

CO RAF B LG S STEMLER VE ANAL T K H YERAR YÖNTEM LE DÜZENL DEPON YER SEÇ M : STANBUL L ÖRNE

D. Güler^{a,*}, T. Yomralıo lu^a

^a TÜ, Geomatik Mühendisli i Bölümü, 34469 Maslak stanbul, Türkiye - (gulerdo, tahsin)@itu.edu.tr

ANAHTAR KEL MELER: Co rafi bilgi sistemleri, CBS, Analitik hiyerar i yöntemi, AHY, Çok kriterli karar verme

ÖZET:

Günümüzde katı atık yönetimi geli mi ve geli mekte olan ülkeler için oldukça önemli çevresel olgulardan biridir. Atık yönetiminde kullanılan yöntemler zaman içinde de i im göstermektedir, ancak katı atıkların bertaraf edilme yöntemlerinden biri olan düzenli depolama fazlaca kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir. Özellikle büyük kentlerde artan nüfusla birlikte olu acak katı atık miktarında da hızlı bir artı görülmeye başlanmıştır. Katı atık depolama sahaları çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinden dolayı yer seçimi i leminde oldukça önem gösterilmesi gereken yapılardır. Konumsal bilgi içeren problem çözümlerinde farklı disiplinlerin kullanılması çözüm için daha sa lıklı sonuçlar olu turaca ndan, bu çalı mada Co rafi Bilgi Sistemleri (CBS/GIS) ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerar i Yöntemi (AHY) kullanılarak stanbul ili için alternatif deponi yer seçimi i lemi gerçekleştirilmiştir. En uygun depolama sahası tespiti için kullanılacak kriterlere ait gerekli veriler belirlenmi ve farklı kaynaklardan elde edilmiştir. Yapılan çalı mada, ülkemize ait mevzuatlar da dikkate alınarak, bu tür ara tırmalarda en çok tercih edilen kriterler CBS destekli olarak de erlendirilmiştir. Çalı mada çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 kriter kullanılmıştır. Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerle im alanları, yüzey suları, nüfus yo unlu u, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise e im, aktarma istasyonları, arazi de erleri ve karayollarıdır. Çalı ma kapsamında deponi yer seçimi i lemi için CBS tabanlı dinamik bir model olu turulmu tur. AHY ile a ırlıkları hesaplanan kriterlerin stanbul iline ait veri katmanları CBS'nin sa ladı ı konumsal analiz araçları yardımıyla analiz edilerek alternatif çözüm önerileri üretilmiştir. Sonuçta karar vericilere yol gösterecek dijital harita altlıkları, CBS destekli dinamik bir model yapısıyla olu turulmu tur.

ABSTRACT:

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. The necessary data for the factors to be used for the most appropriate storage location determination were determined and obtained from different sources. 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.

1. G R

Günümüzde toplumların nitelikli bir ya am tarzı sürdürülebilmesi için öncelikle ihtiyaçlar, usul ve esaslar belirlenmekte ve bunlar en uygun kaynak, teknik ve yöntemler yardımıyla, hedeflere uygun olarak en do ru ekilde uygulanmaya çalı lmaktadır. Bu kapsamda çevresel hizmetlerde önemli bir yere sahip olan kentsel katı atık yönetimi de tüm dünyada ciddiyle yakla ılan bir konudur. Bilgi sistemlerinden biri olan Co rafi Bilgi Sistemleri (CBS) çevresel sorunların çözümünde kullanılan önemli teknolojik araçlardan biri olup konumsal bilgileri yönlendirilen i lemlerde etkin role sahiptir (Yomralıo lu, 2000).

Çevresel problemlerin acil çözümü son yıllarda daha çok anlaşılmıştır ve sorunlara gerçekçi çözümler üretebilmek için fazlaca çaba sarf edilmektedir. Maddi odaklı dü üncelerin yerine çok kriterli yöntemleri içeren çalı malar görülmektedir (Hokkanen ve Salminen, 1997). Geli mekte olan ülkelerde insan nüfusunun ve ili kili olarak insan kökenli aktivitelerin artı ı kentle meyi hızlandırmıştır (Sumathi ve di ., 2008). Artan nüfus, tüketim modellerinin de i mesi, ekonomik büyüme, kazancın de i mesi, kentle me ve endüstrilemenin sonucunda, katı atık üretimi ve çe itlili i artı göstermiştir (Ngoc ve Schnitzer, 2009).

Atık yönetimi ve atık imha alternatifleri, karar vericiler ile konunun ilgili taraflarını içeren karma ık bir süreçtir. En uygun düzenli depolama sahası yer seçimi; yönetsel kısıtlamalar ve

* Sorumlu Yazar

yönetmeliklerdeki kıstasların yanı sıra fiziksel uygulama ko ulları ile çevresel, ekonomik, sa lık ve sosyokültürel etkilerin en aza indirildi i bir i lemin sonucudur (Sadek ve di ., 2006; Yıldırım, 2012).

Monsef (2015) tarafından yapılan çalı ma da son yıllarda hızla büyüyen ve bir turist bölge olan Kızıldeniz için alternatif katı atık depolama sahası tespiti CBS ve AHY yöntemlerinden yararlanılarak tespit edilmiştir. Çalı ma da ula ım rotaları, havalimanları, yüzey suları ve yerle im alanları gibi farklı kriterler kullanılmıştır. Çalı ma sonucunda üç farklı alternatif depolama sahası belirlenmiştir. Djokanovic ve di . (2016) tarafından yürütülen çalı ma da ise karma ık bir süreç olan katı atık depolama alanı tespiti jeoloji mühendislerinin bakı açısıyla de erlendirilmiştir. Bu çalı ma da CBS ve AHY yöntemleri ile Sırbistan'ın Pancevo bölgesi için alternatif depolama alanları tespit edilmiştir. Çalı manın sonucunda bölgenin %62'sinin uygun de il ve %12'sinin ise çok uygun oldu u belirlenmiştir. Maguiri ve di . (2016) hızlı geli mekte olan ülkelerden Fas'ın Mohammedia ehri için CBS, uzaktan algılama ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY) yöntemlerini kullanarak alternatif depolama sahaları belirlemi lerdir. Çalı ma da binalardan uzaklık, yüzey suları, arazi kullanımı ve e im gibi veriler kullanılmıştır. Çalı manın sonucunda üç alternatifli depolama alanı tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalı ma Alanı

Bu çalı ma da Türkiye'nin Marmara bölgesinin kuzeybatısında yer alan ve ülkenin en kalabalık ili olan istanbul ili idari sınırlarını kapsayan bir bölge çalı ma alanı olarak seçilmiştir. Yapılan konumsal analizlerde kullanılan tüm kriterlerde aynı sınırlar kullanılmıştır. ekil 1'de çalı ma bölgesi olarak seçilen istanbul iline ait yerle im yo unluk haritası görülmektedir.



ekil 1. istanbul ili yerle im yo unluk haritası

2.2 Kriter A ırlıklarının AHY ile Belirlenmesi

1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geli tirilen teorem, ayrıntı ve devamlı ikili karar ılma yöntemleri çoklu hiyerar ik yapıda oranlayarak kullanılır. Kar ılma yöntemleri, gerçek ölçmelerden elde edilebilece i gibi tercihlerin ve hislerin kuvvetlili ine göre temel ölçekte de elde edilebilirler. AHY, ÇKKVY'den biri olarak nicel ve nitel ölçmelerle sayısal ölçekte bir yöntem sa lar. 1 ile 9 arasında derecelendirme yapılarak karar ılma ortaya konur. 1 e it önem derecesine sahipken 9 kesinlikle daha önemli

oldu unu göstermektedir. AHY ölçek esasları Çizelge 1'de görülmektedir. AHY metodolojisini açıklamak gerekirse;

- 1) Problemin tanımlanması ve hedefin belirlenmesi,
- 2) Hiyerar inin en üst basamaktan ba lanarak, hedef, kriter, alt kriter ve alternatifler olmak üzere farklı seviyelerde olu turulması,
- 3) Kar ılma matrisinin ilgili bölümlerde olu turulması,
- 4) En yüksek öz-de er vektörünün, tutarlılık göstergesinin, tutarlılık oranının ve her kriterin normalize de erlerinin bulunması,
- 5) Bulunan de erler tatmin ediciyse normalize a ırlıklar ile karar alma i leminin gerçekleştirilmesi, e er uygun de ilse i lemlerin tekrarlanarak hedeflenen aralı a ula ılması a amaları gerçekleştirilir (Saaty ve Kearns, 1985; Vaidya ve Kumar, 2006).

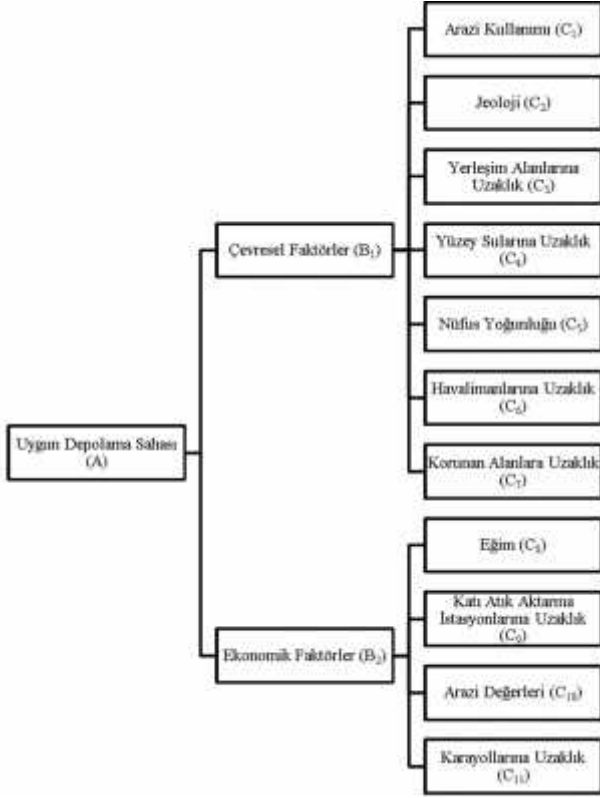
Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	En üst derecede önem	Bir faaliyette hedefe en üst derecede katkı sa lıyor
3	Orta derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti di erine nispeten tercih edilir kılıyor
5	Güçlü derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti di erine kuvvetlice tercih edilir kılıyor
7	Çok güçlü derecede önem	Bir faaliyet di erine çok kuvvetlice üstün geliyor ve bu üstünlük pratikte görülebiliyor
9	A ırı derece önem	Bir faaliyetin di erine olan üstünlü ün kanıtı yüksek olasılıkla teyit edilebiliyor
2,4,6,8	Ara de erler	Faaliyetler iki ard ık önem arasında kald ında kullanılıyor

Çizelge 1. AHY ölçek esasları (Saaty, 2008)

Yapılan çalı ma da AHY yöntemi için ülkemize ait yönetmelikte belirtilen kısıtlamalarla birlikte literatür ara tırması yapılarak en yo un olarak kullanılan kriterler de erlendirilmiştir (Guiqin ve di ., 2009; ener ve di ., 2010; Donevska ve di ., 2012; Vasiljevic ve di ., 2012; Yal ve Akgün, 2013; Shahabi ve di ., 2014; Baba ve di ., 2015; Yıldırım ve Güler, 2016). Ayrıca çalı ma bölgesinin özellikleri göz önüne alınarak kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Çalı ma da çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı ana kategoriye ait olmak üzere toplam 11 adet kriter kullanılmıştır (Güler, 2016). Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerle im alanları, yüzey suları, nüfus yo unlu u, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise e im, katı atık aktarma istasyonları, arazi de erleri ve karayollarıdır. Belirlenen kriterler katı atık depolama sahası uygunlu na göre alt kriterlere ayrı tırılması ve de erler atanmıştır. De erler tüm kriterler için standardın sa lanması için 0 ile 5 aralı nda atanmıştır. Çalı ma da olu turulan AHY uygun deponi alanı hiyerar i modeli ekil 2'de yer almaktadır.

Arazi kullanımı, yerle im alanı ve yüzey sularına ait bilgiler CORINE Arazi Örtüsü'nün 2012 yılına ait güncel verisinden elde edilmiştir (ekil 3). istanbul'a ait jeoloji verisi Avustralya'nın Orr & Associates adlı kurumundan sa lanmıştır. Nüfus yo unlu unu içeren veri istanbul Büyükşehir Belediyesi (BB)'nden elde edilmiştir. Havalimanı kriteri için istanbul'da bulunan mevcut havalimanları ve 2018'de faaliyete geçirilmesi

planlanan yeni havalimanına ait koordinat bilgileri Google Maps üzerinden elde edilmiş, CBS ortamına aktararak 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.



ekil 2. Uygun deponi alanı hiyerarşik modeli

Hedef A	Hiyerarşik B	Hiyerarşik C	A 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

Çizelge 2. Kriter ağırlık matrisi

İstanbul'daki katı atık aktarma istasyonlarına ait veriler BB Atık Yönetim Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Arazi değerlerini içeren bilgiler Gelir daresi Başkanlığı tarafından paylaşılan verilerin incelenip uyarlanmasıyla oluşturulmuştur. Karayollarına ait veriler Trans-Tools isimli AB projesinden temin edilmiştir.

Kriterlere ait ağırlık matrisi ise Çizelge 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 kritere 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 ekil 4 ve ekil 5'de görülebilmektedir.



ekil 3. İstanbul ili arazi kullanım haritası (CORINE)



ekil 4. İstanbul ili havalimanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası



ekil 5. stanbul ili su yüzeyleri yeniden sınıflandırma haritası

2.3 Deponi Alanı Yer Seçimi için Model Geliştirilmesi

Katı atık deponi alanı yer seçimi için kullanılan kriterler ve ağırlıklar çalılık bölgesine ve tercih edilen önem senaryosuna göre de iklik gösterebilmektedir. Ekonomik, çevresel veya sosyal içerikli senaryolar üretilebilmektedir. Bu i kriterlerin, de iklik yapılabilen dinamik bir model ile uygulanması kolaylık sağlayacak ve verilerle i lem yapılması esnasında ortaya çıkabilecek hataları minimize edebilecektir. Yapılan çalılık alanın amaçlarından biri de katı atık deponi sahası yer seçimi ilemi için model hazırlamaktır.

Gerçeklecek herhangi bir yönetmelik de ikli inde getirilen sınırlamaların farklılaşması halinde model içinde düzenleme yapılarak sonuca çok kısa sürede ulaşılabilecektir. Kriterlerin ağırlıkları farklı olarak hesaplandığında model sayesinde i lem adımları çok aza indirilebilecektir.

Çalılıkta kullanılan ArcGIS yazılımı içerisinde bulunan "Model Builder" modülü ile depolama sahası için model oluşturulmuştur. Model, çalılıkta kullanılan verilere göre hazırlanmıştır. Farklı çalılıkta aynı model kullanılarak de ik kriterlerle yer seçimi ilemi gerçekleştirilebilecektir. Model özelliklerinde piksel boyutu 30 m olarak seçilmiştir. Bu sayede model içerisindeki i lem adımlarında varsayılan olarak piksel boyutu düzenlenmiştir. Piksel boyutunun yanı sıra çalılıkta bölgesinin sınırları da model özelliklerinde varsayılan olarak ayarlanmıştır. Alt kriter olarak uzaklık içeren veriler için Öklid uzaklığı hesaplama aracı modele eklenmiştir. Aracın çalılık masıyla elde edilen veriler daha önce karar verilen kriter aralıklarına göre yeniden sınıflandırma ilemine girdi de erilecek şekilde ba lantı kurulmuştur. Yeniden sınıflandırma aracının çalılık masıyla oluşturulan veriler ağırlıklı toplama yöntemiyle çalılık tırılmıştır. Her bir kritere ait ağırlık AHY ile daha önce hesaplanmıştır. Çalılık tırma ilemine sonucunda elde edilen veri maskeleme (mask) aracına girdi olarak verilmiştir. Yönetmeliklerde katı atık depolama sahasının yapımına izin verilmeyen alanları içeren veri, modelin son aşamasında çalılık tırma ilemine sonuc verisiyle maskelenmiştir. Bu i lem sonucunda en uygun yer seçimi analizi gerçekleştirilip sonuç verisi elde edilmektedir.

3. BULGULAR

Bu çalılıkta, toplam 11 adet kriter kullanılarak, stanbul için en uygun alternatif katı atık düzenli deponi tesisi yer seçimi ilemi gerçekleştirilmiştir. CBS'nin imkân tanıdığı konumsal analizler yardımıyla Raster veri formatında sonuç haritaları

üretilmiştir. Çalılıkta piksel boyutu 30X30 metre olarak ele alınmıştır. Oluşturulan modelin çalılık tırılmasıyla elde edilen veriyi içeren "heat-map" (ısı-haritası) ekil 6'da görülmektedir. AHY'de oluşturulan kar ıla tırma matrislerinde elde edilen Tutarlılık Oranları (TO)'nın teoremden istenilen de er olan 0,10'nun altında olduğu için hesaplanan ağırlıklar anlamlı olarak de erlendirilip kullanılabilmektedir.

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

De erlendirmeler sonucunda arazi kullanımı ve çevresel artlar açısından en uygun alan stanbul'un Silivri ilçesi E-80 otoyolu ve Çerkezköy gibi elerine yakın konumda yer alan bölge olarak kararlaştırılmıştır. Bölgeye çok yakın anayol bulunması istasyonlardan ta nınan katı atıklar için maliyeti de azaltacaktır. Bölge, yerle im yerlerine uzak konumdadır. ekil 6'da 1 numaralı ile gösterilen bölge yakınında 2016 yılında hizmete açılan mevcut Silivri Yemem Depolama Sahası bulunmaktadır. leriye dönük alternatif alanlar bulunması hedeflendi inden de er mevcut sahalari levini yitirdi inde 1 numaralı bölge yüksek derecede uygunluğa sahiptir.



ekil 6. stanbul ili katı atık düzenli deponi alanı uygunluk haritası

stanbul'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 ilemi yapılarak hizmete açılmışlardır. Yapılan çalılıkta elde edilen sonuçlarda bulunan uygun alanlar içerisinde mevcut depolama sahalarının yer alıp almadığı da ayrıca irdelenmiştir.

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

çalı mada elde edilen az uygun sınıflandırmasına çok yakın konumda bulunmaktadır.

3.1 Pksel Boyutunun rdelenmesi

Çalı mada kullanılan verilerin piksel de erleri ve literatürdeki çalı malara göre piksel boyutu 30X30 metre olarak seçilmi tir. Vektör veri formatında bulunan karayolları, havalimanları, katı atık aktarma istasyonları ve korunan alanlar kriterlerine ait veriler 30 metre piksel boyutlu Raster verilere dönü türülerek analiz sonuçları elde edilmi tir. Modelin irdelenmesi anlamında piksel boyutu 100X100 metre seçilerek model tekrar çalı tırılmı tir. Modelin üretti i sonuç verisi incelendi inde 30 metre piksel boyutuyla olu turulan sınıflandırma de erlerinin çalı ma bölgesi içerisindeki yüzdelerinin 100 metre piksel boyutlu sonuç verisiyle oldukça yakın oldu u görülmü tür. Analizler sonucunda elde edilen bölgeler konumsal özelliklerine göre de erlendirilerek nihai alternatif alan için karar verilmektedir.

3.2 Kriter A ırlıklarının rdelenmesi

AHY yakla ımında çevresel kriterler %75, ekonomik kriterler %25 olarak hesaplanmı tir. Literatürdeki çalı malar incelenerek belirlenen bu a ırlıklar modelin irdelenmesi adına de i tirilerek sonuçlar ayrıca yeniden de erlendirilmi tir. Ekonomik bir senaryo olu turulması dü ünülerek, bu defa çevresel kriterler %25, ekonomik kriterler %75 olarak dikkate alınıp alt kriterlerin a ırlıkları tekrar hesaplanmı tir. Model, yeniden hesaplanan a ırlıklar i lenerek yeniden çalı tırılmı tir ve ekonomik senaryo için sonuç verisi elde edilmi tir. Sonuç incelendi inde “çok uygun” sınıfındaki alanların azaldı ı ve “uygun olmayan” sınıfındaki alanların arttı ı görülmü tür. Beklendi i üzere, çevresel ve ekonomik iki senaryo arasında belirlenen a ırlıklarla birlikte yer seçiminde farklı sonuçlara ula ıldı ı görülmü tür. Ayrıca kullanılan modelin farklı kriter a ırlıklarıyla farklı çalı malarda kullanılabilece i görülmü tür.

4. SONUÇ

Günümüzde hızlı nüfus artı ıyla birlikte kentle me sürecinin de hızlandı ı ve bunun do al bir sonucu olarak toplumsal tüketimlerde katı atık miktarının fazlala tı ı görülmektedir. Bu kapsamda olu an çevresel sorunların çözümü amacıyla katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolama i lemi tercih edilmektedir. Ancak bu amaçla en uygun yer tespiti, karar-vericiler için oldukça karma ık ve zor bir konumsal nitelikli problemidir. Bu çalı mada düzenli depolama tesisinin kurulabilece i alternatif yer seçimi analizleri co rafi bilgi sistemlerinin etkin analiz kapasiteleri ile gerçekle tirilmi tir. CBS tabanlı dinamik bir model olu turularak söz konusu analizlerin daha hızlı ve do ru sonuç vermesi sa lanmı tir. stanbul ili örnek alınarak, model sonucunda elde edilen çıktıyla mevcut deponi sahalarının uygunlukları irdelenmi tir. Yapılacak çalı malarda, olu turulan modelin çalı ma bölgesine ve kullanılacak verilerin özelliklerine göre düzenlenerek fayda sa layabilece i görülmü tür. CBS'nin büyük hacimli co rafi verilerle çalı abilirli iyle çevresel problemlerdeki çözümlerde önemli bir araç oldu u bir kez daha do rulanmı tir. CBS entegreli, AHY'nin özellikle katı atık düzenli deponi alanlarının tespiti için etkili bir karar destek yöntemi oldu u görülmü tür.

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 Hiyerar i Yöntemi ve Co rafi Bilgi Sistemleri ile Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: stanbul li Örne i. (Yüksek lisans tezi). stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.

Hokkanen, J., Salminen, P., 1997. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. *European Journal of Operational Research* 98, 19-36.

Maguiri, 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., Keihanfar, 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.

ener, ., ener, E., Nas, B., Karagüzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beyehir 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.

Yomralıo lu, T., 2000. Co rafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, Trabzon.