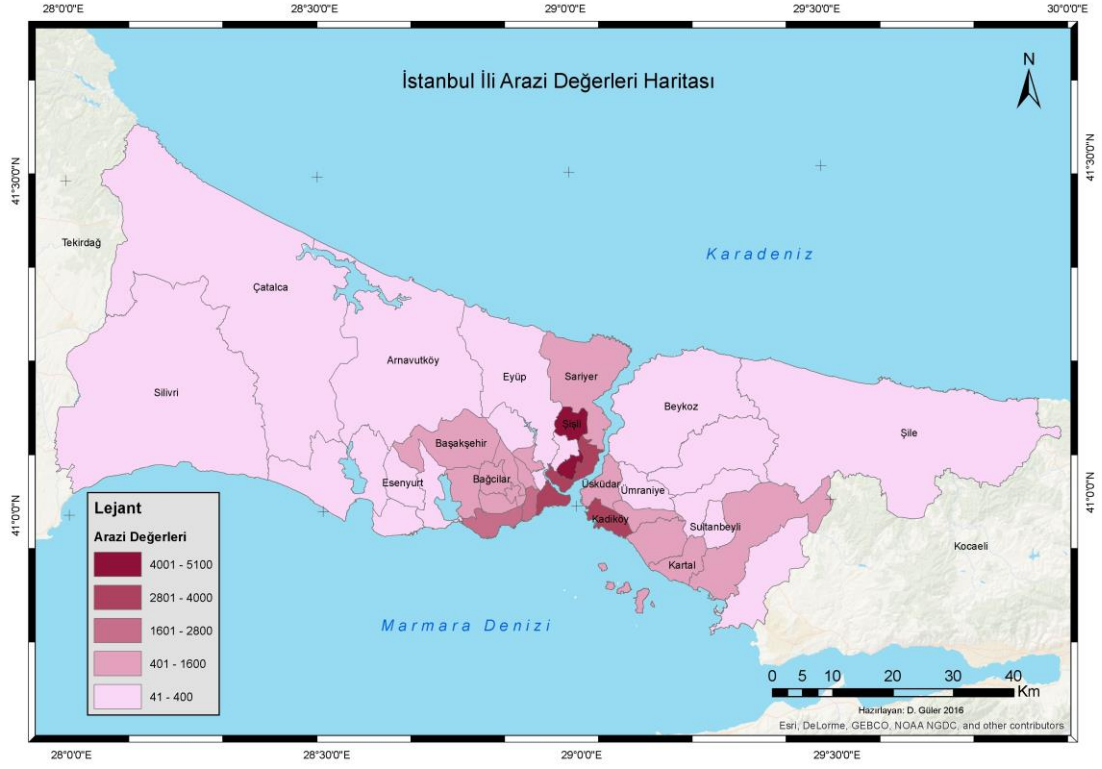
Kriter (TL)	Değer
0 - 400	5
400 - 1600	4
1600 - 2800	3
2800 - 4000	2
4000<	1

2.5.11 Karayollarına uzaklık

Ekonomik faktörlerden biri olarak karayollarına uzaklık seçilmiştir. Katı atık aktarma istasyonlarından düzenli depolama sahasında atıkların taşıma sürecinde uzun mesafeler maliyet açısından yük oluşturabilmektedir [12]. Bu nedenle karayollarına yakın olan alanlara yüksek değerler atanmıştır. Çizelge 2.13'de karayollarına uzaklık faktörü için alt kriterlerin değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.13 : Karayollarına uzaklık kriter değerleri.

Kriter (m)	Değer
0 - 500	5
500 - 1000	4
1000 - 1500	3
1500 - 2000	2
2000<	1



Şekil 2.25 : İstanbul ili arazi değerleri haritası.



Şekil 2.26 : İstanbul ili arazi değerleri yeniden sınıflandırma haritası.

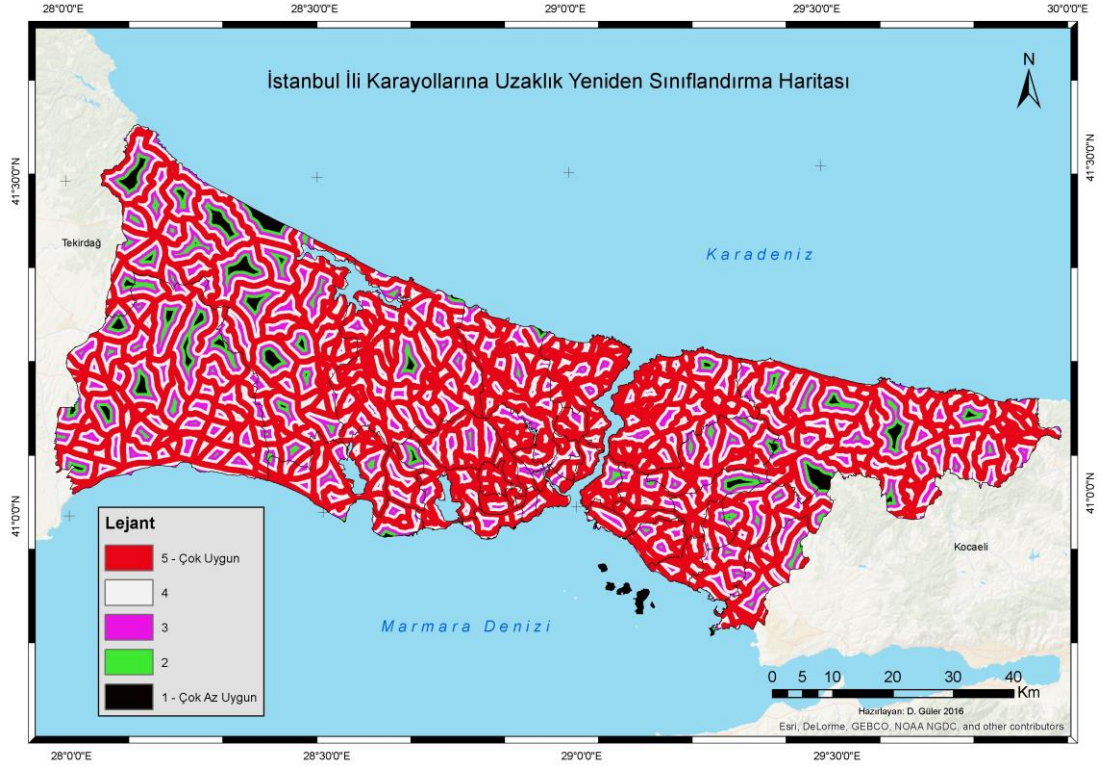
İlçe İsimleri	Alan (Km ²)	Nüfus	Nüfus Yoğunluğu	Ortalama_Deger_TL
Çatalca	111513	65811	1	41.19
Silivri	86952	155923	2	49.96
Şile	78172	31718	0	73.87
Büyükçekmece	13917	211	0	79.57
Beykoz	31036	248056	8	111.54
Arnavutköy	45035	215531	5	124.69
Çekmeköy	14809	207476	14	126.87
Beylikdüzü	3778	24476	6	183.22
Tuzla	12363	208807	17	187.94
Sultanbeyli	291	309347	1063	190.85
Sancaktepe	6242	304406	49	192.01
Ümraniye	4531	660125	146	202.81
Esenyurt	4313	624733	145	210.92
Avcılar	4201	40724	10	222.17
Eyüp	22842	361531	16	376.16
Sultangazi	363	50519	139	381.24
Kağıthane	1487	428755	288	382.41
Pendik	17999	646375	36	435.12
Gaziosmanpaşa	1176	495006	421	454.86
Kartal	3854	44711	12	547.88
Başakşehir	1043	333047	319	603.44
Bayrampaşa	961	269677	281	619.99
Ataşehir	252	405974	1611	645.57
Sarıyer	17539	335598	19	684.43
Esenler	1843	461621	250	751.08
Maltepe	5297	471059	89	786.3
Bağcılar	2236	75225	34	867.08
Bahçelievler	1662	602931	363	922.38
Küçükçekmece	3754	74009	20	943.29
Üsküdar	3533	534636	151	1219.3
Adalar	1105	16166	15	1289.88
Güngören	721	306854	426	1396.07
Bakırköy	2964	220974	75	1675.03
Zeytinburnu	1159	292313	252	2377.68
Kadıköy	2509	506293	202	2981.65
Beyoğlu	891	245219	275	3476.17
Beşiktaş	1801	18657	10	3501.21
Fatih	1559	425875	273	3928.27
Şişli	1071	27442	26	5010.49

Şekil 2.27 : İstanbul ili idari sınırlarını içeren veri katmanı öznetelik tablosu.

Çalışma için edinilen karayolları verisi Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve Marmara Otoyolu'nun tamamlanan kısmını içermemektedir. Bu nedenle bahsedilen güzergâhlar OpenStreetMap yardımıyla karayolları verisine eklenerek çalışmada kullanılmıştır. Şekil 2.28'de İstanbul'a ait karayolları haritası görülmektedir. Karayollarına uzaklık değerleri Öklid uzaklığı yöntemiyle hesaplanmıştır. Şekil 2.29'da ise karayollarına uzaklık faktörüne ait yeniden sınıflandırma sonucu elde edilen veriyi içeren harita bulunmaktadır.



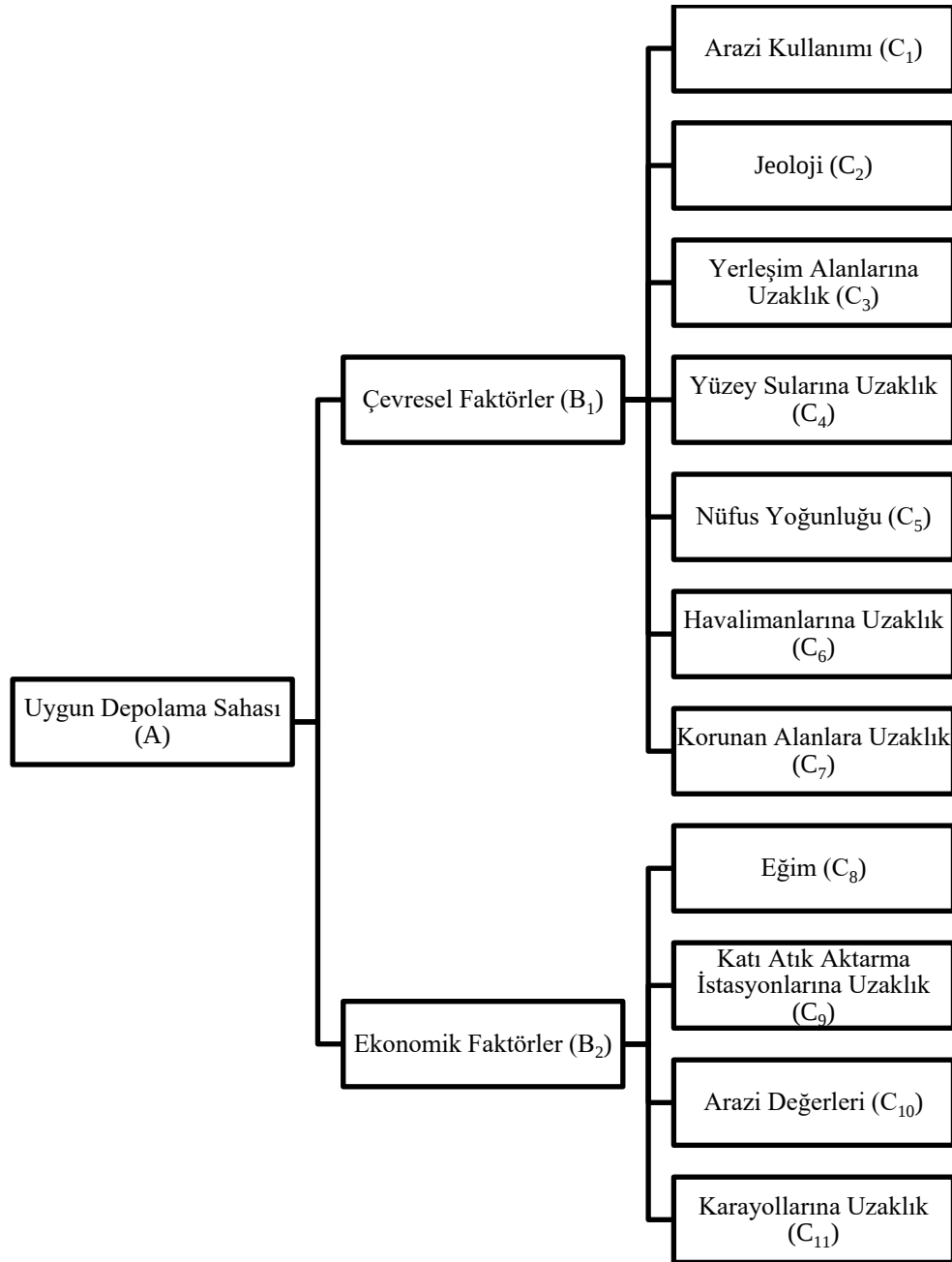
Şekil 2.28 : İstanbul ili karayolları haritası.



Şekil 2.29 : İstanbul ili karayollarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.

2.6 Faktör Ağırlıklarının AHY İle Belirlenmesi

Yapılan çalışmada AHY yöntemi için çevresel ve ekonomik faktörler belirlenmiştir. Çevresel ve ekonomik faktörlere ait alt kriterler belirlenip standarttırın sağlanması için 0 ila 5 arasında değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. AHY için karar matrislerinin hesaplanmasında doğruluğu daha önce hesaplanan örnek bir AHY ile test edildikten sonra internet üzerinde yer alan AHY hesaplama aracı kullanılmıştır [78]. Karar matrisleri oluşturulurken faktörlerin önceliklerine literatürden faydalanılarak karar verilmiştir. Şekil 2.30'da uygun depolama alanı hiyerarşi modeli görülmektedir.



Şekil 2.30 : Uygun depolama alanı hiyerarşi modeli.

Çizelge 2.14, Çizelge 2.15 ve Çizelge 2.16’da karşılaştırma matrisleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.14 : A- B₁, B₂ karşılaştırma matrisi.

A	B ₁	B ₂	W
B ₁	1	3	0,75
B ₂	1/3	1	0,25

Çizelge 2.14’de gösterilen matriste TO 0 olarak bulunmuştur. Matriste A uygun depolama sahası, B₁ çevresel faktörler ve B₂ ekonomik faktörlerdir. W ise ağırlığı temsil etmektedir.

Çizelge 2.15 : B₁- C₁₋₇ karşılaştırma matrisi.

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	W
C ₁	1	2	2	1/2	1	1/3	1	0,139695
C ₂	1/2	1	1	1/2	3	1	1/3	0,108967
C ₃	1/2	1	1	1	3	2	2	0,176534
C ₄	2	2	1	1	3	2	1	0,196820
C ₅	1	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	0,060198
C ₆	3	1	1/2	1/2	3	1	1	0,156509
C ₇	1	3	1/2	1	3	1	1	0,161277

Çizelge 2.15’de gösterilen matriste TO 0,093436 olarak bulunmuştur. Matriste B₁ çevresel faktörler, C₁ arazi kullanımı, C₂ jeoloji, C₃ yerleşim alanlarına uzaklık, C₄ yüzey sularına uzaklık, C₅ nüfus yoğunluğu, C₆ havalimanlarına uzaklık, C₇ korunan alanlara uzaklık kriterleridir. W ise ağırlığı temsil etmektedir.

Çizelge 2.16 : B₂- C₈₋₁₁ karşılaştırma matrisi.

B ₂	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	W
C ₈	1	3	5	4	0,540631
C ₉	1/3	1	3	3	0,253508
C ₁₀	0.2	1/3	1	2	0,117414
C ₁₁	1/4	1/3	1/2	1	0,088447

Çizelge 2.16’de gösterilen matriste TO 0,053904 olarak bulunmuştur. Matriste B₂ ekonomik faktörler, C₈ eğitim, C₉ katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık, C₁₀ arazi değerleri, C₁₁ karayollarına uzaklık kriterleridir. W ise ağırlığı temsil etmektedir.

Karşılaştırma matrislerinde elde edilen TO’nın teoremden istenilen değer olan 0,10’nun altında olduğu için hesaplanan ağırlıklar kullanılabilmektedir. AHY işlemi için son olarak her bir kriterin ağırlığı hesaplanmıştır. Çizelge 2.17’de kriterlerin ağırlıklarını gösteren matris bulunmaktadır.

Çizelge 2.17 : Kriter ağırlık matrisi.

Hedef A	Hiyerarşi B	Hiyerarşi C	Ağırlık
A	B ₁	C ₁	0,10477125
		C ₂	0,08172525
		C ₃	0,13240050
		C ₄	0,14761500
		C ₅	0,04514850
		C ₆	0,11738175
		C ₇	0,12095775
	B ₂	C ₈	0,13515775
		C ₉	0,06337700
		C ₁₀	0,02935350
		C ₁₁	0,02211175

2.7 Depolama Sahası Yer Seçimi İçin Model Geliştirilmesi

Katı atık depolama alanı yer seçimi için kullanılan faktörler ve ağırlıklar çalışma bölgesine ve tercih edilen önem senaryosuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Ekonomik, çevresel veya sosyal içerikli senaryolar üretilebilmektedir. Bu işlemlerin, değişiklik yapılabilen dinamik bir model ile uygulanması kolaylık sağlayacak ve verilerle işlem yapılması sırasında ortaya çıkabilecek hataları minimize edebilecektir.

Yapılan çalışmanın amaçlarından biri de katı atık depolama sahası yer seçimi işlemi için model hazırlamaktır. Gerçekleşecek herhangi bir yönetmelik değişikliğinde getirilen sınırlandırmaların farklılaşması halinde model içinde düzenleme yapılarak sonuca çok kısa sürede ulaşılabilecektir. Kriterlerin ağırlıkları farklı olarak hesaplandığında model sayesinde işlem adımları çok aza indirilebilecektir. Çalışmada kullanılan ArcGIS yazılımı içerisinde bulunan “model builder” modülü ile depolama sahası için model oluşturulmuştur [79]. Model çalışmada kullanılan verilere göre hazırlanmıştır. Farklı çalışmalarda aynı model kullanılarak değişik kriterlerle yer seçimi işlemi gerçekleştirilebilecektir.

Model oluşturulurken kullanılacak faktörlere ait veriler hazırlanmıştır. Model özelliklerinde piksel boyutu 30 m olarak seçilmiştir. Bu sayede model içerisindeki işlem adımlarında varsayılan olarak piksel boyutu ayarlanmıştır. Piksel boyutunun yanı sıra çalışma bölgesinin sınırları da model özelliklerinde varsayılan olarak ayarlanmıştır. Alt kriter olarak uzaklık içeren veriler için Öklid uzaklığı hesaplama aracı modele eklenmiştir. Aracın çalışmasıyla elde edilen veriler daha önce karar verilen kriter aralıklarına göre yeniden sınıflandırma işlemine girdi olacak şekilde bağlantı kurulmuştur. Yeniden sınıflandırma aracının çalışmasıyla oluşturulan veriler

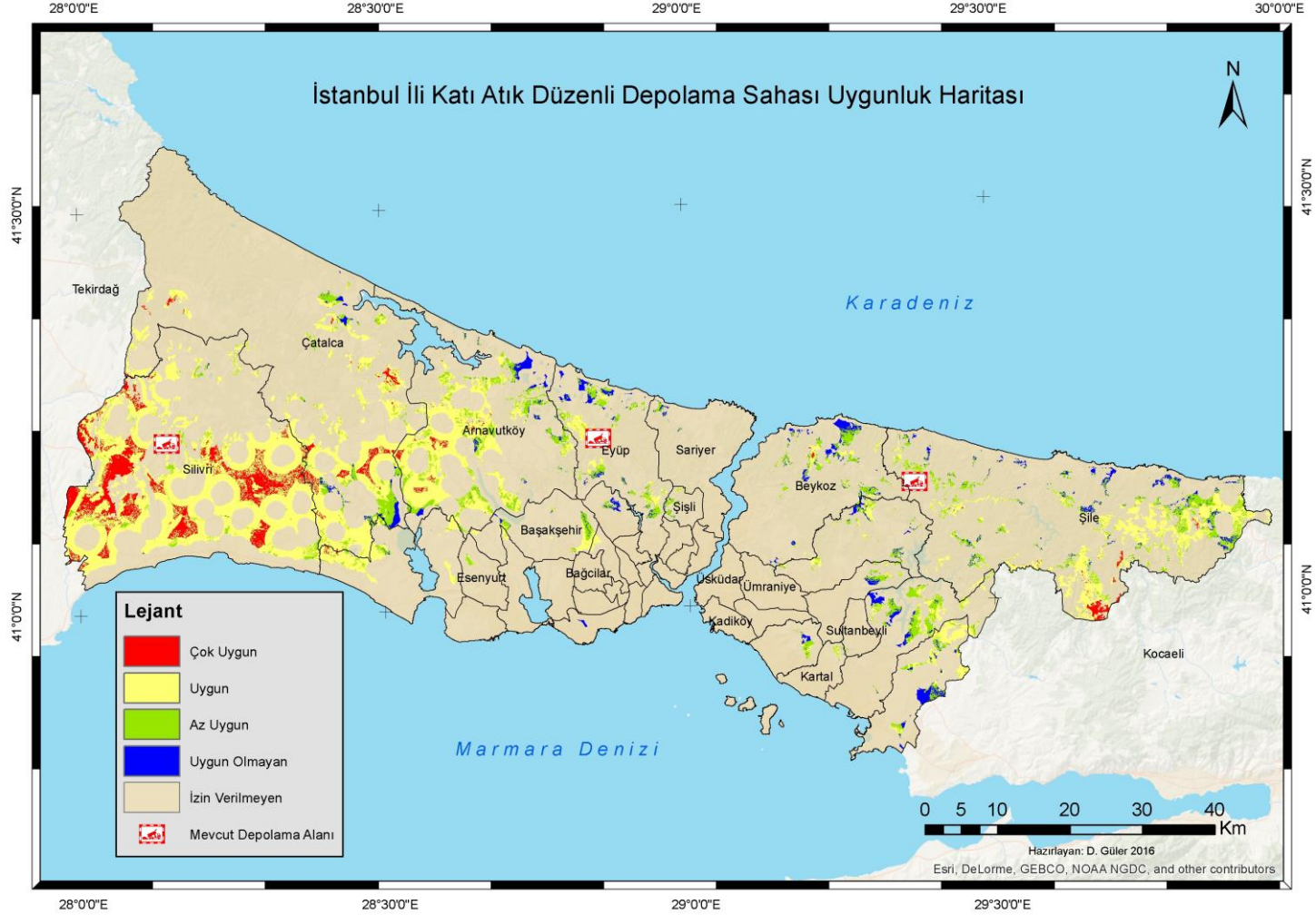
ağırlıklı toplama yöntemiyle çakıştırılmıştır. Her bir faktöre ait ağırlık AHY yöntemiyle daha önce hesaplanmıştır. Çakıştırma işleminin sonucunda elde edilen veri maskeleme (mask) aracına girdi olarak verilmiştir. Yönetmeliklerde katı atık depolama sahasının yapımına izin verilmeyen alanları içeren veri, modelin son aşamasında çakıştırma işleminin sonuç verisiyle maskelenmiştir. Bu işlem sonucunda en uygun yer seçimi analizi gerçekleştirilip sonuç verisi elde edilmektedir. Şekil 2.31’de ArcGIS yazılımında hazırlanan model görülmektedir.

2.8 Uygulama: İstanbul İçin Alternatif Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi

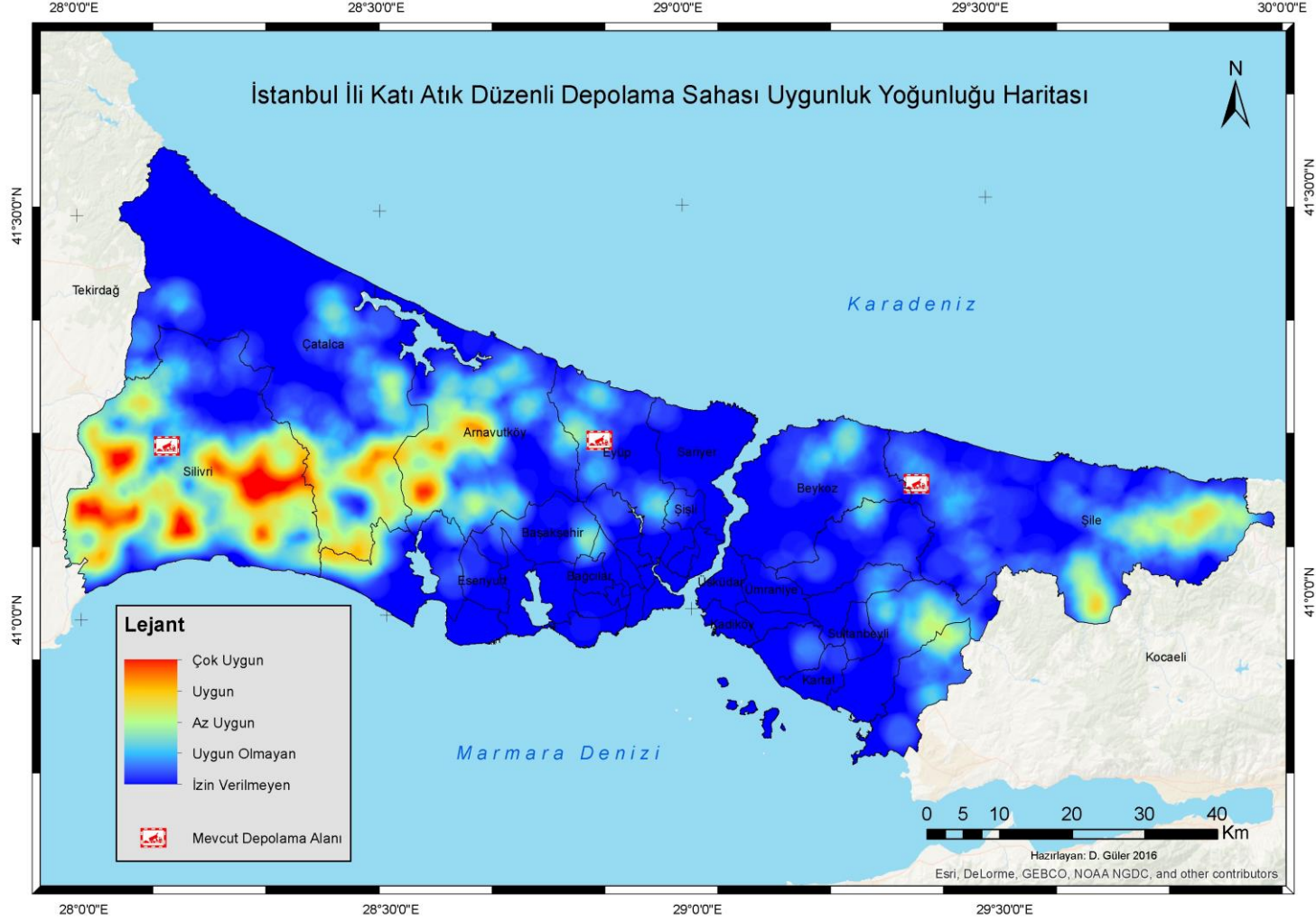
Tez kapsamında yapılan çalışmada İstanbul için en uygun alternatif katı atık düzenli depolama tesisi yer seçimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada toplam 11 adet faktör kullanılmıştır. CBS’nin imkân tanıdığı konumsal analizler yardımıyla Raster veri formatında sonuç bulunmuştur. Çalışmada piksel boyutu 30 m seçilmiştir. Oluşturulan modelin çalıştırılmasıyla elde edilen veriyi içeren harita Şekil 2.32’de görülmektedir. Şekil 2.33’de görüldüğü üzere elde edilen uygunluk verisinden “heat map” (ısı-yoğunluk haritası) üretilmiştir.



Şekil 2.31 : Katı atık yer seçimi işlemi için hazırlanan model.



Şekil 2.32 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritası.



Şekil 2.33 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası uygunluk yoğunluğu haritası.

3. BULGULAR

3.1 Tespit Edilen Alternatif Alanların Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalar sonucunda katı atık düzenli depolama sahası için alternatif alanlar tespit edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen alanlar; uygun olmayan, az uygun, uygun ve çok uygun olmak üzere sınıflandırılmıştır. Yasal sınırlandırmalar ışığında çalışma bölgesinin %80'i izin verilmeyen alan olarak sınıflandırılmıştır. Çizelge 3.1'de oluşturulan sınıflara ait alansal bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 3.1 : Sınıfların alansal bilgileri.

Sınıf	Alan (km ²)	Alan (ha)	Yüzde (%)
İzin verilmeyen	43275400000	432754	80
Uygun olmayan	62660700	6266	1
Az uygun	195818400	19582	4
Uygun	691184700	69118	13
Çok uygun	105576300	10558	2

Çalışma bölgesinin %1'i uygun olmayan, %4'ü az uygun, %13'ü uygun ve %2'si çok uygun olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.6'da tespit edilen çok uygun alanlar içinden seçilen beş adet bölge görülmektedir.

1 numaralı bölge İstanbul'un Silivri ilçesi E-80 otoyolu ve Çerkezköy gişelerine yakın konumda yer almaktadır. Şekil 3.1'de bölgeye ait arazi görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.1 : 1 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.

Bölgede hâkim olarak kullanılmayan araziler mevcuttur. Yakınında Çamlık orman alanı yer almaktadır.

2 numaralı bölge Silivri ilçesine bağlı Çeltik köyü yakınlarında yer almaktadır. Bölgede hâkim olarak kullanılmayan ve tarım arazileri hakimdir. Karayoluna yakın konumda bulunmaktadır. Şekil 3.2’de bölgeye ait arazi görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.2 : 2 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.

3 numaralı bölge Silivri ilçesi sınırlarında yer alan Fenerköy ile Gazitepe arasındaki alanda yer almaktadır. Bölgede hakim olarak tarım ve kullanılmayan araziler ile çiftlikler mevcuttur. Şekil 3.3’de bölgeye ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.3 : 3 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.

4 numaralı bölge Silivri ilçesine bağlı Alipaşa mevkiinde yer almaktadır. Bölgede hâkim olarak tarım alanları yer almaktadır. Şekil 3.4’de bölgeye ait arazi görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.4 : 4 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.

5 numaralı bölge Anadolu Yakası’nda yer almaktadır. Şile ilçesine bağlı Değirmençayı mevkiine yakın alanda bulunmaktadır. Şekil 3.5’de bölgeye ait uydu görüntüsü yer almaktadır.



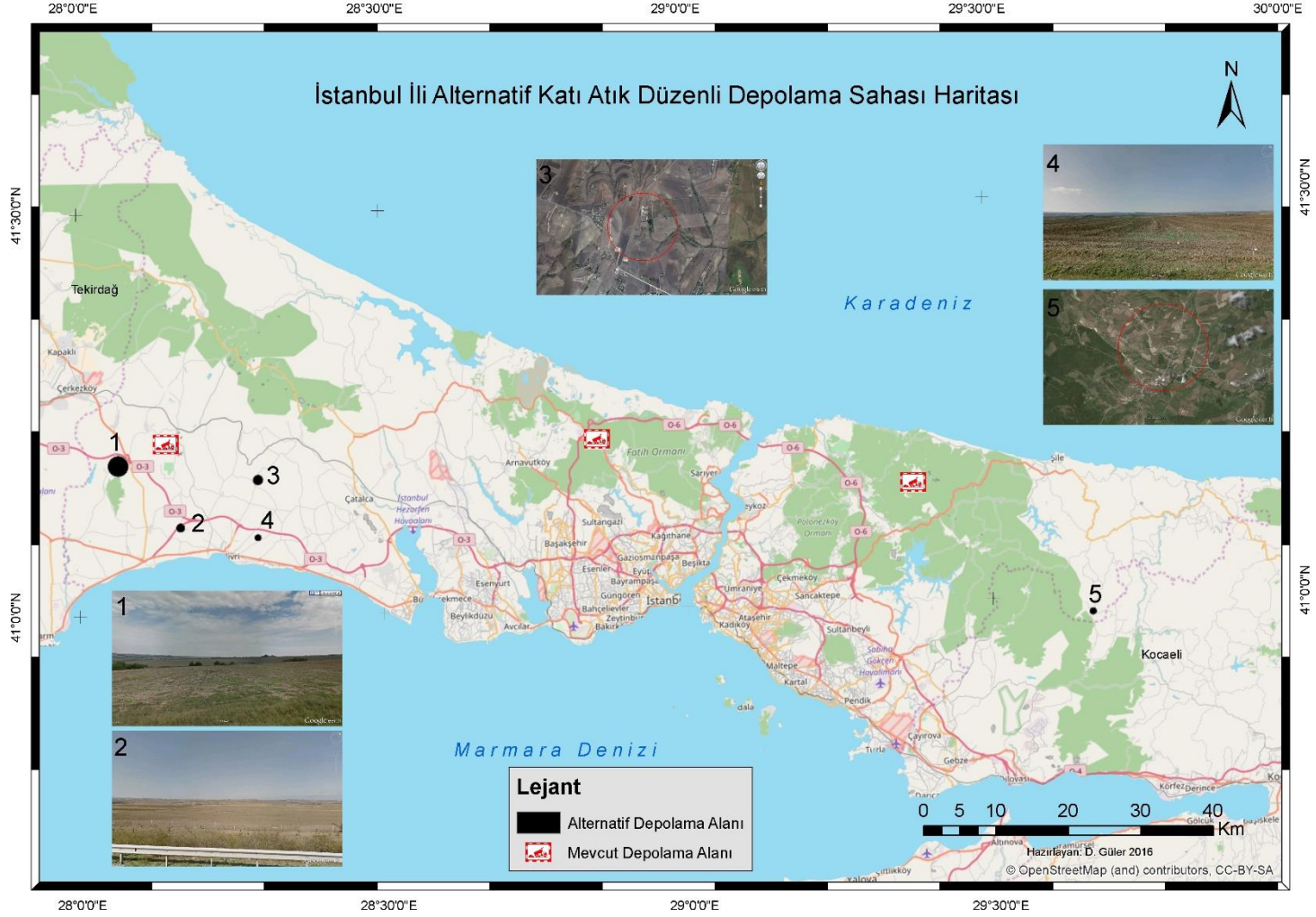
Şekil 3.5 : 5 numaralı alternatif katı atık düzenli depolama alanı.

Değerlendirmeler sonucunda arazi kullanımı ve çevresel şartlar açısından en uygun bölge 1 numara olarak kararlaştırılmıştır. Bölgeye çok yakın anayol bulunması istasyonlardan taşınan katı atıklar için maliyeti azaltacaktır. Yerleşim yerlerine uzak konumda bulunmaktadır. 1 numaralı bölge yakınında 2016 yılında hizmete açılan mevcut Silivri Yemen Depolama Sahası bulunmaktadır. İleriye dönük alternatif alanlar bulunması hedeflendiğinden diğer mevcut sahalar işlevini yitirdiğinde 1 numaralı bölge yüksek derecede uygunluğa sahiptir. 1 numaralı bölgeden sonra çok uygun alanlardan 4 numaralı bölge alternatif olarak düşünülebilir. Genellikle tarım arazilerinden oluşan bölge karayolu yakın olmasından dolayı aktarma istasyonlarından taşınacak katı atık taşıtlarının maliyetini de düşürecektir.

3.2 Mevcut Depolama Tesislerinin İrdelenmesi

İstanbul'da mevcut toplam 3 adet düzenli depolama sahası işletilmektedir. Anadolu Yakası'nda Kömürcüoda, Avrupa Yakası'nda ise Odayeri ve Silivri Seymen düzenli depolama sahaları bulunmaktadır. Kullanımda olan tesisler yapım yıllarındaki çevresel ve yasal özelliklere göre yer seçimi işlemi yapılarak hizmete açılmışlardır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarda bulunan uygun alanlar içerisinde mevcut depolama sahalarının yer alıp almadığı irdelenmiştir.

Odayeri düzenli depolama alanı çalışma sonucunda elde edilen uygun alanlar içerisinde yer almaktadır. Silivri Seymen düzenli depolama alanı çalışmada arazi kullanımı özelliklerinden ormanlık alana denk gelmektedir. Bu yüzden çalışmada izin verilmeyen alan olarak sınıflandırılan bölgede bulunmaktadır. Mevcut alan çalışmada elde edilen uygun alanlara çok kısa mesafede yer almaktadır. Kömürcüoda düzenli depolama alanı da Silivri Seymen gibi ormanlık alan içerisinde yer almakta olup izin verilmeyen bölgede bulunmaktadır. Kömürcüoda depolama sahasının bulunduğu alan yapılan çalışmada elde edilen az uygun sınıflandırmasına çok yakın konumda bulunmaktadır. Şekil 3.6'da analizlerin sonucunda bulunan uygunluk sınıflandırmalarıyla mevcut katı atık düzenli depolama alanlarını gösteren harita bulunmaktadır.



Şekil 3.6 : İstanbul ili alternatif katı atık düzenli depolama sahası haritası.

3.3 Modelin İrdelenmesi

Yapılan çalışmalardan biri olan katı atık depolama alanı yer seçimi işlemi için dinamik bir model oluşturulması kapsamında irdelenmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesinin özelliklerine göre girdi olarak kullanılacak veriler, ağırlıklar ve parametreler üzerinde değişiklik yapılabilmektedir.

3.3.1 Piksel boyutunun irdelenmesi

Çalışmada kullanılan verilerin piksel değerleri ve literatürdeki çalışmalara göre piksel boyutu 30 m olarak seçilmiştir. Vektör veri formatında bulunan karayolları, havalimanları, katı atık aktarma istasyonları ve korunan alanlar faktörlerine ait veriler 30 m piksel boyutlu Raster verilere dönüştürülerek analiz sonuçları elde edilmiştir. Modelin irdelenmesi anlamında piksel boyutu 100 m seçilerek model tekrar çalıştırılmıştır. Modelin ürettiği sonuç verisi incelendiğinde 30 m piksel boyutuyla oluşturulan sınıflandırma değerlerinin çalışma bölgesi içerisindeki yüzdelere 100 m piksel boyutlu sonuç verisiyle oldukça yakın olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda elde edilen bölgeler konumsal özelliklerine göre değerlendirilerek nihai alternatif alan için karar verilmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan veriler 30 m ve daha küçük piksel boyutuna sahip olduğu için seçilen piksel boyutu kullanılabilmektedir. Gerçekleştirilebilecek farklı çalışmalarda yeterli çözünürlükte veriler elde edilemediğinde 100 m gibi yüksek piksel boyutlarının kullanılarak sonuçlara ulaşılabileceği görülmüştür. Ancak çalışma bölgesi küçüldükçe karar verilecek bölgelerin kapladığı küçük alanlar dahi önemli olacaktır. Bu yüzden piksel boyutunun artırılması çalışmada ulaşılabilecek sonuçlarda düşük doğruluğa neden olabilecektir. Çizelge 3.2’de piksel boyutlarına göre oluşturulan alan yüzdeleri görülmektedir.

Çizelge 3.2 : Piksel boyutlarına göre alan yüzdeleri.

Sınıf	100 m Yüzde (%)	30 m Yüzde (%)
İzin verilmeyen	80	80
Uygun olmayan	1	1
Az uygun	3,9	4
Uygun	12,8	13
Çok uygun	2	2

3.3.2 Kriter ağırlıklarının irdelenmesi

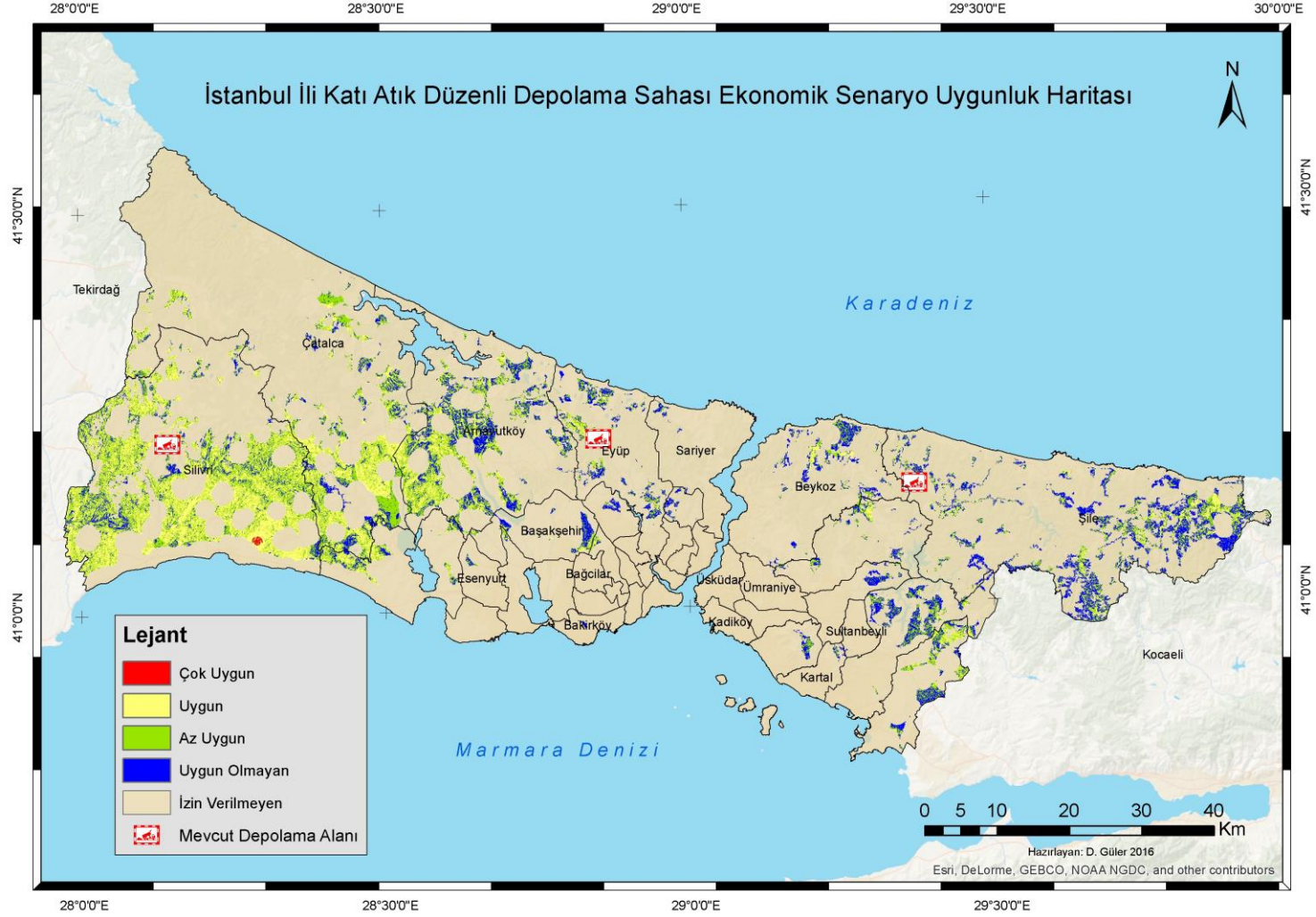
Yapılan çalışmada ÇKKVY'den AHY kullanılarak katı atık depolama alanı için yer seçimine etki eden kriterlerin önem derecelerine göre karşılaştırılmaları gerçekleştirilerek ağırlıkları belirlenmiştir. Çalıştırılan modelde ağırlıklı çakıştırma işlemi için hesaplanan ağırlıklar Çizelge 2.17'de görülebilmektedir. AHY hiyerarşisinde çevresel faktörler 0,75 ve ekonomik faktörler 0,25 olarak hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelenerek belirlenen bu ağırlıklar modelin irdelenmesi adına değiştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. AHY hiyerarşisinde çevreci bir senaryo oluşturulmuştur. Ekonomik bir senaryo oluşturulması düşünülerek çevresel faktörler 0,25 ve ekonomik faktörler 0,75 olarak hesaplanarak alt kriterlerin ağırlıkları tekrar hesaplanmıştır. Çizelge 3.3'de ekonomik senaryoya göre yeniden hesaplanan ağırlıklar bulunmaktadır.

Çizelge 3.3 : Ekonomik senaryo ağırlıkları.

Hedef A	Hiyerarşi B	Hiyerarşi C	Ağırlık
A	B ₁	C ₁	0.03492375
		C ₂	0.02724175
		C ₃	0.04413350
		C ₄	0.04920500
		C ₅	0.01504950
		C ₆	0.03912725
		C ₇	0.04031925
	B ₂	C ₈	0.40547325
		C ₉	0.19013100
		C ₁₀	0.08806050
		C ₁₁	0.06633525

Matriste A uygun depolama sahası, B₁ çevresel faktörler ve B₂ ekonomik faktörler, C₁ arazi kullanımı, C₂ jeoloji, C₃ yerleşim alanlarına uzaklık, C₄ yüzey sularına uzaklık, C₅ nüfus yoğunluğu, C₆ havalimanlarına uzaklık, C₇ korunan alanlara uzaklık C₈ eğim, C₉ katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık, C₁₀ arazi değerleri, C₁₁ karayollarına uzaklık kriterleridir.

Model yeniden hesaplanan ağırlıklar işlenerek yeniden çalıştırılmıştır ve ekonomik senaryo için sonuç verisi elde edilmiştir. Şekil 3.7'deki sonuç incelendiğinde çok “uygun” sınıftaki alanların azaldığı ve “uygun olmayan” sınıftaki alanların arttığı görülmüştür. Çevresel ve ekonomik iki senaryo arasında belirlenen ağırlıklarla birlikte yer seçiminde farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan modelin farklı kriter ağırlıklarıyla farklı çalışmalarda kullanılabileceği görülmüştür.



Şekil 3.7 : İstanbul ili katı atık düzenli depolama sahası ekonomik senaryo uygunluk haritası.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentleşmeyle birlikte nüfusun hızla arttığı ve sonucunda toplumlarda oluşan tüketiminde artmasıyla da oluşan katı atık miktarının fazlalaştığı görülmektedir. Çevresel problemin ortadan kaldırılması amacıyla katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolama işlemidir. Çalışmada düzenli depolama tesisinin kurulabileceği alternatif yer seçimi analizi İstanbul ili için gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada CBS'nin imkân sağladığı konumsal analizler ve ÇKKVY'den AHY kullanılmıştır. İstanbul'daki mevcut depolama sahası durumu incelenmiş ve ileriye dönük olarak alternatif yer seçimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama sahası yer seçimi için kullanılacak faktörler yasal düzenlemeler, çalışma bölgesinin özellikleri ve literatür araştırmasıyla belirlenmiştir. Çalışmada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 adet faktör kullanılmıştır. Çevresel faktörler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik faktörler ise eğim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Faktörlere ait alt kriterler standart bir şekilde derecelendirilip ve AHY yöntemiyle hesaplanan ağırlıklarla çarpılarak tüm kriterlerin çalışmada kullanılan sonuç ağırlıkları hesaplanmıştır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin etkin analiz kapasitesinde daha fazla yararlanmak adına, çalışmada dinamik bir model oluşturularak yapılacak analizlerin daha hızlı ve doğru sonuç vermesi sağlanmıştır. Oluşturulan model girdi olarak kullanılan veri katmanlarıyla çalıştırılarak sonuç verisi elde edilmiştir. Elde edilen sonuç verisi depolama sahası için uygunluklarına göre sınıflandırılarak sonuç haritası oluşturulmuştur. Aday olarak bölgeler seçilmiş ve değerlendirilmeleri sonucunda alternatif katı atık depolama sahası önerilmiştir.

Model sonucunda elde edilen çıktıyla mevcut depolama sahalarının uygunlukları irdelenmiştir. Yapılacak çalışmalarda, oluşturulan modelin çalışma bölgesine ve kullanılacak verilerin özelliklerine göre düzenlenerek fayda sağlayabileceği

gösterilmiştir. CBS'nin büyük hacimli konumsal nitelikli verilerle çalışabilirliğiyle çevresel problemlerdeki çözümlerde önemli bir araç olduğu ispatlanmıştır.

Değerlendirmeler sonucunda arazi kullanımı ve çevresel şartlar açısından en uygun bölge 1 numara olarak kararlaştırılmıştır. Bölgeye çok yakın anayol bulunması istasyonlardan taşınan katı atıklar için maliyeti azaltacaktır. Yerleşim yerlerine uzak konumda bulunmaktadır. 1 numaralı bölge yakınında 2016 yılında hizmete açılan mevcut Silivri Yemen Depolama Sahası bulunmaktadır. İleriye dönük alternatif alanlar bulunması hedeflendiğinden diğer mevcut sahalar işlevini yitirdiğinde 1 numaralı bölge yüksek derecede uygunluğa sahiptir. 1 numaralı bölgeden sonra çok uygun alanlardan 4 numaralı bölge alternatif olarak düşünülebilir. Genellikle tarım arazilerinden oluşan bölge karayolu yakın olmasından dolayı aktarma istasyonlarından taşınacak katı atık taşıtlarının maliyetini de düşürecektir.

Çalışma sonucunda Odayeri düzenli depolama alanı çalışma sonucunda elde edilen uygun alanlar içerisinde yer almaktadır. Silivri Seymen düzenli depolama alanı çalışmada arazi kullanımı özelliklerinden ormanlık alana denk gelmektedir. Bu yüzden çalışmada izin verilmeyen alan olarak sınıflandırılan bölgede bulunmaktadır. Mevcut alan çalışmada elde edilen uygun alanlara çok kısa mesafede yer almaktadır. Kömürcüoda düzenli depolama alanı da Silivri Seymen gibi ormanlık alan içerisinde yer almakta olup izin verilmeyen bölgede bulunmaktadır. Kömürcüoda depolama sahasının bulunduğu alan yapılan çalışmada elde edilen az uygun sınıflandırmasına çok yakın konumda bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan modelin irdelenmesi anlamında piksel boyutu 100 m seçilerek model tekrar çalıştırılmıştır. Modelin ürettiği sonuç verisi incelendiğinde 30 m piksel boyutuyla oluşturulan sınıflandırma değerlerinin çalışma bölgesi içerisindeki yüzdelere 100 m piksel boyutlu sonuç verisiyle oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Gerçekleştirilen irdelemelerde ekonomik bir senaryo oluşturulmuştur. Yapılan analizlerin sonuçları incelendiğinde çok “uygun” sınıftaki alanların azaldığı ve “uygun olmayan” sınıftaki alanların arttığı görülmüştür. Çevresel ve ekonomik iki senaryo arasında belirlenen ağırlıklarla birlikte yer seçiminde farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan modelin farklı kriter ağırlıklarıyla farklı çalışmalarda kullanılabileceği görülmüştür.

Tez çalışması bünyesinde yapılan araştırma ve irdelemeler sonucunda aşağıdaki temel sonuçlara ulaşılmıştır;

- AHY katı atık düzenli depolama alanlarının tespiti için etkili bir karar destek yöntemidir,
- CBS alternatif karar-destek araçları açısından etkin bir bilgi sistemidir,
- Düzenli depolama alanı yer seçimi için çalışma bölgesinin şartları önem arz etmektedir,
- Piksel boyutu seçimi çalışma bölgesine göre değerlendirilmesi gereken bir bileşendir,
- Model kullanılması çalışmalardaki irdelemeler açısından fayda sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Siddiqui, M. Z., Everett, J. W. ve Vieux, B. E.** (1996). Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. *Journal of Environmental Engineering*, 122 (6), 515-523.
- [2] **Kao, J. J. ve Lin, H. V.** (1996). Multifactor Spatial Analysis For Landfill Siting. *Journal of Environmental Engineering*, 122 (10), 902-908.
- [3] **Basağaoğlu, H., Celenk, E., Mariulo, M. A. ve Usul, N.** (1997). Selection Of Waste Disposal Sites Using Gis. *Journal of The American Water Resources Association*, 33 (2), 455-464.
- [4] **Baban, S. M. J. ve Flannagan, J.** (1998). Developing and Implementing GIS-assisted Constraints Criteria for Planning Landfill Sites in the UK. *Planning Practice & Research*, 13 (2), 139-151.
- [5] **Kao, J. J. ve Lin, H. V.** (1999). Enhanced Spatial Model For Landfill Siting Analysis. *Journal of Environmental Engineering*, 125 (9), 845-851.
- [6] **Gupta, R., Kewalramani, M. A. ve Ralegaonkar, R. V.** (2003). Environmental Impact Analysis Using Fuzzy Relation for Landfill Siting. *Journal of Urban Planning and Development*, 129 (3), 121-139.
- [7] **Kontos, T. D., Komilis, D. P. ve Halvadakis, C. P.** (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, 25, 818-832.
- [8] **Sener, B., Süzen, M. L. ve Doyuran, V.** (2006). Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology*, 49, 376-388.
- [9] **Mahini, A. S. ve Gholamalifard, M.** (2006). Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3 (4), 435-445.
- [10] **Sumathi, V. R., Natesan, U. ve Chinmoy, S.** (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, 28, 2146-2160.
- [11] **Changa, N., Parvathinathanb, P. ve Breeden, J. B.** (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Engineering*, 87, 139-153.

- [12] **Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L. ve Lijun, C.** (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Engineering*, 90, 2414-2421.
- [13] **Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. A. ve Zienalyan, M.** (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Management*, 30, 912-920.
- [14] **Şener, Ş., Şener, E., Nas, B. ve Karagüzel, R.** (2010). Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30, 2037-2046.
- [15] **Şener, Ş., Şener, E. ve Karagüzel, R.** (2011). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 533-554.
- [16] **Yıldırım, Ü.** (2012). *Mersin ili için alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi prosesi ve coğrafi bilgi sistemi yöntemleriyle saptanması.* (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- [17] **Yıldırım, V.** (2012). Application of raster-based GIS techniques in the siting of landfills in Trabzon Province, Turkey: a case study. *Waste Management & Research*, 30 (9), 949-960.
- [18] **Yesilnacar, M. I., Süzen, M. L., Şener Kaya, B. ve Doyuran, V.** (2012). Municipal solid waste landfill site selection for the city of Şanlıurfa-Turkey: an example using MCDA integrated with GIS. *International Journal of Digital Earth*, 5 (2), 147-164.
- [19] **Yal, G. P. ve Akgün, H.** (2013). Landfill site selection utilizing TOPSIS methodology and clay liner geotechnical characterization: a case study for Ankara, Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73, 369-388.
- [20] **Baba, M. E., Kayastha, P. ve Smedt, F. D.** (2015). Landfill site selection using multi-criteria evaluation in the GIS interface: a case study from the Gaza Strip, Palestine. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 7499-7513.
- [21] **Monsef, H. A.** (2015). Optimization of municipal landfill siting in the Red Sea coastal desert using geographic information system, remote sensing and an analytical hierarchy process. *Environmental Earth Sciences*, 74, 2283-2296.
- [22] **Djokanovic, S., Abolmasov, B. ve Jevremovic, D.** (2016). GIS application for landfill site selection: a case study in Pancevo, Serbia. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 1273-1299.
- [23] **Maguiri, A. E., Kissi, B., Idrissi, L. ve Souabi, S.** (2016). Landfill site selection using GIS, remote sensing and multicriteria decision analysis: case of the city of Mohammedia, Morocco. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 1301-1309.

- [24] **Kao, J. J. ve Lin, H. V.** (2005). Grid-Based Heuristic Method for Multifactor Landfill Siting. *Journal of Computing In Civil Engineering*, 19 (4), 369-376.
- [25] **Sadek, S., El-Fadel, M. ve Freiha, F.** (2006). Compliance factors within a GIS-based framework for landfill siting. *International Journal of Environmental Studies*, 63, 71-86.
- [26] **Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. A., Voudrias, E., Petalas, C. ve Stravodimos, G.** (2007). Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. *Environmental Geology*, 51, 797-811.
- [27] **Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A. ve Ramos, A.** (2008). Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 473-481.
- [28] **Nas, B., Cay, T., Iscan, F. ve Berktaş, A.** (2010). Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 491-500.
- [29] **Bah, Y. ve Tsiko, R. G.** (2011). Landfill Site Selection by Integrating Geographical Information Systems and Multi-Criteria Decision Analysis: A Case Study of Freetown, Sierra Leone. *African Geographical Review*, 30 (1), 67-99.
- [30] **Donevska, K. R., Gorsevski, P. V., Jovanovski, M. ve Pesevski, I.** (2012). Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. *Environmental Earth Sciences*, 67, 121-131.
- [31] **Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D. ve Frizado, J. P.** (2012). Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Management*, 32, 287-296.
- [32] **Vasiljevic, T. Z., Srdjevic, Z., Bajcetic, R. ve Miloradov, M. V.** (2012). GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia. *Environmental Management*, 49, 445-458.
- [33] **Ghobadi, M. H., Babazadeh, R. ve Bagheri, V.** (2013). Siting MSW landfills by combining AHP with GIS in Hamedan province, western Iran. *Environmental Earth Sciences*, 70, 1823-1840.
- [34] **Yal, G. P. ve Akgün, H.** (2013). Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 70, 2729-2752.
- [35] **Arkoc, O.** (2014). Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Çorlu, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 4975-4985.
- [36] **Rathore, S., Ahmad, S. R. ve Shirazi, S. A.** (2015). Application of GIS based model in landfill site selection: a case study of Lahore, Pakistan. *Pakistan Journal of Science*, 67 (4), 359-364.

- [37] **Demesouka, O. E., Vavatsikos, A. P. ve Anagnostopoulos, K. P.** (2016). Using Macbeth multicriteria technique for GIS-based landfill suitability analysis. *Journal of Environmental Engineering*, 142 (10), 1-10.
- [38] **Hokkanen, J. ve Salminen, P.** (1997). Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 98, 19-36.
- [39] **Ngoc, U. N. ve Schnitzer, H.** (2009). Sustainable solutions for solid waste management in Southeast Asian countries. *Waste Management*, 29, 1982-1995.
- [40] **Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları.** (2015). Erişim: 20.10.2016, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21507>
- [41] **Belediye Atık İstatistikleri.** (2014). Erişim: 20.10.2016, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18777>
- [42] **Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. ve Rhind, D. W.** (2001). *Geographic Information Systems and Science*. İngiltere.
- [43] **Malczewski, J.** (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), 703-726.
- [44] **Kozak, K. H., Graham, C. H. ve Wiens, J. J.** (2008). Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 23 (3), 141-148.
- [45] **Foody, G. M.** (2008). GIS: biodiversity applications. *Progress in Physical Geography*, 32 (2), 223-235.
- [46] **Ligang, C. ve Xuben, W.** (2014). GIS for archeological data. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 7 (3), 1347-1363.
- [47] **Yomralıoğlu, T.** (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Türkiye.
- [48] **Saaty, T. L.** (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.
- [49] **Malczewski, J.** (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. Kanada.
- [50] **Saaty, T. L. ve Vargas, L. G.** (2001). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York.
- [51] **Saaty, T. L.** (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24 (6), 19-43.
- [52] **Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98.
- [53] **Saaty, T. L. ve Kearns, K. P.** (1985). Analytical Planning: The Organization of System. Birleşik Krallık.
- [54] **Vaidya, O. S. ve Kumar, S.** (2006). Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.

- [55] **Eleren, A.** (2007). Markaların tüketici tercih kriterlerine göre analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi: beyaz eşya sektöründe bir uygulama *Yönetim ve Ekonomi*, 14 (2), 47-64.
- [56] **Aydın, Ö., Öznehir, S. ve Akçalı, E.** (2009). Ankara için optimal hastane yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci ile modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 69-86.
- [57] **Yalçın, A.** (2005). *Ardeşen (Rize) Yöresinin Heyelan Duyarlılığı Açısından İrdelenmesi*. (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [58] **Saaty, T. L.** (2004). Decision making – the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13 (1), 1-35.
- [59] **Tchobanoglous, G. ve Kreith, F.** (2002). Handbook of Solid Waste Management. Amerika Birleşik Devletleri.
- [60] **Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.** (1991). T. C. Resmi Gazete, 20814, 14 Mart 1991.
- [61] **Belediyeler Kanunu.** (1930). T. C. Resmi Gazete, 1471, 14 Nisan 1930.
- [62] **Çevre Kanunu.** (1983). T. C. Resmi Gazete, 18132, 11 Ağustos 1983.
- [63] **Büyükşehir Belediyesi Kanunu.** (2004). T. C. Resmi Gazete, 25531, 23 Temmuz 2004.
- [64] **Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik.** (2010). T. C. Resmi Gazete, 27533, 26 Mart 2010.
- [65] **T.C. Kalkınma Bakanlığı.** (2013). *Onuncu Kalkınma Planı*. Ankara.
- [66] **Kaya, P.** (2013). *Yerel Yönetimlerde Katı Atık Yönetiminin Maliyet Analizi: Türkiye Geneli ve İstanbul İli Örneği*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [67] **Atık Yönetimi Müdürlüğü.** (t.y.). Erişim: 11.11.2016, <https://atikyonetimi.ibb.gov.tr/>
- [68] **Coğrafi Konum ve Stratejik Önem.** (t.y.). Erişim: 02.11.2016, http://www.ibb.gov.tr/sites/ks/tr-TR/0-Istanbul-Tanitim/konum/Pages/Cografi_Konum_ve_Stratejik_Onem.aspx
- [69] **Resmi İstatistikler.** (t.y.). Erişim: 02.11.2016, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL>
- [70] **Copernicus land monitoring services.** (t.y.). Erişim: 21.11.2016, <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>
- [71] **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.** (2004). T. C. Resmi Gazete, 25687, 31 Aralık 2004.
- [72] **İstanbul İl ve İlçe Alan Bilgileri.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Pages/IlceveIlkKademe.aspx>
- [73] **İstanbul Yeni Havalimanı.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, <http://www.igairport.com/>

- [74] **Orman ve Su İşleri Bakanlığı Korunan Alanları.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, http://www.milliparklar.gov.tr/AnaSayfa/googleearth_kmz.aspx?sflang=tr
- [75] **Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/index.asp>
- [76] **Akbari, V., Rajabi, M. A., Chavoshi, S. H. ve Shams, R.** (2008). Landfill Site Selection by Combining GIS and Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis, Case Study: Bandar Abbas, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 3 (1), 39-47.
- [77] **2014 Yılı Asgari Ölçüde Arsa ve Arazi Metrekare Birim Değerleri.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, https://intvd.gib.gov.tr/2014_Emlak_Arsa/
- [78] **BPMSG AHP Priority Calculator.** (t.y.). Erişim: 06.11.2016, http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php
- [79] **What is ModelBuilder?** (t.y.). Erişim: 07.11.2016, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Doğuş Güler
Doğum Tarihi ve Yeri : 04.10.1991, İstanbul
E-posta : gulerdo.dogus@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lise** : 2009, Üsküdar Lisesi (Anadolu)
- **Lisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Müh.