

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği

Doğuş Güler¹, Tahsin Yomralioğlu¹

¹İTÜ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak İstanbul, Türkiye
e-posta:(gulerdo, tahsin)@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.02.2017 ; Kabul Tarihi: 28.07.2017

Özet

Günümüzde katı atık yönetimi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için oldukça önemli çevresel olgulardan biridir. Atık yönetiminde kullanılan yöntemler zaman içinde değişim göstermektedir, ancak katı atıkların bertaraf edilme yöntemlerinden biri olan düzenli depolama fazlaca kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir. Özellikle büyük kentlerde artan nüfusla birlikte oluşacak katı atık miktarında da hızlı bir artış görülmeye 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, bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS/GIS) ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak İstanbul ili için alternatif deponi yer seçimi işlemi gerçekleştirılmıştır. Yapılan çalışmada, ülkemize ait mevzuatlar da dikkate alınarak, bu tür araştırmalarda en çok tercih edilen kriterler CBS destekli olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 kriter kullanılmıştır. Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise eğim, aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Çalışma kapsamında deponi yer seçimi işlemi için CBS tabanlı dinamik bir model oluşturulmuştur. AHY ile ağırlıkları hesaplanan kriterlerin İstanbul iline ait veri katmanları CBS'nin sağladığı konumsal analiz araçları yardımıyla analiz edilerek alternatif çözüm önerileri üretilmiştir. Sonuçta karar vericilere yol gösterecek dijital harita altlıklarını, CBS destekli dinamik bir model yapısıyla oluşturulmuştur.

Landfill Site Selection with Geographic Information Systems and Analytic Hierarchy Process: A Case Study Istanbul

Keywords

Abstract

Geographic Information Systems, Landfill Site Selection, GIS, AHP	Today, solid waste management is one of the most important environmental issues for the nations. Methods used in waste management change over time, but landfilling, one of the methods of disposal of solid wastes, is widely used. It is expected that there will be a rapid increase for waste to be generated together with the increasing population especially in big cities. Solid waste landfill 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 storage location selection process for the Istanbul province of Turkey was carried out by using Geographical Information Systems (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP) of Multicriteria Decision Making Methods from information technologies. Considering the legislation of our country, the most preferred factors related to the literature survey were evaluated with GIS support. 11 factors were used in the study, two of which belong to two main categories: environmental and economic. Environmental factors; Land use, geology, settlement areas, surface waters, population density, airports and protected areas. Economic factors are a slope, solid waste transfer stations, land values, and roads. In the scope of the study, a dynamic model based on GIS was created for the landfill site selection process. Alternative solution proposals have been produced by analysing the criteria of the AHP and the weighted data of the Istanbul province with the help of the spatial analysis tools provided by GIS. As a result, the digital map bases leading to the decision makers were formed with a dynamic model supported by GIS.
---	--

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Günümüzde toplumların nitelikli bir yaşam tarzı sürdürmesi için öncelikle ihtiyaçlar, usul ve esaslar belirlenmekte ve bunlar en uygun kaynak, teknik ve yöntemler yardımıyla, hedeflere uygun olarak en doğru şekilde uygulanmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamında çevresel hizmetlerde önemli bir yere sahip olan kentsel katı atık yönetimi de tüm dünyada ciddiyetle yaklaşılan bir konudur. Bilgi sistemlerinden biri olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çevresel sorunların çözümünde kullanılan önemli teknolojik araçlardan biri olup konumsal bilgileri yönlendirilen işlemlerde etkin role sahiptir (Yomralioğlu, 2000).

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 (Hokkanen ve Salminen, 1997). Gelişmekte olan ülkelerde insan nüfusunun ve ilişkili olarak insan kökenli aktivitelerin artışı kentleşmeyi hızlandırmıştır (Sumathi ve dig., 2008). Artan nüfus, tüketim modellerinin değişmesi, ekonomik büyümeye, kazancın değişmesi, kentleşme ve endüstrileşmenin sonucunda, katı atık üretimi ve çeşitliliği artış göstermiştir (Ngoc ve Schnitzer,

2009).

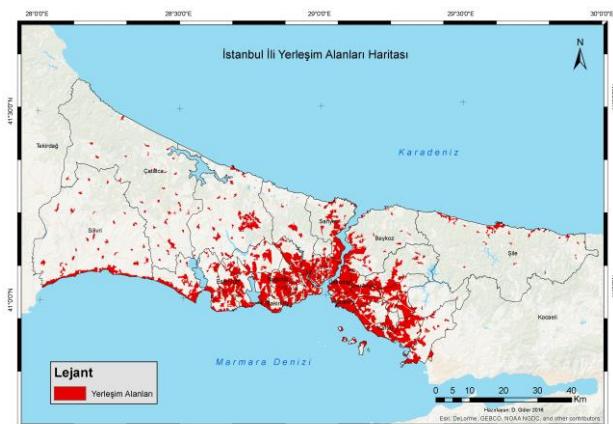
Atık yönetimi ve atık imha alternatifleri, karar vericiler ile konunun ilgili taraflarını içeren karmaşık bir süreçtir. En uygun düzenli depolama sahası yer seçimi; yönetimsel kısıtlamalar ve yönetmeliklerdeki kıtasların yanı sıra fiziksel uygulama koşulları ile çevresel, ekonomik, sağlık ve sosyokültürel etkilerin en aza indirildiği bir işlemin sonucudur (Sadek ve dig., 2006; Yıldırım, 2012). Monsef (2015) tarafından yapılan çalışmada son yıllarda hızla büyuyen ve bir turistik bölge 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 kriterler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda üç farklı alternatif depolama sahası belirlenmiştir. Djokanovic ve dig. (2016) tarafından yürütülen çalışma da ise karmaşık bir süreç olan katı atık depolama alanı tespiti jeoloji mühendislerinin bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Bu çalışmada CBS ve AHY yöntemleri ile Sırbistan'ın Pancevo bölgesi için alternatif depolama alanları tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda bölgenin %62'sinin uygun değil ve %12'sinin ise çok uygun olduğu belirlenmiştir. Maguire ve dig. (2016) hızlı gelişmekte olan ülkelerden Fas'ın Mohammedia

şehri için CBS, uzaktan algılama ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY) yöntemlerini kullanarak alternatif depolama sahaları belirlemiştir. Çalışmada binalardan uzaklık, yüzey suları, arazi kullanımı ve eğim gibi veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda üç alternatifli depolama alanı tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada Türkiye'nin Marmara bölgesinin kuzeybatısında yer alan ve ülkenin en kalabalık ili olan İstanbul ili idari sınırlarını kapsayan bir bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Yapılan konumsal analizlerde kullanılan tüm kriterlerde aynı sınırlar kullanılmıştır. Şekil 1'de çalışma bölgesi olarak seçilen İstanbul iline ait yerleşim yoğunluk haritası görülmektedir.



Şekil 1. İstanbul İli yerleşim yoğunluk haritası

2.2. Kriter Ağırlıklarının AHY ile Belirlenmesi

1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen teorem, ayrık ve devamlı ikili karşılaştırmaları çoklu hiyerarşik yapıda oranlayarak kullanır. Karşılaştırmalar, gerçek ölçmelerden eldedilebileceği gibi tercihlerin ve hislerin kuvvetliliğine göre temel ölçekte de elde edilebilirler. AHY, ÇKKVY'den biri olarak nicel ve nitel ölçmelerle sayısal ölçekte bir yöntem sağlar. 1 ile 9 arasında derecelendirme yapılarak karşılaştırma ortaya konur. 1 eşit önem derecesine sahipken 9 kesinlikle daha önemli olduğunu

göstermektedir. AHY ölçek esasları Tablo 1'de görülmektedir. 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 öz-değer 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 (Saaty ve Kearns, 1985; Vaidya ve Kumar, 2006).

Yapılan çalışmada AHY yöntemi için ülkemize ait yönetmelikte belirtilen kısıtlamalarla birlikte literatür araştırması yapılarak en yoğun olarak kullanılan kriterler değerlendirilmiştir (Guiqin ve diğ., 2009; Şener ve diğ., 2010; Donevska ve diğ., 2012; Vasiljevic ve diğ., 2012; Yal ve Akgün, 2013; Shahabi ve diğ., 2014; Baba ve diğ., 2015; Yıldırım ve Güler, 2016).

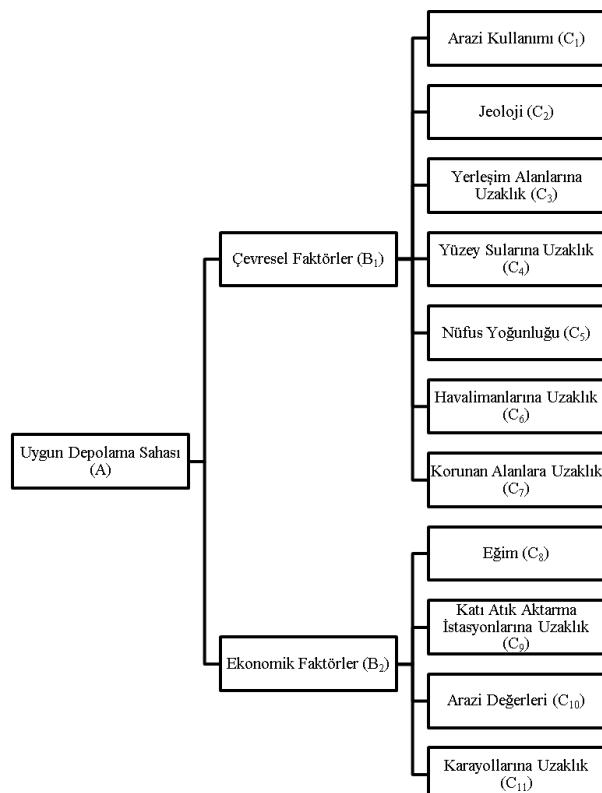
Ayrıca çalışma bölgesinin özellikleri göz önüne alınarak kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Çalışmada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 adet kriter kullanılmıştır (Güler, 2016). Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise eğim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Belirlenen kriterler katı atık depolama sahası uygunluğuna göre alt kriterlere ayrılmış ve değerler atanmıştır. Değerler tüm kriterler için standardın sağlanmasının 0 ile 5 aralığında atanmıştır. Çalışmada oluşturulan AHY uygun deponi alanı hiyerarşi modeli Şekil 2'de yer almaktadır.

Tablo 1. AHY ölçek esasları (Saaty, 2008)

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önem	İki faaliyette hedefe eşit derecede katkı sağlıyor
3	Orta derecede önem	Tecrübeler ve kani bir faaliyeti diğerine nispeten tercih edilir kıiyor
5	Güçlü derecede önem	Tecrübeler ve kani bir faaliyeti diğerine kuvvetlice tercih edilir kıiyor
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

Arazi kullanımı, yerleşim alanı ve yüzey sularına ait bilgiler CORINE Arazi Örtüsü'nün 2012 yılına ait güncel verisindenelde edilmiştir(Şekil 3).İstanbul'a ait jeoloji verisi Avustralya'nın Orr & Associates adlı kurumundansağlanmıştır. Nüfus yoğunluğunu içeren veri İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)'nden elde edilmiştir. Havalimanı kriteri için İstanbul'da bulunan mevcut havalimanları ve 2018'de faaliyete geçirilmesi planlanan yeni havalimanına ait koordinat bilgileri Google Maps üzerinden elde edilmiş, CBS ortamına aktarilarak kullanılacak katman oluşturulmuştur. İstanbul'da korunan alanlara ait konumsal veriler Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. ASTER uydusuna ait sayısal yükseklik modelinin CBS'de analiz edilmesiyle eğim grupları 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 işlenip uyarlanmasıyla oluşturulmuştur. Karayollarına ait veriler Trans-Tools isimli AB projesinden temin edilmiştir.



Şekil 2. Uygun deponi alanı hiyerarşi modeli

Kriterlere ait ağırlık matrisi ise Tablo 2'de görülmektedir. Matriste A uygun deponi alanı, B1 çevresel kriterler, B2 ekonomik kriterlerdir. C1 arazi kullanımı, C2 jeoloji, C3 yerleşim alanlarına uzaklık, C4 yüzey sularına uzaklık, C5 nüfus yoğunluğu, C6 havalimanlarına uzaklık, C7 korunan alanlara uzaklık kriterleridir. C8 eğim, C9 katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık, C10 arazi değerleri, C11 karayollarına uzaklık kriterleridir. W ise kriterlerin ağırlıklarını temsil etmektedir.

Çalışmada her bir kriterle karşılık gelecek coğrafi veri setleri ayrı ayrı üretilerek konumsal analizlere tabi tutulmuştur. Veri setlerine örnek olarak, havalimanları ve su yüzeylerine ait oluşturulan yeniden sınıflandırma haritaları Şekil 4 ve Şekil 5'de görülebilmektedir.

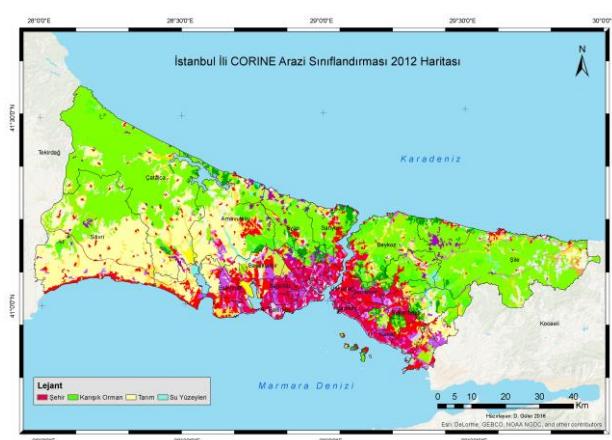
Tablo 2. Kriter ağırlık matrisi

Hedef A	Hiyerarşi B	Hiyerarşi C	Ağırlık
A	B1	C1	0,10477125
		C2	0,08172525

	C3	0,13240050
	C4	0,14761500
	C5	0,04514850
	C6	0,11738175
	C7	0,12095775
B2	C8	0,13515775
	C9	0,06337700
	C10	0,02935350
	C11	0,02211175



Şekil 5. İstanbul ili su yüzeyleri yeniden sınıflandırma haritası



Şekil 3. İstanbul ili arazi kullanım haritası (CORINE)



Şekil 4. İstanbul ili havalimanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

2.3. Deponi Alanı Yer Seçimi için Model Geliştirilmesi

Katı atık deponi alanı yer seçimi için kullanılan kriterler ve ağırlıklar çalışma bölgесine 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 esnasında ortaya çıkabilecek hataları minimize edebilecektir. Yapılan çalışmanın amaçlarından biri de katı atık deponi sahası yer seçimi işlemi için model hazırlamaktır.

Geçerleşecek herhangi bir yönetmelik değişikliğinde getirilen sınırlandırmaların farklılaşması halinde model içinde düzenleme yapılarak sonuca çok kısa sürede ulaşılabilicektir. 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. Model, çalışmada kullanılan verilere göre hazırlanmıştır. Farklı çalışmalarında aynı model kullanılarak değişik kriterlerle yer seçimi işlemi gerçekleştirilebilecektir. Model özelliklerinde piksel boyutu 30 m olarak seçilmiştir. Bu sayede model içerisindeki işlem adımlarında varsayılan olarak piksel boyutu

düzenlenmiştir. Piksel boyutunun yanı sıra çalışma bölgesinin sınırları da model özelliklerinde varsayılan olarak ayarlanmıştır. Alt kriter olarak uzaklık içeren veriler için Öklid uzaklığını hesaplama aracı modele eklenmiştir. Aracın çalışmasıyla elde edilen veriler daha önce karar verilen kriter aralıklarına göre yeniden sınıflandırma işlemine girdi değeri olacak şekilde bağlantı kurulmuştur. Yeniden sınıflandırma aracının çalışmasıyla oluşturulan veriler ağırlıklı toplama yöntemiyle çakıştırılmıştır. Her bir kriterde ait ağırlık AHY ile 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 gerçekleştiriliip sonuç verisi elde edilmektedir.

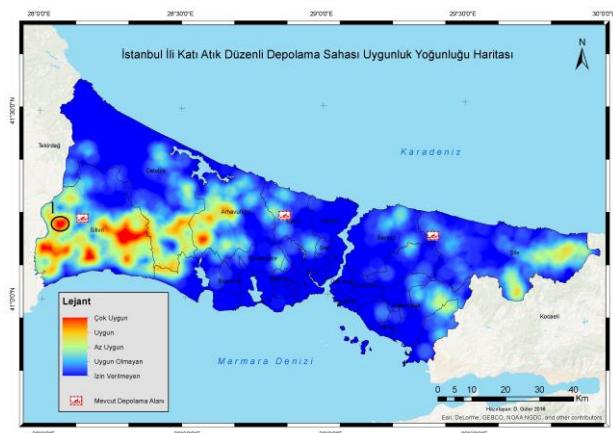
3. Bulgular

Bu çalışmada, toplam 11 adet kriter kullanılarak, İstanbul için en uygun alternatif katı atık düzenli deponi tesisi yer seçimi işlemi gerçekleştirilmiştir. CBS'nin imkân tanıdığı konumsal analizler yardımıyla Raster veri formatında sonuç haritaları üretilmiştir. Çalışmada piksel boyutu 30X30 metreolarak ele alınmıştır. Oluşturulan modelin çalıştırılmasıyla elde edilen veriyi içeren "heat-map" (ısı-haritası) Şekil 6'da görülmektedir. AHY'de oluşturulan karşılaştırma matrislerinde elde edilen Tutarlılık Oranları (TO)'nın teoremde istenilen değer olan 0,10'nun altında olduğu için hesaplanan ağırlıklar anlamlı olarak değerlendirilip kullanılabilmektedir.

Analiz sonucunda elde edilen alanlar; uygun olmayan, az uygun, uygun ve çok uygun olmak üzere sınıflandırılmıştır. Yasal sınırlamalar ışığında çalışma bölgesinin %80'i izin verilmeyen alan olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma bölgesinin %1'i uygun olmayan, %4'ü az uygun, %13'ü uygun ve %2'si çok uygun alan olarak tespit edilmiştir.

Değerlendirmeler sonucunda arazi kullanımı ve

çevresel şartlar açısından en uygun alan İstanbul'un Silivri ilçesi E-80 otoyolu ve Çerkezköy güşelerine yakın konumda yer alan bölge olarak kararlaştırılmıştır. Bölgeye çok yakın anayol bulunması istasyonlardan taşınan katı atıklar için maliyeti de azaltacaktır. Bölge, yerleşim yerlerine uzak konumdadır. Şekil 6'da 1 numara ile gösterilen 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.



Şekil 6. İstanbul ili katı atık düzenli deponi alanı uygunluk haritası

İstanbul'da hâlihazırda toplam üç adet düzenli depolama sahası işletilmektedir. Bunlar, Anadolu Yakası'nda Kömürcüoda, Avrupa Yakası'nda ise Odayeri ve Silivri Seymen düzenli depolama sahalarıdır. 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 olmadığı da ayrıca irdelenmiştir.

İstanbul-Odayeri düzenli depolama alanı çalışma sonucunda elde edilen uygun bölge içerisinde yer almaktadır. Silivri Seymen düzenli depolama alanı çalışmada arazi kullanımı özelliklerinden ormanlık alana isabet etmektedir. Bu nedenle çalışmada izin verilmeyen alan olarak sınıflandırılan bölgede bulunmaktadır. Mevcut saha, çalışmada elde edilen

uygun alanlara çok kısa mesafede yer almaktadır. Kömürcüoda düzenli depolama alanı da Silivri Seymen gibi ormanlık alan içerisinde yer almaktadır. izin verilmeyen bölgede bulunmaktadır. Kömürcüoda depolama sahasının bulunduğu alan yapılançalışmada elde edilen az uygun sınıflandırmasına çok yakın konumda bulunmaktadır.

3.1 Piksel Boyutunun İrdelenmesi

Çalışmada kullanılan verilerin piksel değerleri ve literatürdeki çalışmalarla göre piksel boyutu 30X30 metre olarak seçilmiştir. Vektör veri formatında bulunan karayolları, havalimanları, katı atık aktarma istasyonları ve korunan alanlar kriterlerine ait veriler 30 metre piksel boyutlu Raster verilere dönüştürülmüş analiz sonuçları elde edilmiştir. Modelin irdelenmesi anlamında piksel boyutu 100X100 metre seçilerek model tekrar çalıştırılmıştır. Modelin ürettiği sonuç verisi incelendiğinde 30 metre piksel boyutuyla oluşturulan sınıflandırma değerlerinin çalışma bölgesi içerisindeki yüzdekerinin 100 metre piksel boyutlu sonuç verisiyle oldukça yakın olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda elde edilen bölgeler konumsal özelliklerine göre değerlendirilerek nihai alternatif alan için karar verilmektedir.

3.2 Kriter Ağırlıklarının İrdelenmesi

AHY yaklaşımında çevresel kriterler %75, ekonomik kriterler %25 olarak hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelenerek belirlenen bu ağırlıklar modelin irdelenmesi adına değiştirilerek sonuçlar ayrıca yeniden değerlendirilmiştir. Ekonomik bir senaryo oluşturulması düşünülerek, bu defa çevresel kriterler %25, ekonomik kriterler %75 olarak dikkate alınıp alt kriterlerin ağırlıkları tekrar hesaplanmıştır. Model, yeniden hesaplanan ağırlıklar işlenerek yeniden çalıştırılmıştır ve ekonomik senaryo için sonuç verisi elde edilmiştir. Sonuç incelendiğinde “çok uygun” sınıfındaki alanların azlığı ve “uygun olmayan” sınıfındaki alanların artlığı görülmüştür. Beklendiği üzere, 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.

4. Sonuç

Günümüzde hızlı nüfus artışıyla birlikte kentleşme sürecinin de hızlandığı ve bunun doğal bir sonucu olarak toplumsal tüketimlerde katı atık miktarının fazla olduğu görülmektedir. Bu kapsamda oluşan çevresel sorunların çözümü amacıyla katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolama işlemi tercih edilmektedir. Ancak bu amaçla en uygun yer tespiti, karar-vericiler için oldukça karmaşık ve zor bir konumsal nitelikli problemdir. Bu çalışmada düzenli depolama tesisinin kurulabileceği alternatif yer seçimi analizleri coğrafi bilgi sistemlerinin etkin analiz kapasiteleri ile gerçekleştirilmişdir. CBS tabanlı dinamik bir model oluşturularak söz konusu analizlerin daha hızlı ve doğru sonuç vermesi sağlanmıştır. İstanbul ili örnek alınarak, model sonucunda elde edilen çıktıyla mevcut deponi sahalarının uygunlukları irdelenmiştir. Yapılacak çalışmalarda, oluşturulan modelin çalışma bölgesine ve kullanılacak verilerin özelliklerine göre düzenlenerek fayda sağlayabileceği görülmüştür. CBS'nin büyük hacimli coğrafi verilerle çalışabilirliğiyle çevresel problemlerdeki çözümlerde önemli bir araç olduğu bir kez daha doğrulanmıştır. CBS entegreli, AHY'nin özellikle katı atık düzenli deponi alanlarının tespiti için etkili bir karar destek yöntemi olduğu görülmüştür.

5. Kaynaklar

Baba, M.E., Kayastha, P., 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.

Djokanovic, S., Abolmasov, B., 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.

Donevska, K.R., Gorsevski, P.V., Jovanovski, M.,

- Pesevski, I., 2012. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. *Environmental Earth Sciences*, **67**, 121-131.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., 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.
- Güler, D., 2016. Analitik Hiyerarşî Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hokkanen, J., Salminen, P., 1997. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, **98**, 19-36.
- Maguire, A.E., Kissi, B., Idrissi, L., 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.
- 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.
- Ngoc, U.N., Schnitzer, H., 2009. Sustainable solutions for solid waste management in Southeast Asian countries. *Waste Management*, **29**, 1982–1995.
- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, **1**, 83-98.
- Saaty, T.L., Kearns, K.P., 1985. Analytical Planning: The Organization of System, United Kingdom.
- Sadek, S., El-Fadel, M., Freiha, F., 2006. Compliance factors within a GIS-based framework for landfill siting. *International Journal of Environmental Studies*, **63**, 71-86.
- Shahabi, H., Keihanfard, S., Ahmad, B.B., Amiri, M.J.T., 2014. Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. *Environmental Earth Sciences*, **71**, 4221-4233.
- Sumathi, V.R., Natesan, U., Chinmoy, S., 2008. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, **28**, 2146–2160.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., 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.
- Vaidya, O.S., Kumar, S., 2006. Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, **169**, 1-29.
- Vasiljevic, T.Z., Srdjevic, Z., Bajcetic, R., 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.
- Yal, G.P., Akgün, H., 2013. Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, **70**, 2729-2752.
- Yıldırım, Ü., Güler, C., 2016. Identification of suitable future municipal solid waste disposal sites for the Metropolitan Mersin (SE Turkey) using AHP and GIS techniques. *Environmental Earth Sciences*, **75**, 101.
- 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**, 949-960.

Yomralioğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, Trabzon.