

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**YARI HUMİD EKOLOJİK KOŞULLARA SAHİP YUKARI
ENGİZ HAVZASI DOĞAL ÇAM ORMAN ARAZİLERİNİN
ÇÖLLEŞME RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Muhammet Emin SAFLI

Danışman

Prof. Dr. Orhan Dengiz

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1904.22.021proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammet Emin SAFLI tarafından, **Prof. Dr. Orhan DENGİZ** danışmanlığında hazırlanan “**YARI HUMİD EKOLOJİK KOŞULLARA SAHİP YUKARI ENGİZ HAVZASI DOĞAL ÇAM ORMAN ARAZİLERİNİN ÇÖLLEŞME RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 29.11.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Çoşkun GÜLSER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Orhan DENGİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. İnci DEMİRAĞ TURAN Samsun Üniversitesi Coğrafya Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

29 / 11/ 2023

Muhammet Emin SAFLI

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : YARI HUMİD EKOLOJİK KOŞULLARA SAHİP YUKARI ENGİZ HAVZASI DOĞAL ÇAM ORMAN ARAZİLERİNİN ÇÖLLEŞME RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 15 / 10 / 2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 11

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

15 / 10 / 2023

Prof. Dr. Orhan Dengiz

ÖZET

YARI HUMİD EKOLOJİK KOŞULLARA SAHİP YUKARI ENGİZ HAVZASI DOĞAL ÇAM ORMAN ARAZİLERİNİN ÇÖLLEŞME RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Muhammet Emin SAFLI
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Kasım/2023
Danışman: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Bu çalışmanın amacı, Samsun İli Engiz ilçesinde bulunan çam ormanlarıyla kaplı alanların çölleşme risk değerlendirmesinde DIS4ME yaklaşımında ele alınan indikatörlerin dikkate alınması ile doğal çam ormanı arazilerinin çölleşme risk değerlendirmesini yapmaktır. Çölleşme risk değerlendirmesinde 8 indikatör (yağış, kuraklık, toprak bünyesi, taşlılık, bitki örtüsü – kapalılık, eğimi, derinliği ve bakı) ele alınmıştır. Fakat, DIS4ME yaklaşımından ayrı olarak bu tezde ele alınmış olan indikatör değerleri modelden alınmamış olup, Bulanık-AHP yaklaşımı ile daha hassas hale getirilmiştir. Bu amaçla, toprakların temel fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla alandan 73 adet yüzey toprak örneği alınmıştır. Engiz doğal çam ormanları arazisinde çölleşme riski açısından alanın çölleşme riski en düşük 1,088 ve en yüksek 1,327 olarak elde edilmiştir. Elde edilen model sonucuna ait verilerin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesinin ardından elde edilen sonuçlar ise en düşük 1,095 ve en yüksek 1,326 olarak elde edilmiştir. Alanın genel olarak çölleşme açısından risk altında olduğu ve yapay sinir ağlarından elde edilen sonuçların ise bu sonuçlara paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çölleşme, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Yapay Sinir Ağları, Doğal Çam Ormanları, Engiz

ABSTRACT

DESERTIFICATION RISK ASSESMENT OF NATURAL PINE FOREST LANDS IN THE UPPER ENGİZ BASIN WITH SEMI-HUMID ECOLOGICAL CONDITIONS

Muhammet Emin SAFLI
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Soil Science and Plant Nutrition
Master, November/2023
Supervisor: Prof. Dr. Orhan Dengiz

The aim of this study is to make a desertification risk assessment of natural pine forest lands by taking into account the indicators considered in the DIS4ME approach in the desertification risk assessment of areas covered with pine forests in Engiz district of Samsun province. In the desertification risk assessment, 8 indicators (rainfall, drought, soil texture, stoniness, vegetation cover, slope, depth and aspect) were considered. However, apart from the DIS4ME approach, the indicator values considered in this thesis were not taken from the model and were made more sensitive with the Fuzzy-AHP approach. For this purpose, 73 surface soil samples were taken from the area to determine the basic physico-chemical properties of the soils. In terms of desertification risk in Engiz natural pine forests, the lowest desertification risk of the area was 1.088 and the highest desertification risk was 1.327. The results obtained after estimating the data of the model result with artificial neural network were obtained as the lowest 1,095 and the highest 1,326. It was determined that the area is generally under risk in terms of desertification and the results obtained from artificial neural networks are parallel to these results.

Keywords: Desertification, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Artificial Neural Networks, Natural Pine Forests, Engiz

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yerkabuğunun en üst kısmında yer alan, üzerinde ve içerisinde geniş bir canlılar alemi barındıran, yaşayan, nefes alan topraklara duyulan ihtiyaç; giderek artan insan nüfusuna bağlı olarak gün geçtikçe daha da artmaktadır. İnsan nüfusunun artışı kentsel ve endüstriyel yerleşim alanlarını da artırmakta, en temel ve yenilenemeyen kaynak olan toprakların, her gün biraz daha azalmasına sebep olmaktadır. Ülkemizde de etkisini göstermekte olan bu durum devam etmekte ve birçok alanın etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu durum da araştırmacıları toprakların sürdürülebilir kullanımı ile ilgili çalışmalar yapmaya ve çölleşmenin hesaplanıp izlenmesine itmektedir. Önemi gün geçtikçe daha da artan iklim değişikliği, çölleşme ve kuraklığı araştırmak, bu konuda yapılan çalışmalara farklı bir yaklaşım kullanarak bir yenisini eklemek ve ileride yapılacak daha nice çalışmalara önemli bilimsel katkılar sağlamak amacı ile yüksek lisans tez çalışmam gerçekleştirilmiştir.

Yalnızca çalışma sürecimde değil; lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bilimin ışığında kararlı adımlarla yürümem için bana devamlı destek olan ve yol gösteren, beraber çalışmaktan gurur duyduğum kıymetli hocam Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e

İlerlemekte olduğum bu yolda bana örnek olan, saygıdeğer bölüm hocalarım Prof. Dr. Coşkun GÜLSER, Prof. Dr. Rıdvan Kızılkaya, Prof. Dr. Nutullah ÖZTÜRK, Prof. Dr. Ayhan HORUZ ve Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM'a

Tez çalışmalarım boyunca ihtiyaç duyduğum her zaman desteklerini gördüğüm Araş. Gör. Abdurrahman AY, Araş. Gör. Salih DEMİRKAYA, Araş. Gör. Güney AKINOĞLU'ya

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tanıştığım, yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yük. Zir. Müh. Sena PACCİ, Zir. Müh. Edip Erhan KÜÇÜK, Zir. Müh. Ayşe Asel FİDAN ve Yük. Zir. Müh. Züleyha Zorlu'ya

Ayrıca çalışma sürecim boyunca Turan Demiraslan Burs (Lisansüstü) Programı ile bana maddi, manevi kaynak sağlayan ve desteklerini esirgemeyen; başta Hikmet ÖZTÜRK ve Merve ŞEN olmak üzere TEMA Vakfına da saygılarımı sunar, en içten dileklerle teşekkür ederim.

Muhammet Emin SAFLI

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1. Çalışma Alanının Genel	7
3.2. Yöntem	9
3.2.1. Toprak Örnekleme ve Analizler	9
3.2.2. İstatistik ve Jeostatistik Analiz	16
3.2.3. Çölleşme Riskinin Belirlenmesinde Kullanılan Parametreler	17
3.2.3.1. Yağış	17
3.2.3.2. Eğim	18
3.2.3.3. Bünye	19
3.2.3.4. Bitki Örtüsü	20
3.2.3.5. Derinlik	21
3.2.3.6. Kuraklık	22
3.2.3.7. Bakı	23
3.2.3.8. Taşlılık	24
3.2.4. Çölleşme Riskinin Belirlenmesinde (DIS4ME) Ele Alınan İndikatörler	25
3.2.5. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci	29
3.2.6. Çölleşme Riskinin Hesaplanması	24
3.2.7. Veri Seti ve Yapay Sinir Ağları	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
4.1. Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri	37
4.1.1. Organik Madde	39
4.1.2. Kireç	40
4.1.3. Ph	41
4.1.4. Kum, Silt ve Kil Dağılımı	42
4.1.5. Hacim Ağırlığı	46
4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinin Uygulanması	48
4.3. Çölleşme Riskinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi	49
5. SONUÇ VE ÖNERİ	58
6. KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Proses
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
B-AHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DIS4ME	: Deserification Indicator System for Mediterranean Europe (Akdeniz Avrupası için Çölleşme Gösterge Sistemi)
ETP	: Evapotranspirasyon
IDW	: Inverse Distance Weighting (Ters Mesafe Ağırlıklandırma)
LM	: Levenberg-Marquardt
MEDALUS	: Mediterranean Desertification and Land Use (Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı)
P	: Ortalama Yıllık Yağış
SAW	: Simple Additive Weighting (Basit Toplamlı Ağırlıklandırma)
WLC	: Weighted Linear Combination (Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon)
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası	7
Şekil 2. Arazi çalışmalarına ait toprak örneklerinin alınması	10
Şekil 3. Toprak örnekleme	10
Şekil 4. Corine arazi kullanım haritası.....	11
Şekil 5. Büyük toprak grupları.....	12
Şekil 6. Çalışma alanına ait bakı ve eğim haritası	12
Şekil 7. Çalışma alanına ait yükseklik ve jeoloji haritaları	13
Şekil 8. Organik madde analizi	14
Şekil 9. Toplam azot analizi.....	15
Şekil 10. Mikrobiyal biyomas karbon analizi	15
Şekil 11. Üçgen bulanık sayılar	31
Şekil 12. Tek gizli katmanlı ağ modeli	35
Şekil 13. Organik madde dağılım haritası.....	40
Şekil 14. Kireç içeriği dağılım haritası	41
Şekil 15. pH içeriği dağılım haritası	42
Şekil 16. Kum içeriği dağılım haritası	44
Şekil 17. Kil içeriği dağılım haritası	45
Şekil 18. Silt içeriği dağılım haritası.....	46
Şekil 19. Hacim ağırlığı dağılım haritası	47
Şekil 20. Basit yapay sinir ağı yapısı	50
Şekil 21. Levenberg - Marquardt kombinasyonu performans grafiği.....	52
Şekil 22. Levenberg - Marquardt yaklaşımı ile hedef ve çıktı verilerinin regresyon sonuçları	53
Şekil 23. Çölleşme parametrelerinin eğitim durum grafiği.....	54
Şekil 24. YSA'dan elde edilen çölleşme riskine ait R^2 değeri.....	54
Şekil 25. Yapay sinir ağlarından elde edilen çölleşme risk haritası ve hassaslaştırılmış çölleşme riski hesabına ait haritalar.....	57

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Samsun il sınırlarında bulunan Atakum (1962-2016) ve Bafra (1963-2016) meteoroloji istasyonlarına ait aylık toplam yağış ve sıcaklık değerleri.....	9
Tablo 2. DIS4ME modeli kapsamında çam ormanları için çölleşme göstergeleri alt sınıfları ve indis değerleri	29
Tablo 3. Bulanık önem ölçeği.....	30
Tablo 4. Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri	37
Tablo 5. İkili karşılaştırma matrisi.....	48
Tablo 6. Bulanık üçgensel karşılaştırma matrisi.....	49
Tablo 7. Kriterlerin normalize ağırlık değerleri.....	49
Tablo 8. Çölleşme Riski ve YAS-Çölleşme Riski dağılım modellerine ait RMSE değerleri	56

1. GİRİŞ

Özellikle sanayi devriminin ardından hızlı ve sürekli olarak artış gösteren insan nüfusu, su kaynakları üzerinde, toprakların üstündeki ve hava kaynaklarının kalitesini tehlikeye atarak doğal düzenleyici özelliklere zarar vermekte ve bu doğanın dinamik karmaşık yapısında arazi tahribatına ve çölleşmeye neden olarak, doğal kaynaklarımızı ve çevremizdeki esnekliği kısıtlamaktadır (Turan ve ark., 2019). Dünya çapında yaygın bir sorun olan ve küresel ölçekte görülen arazi bozunumu; doğal ve insan kaynaklı etkenlerin etkisiyle toprakların biyolojik üretkenlik yeteneğini kaybedip bozulmaya karşı dayanıklılığın yitirmesi olarak tanımlanabilir (Mutlu, 2015). Arazi bozulumu, toprakların ve doğal bitki örtüsünün uzun vadede kaybına yol açarak rüzgar ve su erozyonunu da etkilemektedir, bu da çölleşmeye katkıda bulunmaktadır (Warren, 2002). Bazı araştırmacıları çölleşmenin arazi bozulmasının ilerlemiş aşamalarından birisi olarak kabul etmektedir. Buna ek olarak ise topraklar için biyolojik ve ekonomik kayıpların kalıcı zararlar bıraktığı bir durum olduğunu şeklinde ifade etmektedirler (Kosmas ve ark.,1999; Aksoy, 2016). Kuraklık ve çölleşme, insan kaynaklı iklim değişikliği ile birlikte, sonuçları açısından günümüzde insanoğlunun karşı karşıya olduğu ve mutlaka ciddiye alması gereken en önemli küresel ve bölgesel çevre sorunlarından birisi konumundadır (Türkeş, 2012) Küreselsel çapta gerçekleşmekte olan iklimsel değişiklikleri, topraklar üzerinde bulunan bitki örtüsündeki kayıpları ve arazi bozulumundaki artış göz önüne alındığında, araştırmacıları çölleşmeyi önlemeye, mevcut olan çölleşme durumunu tespit etmeye ve izleme konularında çalışmaya teşvik etmiştir.

Önceki yıllarda, belirli bir bölgenin çölleşme ve arazi bozulumuna karşı durumunu değerlendirmek amacıyla bir çok farklı yaklaşım ve model geliştirilmiştir. (Wijitkosum, 2016; Zakerinejad ve Masoudi, 2019; Pishyar ve ark., 2020; Imbrenda ve ark., 2022). Özellikle dünya genelinde ki ülkelerde, araştırma yapan çalışanlar bölgesel çapta gerçekleşen çölleşme durumunu ve çölleşmeye ait belirtileri araştırmak amacıyla bir dizi çalışma yürütmüşlerdir. (Wang ve ark., 2008; Gao ve Wang, 2019; Uzuner ve Dengiz, 2019; Türkeş ve ark., 2020). Bunlardan biri de geniş bir alanda gerçekleştirilmiş olan Akdeniz Avrupası için geliştirilen ve DIS4ME adı ile ifade edilmekte olan(Akdeniz Avrupası için Çölleşme Gösterge Sistemi) yaklaşımdır. Avrupa ülkelerinin katılımları geliştirilmiş ve yayınlanmış olan MEDALUS

(Mediterranean Desertification and Land Use-Akdeniz ölleşme ve Arazi Kullanımı) projesi ile altyapısal benzerlikleri olan, Avrupa ülkelerini içerisine alan ölleşme Göstergelerini belirlemek için tasarlanan DIS4ME modelinde yaklaşık olarak 150 ölleşme göstergesiyle birlikte ele alınmış durumdadır. Sistem genel olarak ölleşmeye dair göstergeleri genel olarak ekolojik koşulları göz önüne alarak, ekonomik koşulları, resmi ve kurumsal yönleri açısından sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda fiziksel ve ekolojik göstergeler bu şekilde sıralanmaktadır: toprak, bitki örtüsü, iklim, yüzey akışı, su ve yangın riski gibi unsurları içerirken; ekonomik ve sosyal göstergelerin ise tarım, arazi kullanımı, arazi yönetim faaliyetleri, çiftçilik, toprak işleme uygulamaları, suyun kullanımı ve tüketimi, turizm faaliyetleri ve makroekonomik olmak üzere 8 göstergeyi kapsamaktadır (Anonim, 2004). Dastorani (2022) yaptığı bir çalışma ile çölleşmenin genel özellikleri ile en az verinin kullanılması ve asgari miktarda çabayla tanımlanması gerektiğini vurgulamış ve bu yaklaşım, araştırmacıları birbirinden farklı yapıdaki daha karmaşık olan teknik yöntemleri araştırmaya ve kullanmaya teşvik etmiştir. Ayrıca gerçekleştirilmiş olan bu çalışmalarda, uzaktan algılama sistemlerinden ve coğrafi bilgi sistemlerinden de faydalanılarak doğal olayların daha hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilmesi amacı ile aktif bir şekilde kullanımı sağlanmıştır (Jafari ve Abedi 2021; Kuang ve ark., 2020; Silva ve ark., 2020). Ayrıca, uzaktan algılama sistemlerini ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanmaya başlamadan önce verilerin işlenmiş olduğu sistemler üzerinde gerçekleştirilmesi gereken geliştirme süreçleri yer almaktadır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinde veri setlerinin hazırlanması, birleştirilmesi ve çalışmanın gerçekleştirilmiş olduğu alanının özelliklerini değerlendirme amacıyla en fazla başvurulan yöntemlerden birisi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımı olmuştur (Jafari Shalamzari ve ark. 2019; Akbari ve ark. 2021).

Geçtiğimiz yılları göz önüne aldığımızda ise Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımları içerisinden biri olan Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS), çalışmayı yürütmekte olan araştırmacılar tarafından ölleşme riski değerlendirme çalışmaları için aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Genel anlamı ile ele alınan göstergelerin büyük bir çeşitliliğe sahip olması ve ölleşme üzerine etkilerinin farklı derecelerde etkiye bulunması ve zaman boyutu gibi faktörleri barındırması gibi avantajları içermesi de dikkate alınarak, hem niceliksel yönleri ile hem de niteliksel yönleri ile yeni bir yaklaşım sunması gibi avantajlara sahip olduğu için geçerlidir. İlk olarak Saaty (1980)

tarafından ortaya konulan AHS metodu, ÇKKV prosedürlerini anlamak ve uygulamak konusunda dünya genelinde araştırmacılar tarafından kolay bir şekilde anlaşılması ve uygulamaya koyulabilir olması nedeniyle kabul görmüş ve birçok alanda kullanılmakta olan bir analitik yöntemdir. Ne var ki, analitik hiyerarşi proses yöntemi, karar vericilerin değerlendirmelerini tam sayılarla yapmalarını gerektirdiği ve ikili karşılaştırma süreçlerindeki belirsiz koşulların ve dikkatsizliklerin ele alınması yönünden yetersiz olmasından ve bulanıklığından dolayı araştırmacılar tarafından eleştiriye maruz kalmaktadır (Kargın, 2010). Bu tür belirsizliklerle başa çıkmak için geliştirilen yöntemlerden biri olan Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreci (BAHS), özellikle belirsiz veya karmaşık değerlendirmelerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu yöntem, Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından üçgensel üyelik fonksiyonları kullanılarak tanımlanan bulanık oranların karşılaştırılmasıyla geliştirilmiştir (Pala, 2016). Bu alanda çeşitli problem tiplerini çözmek üzere i) Genişletilmiş -Chang'in- Analiz Yöntemi, ii) Liou ve Wang'ın Yöntemi ve iii) Abdel-Kader ve Dugdale Yöntemi BAHP metodları kullanılmaktadır (Chang, 1996; Liou ve Wang, 1992; Abdel-Kader ve Dugdale, 2001).

Günümüzde, arazi bozulması ve çölleşme çalışmaları gibi birçok alanda, özellikle iş yükünün, zamanın ve maliyetin azaltılmasını hedefleyen bir diğer yaygın olarak kullanılan yaklaşım, Yapay Sinir Ağları (YSA) olarak bilinir. Haykin 1999'da yaptığı bir çalışmada yapay sinir ağlarının, verilere göre uyarlanabilen doğrusal olmayan bir yöntem olduğundan ve bu özelliği sayesinde geniş bir veri yelpazesini işlemek için etkin bir şekilde kullanılabilir olduğunu vurgulamıştır. Bu bağlamda yapay sinir ağları (YSA), günümüzde karmaşık ve farklı disiplinlere ait sorunların çözümünde olumlu sonuçlar elde etmek için önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu yöntem, çeşitli alanlardaki karmaşık sorunların analizi ve çözümüne yönelik etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Temel korelasyon belirli olmadığında ve bağımlı varyantların son bağımsız veri setlerine göre tahminlenmesi gerektiğinde YSA, varyantlar ve çakışan hedef varyantları arasında bağlantı kurabilmekte ve öğrenebilmektedir (Dede ve ark., 2022). Yapay Sinir Ağları (YSA), çevrelerine uyum sağlayabilme yeteneği, yüksek hata toleransı, eksik verilerle çalışabilme yetisi ve belirsizlikle başa çıkabilme kabiliyeti sayesinde, neredeyse her kullanım alanında başarılı uygulama örnekleri sunan çok yönlü bir teknolojidir (Pacci ve ark., 2022).

Yürütölmüş olan çalışmanın ana amacı olarak, çam ormanları ile kapalı olan alanların çölleşme risk durumunu değerdendirme ve tespit etmede DIS4ME yaklaşımında ele alınan göstergeleri dikkate alarak, Yukarı Engiz sınırları içerisinde bulunan doğal çam ormanlarını içeren alanların çölleşme risk değerdendirmesini yapmaktır. Bu çalışmada, DIS4ME yaklaşımından ayrışan bir yaklaşım benimsenmiştir. İndikatör indeks değerdeleri, doğrudan modelden alınmak yerine, Bulanık-Analitik Hiyerarşı Proses yöntemiyle daha hassas bir şekilde işlenmiştir. Ayrıca, çalışmanın sonuçlarının tahmin edilmesinde yapay zeka teknikleri kullanılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETİ

Xie Hui (2015) tarafından, İç Moğolistanın Özerk Bölgesinde Dengkou İlçesindeki her bir arazi kullanım tipi birimini değerlendirmek amacı ile yapılan çalışmada çölleşme izleme ve değerlendirme sistemi kullanılmış ve Dengkou İlçesinin arazi çölleşme durum haritası çizilmiştir. Hui, Çin'de çölleşme izleme ve değerlendirme teknolojisinin yeterli olmadığına düşünülmesi sebebi ile bu çalışmayı; DIS4ME yazılımı ve Çin'in çölleşme izleme ve değerlendirme sistemini birleştirerek, çölleşme izleme ve değerlendirme sisteminin geliştirilmesi ile gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlar, Dengkou İlçesindeki çölleşme durumunun çok ciddi olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlarla Hui; Dengkou bölgesinin %39'unun şiddetli, %52'sinin orta, %3'ünün hafif ve %6'sının çölleşme riski olmayan alanlar olduğunu bildirmiştir.

Lahlaoi ve ark. (2017), Oued-El-Maleh havzasındaki çölleşme indeksini, MEDALUS modelinde yer alan kilit faktörlerin bir coğrafi bilgilendirme sistemine entegrasyonu yoluyla değerlendirmeyi amaçlamışlardır. İklim, bitki örtüsü, toprak ve yönetim indekslerini içeren bu modelde her indeks, alt indekslerin kombinasyonu ile elde edilmiştir. Ölçülen ve bir coğrafi bilgi sistemine entegre edilen tüm faktörler, bir harita üzerinde havza boyunca çölleşme riskinin derecesini ortaya koymuştur. Oluşturulan bu haritaya göre araştırmacılar, çölleşme riskine karşı yüksek hassasiyetin havzanın sadece %35'lik bir kısmında olduğunu bildirmişlerdir.

Nazarnejad ve ark. (2019), İran'ın Batı Azerbaycan Eyaleti, Miandoab ovasındaki çölleşmenin mevcut durumunu değerlendirmek amacı ile Akdeniz Avrupa için Çölleşme Gösterge Sistemi (DIS4ME) uygulamışlardır. Bu modelde iklim, bitki örtüsü, toprak ve arazi yönetiminin dört ana göstergesinin her biri, çölleşmenin ciddiyetini hesaplamak için kullanılan ölçülebilir parametrelere ayrılmıştır. Çalışma bulguları, çölleşme şiddetinin, düşük toprak kalite düzeylerinin etkisiyle çalışma alanının %96,7'sini ve %76,64'ünü kaplayan bitki örtüsü ve arazi yönetim kalitesinden kaynaklandığını göstermektedir. Çölleşme durumu ayrıca çalışma alanının %97'sinin şiddetli çölleşmeye tabi olduğunu ortaya koymaktadır.

Mutti ve ark. (2019) Brezilya'nın yarı kurak bölgesindeki altı çölleşme noktasında NDVI zaman serilerini modellemek ve bu tür modellerin bitki örtüsü

dinamiklerini tahmin etmede uygulanabilirliğini doğrulama amacı ile yaptıkları çalışmada, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre sensörünün 2000–2018 dönemi boyunca her nokta için ortalama NDVI ve NDVI varyansının 16 günlük bileşik zaman serisini içeren MOD13A2 ürününden elde edilen NDVI verilerini ve buna ek olarak test edilen modellerin bazılarında açıklayıcı bir değişken olarak meteoroloji istasyonları tarafından ölçülen yağış miktarını da kullanmışlardır. Çalışmada öncelikle Holt-Winters, Box-Jenkins, Box-Jenkins-Tiao (BJT) modellerini kullanarak en iyi modellerin seçiminden sonra, bitki örtüsü durum dinamiklerini temsil eden ortalama varyans grafiklerini tahmin etmek için ortalama NDVI ve NDVI varyans modellerini birleştirmişlerdir. Birleşik modeller, ıslak dönemlerde sağlam ve heterojen bitki örtüsü ile karşılaştırıldığında, kuru ve bozulmuş bitki örtüsü durumlarını temsil etmede daha iyi performans göstermişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar mevsimsel dönem için tahminlerin tatmin edici olduğunu belirtmiş ve bu tür modellerin kısa vadeli bitki örtüsü durumlarının izlenmesi için araçlar olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Samsun ili, yeryüzü şekilleri açısından üç temel özellik sergiler. Bunlar şunlardır: (1) İlin güney kesiminde yer alan dağlık bölgeler, (2) Dağlık bölgeler ile kıyı şeridi arasında yer alan yaylalar, (3) Bu yaylalar ile Karadeniz kıyısı arasında uzanan kıyı ovalarıdır.

Samsun ili, genel olarak ılıman bir iklim karakteristiği sergilemektedir. Bununla birlikte, il içerisinde sahil bölgeleri ile iç kesimler arasında belirgin iklim farklılıkları mevcuttur. Sahil şeridinde, Karadeniz ikliminin etkisi altında bulunmaktadır. Bu bölgelerde yazlar genellikle sıcak ve nemli, kışlar ise ılıman ve yağışlı geçer. İç kesimlerde ise iklim daha kara iklimi özellikleri taşır, yazlar sıcak ve kuru, kışlar soğuk ve karasal geçişler gösterir. Samsun ilinin sahil bölgeleri, yıllık ortalama sıcaklık açısından incelendiğinde, Bafra ve Atakum ilçelerinde yer alan meteoroloji istasyonlarından kaydedilen verilere göre 13 ila 15 °C arasında değişen bir ortalama sıcaklığa sahiptir. Çok yıllık ortalamalara göre sıcaklık en düşük Mart ayında 7.5 °C ile ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık ise Ağustos ayında 23.6 °C ölçülmüştür. Bafra ve Atakum verilerine bakıldığında yıllık yağış miktarı ortalama olarak 700 ile 800 arasında değişmektedir. Bu çalışma kapsamında, 1962-2016 yılları arasında Atakum ve 1963-2016 yılları arasında Bafra'daki meteorolojik istasyonlardan elde edilen veriler, uzun yıllar boyunca ortalama yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. (Tablo 1).

Tablo 1. Samsun il sınırlarında bulunan Atakum (1962-2016) ve Bafra (1963-2016) meteoroloji istasyonlarına ait aylık toplam yağış ve sıcaklık değerleri

	İstasyonlar			
	Atakum		Bafra	
Aylar	Yağış	Sıcaklık	Yağış	Sıcaklık
Ocak	64,9 mm	7,1 °C	78,2 mm	5,8 °C
Şubat	53,3 mm	7,1 °C	56,2 mm	6,2 °C
Mart	61,5 mm	8,1 °C	56,5 mm	7,5 °C
Nisan	58,7 mm	11,4 °C	52,3 mm	11,1 °C
Mayıs	51,5 mm	15,7 °C	42,8 mm	15,5 °C
Haziran	48,1 mm	20,4 °C	41,6 mm	20,2 °C
Temmuz	33,1 mm	23,3 °C	27,6 mm	22,9 °C
Ağustos	40,8 mm	23,6 °C	41,1 mm	22,8 °C
Eylül	51,5 mm	20,1 °C	54,2 mm	19,3 °C
Ekim	82,4 mm	16,1 °C	87,8 mm	15,2 °C
Kasım	82,7 mm	12,4 °C	85,5 mm	11,4 °C
Aralık	81,5 mm	9,3 °C	93,7 mm	7,9 °C
Yıllık	710,0 mm	14,6 °C	717,5 mm	13,8 °C

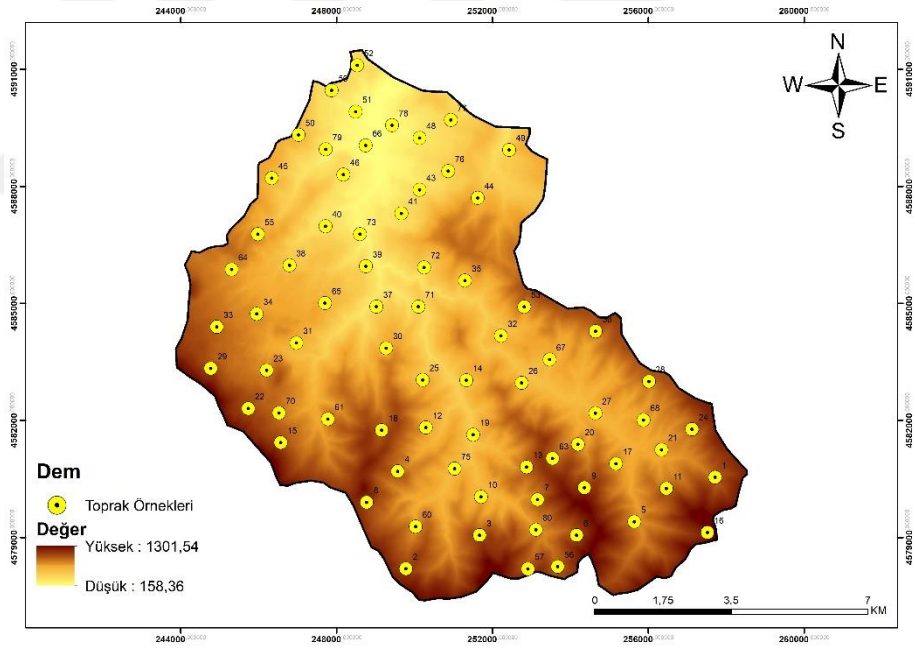
3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklemesi ve Analizler

Samsun ilinin Engiz ilçesinde yer alan çam ormanları arazisinde belirlenmiş koordinatlara sahip noktalardan toplam 73 adet toprak örneği toplamak için 0 ila 30 cm derinliklerden gerçekleştirilmiştir. Bu örnekler, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini analiz etmek amacıyla alınmıştır. (Şekil 2)



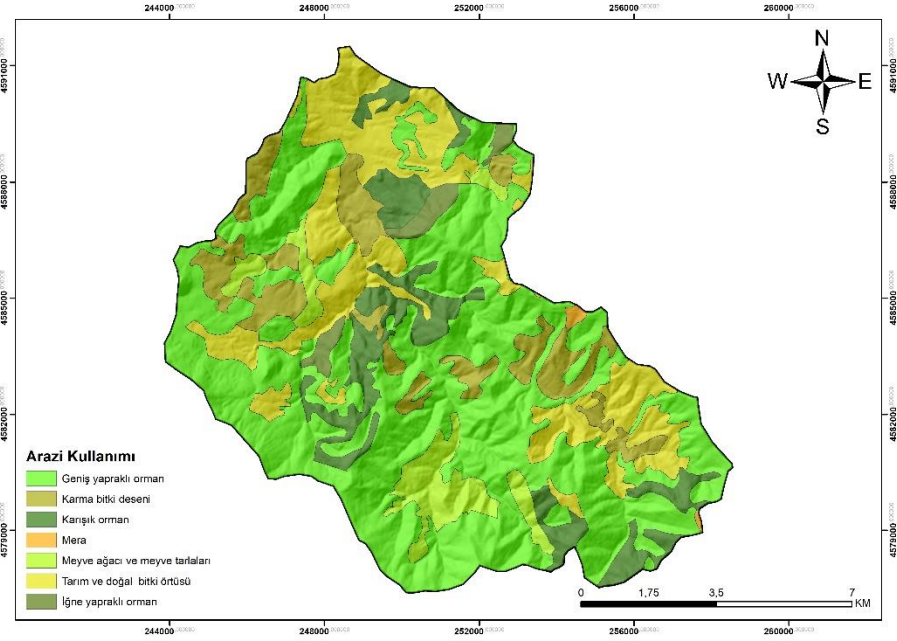
Şekil 2. Arazi çalışmalarına ait toprak örneklerinin alınması



Şekil 3. Toprak örnekleme

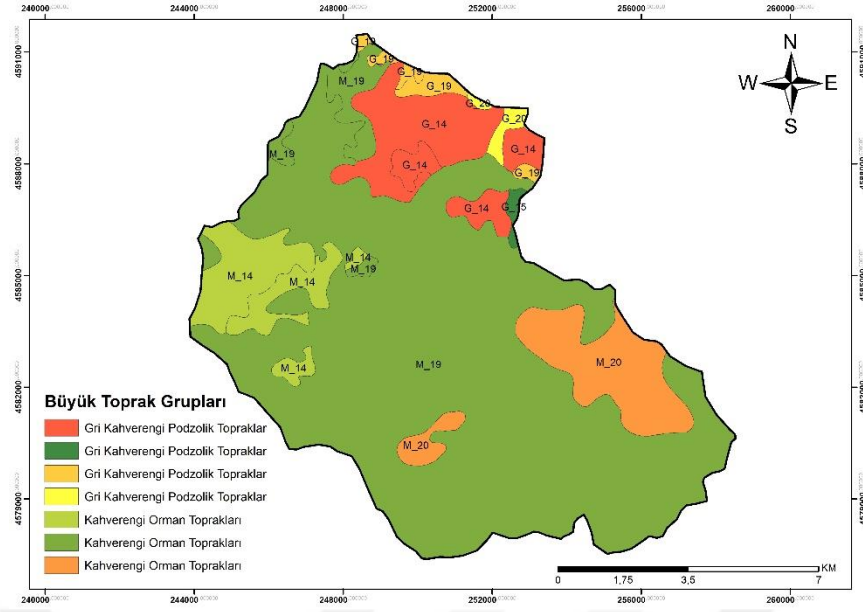
Şekil 3'te bölgeye ait 1:78.000 ölçekli topografik haritada dem ve örneklerin alındığı noktalara dair üretilmiş olan haritalar verilmiştir. Örnekleme noktalarında 0-30 cm derinliği temsil edecek şekilde toplam 73 farklı noktadan toprak örneği alınmıştır. Bölge içerinden toplanmış olan toprak örnekleri laboratuvara getirildikten

sonra kurutulup dövölerek analize hazırlandıktan sonra, topraklarda incelenecek olan özelliklerin fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri uygulanmıştır.



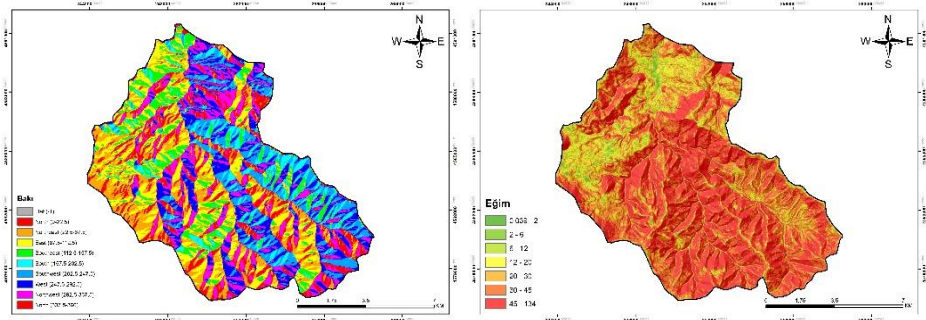
Şekil 4. Corine arazi kullanım haritası

Şekil 4’te bölgeye ait 1:78.000 ölçekli topografik haritalarda arazi kullanımı ile ilgili üretilmiş olan harita verilmiştir. Arazi kullanım haritasının dağılımı incelendiğinde Corine 2018 arazi sınıflandırmasına göre, geniş yapraklı ormanlar %83 (37923,02 ha), tarım ve doğal bitki örtüsü %7 (3590,61 ha), karışık orman %3 (1528,89 ha), karma bitki deseni %2 (1335,07 ha), meyve ağacı ve meyve tarlaları %1 (670,82 ha), iğne yapraklı orman %0,1 (239,57 ha), mera %0,1 (74,20 ha) ile dağılım göstermiştir.



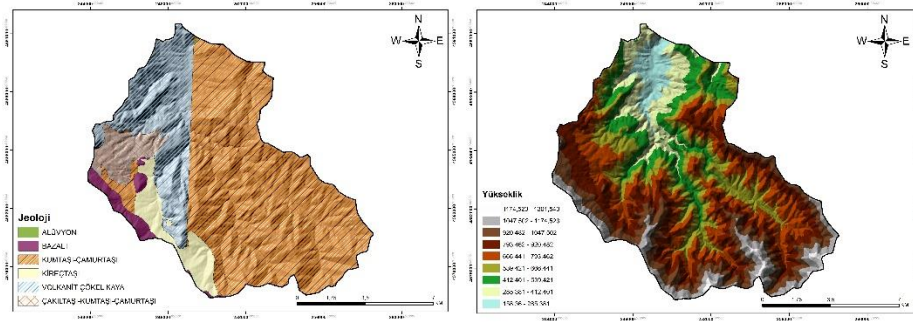
Şekil 5. Büyük toprak grupları

Şekil 5’te bölgeye ait 1:78.000 ölçekli topografik haritalarda arazi kullanımı ve büyük toprak grupları ile ilgili üretilmiş olan haritalar verilmiştir. Arazide gri kahverengi podzolik topraklar ve kahverengi orman topraklarının dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 6. Çalışma alanına ait bakı ve eğim haritası

Şekil 6’da bölgeye ait 1:78.000 ölçekli topografik haritalarda arazinin eğim ve bakı durumuna ait üretilmiş olan haritalar verilmiştir. Bölgenin genel olarak yüksek eğim derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait yükseklik ve jeoloji haritaları

Şekil 7’de bölgeye ait 1:78.000 ölçekli topografik haritalarda arazinin jeoloji ve yükseklik durumuna ait üretilmiş olan haritalar verilmiştir. Bölgenin jeolojik yapısı incelendiğin genel dağılımın kumtaşı – çamurtaşı ve volkanit – çökel kaya dağılımın yaygın olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra alüvyon, bazalt, kireçtaşı ve çakıltaşı – kumtaşı – çamurtaşı içerdiği tespit edilmiştir. Bölgenin yükseklik haritası incelendiğinde en düşük yüksekliğin 158,36 metre olduğu ve en yüksek noktanın ise 1301,543 metrede bulunduğu tespit edilmiştir.

Fiziksel Analizler

Bünye: Hidrometre yöntemi kullanılarak yapılacaktır. (Bouyoucous, 1951)

Agregat stabilitesi: 2,0 ile 1,0 mm arasında kalan toprak parçacıkları ıslak eleme yöntemine göre önce saf su ile 3 dk karıştırılmış ve bu sürede disperse olan toprak ağırlığı kaydedilmiştir. Daha sonra %0,2’lik kalgon çözeltisinde toprağın tamamen disperse olmasıyla belirlenen toprağın ağırlığından saf su ile disperse edilen toprağın ağırlığının çıkartılmasıyla hesaplanması planlanmıştır. (Kemper ve Rosenau,1986).

Hacim ağırlığı: Bozulmamış örnekler üzerinde hesaplanması planlanmıştır (Blake ve Hartge,1986)

Dispersiyon oranı: Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil% değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil% değerine oranlanmasıyla hesaplanması planlanmıştır. (Lal and Elliot, 1994)

Erodibilite oranı: Dispersiyon analizlerinden elde edilen verilerden hesaplanması planlanmıştır. (Lal and Elliot, 1994)

Kil oranı: Dispersiyon analizlerinden elde edilen verilerden hesaplanması planlanmıştır. (Lal and Elliot, 1994)

Kimyasal Analizler:

Toprak reaksiyonu (pH): Cam elektrotlu, dijital göstergeli pH metre ile 1:1 toprak-saf su karışımında ölçülmüştür (Kacar, 2009).

Elektriksel iletkenlik: 1:1 toprak-saf su karışımında elektrik iletkenlik aleti kullanılarak ölçülmüştür (Kacar, 2009).

Yarayışlı Fosfor (P_2O_5): Olsen metodu kullanılarak belirlenmiştir (Olsen, 1954).

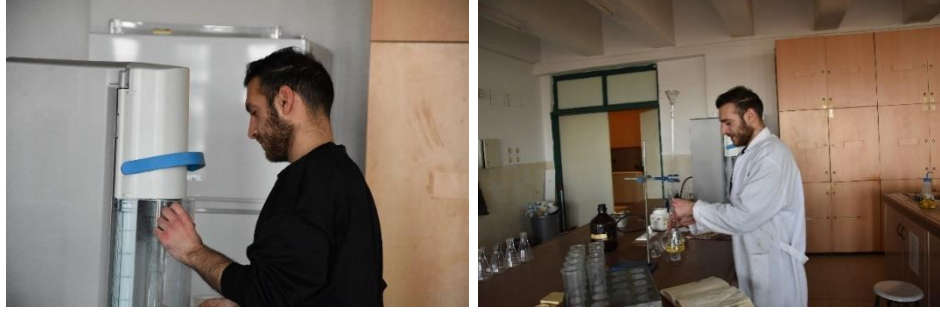
Yarayışlı Potasyum (K_2O): 1N amonyum asetat (NH_4OAc) ile ekstrakte edilen potasyumun analiz edilmesi ile belirlenmiştir.

Organik madde: Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1934). (Şekil 8)



Şekil 8. Organik madde analizi

Toplam azot: Mikro Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Bremner, 1982). (Şekil 9)



Şekil 9. Toplam azot analizi

Değişebilir katyonlar: pH sı 8.2'ye ayarlı sodyum asetat (NaOAc) kullanılarak yapılması planlanmıştır. (Rhoades. 1986).

Biyolojik Analizler

Mikrobiyal biyomas karbon: Anderson ve Domsch tarafından bildirilen substrat indirgenme yöntemine göre belirlenmesi planlanmıştır. (Anderson ve Domsch, 1978). (Şekil 10)



Şekil 10. Mikrobiyal biyomas karbon analizi

3.2.2. İstatistik ve Jeostatistik Analiz

Çalışma kapsamında, toprak özelliklerini anlamak için örnekleme alanındaki toprak özelliklerini incelemek amacıyla çeşitli tanımlayıcı parametreler kullanılmıştır. Bu parametrelere ait en büyük değeri, en küçük değeri, standart sapma değerini, varyasyon katsayısı değerini, ortalama değerlerini, çarpıklık değerini ve basıklık değerlerini içermektedir. Bu değerlerin hesaplanması için SPSS programı (IBM 2015) kullanılmıştır. Ayrıca, toprak özelliklerinin alan içindeki dağılımlarını belirlemek amacıyla jeostatistiksel yöntemler de uygulanmıştır. Bu bağlamda, çalışma alanındaki toprakların özellikleri, DIS4ME modeli tarafından tanımlanan sekiz parametre aracılığıyla hesaplanacak ve bu hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerle tüm alan içindeki dağılım haritaları oluşturulacaktır. Bu çalışmanın temel hedefi, toprak özelliklerinin geniş bir perspektiften analiz edilmesi ve bu analizin sonuçlarının coğrafi açıdan ayrıntılı bir şekilde görselleştirilmesidir. Bununla birlikte, bu parametrelerin uygulanmasıyla hesaplanacak olan çölleşme risk değerlerinin, coğrafi dağılımlarını belirlemek amacıyla ayrıntılı haritalar üretilecektir. Bu haritalar, çölleşme riskinin çalışma alanı içinde nasıl dağıldığını görsel olarak açıklamak için kullanılacaktır.

Bölgeye ait dağılım haritalarının oluşturulmak için ArcGIS 10.5 versiyonlu coğrafi bilgi sistemi programı tercih edilmiştir. Bu yazılım, coğrafi verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü bir araç olup, coğrafi dağılımları görselleştirmek ve analiz etmek için ideal bir araçtır. Haritala işlemine başlamadan önce, verilerin normal bir şekilde dağılım göstermeyen özelliklerini uygun dönüşümler ile düzeltilmektedir. Haritaların oluşturulması aşamasında ise Ters Mesafe Ağırlıklı Haritalama (Inverse Distance Weighting / IDW) olarak isimlendirilmiş olan yöntem tercih edilmektedir. Bu yöntem, veri noktalarının çevresel etkilerini dikkate alarak coğrafi dağılım haritaları oluşturmak için kullanılır.

En yaygın kullanılan çok değişkenli enterpolasyon metotlarından biri olan IDW'nin esası değeri bilinen noktadan değeri bilinmeyen noktanın değerini ağırlıklı ortalama değerlerinin tahmin edilmesine dayanır, bunu yaparken uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanmaktadır. Buradaki varsayım değeri bilinen

noktadan hedeflenen noktaya olan uzaklık arttıkça benzerliklerin azaldığı mantığı vardır (Li & Heap, 2008).

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^p}{\sum 1/d_i^p}$$

Eşitlik 1

Eşitlik 1’de d_i , x_0 ve x_i noktaları arasındaki mesafeyi, p üssel parametre ve n örnek sayısıdır.

3.2.3. Çölleşme Riskinin Belirlenmesinde Kullanılan Parametreler

3.2.3.1. Yağış

Yağışlar, Akdeniz'in yarı kurak ve kurak bölgelerinde arazi bozulmasına katkıda bulunan en temel iklimsel faktörlerden biridir. Bu bölgelerde, yağışların düşük miktarı, düzensiz dağılımı, yıllar arasındaki dalgalanmaları ve mevsim dışı yağışlar, toprakların erozyona karşı hassasiyetini artırarak yoğun erozyona yol açmaktadır. Küresel iklim değişikliği etkileri ile birleştiğinde, Akdeniz'deki erozyona karşı hassas bölgelerin mevcut erozyon duyarlılığının daha da artabileceği göz önüne alınmaktadır.

Akdeniz tipi alanlarda meydana gelen yüksek erozyon oranları şunlara bağlanmaktadır: iklim rejimine, mevcut genel olarak zayıf bitki örtüsüne ve arazi kullanım yönetimine bağlanmaktadır. Yıllık yağış olaylarının aşırı yoğunluğu ve düzensizliği, Akdeniz Avrupa'sında toprak erozyonunun başlıca nedenlerindendir. Bu tür yağış olayları sırasında, yağmur damlalarının toprak yüzeyine etkisi ("yağmur sıçraması") toprağın fiziksel özelliklerini değiştirir. Sonuç olarak, toprak parçacıkları dengesizleşir, ayrılır ve daha sonra akan su tarafından yamaçlardan aşağı taşınmasına sebep olur. Yağmur damlalarının toprağa uyguladığı basınç, yüzeyde güçlü bir sıkıştırma ve sağlamlaştırmaya neden olarak sızmayı engelleyen ve yüzey akışını artıran geçirimsiz bir toprak kabuğuna yol açar.

Akdeniz bölgesi boyunca çeşitli sahalarda toplanan erozyon verileri, yıllık 280-300 mm'lik yağış miktarının yüzey akışını artırmada çok önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Genel olarak, tepelik Akdeniz çalılıklarında, özellikle de

300 mm/yıldan daha fazla yağış alan bölgelerde, azalan yağışla birlikte artan yüzey akışı ve sediment kaybı eğilimi vardır. Yıllık 280 mm yağış sınırının altında, akış ve sediment kaybı azalan yağışla birlikte azalır.

3.2.3.2. Eğim

Eğim, toprak erozyonu üzerinde büyük bir etkiye sahip bir faktördür. Eğimin açısı arttıkça, toprak erozyon oranları özellikle belirli bir kritik noktadan sonra hızla artar ve ardından logaritmik bir artış gösterir. Bu, eğimin erozyon üzerindeki kritik bir eşiğe işaret ettiğini ve bu eşik geçildiğinde erozyonun daha hızlı bir şekilde arttığını gösterir.

Eğimin toprak erozyonuna etkisi, aynı zamanda yıllık yağış miktarına ve iklim koşullarına da bağlıdır. Özellikle yarı kurak iklim şartları altındaki Akdeniz bölgesinde birbirinden farklı coğrafya ve fizyografyalarda yapılan ölçümlerde, yüksek miktarlarda erozyona uğramış alanların %12 ve daha üzerinde bulunan eğime sahip olan alanlarda olduğu ortaya koyulmuştur. Benzer şekilde, hafif erozyon ve orta derecede erozyona uğramış bölge topraklarının da benzer oranlara sahip olduğu eğim şartları altında ve yarı kurak iklim koşullarına sahip olduğu coğrafyalarda olduğu ortaya konulmuştur.

Bu bulgular, eğimin ve iklim faktörlerinin toprak erozyonu üzerindeki karmaşık etkileşimini vurgulayarak, toprak koruma stratejilerinin ve erozyon kontrol önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır

Her bir yağış olayından sonra taşınan sediman miktarı iklim, bitki örtüsü, topografya ve toprağın bir fonksiyonu olup denklem ile tahmin edilebilir. Eğiminin yanı sıra, eğim uzunluğu da yüzey suyu akışından kaynaklanan toprak kaybını etkileyen önemli bir faktördür. Toprak işleme aletlerinin neden olduğu toprak işleme erozyonu büyük ölçüde eğimden etkilenir.

Toprak erozyonu, tepelik Akdeniz bölgelerinde arazi bozulması ve çölleşmenin ana süreci olarak kabul edilmektedir. Genel olarak, toprak sediment kaybı, yüzey suyu akış miktarı çarpı eğim eğimi çarpı toprak yüzey özellikleri ile ilgili bir sabitin çarpımı

ile tahmin edilebilir. Eğim dikleştikçe yüzeysel akış katsayısı artar, yüzeysel su akışının kinetik enerjisi ve taşıma kapasitesi artar, toprak stabilitesi ve şev stabilitesi azalır, toprak sediment kaybı artar. Bu nedenle, eğim şüphesiz toprak erozyonu ve çölleşmenin en önemli belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir.

3.2.3.3. Bünye

Toprak bünyesi, toprak drenajını, su tutma kapasitesini, toprak sıcaklığını, toprak erozyonunu, verimliliği ve üretkenliği derinden etkiler. Kurak mevsimlerin yaşandığı bölgelerde kumlu topraklar bitkisel üretim için kullanıldığında rüzgar erozyonu önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bitkisel örtü araziden kaldırıldığında rüzgar erozyonu hızlanır. Kil, bitki büyümesi için kumlu topraklara göre daha fazla su tutar ve suyun varlığı toprağın ısı ihtiyacını önemli ölçüde değiştirir. Islak killi toprakların sıcaklığı, ilkbahar ve sonbaharda hava sıcaklığındaki değişikliklere kumlu topraklarınkinden daha yavaş tepki verir. Killi topraklarda fazla suyun drenajı zayıftır ve su ile tıkanabilir. Toprak bünyesi, toprağın erozyona karşı direncini etkiler. Toprak bünyesi ne kadar kaba olursa, toprak parçacıklarının aktif yüzey alanı o kadar küçük olur ve toprağın erozyona karşı direnci o kadar azalır. Toprak bünyesi genellikle toprak derinliği ile değişir, ancak toprak yüzey horizonunun bünyesi en önemli olarak kabul edilir.

Toprak bünyesi, toprak strüktürünün formu, stabilitesi ve esnekliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kil içeriği arttıkça, toprak matrisinin özellikleri (stabilite ve form dahil) kilin özellikleri, çimentolaştırıcı malzemelerin doğası ve miktarları tarafından giderek daha fazla domine edilmektedir.

Toprak kabuklanması, toprak dokusu da dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. Kil içeriği arttıkça şişme bozulması artarken, kil içeriği kabuklaşmayı destekleyecek şekilde arttıkça azalır. Toprak kilinin mineralojisi kabuk oluşumunda önemli bir rol oynar. Marn birikintileri üzerinde oluşanlar gibi yüksek miktarda silt içeren topraklar, yüksek yüzey suyu akışı ve tortu kaybına neden olan kabuk oluşumuna karşı hassastır.

Topraklar, belirli tekstür sınıflandırmalarına tabi tutularak çeşitli bünyelerine ayrılırlar ve her bir tekstür sınıfı, belirgin bir kum, silt ve kil içeriğine sahiptir. Bu sınıflandırma, toprakların fiziksel bileşimlerini ve yapılarını anlamak için kullanılır ve toprakların kullanımı ve yönetimi üzerinde önemli bir rol oynar. Tarımın pratikliği için, toprakların özelliklerini anlamak ve sınıflandırmak amacıyla 12 farklı sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflandırmalar, toprakların fiziksel özelliklerine dayalı olarak yapılmıştır. Bu sınıflandırma, tarım uygulamaları için toprakların uygunluğunu ve işlenmesini belirlemek için kullanılır. Her toprak sınıfı içinde, toprak özelliklerinde küçük ölçüde farklılıklar olabilir, ancak sınıflar arasında genel anlamda önemli farklılıklar vardır. Bu farklılıklar, toprak bünyesinin özellikle sınıf adları kullanılarak ifade edildiği dört temel sınıf grubunda toplanır. Bu gruplar, kumlar, siltler, killer ve tınlr olarak adlandırılır. Bu sınıf grupları, toprakların temel fiziksel özelliklerini ve tarım uygulamaları için uygunluğunu belirlemek için önemli bir rol oynar. Kumlar, topraklarının bileşimi itibariyle en az %80 kum içerirken, kil içeriği %15 veya daha azdır. Siltler, topraklarının bileşimi itibariyle en az %80 silt içerirken, kil parçacığı içeriği %12'den fazladır. Killer ise, topraklarının bileşimi itibariyle en az %35 kil içerirler. Tınlr, topraklarının özelliği olarak kum, silt ve kil parçacıklarını eşit oranlarda içerirler. Tınlı toprakları değerlendirdiğimizde, bitki yetiştiriciliği için ve bitkilerin büyümesi ve gelişmesi açısından, fiziksel ve kimyasal özelliklerin en uygun şartları sağlayan bir yapıya sahip olan topraklar olduğu görüşüne varılmıştır. Bu kombinasyon, bitkilerin su tutma kapasitesini artırır, aynı zamanda iyi hava geçirgenliği sağlayarak köklerin oksijen almasına yardımcı olur. Dolayısıyla tınlı topraklar, tarım ve bahçecilik için verimli ve uygun bir seçenektir.

3.2.3.4. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü arazi bozulmasında kilit faktördür. Çok yıllık bitki örtüsündeki azalma, çölleşmenin başlangıcının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bitki örtüsü, toprak yüzeyinin yağmur damlalarının sıçramasına karşı korunmasında, toprak organik maddesinin, toprak agregat stabilitesinin, su tutma kapasitesinin, hidrolik iletkenliğin artırılmasında, yüzey suyu akışının geciktirilmesinde ve azaltılmasında vb. gibi bir çok etken üzerinde önemli bir rol oynar. Birçok yazar, çok çeşitli ortamlarda, bitki örtüsü yüzdesi arttıkça hem su akışının hem de toprak tortu kaybının katlanarak azaldığını göstermiştir (Cerde, 1999; Francis ve Thornes, 1990)

Çeşitli uzmanlar, bitki örtüsünün yüzdesinin artmasıyla, farklı alanlarda ve çevre koşullarında, akış ve sediment kaybının anlamlı bir şekilde azaldığını göstermektedirler. Özellikle eğimli arazilerde, bitki örtüsünün %40'ın altında olduğu alanlar erozyona karşı kritik bir önem arz ettikleri kabul edilmektedir. Ancak bu kritik önem eşiği değeri, bitki örtüsünün türü, yağış miktarını göz önüne alarak ve arazi temel özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Bitki örtüsü (kapalılık) zayıf olduğunda, erozyona dair süreçler daha etkin hale gelebilir ve doğal bitki örtüsünün yeniden oluşturulması geri dönülemez sonuçlara yol açabilir.

Toprak erozyonu ve bozulması ancak arazi yüzeyinin önemli bir kısmı bitki örtüsünden arındırıldığında başlar, daha sonra sadece toprak direnciyle durdurulamayan hızlandırılmış bir şekilde ilerler. Konsolide olmamış ana materyaller üzerindeki derin topraklar, yavaş bozunma oranları ve biyokütle üretim potansiyellerinin kaybı göstermektedir. Buna karşılık, dik yamaçlardaki taşlı sığ topraklar düşük üretkenliğe ve yeterli bitki örtüsü ile korunmadıkları takdirde düşük erozyon toleransına sahiptir.

3.2.3.5. Derinlik

Toprağın su depolama kapasitesi ve etkili köklenme derinliği esas olarak toprak derinliği ile ilgilidir. Toprak erozyonu nedeniyle toprağın bozulması, dağlık alanlarda toprak kalitesi ve verimliliği için ciddi bir tehdittir. Toprak erozyonunun verimlilik üzerindeki etkileri büyük ölçüde üst toprağın kalınlığına ve kalitesine ve alt toprağın yapısına bağlıdır. Kalın üst toprağa ve mükemmel alt toprak özelliklerine sahip derin toprakların verimliliği erozyondan neredeyse hiç etkilenmeyebilir. Ancak, çoğu tepelik toprak sıgırdır veya alt toprakta verimi olumsuz etkileyen petrokalsik horizon veya ana kaya gibi bazı istenmeyen özelliklere sahiptir. Her iki durumda da, üst toprak inceldikçe ve istenmeyen alt toprak, toprak işleme yoluyla üst toprağa karıştıkça verimlilik azalacaktır.

Tersiyer ve Kuvaterner konsolide formasyonları üzerinde oluşan topraklar genellikle sınırlı bir toprak derinliğine sahiptir veya ana kayanın üzerindeki toprağın kalınlığı veya sınırlayıcı yüzey altı tabakası küçüktür ve köklenme derinliğini azaltır

ve yağmurla beslenen bitki örtüsü, çölleşmeye yol açan sıcak ve kuru iklim koşulları altında desteklenemez.

Yarı kurak araziler tanımları gereği su açısından sınırlıdır ve bu nedenle çevresel değişime ve bitki büyümesine karşı potansiyel olarak hassastırlar. Bitkilerin büyümesi için mevcut olan su, iklim koşullarına (yağış, evapotranspirasyon) ve toprağın su depolama kapasitesine bağlıdır. Bir toprağın su depolama kapasitesi, her bir toprak katmanının su tutma kapasitesi (WHC) ile tanımlanır ve toprak dokusu, toprak derinliği, kaya parçaları miktarı, ana materyal vb. ile ilişkilidir. Köklenebilir toprak alanını sınırlayan herhangi bir bozucu süreç, besin maddelerini ve su sağlama kapasitesini tüketir ve biyoaktiviteyi azaltır.

Belirli fiziksel toprak özellikleri ve ana materyal göz önüne alındığında, arazinin çölleşmeden korunması için çok önemli olan iki toprak derinliği mevcuttur. Bunlar; kritik ve çok kritik toprak derinliği olarak nitelendirilmektedir. Kritik derinlik, bitki örtüsünün %40'ın üzerinde değerlere ulaştığı toprak derinliği olarak tanımlanabilir. Kritik toprak derinliğinin 25 – 30 arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu derinlikten daha az toprakta, doğal çok yıllık bitki örtüsünün geri kazanımı çok düşüktür ve erozyon süreçleri çok aktif olabilir, bu da arazinin daha fazla bozulmasına ve çölleşmesine neden olabilir. Marjinal kapasiteye sahip engebeli bir arazi ekildiğinde, toprak kritik derinliğe ulaşmadan önce tarım bırakılmalıdır.

3.2.3.6. Kuraklık

Kuraklık, ortalama yıllık yağış (P) ile ortalama yıllık evapotranspirasyon (ETP) arasındaki oran olarak tanımlanan, toprakta mevcut ortalama suyun bir indeksidir. Yağış ve hava sıcaklığını dikkate alarak doğal bitki örtüsünün gelişimini ve dolayısıyla yağmur erozyonunu etkileyen kritik bir çevresel faktördür.

Çöl iklimini karakterize eden atmosferik koşullar, büyük miktarlarda ki su kayıplarına sebebiyet veren şartlar barındırmaktadır. Yani bu koşullar altında bulunan alanlardaki potansiyel su kayıpların oranı, yağış miktarının oranından daha fazla olur. Aridite indeksi, bir bölgenin iklimsel yapısını, suyun varlığına göre sınıflandırmak için kullanılan bir ölçüdür. Bu indeks ne kadar yüksekse, su kaynaklarındaki değişkenlik

ve zaman içinde su varlığındaki değişkenlik o kadar büyük olur. Bu nedenle, bu indeks, bir bölgenin çölleşme riskini belirlemede önemli bir araçtır. Bu gösterge, toprak bozulmasını tanımlamak ve azaltmak amacıyla kullanılırken, toprak kaybı endeksi ve kuraklık endeksi gibi faktörlerle birlikte toprak ve su kaynaklarının sağlığını değerlendirmeye ve sonuç olarak belirli bir bölgedeki kaynakların sürdürülebilir gelişim stratejileriyle uyumlu bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar.

3.2.3.7. Bakı

Eğime maruz kalma ve yükseklikteki değişimler enerji, su, bitki besinleri ve bitki örtüsünün dağılımını şu şekilde etkiler: toprağın rüzgara maruz kalması, toprağın yağışa maruz kalması, doğal drenaj koşulları, yüzey akışı ve erozyon koşulları, birikintilerin meydana gelmesi ve rüzgar tarafından uzaklaştırılması şeklinde etkilemektedir. Akdeniz bölgesinde, güney-doğu ve güney-batıya bakan yamaçlarda ölçülen toprak erozyonu oranları, çeşitli bitki örtüsü türleri altında kuzey-doğu ve kuzey-batı-güneye bakan yamaçlardan iki kat daha fazladır veya hatta daha yüksektir.

Bakı, güneş ışınlarının toprak yüzeyine düşme açısı ve süresini düzenleyerek bir alanın mikroiklimini etkileyen kritik bir faktördür. Özellikle Akdeniz bölgesinde, yüzeyin güneydoğu ve güneybatı yönlerine bakan eğimli alanlar, daha fazla güneş ışığına maruz kaldığı için genellikle daha sıcak olur. Bu bölgeler, güneşin etkisi altında daha yüksek buharlaşma oranlarına sahip olup, suyun depolanması için daha az kapasiteye sahiptir.

Sonuç olarak, güneye bakan bakıya sahip bölgelerde bitki örtüsünün yeniden oluşturulması daha yavaş olabilir ve erozyon riski daha yüksek olabilir. Buna karşılık, kuzeye bakan bakıya sahip bölgelerde, bitki örtüsünün hızla toparlanması ve suyun daha verimli bir şekilde tutulması beklenir. Bu, toprak erozyonunu ve su kaynaklarının etkili yönetimini değerlendirirken, bakının mikroiklim üzerindeki önemini vurgular.

Toprağın üst 10 cm'lik kısmındaki organik madde içeriğinin kuzeye bakan yamaçlarda güneye bakan yamaçlara göre daha fazla olduğu unutulmamalıdır. Bu durumun genellikle güneye bakan yamaçlarda daha yüksek toprak sıcaklıklarının daha hızlı organik mineralizasyona neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ancak güneye bakan yamaçlarda izolasyonun daha yoğun olması, büyüyen bitkileri daha fazla nem stresine maruz bırakarak biyokütle üretimini azaltmaktadır.

3.2.3.8. Taşlılık

Toprakların üst yüzeylerinde depolanmış olan taşlar, toprak suyunun varlığının korunması için ve toprak erozyona uğrama düzeyi üzerinde önemli olmasının yanı sıra değişken etkilere sahiptir. Özellikle çakıl taşları, kurak olmayan dönemlerde toprak suyunun buharlaşmasını azaltarak su kayıplarını sınırlayabilir. Ancak kuru ve sıcak yaz aylarında buharlaşmayı artırabilir. Özellikle ilkbaharın sonlarından yazın başlarına kadar çakıl taşlarının toprak yüzeyinde bulunması, toprak neminin yüksek seviyelerde tutulmasına katkıda bulunarak bitki büyümesini ve mahsul verimini olumlu bir şekilde etkileyebilir. Ayrıca, çakıl taşları toprak yüzeyinde bulunduğunda, çölleşme karşısında koruyucu bir etki yaratarak geniş bölgeleri bu olumsuz süreçten koruyabilir. Bu nedenle, özellikle Akdeniz bölgesinde, toprak yüzeyindeki çakıl taşlarının suyun akışını kontrol etmesi ve toprak erozyonunu azaltması önemlidir.

Önemli miktarda kaya parçası içeren topraklar, kaya parçası içermeyen aynı topraklara göre ilkbaharda daha erken ısınır. Bu da bitkilerin erken büyümesini ve mevcut suyun daha iyi kullanılmasını sağlar. Toprak yüzeyindeki kaya parçaları, eğimli ekili arazilerin çölleşme riskini tanımlamak için bir gösterge olarak kullanılabilir.

Kaya parçaları çaplarına göre şu kategorilere ayrılır: çakıllar, konglomeralar, taşlar, kayalar. Toprak yüzeyinde çeşitli boyutlarda kaya parçalarının bulunması, tepelik alanların çölleşmeden korunmasında çok işlevli bir etkiye sahip olabilir. Çakıl taşları, artan akıntı ve erozyona rağmen, orta derecede su stresi koşullarında toprak neminin korunması üzerinde faydalı bir etkiye sahiptir. Çakıl taşları, toprak suyunun korunmasına önemli bir katkısı olmamasına rağmen, yoğun ve uzun süreli yağış olayları altında yüzey suyu akışını ve tortu kaybını azaltmaktadır. Toprakta kaya parçalarının bulunması toprak işleme operasyonlarını ve patates, havuç ve pancar gibi bazı tarımsal ürünlerin kalitesini olumsuz etkileyebilir. Özellikle tepelik alanlarda topraktan uzaklaştırılmamalıdır.

3.2.4. Çölleşme Riskinin Belirlenmesinde (DIS4ME) Ele Alınan İndikatörler

Bu çalışma, Samsun il sınırları içinde bulunan Engiz ilçesindeki çam ormanlarına ait toprak ve arazi verilerini kullanarak, DIS4ME modeli aracılığıyla çölleşme riskini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çölleşme riskini değerlendirmek için yağış miktarı, arazinin eğimi, toprak bünyesi, bitki örtüsü, taşlılık düzeyi, toprak derinliği, kuraklık derecesi ve bakı parametreleri kullanılmaktadır. Bu parametrelerin ağırlıklandırılması aşamasında ise uzman görüşleri ve literatürdeki bilgiler kullanılarak karar verme süreci planlanmıştır.

Yağış miktarı, özellikle Akdeniz'in yarı kurak ve kurak bölgelerinde, arazi bozulmasına en fazla katkıda bulunan temel iklimsel faktörlerden biridir. Yağışın yetersizliği, düzensiz dağılımı, yıllar arasındaki değişkenliği ve mevsim dışı yağışlar, toprakların erozyona karşı hassasiyetini artırarak ciddi erozyon olaylarına yol açabilir. Ayrıca, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle Akdeniz bölgesindeki erozyona hassas bölgelerin erozyon duyarlılığının artması beklenmektedir. Bu durum, bu bölgelerde toprak ve su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetiminin önemini daha da vurgulamaktadır.

Eğim parametresi; özellikle yüzey akışı ve toprak kaybını büyük ölçüde etkilemektedir. Eğimin açısı arttıkça ve kritik bir noktaya geldiğinde toprak erozyon oranları keskinleşir ve ardından logaritmik olarak artmaya devam eder. Eğim, yıllık yağışa da bağlı olarak farklı iklim koşulları altında değişken etkiye sahip olmaktadır. Akdeniz bölgesinde doğal bitki örtüsüne sahip farklı alanlarda yapılan ölçümler, aşırı derecede aşınmış toprakların %12'den daha fazla eğimli yarı kurak iklim koşulları altında bulunduğunu, hafif ve orta derecede aşınmış toprakların ise benzer eğim şartları altında yarı kurak iklim koşulları altında bulunduğunu ortaya koymuştur.

Diğer bir parametre ise toprak bünyesidir, toprakların fiziksel bileşimine dayalı olarak sınıflandırılan önemli bir parametredir. Pratik uygulamalar açısından, tarım alanında kullanılmak üzere topraklar 12 farklı sınıfa ayrılmıştır. Her sınıf içinde bazı küçük farklılıklar olsa da, sınıflar arasında genel anlamda önemli özellik farkları bulunmaktadır. Bu sınıflar, dört ana sınıf grubuna ayrılmaktadırlar. Kumlu topraklar,

en düşük olarak %80 oranında kum içerirken buna ek olarak kil oranı %15 veya daha az miktardadır. Siltli topraklar, en düşük olarak %80 silt içerirken buna ek olarak %12 kil parçacıkları barındırmaktadır. Killi topraklar ise, en az %35 oranında kil içerir. Tınlı topraklar ise, kum, silt ve kil parçacıklarını eşit oranda içerir.

Ek olarak, çölleşmeyi etkileyen önemli bir gösterge olan "Bitki Örtüsü," birçok uzman tarafından incelendiğinde, bitki örtüsü yüzdesinin çeşitli alanlarda arttıkça, hem yüzey akışı ile birlikte gerçekleşen suyun kaybı hem de sediment kaybının önemli ölçüde azaldığını göstermektedirler. Eğimli arazilerde, %40 bitki örtüsü değerinin altında kalan alanlar erozyona karşı kritik olarak kabul edilmektedir. Ancak bu kritik eşik, farklı bitki örtüsü türleri, yağış yoğunluğu ve arazi özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bitki örtüsünün zayıf olduğu durumlarda, erozyon süreçleri çok etkin hale gelebilir ve doğal bitki örtüsünün yeniden oluşturulması geri dönülemez sonuçlara yol açabilir.

Topraklara ait derinlik ve sıklık göz önüne alındığında, özellikle fiziksel toprak özelliklerine ek olarak ana materyal göz önünde bulundurulduğunda, çölleşmeye karşı korunmada hayati öneme sahip iki ana toprak derinliği belirlenmiştir. Bu iki derinlik kritik seviye ve çok kritik seviye toprak derinliği olarak adlandırılır. Kritik derinliği, bitki örtüsünün %40'ın üzerine çıktığı toprak derinliği olarak tanımlamak mümkündür. Bu derinlik genellikle 25 ila 30 cm değerleri arasında değişir. Bu derinlikten daha sığ toprak derinliğine sahip olduğu durumlarda, doğal bitki örtüsünün yeniden büyüme yeteneği oldukça düşüktür ve erozyon süreçleri oldukça etkin hale gelir. Bu da arazinin daha fazla bozulmasına ve çölleşmesine yol açabilir.

Kuraklık endeksi, çöl ikliminin temelini oluşturan atmosferik koşullarının büyük su kayıplarına sebebiyet verdiği bir göstergedir. Yani, bu endeks, potansiyel su kaybının yağış koşullarını aşması durumunda ortaya çıkar. Kuraklık endeksi, iklim türünü su kaynaklarına göre sınıflandırarak bölgenin kuraklık seviyesini belirler. Bir bölgenin kuraklık endeksi ne kadar yüksekse, su kaynaklarının dalgalanması ve zaman içinde suyun miktarındaki değişkenlik o kadar fazla olur. Bu, bölgenin çölleşmeye karşı ne kadar hassas olduğunu belirlemeye yardımcı olur. Bu nedenle, bu gösterge, arazi bozulmasını tanımlamak ve azaltmak için kullanılan önemli bir araçtır. Toprak kaybı endeksi ve kuraklık endeksi gibi diğer göstergelerle birlikte, toprak ve su

kaynaklarının sağlığını ölçmek için kullanılır ve sonuç olarak belirli bir bölgedeki kaynaklarla uyumlu kalkınma stratejileri geliştirmeye katkı sağlar.

Başka bir önemli etmen olan bakıyı değerlendirdiğimiz zaman, güneşten gelen ışınlarının toprak yüzeyine temas ettiği açı ve süre açısından bir alanın mikro iklimini düzenlemekte etkileyeci bir unsundur. Özellikle Akdeniz bölgesinde, güneydoğu ve güneybatı yönlerine bakan eğimli alanlar genellikle daha yüksek sıcaklıklara sahiptir. Buna karşılık, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerine bakılan bölgelerde yüksek miktarlardaki buharlaşma oranları ve düşük seviyelerdeki su depolama kapasitesi gözlenmektedir. Sonuç olarak, güneye bakan bölgelerde bitki örtüsünün yeniden büyümesi daha yavaş olabilir ve kuzeye bakıya sahip bölgelere göre erozyona daha yatkın olabilir.

Son olarak, taşlılık parametresi, özellikle toprak yüzeyindeki taşların suyun korunması ve toprak erozyonu üzerinde büyük, ancak değişken bir etkisinin olduğu önemli bir faktördür. Çakıl taşları genellikle kurak dönemlerde buharlaşmadan kaynaklanan su kayıplarını sınırlayabilir, ancak kuru ve sıcak yaz aylarında buharlaşmayı artırabilirler. Özellikle baharın sonlarından yazın başlarına kadar taşlı topraklarda daha fazla toprak neminin bulunması, bitki büyümesini ve bitki üretkenliğini olumlu bir şekilde etkileyerek önemli bir biyokütle üretimini teşvik eder. Bu, geniş alanları çölleşmeye karşı koruyabilir. Özellikle Akdeniz bölgesinde, toprak yüzeyindeki çakıl taşları, yüzey suyunun akışını ve toprak erozyonunu azaltmada önemli bir rol oynayabilir.

Çalışmanın amacına yönelik olarak toprak örneklemesinin yapıldığı her bir noktada çölleşme risk değerlerine göre sınıflarının belirlenmesinde DIS4ME modeline ait çam ormanları uygulamaları için gerekli kriterlerden yararlanılmıştır. DIS4ME modeli 2004 yılında Jane Brandt liderliğinde, bilim insanlarının, politikacıların ve çiftçilerin dahil olduğu büyük bir kesim için Akdeniz'in Avrupa Ülkeleri için Çölleşme Göstergeleri hakkında geniş bir kapsam da bilgi vermek amacıyla Desertlinks araştırma projesi çatısı altında geliştirilmiştir. Projenin yürütülmesi ile çölleşmenin hangi bölgelerde problem olduğunun belirlenmesi, bu bölgelerdeki problemin ne kadar kritik olduğu ve çölleşmeye ait süreçlerinin daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. DIS4ME modelinin temelini çoklu regresyon analizi oluşturmaktadır.

Sistem ölleşme risk değerini bağımlı değişken olarak kabul ederken, belirlenen diğer bütün göstergeleri ise bağımsız değişken olarak kabul etmektedir (Anonim, 2004).

Engiz ilçesinin arazilerinde gerçekleştirilen çalışmada toprak örneklemesinin yapıldığı her bir noktaya ait ölleşme riskini hesaplamak için DIS4ME modelinin am ormanları için özel olarak belirlenen algoritması kullanılmıştır. Her bir nokta için ölleşme sınıflandırması yapmak amacıyla Tablo 2'de bulunan ölleşmeye yönelik parametreleri tercih edilmiştir. Bu bağlamda, DIS4ME modeli içerisinde belirlenmiş olan ana bileşenlerimiz (iklim, bitki örtüsü, toprak ve topoğrafya karakteristikleri) ilave olarak ölleşme çalışmaları etüdünde kullanılmakta olan alt bileşenler (örneğin toprak karakteristikleri ana bileşeni için taşlılık, derinlik ve bünye) arazi saha çalışmaları yoluyla belirlenmiştir.

Tablo 2. DIS4ME modeli kapsamında çam ormanları için çölleşme göstergeleri, alt sınıfları ve indir değerleri

Çölleşme Göstergeleri	Alt Göstergeler	Aralık Değerleri	İndeks Değerleri
İklim Faktörleri	Yağış	<280 mm	2.0
		280 – 650 mm	1.6
		> 650 mm	1.0
		<50	1.0
	Kuraklık İndeksi	50 – 75	1.1
		75 – 100	1.2
		100 – 125	1.4
		125 – 150	1.8
		> 150	2.0
Bitki Örtüsü Faktörleri	Bitki Örtüsü	<10 %	2.0
		10 – 40 %	1.4
		> 40 %	1.0
Toprak Faktörler	Derinlik	<15 cm	2.0
		15 – 30 cm	1.6
		30 – 30 cm	1.2
		> 60 cm	1.0
	Taşlılık	<15 %	1.0
		15 – 40 %	1.3
		> 40 %	2.0
	Bünye	S	2.0
		Si/C/SiC	1.6
		SC/SiL/SiCL	1.2
		L/SCL/LS/SL/C/CL	1.0
Topografik Faktörler	Eğim	< 6 %	1.0
		6 – 18 %	1.2
		18 – 35 %	1.5
		> 35 %	2.0
	Bakı	Kuzey/Kuzey Batı/Kuzey	1.0
		Doğu	
		Güney/Güney Batı/Güney	
		Doğu/ Düz	2.0

3.2.5. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Thomas L. Saaty’ın 1977 yılında geliştirmiş olduğu çok kriterli bir karar verme yöntemi olarak kabul görmüştür. Bu yöntem, hem bireylerin hem de grupların önceliklerini dikkate alarak, nitel ve nicel değişkenlerin bir arada değerlendirilmesini sağlayan bir karar analiz aracıdır. (Dağdeviren, Diyar, & Mustafa, 2004) .AHS, karmaşık karar verme süreçlerinde önemli bir rol oynamakta

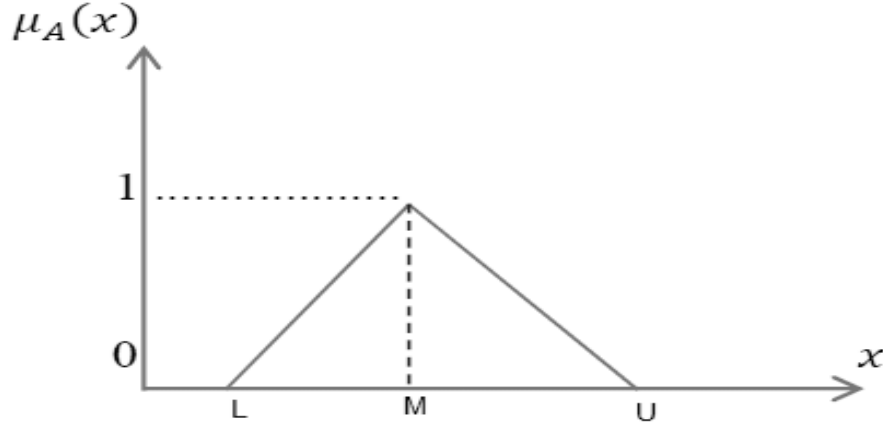
olup, birden fazla kriterin ve alternatifin değerlendirilmesi gereken durumlarda kullanılır. AHS yöntemi, bazı durumlarda belirsizlik ve karmaşıklığı ele almakta zorlanabilir. Özellikle belirsizlik içeren karar verme durumlarında AHS'nin başa çıkma yeteneği sınırlı olabilir (Deng, 1999). Bu yöntem, gerçek dünyadaki birçok karar verme problemine etkili bir çözüm sunsa da, özellikle ikili karşılaştırmalar sırasında kesin sayılar kullanmasından dolayı eleştirilmektedir (Dağdeviren, 2007). Bu nedenle, bulanık analitik hiyerarşi prosesine yönelik dair yapılmış olan ilk çalışma üçgen bulanık sayılar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından bulanık oranları karşılaştırmak üzere gerçekleştirilmiştir. Yaptığı çalışma ile (Chang, 1996) Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin (B-AHS) ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebe değerleri için mertebe analizi yöntemini kullanarak B-AHS'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Dilsel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürmek için (Tablo 3) bulanık önem ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 3. Bulanık önem ölçeği

Rakamsal Değer	Dilsel İfade	Üçgen Bulanık Sayı Değeri	Karşılık Üçgen Bulanık Sayı
1	Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf Üstünlük	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Fena Değil	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Tercih Edilir	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	İyi	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Oldukça İyi	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok İyi	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Mutlak	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Mükemmel	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Bulanık küme teorisinin çok ölçütlü analizlere uygulandığı ilk girişim olarak (Bellman ve Zadeh, 1970) tarafından yapılan çalışma öne çıkmaktadır. Bulanık küme mantığında küme aitlik derecesi (μ) ile gösterilir ve “0” ve “1” arasında değer alır. “0” değeri kesin olarak kümeye ait olmamayı gösterirken, “1” değeri ise kümeye ait olma

durumunu ifade etmektedir. Üçgen bulanık sayılar (l, m, u) ifadeleri ile gösterilmektedir. (Şekil 11)



Şekil 11. Üçgen bulanık sayılar

Birbirinden farklı problem ve sorunları çözmek için birçok B - AHP metodlarından faydalanılmaktadır. Bunlar;

1. Da-Yong Chang'ın Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi (Chang, 1996)
2. Liou ve Wang'ın tarafından geliştirilen yöntem (Liou & Wang, 1992)
3. Abdel-Kader'ın tarafından geliştirilmiş olan yöntem (Abdel-Kader & Dugdale, 2001)

Bu araştırmayı gerçekleştirirken, Da-Yong Chang (1996) tarafından geliştirilen B-AHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci) Yöntemi'ni benimsemiştir. Bu tercih, diğer B-AHP yöntemlerine göre daha kullanıcı dostu ve hesaplama açısından daha verimli bir süreç sunması nedeniyle. Da-Yong Chang'ın yaklaşımı, ikili karşılaştırmaları üçgensel bulanık sayılarla temsil etmektedir. Bu yöntem, tahmini hataları en aza indirme amacı gütmektedir. Da-Yong Chang tarafından geliştirilmiş olan metodoloji doğrultusunda, kararlaştırılan bütün ölçütler dikkate alınır ve hedef için gerekli olan mertbe analizi uygulanır. Sonuç olarak, kararlaştırılmış olan bütün ölçütler için “m” adet mertbe analiz değeri elde edilmiş olur. Bu değerler şu şekilde ifade edilmektedirler.

Da-Yong Chang'ın önerdiği genişletilmiş analitik işlemle desteklenen B-AHP yöntemi, aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ “X” bir nesne kümesini ifade ederken $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ amacı ifade ededen bir küme olarak tanımlanmaktadır. Genişletilmiş analiz yöntemine doğrultusunda, kullanılmakta olan bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere değerlendirilmektedir. Daha kapsamlı bir şekilde ifade edildiğinde bir nesnenin hedeflenmekte olan amacı ne kadar gerçekleştirdiğini ifade etmektedir. Böylece, m tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup şu şekilde gösterilir.

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, M_{gi}^3, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Buradaki tüm M_{gi}^j ($j=1, 2, \dots, m$) değerleri üçgensel bulanık sayılardır (Tablo 2). Chang’ın B-AHP adımları aşağıdaki adımlarla özetlenebilir.

1. Adım: i. nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$$

Förmül de bulunan S_i , i. Belirli bir amaca ait sentez değerini ifade ederken, $M_{\{gi\}^j}$ bir amaca dair genişletilmiş değeri ifade etmektedir.

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ İfade edilen değeri elde etmek için “m” adet genişletilmiş analiz değeri bulanık toplama işlemi için aşağıdaki belirtilmiş olan bir matris ile uygulanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j)$$

Daha sonra $[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1}$ elde etmek için M_{gi}^j ($j=1,2,\dots,m$) değerlerinin bulanık toplam işlemi şu şekilde uygulanır:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i)$$

Daha sonra ise vektörün tersi hesaplanır.

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} = (\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i})$$

2. Adım: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olayının olabilirlik derecesi V
 $(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$ şeklinde tanımlanır ve aşağıdaki ifade ile açıklanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{yükseklik}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) =$$

$$\begin{cases} 1 & , m_2 \geq m_1 \\ 0 & , l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Burada d, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek D kesişim noktasının ordinatıdır. M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının k adet bulanık sayıdan, M_i ($i=1,2,\dots,k$), daha büyük olabilirlik derecesi şöyle tanımlanır:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k. \end{aligned}$$

Bu durumda S_j 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır:

$$k = 1, 2, \dots, n ; k \neq j \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k).$$

Daha sonra ağırlık vektörü, A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)'nin n elemandan oluştuğu şu şekilde ifade edilir: $W'(d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))$

4. Adım: Normalizasyon ile normalize edilmiş W 'nin bulanık bir sayı olmadığı

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \text{ ifadesi ile gösterilmektedir.}$$

3.2.6. Çölleşme Riskinin Hesaplanması

Kararlaştırılmış olan kriterler, çölleşmeye dair riski belirlerken eşit seviyede etkin değillerdir ve bu nedenle bu kriterlerimizin göreceli önem düzeylerini belirlemek (ağırlıklandırmak) gereklidir. Bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklandırılmasında B-AHP yöntemi tercih edilmiştir. Kriterlere ait göreceli önem düzeylerinin belirlenmesinden sonra, noktaların çölleşme risk değerini belirlemek için Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (Weighted Linear Combination - WLC) yöntemi kullanılmıştır. WLC yöntemi, çeşitli adlarla anılan bir tekniktir, ayrıca basit toplam ağırlıklandırma (Simple Additive Weighting - SAW), ağırlıklı toplam, ağırlıklı doğrusal ortalama ve ağırlıklı üst üste binme gibi adlarla da anılmaktadır (Malczewski ve Rinner, 2015). WLC yöntemi, bir bölgenin potansiyel uygunluk değerini hesaplamak için Eşitlik 2'de gösterilen formülü kullanır.

$$\text{ÇR} = \sum_{k=1}^l w_k a_{ik} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

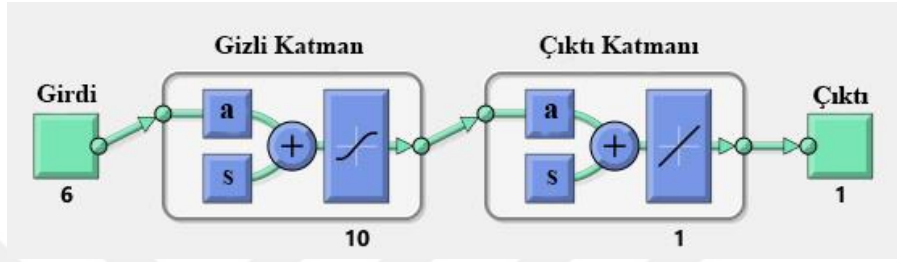
Eşitlik (2)'de, ÇR: Çölleşme risk değerini; w_k : k kriterinin göreceli önem seviyesini, a_{ik} i çölleşme risk noktasındaki k kriteri altındaki standart değerini ve l; toplam kriter sayısını temsil etmektedir (El Alfı ve ark., 2010).

3.2.7. Veri Seti ve Yapay Sinir Ağları

Çalışmamız gerçekleştirildiği alanındaki bütün örnek noktalarına ait toprağın bünyesi, taşlılık seviyesi, bitki örtüsü, eğim derecesi, toprak derinliği, bakı durumu, yağış miktarı ve kuraklık indeksi gibi özellikleri toplamda çölleşme riskini hesaplamak için kullanılmıştır. Bu değerlerin analiz sonuçlarına dayanarak bir yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur.

Bu eşitlikle hesaplanan değerler, toprak örneklemelerinin her bir noktası için çölleşme endeks değerlerini temsil eden bir veri seti oluşturur. Bu endeks değerleri, her nokta için çölleşme riskini ölçen girdi verileri ile birlikte yapay sinir ağı modelinin eğitimi ve değerlendirmesi için kullanılmıştır. Eşitlik ile elde edilen çölleşme riskinin hesaplanmasının ardından elde edilen veriler ise hedef verisi olarak belirlenmiştir.

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir ağlarının işleyişini taklit eden ve özellikle doğrusal olmayan sistemlerin tahminini gerçekleştirmek için oldukça etkili olan bir yöntemdir. Bu özelliği sayesinde, karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde yaygın bir kullanım bulmaktadır (Pacci et al., 2022; Odabaş et al., 2016). Bu çalışmada, Yapay Sinir Ağı, Matlab® R2012a (7.14.0.739) 32-bit (win32) yazılımı kullanılarak eğitilmiştir ve bu eğitim Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Tek gizli katmanlı ağ modeli (a; ağırlık, s; sapma)

Toplam veri setimiz, 73 örnek noktadan oluşmaktadır. Bu veri setinin %70'i, yani 51 örnek, eğitim amacıyla kullanılmış; %15'i olan 11 örnek, test işlemleri için ayrılacak ve kalan %15'lik 11 örnek ise doğrulama işlemlerinde kullanılmıştır. Yapay sinir ağı, çölleşme riskini tahmin etmek için toplamda 16 farklı girdiyi (toprak bünyesi, noktanın taşlılığı, eğimi, yağış miktarı, noktanın derinliği, bitki örtüsü, bakı durumu ve kuraklık endeksi gibi değerler) kullanarak öğrenilecektir. Bu girdilere ek olarak, hedef verileri olarak önceden hesaplanmış olan DIS4ME modelinin çölleşme riski değerleri de kullanılmıştır. Farklı yapıdaki sinir ağlarında, bu çalışma kapsamında belirli miktarda gizli katman, gerekli sayıda nöronlar ve bu katmanlar arasındaki transfer fonksiyonları kullanılabilir. Bu araştırmada, çıktı katmanı için belirli miktarda nöron ve sigmoid fonksiyonu kullanılarak özel bir yapı tasarlanmıştır. Yapay sinir ağının çalışmasının ardından, YSA'ya ait performansı belirlemek için, ortalama kareler tahmin hatası (MSE) ve belirleme katsayısı (R2) hesaplamaları kullanılmıştır. Ortalama kareler tahmin hatası (MSE), bir yapay sinir ağının tahmin modelinin performansını değerlendirmek için kullanılan önemli bir ölçüt olarak kabul görmektedir. MSE değerinin düşük seviyelerde olması, tahminin gerçek değerlere daha yakın olduğunu gösterir ve bu, istenen bir sonuçtur. (Salman ve ark., 2017).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y^{i.mod} - Y^{i.exp})^2$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y^{i.mod} - Y^{i.exp})^2}{\sum_{i=1}^n (Y^{i.mod} - Y)^2}$$

(Eşitlik 3)



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Çalışma alanından toplanan 73 toprak örneğinden 10 adet fiziksel toprak özellikleri ve kimyasal toprak özellikleri incelenmiş olup tanımlayıcı istatistik hesaplaması yapılmıştır. Bu özellikler; organik madde, CaCO₃, EC, pH, agregat stabilitesi, organik karbon kil, silt, kum ve hacim ağırlığı olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcılar	Ort.	S.S	%V.K*	Varyans	E.D.D	E.Y.D	Çar.**	Bas.
Kum (%)	49.66	13.60	27.38	185.04	13.71	77.15	0.11	-0.303
Silt (%)	26.49	8.04	30.35	64.79	3.69	47.12	-0.13	0.39
Kil (%)	23.83	9.94	41.71	98.93	5.04	47.74	0.54	-0.20
HA gr/cm ³	1.16	0.11	9.48	0.01	0.86	1.60	0.82	2.25
AS (%)	58.33	11.66	19.98	136.14	29.55	84.74	-0.003	0.06
OM (%)	10.64	4.45	41.82	19.87	0.55	24.95	0.64	1.09
OC (%)	6.17	2.58	41.81	6.68	0.31	14.47	0.64	1.09
pH	5.33	0.69	12.94	0.47	4.34	7.59	0.91	0.76
EC (dS/m ⁻¹)	0.16	131.40	82125.0	17266.8	0.01	0.62	2.00	4.50
CaCO ₃ (%)	3.04	0.56	18.42	0.23	1.61	4.07	-0.45	0.73

Ort.: Ortalama, S.S.: Standart sapma, VK.: Varyasyon katsayısı, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık, OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, AS: Agregat Stabilitesi, OC: Organik Karbon.

*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

**Çarpıklık: < | μ 0,5 | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Çalışma alanından alınan 73 adet örneğe ait 10 adet fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4’de verilmiştir. Çalışma alanının toprakları genellikle tuzluluk açısından 0.01-0.62 dS/m değerleri arasında tuzsuz ve toprak reaksiyonu ise 4.34 – 7.59 değerleri arasında, asit – hafif alkalın olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının kalsiyum karbonat içeriği %1.61 ile %4.07 arasında ve ortalama %3.04 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından toprak türlerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan kalsiyum karbonat (CaCO₃) içeriği toprak

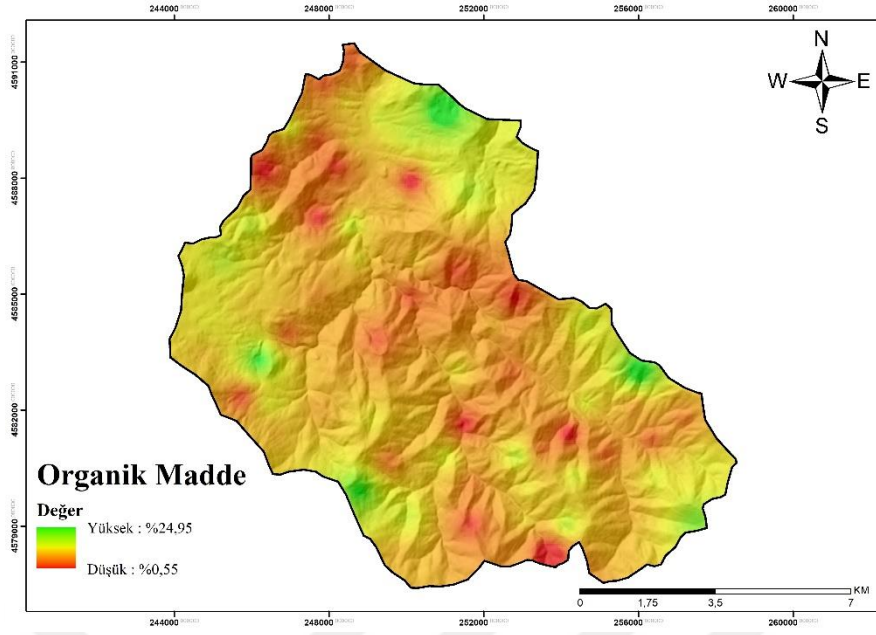
kimyasını büyük ölçüde değiştirmekte, toprakların erozyona duyarlılığını ve çölleşme riskini önemli düzeyde etkilemektedir (Le Bissonnais, 1996; Mohamed, 2013). Toprakların kum silt ve kil içeriklerine göre tekstür sınıfları tınlı (%30.13), kumlu tın (%28.76), killi tın (%15.06), kumlu killi tın (%13.69), killi (%6.90) ve siltli tın (%2.73) olmak üzere alan içerisinde büyük farklılık göstermektedir. Toprakların hacim ağırlıkları da 0.86 gr/cm³ – 1.60 gr/cm³ arasında değişiklik göstermekte ve ortalama 1.16 dır. Hacim ağırlığındaki bu değişiklik çalışma alanı topraklarının tekstüründeki büyük çeşitlilikten kaynaklanmaktadır. Hacim ağırlığı; doğal koşullardaki toprak ağırlığının, kapladığı hacme oranı olarak tanımlanmakta olup toprağın dinamik özelliklerinden biridir (Demir ve Gülser, 2015; Özdemir, 2019). Toprak tekstürünün önemli düzeyde etkisi altında olan hacim ağırlığı, kil içeriği yüksek olan topraklarda 1.00 ile 1.40 g/cm³ ve kum içeriği yüksek olan topraklarda ise 1.40 ile 1.80 g/cm³ arasında değişim sergilemektedir (Rosolem ve ark., 2002; Chaudhari ve ark., 2013). Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesi %29.55 ile %84.74 arasında değişkenlik göstermekte ve ortalama 58.33 olarak belirlenmiştir. Dinel ve ark., (1991) agregat stabilitesinin topraklarda yüksek olmasının, toprak bozulmasındaki ana etkenlerden biri olan toprak erozyonunu ve çölleşmeyi engellediğini belirtmişlerdir. Topraktaki agregatlarının stabilizasyonu, suyun toprakta hareketi, besin döngülerinin korunması ve erozyon kontrolünde de olduğu gibi; çölleşme için de önemli bir gösterge olarak bilinen toprak parametrelerinden biri olan organik madde içeriği ise %0.5 ile 24.95 arasında değişmekte, ortalama %10.64 ile çalışma alanı içerisinde büyük farklılık göstermektedir (Grili ve ark., 2021). Bununla beraber çalışma alanının organik karbon içeriği ise %0.31 ile %14.47 arasında değişiklik göstermekle beraber ortalama %6.17 olarak belirlenmiştir. Bu durum çalışma alanının organik maddenin ve organik karbonun ayrılarak kaybolmasının zor olduğu çam ormanları olmasından kaynaklanmaktadır. Yılmaz ve Dengiz (2021), farklı arazi kullanımları içerisinde en yüksek toprak organik karbonu (TOK) stokunun ormanlık alanlarda (53.356 ton ha⁻¹), en düşük TOK stokunun ise tarım arazilerinde (34.048 ton ha⁻¹) olduğunu bildirmişlerdir. Toprak organik maddesi, bünyesinde toprak organik karbonunu barındırmakta olduğu ve toprak organik karbonunun çölleşme ve erozyon için önemli bir gösterge olmasından dolayı önemli bir çölleşme parametresidir.

Wilding (1985)'e göre varyasyon katsayısı (değişkenlik katsayısı); düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (> %35) olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre

Çalışma alanının toprak özelliklerinden toprak pH'sı, HA ve CaCO₃ ortalamaya göre <%15 değişkenlik ile “düşük”; kum, silt, ve AS %15 ile % 35 arasında “orta” varyasyon sergilemiştir. Kil, OM, OC, ve EC değerleri ise ortalamaya göre %35'den büyük yani “yüksek” değişkenlik göstermiştir. Kil ve AS değerleri normal dağılımla kıyaslandığında sola çarpık (-) diğer özellikler ise sağa çarpık (+) bir dağılım göstermektedir. Sola arpık bir dağılımda özellikler ortalamadan daha yüksek seviyelerde dağılım sıklığına sahipken sağa çarpık durumda tam tersi bir durum hakimdir. Çarpıklık katsayısı en yüksek normalden en uzak dağılım gösteren zellik EC olarak belirlenmiştir. EC değerinin sağa çarpık sola yığılımlı bir dağılım göstermesi toprakların EC düzeylerinin büyük bir kısmının ortalamadan (0.16 dS/m-1) daha düşük seviyede olmasının bir sonucudur. Kum ve kil değerlerinin eğrileri normal dağılıma göre daha dik (+) bir dağılım gösterirken diğer toprak özellikleri normal dağılıma göre daha basık (-) dağılım göstermektedir.

4.1.1 Organik Madde

Toprak organik maddesi esas olarak artık halde ki bitki ve hayvan materyallerinden meydana gelmektedir. Mikroorganizmalar tarafından sentezlenmekte ve sıcaklık, nem ve çevresel toprak koşullarının etkisi ile de parçalanması gerçekleşmektedir. Toprak organik maddesi, önemli toprak işlevlerinin korunmasında merkezi bir rol oynar ve erozyona karşı direncin ve toprak verimliliğinin temel etkenleri arasındadır. Organik madde miktarının azalması, çoğu toprakta kalitenin düşük olduğunun bir göstergesidir. Organik madde kaybı, bozulumunu ifade etmektedir. Toprak organik maddesinin giderek azalması, özellikle Akdeniz lkelerinde büyük bir endişe kaynağı halini almıştır. Avrupa Toprak Bürosu'na göre mevcut verilere dayanarak, Güney Avrupa'da analiz edilen toplam alanın neredeyse %75'i düşük (3.4%) veya çok düşük (1.7%) toprak organik madde içeriğine sahiptir. Toprak bilimciler, %1.7'den az organik madde içerikli toprakların lleşme öncesinde ki son aşama da olduğunu değerlendirmektedirler. (Rusco, Jones, & Biglio, 2001)

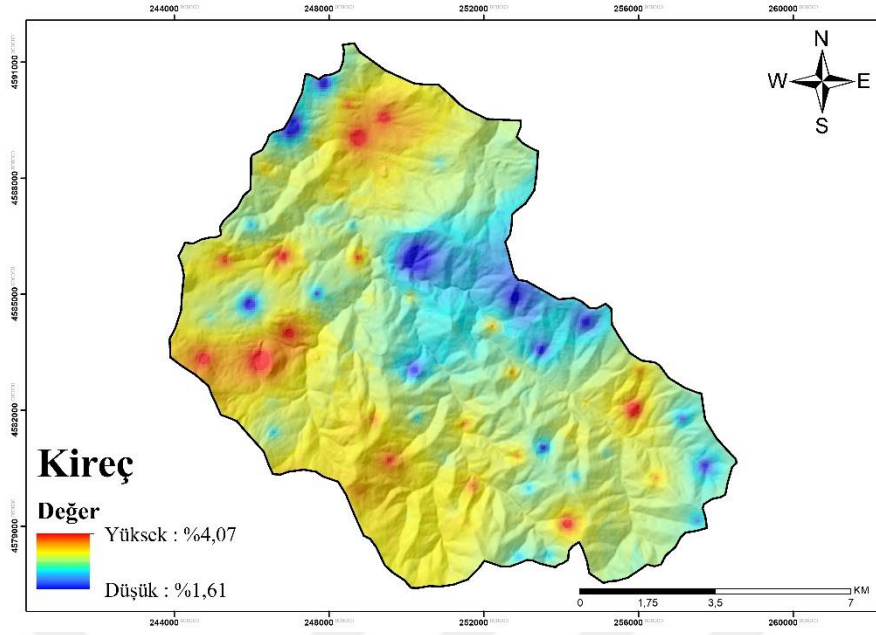


Şekil 13. Organik madde dağılım haritası

Bölgeye ait organik madde dağılım haritası incelendiğinde kuzeydoğu, güneydoğu ve batı kesimlerde organik madde içeriği yüksek alanlar bulunsa da merkez kesimlerde organik madde içeriği düşük olarak gözlenmiştir (Şekil 13). Organik madde içeriğinin en yüksek %24,95 olduğu ve en düşük %0,55 olduğu tespit edilmiştir. Ortalam organik madde içeriği ise %10,64 olarak belirlenmiştir. Bu durumu orman arazilerinde ki organik madde parçalanmasının yavaş olması ile ilişkilendirebiliriz.

4.1.2. Kireç

Topraktaki kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeriği, toprak kimyasını büyük ölçüde değiştirmektedir. Bu nedenle toprakta meydana gelen kimyasal süreçleri ve toprakta yaşayan organizma grubunu da etkilemektedir (Soil Survey Staff, 1975). Kalsiyum karbonat toprak bilimciler tarafından toprak tiplerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan temel toprak verileridir ve aynı zamanda erozyona karşı hassasiyeti ölçmek için kullanılan bir özelliktir (Le Bissonnais, 1996). Toprak içeriğinde ki kalsiyum karbonat artışı çimentolaşma ve sertleşmeye sebep olmaktadır. Bunun sonucunda toprak yüzeyinde kabuk oluşumu gözlenecektir. Kabuk oluşumunun suyun toprağın içerisine geçişini azaltması beklenir. Bu da yağış sularının toprak içerisine geçişini zorlaştırır ve suyun yüzey akışına geçmesini artırır ve erozyon riskini artırabilir.



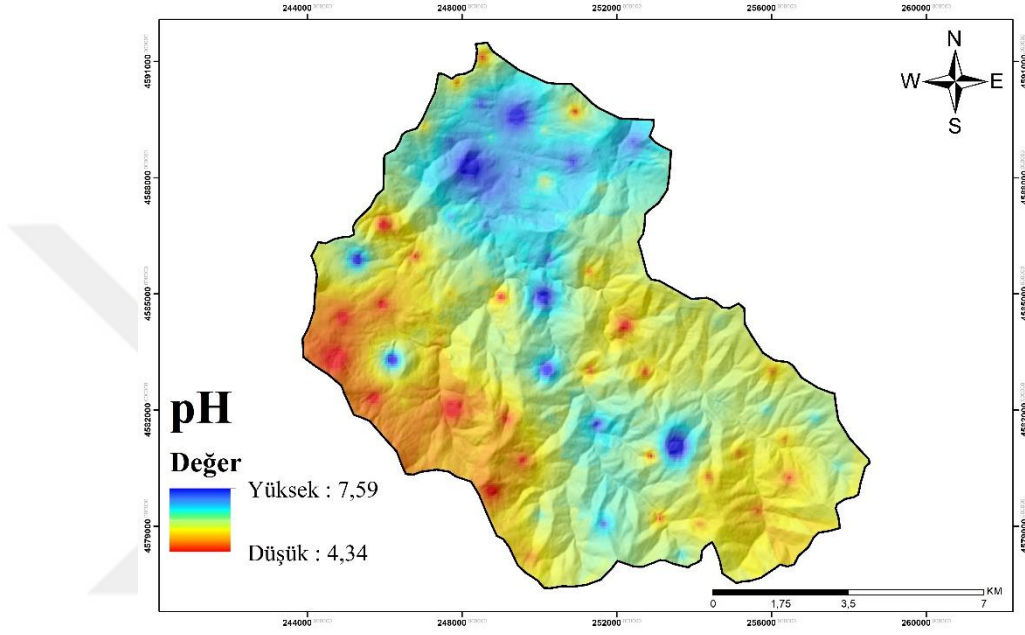
Şekil 14. Kireç içeriği dağılım haritası

Bölgeye ait kireç (CaCO_3) içeriği haritası incelendiğinde, doğu kesimlerde kireç içeriğinin düşük olduğunu ve batı kesimlerde ise kireç içeriğinin yüksek olduğu alanlar bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 14). Buna ek olarak kuzey ve güney bölgelerde düşük içerikli alanlar bulunuyor olsa da genel olarak bu alanların yüksek kireç içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kireç içeriği dağılım haritası verilen çalışma alanının kalsiyum karbonat içeriği %1.61 ile %4.07 arasında ve ortalama %3.04 olarak belirlenmiştir.

4.1.3. PH

Toprak, pH değeri muhtemelen toprak özelliklerini belirlemek için yapılabilecek en bilgilendirici ölçümdür (Thomas, 1996). Asitik topraklar genellikle daha kompakt olma eğilimindedir, bu da suyun toprak içine sızmasını ve bitki köklerinin uzamasını zorlaştırabilir. Alkalik topraklar ise daha gevşek olabilir. Her iki durum da erozyon riskini artırabilir, çünkü suyun yüzeyde akması ve toprağın taşınması daha kolay olur. Yüksek pH değerlerine sahip topraklar genellikle alkali topraklar olarak adlandırılır ve tuz birikimi eğilimindedir. Bu tuzlar bitkilerin köklerine zarar verebilir ve bitki büyümesini engelleyebilir. Tuzluluk, toprağın su tutma kapasitesini azaltabilir, bu da kuraklık koşullarında bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir. Toprak pH'sı, toprakta

gerçekleşen kimyasal reaksiyonları etkiler. Bazı mineraller, farklı pH seviyelerinde çözünme eğilimindedir. Bu, toprak yapısını ve mineral bileşimini değiştirerek toprak verimliliğini etkileyebilir. Sonuç olarak, toprak pH'sı çölleşme süreçlerini etkileyebilir. Ancak, toprak pH'sı yalnızca çölleşmenin bir faktörüdür ve çölleşme genellikle çoklu etkenlerin bir sonucu olarak gelişir. İklim koşulları, erozyon, aşırı otlatma, ağaç kesimi ve sürdürülemez tarım uygulamaları gibi diğer faktörler de çölleşmeye katkıda bulunabilir.



Şekil 15. pH içeriği dağılım haritası

Bölgenin pH içeriğine ait harita incelendiğinde, kuzey kesimler ve merkez bölgelerin yüksek pH dağılımları sergilediği gözlemlenmiştir. Buna ek olarak ise doğu ve batı kesimlerde ki alanların genel olarak düşük pH içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 15) Çalışma alanının toprak reaksiyonu ise 4.34 – 7.59 değerleri arasında olduğu ve ortalama olarak 5.3 değerini aldığı gözlemlenmiştir. Bu duruma göre toprakların pH özelliklerinin asit – hafif alkalin olarak tespit edildiği söylenebilmektedir.

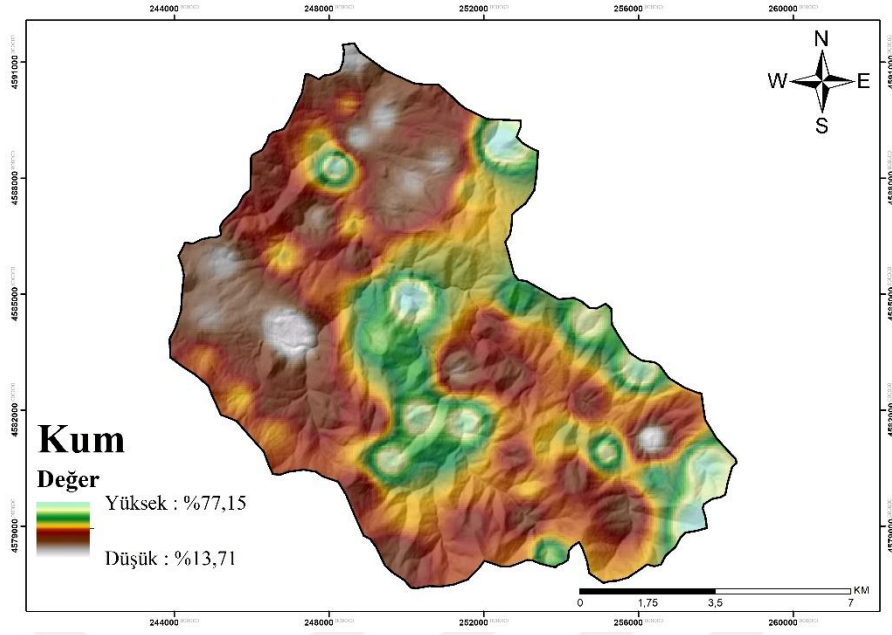
4.1.4. Kum, Silt ve Kil Dağılımı

Toprak tekstürü, toprağın drenajını, su tutma kapasitesini, toprak sıcaklığını, toprak erozyonunu ve verimliliği büyük oranda etkilemektedir. Kumlu topraklar, kuru

mevsimlerin gözlendiği bölgelerde tarımsal üretim amacı ile kullanıldığında rüzgâr erozyonu önemli bir sorun teşkil etmektedir (Kosmas et al., 2014). Bitkisel örtü alandan kaldırıldığında rüzgâr erozyonu etkisini artırmaktadır. Killi topraklar, kumlu topraklara görece bitki büyümesi için daha fazla su tutmaktadır. Toprak içerisinde su bulunması toprağın ısı ihtiyaçlarını önemli ölçüde değiştirmektedir. Islak halde ki killi toprakların sıcaklığı, ilkbahar ve sonbaharda hava sıcaklığındaki değişimleri kumlu topraklara görece daha yavaş tepki göstermektedir. Toprağın tekstür yapısı, erozyona karşı direnci etkilemektedir. Toprak tekstürü ne kadar iri taneli olursa toprak parçacıklarının etkin yüzey alanı o kadar küçük olur ve toprağın erozyona karşı direnci de o kadar az olur. Toprak tekstürü genellikle derinliğe göre değişim göstermektedir. Ancak toprak yüzey horizonunun yapısı önemli bir faktör olarak kabul görmektedir.

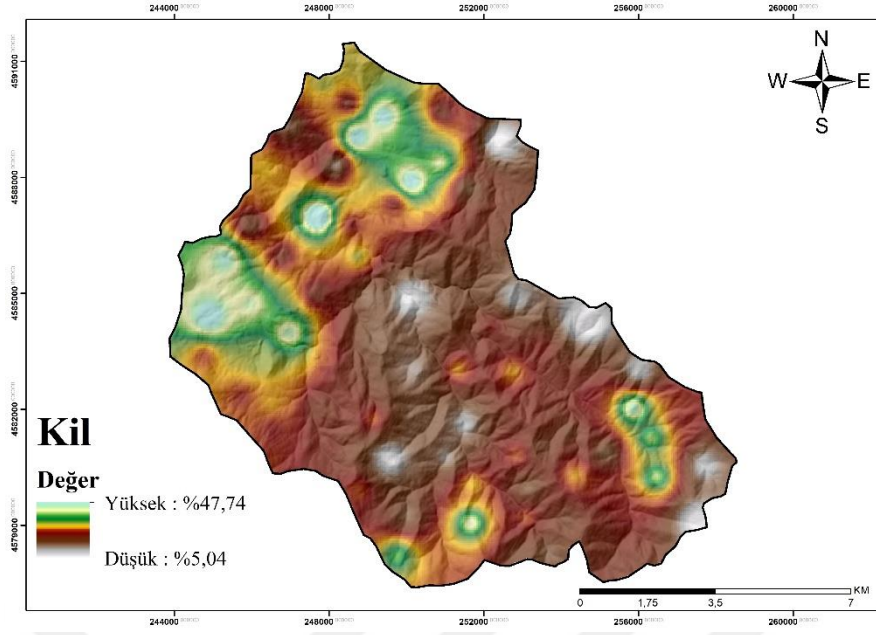
Toprak tekstürü, toprağın yapısını, stabilitesini ve esnekliği üzerine etkileri bulunmaktadır. Kil içeriği arttıkça, toprağın genel yapısı zamanla kilin özellikleri, bağlayıcı malzemelerin doğası gereği ve miktarları tarafından domine edilir hale gelmektedir.

Toprak kabuk oluşumu, toprak tekstürü de dahil olmak üzere birkaç faktörden etkilenmektedir. Toprakların kil içeriği arttıkça, toprağın şişmesi ve parçalanması artmaktadır. Ancak kil içeriğinin artması ile dağılma miktarı azalır ve kabuklanmayı destekler. Toprakta bulunan kil içeriği kabuk oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek miktarda silt içeren topraklar ise kabuk oluşumuna karşı duyarlıdır. Bu durum ise yüksek miktarda yüzey suyunun akışına ve sediment kaybına neden olur.



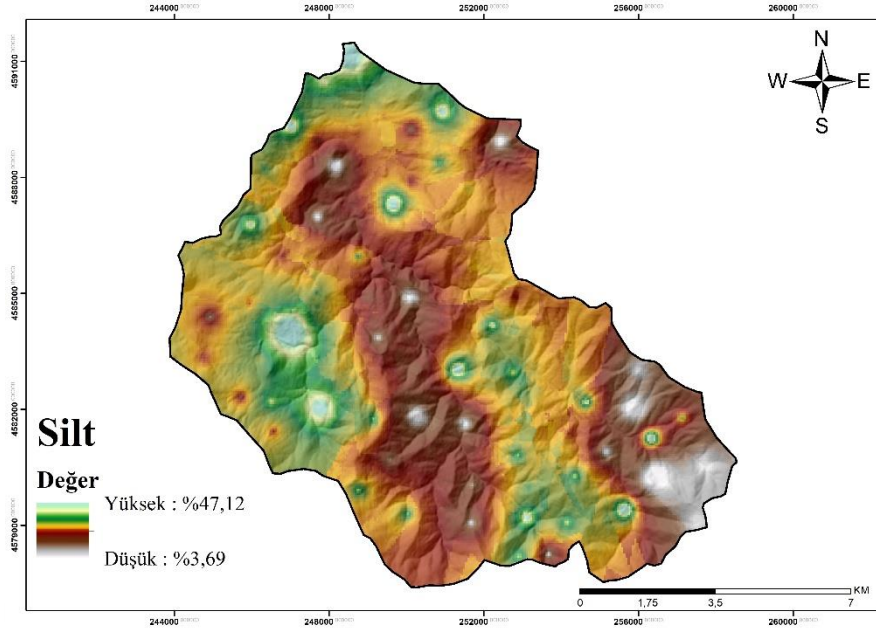
16. Kum içeriği dağılım haritası

Bölgenin dağılım haritası incelendiğinde kum içeriği en yüksek noktanın %77,10 ile kum içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. En düşük kum içeriği ise %13,76 olduğu gözlenmiştir. Ortalama kum içeriği ise %49.66 olarak tespit edilmiştir. Bölgenin toprak bünyesinin kum içeriği incelendiğinde merkez, doğu ve güney doğu kesimlerde kum içeriğinin yüksek olduğu noktaların varlığı gözlenmiştir. Bölgenin batı ve kuzey kesimlerinde ise kum içeriğinin yüksek olduğu alanlara rastlanmıştır olsa da genel dağılım olarak bu alanlarda kum içeriğinin düşük olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak ise güney kesimler ve merkez bölgelerde kum içeriğinin az olduğu alanlara rastlanmıştır. Bu durumun sonucunda kumlu alanlarda erozyon duyarlılığın yüksek olabileceği söylenmesi mümkündür.



Şekil 17. Kil içeriği dağılım haritası

Bölgenin kil içeriğine ait dağılım haritası incelendiğinde ise en yüksek değer %47,74 ve en düşük değeri %5,04 olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama kil içeriği ise %23,83 olarak tespit edilmiştir. Dağılım haritası incelendiğinde batı ve kuzey kesimlerde yüksek kil içerikli alanların bulunduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak merkez ve doğu kesimlerin yüksek kil içeriğine sahip noktalar barındırması ile birlikte genel dağılımın bu alanlar için düşük kil içeriği barındırdığı gözlemlenmiştir. Bölgenin bu yapısı incelendiğinde kilin özellikleri ile birlikte yüksek içerikli alanlarda su ve rüzgâr erozyonuna karşı bir nebze olsun dirençli olabilecekleri düşünülebilmektedir.



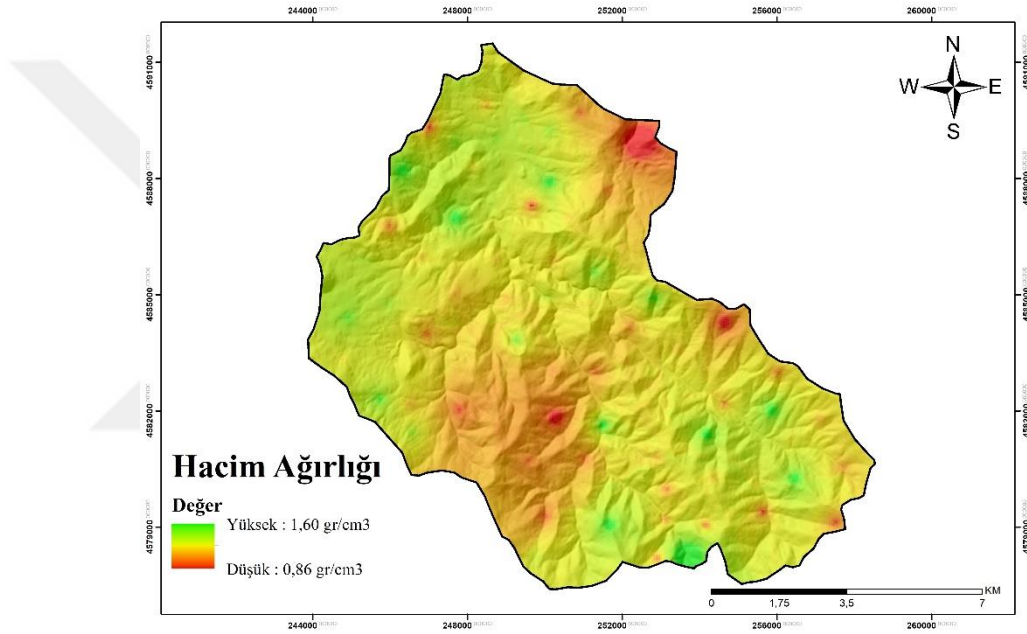
Şekil 18. Silt içeriği dağılım haritası

Bölgenin silt içeriğine ait dağılım haritası incelendiğinde en yüksek değer $\%44,53$ ve en düşük değerin ise $\%5,97$ olduğu gözlenmektedir. Ortalama silt içeriğinin ise $\%26,49$ olduğu tespit edilmiştir. Bölgede ki silt dağılımı kuzey, batı ve merkez bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu bölgenin genel olarak bünyesel dağılımları incelendiğinde, bölgenin çoğunlukla kumlu killi tın, kumlu tın ve tınlı bünyeler gösterdiği gözlenmiştir. Buna ek olarak ise nadir alanlarda kil içeriği yüksek olan bölgeler ve siltli bünyelere rastlandığı gözlenmiştir. Hafif bünyeli toprakların su ve rüzgâr erozyonuna karşı dayanıksız olduğu bilinmektedir. Elde ettiğimiz toprakların bünyelerine ait sonuçlar ise alanın rüzgâr ve su erozyonuna karşı büyük bir tehlike altında olduğu sonucuna varmamıza sebep olmaktadır.

4.1.5. Hacim Ağırlığı

Toprakların birim hacim içerisindeki kuru kütle miktarları hacim ağırlığı olarak ifade edilebilir. Hacim ağırlığının, toprakların organik madde ve bünye özellikleri ile yakın bir ilişkisi bulunmaktadır. Gerek doğal yollarla (hard pen) gerekse de yapay yollarla (tarla trafiği) birim hacim içerisindeki toprak miktarındaki artışı sıkışmanın göstergesi olarak kabul edebiliriz. Toprak hacim ağırlığının bitki büyümesi üzerindeki etkisi; su içeriği, havalandırma, kök gelişimi ve büyümesi gibi faktörlerle doğrudan ve

dolaylı olarak bağlantılıdır (Da Silva ve Kay, 1997). Daha yüksek toprak hacim ağırlığına sahip topraklar genellikle daha az su tutar. Bu da bitkilerin su ihtiyacının karşılanmasını zorlaştırabilir ve bitki örtüsünün azalmasına yol açabilir. Çölleşme sürecini hızlandırabileceği göz önünde tutulmalıdır. Yüksek hacim ağırlığına sahip topraklar, suyun daha zor geçebildiği ve rüzgâr erozyonunun daha etkili olduğu alanlardır. Düşük hacim ağırlığına sahip topraklar bitki gelişimi için daha uygun alanlar sağlamaktadır. Yüksek hacim ağırlığına sahip topraklar sıkışmaya daha yatkın olabilir. Toprak sıkışması köklerin büyümesini ve suyun toprağın içine nüfuz etmesini engelleyebilir.



Şekil 19. Hacim ağırlığı dağılım haritası

Bölgeye ait hacim ağırlığı dağılım haritası incelendiğinde en yüksek hacim ağırlı değerinin 1.60 gr/cm^3 olduğu ve en düşük değerinin ise 0.86 gr/cm^3 olduğu tespit edilmiştir. Ortalama hacim ağırlığı değerinin ise 1.16 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 19). Bölgeye ait hacim ağırlığı dağılım haritası incelendiğinde doğu ve güneybatı kesimlerinde düşük hacim ağırlığına sahip alanlar bulunmasının yanı sıra doğu, güneydoğu, batı ve kuzey batı alanlarında hacim ağırlığı değerinin yüksek olduğu alanlar tespit edilmiştir.

4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinin Uygulanması

Bu çalışma, Samsun ilinin Engiz ilçesinde yer alan çam ormanlarına odaklanarak B-AHP yöntemi kullanılarak çölleşme analizi gerçekleştirmiştir. B-AHP analizleri, birden fazla kriterin birbirleriyle karşılaştırılması ve birleştirilmesi yoluyla ortak bir sonuca varmak amacıyla yapılmıştır. (Tablo 5).

Çam ormanlarına yönelik çölleşme çalışması için bu çalışmada sekiz adet çölleşmeyi etkileyen kriter kullanılmıştır (Tablo 6). Bu kriterler, özellikle çam ormanlarına özgü DIS4ME yaklaşımından temel alınarak seçilmiştir.

Tablo 5. İkili karşılaştırma matrisi

	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8
C.1	1	1/2	1/2	1/3	4	1/2	2	3
C.2	2	1	1/3	1/2	2	1/2	3	2
C.3	2	3	1	2	3	1/2	2	2
C.4	3	2	1/2	1	3	1/3	2	2
C.5	1/4	1/2	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1/3
C.6	2	2	2	2	3	1	2	3
C.7	1/2	1/3	1/2	1/2	3	1/2	1	3
C.8	1/3	1/2	1/2	1/2	3	1/3	1/3	1

C.1: Bitki örtüsü, C.2: Derinlik, C.3: Eğim, C.4: Bünye, C.5: Taşlılık, C.6: Yağış, C.7: Kuraklık, C.8: Bakı

Çölleşme risk kriterlerinin tanımlanması ve ikili karşılaştırma matrisi ile oluşturulan veriler, bir bulanık üçgensel matrisi oluşturmak için kullanıldı (Tablo 6). Oluşturulan üçgensel matristeki veriler, Chang'ın B-AHP sistemine özgü denklemler kullanılarak hesaplandı.

Tablo 6. Bulanık üçgensel karşılaştırma matrisi

	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8
C.1	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(3,4,5)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
C.2	(1,2,3)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1,2,3)
C.3	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(1,2,3)
C.4	(2,3,4)	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(1,2,3)	(1,2,3)
C.5	(1/5,1/4,1/3)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)
C.6	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)
C.7	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(2,3,4)
C.8	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)

Adımlar takip edilerek gelinen son aşamada denklemler sonucunda hesaplanması tamamlanmış olan normalize ağırlık vektörleri, aşağıdaki tabloda sunulmuştur. Kriterler arasında, en yüksek ağırlık değeri olan 0.184, yağış göstergesine aittir, en düşük normalize ağırlık değeri ise 0.001 değeri ile taşlılık kriterine aittir (Tablo 7).

Tablo 7. Kriterlerin normalize ağırlık değerleri

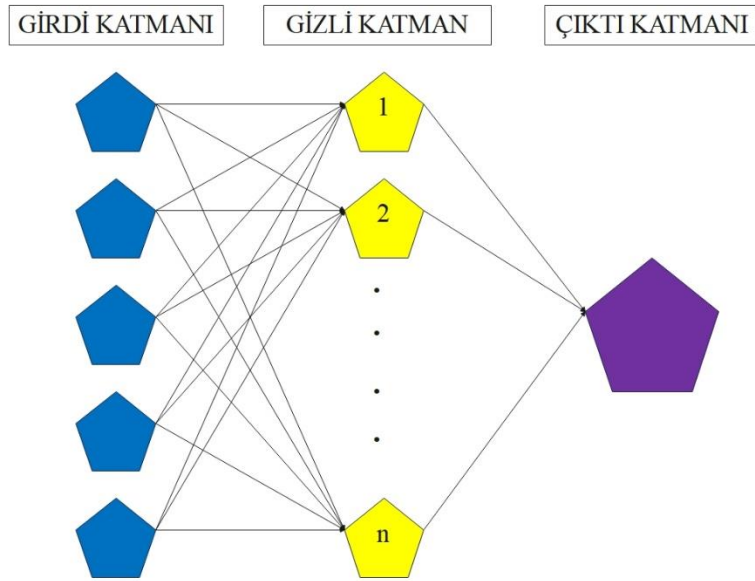
Parametreler	Normalize Ağırlık
Bitki Örtüsü	0,144
Derinlik	0,141
Eğim	0,172
Bünye	0,162
Taşlılık	0,001
Yağış	0,184
Kuraklık	0,118
Bakı	0,078

4.3. Çölleşme Riskinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi

Çalışma yürütüldüğü alana ait her bir noktadan alınan toprak örneklerine ait noktanın yağış değeri, yağışın ağırlık değeri, noktaya ait derinlik, derinlik ağırlık değeri, noktanın eğimi, eğimin ağırlık değeri, toprağın bünyesi, bünyenin ağırlık değeri, noktaya ait taşlılık, taşlılık ağırlık değeri, noktaya ait bitki örtüsü, bitki örtüsünün ağırlık değeri, noktaya ait kuraklık değeri, kuraklık ağırlık değeri, noktanın bakışı, bakıya ait ağırlık değeri olmak üzere toplam 16 parametreyi içeren bir yapay sinir ağı modeli çalıştırılmıştır.

Toprak örneklerine ait her bir noktaya özel olarak çölleşme indis değerleri ve B-AHP'tan elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak oluşturulmuş eşitlik girdi verisi ve hesaplanarak elde edilen çölleşme riskine ait değerler ise hedef olarak kullanılmıştır.

Biyolojik sinir ağlarının çalışma prensibi örnek alınarak tasarlanan Yapay Sinir Ağları (YAS), özellikle doğrusal olmayan sistemlerde tahmin yürütme açısından istatistiksel tekniklerden çok daha fazla kolaylık gösteren bir özelliğe sahiptir (Pacci et al., 2022). Bu özelliği ile YAS karmaşık olan ve doğrusal olmayan sorunların çözümlenmesinde çok önemli bir yöntem haline gelmiştir. (Odabaş et al., 2016). Çalışmada, Matlab® R2012a (7.14.0.739) 32-bit (win32) programı ile uygulanan YSA, ağı eğitmek için Levenberg-Marquardt (LM) algoritması ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 20).



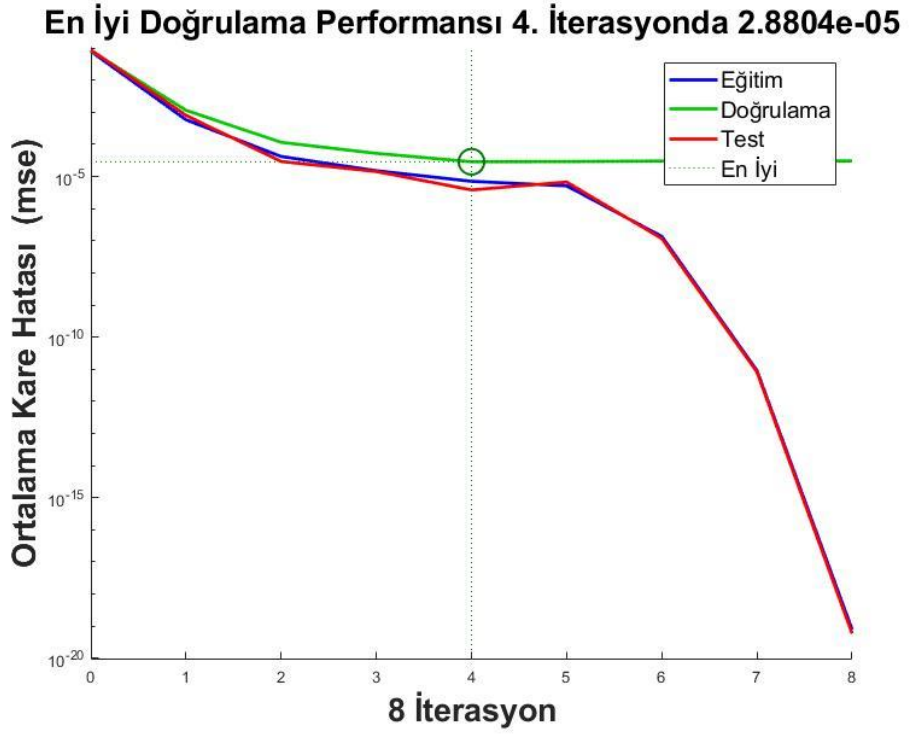
Şekil 20. Basit yapay sinir ağı yapısı

Yapay sinir ağları temel olarak insan beyninin biyolojik yapısını sinir yapılarını taklit eden sinirsel algılayıcılarının da yardımı ile daha önceden öğrenilmiş ve sınıflandırılmış bilgileri kullanan ve bu bilgiler doğrultusunda ortaya yeni bilgiler

koyabilen, karar mekanizması sahip olan bilgisayar programlarıdır. Temel olarak bir yapay sinir ağının görevi, girdi olarak kendisine verilen bilgileri kullanarak bir çıktı verisi üretebilmesidir. Bunun gerçekleşebilmesi için öncelikle ağın belirli örneklerle eğitilmesi gerekmektedir. Daha sonrasında ise ağ genelleme yapabileceği ve karar verebileceği seviyeye ulaşmış olacaktır. Gerçek hayat problem uzayına ilişkin değişken faktörler YSA'nın girdi serisini, bu değişkenler ile elde edilen gerçek hayat sonuçları ise YSA'nın ulaşması gereken hedef çıktılar serisini oluşturur (Pacci et al., 2022).

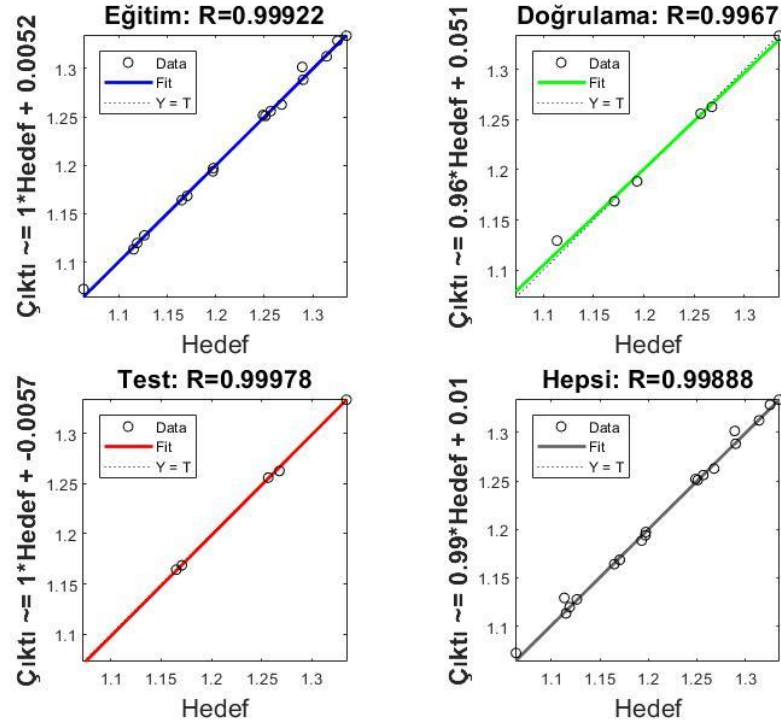
Kuraklık ve buna ek olarak çölleşme, günümüzde insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğiyle birlikte en ciddi çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Çölleşme, bir bölgenin zamanla kurak ve verimsiz hale gelmesi değil, aynı zamanda toprak kaynaklarının kalitesinin bozulması ve kullanılamaz hale gelmesi anlamına gelir. Bu nedenle kuraklık ve çölleşme, insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük küresel ve bölgesel çevresel tehditlerden birini temsil etmektedir (Türkes, 2012).

Modelde 73 noktaya ait bitki örtüsü, bitki örtüsü ağırlık değeri, noktaya ait derinlik, derinlik ağırlık değeri, noktanın eğimi, eğimin ağırlık değeri, toprağın bünyesi, bünyenin ağırlık değeri, noktaya ait taşlılık, taşlılık ağırlık değeri, noktaya ait yağış değeri, yağışın ağırlık değeri, noktaya ait kuraklık değeri, kuraklık ağırlık değeri, noktanın bakışı, bakıya ait ağırlık değeri adet 16 adet girdi parametresi kullanılarak çölleşme risk değerlerinin tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt kombinasyonu kullanılmıştır. Tahmin sürecini 8 iterasyon gerçekleştirmiş olan modelin en iyi doğrulama verisine ait performansı $2.8804e-05$ ile 4. iterasyonda gerçekleştirmiştir. Test verisi ikinci iterasyona kadar bir düşüş sergilemiştir. Daha sonra beşinci iterasyona kadar yatay bir seyir göstermiştir ve son olarak sekizinci iterasyona kadar düşüş sergilemeye devam etmiştir. Doğrulama verisi ikinci iterasyona kadar ani bir düşüş sergilemiştir ve daha sonra yatay bir şekilde sekizinci iterasyona kadar devam etmiştir. Eğitim verisi ikinci iterasyona kadar düşüş sergilemiştir. Daha sonra beşinci iterasyona kadar olan alanda yatay bir durum sergilemiş ve tekrar sekizinci iterasyona kadar olan aralıkta düşüş sergilemiş olduğu gözlemlenmiştir. Modele ait en iyi doğrulama verisi performansını dördüncü iterasyona gerçekleştirmiş olduğu görülmektedir (Şekil 21).



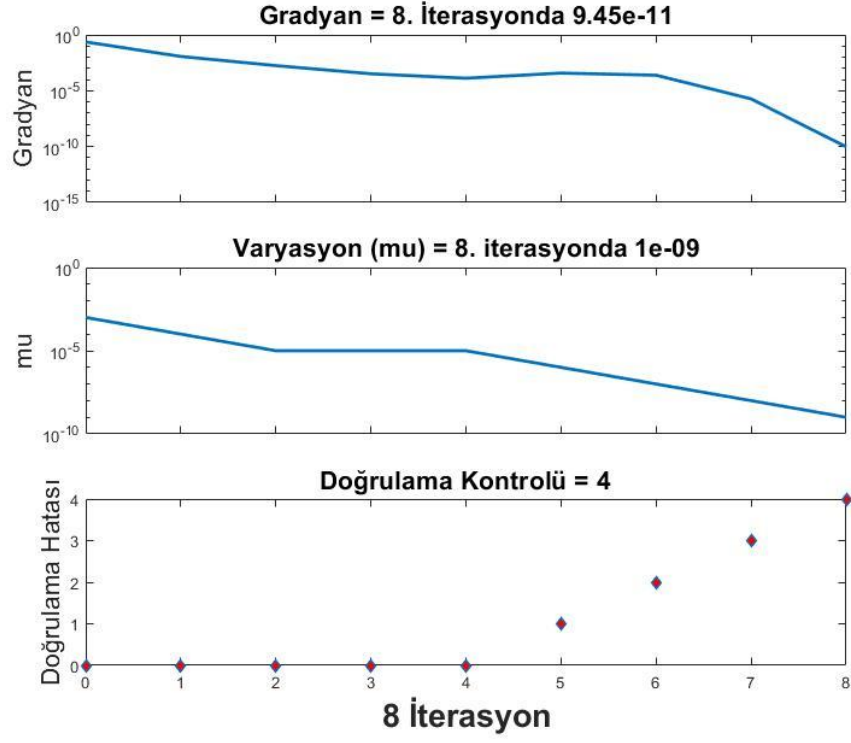
Şekil 21. Levenberg- Marquardt kombinasyonu performans grafiği

Yapay sinir ağının sergilemiş olduğu tahmin performansını değerlendirmek için kullanılan ölçüm ise belirleme katsayısı “R” değeridir. Sonuçların etkisini keşfetme açısından hayati bir göstergedir. Analiz sonuçları, çölleşme riskinin tahmin edilmesinde eğitim, doğrulama, test ve tüm veriler üzerinde %99 oranında doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir, bu sonuçlar Şekil 22’de ayrıntılı olarak sunulmuştur.



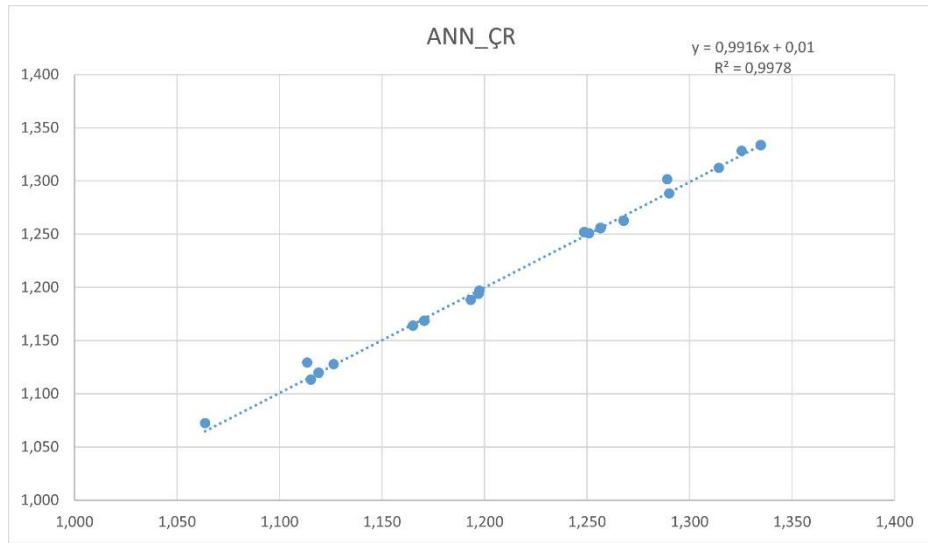
Şekil 22. Levenberg – Marquardt yaklaşımı ile hedef ve çıktı verilerinin regresyon sonuçları

Şekil 23'deki gözlemlere göre, her iterasyonda ağdan elde edilen tahmini değerlerin gradyan değerleri sunulmaktadır. Bu grafiklerde, gradyan değeri, Epoch sayısının artışına paralel olarak azalmaktadır. Bu durum, Yapay Sinir Ağlarının, eğitim süreçlerini, belirli bir iterasyon sayısına ulaşmadan önce doğrulama verisinin karesel ortalama hatasına bağlı olarak veya eğitim verisinin gradyan değerine göre erken sonlandırma yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, “doğrulama kontrolü” değeri 4 olarak belirlenmiştir. Elde edilen grafik (Şekil 22) incelendiğinde, gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin %99 doğrulukta örtüştüğünü görmekteyiz. Bu da Yapay Sinir Ağının yüksek doğrulukta tahmin yaptığını gösteren bir veridir.



Şekil 23. Çölleşme parametrelerinin eğitim durum grafiği

Eşitlik 2 ile birlikte hesaplanan R^2 değerinin %99 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. R^2 değerinin %99 olması yapay sinir ağının doğru çalıştığının bir göstergesidir. (Şekil 24)



Şekil 24. YSA'dan elde edilen çölleşme riskine ait R^2 değeri

Samsun ili Engiz ilçesine ait verilerle çölleşme riskini belirledikten sonra, her noktadan alınan veriler doğrultusunda hesaplanan çölleşme riskini ve buna ek olarak yapay sinir ağlarının çalıştırılmasından sonra elde edilen çölleşme riski için en uygun dağılım modelini belirlemek amacıyla çeşitli interpolasyon tekniklerini kullanarak dağılım haritaları oluşturduk. Bu amaçla, RMSE (Kare Kök Ortalama Kare Hata) değerleri interpolasyon modelleri için hesaplandı ve Tablo 9'da sunuldu. Sonuçlara göre, çölleşme riski verileri için en uygun model, Gaussian dağılımı ile Simple Kriging modeli olarak belirlenirken, YAS ile tahmin edilen çölleşme riski değerlerinin konumsal dağılımları için en uygun model ise IDW - 1 modeli olarak tespit edilmiştir.

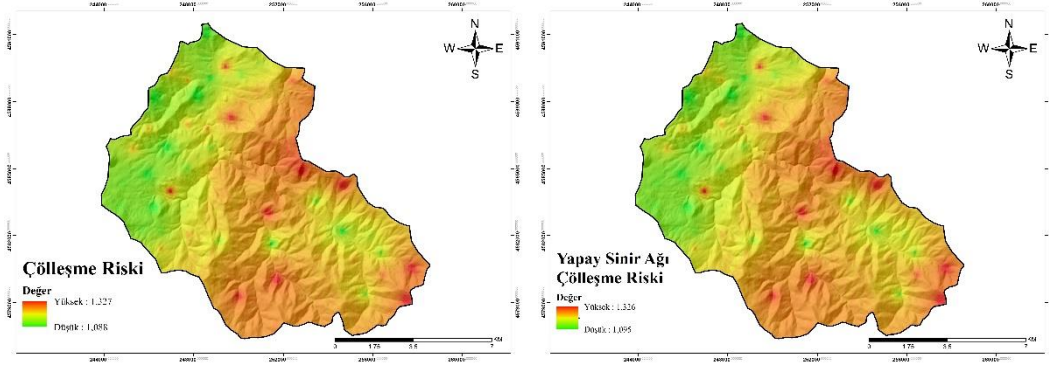


Tablo 9. Çölleşme Riski ve YAS-Çölleşme Riski dağılım modellerine ait RMSE değerleri

Enterpolasyon	Semivarogram Model	Çölleşme Riski	Yapay Sinir Ağı Çölleşme Riski
IDW	IDW – 1	0,0652	0,0644
	IDW – 2	0,0664	0,0657
	IDW – 3	0,0680	0,0674
RBF	TPS	0,0762	0,0761
	CRS	0,0681	0,0674
	SWT	0,0673	0,0665
Kriging	Ordinary	Gaussian	1,0254
		Exponential	1,0199
		Spherical	1,0324
	Simple	Gaussian	0,9852
		Exponential	0,9866
		Spherical	0,9850
	Universal	Gaussian	1,2520
		Exponential	1,2502
		Spherical	1,2508

TPS: Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, SWT: Spline with Tension

Çölleşme riski verileri ve tahmin verilerine ait konumsal dağılım haritaları Şekil 25'te sunulmuştur. Bu haritaları incelediğimizde, Model tarafından üretilen çölleşme riski dağılım deseni ile YAS ile tahmin edilen çölleşme risk değerleri arasında oldukça benzer bir dağılımın olduğunu gözlemlemekteyiz.



Şekil 25. Yapay sinir ağlarından elde edilen çölleşme risk haritası ve hassaslaştırılmış çölleşme riski hesabına ait haritalar

Çölleşme riski indis değerleri ve ağırlık değerlerinden elde edilen hesaplamalar sonunda bölge içerisinde en düşük çölleşme riski 1,088 değerini almış durumdadır. Yapay sinir ağlarından elde edilen veriler incelendiğinde ise bölge içerisindeki en düşük çölleşme risk değerinin 1,095 olduğu gözlenmiştir. İndis değerleri ve ağırlık değerinden elde edilen hesaplamalar sonucunda bölge içerisindeki en yüksek çölleşme riski 1,327 olarak gözlenmiştir. Yapay sinir ağlarından elde edilen veriler incelendiği ise bölge içerisindeki en yüksek çölleşme risk değerinin 1,326 olduğu gözlenmiştir. İki harita da incelendiğinde doğu ve güney kesimlerde çölleşme riskinin genel anlamda yüksek olduğu söylenebilirken buna ek olarak bu kesimlerin orta alanlarında düşük değerler alınan bölgeler olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak batı ve kuzey kesimlerde ise çölleşme riskinin genel anlamda düşük değerler elde edildiği gözlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİ

Yapılan bu çalışmada Engiz doğal çam orman arazilerinin çölleşme riskini belirlemek üzere DIS4ME modelinde çam ormanlarına yönelik çölleşme risk değerlendirmesinde ele alınan indikatörler ve bunlara ait indeks değerlere dikkate alınmıştır. B-AHP yaklaşımı ile daha hassaslaştırılarak alanın çölleşme riski ortaya konulmuştur. Bulanık mantık ile elde edilmiş sonuçların yapay sinir ağları aracılığı ile de tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilmiş olan sonuçlara göre alan içerisinde ki çölleşme risk dağılımı belirlenmiştir. Alanda herhangi bir risk olup olmadığı ortaya konulmuştur. Alanın büyük bir kısmının çölleşmeye karşı risk altında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, son zamanlarda yaygın ve etkili olarak kullanılan yapay sinir ağlarının bu gibi çalışmalarda da kullanılabileceği ortaya koymak amaçlanmaktadır. Elde edilen sonuçlar, bulanık mantık yardımı ile hassaslaştırılmış çölleşme riski parametrelerinin ağırlıklandırma hesaplamalarının, yapay sinir ağlarının da kullanılması ile birlikte yüksek doğruluk oranında tahmin edilebildiğini göstermiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçların kullanılması ile oluşturulan dağılım haritalarının oldukça yakın sonuçlar sergilediği gözlenmektedir.

Yürütülmüş olan bu çalışma ile bölgenin çölleşme riski altında olduğu tespit edilmiştir. Bölge içerisinde yangınlara karşı tedbirlerin alınması ve bölgenin çam ormanlarından oluşan yapısının bozulmaması gerektiğine buna ek olarak ise çam ormanı alanlarının bozularak fidan yetiştiriciliği için kullanılan bölgelerin yeniden çam ormanları ile kaplanmasının sağlanması tavsiye edilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda elde ettiğimiz bulguların, çölleşme riski üzerine yapılan çalışmalara önemli bilimsel katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Abdel-Kader, M. G., & Dugdale, D. (2001). Evaluating investments in advanced manufacturing technology: A fuzzy set theory approach. *The British Accounting Review*, 33(4), 455-489.
- Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., & Zakeri, D. (2021). Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 2503-2523.
- Aksoy, B. R. 2016. MEDALUS modeli ile arazi degradasyonu ve çölleşme riskinin belirlenmesi örnek çalışma; İnebolu Havzası, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Anderson, J.P.E., Domsch, K.H. Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10(3): 207-213, 1978.
- Anonim a, DESERTLINKS., 2004, Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME). European Commission, Contract EVK2-CT-2001-00109, <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/> (last accessed date August 5, 2008).
- Anonim b, 2009. Ilgaz Dağı Milli Parkı Ölçekli Uzun Devreli Gelişme Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Milli Parklar Dairesi Başkanlığı. <https://bolge10.tarimorman.gov.tr/Menu/40/Ilgaz-Dagi-Milli-Parki/> 2023
- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Particle density. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, 5, 377-382.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal*, 43(9), 434-438.
- Bremner, J.M. Total Nitrogen. *Methods of Soil Analysis*. (Editor: Black, C.A.) Part 2. Agronomy Series No: 9, 1179-1237, 1965.
- Celilov, C., Dengiz, O., 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz Milli Park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3): 242-256.
- Cerda, A. (1999). Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 63(2), 362-368.
- Chang, D.Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3): 649-655.
- Chaudhari R, Dodha V, Vidya D, Chakravarty M, Maity S, 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications* 3(2): 1-8.
- Da Silva, A.P., Kay, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of America Journal*, 61(3): 877-883, 1997.
- Dağdeviren, M. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4).

- Dağdeviren, M., Diyar, A. K. A. Y., & Mustafa, K. U. R. T. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2).
- Dastorani, M., 2022. Application of fuzzy-AHP method for desertification assessment in Sabzevar area of Iran. *Natural Hazards*, 112(1): 187-205.
- Dede, V., Turan, İ. D., Dengiz, O., Serin, S., & Pacci, S. (2022). Effects of Periglacial Landforms on Soil Erosion Sensitivity Factors and Predicted by Artificial Intelligence Approach in Mount Cin, NE Turkey. *Eurasian Soil Science*, 55(12), 1857-1870.
- Demir Z, Gülser C, 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*4: 185–190.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International journal of approximate reasoning*, 21(3), 215-231.
- Dinel, H., Mehuys, G. R., & Levesque, M. (1991). Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of a lacustrine silty clay. *Soil Science*, 151(2), 146-158.
- El Alfy, Z., Elhadary, R., Elashry, A., 2010. Integrating GIS and MCDM to deal with landfill site selection. *International Journal of Engineering & Technology*, 10(6): 32-42.
- Francis, C. F., & Thornes, J. B. (1990). Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types. *Vegetation and erosion. Processes and environments.*, 363-384.
- Gao, J., Wang, H., 2019. Temporal analysis on quantitative attribution of karst soil erosion: A case study of a peak-cluster depression basin in Southwest China. *Catena*, 172: 369-377.
- Grilli, E., Carvalho, S. C., Chiti, T., Coppola, E., D'Ascoli, R., La Mantia, T., ... & Castaldi, S. (2021). Critical range of soil organic carbon in southern Europe lands under desertification risk. *Journal of Environmental Management*, 287, 112285.
- Haykin, S. (1999). Neural networks: A guided tour. *Soft Computing and Intelligent Systems: Theory and Applications* 71, 71-80.
- Imbrenda, V., Coluzzi, R., Di Stefano, V., Egidi, G., Salvati, L., Samela, C., Lanfredi, M., 2022. Modeling spatio-temporal divergence in land vulnerability to desertification with local regressions. *Sustainability*, 14(17): 10906.
- Jafari Shalamzari, M., Zhang, W., Gholami, A., Zhang, Z., 2019. Runoff harvesting site suitability analysis for wildlife in sub-desert regions. *Water*, 11(9): 1944.
- Jafari, R., Abedi, M., 2021. Remote sensing-based biological and nonbiological indices for evaluating desertification in Iran: Image versus field indices. *Land Degradation & Development*, 32(9): 2805-2822.
- Kacar, B. (2009). Soil analysis. Nobel Publication, (1387), 467.
- Kargın, M., 2010. Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve ideal çözüme yakınlığa göre sıralama yapma yöntemleri ile tekstil sektöründe finansal performans ölçümü. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 195-216.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 425-442.

- Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., ... & Ziogas, A. (2014). Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: methodological approach. *Environmental management*, 54, 951-970.
- Kosmas, C., Kirkby, M., & Geeson, N. (1999). The MEDALUS project: Mediterranean desertification and land use. *Manual on key indicators of Desertification and mapping environmental sensitive areas to desertification. EUR, 18882.*
- Kuang, Q., Yuan, Q. Z., Han, J. C., Leng, R., Wang, Y. S., Zhu, K. H., ... & Ren, P. (2020). A remote sensing monitoring method for alpine grasslands desertification in the eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Journal of Mountain Science*, 17(6), 1423-1437.
- Lahlaoi, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S., & Moukrim, S. (2017). Desertification assessment using MEDALUS model in watershed Oued El Maleh, Morocco. *Geosciences*, 7(3), 50.
- Lal, R., & Elliot, W. (1994). Erodibility and erosivity. *Soil erosion research methods*, 1, 181-208.
- Le Bissonnais, Y. L. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of soil science*, 47(4), 425-437.
- Liou, T.S., Wang, M.J.J., 1992. Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy Sets and Systems*, 50(3): 247-255.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science* (Vol. 1, pp. 55-77). New York: Springer.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and lime requirement. In Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2 - Chemical and microbiological properties*. (2nd Ed.). *Agronomy*, 9:199-223.
- Mohamed, E. S. (2013). Spatial assessment of desertification in north Sinai using modified MEDLAUS model. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 4647-4659.
- Mutlu, N., 2015. Yarı kurak bir bölgede çölleşmenin izlenmesini sağlayacak göstergelerinin belirlenmesi ve haritalanması. Doktora Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Mutti, P. R., da Silva, L. L., Medeiros, S. D. S., Dubreuil, V., Mendes, K. R., Marques, T. V., ... & Bezerra, B. G. (2019). Basin scale rainfall-evapotranspiration dynamics in a tropical semiarid environment during dry and wet years. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 75, 29-43.
- Nazanejad, H., Mohtadi, M., & Komaki, B. (2019). Assessing and mapping desertification hazard using desertification indicator system for Mediterranean Europe (Case study: Miandoab Plain of West Azerbaijan Province, Iran). *Desert Ecosystem Engineering*, 8(4 in English), 12-1.
- Odabas MS, Kayhan G, Ergun E, Senyer N (2016) Using artificial neural network and multiple linear regression for predicting the chlorophyll concentration index of Saint John's Wort Leaves. *Commun Soil Sci Plant Anal* 47(2):237–245
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Özdemir, N. (2019). Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 86-91.

- Pacci, S., Kaya, N.S., Turan, İ.D., Odabas, M.S., Dengiz, O., 2022. Comparative approach for soil quality index based on spatial multi-criteria analysis and artificial neural network. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(1): 1-15.
- Pala, O., 2016. Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve meslek seçiminde uygulanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(3): 427-445.
- Pishyar, S., Khosravi, H., Tavili, A., Malekian, A., Sabourirad, S., 2020. A combined AHP- and TOPSIS-based approach in the assessment of desertification disaster risk. *Environmental Modeling & Assessment*, 25(2): 219-229.
- Rhoades, J.D., Oster, J.D. Solute content. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5, 985-1006, 1986.
- Rosolem CA, Foloni JS, Tiritan CS, 2002. Root growth and nutrition accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil and Tillage Research* 65: 109-115.
- Rusco, E., Jones, R. J., & Bidoglio, G. (2001). *Organic matter in the soils of Europe: Present status and future trends* (p. 14). Brussels, Belgium: Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission.
- Saaty, T. (1980, November). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. In *Kobe, Japan* (Vol. 1, p. 69).
- Salman, M. S., Kukrer, O., Hocanin, A. (2017). Recursive inverse algorithm: Mean-square-error analysis. *Digital Signal Processing*, 66: 10-17.
- Silva, J., Moura, G., Lopes, P.M.O., França-e-Silva Ê, Ortiz P., Silva, D., Silva, M., Guedes, R., 2020. Spatial-temporal monitoring of the risk of environmental degradation and desertification by remote sensing in a Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2): 544-563.
- Soil Survey Staff (1975). *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. U.S.D.A. Agric. Handbk 436. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. *Methods of soil analysis: part 3 chemical methods*, 5, 475-490.
- Turan, İ.D., Dengiz, O., Özkan, B., 2019. Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164: 104933.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
- Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, E., Karagöz, A., Dengiz, O., Doğan, O., Şahin, K., Avcıoğlu, B., 2020. Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation and Development*, 31(2): 205-214.
- Uzuner, C., Dengiz, O., 2020. Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114: 106295.
- Van Laarhoven, P.J., Pedrycz, W., 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1-3): 229-241.
- Van Wambeke, A.R., 2000. *The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes*. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC.

- Volkan, D., Dengiz, O., Turan, İ.D., Zorlu, K., Pacci, S., Serin, S., 2022. Ilgar Dağı periglasyal şekilleri üzerinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılıklarının belirlenmesi ve yapay sinir ağı (YSA) ile tahmin edilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47: 258-279.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Wang, X., Chen, F., Hasi, E., Li, J., 2008. Desertification in China: an assessment. *Earth-Science Reviews*, 88(4): 188-206.
- Warren, A., 2002. Land degradation is contextual. *Land Degradation & Development*, 13(6): 449-459.
- Wijitkosum, S., 2016. The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand. *Sustainable Environment Research*, 26(2): 84-92.
- Wilding, L. P. (1985). Spatial variability: it's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In Nielsen, D. R. and J. Bouma (Eds.). *Soil Spatial Variability*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, p. 166-194
- YILMAZ, M., & Dengiz, O. (2021). Bazı toprak özellikleri ile ilişkili olarak arazi kullanımı ve arazi örtüsünün toprak organik karbon stokuna etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 154-167.
- Zakerinejad, R., Masoudi, M., 2019. Quantitative mapping of desertification risk using the modified MEDALUS model: a case study in the Mazayejan Plain, Southwest Iran. *Acta Universitatis Carolinae Geographica*, 54(2): 232-239.

ÖZ GEÇMİŞ

Muhammet Emin SAFLI, Çorum Fatih Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünden 27.05.2020 tarihinde mezun oldu. 2021 yılında OMÜ LEE Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-6495-1989.

Yayınlar:

1. Pacci, S., Saflı, M. E., Dengiz, O., Turan, İ. D. (2022). Determination of Desertification Risk for Agricultural Areas Under Semi-arid Ecological Conditions Using DIS4ME Model and Estimation with Artificial Intelligence. ISPEC 10th International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development. 18-19 July 2022. Sivas/ Turkey. (Uluslararası Kongre Metni)
2. Saflı, M. E., Pacci, S., Dengiz, O., (2022). Determination of desertification risk for pasture areas under semi- arid ecological conditions using DIS4ME model and estimation with artificial neural network. International symposium on 'Soil Science and Plant Nutrition' Federation of Eurasian Soil Science Societies Cooperation with Erasmus Mundus Joint Master Degree in Soil Science (emiSS) Programme. 2-3 December 2022/Samsun, Turkey. (Uluslararası Kongre Metni)
3. Pacci, S., Saflı, M. E., Odabas, M. S., & Dengiz, O. (2023). Variation of USLE-K Soil Erodibility Factor and Its Estimation with Artificial Neural Network Approach in Semi-humid Environmental Condition. Brazilian Archives of Biology and Technology, 66, e23220481.
4. DENGİZ, O., SAFLI, M. E., & PACCİ, S. (2023). Ilgaz Dağı Milli Parkı Doğal Çam Orman Arazilerinin Çölleşme Risk Değerlendirmesinde Bulanık-AHP Yaklaşımı ve Yapay Zekâ Kullanımı. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 10(1), 75-90.
5. Pacci, S., SAFLI, M. E., & Dengiz, O. (2023). Yarı Humid Ekolojik Koşullar Altında Toprak Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Fuzzy-Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımı. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(1), 148-165.
6. Saflı, M. E., & Dengiz, O. (2023) Carbon Sequestration Potential of Soils in Pine Forest and Their Effects on Desertification. Sivas II. International Conference on Scientific and Innovation Rresearch. 15-17 September 2023. Sivas/Turkey. (Uluslararası Kongre Metni)

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. TEMA VAKFI TURAN DEMİRASLAN BURS PROGRAMI