

# DEVELOPMENT OF DESERTIFICATION MAPS AND VULNERABILITY MODEL, TÜRKİYE

Zehra KAVAKLI KARATAŞ

## ABSTRACT

Desertification has become an increasingly critical problem worldwide and in Türkiye due to the negative effects of climate change and human activities. There are extensive studies on this topic in the literature, and especially rapid and irregular population growth and uncontrolled invasive of settlement areas accelerate land degradation and desertification processes. In this review article, works on desertification has conducted both worldwide and Türkiye will be examined in detail. In particular, the Turkish Desertification Model and Susceptibility Map, developed in cooperation with the General Directorate of Combating Desertification and Erosion and TÜBİTAK in Türkiye, is great importance of the first comprehensive study conducted in this field in Türkiye Furthermore, small scale desertification works have been carried out in various regions in Türkiye as well. In light of continuous advances in science and technology, works on desertification carry on rapidly both in Türkiye and around the world, and various new methodologies have been developed in this direction.

**Keywords:** Desertification, Land Degradation, Gis, Climate, Soil

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: zehrakavakli.karatas@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1298-8936>

Makale Atıf Bilgisi: Karataş, Z. K. (2024). "Çölleşme Haritalarının Geliştirilmesi ve Hassasiyet Modeli, Türkiye" *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl: 3, Çölleşme, Erozyon ve İklim Değişikliği Özel Sayısı, s. (102-118)

Makale Türü: Derleme  
Geliş Tarihi: 17.10.2024  
Kabul Tarihi: 27.10.2024  
Yayın Tarihi: 08.11.2024  
Yayın Sezonu: Kasım 2024

# ÇÖLLEŞME HARİTALARININ GELİŞTİRİLMESİ VE HASSASİYET MODELİ, TÜRKİYE

Zehra KAVAKLI KARATAŞ

## ÖZ

Çölleşme, dünya genelinde ve Türkiye’de iklim değişikliği ile insan faaliyetlerinin olumsuz etkileri sonucu giderek daha kritik bir sorun haline gelmektedir. Literatürde bu konuyla ilgili geniş çaplı çalışmalar mevcut olup, özellikle hızlı ve düzensiz nüfus artışı ile yerleşim alanlarının kontrolsüz genişlemesi, arazi bozulumu ve çölleşme süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu derlemede, çölleşme konusunda hem dünya genelinde hem de Türkiye’de yapılmış çalışmalar detaylı olarak incelenmektedir. Özellikle Türkiye’de, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK iş birliği ile geliştirilen Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası, Türkiye’de bu alanda yapılmış ilk kapsamlı çalışma olması nedeniyle büyük bir öneme sahiptir. Bunun yanı sıra, Türkiye’de daha küçük ölçekli çölleşme araştırmaları da çeşitli bölgelerde yürütülmektedir. Bilim ve teknolojiye sürekli ilerlemeler ışığında hem Türkiye’de hem de dünya genelinde çölleşmeyle ilgili çalışmalar hızla devam etmekte, bu doğrultuda çeşitli yeni metodolojiler geliştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çölleşme, Arazi Bozulumu, Cbs, İklim, Toprak

## 1. Giriş

Çölleşme, insan faaliyetleri ve iklim değişikliklerinin bir sonucu olarak kurak, yarı kurak ve kuru yarı nemli bölgelerdeki arazilerin bozulması olarak tanımlanmaktadır (Ma and Zhao, 1994). Dünya kara alanının üçte birinden fazlasını kapsayan kurak alan ekosistemleri, aşırı sömürü ve yanlış arazi kullanımı nedeniyle çölleşmeye maruz kalmaktadır (UNEP, 1992). Bu nedenle çölleşme dünyanın en önemli çevresel ve sosyoekonomik sorunlarından biri olarak, toprak verimliliğinin azalması ve bitki örtüsünün bozulması yoluyla bölgesel ekolojik güvenliği tehdit etmekte ve ulusal düzeyde ekonomik kalkınmayı sınırlandırmaktadır (Helldén and Tottrup, 2008; Xu and Zhang, 2021). Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) raporuna göre, kurak alanların yaklaşık %10-20'si bozulmuş durumdadır ve çölleşmeden etkilenen toplam alan 6 ila 12 milyon km<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Kurak alanlarda yaşayan insanların yaklaşık %1-6'sı çölleşmiş alanlarda yaşarken, bir milyardan fazla insan ise çölleşme tehdidi altında bulunmaktadır.

1970'li yıllarda çölleşme kavramı ile ilgili çalışmalar Birleşmiş Milletler tarafından başlatılmış olup, nüfusun hızlı artışı arazi kullanımındaki ve sosyoekonomik değişikliklerle giderek önem kazanmıştır. Bu bağlamda bu konu ile ilgili mücadelede öncülük edecek ve çözümler sunabilecek ve yeni yaklaşımlar getirebilecek uluslararası bir komitenin kurulmasına karar verilmiş ve çölleşme tehlikesi altındaki ülkelerde "Çölleşme ile Mücadele Konseyini (UNCCD)" oluşturulmuştur (United Nations, 1994). İlk kez 1992 yılında 192 ülkenin imzası ile kabul edilen Çölleşme ile mücadele sözleşmesi yayınlanmış ve 2009 yılında 193 ülke taraf olmuştur. Türkiye ise 1998 tarihi itibarıyla "Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi'ne (UNCCD) resmen taraf olmuştur (Mutlu ve ark., 2013).

Türkiye'de çölleşme genellikle yanlış arazi kullanımı, aşırı otlatma, orman yangınları, kentleşme, sanayi, genetik erozyon, toprak erozyonu, tuzlanma ve kontrolsüz yabancı bitki toplama nedeniyle oluşur. Türkiye, biyolojik çeşitlilik, tarımsal potansiyel, yüksek nüfus, sosyal ve ekonomik yapı, topoğrafik faktörler ve stratejik bölgesel konumu nedeniyle çölleşme açısından küresel olarak özel bir yere sahiptir (Camci ve ark., 2007). Uzuner ve Dengiz (2020)' e göre Türkiye arazilerinde ciddi bir oranda organik madde eksikliği, tuzluluk-alkalinite, erozyon ve biyolojik üretkenliğin kaybı gibi toprak sorunları nedeniyle bozulma ve çölleşme sorunu ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de su ve toprak kaynaklarının kalitesi özellikle tarım alanlarında hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin yanı sıra teknolojiye taleplerdeki artış ve sosyoekonomik ve yasal koşullardaki değişikliklerden etkilenmiştir. Bu nedenle iklim değişikliğinin çölleşme üzerindeki etkileriyle başa çıkmanın en temel yolu çölleşme süreçlerinin izlenmesidir (Türkes, M. (1999).

Çölleşme konusu günümüz koşullarının getirdiği iklim değişikliği kavramının son yıllarda hızla artması ve bu doğrultuda tüketici konumunda olan insanların etkileri neticesinde daha da önem kazanmıştır. Bu çalışma çölleşme kavramını ve bu konu ile ilgili yapılan çalışmaları incelemeyi amaçlamaktadır.

Çölleşme ile etkin bir mücadele, öncelikle bu kavramın iyi bir şekilde anlaşılmasına ve arazi tahribatına sebep olan, izlenmesi kolay kriter ve göstergelerin belirlenmesine dayanmaktadır. Bu çalışma ile çölleşme konusu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenecek olup, çölleşmenin tanımlarına detaylı olarak yer verilecektir. Ayrıca Dünya da çölleşme hususunda yapılan çalışmalar incelenecek ve çölleşme ile ilgili özellikle günümüz koşullarında izleme ve analizlerin nasıl yapıldığından kısaca bahsedilecektir. Son olarak, Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası detaylı bir şekilde incelenecektir. Çölleşme konusunda yapılan ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan yeni çalışmalar ile ilgili daha önce detaylı bir analiz yapılmamıştır.

## 2. Literatür Taraması

### 2.1. Çölleşmenin Tanımı

1970'li yıllarda Batı Afrika da yaşanan uzun süreli kuraklık insan ve hayvan yaşamını olumsuz etkilemiş ve kayıplara neden olmuştur. Bununla birlikte ciddi oranda çevresel bozulmalar oluşmuş ve neticesinde 1977'de Birleşmiş Milletler Çölleşme Konferansı (UNCD) kurulmuştur (Glantz, 1977; UN Secretariat, 1977; Quintanilla, 1981; Zonn, 1981; Glantz ve ark., 1983). Batı Afrika da yaşanan bu kuraklık çölleşme olgusunun ilk başlangıcı gibi görünse de bundan önce aslında 1949 yılında Fransız bilim insanı çölleşme terimine raporunda yer verdi (Aubreville, 1949). Bu bağlamda 1977 yılında Nairobi Konferansında çölleşme özetle şöyle tanımlandı: Arazinin biyolojik yapısının ya da üretkenliğinin azalması veya yok olması neticesinde çöl benzeri koşullar oluşabilir. Toplumların karşılaştığı teknolojide gelişmeler, hızlı nüfus artışı, gıda üretimini artırma, kalkınma çabası gibi faktörler birbiri ile iç içedir. Bu sebeple bu süreçlerin planlı yapılması ve birbirine entegre edilerek iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Doğal kaynakların üretkenliğinin bozulması ya da azalması, toplumlar için oldukça önemli bir tehdittir. İnsan tarafından daha fazla verim alma talebi sonucu zaten hali hazırda hassas ve az üretken olan araziye verilen zarar fazladır. İnsan toplumlarının doğaya karşı olan ve bitmeyen aşırı tüketici durumu bitki örtüsünde, suda ve toprakta bozulmalara sebep olur. Özellikle zaten oldukça hassas olan çevrelerde (çöl yakınları gibi) doğal kaynakların bozulmasıyla oluşan çevresel kayıplar kalıcı hale gelebilir ve buna doğru orantılı olarak toplumların yaşam kaliteleri azalır ve belki geri dönülemez hal alır. Çölleşme her ne kadar yavaş ilerleyen bir süreç gibi görünse de aslında

zamanla hızlıca artan ve etkileri daha yoğun görünen bir süreçtir. Çölleşme ile mücadele için hızlıca harekete geçilmesi ve rehabilitasyon süreçlerinin pratik olasılığın önüne geçmeden başlaması gerekmektedir (Glantz ve ark., 1983).

Çölleşme, ekonomik ve biyolojik olarak verimli olan bir arazinin zamanla daha az verimli hale gelmesiyle meydana gelen ekolojik bozulma sürecidir. Bu süreç, toprağın erozyona uğraması, verimliliğin azalması ve bitki örtüsünün kaybı gibi sonuçlara yol açar (Türkeş, 1990). BMÇSS'ye göre, iklim değişikliği ve insan faaliyetlerinin etkisiyle kurak ve yarı kurak bölgelerde arazi bozulmasına yol açan, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik faktörlerin birleşik etkisiyle meydana gelen bir süreçtir (Türkeş, 2012). Çölleşme Ding ve ark. (1998) göre zamanla biyolojik yaşamdaki üretkenlikte meydana gelen azalma olarak tanımlanmıştır. Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (1999) çölleşmeyi, iklim değişiklikleri ve insan faaliyetleri de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin neden olduğu kurak, yarı kurak ve kuru, nemli alanlardaki arazi bozulması olarak tanımlamıştır.

FAO (Gıda ve Tarım Örgütü)'ya göre çölleşme, arazi koşullarının insan etkileri ya da doğal süreçler sonucu bozulmanın yayılması ve yoğunlaşmasıdır. Bunların neticesinde biyokütlerde, hayvanlar için mera kapasitelerinde, insanlar için üretimde ve dolayısıyla refahta gerilemeler meydana gelmekle, bozulan ekosistemin biyolojik üretim gücü kaybolmakta ve bunun sonucunda meydana gelen bozulma ve gerileme olayı çölleşmedir (FAO/UNESCO 1977; Görçelioğlu, 1992). Verón ark.'nın (2018) bulguları, son literatürde iki ana tanımın bir arada bulunduğunu göstermektedir: "çölleşme, iklim değişiklikleri ve insan faaliyetleri de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin neden olduğu kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlardaki arazi bozulması" ve "çölleşme, ekosistemlerin hizmet sağlama kapasitesinde uzun zaman dilimleri boyunca kalıcı bir azalma". Ayrıca Çölleşme, iklim değişikliği ve sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi uygulamaları nedeniyle ortaya çıkan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Pourghasemi vd., 2019). Duan ve ark., (2019) özellikle Çin'de çölleşme, insanların aşırı ekonomik faaliyetlerinin kurak ve yarı kurak toprakların ekolojik dengesini bozarak savrulan kum ve kum tepeliklerinin oluşumuna yol açması süreci olarak tanımlanmışlardır. Çölleşmenin birçok tanımı incelendiğinde iklim değişikliği, insan faktörleri başta olmak üzere çeşitli faktörlerin çölleşmeye sebep olduğu açıkça ortadadır.

Al-Kulabi, (2018)'ye göre çölleşme kurak alanlarda meydana gelen arazi bozulması olup çöllerin, doğal olarak oluşan kurak bölgeler olarak tanımlanmıştır. (Al-Kulabi, 2022). Verimli bir araziye bozulmuş araziye veya çorak araziye dönüştürebilen süreç çölleşmeyi tanımlamaktadır. (Neary, 2018; Bhatnagar, 2022). Ayrıca birçok kaynakta belirtildiği gibi çölleşme kurak alan ekosistemlerinin kırılganlığından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda insan kullanımının aşırı baskısı altında ekosistemler verimliliğini ve yenilenme kabiliyetlerini kaybetmektedir (Chouhan, 2018).

## 2.2. Dünyada Çölleşme Konusu

### 2.2.1. Dünyada Çölleşme ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Kurak bölgeleri incelemek için uzaktan algılamanın potansiyelini ve avantajlarını özellikle, uydu verilerine daha kolay erişim sayesinde uzaktan algılama teknolojisinin çölleşme gibi çevresel sorunları izlemek için önemli bir araç haline geldiğini vurgulanmaktadır (Rivera-Marin ve ark., 2022). Dünya Çölleşme Atlası, UNEP'in Çölleşme Kontrol Programı Faaliyet Merkezi (DC/PAC), Küresel Çevre İzleme Sistemi (GEMS) ve Küresel Kaynak Bilgi Veritabanı (GRID) arasındaki iş birliğinin sonucu olarak 1992 yılında UNEP tarafından yayınlanmıştır (WAD, 2019).

Han ve ark., (2021) Çin'in Qaidam Havzası'ndaki çölleşme durumunu 18 yıllık bir analiz yaparak Coğrafi dedektör modeli ile ortaya koymuşlardır. Bu modelde uzaktan algılama yöntemi kesirli bitki örtüsü (FVC) indikatörü kullanılmıştır. Bununla birlikte meteorolojik, çevre, insan faktörleri ve normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) yani uydu görüntüleri de modelde yer almış olup, Coğrafi detektör modeli ile çalışma oluşturulmuştur. Bu model, mekânsal farklılaşmayı tespit etmek ve itici faktörlerini ortaya çıkarmak için bir dizi istatistiksel yöntemeye dayanan (Wang ark., 2010; Hu ark., 2011; Li ark., 2013; Han ve ark., 2021) ve temel varsayımı, bağımsız bir değişkenin bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkisi varsa, bu değişkenlerin mekânsal dağılım açısından benzer olduğu ilkesine göre analiz etmektir (Wang ark., 2010; Wang ve Hu, 2012; Han ve ark., 2021).

Albalawi ve Kumar (2013) çölleşmeyi değerlendirme ve izleme konusunda uzaktan algılama tekniklerinin faydalı olduğu sonucuna varmışlardır. Her ne kadar çölleşme doğal bir süreç olsa da insan faaliyetleri, özellikle kentleşme ve tarım gibi faktörler bu süreci hızlandırır. Tarımda yanlış sulama yöntemleri, ormansızlaşma ve aşırı otlatma gibi insan etkileri, toprakların verimliliğini kaybetmesine ve çölleşmenin ilerlemesine yol açar (Albalawi ve Kumar, 2013). Çölleşmeyi izleme ile ilgili alışlagelmiş yöntemler hem insan kaynağı hem de ekonomik olarak çok daha fazla kaynak gereksinimine duyar. Bu bağlamda bilimsel bir yöntem ve birleşik bir değerlendirme sisteminin olmaması araştırma sonuçlarını çok daha farklı olmasına sebep olur (Ding ve ark., 2021). Bu çalışmada uzaktan algılama yöntemleri, NDVI vejetasyon örtüsüne göre analiz yapılmış ve çölleşme durumu ortaya konmuştur.

Son yıllarda bilimsel alanda gerçekleşen gelişmeler ışığında özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konusu ile ilgili yeni gelişmeler ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda Dünya çapında çölleşme konusu ile ilgili izleme sistemleri uzaktan algılama ve CBS yöntemleri kullanılarak yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'de yapılan Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası ise Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak üretilmiş ve o dönemin bilimsel ve teknolojik imkanlarıyla önemli bir adım olarak kabul edilmiştir.

## 2.3. Türkiye’de Çölleşme Konusu

### 2.3.1. Türkiye’de Çölleşme ile İlgili Yapılan Diğer Çalışmalar

Cangir ve Boyraz, (2008)’ e göre Türkiye’de çölleşmenin nedenleri şunlardır: doğal nedenler, teknik ve sosyoekonomik, yönetsel ve yasal nedenlerdir. Doğal sebepler içerisinde toprak aşınımı, toprak kalite ve verimindeki değişimler ve iklimsel değişimler yer almaktadır. Teknik sebepler ise ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı, tarımda arazilerindeki yanlış yönetimler ve benzeri. Sonuç olarak sosyoekonomik, yönetsel ve yasal sebepleri ise göç, bilim ve teknoloji anlamında çağı yakalayamamak, arazi yönetimindeki yetkiler olarak örneklendirmiştir (Cangir ve Boyraz, 2008).

Ülkemizde yapılan çölleşme ile ilgili çalışmalarda DIS4ME, MEDALUS, AHP ve Bulanık-AHP yöntemleri kullanılmıştır. Akdeniz Avrupası için Çölleşme Gösterge Sistemi (DIS4ME), Akdeniz Bölgelerindeki çölleşme için 148 gösterge belirlemiş olup çölleşme ile ilgili nerede sorun olduğunu, sorunun ne kadar kritik olduğunu ve bu süreci daha iyi anlamak için kullanılan bir metottur (DIS4ME, 2024). MEDALUS Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1977 yılında ortaya çıkan ve çok kriterli karar verme konusunda uzman görüşüne bağlı olarak nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirmeye imkân sağlayan bir yöntemdir (Dengiz ve ark., 2023; Dağdeviren ve ark., 2004). Ancak bu yöntem belirsizlik ve karar verme durumları ile başa çıkmamaktadır (Dengiz ve ark., 2023). Bu yöntem üzerinden bulanık analitik hiyerarşi prosesi adında başka bir yöntem geliştirilmiş ve burada üçgen bulanık sayılar kullanılarak, bulanık oranları karşılaştırılmıştır (Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983).

Bununla birlikte günümüzde gelişen bilim ve teknoloji ile yapay sinir ağları, makine öğrenme gibi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çölleşme ve arazi tahribatı konularında kullanılmaya başlanmıştır. MEDALUS yöntemini kullanarak Everest ve ark., (2019) Karacabey Tarım İşletmesinin Toprak Kalite İndeksini değerlendirmişlerdir. Toprak Kalite İndeksini ana materyal, tekstür, derinlik, drenaj ve eğitim parametreleri ile hesaplamışlardır. Çalışma sonunda İşletmenin arazi durumu, çölleşme açısından kalite sınıfları ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre işletme arazilerinin %8.28’i iyi, %49,17’si orta ve %42,55’i zayıf olarak sınıflandırılmıştır (Everest ve ark., 2019). Dengiz ve Demirağ Turan (2023), çalışmasında Çorum Havzası’nda çeşitli zaman serileri için Sentinel-2A uydu görüntülerinden üretilen RE-OSAVI ve NDVI ile toprak kalitesiyle korelasyonu ortaya koymuştur. Özşahin ve ark. (2017)’nin yapmış olduğu çalışmada Toprak Kalite İndeksine göre CBS yardımı ile bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, çalışma alanından rastgele alınan toprak örneklerinin toprak alt göstergelerine göre analiz edilip, jeostatistiksel yöntemlerden biri olan Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) Yöntemi kullanılarak toprak özellikleri

mekânsal olarak dağıtılmıştır. Çalışmaya ArcGIS üzerinden devam edilmiş ve sonuç haritası istatistiksel bir analizle ortaya konulmuştur (Özşahin ve ark., 2017). Türkes ve ark., (2011)'nin Kapadokya'da yaptığı çalışmaya göre bu bölgenin çölleşmeye karşı hassas olduğu tespit ortaya konmuştur. Bu çalışmada, Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet haritasına göre de bu bölge yüksek çölleşme hassasiyetine sahiptir.

Uzuner ve Dengiz (2020) Türkiye'deki çevresel açıdan hassas alanlara dayalı çölleşme risk değerlendirmesinde MEDALUS'un çevresel hassas alanlar indeksini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; toprak, iklim, vejetasyon, yönetim kalite indeksleri kullanılarak yapılan çalışmada yine AHP yöntemi kullanılmıştır. Model ve harita ise ArcGIS üzerinde hesaplanmış ve üretilmiştir.

Türkiye'de aynı zamanda çölleşme konusu ile doğrudan ilişkili olan Arazi Tahribatının Dengelenmesi konusu ile ilgili birçok çok çalışma yapılmıştır. Bu doğrultuda Birleşmiş Milletler tarafından oluşturulan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 15.3 Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) hedefi göstergeleri arazi örtüsü, arazi üretkenlik dinamiği ve toprak organik karbonudur. Bu göstergelerden biri olan toprak organik karbonu ile ilgili Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve TUBİTAK-BİLGEM iş birliği ile Türkiye Toprak Organik Karbonu (TOK) Haritası üretilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre, Türkiye'deki toplam TOK stokunun 3.516 milyar ton olduğu hesaplanmıştır (ÇEM 2018).

Arazi Tahribatının Dengelenmesi Karar Destek Sistemi, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve FAO iş birliğinde Arazi Tahribatının Dengelenmesi Projesi kapsamında geliştirilmiş olan bir sistemdir. Bu sistem öncelikle ATD'yi izlemek için belirlenen üç göstergenin izlenmesi sonrasında ise ATD'ye hizmet edecek tüm alt bileşenler sisteme edilmiştir. Sisteme ayrıca ÇEM'in ürettiği Türkiye Çölleşme Hassasiyet haritası, Ulusal TOK haritası ve Türkiye Dinamik Erozyon haritası da eklenmiştir.

Arazi Tahribatının Dengelenmesi Karar Destek Sisteminin ürettiği çıktılardan faydalanılarak Türkiye il istatistikleri ve sürdürülebilir arazi yönetimi yaklaşımları ve uygulamaları ortaya konulmuştur. ATD yaklaşımında üç temel müdahale hiyerarşisi vardır bunlar öncelik sırasıyla; tahribatın engellenmesi (koruma), azaltılması (yönetim) ve son olarak da geçmişteki tahribatın tersine çevrilmesidir (onarım). Bu doğrultuda önleme ve azaltma tedbirlerinin yaygın olarak kullanılması ancak tersine çevirmeye yönelik faaliyetlerin daha az kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Daha önce bahsedildiği üzere ATD arazi örtüsü, arazi üretkenlik dinamiği ve toprak organik karbonu göstergeleri ile izlenmektedir. Göstergelerin yorumlanmasında; "biri hariç, hepsi hariç" kuralı geçerlidir (Erpul ve ark., 2023). Bu bağlamda bir alandaki bu üç göstergeden herhangi birisindeki değişim veya eksiklik olduğu durumda o alanda tahribat olduğu kabul edilmektedir.



### 3. Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası

Türkiye, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi'nde tanımlandığı gibi, kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlara sahip bir ülkedir. Türkiye gerek sahip olduğu iklim özellikleri gerekse topoğrafik yapısı nedeniyle çölleşme ve kuraklık tehdidi altındadır. Bu sebeplerle, Türkiye çölleşme açısından kritik ülkelerden bir tanesidir (Havza İzleme Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi Projesi (HIDS) -Türkiye Çölleşme Raporu, 2015).

Türkiye özelinde çölleşmeye hassas alanların belirlenebilmesi için öncelikle çölleşme kriterleri ve göstergelerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, çölleşme ile mücadele çalışmalarında daha isabetli ve etkili sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır. Bu amaç doğrultusunda, ülkemize özgü çölleşme kriterleri ve göstergeleri belirlenmiş ve bu veriler doğrultusunda bir çölleşme modeli geliştirilerek Türkiye Çölleşme Hassasiyet Haritası üretilmiştir. Çölleşme ile ilgili olarak Türkiye'de çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş olup, bu çalışmalarda farklı yöntemler kullanılarak çeşitli yaklaşımlar ortaya konmuştur (HIDS-Türkiye Çölleşme Raporu, 2015).

Türkiye'nin çölleşme hassasiyet durumunun ortaya koyulabilmesi amacıyla Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK- BİLGEM iş birliği ile 2015 yılında Türkiye Çölleşme Modeli (TÇM) ve Hassasiyet Haritası oluşturulmuştur. Buradaki gaye ülkemize özgü çölleşme kriter ve göstergeler belirlenerek ülkemize özgü çölleşme modelini ortaya koymaktır. TÇM'nin oluşturulma sürecinde 52 model ve ulusal mevzuat ve uluslararası sözleşmeler çok detaylıca incelenmiş ve analiz edilmiştir (HIDS-Türkiye Çölleşme Raporu, 2015).

Model tarafından üretilen ağırlıklı katmanlar coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak haritalanır (Türkeş ve ark., 2019). Bu çalışma kullanılan noktasal veriler jeostatistiksel yöntemle 90x90 m çözünürlükte raster formatında oluşturulmuştur. Aynı şekilde poligon veri türünde sağlanan veri modelinde kullanılacak öznitelik bilgisine göre raster veri formatına 90x90 m dönüşümü sağlanmıştır (Türkeş ve ark., 2020).

Bu modelin oluşturulmasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmış olup daha öncesinde belirlenen konu ile ilgili uzmanların görüşü ile belirlenmiştir. Türkiye'ye uygun olan 7 kriter, 48 gösterge ve 37 alt gösterge belirlenerek, bu kriterler önem sırasına göre, İklim, Su, Toprak, Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı, Topoğrafya ve Jeomorfoloji, Sosyo-ekonomi ve Yönetimi olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). AHP yönteminin uygulamasında, insan etkisi nedeni le tutarsızlıklar ortaya çıkabilir. Bu bağlamda, Saaty (1980) tutarlılık oranı değeri %10'a eşit veya daha azsa, tutarsızlık istatistiksel olarak kabul edilebilir; değilse, öznel yargının revizyona ihtiyacı olduğu sonucuna varmıştır. Türkiye için belirlenen çölleşmenin ana kriterlerine ilişkin karşılaştırma matrisi bir grup uzman tarafından oluşturulmuş ve ardından kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 1) (Türkeş ve ark., 2020).

**Tablo 1: Türkiye’de çölleşme modeli için kullanılan yedi ana kriter ve bunların ağırlıkları (ÇEM, 2017).**

No	Kriter	Ağırlığı
1	İklim	35.6
2	Su	18.4
3	Toprak	17.2
4	Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı	11.6
5	Topoğrafya ve Jeomorfoloji	6.3
6	Sosyo ekomomi	6.2
7	Yönetim	4.8

Tablo 1 de bahsi geçen yedi kriterden iklim kriterinin çölleşme ile ilişkisinin bir uzman grubu tarafından değerlendirilmesi sonucunda çölleşme üzerinde en fazla etki olduğu sonucuna varılmış ve yüzde 35.6 oranından etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bunu su (yüzde18.4), toprak (yüzde 17.2) ve arazi örtüsü ve arazi kullanımı (yüzde11.6) takip etmiştir. Ancak sonuç haritası üretilirken iklim, toprak, topoğrafya ve jeomorfoloji ve arazi örtüsü ve arazi kullanımı kullanılabilmiştir.

Türkiye için belirlenen çölleşme kriter ve göstergelerinin ağırlıkları etkilerine göre değerlendirilerek her kriter için standartlaştırılmış olan veriler kullanılmıştır. Bu kullanılan veriler daha kolay ve anlaşılır olması açısından göstergelerin çölleşmeyi ne ölçüde ve hangi koşullar altında etkilediğini belirlemek için sınıflara ayrılarak bunlara puanlar verilmiştir (Türkeş ve ark., 2020). Bu puanlama 1 ile 2 arasında yapılmış ve şunu ifade etmektedir; çölleşmeye etkisinin az olduğu ve çölleşmeye etkisin en fazla olduğu şeklinde belirlenmiştir (Tablo: 2). Bu ağırlıklandırma ve puanlamalar yapılırken uluslararası standartlara uygun ve Türkiye özelinde çölleşme ve arazi durumunu uyumlaştırılmış olarak bir analiz yapılmıştır.

**Tablo 2: Çölleşme indis değerleri ve tanımı (ÇEM 2017).**

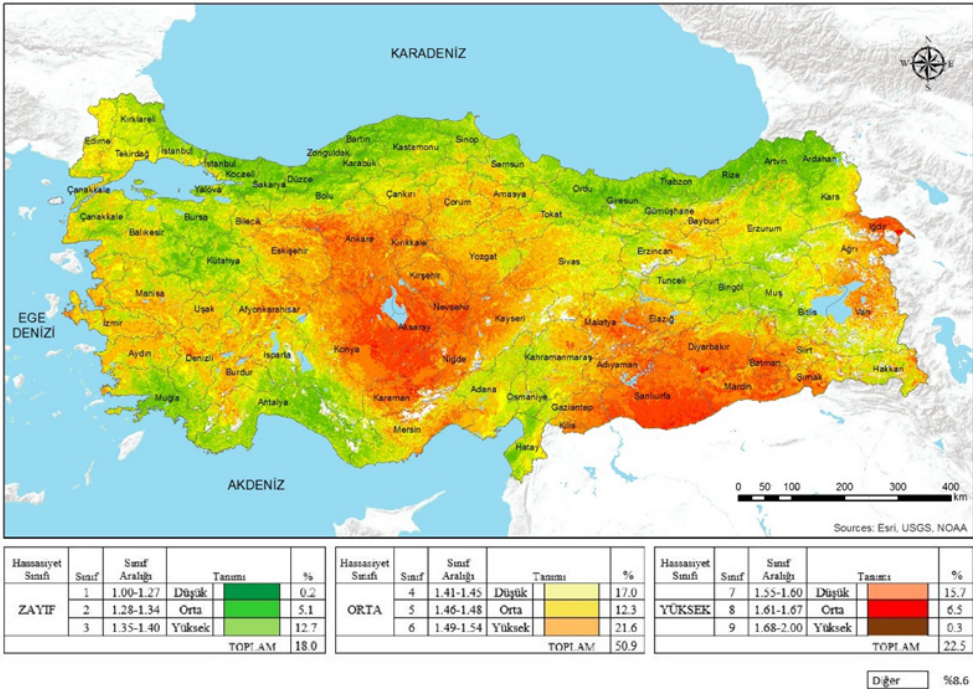
Hassasiyet Sınıfı	Sınıf	İndis Değerleri	Tanımı
Zayıf	1	1.0-1.27	Düşük
	2	1.28-1.34	Orta
	3	1.35-1.40	Yüksek
Orta	4	1.41-1.45	Düşük
	5	1.46-1.48	Orta
	6	1.49-1.54	Yüksek

Düşük	7	1.55-1.60	Düşük
	8	1.61-1.67	Orta
	9	1.68-2.00	Yüksek

Bu analiz ve çalışmalar sonucunda Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası oluşturulmuştur. Haritada belirlenen kriter ve göstergelerden iklim, toprak, topografya ve arazi örtüsü verileri kullanılmış ve bu yönüyle, harita biyojeofizik özelliğine sahiptir. Bu çalışma kapsamında belirlenen ve çölleşmeye etkisi olan su, sosyoekonomik ve yönetim kriterleri ve göstergelerin daha sonrasında hazırlanan AHP çerçevesinde modele yansıtılması planlanmıştır (ÇEM, 2017).

Haritaya göre ülkemizdeki yüksek hassas alanlar; İç Anadolu Bölgesi'nde Konya Havzası ile Ankara ve Eskişehir yöreleri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Türkiye Suriye sınırına yakın Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır yöreleri ile Malatya yöresinde küçük bir alan, Iğdır ve Aralık ile Doğubayazıt yöreleri olup, bu alanlar çölleşme ile mücadelede öncelikli alanlar olarak görülmektedir. Bu model ve haritaya göre Türkiye arazisinin %18'i zayıf, %50,9'u orta ve %22,5'u Yüksek Çölleşme Hassasiyet sınıfı içerisindedir (Şekil 1) (ÇEM, 2019).

### TÜRKİYE ÇÖLLEŞME HASSASİYET HARITASI



Şekil 1. Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası (ÇMUSEP, 2019).

Türkiye Çölleşme Modeli Doğrulama ve Kalibrasyon Projesi kapsamında 2016-2019 yılları arasında yapılan saha çalışmalarıyla Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası son halini almıştır. Türkiye çölleşme modelinin doğrulanması ve kalibrasyonu amacıyla havza bazında saha çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda, saha gözlemleriyle birlikte proje danışmanları ve uzmanlar tarafından arazinin çölleşme risk değeri ile modelin risk değeri karşılaştırılarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, "Ardışık Normal Benzetim" (ANB) tekniği kullanılarak modelin her piksel bazında iç tutarlılığı incelenmiş ve tutarlılığa sahip olmayan pikseller olası gözlem noktaları olarak belirlenmiştir. 9 Pilot havzada 1584 gözlem noktasında doğrulama ve kalibrasyon çalışmaları yürütülmüştür. Buna ek olarak, model risklerin gözlenen risklere karşı doğrusal regresyon sayısının ( $r = 0.79$ ) kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir (ÇEM, 2019, ÇEM, 2017).

Bu kapsamda, 2016 yılında Aksaray ve Mersin illerinde, 2017 yılında Çorum-Amasya-Samsun ve Şanlıurfa-Adıyaman illerinde, 2018 yılında ise Bursa-Balikesir-Çanakkale-Edirne-Tekirdağ-Kırklareli ve Iğdır-Kars-Erzurum-Ardahan-Artvin illerinde ve 2019 yılında Yukarı Sakarya Havzası pilot saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların entegrasyonunda, yapılan saha çalışmaları ile çölleşme modeli ve hassasiyet haritasının yüzde 90 güven aralığı içinde mikro havza bazında yüzde 94 tutarlı sonuç ürettiği tespit edilmiştir (ÇEM 2024).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Gelişen yeni yöntem ve teknolojiler, çölleşmenin modellenmesi ve haritalanmasını geçmiş dönemlere kıyasla daha nitelikli ve doğru bir şekilde analiz etmeyi mümkün kılmaktadır. Özellikle uzman görüşüne dayalı AHP yöntemi insan etkisine açık olduğu için her zaman tam anlamıyla doğru sonuçlar vermeyebilir. Buna karşın, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama ve çeşitli istatistiksel yöntemler gibi daha objektif yaklaşımlar, analiz sonuçlarının doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır. DIS4ME ve MEDALUS gibi modeller, Türkiye'ye veya daha yerel bölgelere uyarlanabilir ancak bu modellerin mutlaka bölgeye özgü koşullar dikkate alınarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Çin'in çölleşme modellenmesi ve izlenmesi konusunda öncü çalışmaları, bu alandaki araştırmaların ne kadar ileri düzeye ulaşabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, uluslararası akademik çalışmaların da düzenli olarak takip edilmesi ve Türkiye'ye uygulanabilirliğinin tartışılması büyük önem taşımaktadır.

Uzaktan algılama teknolojisi çölleşme araştırmalarını hızlandırmış ve toprak bozulmasına karşı önlemler almak için politikaların uygulanmasını sağlamıştır. Güvenilir ve sağlam sonuçlar elde etmek için çalışmalara mümkün olduğunca

fazla ek veri dahil edilmelidir, çünkü uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen veriler önemli yönetim, çevre ve politik kararlar için kullanılabilir. (Albalawi ve Kumar, 2013). Ancak yapılan analizlerde ya da bir model oluşturulurken güvenilir ve sağlam sonuç almak için olduğunca fazla ek veri dahil edilmesi veri temininde sorunlara neden olabilir bu da çalışma için önemli bir risk teşkil eder. Ayrıca fazla veri modeli daha karmaşık hale getireceğinden sonuçların sapmasına sebep olabilir.

Çölleşmeyi tanımlarken de bahsi geçtiği üzere, çölleşme önemli bir arazi bozulması sürecidir. Bunun neticesinde de beraberinde sosyoekonomik ve çevresel olarak olumsuz etkileri beraberinde getirir. Çölleşme için web tabanlı sistemlerin tasarımı ve geliştirilmesi, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKH) ulaşma ve çölleşmeye hassas olan bölgelerde mücadele konusunda etkili bir adım olabilir (Akbari ve Alizadeh Noughani, 2024). Türkiye Çölleşme Modelinde belirlenen sosyoekonomik ve yönetim kriter ve göstergelerinin tasarlanan modelde etkisi büyük önem arz etmektedir. Ancak, yapılan çalışmada bu kriter ve göstergelere yer verilememiştir. Çölleşmeye sebep olan en önemli unsurlardan birinin insan olduğu düşünüldüğünde bu kriter ve göstergelerin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. İnsan kaynaklı olumsuz etkilerin arazi ve çevre üzerindeki etkilerini azaltılması gerekmektedir.

Ülkemizin çölleşme ile mücadele çalışmalarında, çölleşme kriter ve göstergelerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmalar, çölleşmeye hassas alanların tespiti, coğrafi modelleme ile riskli bölgelerin haritalanması ve bu modelin yazılım altyapısının oluşturulmasını içermelidir. Bu sayede çölleşme riski olan bölgeler daha etkin bir şekilde analiz edilebilir ve önleyici önlemler alınabilir (HİDS-Türkiye Çölleşme Raporu, 2015). Çölleşme oldukça yavaş ilerleyen bir süreçtir. Bu nedenle çölleşme ile ilgili bu sürecin izlenmesinde kriter ve göstergelerin çok iyi analiz edilip belirlenmesi önemli olmakta olup, izlemeyi kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır.

Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritasında kullanılmayan su, sosyoekonomi ve yönetim kriterlerinin modele entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle su kriterinin ve insan etkilerinin eklenmesi halinde daha hassas bir çölleşme değerlendirmesi yapılması beklenir. Dölarlan ve Gül (2024)'e göre, çölleşmeye etkisi olduğu tespit edilen kriter ve göstergeler uzaktan algılama, arazi gözlemleri, iklim verilerinin analizi ve jeostatistiksel yöntemler ile değerlendirilebilir ve bu yöntemlerin kombinasyonu, çölleşme sürecini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi sağlar. Sonuç olarak, günümüz teknolojisi yeni metot ve yöntemlerle çölleşmenin izlenmesinde kolaylaştırıcı ve daha akılcı bir sonuç alınmasında önemli bir rol oynayabilir.

## Kaynaklar

- Albalawi, E. K., & Kumar, L. (2013). Using remote sensing technology to detect, model and map desertification: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 791-797.
- Al-Kulabi, A. K. J. (2022). The Concept of Desertification, Its Causes and Effects, and Treatments. *Journal La Lifesci*, 3(1), 1-13.
- Aubreville, A. (1949). *Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale*. Paris, Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales.
- Akbari, M., & Alizadeh Noughani, M. (2024). Early warning systems for desertification hazard: a review of integrated system models and risk management. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10(4), 4611-4626.
- Camci Çetin, S., Karaca, A., Haktanır, K., & Yıldız, H. (2007). Global attention to Turkey due to desertification. *Environmental monitoring and assessment*, 128, 489-493.
- Cangir, C., & Boyraz, D. (2008). Climate change and impact of desertification or soil/land degradation in Turkey, combating desertification.
- Chouhan T.S. (2018). *Combating Desertification Land Degradation and Climate Change: Management of Drylands*, Scientific Publishers, ISBN: 9789388043083.
- ÇEM 2017. 'Türkiye Çölleşme Modeli, Teknik Özet', Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- ÇEM, 2018. 'Türkiye Toprak Organik Karbonu Projesi, Teknik Özet', Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- ÇEM, 2019, Türkiye Çölleşme Modeli Doğrulama ve Kalibrasyon Çalışması (TÇM-DK) Projesi, ÇEM-TÜBİTAK, Ankara.
- ÇEM, 2024, Türkiye Çölleşme Modeli ve Hassasiyet Haritası (TÇM), <https://cem.csb.gov.tr/turkiye-collesme-modeli-ve-hassasiyet-haritasi-tcm-i-103683>
- ÇMUSEP, 2019, Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Dengiz, O., Safli, M. E., & Pacci, S. (2023). Fuzzy-AHP approach and artificial intelligence use in the desertification risk assessment of natural pine forest lands of Ilgaz Mountain National Park in Türkiye.
- Dengiz, O., & Demirağ Turan, İ. (2023). Soil quality assessment for desertification based on multi-indicators with the best-worst method in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Land*, 15(7), 779-796.
- Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) (2024), [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public\\_path/shared\\_folder/projects/DIS4ME/introduction.htm](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/projects/DIS4ME/introduction.htm)

Ding, D., Bao, H., & Ma, Y. (1998). Progress in the study of desertification in China. *Progress in Physical Geography*, 22(4), 551-557.

Ding, H., & Xingming, H. (2021). Spatiotemporal change and drivers analysis of desertification in the arid region of northwest China based on geographic detector. *Environmental Challenges*, 4, 100082.

Dölarıslan ve Gül, 2024. Mİ, B. Kurak Alanlar, Arazi Bozulumu, Çöl Ve Çölleşme İle İlgili Genel Kavramlar Ve Tanımlar. *Çölleşme Ve Arazi Bozulumu: Kavramsal Olgular Ve Modelleme*, 1.

Duan, H., Wang, T., Xue, X., & Yan, C. (2019). Dynamic monitoring of aeolian desertification based on multiple indicators in Horqin Sandy Land, China. *Science of The Total Environment*, 650, 2374-2388.

Erpul, G., Akça, E., Tekin, S.N., Karaman, N.A., Canlı, P., Morkoç, S., Kavaklı Karataş, Z., 2023. Arazi Tahribatının Dengelenmesi Karar Destek Sistemi İl İstatistikleri ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Yaklaşımları ve Uygulamaları, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Everest, T., Sungur, A., & Özcan, H. (2020). MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 120-131.

FAO/UNESCO, 1977: World Map of Desertification, 1/25 000 000 A/CONF. 74/2.

Görcelioğlu, E. (1992). Çöl kavramı, çölleşme olgusu ve Türkiye. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 42(3-4), 1-20.

Glantz, M.H. (ed.) (1977). *Desertification: Environmental Degradation in and around Arid Lands*. Boulder, Westview Press.

Glantz, M. H., & Orlovsky, N. S. (1983). Desertification: A review of the concept. *Desertification Control Bulletin*, 9, 15-22.

Han, J., Wang, J., Chen, L., Xiang, J., Ling, Z., Li, Q., & Wang, E. (2021). Driving factors of desertification in Qaidam Basin, China: An 18-year analysis using the geographic detector model. *Ecological Indicators*, 124, 107404.

Havza İzleme ve Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi Projesi (HIDS), Türkiye Çölleşme Raporu, 2015. ÇEM-TÜBİTAK-BİLGEM, 645, Ankara.

Helldén, U., & Tostrup, C. (2008). Regional desertification: A global synthesis. *Global and Planetary Change*, 64(3-4), 169-176.

Hu, Y., Wang, J.F., Li, X.H., et al., (2011). Geographical detector-based risk assessment of the under-five mortality in the 2008 Wenchuan Earthquake. China. *Plos One* 6, e214276.

Joint Research Centre, World Atlas Of Desertification (WAD), (2019). <https://wad.jrc.ec.europa.eu/>

Li, X., Xie, Y., Wang, J., Christakos, G., Si, J., Zhao, H., ... & Li, J. (2013). Influence of planting patterns on fluoroquinolone residues in the soil of an intensive vegetable cultivation area in northern China. *Science of the Total Environment*, 458, 63-69.

Ma, H.; Zhao, H. United Nations: Convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. *Int. Legal Mater.* 1994, 33, 1328–1382.

Mutlu, N., Günal, H., & Acir, N. (2013). Çölleşme: Nedenleri, Belirlenmesi ve İzlenmesi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 22-24.

Nearly, D. G. (2018). Wild fire contribution to desertification at local, regional and global scale. In *Desertification: Past, Present and Future Trends*, Squires, V. R. and Ariapour, A. (eds). NOVA Science Publishers, New York.

Quintanilla, E.G. (1981). Regional aspects of desertification in Peru. In *Combating Desertification through Integrated Development*, UNEP/UNEP/COM International Scientific Symposium, Abstract of Papers, Tashkent, USSR, 114-115.

Ozsahin, E., Eroglu, I., & Pektezel, H. (2017). Soil quality index (SQI) ANALYSIS of Tekirdag province using GIS (Thrace, Turkey). *Fresen. Environ. Bull.*, 26(4), 3005-3014.

Pourghasemi, H. R., Kariminejad, N., & Hosseinalizadeh, M. (2019). A Conceptual Model of the Relationship Between Plant Distribution and Desertification Trend in Rangeland Ecosystems Using R Software. In *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences* (pp. 733-746). Elsevier.

Rivera-Marin, D., Dash, J., & Ogutu, B. (2022). The use of remote sensing for desertification studies: A review. *Journal of Arid Environments*, 206, 104829.

Saaty, T. J. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation* (p. 287). New York: McGraHill.

Türkeş, M. (1990). 'Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar'. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi. 195 sayfa.

Turkes, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 23(5), 363-80.

Türkeş, M., & Akgündüz, A. S. (2011). Assessment of the desertification vulnerability of the Cappadocian district (Central Anatolia, Turkey) based on aridity and climate-process system. *Journal of Human Sciences*, 8(1), 1234-1268.



Türkeş, M. (2012). Kuraklık, Çölleşme Ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. Marmara Üniversitesi Avrupa Araştırmaları Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1), 7-55.

Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O., ... & Avcioğlu, B. (2020). Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation & Development*, 31(2), 205-214.

United Nations. 1994. UN Earth Summit. Convention on Desertification. UN Conf. On Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, June 3–14, 1992. DPI/SD/1576. New York:United Nations.

UNEP. Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification: United Nations Environmental Program; UNEP: Nairobi, Kenya, 1992.

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi Raporu (UNCCD). <https://www.unccd.int>

UN Secretariat of the Conference on Desertification (1977). Desertification: An overview, In *Desertification: Its Causes and Consequences*. New York, Pergamon Press.

Uzuner, Ç., & Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114, 106295.

Van Laarhoven, P.J.M., Pedrycz, W., 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1-3): 229-241.

Verón, S. R., Blanco, L. J., Texeira, M. A., Irisarri, J. G. N., & Paruelo, J. M. (2018). Desertification and ecosystem services supply: The case of the Arid Chaco of South America. *Journal of Arid Environments*, 159, 66-74.

Wang, J. F., & Hu, Y. (2012). Environmental health risk detection with GeogDetector. *Environmental Modelling & Software*, 33, 114-115.

Wang, J., Li, X., Christakos, G., Liao, Y., Zhang, T., Gu, X., & Zheng, X. (2010). Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(1), 107–127. <https://doi.org/10.1080/13658810802443457>

Xu, D., & Zhang, X. (2021). Multi-scenario simulation of desertification in North China for 2030. *Land Degradation & Development*, 32(2), 1060-1074.

Zonn, I. S. (Ed.). (1981). *USSR/UNEP Projects to Combat Desertification*.