

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BULANIK MANTIK KULLANARAK KATI ATIK DEPOLAMA TESİSİ
İÇİN EN UYGUN KONUM BELİRLEME**

Burcu ÖZDEMİR KİPEL

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2017**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Burcu ÖZDEMİR KİPEL tarafından hazırlanan “**Bulanık Mantık Kullanarak Katı Atık Depolama Tesisi İçin En Uygun Konum Belirleme**” adlı tez çalışması 15/09/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bülent TUĞRUL
Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. Refik SAMET
Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Yrd. Doç. Dr. Emre SÜMER
Başkent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent TUĞRUL
Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15/09/2017



Burcu ÖZDEMİR KİPEL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BULANIK MANTIK KULLANARAK KATI ATIK DEPOLAMA TESİSİ İÇİN EN UYGUN KONUM BELİRLEME

Burcu ÖZDEMİR KİPEL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bülent TUĞRUL

Düzenli katı atık depoları, toplanan atıkların kontrollü olarak biriktirildiği ve sürekli kontrollerinin yapıldığı alanlardır. Düzenli depolama ile atıkların çevreye yaydığı kötü kokuların ve hastalık taşıyan hayvanların barınma ve çoğalmasının, atıkların zamanla toprak altına yapacağı sızıntılar ile yer altı sularının kirlenmesinin önüne geçilmesi hedeflenir. Düzenli depolama tesisi kurulumunda uygun yer seçimi halk sağlığı ve çevre bakımından kritik bir öneme sahiptir. Nüfusun ve üretimin artışı ile katı atık miktarı artmıştır ve kentleşmenin büyümesi ile katı atıkların uygun bir ortamda depolanması için mekân arayışları zorlaşmıştır. En iyi depolama alanını belirlemek için toprak kullanımı, deprem, ulaşım, yerleşim yerlerine uzaklık ve iklim gibi çevre faktörlerini tanımlamak gerekir fakat yer seçim problemlerinde kriterler her zaman kesin ve sayısal verilerle ifade edilmeyebilir. Günümüzde konum verilerine ulaşılma ve kullanılma oranlarının artmasıyla coğrafik veriler üzerinde mekânsal analizler yardımıyla yer seçim problemleri de kolaylaşmıştır. Bu tezin amacı; gelişen coğrafi bilgi sistemlerinin sağladığı mekânsal analiz tekniklerini bulanık mantık ile kullanarak birden fazla kriterle en uygun katı atık depolama tesis konumlarını belirlemektir. Ayrıca bulanık mantık ve klasik ölçeklendirme yöntemi kullanarak geliştirilen iki modelin sonuçlarını karşılaştırıp elde edilen bulguları değerlendirmektir.

Eylül 2017, 51 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Coğrafi Bilgi Sistemi, Katı Atık, Mekânsal Analiz, ArcGIS

ABSTRACT

Master Thesis

DEFİNİNG THE OPTIMUM LANDFİLL SITE LOCATION USING FUZZY LOGIC

Burcu ÖZDEMİR KİPEL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Bülent TUĞRUL

Landfill site locations are the areas where collected wastes are accumulated in a controlled manner. It's aimed to prevent the unpleasant smell that the wastes give off the environment, living and reproducing of disease-bearing animals and pollution of underground waters due to the leaks of wastes into the soil. Optimum landfill site selection for a regular solid waste storage has a critical importance for public health and environment with the increase in population and production. The amount of solid waste has increased and the seeking for places to store solid wastes in a suitable environment has become more difficult with the growth of urbanization. Environmental factors such as transportation and distance to settlement areas are needed to be defined to determine the optimum locations, but in some cases the criterias may not always be expressed as exact and numerical data. The purpose of this thesis is to determine the most suitable landfill site locations with more than one criterion using the spatial analysis techniques provided by developing geographic information systems with fuzzy logic. It is also to evaluate the findings obtained comparing the results of two models developed using fuzzy logic and classical scaling method.

September 2017, 51 pages

Key Words: Fuzzy Logic, Geographic Information System, Landfill Site, Spatial Analysis, ArcGIS

TEŞEKKÜR

Uzun bir aradan sonra bitirmeye karar verdiğim tez çalıőmamın danıőmanlıđını kabul eden, çalışma s¼recinde öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. B¼lent TUĞRUL'a (Ankara Üniversitesi Bilgisayar M¼hendisliđi Anabilim Dalı) en derin duygularımla teőekk¼r ederim.

Tez g¼zden geçirmesinde yardım eden babam Erdođan K¼PEL'e ve desteklerini esirgemeyen annem Melek K¼PEL'e ve kız kardeőlerime teőekk¼r ederim.

Her zaman yanımda olan, sabrını, yardımlarını hiç esirgemeyen, yoğun iő hayatıyla birlikte s¼rd¼rmeye çalıőtıđım tez çalıőmamda beni hep destekleyen canım eőim Onur K¼PEL'e, bug¼nlere gelmem de hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, varlığımı borç bildiğim annem Aynur ÖZDEMİR'e ve babam H¼seyin ÖZDEMİR'e minnetlerimi sunarım.

Burcu ÖZDEMİR K¼PEL

Ankara, Eyl¼l 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1 Metodoloji	11
3.2 Temel Kavramlar	12
3.2.1 Bulanık Mantık	12
3.2.2 Mekânsal Analiz.....	15
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR	21
4.1 Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi.....	21
4.2 Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi	23
4.3 Yer Seçim Modelinin Oluşturulması.....	35
4.4 Yer Seçimi.....	37
4.5 Bindirme Yöntemleri Karşılaştırması.....	40
5. SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR DİZİNİ

AASY	Analitik Ağ Süreci Yöntemi
AHY	Analitik Hiyerarşi Yöntemi
BTAY	Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
cm	Santimetre
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇKKVY	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
H	Hektar
HMO	Harita Mühendisleri Odası
km	Kilometre
M	Metre
SHP	Shapefile
TIN	Triangulated Irregular Network
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Doğrusal üyelik fonksiyonu	15
Şekil 3.2 Yamuk üyelik fonksiyonu	15
Şekil 4.1 i28-b2 Paftasına ait görüntü	21
Şekil 4.2 i28-b2 Vektörel harita görünümü	22
Şekil 4.3 Ana yollar – Yamuk üyelik fonksiyon grafiği ve formülü	24
Şekil 4.4 Yamuk üyelik fonksiyonu uygulanmış ana yollar öklid mesafe haritası	25
Şekil 4.5 Demir yolları – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü.....	26
Şekil 4.6 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış demir yolları öklid mesafe haritası	27
Şekil 4.7 Akarsular – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü.....	28
Şekil 4.8 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış akarsular öklid mesafe haritası	29
Şekil 4.9 Yerleşim bölgeleri – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü.....	30
Şekil 4.10 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış yerleşim öklid mesafe haritası	31
Şekil 4.11 Eğim – Small üyelik fonksiyon grafiği ve formülü	32
Şekil 4.12 Small üyelik fonksiyonu uygulanmış eğim haritası.....	33
Şekil 4.13 Bakı – Small üyelik fonksiyon grafiği ve formülü	34
Şekil 4.14 Small üyelik fonksiyonu uygulanmış bakı haritası.....	35
Şekil 4.15 Bulanık bindirme modeli	37
Şekil 4.16 Bulanık bindirme modeli ile yer seçim uygunluk haritası	38
Şekil 4.17 Ağırlıklı bindirme yöntemi	42
Şekil 4.18 Ağırlıklı bindirme modeli	43
Şekil 4.19 Bulanık ağırlıklı bindirme modeli.....	43
Şekil 4.20 Bindirme modelleri ile elde edilmiş en uygun yerler haritaları karşılaştırması	44
Şekil 4.21 En uygun yerler karşılaştırma haritası	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kesin küme tanımına göre boy kümesi.....	13
Çizelge 3.2 Bulanık küme tanımına göre boy kümesi	14
Çizelge 4.1 Uygunluk dereceleri ve alan büyüklükleri.....	39
Çizelge 4.2 Aday bölge konum bilgileri ve alan büyüklükleri	39
Çizelge 4.3 Aday bölgelerin özellikleri	39
Çizelge 4.4 Kriter değerlerinin puanlandırılması.....	41

1. GİRİŞ

Kentsel katı atıklarının güvenliğini ve emniyetini sağlamadan ortadan kaldırma, çevre sağlığını etkileyecek en önemli nedenlerden biridir. Atıkların türlerine göre yakma, düzensiz, düzenli depolama, geri kazanım ve kompost gibi atığı bertaraf etme yöntemleri vardır. Düzensiz depolama, atıkların hava, su ve görüntü kirliliğine yol açacak biçimde hiçbir tedbir alınmadan gelişigüzel bir alanda toplanmasıdır. Düzenli depolama, atıkların kontrollü olarak kabul edildiği, atıkların ortadan kaldırma işlemleri sonucu ortaya çıkan atıkların da kontrol edildiği bertaraf yöntemidir. Diğer bertaraf yöntemlerine göre daha az maliyetlidir. Düzenli depolama tesisinin yerinin belirlenmesi ise en önemli adımdır.

Düzenli katı atık depolama tesis alanı tespit çalışmalarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlediği 2010 yılında yayınlanan "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik" esas alınır. Yönetmelik'in 15. maddesine göre yer seçim kurallarından mekânsal analiz kapsamında incelenebilecek olan maddeler aşağıda listelenmiştir.

- Düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli metre olmak zorundadır.
- Orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzaklığı dikkate alınmalıdır.
- Bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri dikkate alınmalıdır.
- Sahanın topografik, jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumu dikkate alınmalıdır.
- Taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski dikkate alınmalıdır.
- Sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmaz.

2014 yılında Türkiye Belediyeler Birliği Atık Komisyonu tarafından hazırlanmış “Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı, Yer Seçimi ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı” isimli raporda yer seçimi ön eleme kriterleri aşğıdaki gibi belirlenmiştir.

- Yerleşim alanında mıdır?
- Yerleşim alanlarının 250 metreden yakınında mıdır?
- Su havzasını etkileyecek yakınlıkta mıdır?
- Ekolojik, tarihi değeri olan koruma alanları içinde midir?
- Böyle bir koruma alanına 150 m uzaklıkta mıdır?
- Askeri alan içinde midir?
- Su baskın alanı içinde midir?
- Havaalanına 5 km uzaklıkta mıdır?
- Mezarlığa 100 m uzaklıkta mıdır?
- Sahanın elde edilmesi imkânsız mıdır?

Yukarıda verilen kriterler incelendiğinde katı atık depolama tesisinin yerleşim yerlerine, ulaşım alanlarına, havaalanlarına, akarsulara olan yakınlık, uzaklık ilişkilerinin ve hedef bölgedeki özel kuruluş durumlarının değerlendirildiği görülmüştür. Bu nedenle katı atık depolama tesisi kurulumu Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak görülür.

ÇKKV yöntemleri, büyük ve karmaşık bilgi kullanılarak karar vericilerin karşılaştığı zorlukları ele alabilmek için kullanılır. Bu yöntemin prensibi karar problemlerini küçük anlaşılabilir parçalara bölerek her parçanın analizini gerçekleştirmek ve analiz sonuçlarını mantıksal davranışta bütünlemektir (Malczewski 1997). ÇKKV yöntemleri, birçok yöntemi içerir. Bu yöntemlerden bir tanesi bulanık mantığa dayalı çok kriterli karar analiz yöntemidir. Bulanık mantık ilk olarak Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Bulanık kümesi, nesnelerin üyeliklerinin sürekli devam ettiği sınıfı ifade eder (Zadeh 1965).

Literatürde katı atık depolama tesisi konumunu belirlemek için birden fazla yöntem kullanılmıştır. Fakat bunların çoğu temel olarak matematiksel niteliktedir ve çoğunlukla öznel düşünceleri göz ardı eder. Bir karar vericinin yer seçimindeki alternatif çözümleri değerlendirmesi için dilsel terimleri kullanması daha kolaydır (Önüt vd. 2008).

Bu tezin amacı; katı atık depolama tesisi yer seçim analizini bulanık mantık ile gerçekleştirerek karar vericilere tespit edilen bölgelerin uygunluk durumlarını sunmaktır. Ayrıca bulanık mantık ile yapılan analizin, klasik ölçeklendirme (ağırlıklandırma) yöntemiyle yapılan analize göre daha fazla konumun tespitini yaptığını göstermektedir.

Bu bağlamda incelenecek verilerin büyüklüğü ve çeşitliliği nedeniyle mekânsal analizleri gerçekleştirmek için CBS yazılımından faydalanılmıştır. Mekânsal analizlerde güçlü bir yazılım olan ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS ücretli bir yazılım olup geçici öğrenci lisansı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. CBS yazılımının mekânsal analiz, dönüştürme, istatistik araçlarından faydalanılmıştır.

Çalışma, beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, yapılacak çalışma anlatılmıştır. İkinci bölümde, literatürde CBS ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak katı atık depolama tesisi konumu belirleyen çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde geliştirilen metodoloji ve temel kavramlardan bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde katı atık depolama tesisinin konumunu belirlemek için yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Şener vd. (2006), çalışmasında Ankara ili için düzenli katı atık depolama alanı adaylarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Analiz çalışmasında topografi, yerleşim bölgeleri, ulaşım yolları (Otoban E90 ve köy yolları), tren yolları, havaalanları, sulak alanlar, alt yapılar (boru ve güç hatları), eğim, jeolojik, toprak alanları, taşkın yatakları, su yüzeyleri ve akifer olmak üzere 16 veri katmanı kullanılmıştır. Kriter değerleri, yükseklik 750 ile 1000 metre aralığında, kentsel alanlara uzaklık 1000 ile 30000 metre aralığında, kırsal alanlara uzaklık 1000 metre ve üzeri, ana yollara uzaklık 500 ile 2000 metre aralığında, küçük yollara uzaklık 100 ile 1000 metre aralığında ele alınmıştır. Eğim kriteri için 0 ile 15 derece arasında puanlandırma yapılmıştır. Diğer kriterler için uygun / uygun değil değerleri tanımlanmıştır. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi (BTAY) ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) olmak üzere iki yöntem uygulayarak analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır.

BTAY, çoklu karar verme tekniklerinden en basit ve en yaygın olarak kullanılmaktadır (Malczewski 1997). Değerlendirme puanı karar vericiler tarafından değerlendirme kriterinin önemi ile ilişkilendirilerek verilen ağırlığın ölçeklendirilmiş değer ile çarpılmasıyla hesaplanır. Şener vd. (2006), çalışmasında her bir kriter için tampon bölgeleri belirleyerek bu bölgeleri puanlandırmışlardır. Puan aralık prosedürüne göre, standartlaştırılmış puanları maksimum puan ile verilen puan farkını puan aralığına bölerek belirlemiştir. Her katman için puanlamaları standartlaştırdıktan sonra kriterlerin ağırlıklarını hesaplamıştır. Kriter ağırlıkları, her bir kriter için genel bir puan üretilerek normalleştirilmiştir. Belirlenen formül her katmana uygulandıktan sonra sonuç değerleri hiç uygun olmayan, uygun olmayan, en az uygun olan, uygun ortalama uygunluk ve en uygun olan alanlar olmak üzere altı uygunluk sınıfına ayrılmıştır.

AHY, bir karar hiyerarşisi belirlemek için karmaşık problemleri basit karar problemlerine böler (Saaty 1980). Aşamalara bölme işlemi tamamlandıca her bir kriter için kardinal derecelendirme belirlenmiştir. İki alternatifli ve ilişkiler arasındaki öneme göre puanlama vermek kolaylık sağlar. Şener vd. (2006), çalışmasında her bir kriteri diğer bir kriterle karşılaştırma matrisi geliştirmişlerdir.

Mukayese matrisinin karesi olarak satır bazlı toplama yapılarak normalleştirilmiş değerler hesaplanmıştır. Basit toplamı ağırlıklandırma yöntemindeki gibi çıkan sonuçlar altı uygunluk sınıfına ayrılmıştır. Sonuç olarak basit toplamı ağırlıklandırma yönteminin uzman görüşüne bağlı olduğunu fakat analitik hiyerarşik yöntemde iki kriteri kıyaslayarak elde edilen puanlandırmayla daha tutarlı sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Giaoutzi ve Hatzichristos (2006), yer seçimi için bulanık ifadeleri bulanık çıkarsama yöntemiyle ağırlıklandırarak yer seçim analizi yapmışlardır. Kriterleri belirlemek için delfi metodu kullanılmıştır. 11 kişilik bir uzman grubuna ardışık oturumlarla sorular yönelterek ve uzman görüşlerinde daha tutarlı bir sonuca vararak riskleri azaltıp çıkarsamalar belirlenmiştir. Oturumlarda öncelikle yer seçimi kriterleri belirlenmiştir. Havaalanlarına ve kentsel alanlara uzaklık kriteri daha önemli bir kritik olarak belirlenirken, nehirlere uzaklık kriteri daha az önemli bir kritik olarak belirlenmiştir. Kritik listesinde bulunan her bir kritik için üyelik fonksiyonunun belirlenmesi istenmiştir. Üçgensel veya yamuk üyelik fonksiyon seçiminden sonra uzmanlara standart sapma ve ortalama bilgileri verilerek üyelik fonksiyonlarının yeniden belirlenmesi istenmiştir. Delfi anket süreci sonunda tüm kriterler için üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Bulunan üyelik fonksiyonları, kriterlere uygulanmış ve bulanıklaştırma işlemi bindirme analizi ile bir katmanda toplanmıştır. Analiz çalışma sonucunda boolean yöntemi ile bir alanın uygun olup olmama durumu değerlendirilirken bulanık çıkarsama yöntemi ile çalışma alanında yüksek uygunluğa sahip alanları gözlemlene durumunun olduğu belirtilmiştir.

Küçükönder ve Karabulut (2007), ağırlıklı doğrusal birleşim yöntemi ile yer seçimi problemine yaklaşmışlardır. Kahramanmaraş iline ait toprak, jeoloji, yerleşim, ulaşım yolları, su yüzeyleri, akarsular, fay ve eğim olmak üzere 11 veri katmanı kullanılmıştır. Mekânsal analiz kriterlerini, yerleşim yerlerine uzaklık 1000 ile 3000 metre aralığında, yüzey sularına olan uzaklık 200 ile 3000 metre aralığında, eğim 0 ile 15 derece aralığında, heyelan bölge uzaklığı 100 ile 3000 metre aralığında puanlandırılmıştır. Her bir katman üzerinde belirlediği uzaklık kriterine göre ArcGIS yazılımının mekânsal analiz araçlarından öklid uzaklık fonksiyonunu uyguladıktan sonra çıkan sonuç

katmanları 1 ile 10 arasında ölçeklendirerek her bir kriteri aynı ölçek sınıfına taşımıştır. Sınıflandırılmış kriterlere göre ikili karşılaştırma matrisi hazırlayarak matristeki sütun değerlerinin toplamını her bir satır değerine bölerek yeni bir matris elde etmişlerdir. İkili matris elde edilirken kullanılan uzman görüşünün objektifliğini ölçmek için tutarlık değeri hesaplayarak ikili matrislerinin uygunluğunu da kanıtlamışlardır.

Çay vd. (2007), coğrafi bilgi sistemlerinin mekânsal analiz yöntemlerinden birleştirme analizini kullanarak Konya ilinin Çumra bölgesi için uygun depolama alanı bulmayı amaçlamışlardır. Bölgeye ait yerleşim bölgeleri, yollar, kuyular, tarımsal arazi, sulama kanalları, demiryolu, arkeolojik bölge ve eğim olmak üzere 8 veri katmanı ile çalışılmıştır. Mekânsal analiz kriterleri, yerleşim bölgelerine uzaklık 1 ile 10 kilometre aralığında, ana yollara uzaklık 0.2 ile 10 kilometre aralığında, kuyulara uzaklık 300 ile 500 metre aralığında, demiryoluna uzaklık 500 ile 1000 metre aralığında, arkeolojik bölgelere uzaklık 500 metre ve üzeri, sulama kanallarına uzaklık 100 metre ve üzeri, eğim 0 ile 15 derece aralığında puanlandırma yaparak belirlenmiştir. Analiz çalışmasında ArcGIS yazılımının mekânsal analiz araçlarından öklid uzaklık, sınıflandırma ve sonuçları birleştirmek için de ağırlıklı bindirme fonksiyonlarını kullanılmıştır. Coğrafi bilgi sistemlerinin yer seçimi problemlerini analiz için pratik ve ekonomik bir araç olduğunu belirlenmiştir.

Akbari vd. (2008), iki aşamalı analiz çalışması yapmışlardır. İlk aşamada CBS ile uygun yerleri belirleip ikinci aşamada belirlenmiş yerler için bulanık çoklu kriter karar analiz metodu uygulanmıştır. İkinci aşamada, analizde belirlenen farklı kriterlere karşılık dört alternatif başarı sıralamasını uzman kişiler tarafından belirleyerek bulanık küme teorisi ile en iyi yer seçimi analizini tamamlamışlardır.

Chang vd. (2008), mekânsal karar destek sistemi kurmak için bütünlük bir yaklaşım sunmuştur. İlk süreç analizinde çevresel, fiziksel, ekolojik ve sosyoekonomik değişkenler CBS aracında analiz edilmiş ve veri matrisleri belirlenmiştir. Birinci analiz sonucu ile çalışılan bölgede yedi aday alt bölge seçilmiştir. İkinci aşamada aday bölgeler için uzman görüşleri ile derecelendirilmiştir. Derecelendirilmiş değerler

bulanık çoklu kriterli analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Hızla gelişen Teksas için yapılan çalışmayla katı atık depolama tesisi konumları belirlenmiştir.

Guiqin vd. (2009), Çin'in başkenti Pekin'de yer alan Kuzey Çin Bölgesi için AHY ve CBS yöntemlerini kullanarak katı atık depolama tesis konumunu belirlemişlerdir. Karar vericiler ile ikili karşılaştırma matrisini hazırlayarak kriter ağırlıklarını hesaplamışlardır. Çalışmanın sonunda elde edilen bölgeler en iyi, uygun, uygun olmayan olmak üzere üç gruba bölünmüştür. CBS ve ÇKKVY tekniklerinin bütünleştirilerek katı atık depolama yer seçimi sürecinde AHY'nin en iyi metot olduğunu ifade etmişlerdir.

Şener vd. (2011), Beyşehir Gölü Havzası için atık sahası yer seçimi probleminde belirlediği kriterlerin göreceli önem derecelerini ÇKKVY kullanarak belirlemişlerdir. Yerleşim bölgeleri, yüzeysel su alanları, özel bölgeler, ana yollar, eğim, bakı, toprak kullanımı ve jeoloji olmak üzere 8 veri katmanı kullanmışlardır. Mekânsal analiz kriterlerini, yerleşim yerlerinden uzaklık 1000 ile 4000 metre aralığında, yüzeysel su alanlarından uzaklık 500 ile 2000 metre aralığında, özel bölgelerden aralığında 250 ile 1000 metre aralığında, yollardan uzaklık 250 ile 1000 metre aralığında, eğim 0 ile 20 derece aralığında ele almışlardır. Sonuç haritasını bindirme analizi ile belirlemişlerdir. Analiz çalışması sonucunda göl kenarında bulunan yerlerin uygunsuz olduğunu, gölün kuzey tarafının en uygun bölge olduğuna sonucuna varılmıştır.

Babalola vd. (2011), Damaturu için Analitik Ağ Süreç Yöntemi (AASY) ve CBS kullanarak analiz çalışmasını yapmışlardır. Yapılan analiz çalışmasının diğer yöntemlerden farklı olarak AHY yerine AASY kullanılmıştır. Bu yöntemin diğer yöntemden farkı kriterler arası ilişkiyi çift yönlü olarak kurmaktır. CBS'nin yer seçimi problemlerinde fayda sağlanacak bir araç olduğunu vurgulamışlardır.

Isalou vd. (2012), kriterlerini sürekli (yollara, akarsulara uzaklık vb.) ve ayrık veriler (eğim, rüzgâr yönü vb.) olarak gruplayarak ayrık indeksleri AASY ile ağırlıklandırılmışlardır. Sürekli veri kriterleri için eşik sınırları belirlenmiştir. Analitik ağ süreç yöntem hesaplamaları için MATLAB ile ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıklar, ArcGIS raster hesaplayıcı aracı ile yeni raster katmanları oluşturmak için

kullanılmıştır. Böylece bütün katmanlar bulanık model ve analitik ağ süreci ile oluşturulmuştur. Oluşturulan her katman yine ArcGIS ile birleştirilerek en iyi yer seçimi problemi çözümlenmiştir.

Issa vd. (2012), ÇKKVY ve CBS'yi birleştirerek Abu Dhabi için konum tespiti yapmışlardır. 8 kriter kullanarak yapılan analiz çalışmasında uygun alanlar, uygunluk kategorilerine ayrılmıştır. CBS-ÇKKVY'nin bütünleşik analizinin araçlarının yer seçim problemlerinde iyi bir analiz aracı olduğunu belirtilmiştir.

Donevska vd. (2012), Makedonya'da Polog bölgesi için bulanık mantık ve AHY tekniklerini birlikte kullanarak konum tespiti yapmışlardır. Bulanık mantık ile kriter verileri standartlaştırdıktan sonra elde edilen sonuca AHY uygulamışlardır. AHY kriterlerin aralarındaki ilişkileri göre ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. CBS ise mekânsal verinin gösterimi ve analizi için kullanılmıştır.

Demirarslan vd. (2013), katı atık depolama alanlarının yer seçiminde coğrafi bilgi sistemlerini ve kirlilik dağılımı modellerini birlikte kullanmışlardır. Mekânsal analiz kriterlerini yüzeysel sular için 100 ve 2000 metre aralığında, doğal kuyu, içme suyu kaynakları için 2000 ve üzeri, yerleşim bölgelerinden uzaklığı 250 metre ve üzeri, ana yollara yakınlık 25 metre ve üzeri olarak ele almışlardır. Çalışmada sınıflandırıcı, azaltıcı ve düzenleyici kategorilerine göre karar ağaçları belirlenmiştir ve CBS ile bu karar ağacı kriterlerine göre uygun depo alanlar belirlenmiştir. Belirlenen her alanı koku yayıcı kabul ederek koku modelleme aracı ile kaynakların koku etkisi hesaplanmıştır. ArcGIS yazılımı ile yapılan çalışmaların tek başına yeterli olmadığını sadece halk sağlığı açısından önemli kolaylıklar sağlayacağını belirtilmiştir.

Akgün ve Yal (2013), Ankara ili için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak katı atık depolama tesis konumu belirlemeyi amaçlamışlardır. Tarıma uygunluk, eğim, akarsulara uzaklık, erozyon duyarlılığı ana yollar, bitki örtüsü, toprak kullanımı ve yerleşim bölgelerine uzaklık kriterlerini analizlerinde kullanmışlardır.

AHY ile kriter ağırlıkları belirledikten sonra negatif ideal çözümden uzak ve ideal çözüme en yakın alanları seçmek için TOPSIS metodunu kullanmışlardır. TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. TOPSIS, pozitif ideal çözümden geometrik en kısa uzaklığa sahip, negatif ideal çözümden en uzak geometrik uzaklığa sahip alternatifi seçmeye dayalı bir yöntemdir (Assari vd. 2012).

Balasooriya vd. (2014), Sri Lanka için depolama tesisinin konum belirleme çalışmasında CBS araçlarını kullanarak yer seçim çalışması yapmışlardır. Ağırlıklandırma matrisini yarı nitel risk matrisi ile belirlemişlerdir. CBS araçlarını yer seçim problemlerinde güçlü bir araç olduğunu ifade etmişlerdir.

Weerasiri vd. (2014), Tayland'ın kuzeyinde yer alan bölgede tehlikeli katı atık depolama tesisi için bulanık bindirme yöntemi kullanarak ArcGIS'de bir model geliştirmişlerdir. Akarsulardan uzaklık, arazi kullanımı ve toprak tipi kriterlerini bulanık üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırıp bulanık bindirme yöntemi ile uygun yerleri tespit etmişlerdir. Bulanık bindirme yönteminin ön çalışmalar için anlaşılır, doğrudan bir yaklaşım olduğunu ifade etmişlerdir.

Khorram vd. (2015), katı atık depo yer seçim kriterlerindeki kullanılan uygun, uygun olmayan vb. belirsiz ifadeler nedeniyle bulanık mantık ile bir çalışma yapmışlardır. İran-Ravazi bölgesi için yapılan çalışmada katı atık depolama alanı yer seçim kriterlerini ekolojik ve ekonomik olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Ekolojik kriterler coğrafi, yerleşim birimleri, tarım alanları, özel bölgeler, yeraltı ve yüzey suları gibi çevre ile ilişkili kriterleri içermektedir. Ekonomik kriterler, ana yollar ve eğim kriterlerini içermektedir. ArcGIS yazılımında geliştirilen modelleme sürecinin ilk adımında yerleşim birimleri, yüzey ve yeraltı suları, özel bölgeler ve ana yollar veri katmanları için her bir hücrenin en yakındaki hücreye olan uzaklıkları belirlemek için mekânsal analiz araçlarından Öklid uzaklık hesaplama aracını kullanılmıştır. Uzaklıklara göre sınıflandırılmış çıktı haritalarını bulanık üyelik fonksiyon derecelerine göre yeniden sınıflandırarak standartlaşma sağlamışlardır. Her bir kriter için üyelik fonksiyonlarının tipini belirlemek için literatürdeki çalışmalardan faydalanılmıştır.

Bulanıklaştırılmış veri katmanlarını çakıştırarak sonuç üretmek için bindirme analizden Fuzzy And operasyonunu daha küçük ve tutarlı sonuçlar elde etmek için kullanılmıştır.

Güler (2016), İstanbul ili için AHY ve CBS kullanarak katı atık depolama tesis konumlarını belirlemiştir. AHY katı atık düzenli depolama alanlarının tespiti için etkili bir karar destek yöntemi olduğunu ve CBS'nin karar destek açısından etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir. CBS yazılımında geliştirdiği modelin çalışmanın irdelenmesi açısından kolaylık sağladığını ifade etmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde çalışmalarda çoğunlukla AHY'nin kullanıldığı tespit edilmiştir. Son 10 yılda yapılan çalışmaların daha çok gelişmekte olan ülkelerde yapıldığı gözlemlenmiştir. Kriter sayısının her çalışmada farklı sayıda olduğu ve kriter sayısının çalışmanın doğruluğu ile doğrudan ilişkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. AHY, karar vericilerin görüşlerine bağlı olarak ve kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerine bakılarak karar verme sürecinin tamamlandığı anlaşılmıştır. Bulanık mantık yönteminde ise her bir kriter tek başına değerlendirilirken, aynı zamanda niteliği belirsiz kriterlere sahip yer seçim problemlerinde analiz yapan kişiye kolaylık sağlayabileceği tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Katı atık depolama tesisi kurulumunda tesis konumunu belirlemek en önemli aşamadır. Bölüm 2’de literatür çalışmaları ve kullanılan yöntemler özetlenmiştir. Bu çalışmaların çoğunda AHY kullanılırken son yıllarda yapılan çalışmalarda ise bulanık mantık kullanımı dikkat çekmektedir. Bulanık mantık ile yapılan çalışmaların dinamik bir yer seçim modeline daha uygun olduğu ve AHY ile göreceli puanlandırma yöntemi ile depolama tesisinin konum belirlemenin kişiye bağımlı olarak belirlendiği gözlenmiştir. Bu nedenle iki yöntem kıyaslanarak yer seçimi problemlerinde bulanık mantık kullanmanın yer seçimi kriterlerindeki sayısal belirsizliğe veya değer değişimlerine daha uygun olduğu gösterilmiştir.

3.1 Metodoloji

Tez kapsamında, CBS yazılımının sağladığı mekânsal analiz tekniklerini bulanık mantık ile kullanarak Ankara ili Sincan ilçesinde bulunan bir bölge için alternatif düzenli depolama alanı yer tespiti amaçlanmaktadır. Bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilen işlemler:

- Çalışma bölgesinin belirlenmesi,
- Verilerin elde edilmesi,
- Verilerin ortak bir projeksiyon sistemine göre CBS yazılım ortamına aktarılması,
- Verilen bölge koordinatlarına göre kırılması ve katmanların oluşturulması,
- Katı atık depolama tesisi yer seçim kriterlerinin belirlenmesi,
- Yer seçim kriterleri için bulanık üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi,
- Uzaklık kriteri içeren katmanların öklid uzaklığıyla yeniden sınıflandırılması,
- TIN katmanı üzerinde CBS yazılım araçları aracılığıyla eğim ve bakı haritalarının üretilmesi,

- CBS yazılımında bulanık üyelik fonksiyonları ile katmanların üyelik derecelerinin belirlenmesi,
- Çakıştırma sonucu elde edilen bölgelerin uygunluk derecelerinin ve en uygun bölgelerin belirlenmesi,
- En uygun bölgelerin koordinat bilgilerinin ve büyüklüklerinin raporlanması

adımları gerçekleştirilecektir.

Yukarıda bahsedilen metodoloji bulanık mantık kullanarak konum tespiti yapmak için hazırlanmıştır. Ayrıca kriter değerleri puanlandırılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları literatürde kullanılan AHY'deki gibi uzman görüşleri olmaksızın basitçe hesaplanmıştır. Ağırlıklı model ile bulanık mantık kullanılarak geliştirilen model ile analiz sonuçları karşılaştırılarak elde edilen bulgular belirtilmiştir.

3.2 Temel Kavramlar

3.2.1 Bulanık mantık

İnsanlar genellikle konuşma dilinde belirsiz ve kesin olmayan kavramlar kullanılır. Düşünceler ve söylemler, siyah veya beyaz, sıfır veya bir, evet veya hayır gibi ikili sistemler değildirler. Gerçek hayatta insan yargıları ve sınıflandırmalarına daha çok varyasyonlar eklenir. Belirsiz ve kesin olmayan kavramlar bulanık olarak adlandırılır. Örneğin, uzun boylu insanlardan bahsedildiğinde “uzunluk” bilgisi genellikle duruma bağlıdır. Ortalama insan boyunun 160 cm olan bir toplum ile ortalama insan boyunun 180 cm olduğu bir diğer toplumda uzunluk olgusu farklı olarak düşünülür.

Bulanık mantık, basit küçük gömülü mikro kontrollerden büyük ve karmaşık sistemlere kadar olan sistemlerde, problem çözüm kontrol sistem yöntemidir. Belirsiz, kesin olmayan veya eksik girdi bilgisine dayanarak basit bir yoldan kesin sonuca ulaşmayı amaçlar. Bulanık mantık yaklaşımları bir insanın karar alma problemlerini taklit eder. İnsan kontrol mantığını taklit ettiği için birçok kontrol sistem uygulamasında mükemmel seçenek olur. Yazılımda ve donanımda gerçekleştirilebilirler.

Küme teorisinde bir eleman ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Bir evrenin elemanları için karakteristik fonksiyonu tanımlandığı evrende kesin bir alt kümeye aittir.

$$x_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

Bazen bir eleman bir kümeye ait olup olmadığını belirlemek için kesin olmayan bazı dereceler tanımlanabilir. Bu dereceler, üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanmış bir elemanın üyeliği olarak ifade edilir. Üyelik fonksiyonları (0,1) değerleri arasında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonları $\mu(x)$ ile ifade edilirler.

Örneğin boylarının uzunluğu sırasıyla 185 cm, 165 cm ve 186 cm olan X, Y, Z kişileri için kısa, uzun ve orta boy olmak üzere kesin küme kurallarına aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$f(x) = \begin{cases} \textit{kısa}, & x \leq 165 \textit{ cm} \\ \textit{orta}, & 165 < x \leq 185 \textit{ cm} \\ \textit{uzun}, & x > 185 \textit{ cm} \end{cases}$$

Kesin küme tanımına göre, X kişisi orta boy kümesine, Y kişisi kısa boy kümesine ve Z kişisi uzun boy kümesine aittir. Aslında X kişi Z kişisi kadar uzun bir boya sahipken farklı kümelerde tanımlanmışlardır.

Çizelge 3.1 Kesin küme tanımına göre boy kümesi

	Kısa	Orta	Uzun
X	0	1	0
Y	1	0	0
Z	0	0	1

Bulanık küme tanımına göre ise her uzunluk değeri için üç üyelik fonksiyonu tanımlamak gereklidir.

Çizelge 3.2 Bulanık küme tanımına göre boy kümesi

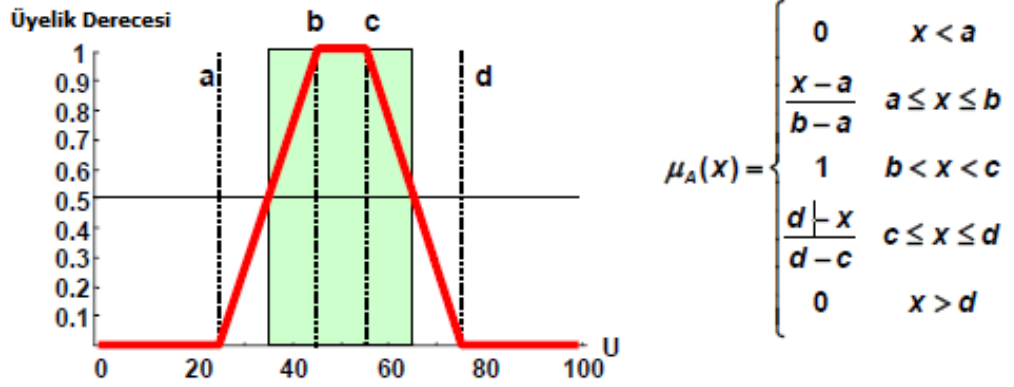
	Kısa	Orta	Uzun
X	0.00	0.60	0.50
Y	0.50	0.60	0.00
Z	0.00	0.56	0.53

Bulanık küme yaklaşımını kullanarak X ve Y kişilerinin yaklaşık aynı boya ve her ikisi de kısa ve uzun boy sınıflarına göre daha yüksek dereceli orta boy sınıf üyeliğine sahip olduğu belirtilebilir.

Bir bulanık küme için uygun bir üyelik fonksiyonu seçmek en önemli aktivitelerinden biridir. Modellenek bulanık kavramın en iyi temsil edecek fonksiyonu belirlemek kullanıcının görevidir. Bütün üyelik fonksiyonları için aşağıdaki kriterler geçerli olmalıdır;

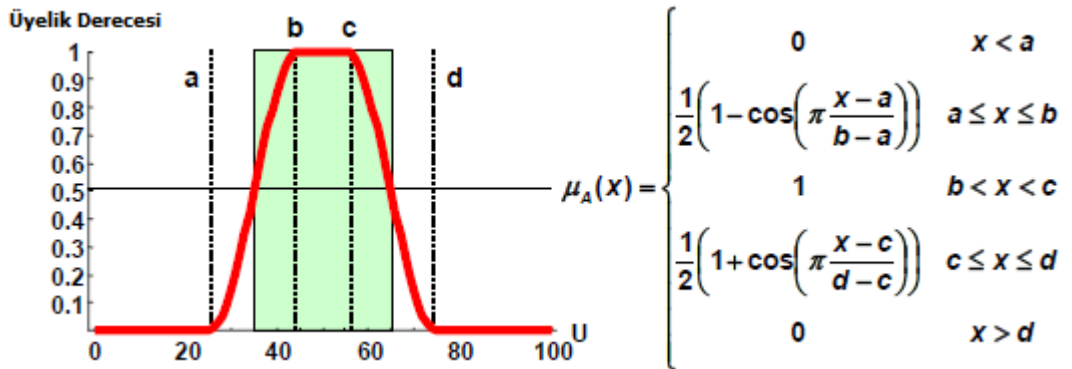
- Üyelik fonksiyonu 0 ve 1 aralığında tanımlanmış gerçek değerli fonksiyonlar olmalıdır.
- Üyelik değerleri, kümenin merkezinde 1 olmalıdır.
- Üyelik değeri 0,5 noktaları kesin küme sınırında olmalıdır. Örneğin kesin sınıflandırma uygulandığında sınıf sınırları kesişim noktaları ile gösterilmelidir.

Üyelik fonksiyonları doğrusal ve S-şekil üyelik fonksiyonları olmak üzere ikiye ayrılır. Doğrusal üyelik fonksiyonları, fonksiyon şeklini belirleyecek dört parametreye sahiptirler. Uygun değerler seçimi ile S-şekil, yamuk, üçgensel ve L-şekil üyelik fonksiyonları çizilebilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Doğrusal üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonunun yuvarlandırılmış şekli problem çözümüne daha uygun ise sinüzoidal üyelik fonksiyonu seçilebilir. Doğrusal üyelik fonksiyonları gibi uygun parametrelere göre S-şekil, çan eğrisi, L-şekil gibi üyelik fonksiyonları çizilebilir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Yamuk üyelik fonksiyonu

3.2.2 Mekânsal analiz

Mekânsal analiz, ham veriyi yararlı bir bilgiye dönüştürmek veya bir sorunun yanıtını bulmak için analiz teknikleri aracılığı ile mekânsal verinin özelliklerinin ilişkilerini kurma, niteleyicilerini ve konumlarını inceleme sürecidir. Mekânsal analiz teknikleri sadece coğrafik uzayda değil, herhangi bir uzaydaki veri dizisine uygulanabildiği için

coğrafi veri terimi yerine mekânsal veri teriminin kullanılması daha tercih sebebidir. Mekânsal veriye uygulanabilecek tüm dönüşümleri, işlemleri ve fonksiyonları içerdiği için coğrafi bilgi sisteminin en önemli noktasıdır. CBS'nin düşük maliyetli ve kullanıcı dostu olmaları nedeniyle kullanımı yaygınlaşmıştır.

Verinin mekânsal dağılımı sağlık, çevre, jeoloji gibi bilginin olduğu birçok alanda sorgulanmaktadır. Mekânsal verinin görsel algısının yanında, var olan bir durumun bir amaca ve ölçülebilir düşüncelere dönüştürülmesinde çok faydalıdır. Örneğin, bir bölgedeki hastalıkların araştırılması, hırsızlık vakalarının dağılımını araştırmak gibi birçok mekânsal veri içeren problemler mevcuttur. Bu sistemler yaşam kalite indeksleri, şirket satışları, nüfus gibi değerlerin mekânsal gösterimine izin vermektedir.

Mekânsal analiz;

- yeni teorileri ve genel prensipleri destekleyen deneysel bulgulara vararak tümevarım,
- veri üzerinde bilinen teorileri ve prensipleri test etmeye odaklanarak tümdengelimli,
- yeni veya daha iyi tasarım tanımlayarak ve geliştirerek örnek oluşturma,

özelliklerine sahip olmalıdır (Câmara 2004).

Mekânsal analiz işlemleri birden fazla tekniği barındırır. Katı atık depolama tesis kurulum kriterlerinde kullanılan uzaklık ve yakınlık ilişkileri nedeniyle yakınlık analizi, klasik ölçeklendirme yönteminde kullanılan sınıflandırma yöntemi ve kurulum kriterlerinin birleştirilerek analiz sonucunu üretmek için bindirme analiz yöntemi incelenmiştir.

3.2.2.1 Bindirme Yöntemleri

Yer seçimi problemlerinde farklı türde verinin farklı türde kriterine bir araya getirilip bir sonuç elde edilmesi amaçlanır. Bu nedenle uygunluk modellerinde veya en uygun alan seçim metodlarında bindirme analizleri uygulanır. Bindirme analizi, bütünsel analiz

sonucu oluşturmak için farklı ve çeşitli girdilere genel ölçekli verileri uygulamak için kullanılan mekânsal analiz tekniğidir.

Uygunluk modelleri özel bir olgu için en iyi veya daha tercih edilebilir konumları tanımlar. Yeni ev inşaatının nerede yapılacağı, hayvanlar için daha iyi habitat alanlarının belirlenmesi veya ekonomik büyümenin en olası yerlerini tespit etme gibi benzer problem uygunluk analizleri tarafından incelenir.

Yer seçimi analizi genellikle birçok farklı faktörü analiz etmeyi gerektirir. Örneğin, yeni konut projesi için yer seçimi maliyeti, ulaşım, çarşı vb. hizmetlere yakınlık, yokuş yüksekliği ve taşkın olasılığı gibi durumlar değerlendirilir. Bu bilgi farklı değer ölçeklerine sahip farklı raster verilerinde bulunmaktadır.

Bindirme analizleri, problemi tanımlamakla başlar. Analizin genel hedefleri belirlenerek analiz bileşenlerinin tanımları ve birbirleriyle ilişkileri açıkça tanımlanır. Problemin tanımında, analiz modelinin sonucunun başarısını belirlemek için özel tedbirler varsa bu durumlar belirlenerek modelde tanımlanan tüm faktörler analiz sonucunu irdeleyerek planlama yapacak uzmanlara yardımcı olmalıdır. Problem tanımı tamamlandıktan sonra problemi alt ana problemlere bölmek gereklidir. Çünkü analiz problemlerinin çoğunluğu karmaşıktır ve problemleri alt modellere ayırarak daha etkili çözümler üretilebilir. Her bir alt modeli etkileyen nitelikler veya katmanlar tanımlanmalıdır. Her bir faktör, alt modelin hedeflerine katkıda bulunur ve her bir alt model, bindirme modelinin genel hedefine katkıda bulunur. Olgunun tanımlanmasına katkıda bulunan faktörlerin hepsi ve sadece faktörler bindirme modeline dâhil edilmelidir.

Belirli faktörler için katmanların oluşturulması gerekebilir. Örneğin, büyük bir yola daha yakın mesafede bir yol tespit edilmek istenirse her bir hücrenin bir yoldan diğer yollara olan mesafesini tanımlamak için CBS araçları aracılığıyla mesafe raster verisini oluşturmak gerekir. Alt modellerde birden fazla mekânsal analiz aracı kullanılabilir. Bu araçların sonucunda elde edilen farklı sayı sistemleri doğrudan etkin bir şekilde birleştirilemez. Örneğin, arazi kullanımına eğim eklemek yanlış sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle dört ana numaralandırma sistemi kullanılır:

o Oran: Oran ölçeği genellikle sıfır olan bir referans noktasına sahiptir ve ölçek içindeki rakamlar karşılaştırılabilir niteliktedir. Örneğin, yükseklik değerleri oran numaralarıdır ve 50 metre yükseklik değeri 100 metre yükseklik değerinin yarısı kadar yüksekliktedir. İki yükseklik değeri arasında bir oran vardır.

o Aralık: Bir aralık ölçeğinde değerler birbiriyle ilişkilidir fakat ortak bir referans noktası yoktur. Örneğin, bir pH skalası aralık tipi değeridir ve 7 nötr değerinin üstündeki değer ne kadar yüksekse, o kadar alkalidir ve değeri 7'nin altına düşürdükçe daha asidiktir. Bununla birlikte, değerler tamamen karşılaştırılabilir değildir. Örneğin, 2'lik bir pH, 4'lük bir pH değerinin iki katı kadar asidik değildir.

o Ordinal: Bir sıralama ölçeği, değerler arasındaki sıralamayı oluşturur fakat sıralamalar doğrudan kıyaslanamaz. Örneğin, bir yarışta birinci, ikinci ve üçüncü kim geldi gibi benzeri bir düzen oluşturur fakat ilk gelen kişi mutlaka ikinci gelen kişinin iki katı kadar hızlı değildir.

o Nominal: Nominal ölçekte atanan değerler arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Örneğin, arazi kullanım değerleri nominal değerlerdir fakat değeri 8 olan bir arazi kullanımını arazi kullanımını 4 olan bir arazi kullanımının iki katı değildir.

Her katman farklı değer aralıkları ve farklı numaralandırma sistemlerine sahip olması nedeniyle, analiz için birden çok faktör birleştirilmeden önce her biri yeniden sınıflandırılır veya ortak bir oran ölçeğine dönüştürülür. Genellikle ölçek, 1'den 9'a veya 1'den 10'a kadar ölçek olarak belirlenir.

Her bir faktör kendi değerleri arasında ilişkilendirildikten sonra faktörler birbirleri arasında ağırlıklandırılır. Bazı faktörler analizin amacı için diğerlerinden daha önemli olabilir. Bu nedenle, faktörler bir araya getirilmeden önce faktörlerin önemlerine göre ağırlıklandırılır. Örneğin, bir modelde ulaşım yollarına uzaklık eğime göre iki kat daha önemli olabilir. Bu nedenle, iki katman birleştirilmeden önce uzaklık değerleri eğim değerlerinin iki katı kadar çarpılmalıdır.

Bindirme analizinde, modelin hedeflerine uyan yerleri tanımlamak için tüm girdi faktörlerinin arasındaki ilişkinin birlikte oluşturulur. Girdi katmanları, uygun bir şekilde ağırlıklandırıldıktan sonra ağırlıklı bindirme modelinde eklenebilir. Bu kombinasyon yaklaşımında, faktörlerin daha elverişli olması durumunda, konunun o kadar cazip olduğu varsayılmaktadır.

Modelleme sürecindeki son adım, sonuçların analiz edilmesidir. Potansiyel ideal konumların kriterleri karşılama durumları değerlendirilir. Sadece model tarafından belirlenen en iyi yerler yerine, aynı zamanda ikinci ve üçüncü en uygun siteleri de araştırmak faydalı olabilir. Tanımlanan yerler uzmanlar tarafından incelenerek yer seçim problemi sonuçlandırılır.

Bulanık Bindirme: Bindirme modelinde birden çok ölçüt için tüm kümeler arasındaki ilişkileri ve etkileşimi analiz etmek için bulanık bindirme teknikleri kullanılır. Bulanıklaştırma süreci, bir gruba üyelik derecesine dayandığından, bindirme teknikleri, üyelik fonksiyonlarındaki eksikliklerin etkileşimini tanımlar. Bulanık bindirme teknikleri küme teorisine dayanmaktadır. Bulanık bindirme, genellikle bir küme bir sınıfa karşılık gelir. Tüm bindirme analizlerinde problemi tanımlama, problemleri alt modellerde belirleme ve önemli katmanları belirleme süreçleri ortaktır. Bulanık mantık kümelerine dayandığından, kriterleri yeniden sınıflandırma ve birden fazla kriteri birleştirme süreçlerinde kullanılacak analiz teknikleri farklılaşmaktadır.

Mantıksal Bindirme: Bulanık bindirme analizi, genellikle mantıksal katman analizi ile karşılaştırılır. Mantıksal bindirme analizinde, her kriter için, her hücre belirli bir sınıfta olup olmadığı gibi değerlendirilir. Fakat birçok durumda sınıf sınırlarını tanımlamak ve hücreleri belirli sınıflara kesin olarak atamak zor olabilir. Mantıksal bir analizde, bir uygunluk modeli durumunda her hücreye, hedef kriterler için uygun (1) veya uygun değil (0) olarak değer atanır. Tüm girdi ölçütleri için 1 olarak atanan yerler potansiyel olarak uygun yerler olarak kabul edilmektedir.

Mantıksal bindirme analizinde yaklaşımda, kriterlere uyan yerlerin görece ağırlıkları olmadığı için herhangi bir yer tüm ölçütleri karşılamazsa, ikinci en iyi için seçenek bulunmamaktadır.

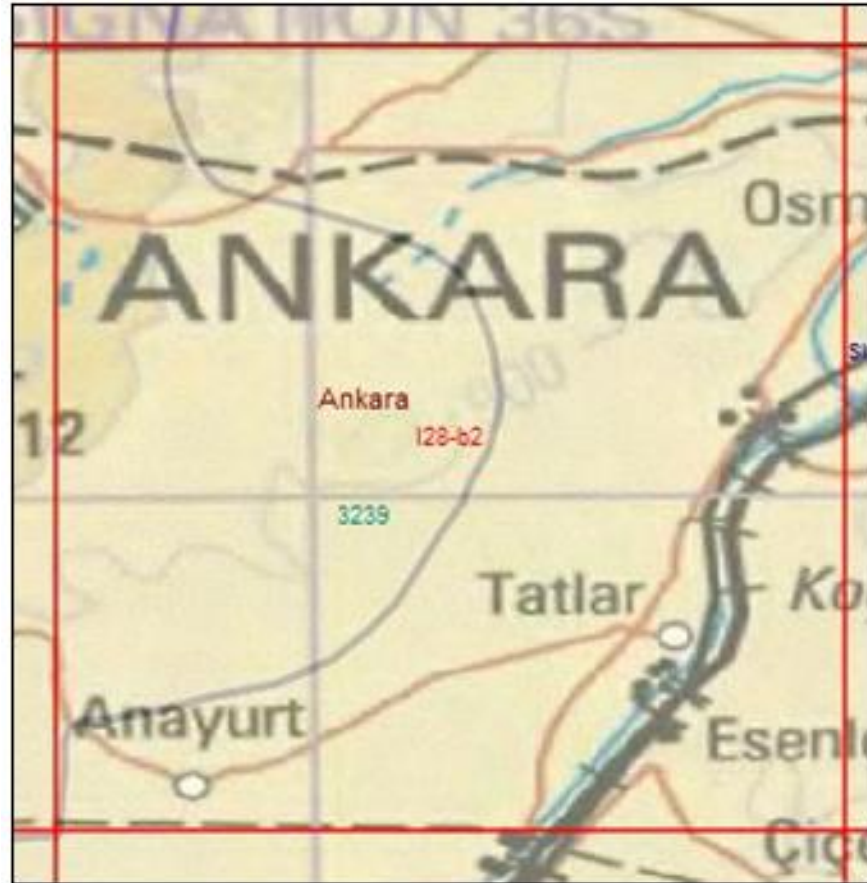
Ağırlıklı Bindirme: Ağırlıklı bindirme analizi bu kısıtlamaları her bir hücrenin 1 veya 0 ikili ölçekte sınıflandırılması yerine, ağırlıklı bindirme aracı her bir hücre değerini, 1'den 10'a kadar tanımlanmış bir ölçeğe atama işlemini yapar. Bu ölçeğe göre yüksek değerlere sahip olanlar en çok tercih edilenlerdir. Her kriter için, her hücre 1 ila 10 ölçeğine atanır. Yeniden sınıflandırılan ölçütlerin her biri birlikte toplanır. En yüksek toplam değerleri olan hücre yerleri, girdi kriterlerine göre en çok tercih edilen yerlerdir.

Bulanık ve ağırlıklı bindirme, mantıksal bindirmeye göre daha çok birbirine benzemektedir fakat iki teknikte farklı temellere dayanmaktadır. Bulanık bindirme, küme kuramına dayanmaktadır; buna karşılık ağırlıklı üst üste binme doğrusal kombinasyonlara dayanmaktadır. Her iki teknik de orijinal değerleri dönüştürerek bulanık bindirmede, dönüşüm üyelik olasılığını belirlerken, ağırlıklı bindirme göreceli tercih ölçeğinde bulunmaktadır (<http://desktop.arcgis.com> 2007).

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi

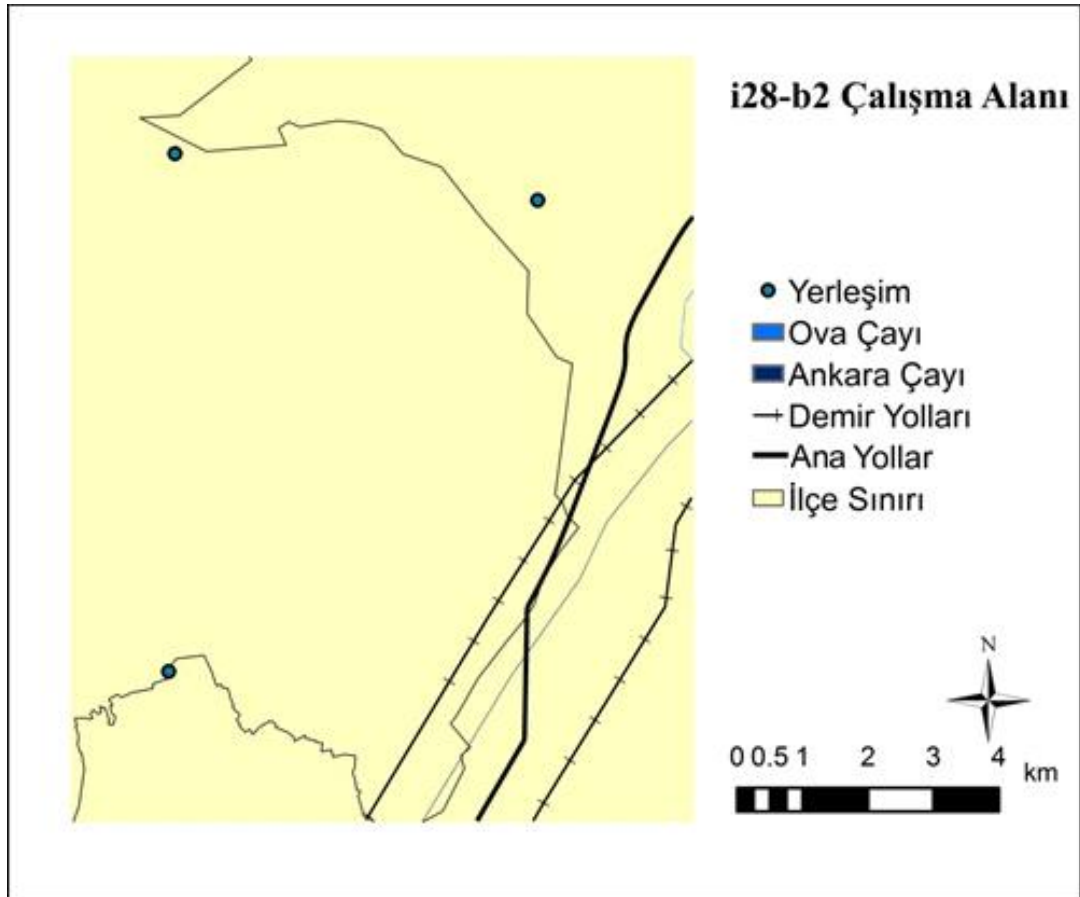
En uygun konum bulma analiz çalışmasında ilk adım, çalışma bölgesini belirlemektir. Nüfus yoğunluğunun şehir merkezine göre daha az olduğu ve şehir merkezine mesafe bakımından yakın olmayan bir bölge olan Sincan ilçesinde çalışılmaya karar verilmiştir. Sincan ilçesine ait paftalardan nüfus yoğunluğunun en az olduğu i28b2 paftasına ait ulaşım, akarsular ve fiziksel arazi yüzeyi bilgisini barındıran TIN verisi Harita Mühendisleri Odası (HMO)'ndan elde edilmiştir. Seçilen pafta, Ankara'nın kuzey sınırı 40,01683, doğu sınırı 32,46405, güney sınırı 39,96953 ve batı sınırı 32,404584 derecede bulunmaktadır (Şekil 4.).



Şekil 4.1 i28-b2 Paftasına ait görüntü

Ulaşım ve akarsular vektörel verileri, ArcGIS kırpma aracı yardımıyla çalışma bölgesinin sınırlarına göre kırılarak bölgeye ait ulaşım ve akarsular katmanları oluşturulmuştur. Ulaşım katmanının içerdiği demir yolları ve ana yollar özellikleri ayrıştırılarak iki ayrı kriter elde edilmiştir. Yer seçim analizini güçlendirmek için ArcGIS yazılımı üzerinden OpenStreetMap araç kutusu aracılığı ile i28-b2 bölgesi için yerleşim katmanı elde edilmiştir fakat OpenStreetMap üzerinden elde edilen yerleşim katmanını raster veri setine dönüştürmede karşılaşılan sorunlar nedeniyle analizde kullanılmak üzere yerleşim verisi ArcGIS üzerinden SHP dosyası üretilerek elde edilmiştir. Yerleşim bölgeleri, gerçek verilere benzetilmiştir.

Şekil 4.2 i28-b2 bölgesine ait yerleşim, akarsular, yollar ve ilçe sınırlarını içeren vektörel verilere ait harita görünümüdür.



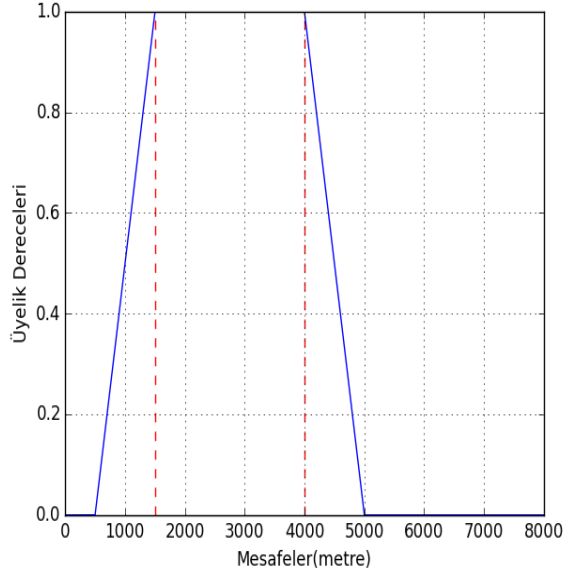
Şekil 4.2 i28-b2 Vektörel harita görünümü

Katı atık depolama tesisi yer seçiminde bölgenin yol, sanayi gibi bölgenin gelişmişliği ile ilgili olan veya akarsular, tabiat örtüsü gibi doğal kaynakları ile ilgili olan birçok kriter kullanılabilir. i28-b2 bölgesinde mezarlık, havaalanı gibi bölgeler bulunmamaktadır ve katı atık depolama tesis yerinin yükseklik değerinin incelenen çalışmalarda nadiren kullanıldığı gözlemlendiği için bu kriterler analizde kullanılmamıştır. Gerçek veriye sahip harita üretimi alan bilgisi gerektirdiği için veri üretimi işlemi yapmak yerine elde edilen veriler üzerinden katı atık depolama tesis kurulum kriterleri üretilmiştir. Bu nedenle kriter sayısı literatür çalışmalarına göre daha az sayıdadır. Gelecekteki çalışmalarda kriter sayısının artırılması hedeflenmektedir.

4.2 Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Ana yollardan uzaklık kriteri, bir katı atık deposu yer seçiminde taşımacılık maliyeti nedeniyle çok önemli bir ekonomik faktör olarak görülmektedir. Fakat katı atık deposunun ana yollara yakın olması bölgenin turizme veya yerleşim bölgelerine hizmet etme durumunda ekonomik gelişimine engel bir durum olabilir (Gbanie vd. 2013). Şener vd. (2006) çalışmasında, 500 metreden yakın ve 2000 metreden uzak olamayacağını, Çay vd. (2007) çalışmasında ana yollara 200 metreden yakın, 10 km'den uzak olamayacağını belirtmişlerdir.

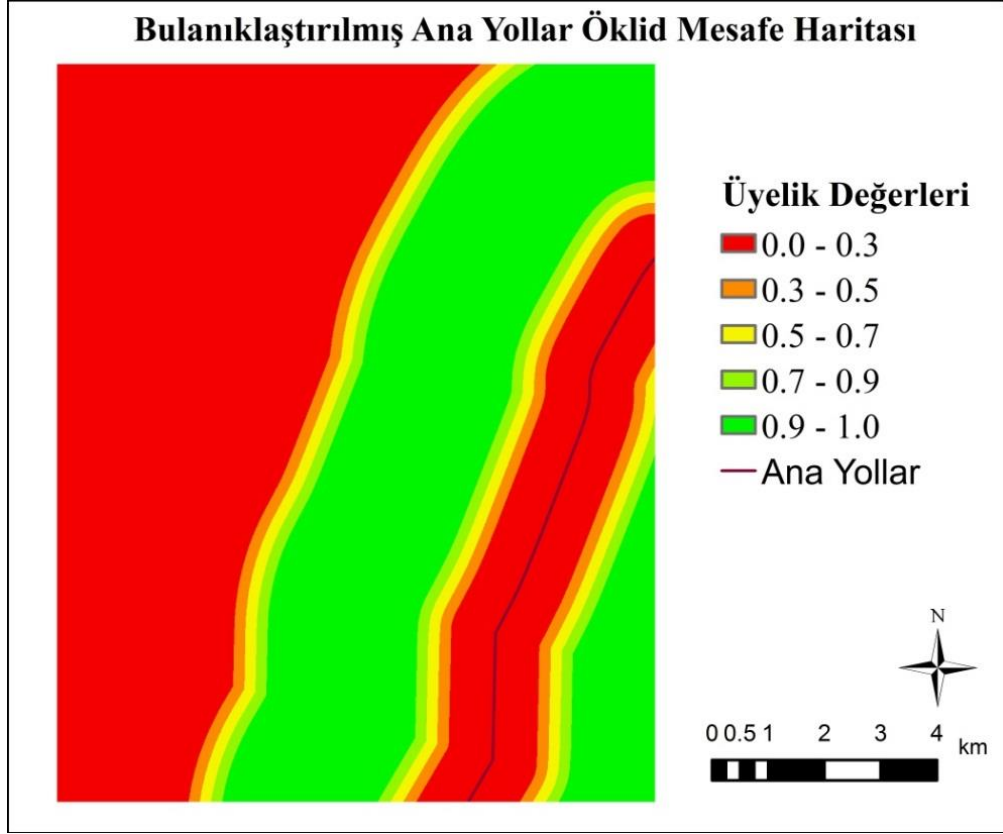
Anayollara uzaklık kriteri, oluşabilecek koku ve görüntü kirliliği nedeniyle belirlenecek bölgeden belirli bir uzaklıkta olması gerekirken, taşımacılık maliyetinin artmaması nedeniyle çok uzakta olmaması gerektiği için yamuk bulanık mantık fonksiyonu seçilmiştir. Ana yolların, yerleşim bölgelerine ve diğer kriterlere olan mesafeleri göz önüne alınarak katı atık deposunun ana yollara 500 metre üzeri ve 5000 metre altı uzaklığı makul olarak kabul edilmiştir. Yamuk üyelik fonksiyon formülü ve grafiği aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.). Bulanık üyelik fonksiyon grafikleri Python matplotlib kütüphanesi aracılığıyla hazırlanmıştır.



$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < 500 \\ \frac{x - 500}{1000}, & 500 \leq x \leq 1500 \\ 1, & 1500 < x < 4000 \\ \frac{5000 - x}{1000}, & 4000 \leq x \leq 5000 \\ 0, & x > 5000 \end{cases}$$

Şekil 4.3 Ana yollar – Yamuk üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

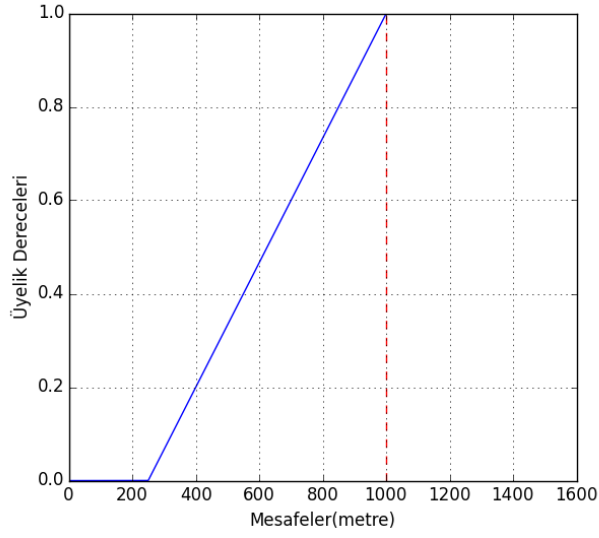
Ana yollar katmanına öklid mesafe fonksiyonu uygulanmıştır ve ana yola olan mesafeler bulunmuştur. Mesafe katmanına bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'de gösterilmiştir. Her üyelik derecesi aralığı bir renk ile ifade edilmiştir.



Şekil 4.4 Yamuk üyelik fonksiyonu uygulanmış ana yollar öklid mesafe haritası

Çay vd. (2007), Konya ili Çumra ilçesi için demir yollarına uzaklık kriteri için tampon bölgeyi 500 metre olarak değerlendirip, 500 metreden küçük değerler için 0 puanını, 500 metreden büyük uzaklık değerleri için 10 puanını vermiştir. Akbari vd. (2008) çalışmasında, benzer şekilde demir yollarına uzaklık kriterini 300 metre olarak belirlemiştir. Ulaşım verisinden elde edilmiş demir yolları verisi için 250 metreden küçük değerler kabul edilemezken, ideal uzaklık 1000 metre ve üzeri olarak belirlenmiştir.

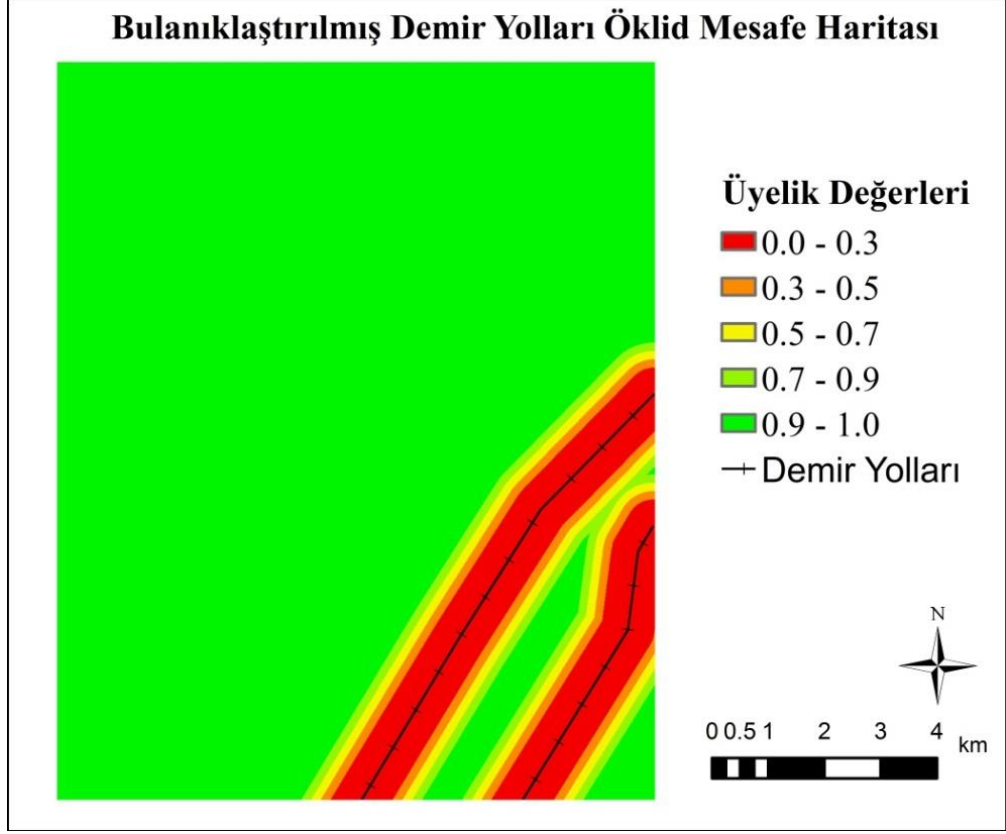
Ana yollara olan uzaklık kriterinin aksine demiryolu katı atık taşımacılığı yapılmadığı için demir yollarına olan mesafenin artmasının bir önemi olmayacaktır. Bu nedenle doğrusal üyelik fonksiyonunun kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 4.).



$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < 250 \\ \frac{x - 250}{750}, & 250 \leq x \leq 1000 \\ 1, & x > 1000 \end{cases}$$

Şekil 4.5 Demir yolları – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

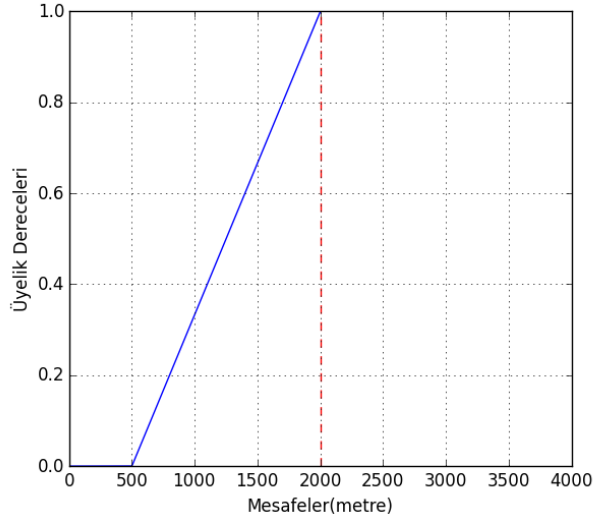
Demir yolları katmanına öklid mesafe fonksiyonu uygulanmıştır ve demir yoluna olan mesafeler bulunmuştur. Mesafe katmanına bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış demir yolları öklid mesafe haritası

2004 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre "Kısa mesafeli koruma alanı, içme ve kullanma suyu rezervuarlarının mutlak koruma alanı sınırından itibaren 700 metre genişliğindeki şerittir. Kısa mesafeli koruma alanı içinde her türlü katı atık ve artıkların depolanmasına ve atılmasına izin verilemez." maddesi bulunmaktadır. Khorram vd. (2015), çalışmasında yeryüzü sularına tampon bölgeyi 500 metre olarak ve Küçükönder ve Karabulut (2007) çalışmasında tampon bölgeyi 200 metre olarak belirlemiştir.

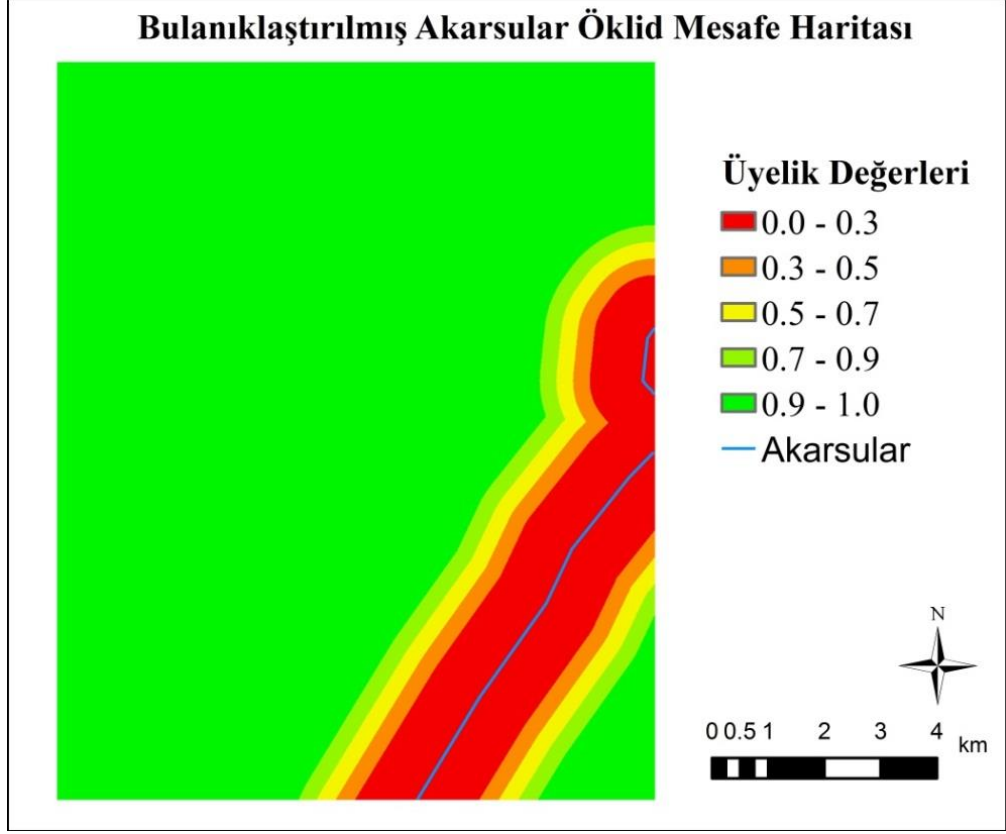
Akarsuların, yerleşim bölgelerine ve diğer kriterlere olan mesafeleri göz önüne alınarak katı atık deposunun akarsulara 500 metreden yakın uzaklıklar uygun bulunmazken 2000 metre ve üzeri uzaklıklar makul olarak kabul edilmiştir. Akarsulardan uzaklık kriteri için doğrusal bulanık fonksiyonu seçilmiştir (Şekil 4.).



$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < 500 \\ \frac{x - 500}{1500}, & 500 \leq x \leq 2000 \\ 1, & x > 2000 \end{cases}$$

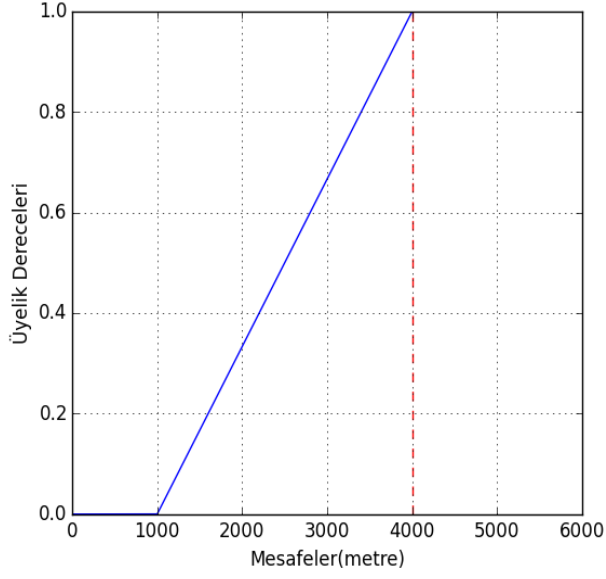
Şekil 4.7 Akarsular – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

Akarsular katmanına öklid mesafe fonksiyonu uygulanmıştır ve akarsulara olan mesafeler bulunmuştur. Mesafe katmanına bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış akarsular öklid mesafe haritası

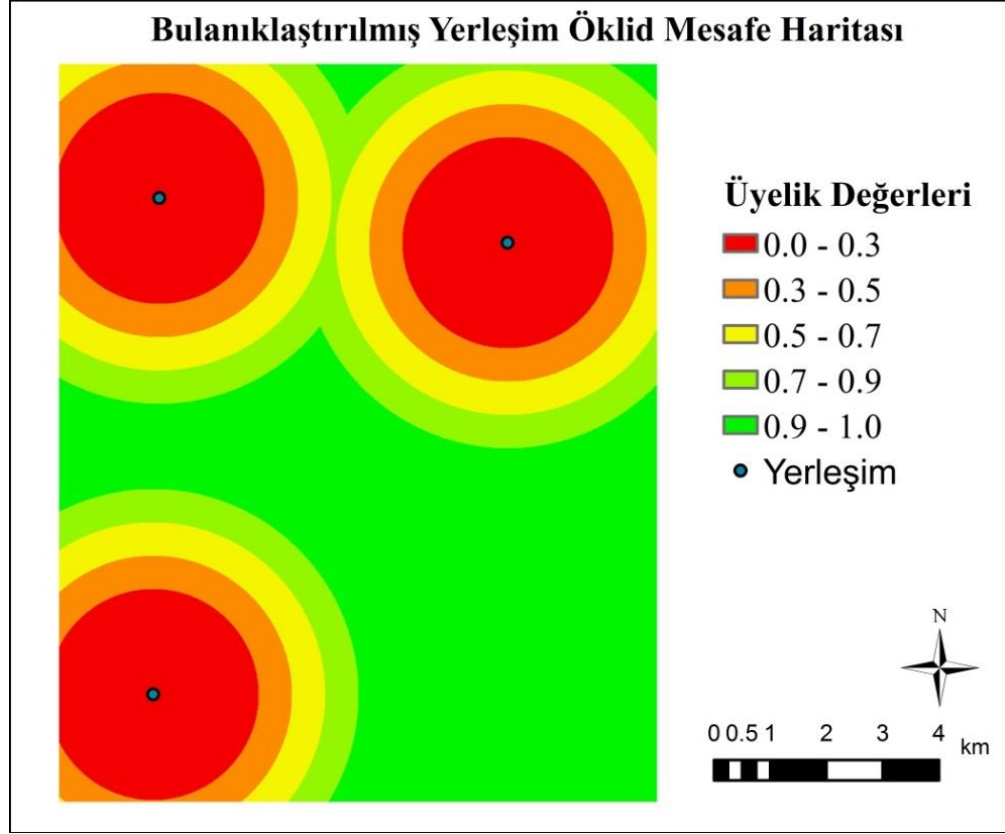
2010'da Resmi Gazete'de yayınlanan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te "Düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli metre olmak zorundadır." maddesi bulunmaktadır. Çalışmada düzenli depolama tesis tipi dikkate alınmadığı için 1 km uzaklığa göre tampon bölge belirlenmiştir. Mesafe arttıkça üyelik derecesi artacağı için doğrusal bulanık üyelik fonksiyonu seçilmiştir (Şekil 4.).



$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < 1000 \\ \frac{x - 1000}{3000}, & 1000 \leq x \leq 4000 \\ 1, & x > 4000 \end{cases}$$

Şekil 4.9 Yerleşim bölgeleri – Doğrusal üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

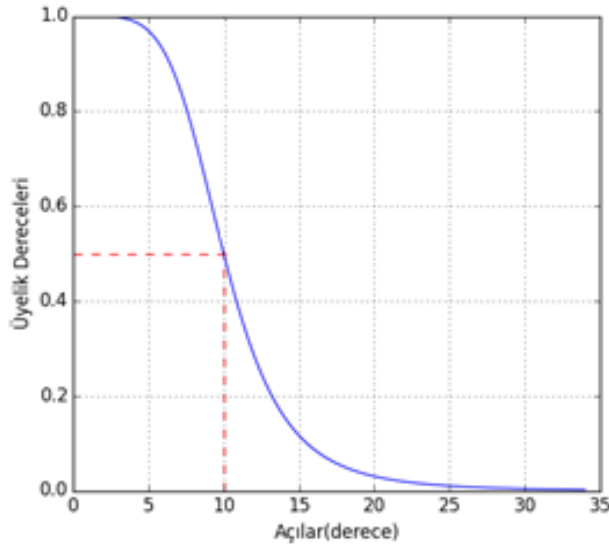
Yerleşim bölgeleri katmanına öklid mesafe fonksiyonu uygulanmıştır ve yerleşim bölgelerine olan mesafeler bulunmuştur. Mesafe katmanına bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Doğrusal üyelik fonksiyonu uygulanmış yerleşim öklid mesafe haritası

Eğim kriteri, arttıkça katı atık deposunda atık sızıntılarının akışı artacağı ve akışı önlemek amaçlı koruma alanlarının artacağı için önemli bir kriterdir (Lin ve Kao 1999). Katı atık depolama tesisleri için ortalama eğime sahip ve % 20'den fazla eğime sahip olmayan yerler en uygun alanlardır (Akbari vd. 2008). Literatürde eğim kriteri yüzdeler olarak ifade edilmiştir. İki nokta arasındaki eğim hesabı, noktalar arasındaki yükseklik farkını, noktalar arasındaki mesafeye bölüp 100 ile çarparak bulunur. Örneğin % 20 eğim, $100 * \text{yükselti} / \text{mesafe}$ değerine karşılık gelir. Yükselti/mesafe tanjant açısının tersidir. yükselti/mesafe değeri 0.2 olduğu durumda, eğim açısı 11.4 derece olmaktadır. Analiz çalışmasında eğim verisi derece olarak üretilmiştir ve üyelik fonksiyonu da açı hesabına göre değerlendirilmiştir. Eğim arttıkça üyelik derecesi azalacağı için S-şekil bulanık üyelik fonksiyonu seçilmiştir (Şekil 4.).

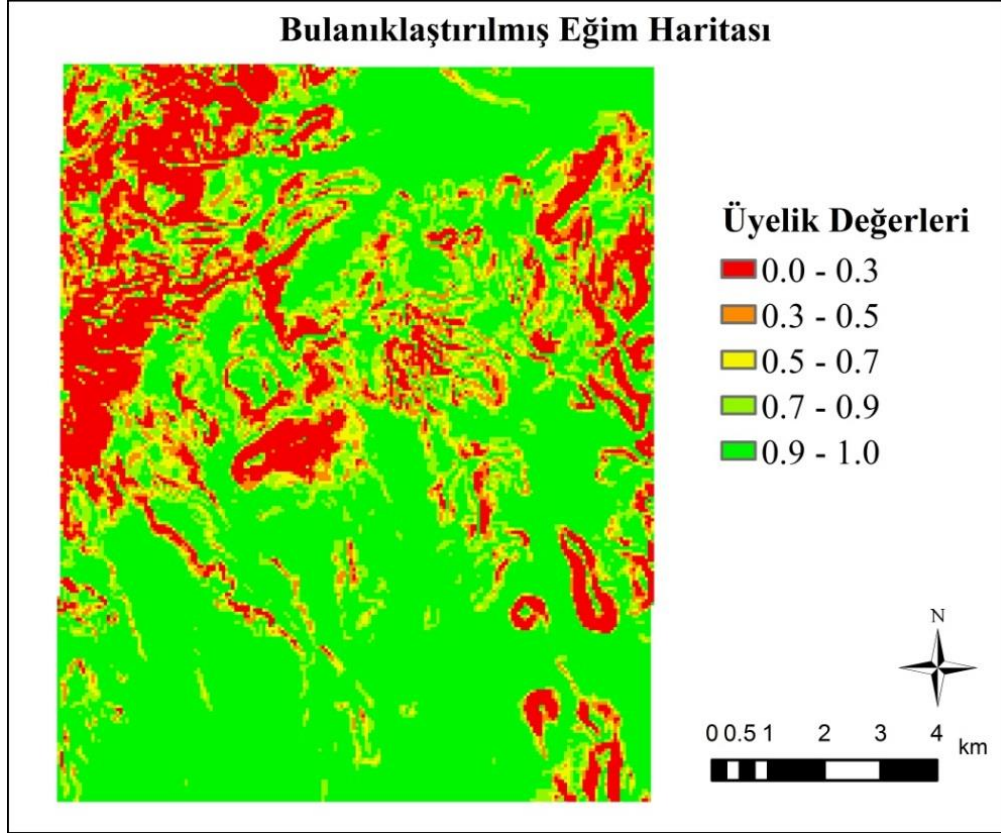
ArcGIS yazılımında bulanık üyelik fonksiyonlarından Small fonksiyonu S şekil formunda olup iki parametreye göre çalışır. Orta nokta değeri, 0.5 üyelik derecesinin atanacağı değeri ifade ederken, yayılım değeri S-şeklinin orta noktadan sonra geçiş alanının değişim karakterini tanımlar. Yayılım değeri, 1 ile 10 arasında değer alır ve yayılım değeri arttıkça orta noktadan sonraki geçiş alanı küçülür. Yapılan çalışmalar ve yayılım değerindeki değişimler gözlemlenerek Small üyelik fonksiyonunun orta nokta değeri 10 derece, yayılım değeri 5 olarak kullanılmıştır.



$$\mu(x) = \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\text{orta nokta}}\right)^{\text{yayılım}}} \right.$$

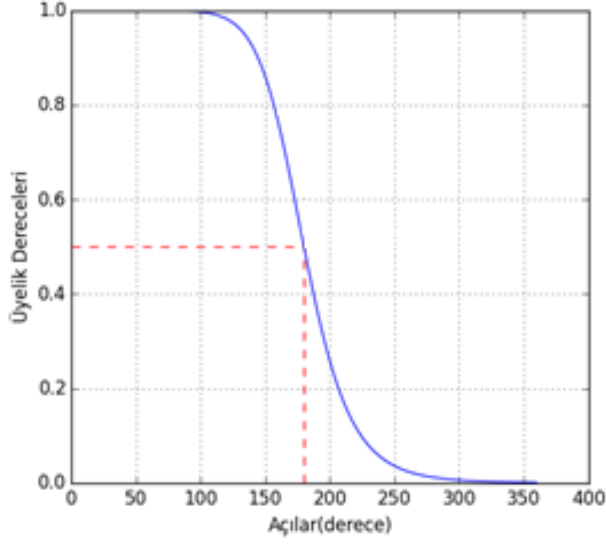
Şekil 4.11 Eğim – Small üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

Eğim katmanına Small bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Small üyelik fonksiyonu uygulanmış eğim haritası

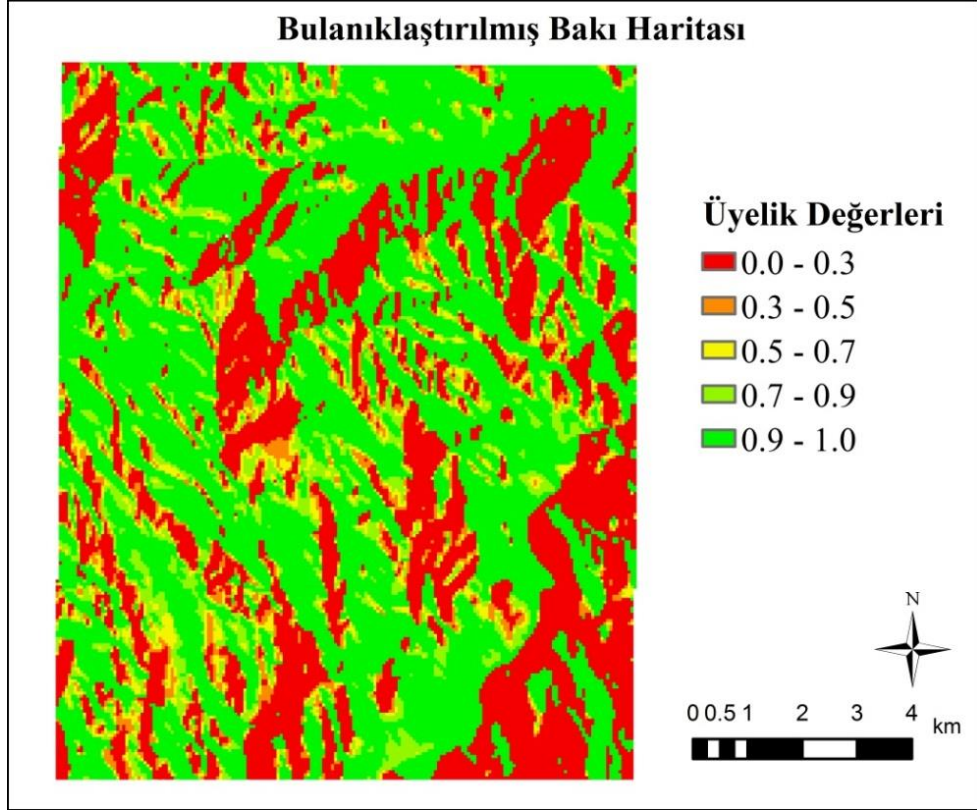
Yerleşim bölgeleri atıklardan oluşabilecek kokulardan etkilenmemelidir. Bu nedenle rüzgâr yönü dikkate alınmalıdır (Şener vd. 2011). Düzenli depolama alanlarında atık her gün geçirimsiz toprakla örtülse dahi mümkünse koku ve tozların rüzgârla dağılmasını önlemek için hâkim rüzgâr yönüne açık inşa edilmemesi istenmektedir (Küçükönder ve Karabulut 2007). Ankara İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü internet sayfasından elde edilen bilgiye göre, Sincan bölgesi için hâkim rüzgâr yönü batı olarak belirtilmiştir. Batı rüzgârlarını ve güneş ışınlarından daha az etkilenmesi nedeniyle 180 dereceden itibaren üyelik derecelerinin düşmesi beklenir. Bu nedenle S-Şekil üyelik fonksiyonu yayılım derecesi 10, orta nokta 180 olarak kullanılmıştır (Şekil 4.).



$$\mu(x) = \left\{ \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\text{orta nokta}}\right)^{\text{yayılım}}}\right.$$

Şekil 4.13 Bakı – Small üyelik fonksiyon grafiği ve formülü

Bakı katmanına Small bulanık üyelik fonksiyonu uygulandığında elde edilen harita Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Small üyelik fonksiyonu uygulanmış bakı haritası

i28-b2 bölgesi için üretilen altı kriterin değerleri, literatür çalışmalarını incelenerek ve kriterlerin konumları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Her kriter verisi kurulum gereksinimlerine göre belirlenen bulanık fonksiyonlar ile bulanıklaştırılıp beş üyelik kategorisinde gösterilmiştir. Kırmızı renkler düşük üyelik derecesine sahip konumları gösterirken yeşil renkler yüksek üyelik derecesine sahip konumları gösterir.

4.3 Yer Seçim Modelinin Oluşturulması

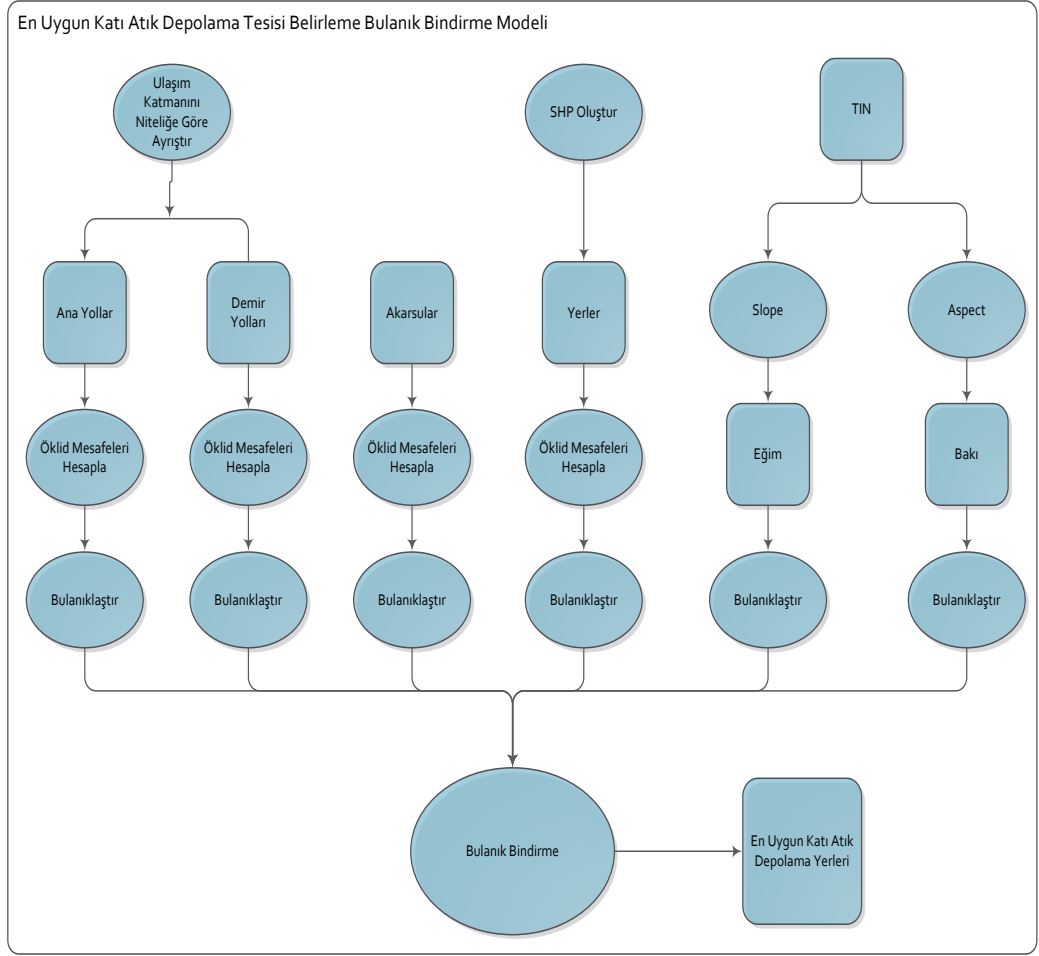
Katı atık depolama tesisi için yer seçimi kriterleri ve uygulanacak bulanık mantık fonksiyonları belirlendikten sonra en uygun konumları belirlemek için bulanık modeli belirlemek gereklidir. Yerler, ana yollar, demiryolları ve akarsular verilerine mekânsal analiz fonksiyonlarını uygulamak amacıyla vektörel veriler raster verisine dönüştürülmüştür. Eğim, bakı ve yükseklik bilgilerini içeren TIN verisinden mekânsal analiz araçları kullanılarak eğim ve bakı verileri üretilmiştir. Ulaşım verisinin içerdiği

demir yolları ve ana yollar, iki ayrı haritaya ayrıştırılarak iki farklı kriter elde edilmiştir. Mesafe haritaları, raster verilerine öklid mesafe fonksiyonu uygulanarak her bir hücrenin ilgili hücre verisine olan doğrusal uzaklıkları hesaplanmıştır. Mesafe, eğim ve bakı katmanlarına bulanık üyelik fonksiyonları uygulanarak her bir hücrenin üyelik derecesi bulunmuştur.

Her bir kriter için üyelik dereceleri belirlendikten sonra çoklu kriterleri birleştirmek için bulanık bindirme analizi uygulanmıştır. ArcGIS bulanık bindirme analizinde birden fazla çakıştırma fonksiyonu tanımlamaktadır. Fuzzy And, Fuzzy Or, Fuzzy Product, Fuzzy Sum ve Fuzzy Gamma gibi analiz sonucunu farklı yorumlayacak teknikleri barındırır. Fuzzy And bindirme tipi, en uygun yer seçimi probleminde kriterlerin bulanık üyelik derecelerinin kesişim değerlerini bularak minimum adayı belirlemek için kullanılır. Hem en uygun yer seçimini yapabilmek hem de katı atık depo tesis büyüklüğünü bölge ihtiyaçlarına göre daha az bir alanda sağlayabilmek için Fuzzy And fonksiyonu ile en uygun katı atık depolama tesis konumları belirlenmiştir.

$$\text{fuzzyAndValue} = (\text{arg1}, \text{arg2}, \dots, \text{argn})$$

Fuzzy And, üyelik fonksiyonun belirlediği alanlarının kesişimi kümesini ifade eder. Aday bölge sayısını en aza indirmek için kullanılmıştır.



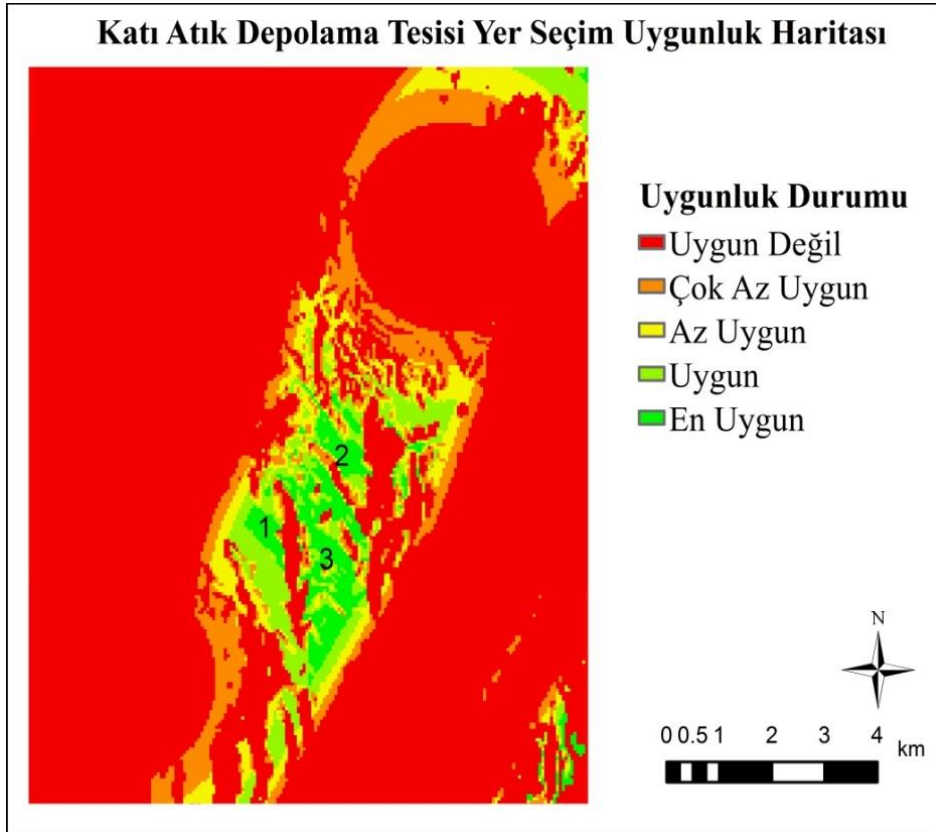
Şekil 4.15 Bulanık bindirme modeli

Şekil 4., CBS yazılımında hazırlanan modelin sadeleştirilerek gösterimidir. Yuvarlak semboller, CBS yazılımında kullanılan fonksiyonları ifade ederken, kare semboller girdileri ifade etmektedir. Bulanık bindirme modeliyle analizin uygunluk haritası oluşturulmuştur. Bulanık üyelik fonksiyonlarından doğrusal ve S-şekil fonksiyonları CBS yazılımının sağladığı hazır fonksiyonlar olup, yamuk üyelik fonksiyonu için raster hesaplayıcı kullanılmıştır. Bulanık bindirme modeliyle, farklı girdilerle kullanılabilen katı atık depolama tesis yer seçimi modelini sunulmuştur.

4.4 Yer Seçimi

Bulanıklaştırılan analiz kriter verileri kesişim işlemi ile çakıştırılarak tek bir veride gösterimi sağlanmıştır. Çıktı verisinin üyelik dereceleri sınıflandırılarak üyelik

dereceleri uygunluk derecelerinde değerlendirilmiştir. Bulanık üyelik dereceleri, uygun değil, çok az uygun, az uygun, uygun ve en uygun olmak üzere beş dilsel terimde sınıflandırılmıştır. Üyelik değeri 1'e daha çok yaklaşan değerleri elde etmek için 0.9 ve üzeri üyelik değerleri en uygun kategorisinde değerlendirilmiştir. 0-0.3 üyelik dereceleri uygun değil sınıfında değerlendirilerek daha küçük üyelik derecelerinin elenmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.16 Bulanık bindirme modeli ile yer seçim uygunluk haritası

Şekil 4.16, bulanık bindirme modeli ile elde edilmiş haritanın beş dilsel kategoride sınıflandırılarak gösterimidir. Numaralı alanlar, aday bölgelerden en büyük alana sahip üç aday bölgedir ve aday bölge numaraları alanın merkez noktalarını göstermektedir. Çalışma bölgesinde uygunluk derecelerine ve çalışma bölgesinde kapladıkları alanların oranları Çizelge 4. gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Uygunluk dereceleri ve alan büyüklükleri

Uygunluk Derecesi	Bulanık Üyelik Derecesi	Alan Büyüklüğü (%)
Uygun Değil	0.0 – 0.3	80.92
Çok Az Uygun	0.3 – 0.5	7.60
Az Uygun	0.5 – 0.7	4.80
Uygun	0.7 – 0.9	4.20
En Uygun	0.9 – 1.0	2.47

Bulanık bindirme yöntemi ile tespit edilmiş bölgelerden en büyük alana sahip üç bölge aday bölge olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.2 Aday bölge konum bilgileri ve alan büyüklükleri

Aday Bölge	Konum Bilgileri	Alan Büyüklüğü (h)
Aday 1	32° 25' 38.38" 39° 55' 14.63"	38.58
Aday 2	32° 26' 39.00" 39° 56' 3.76"	51.12
Aday 3	32° 26' 28.14" 39° 54' 56.95"	202.32

Çizelge 4.2’de gösterilen konum bilgileri, aday bölge olarak koyu yeşil bölgelerin merkez noktalarının koordinat bilgilerini göstermektedir. Adayların en yakın demir yoluna, ana yola, yerleşim bölgesine ve akarsuya uzaklık bilgileri ile eğim ve bakı değerleri Çizelge 4.’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 Aday bölgelerin özellikleri

Aday Bölge	Ana Yol. Uzaklık (m)	Demir Yol. Uzaklık (m)	Yerleşim Böl. Uzaklık (m)	Akarsulara Uzaklık (m)	Eğim (°)	Bakı (°)
1	3080.98	2475.31	3659.63	3358.92	1.62	99.80
2	2230.41	1950.27	4074.77	2852.68	2.65	98.88
3	1450.11	902.99	3691.02	1816.92	6.18	8.55

Bulanık bindirme yöntemi ile elde edilen yer seçim uygunluk haritası üzerinde Seç fonksiyonu ile uygunluk derecesi en uygun olan noktalar ayırt edilmiştir. Sadece en uygun noktaların bulunduğu raster haritası, Raster’dan Poligon’a fonksiyonu ile kapalı

alanlar şekline çevrilmiştir. En uygun poligon alanları üzerinde konum ve yakınlık fonksiyonları uygulanarak her kapalı alan için poligonların merkez nokta bilgileri ve kriterlere olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler, çizelge 4.2 - 4.3'de gösterilmiştir.

Bulanık bindirme modeli ile en uygun kategorisinde birden fazla bölge bulunmuştur. Bu bölgelerden hektar alanı en büyük olan üç aday bölge gösterilmiştir. Bölgenin popülasyonu ve günlük katı atık üretimi gibi kıstaslara göre en uygun bölge seçimi karar vericiler tarafından yapılabilir. Bulanık bindirme modeli geliştirilerek kısıtlı bölge, minimum bölge büyüklüğü gibi kriterler eklenerek çıktı sonuçları filtrelenebilir.

4.5 Bindirme Yöntemleri Karşılaştırması

Yer seçim problemlerinde yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan ağırlıklı bindirme yönteminde, sınıflandırılmış raster hücre değerleri, önem derecesine göre genel bir ölçüğe atanır. Örneğin 1000 metre değerine sahip bir raster hücresi ile aynı sınıfta yer alan 2000 metre değerine sahip bir raster hücresi aynı önem derecesine sahip olabilir. Bulanık mantık yönteminde ise her bir raster hücre değeri 0-1 aralığında bir üyelik derecesine sahip olarak her hücrenin üyelik kümesine ne kadar ait olduğu gözlemlenebilir.

Bulanık bindirme yöntemlerinin ağırlıklı bindirme yöntemlerine göre daha esnek bir yapı sağlayarak üyelik dereceleri ile yer seçim analizi yapan uzman ya da kişilere daha fazla yol gösterici olduğunu göstermek için bulanıklaştırılmış ve sınıflandırılmış değerler iki ayrı ağırlıklı bindirme yönteminde analiz edilerek üretilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Katı atık depolama tesisi yer seçim kriterlerinin belirlenmesi bölümünde belirlenen kriterler yeniden sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Yeniden sınıflandırma yönteminde ondalıklı sayılar, tam sayı değerlerine dönüştürülürler. Her bir analiz kriterinin tampon bölgelere göre sınıflandırılması Çizelge 4.'de gösterilmektedir.

Bulanık fonksiyonda üyelik derecesi 1 olan değerler, sınıflandırma yönteminde 5 değerindedir. Demir yollarına, akarsulara ve yerleşim bölgelerine uzaklık kriteri minimum ve maksimum kriter değerleri arasında tampon bölgeler oluşturularak puanlandırma yapılmıştır. Bakı değerleri, bölgenin hâkim rüzgâr yönü batı rüzgârları olduğu için kuzeyden batıya doğru puanlandırma azaltılmıştır.

Çizelge 4.4 Kriter değerlerinin puanlandırılması

Kriter Değerleri	Puan	Kriter Değerleri	Puan
Ana Yollar			
< 500	0	4000 - 4250	4
500 – 750	1	4250 - 4500	3
750 – 1000	2	4500 - 4750	2
1000 – 1250	3	4750 - 5000	1
1250 – 1500	4	5000 <	0
1500 – 4000	5		
Yerleşim Bölgeleri		Demir Yolları	
< 1000	0	< 250	0
1000 – 2000	2	250 - 500	2
2000 – 3000	3	500 - 750	3
3000 – 4000	4	750 - 1000	4
4000 <	5	1000 <	5
Akarsular		Eğim	
< 500	0	0 - 5	5
500 – 1000	2	5 - 10	4
1000 – 1500	3	10 - 15	3
1500 – 2000	4	15 - 20	2
2000 <	5	< 20	1
Bakı			
0 - 72	5		
72 - 144	4		
144 - 216	3		
216 - 360	1		

Ağırlıklı bindirme yöntemi tam sayı değerler üzerinde çalışan her bir raster hücrelerini verilen ağırlık ile çarparak tüm katmanların aynı hücredeki değeri ile toplayarak sonucu elde eder.

2	2	3
2	1	1
1	2	2

Etki (%75)

+

3	3	2
1	3	1
2	1	1

Etki (%25)

=

2	2	3
2	2	1
1	2	2

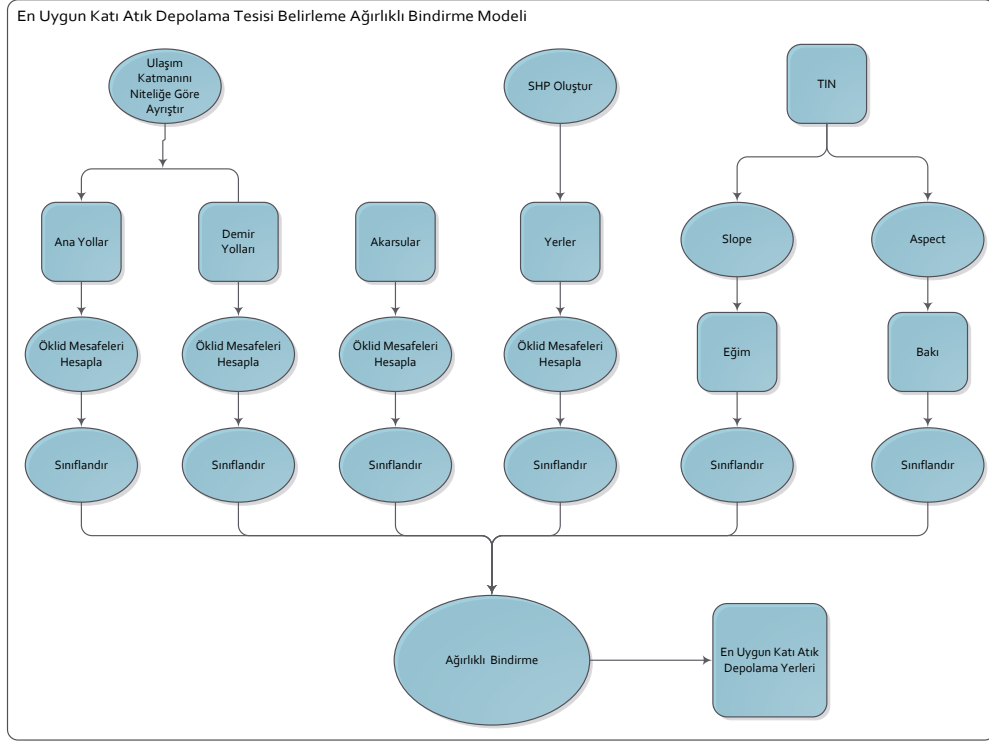
Şekil 4.17 Ağırlıklı bindirme yöntemi

Şekil 4.'de gösterilen 1 ile 3 arasında genel bir ölçekte sınıflandırmış iki raster verinin ağırlıklı bindirme analiz sonucu görülmektedir. Yer seçiminde daha önemli etkiye sahip olan veri katmanı daha büyük yüzdelik etkiye sahip olur.

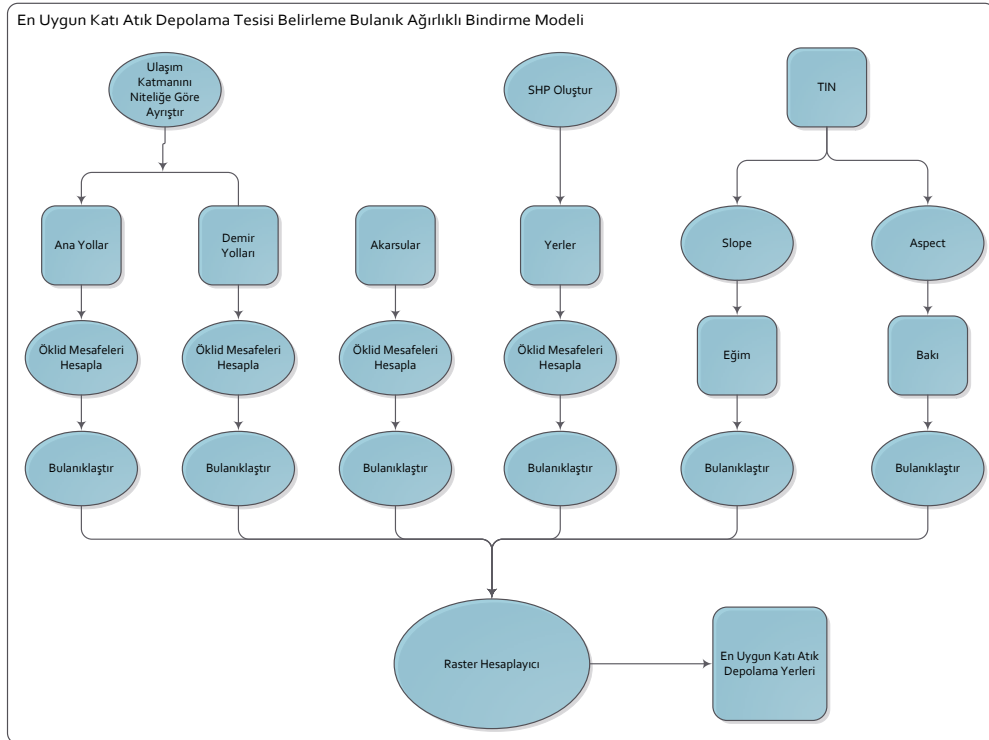
Örneğin 1x1 hücre için $2*0.75 + 3 * 0.25 = 2.25$ işlemi gerçekleştirilir. Sonuç değeri ondalıklı sayıya sahip olamayacağı için en yakın tam sayı değerine yuvarlanır. Bu yöntem literatürde ağırlıklı doğrusal birleşim olarak da ifade edilir. CBS yazılımında kullanılan yüzdelik etki değeri basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi olarak da ifade edilir.

Çizelge 4. gösterilen değerler ile yerleşim, demiryolları, akarsular, bakı, eğim veri katmanları % 16 etkiyle ve ana yollar veri katmanı % 20 etkiyle ağırlıklı bindirme fonksiyonuna girdi oluşturmuşlardır. Tüm kriter verilerinin yer seçim kriterinde ağırlığı aynıdır fakat kriter sayısının 6 olması nedeniyle ve toplam etkinin % 100 olması gerektiği için ana yollar kriterinin etki değeri arttırılmıştır.

Bulanık ağırlıklı bindirme analizi için veri katmanlarına uygulanmış bulanık üyelik fonksiyon çıktıları raster hesaplayıcı aracı her bir veri katmanına verilen etki oranı ile çarpılarak veri katmanları toplanmıştır. Raster hesaplayıcı, mekânsal analiz araçlarında raster hücreler üzerinde aritmetik işlem yapmak için kullanılan bir araçtır. Ağırlıklı bindirme fonksiyonu tam sayılar çalıştığı için ağırlıklı bindirme aracı kullanılmıştır.

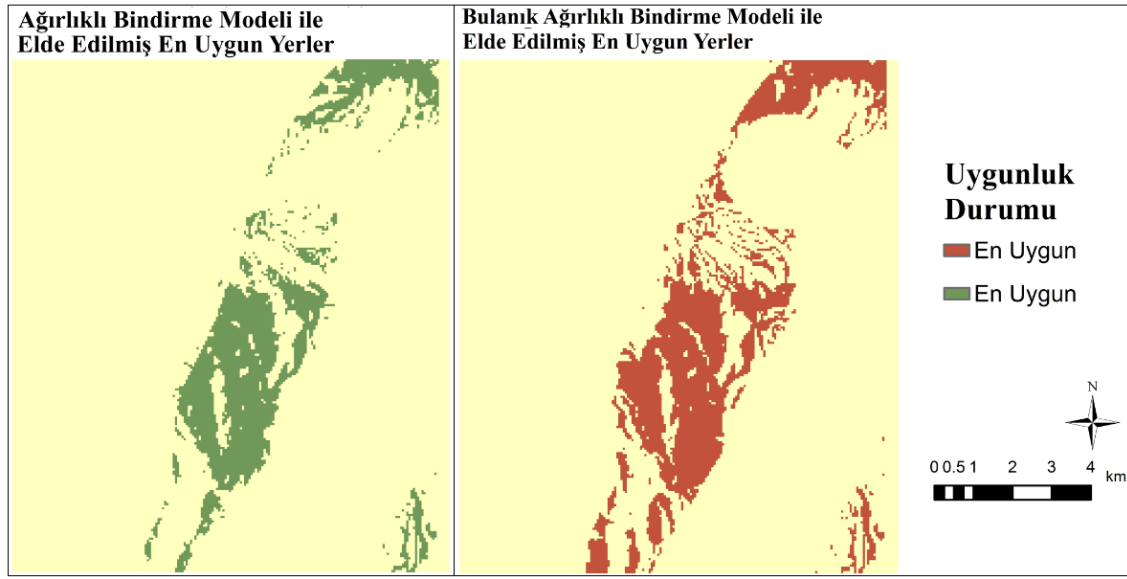


Şekil 4.18 Ağırlıklı bindirme modeli



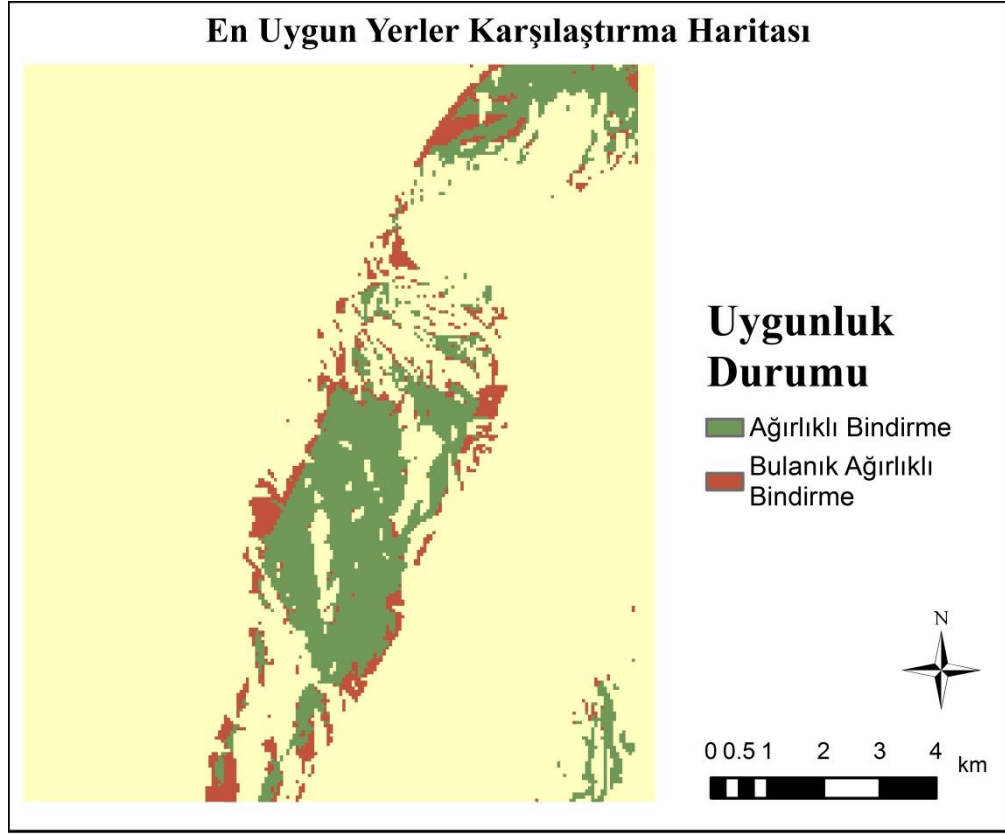
Şekil 4.19 Bulanık ağırlıklı bindirme modeli

Şekil 4.18 - 4.19, bindirme yöntemlerini karşılaştırmak için geliştirilmiş iki modeli sunar. Ağırlıklı bindirme modeli CBS yazılımın sağladığı ağırlıklı bindirme fonksiyonunu ile bindirme sonucunu üretirken, bulanık ağırlıklı bindirme modeli raster hesaplayıcıda oluşturulan denklem ile bindirme sonucunu üretir. Ağırlıklı bindirme modelinde çakıştırma işleminden önce sınıflandırma yapıldığı için analiz sonucuna yeniden sınıflandırma yapılmasına gerek yoktur. Bulanık bindirme analiz sonucu yeniden sınıflandırılmıştır ve 0.9 – 1.0 üyelik derecesi en uygun değerine atanmıştır.



Şekil 4.20 Bindirme modelleri ile elde edilmiş en uygun yerler haritaları karşılaştırması

Şekil 4.20’de ağırlıklı bindirme modeli ve bulanık bindirme modelleri çalıştırılarak üretilen analiz sonuçlarından elde edilen en uygun bölgeler karşılaştırılmıştır. Bulanık ağırlıklı modeli ile elde edilen en uygun bölge büyüklüğünün, ağırlıklı bindirme modeline göre elde edilen bölge büyüklüğünden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bulanık ağırlıklı modelin daha ayırt edici, daha farklılaştırılmış noktalar elde edildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21 En uygun yerler karşılaştırma haritası

Şekil 4.21’de iki model aracılığıyla elde edilmiş haritaların üst üste bindirilerek gösterilmiş en uygun yerler karşılaştırma haritası görülmektedir. Şekil 4.20’de gösterilen karşılaştırma haritalarının CBS yazılımında katmanları çakıştırarak elde edilmiştir. Bulanık mantık kullanarak elde edilen alanın daha büyük olduğu detaylı olarak gösterilmiştir.

Bu bölümde, i28-b2 bölgesi için bir katı atık depolama tesisinin yer seçimi analizi yapılmıştır. Bu analiz çalışması ile tespit edilen en uygun yerler belirlenmiştir ve en uygun yerlerden en büyük alana sahip alanlar tablosal bilgide gösterilmiştir. Bulanık ağırlıklandırma yöntemi ile klasik ağırlıklandırma yöntemi kıyaslanarak elde edilen uygunluk haritaları karşılaştırılmıştır.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında bulanık mantık kullanarak bir katı atık depolama tesisinin en uygun konumu belirlenmiştir. Bulanık mantık yöntemini CBS ile bütünleştirerek bir analiz çalışması yapılmıştır. Ankara ilinde yerleşim bölgelerinden ve şehir merkezinden uzak bir bölge olan Sincan ilçesine ait i28-b2 pafta verilerinden ana yollar, demiryolları, akarsular, yerleşim, eğim ve bakı verileri kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin katı atık depolama tesisi kurulum kriter değerleri literatür ve mevzuat taraması yapılarak belirlenmiştir. Her bir kritere göre en uygun bulanık üyelik fonksiyonu seçilmiştir ve üyelik fonksiyon grafikleri Python dilinde matplotlib kütüphanesinde çizilerek seçilen fonksiyonların doğruluğu gözlemlenmiştir. Bulanık üyelik fonksiyonu uygulanan verilerin çakıştırma yöntemi için CBS yazılımının sağladığı Fuzzy And aracı kullanılmıştır. Çakışan hücrelerin üyelik değeri en küçük olanının seçimiyle aday bölgeler en aza indirgenmiştir. Bulanık bindirme sonucu elde edilen harita uygun değil, çok az uygun, az uygun, uygun ve en uygun olmak üzere beş kategoride yeniden sınıflandırılmıştır ve 0,9 – 1,0 üyelik derecesine sahip bölgeler en uygun katı atık tesis bölgesi olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının % 2.47'si uygun kategorisinde bulunmaktadır. Belirlenen en uygun bölgelerden en büyük alana sahip üç bölge kapladıkları alan ve kriterler değerleri ile listelenmiştir. Çalışma sonucu, tesis konumunu irdeleyen kişiler için bir analiz çalışması olup karar vericinin işinin kolaylaştırmıştır. Bölgelerin uygunluk durumları üyelik dereceleri ile belirlenerek karar vericilerin her bölgeyi değerlendirilebilmesi sağlanmıştır.

Tezin ikinci aşamasında bindirme yöntemleri karşılaştırılması yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analiz çalışmasında belirlenen kriterlerin değerleri, ağırlıklı bindirme modelinde 1 ile 5 aralığında sınıflandırılmıştır. AHY'deki gibi ikili karşılaştırma matrisi hazırlamadan, kriter ağırlıklarını belirlemek için tüm kriterlere aynı ağırlık değeri verilmiştir. Ağırlık değeri, olarak kriterlerin yüzdelik etki değeri kullanılmıştır. Ağırlık değerleri, sınıflandırma değerleri ile çarpılıp toplanarak ağırlıklı bindirme modeli için analiz sonucu elde edilmiştir. Bulanık ağırlıklı bindirme

modelinde, bulanıklaştırılan veriler yine aynı yöntemle karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bulanık mantık fonksiyonlarıyla bulanıklaştırılan her veri hücre değeri, bulanık üyelik derecesiyle yer seçim kümesinde dâhil edilmesiyle daha fazla farklı değerde noktanın analiz kümesine katılması sağlanmıştır. Bulanık ağırlıklı bindirme modeliyle tespit edilen en uygun aday tesis bölgelerinin toplam büyüklüğünün, ağırlıklı bindirme modeliyle tespit edilen en uygun aday tesis bölgelerinin toplam büyüklüğünden daha büyük olduğu her iki modelden elde edilen uygunluk haritalarının üst üste bindirilmesi ile gösterilmiştir. Yer seçim problemlerinde en uygun konumlar dışındaki konumları irdelemek için analiz sonucu üyelik dereceleri ile gösterilmiştir.

Mekânsal analiz yazılımlarının gelişmesi ile karar verme süreçlerinin yazılım tarafından gerçekleştirilmesi açısından CBS'nin büyük faydası görülmüştür. CBS yazılımı ile hem uzman görüşlerinin ele alınabildiği hem de belirsiz durumların karşılandığı dinamik modeller hazırlanmıştır. Dinamik modeller ile girdi katmanları ve kriter değerleri değiştirilerek alternatif bölgeler için de benzer bir çalışma yapma işlevi kolaylaştırılmıştır.

ÇKKVY'den AHY sıklıkla kullanılan ve etkili bir yöntem olduğu literatür çalışmalarından elde edilmiştir. AHY'de belirlenen tampon bölgelere puan verilerek tampon bölge içindeki her değeri aynılaştırılarak uygunluk durumlarının azaltıldığı gözlemlenmiştir. Bulanık mantık yönteminde ise bulanık mantık fonksiyonunun her noktaya uygulanması ve her noktanın kendi üyelik derecesine sahip olması ile analiz sonucunda daha ayırt edici veriler elde edilmiştir.

Yer seçim kriterlerindeki belirsiz ifadelerin kesinleştirilmesiyle uzman görüşlerine daha az ihtiyaç duyularak kolay ve hızlı bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile bulanık bindirme yönteminin ağırlıklı bindirme yöntemine göre daha basit bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Kriter sayısının artırılmasıyla ve bulanık mantık fonksiyon seçimlerinde daha detaylı çalışmanın yapılmasıyla çalışmanın güvenilirliği artacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbari, V., Rajabi M. A., Chavoshi, S.H. and 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.
- Akgün, H. and Yal G. P. 2013. Landfill Site Selection and Landfill Linear Design for Ankara, Turkey. Environmental Earth Sciences, 70, 2729-2752.
- Anonim. 2004. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, T. C. Resmi Gazete, 25687.
- Anonim. 2010. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, T. C. Resmi Gazete, 27533.
- Anonim. 2014. Türkiye Belediyeler Birliği. Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı, Yer Seçimi Ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı, Ankara.
- Anonymous. Web Sitesi: <http://desktop.arcgis.com>, Erişim Tarihi: 01/09/2017
- Assari, A., Mahesh, T. and Assari, E. 2012. Role of Public Participation in Sustainability of Historical City: Usage of TOPSIS Method. Indian Journal of Science and Technology, 5(3), 2289-2294.
- Babalola, A. and Busu İ. 2011. Selection of Landfill Sites for Solid Waste Treatment in Damaturu Town-Using GIS Techniques, Journal of Environmental Protection, 2, 1-10.
- Balasooriya, B., Vithanage, M., Nawarathna, N, Kawamoto, K., Zhang, M., Herath, G. and Mowjood, M. 2014. Solid Waste Disposal Site Selection for Kandy District, Sri Lanka Integrating GIS and Risk Assessment. International Journal of Scientific and Research Publications, 4(10).
- Câmara G., Monteiro A. M., Fucks S.D. and Carvalho M. C. 2004. Spatial Analysis and GIS: A Primer, 30.
- Chang, N., Parvathinathan, G. and Breeden, J. B. 2008. Combining GIS With Fuzzy Multicriteria Decision-Making For Landfill Siting In A Fast-Growing Urban Region, Journal of Environmental Management 87, 139–153
- Çay, T., Nas, B., Berktaş, A. ve İşcan, F. 2007. Katı Atık Deponi Alanlarının Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) Uygulaması. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon.
- Demirarslan, K.O., Korucu, M.K. ve Karademir, A. 2013. Katı Atık Depolama Alanlarının Nihai Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Kirlilik Dağılım Modellerinin Birlikte Kullanımı. Uluslararası Katılımlı Hava Kirliliği Ve

Kontrolü Sempozyumu, Eskişehir.

- Donevska, K., Pece, V.G., Jovanovski, M. and Pesevski, I. 2012. Regional Non-Hazardous Landfill Site Selection By Integrating Fuzzy Logic, AHP and Geographic Information Systems. *Environmental Earth Sciences*, 67, 121-131.
- Gbanie, S.P., Tengbe P.B., Momoh, J.S., Medo J. and Kabba, V.T.S. 2013. *Applied Geotaphy*, 36, 3-12.
- Giaoutzi, M. and Hatzichristos, T. 2006. Landfill Siting Using GIS, Fuzzy Logic and The Delphi Method. *Int. J. Environmental Technology and Management*, 6(1/2), 218-231.
- Guiqin W., Li Q., Guoxue L. and Lijun C. 2009. Lanfill Site Selection Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 2414 – 2421.
- Güler, D. 2016. Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, 69, İstanbul.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. 1981, *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- Isalou, A.A., Zamani, V., Shahmoradi, B. and Alizadeh, H. 2012. Landfill Site Selection Using Integrated Fuzzy Logic and Analytic Network Process (F-ANP), *Environmental Earth Science*, 68(6), 1745-1755.
- Issa, S.M. and AL Shehhi B. 2012. A GIS-Based Multi Criteria Evaluation System For Selection of Landfill Sites: A Case Study From Abu Dhabi, United Arab Emirates. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B2.
- Khorrarn, A., Yousefi, M., Alavi, A. and Farsi, J. 2015. Convenient Landfill Site Selection By Using Fuzzy Logic and Geographic Information Systems: A Case Study In Bardaskan. *Health Scope*, 4(1):e19383.
- Küçükönder M. ve Karabulut, M. 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 55-76.
- Lin, H. and Kao, J. 1999. Enhanced Spatial Model for Landfill Siting Analysis. *Journal of Environmental Engineering*, 125, 845-851.
- Malczewski, J. 1997. Propagation of Errors In Multicriteria Location Analysis: A Case Study. *Proceedings of Thw Twelfth International Conferenge*, 154–155, Berlin.

- Önüt, S. and Soner S. 2008. Transshipment Site Selection Using The AHP and TOPSIS Approaches Under Fuzzy Environment. *Waste Management*, 28(9), 1552–9.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, Mcgraw-Hill.
- Şener, B., Süzen, M.,L. and Doyuran, V. 2006. Landfill Site Selection By Using Geographic Information Systems. *Environmental Geology*, 49, 376–388.
- Şener, Ş., Şener, E. and Nas, B. 2011. Selection of Landfill Site Using GIS and Multicriteria Decision Analysis For Beyşehir Lake Catchment Area (Konya, Turkey). *Journal of Engineering Science and Design*, 1(3), 134-144.
- Weerasiri, T., Wirojanagud W. and Srisalit T. 2014. Assessment of Potential Location of High Arsenic Contamination Using Fuzzy Overlay and Spatial Anisotropy Approach In Iron Mine Surrounding Area. Hindawi Publishing Corporation *The Scientific Works Journal*, 11.
- Zadeh, 1965. Fuzzy Sets, *Information and Control*, 338–53.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Burcu ÖZDEMİR KİPEL

Doğum Tarihi: 02.09.1986

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Mustafa Kemal Lisesi, (2003)

Lisans : Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, (2009)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, (2017)

Çalıştığı Kurumlar

Havelsan Ehsim, 2014 - --

Komtaş Bilgi Yöntemi, 2011 - 2014

DataseL Yönetim Sistemleri, 2009 – 2011