

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):501-513
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1286643>

Fikret SAYGIN ^{1*} 

Pelin ALABOZ ² 

Hasan AKSOY ³ 

Orhan DENGİZ ⁴ 

Ali İMAMOĞLU ⁵ 

Aykut ÇAĞLAR ⁶ 

Yusuf KOÇ ⁶ 

¹ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 58000, Merkez, Sivas, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 32260, Çünür, Isparta, Türkiye

³ Sinop Üniversitesi, Ayancık Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 57400 Ayancık, Sinop, Türkiye

⁴ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55200, Atakum, Samsun, Türkiye

⁵ Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, 57000, Merkez, Sinop, Türkiye

⁶ Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, 55300, Tekkeköy, Samsun, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

fsaygin@sivas.edu.tr

Anahtar sözcükler: Agregasyon, NDVI, SAVI, toprak özellikleri

Keywords: Aggregation, NDVI, SAVI, soil properties

Farklı uydu verilerinden elde edilen indeksler ile toprak erozyon parametreleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Evaluation of the relationship between indices obtained from different satellite data and soil erosion parameters

Alınış: (Received):23.04.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 18.09.2023

ÖZ

Amaç: Samsun ili Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde 466.06 dekar alanda farklı uydu görüntüleri (Triplesat, Landsat 8) kullanılarak elde edilen indis ve reflektansları ile toprak erozyon parametreleri (erozyon oranı, dispersiyon oranı, strüktür stabilitesi, kil oranı, agregat stabilitesi ve toprak kabuk indeksi) arasındaki ilişkinin ortaya konulmasıdır.

Materyal ve Yöntem: Çalışma alanı içerisinde 100 x 100 m grid aralıklarla alınmış toplam 32 toprak örneğinde toprak erozyon duyarlılığına yönelik analizlerin yapılması, Triplesat ve Landsat uydu görüntülerine ait indis ve reflektansların elde edilmesi, analiz sonuçlarının uydu görüntülerine ait indislerle karşılaştırılması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Araştırma Bulguları: Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri ile erozyon oranı arasındaki ilişkiler Triplesat uydusu reflektanslarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Toprakların agregat stabilitesi ve kabuk oranı özellikleri ile indisler arasında önemli seviyede korelasyonlar elde edilmemiştir. Erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile indisler arasında daha yüksek pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir.

Sonuç: Toprakların agregat stabilitesi (AS) içerikleri ile Triplesat uydu görüntülerinden elde edilen indislerde, erozyon oranında ise Landsat uydu görüntülerinden elde edilen indisler ile daha yüksek ilişki içerisinde olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

Objective: The relationship between the indices and reflectances obtained by using different satellite images (Triplesat, Landsat 8), and soil erosion parameters (erosion rate, dispersion rate, structure stability, clay ratio, aggregate stability, and soil crust index) within the boundaries of Vezirköprü district of Samsun province. is to be revealed.

Material and Methods: It was carried out in three stages: analyzing soil erosion sensitivity on a total of 32 soil samples taken at 100 x 100 m grid intervals from the study area, obtaining indices and reflectances of Triplesat and Landsat satellite images, and comparing the analysis results with the indices of satellite images."

Results: The correlations between the reflectance values obtained from the Red, Green and Blue bands of the Landsat satellite data and the erosion rate were determined to be higher than the reflectances of the Triplesat satellite. No significant correlations were obtained between the aggregate stability and crust ratio properties of the soils and the indices. Higher positive correlations were determined between erosion rate and dispersion rate and indices.

Conclusion: It has been seen that the aggregate stability (AS) contents of the soils are in a higher relationship with the indices obtained from Triplesat satellite images, and the erosion rate is higher with the indices obtained from Landsat satellite images.

GİRİŞ

Toprak partiküllerinin aşınma, taşınma ve birikim olayları sonucunda meydana gelen erozyon olayı, doğal bir süreçtir (Das, 2008; Subramanya, 2008). Toprak erozyonu, verimli toprak katmanının taşınması sonucu ortaya çıkan, önemli arazi problemlerinden biridir. Jeomorfolojik süreçte bir problem teşkil etmeyen erozyon olayı; yanlış arazi kullanımı, bitki örtüsüne yapılan müdahaleler gibi insan kaynaklı nedenlere bağlı olarak artmakta ve toprağın zamanla geri döndürülemez biçimde kaybolmasına neden olmaktadır. Toprak erozyonu doğal çevrenin yanı sıra insanoğlu üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle, Dünya’da en kritik çevresel kaygılardan birisi olarak kabul edilmektedir (Jie et al., 2002; Le Roux et al., 2008; Aiello et al., 2015; Phinzi & Ngetar, 2017).

Bir alanın coğrafi konumu, iklim koşulları, topoğrafya ve jeolojik yapısı o alanın erozyona karşı hassasiyetini belirler. Ayrıca ormansızlaştırma ve madencilik gibi antropojenik faktörlerin etkisi ile bu hassasiyetin hızlıca ortaya çıkması kaçınılmazdır (Mushi et al., 2019). Erozyon aslında doğal bir süreçtir ancak hızlandırılmış faktörler ile meydana gelen erozyon geri dönüşü olmayan kayıplara neden olmasının yanında bitki örtüsünün zayıflamasına, toprağın verimliliğinin kaybolması sebebi ile tarım ve hayvancılık üretiminde azalmaya ve kırsaldan kente göçü hızlandırması sebebi ile sosyo-ekonomik sorunlara da neden olmaktadır (Anonymous, 2023).

Toprak erozyonu konusunda çokça araştırma ve inceleme yapılmış, zaman içerisinde kalitatif ve kantitatif birçok yöntem geliştirilmiştir. Geline nokta belli koşullar ve etmenler bilindiği takdirde erozyon miktarının tahmini ve hesaplanması yolunda önemli bir aşamaya ulaşılmıştır (Parlak vd., 2014). Araştırmalara göre; toprakların fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi bitkiler için uygun ortam oluşumu sağlamakta ve erozyon direncini arttırmaktadır (Turgut & Aksakal, 2010; Özdemir vd., 2015; İmamoğlu & Dengiz, 2020). Erozyon ile mücadele kapsamında toprakların erozyona karşı direncini artıracak önemli parametrelerden biri olan organik maddenin artışı, toprağın strüktürel yapısını iyileştirmesi sebebi ile takip edilmesi gereken bir olgudur (Akalan, 1974; Öztürk & Özdemir, 2020). Ayrıca toprak özelliklerinden strüktür stabilite indeksi (Leo, 1963), dispersiyon oranı, kil yüzdesi (Bryan, 1968), erozyon oranı (Bryan, 1968, Ngatunga et al., 1984) ve agregat stabilitesi (Miller & Baharrudin, 1987) gibi parametrelerin takibi erozyon projeleri açısından önem arz etmektedir (Öztürk & Özdemir, 2020). Etkili yönetim stratejilerinin planlanması ve uygulanması için toprak erozyonunun mekansal modelinin daha iyi anlaşılması ve erozyona hassas alanların belirlenmesi çok önemlidir. Toprak erozyonu, basit deneysel modellerden karmaşık süreç tabanlı modellere kadar farklı tahmin modelleri ile ortaya konulabilmektedir. Bunun için uygun bir modelin seçimi, mevcut verilere ve hedeflenen amaca bağlıdır (Kebede vd., 2021). Toprakların agregat büyüklük dağılımları ve stabilite analizi gibi ölçümler fiziksel özellikler olsa da toprak kalite göstergesi olarak kabul edilmekte ve bu ölçümler agregatlarda bozulmayı oluşturan çevresel etmenlere karşı direncin belirlenmesinde önemli parametre olarak kullanılmaktadır (Eraslan vd., 2016).

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri, toprak erozyonu ve arazi kullanım değişikliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Senanayake et al., 2020; Fenta et al., 2021). Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılarak elde edilen veriler, sürdürülebilir gıda üretimi amacıyla, tarımsal arazi yönetiminde uzun vadeli değişiklikleri izlemek için faydalı bilgiler sağlar (Senanayake et al., 2022). Özellikle son yıllarda bitki örtüsüne yönelik indeksleri içeren görüntü sınıflandırma teknikleri toprak erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Mathieu et al, 1997; Singh, 2004; Phinzi & Ngetar, 2017). Bu parametrelerden erozyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)’dir (Vaidyanathan et al., 2002; Li et al., 2010; Seutloali et al., 2017). NDVI’in bitki örtüsünün olmayan faktörlere karşı duyarlılığını düşürmek için çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır. Toprak erozyon çalışmalarında da sıklıkla kullanılan bu indisler SAVI (Huete, 1988) ve SARVI (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index)’dir (Huete & Liu, 1994). Gelişen teknoloji ve CBS araçlarının aktif olarak kullanılması ile birlikte farklı çözünürlükte ve özellikte çeşitli uydu görüntüleri kullanılarak, UA teknikleri ile birlikte arazi kullanım durumları daha doğru olarak saptanmaktadır. Bu durum

modelleme çalışmalarına hız kazandırmış ve ICONA, LEAM, RUSLE gibi birçok toprak erozyon modelleri ile erozyon çalışmaları yürütülmüştür (Bayramın vd., 2003; Karaş vd., 2009; Dengiz vd., 2014; Kanar & Dengiz, 2015; Özdemir & Dönmez, 2016; Koirala et al., 2019; Allafta & Opp., 2022).

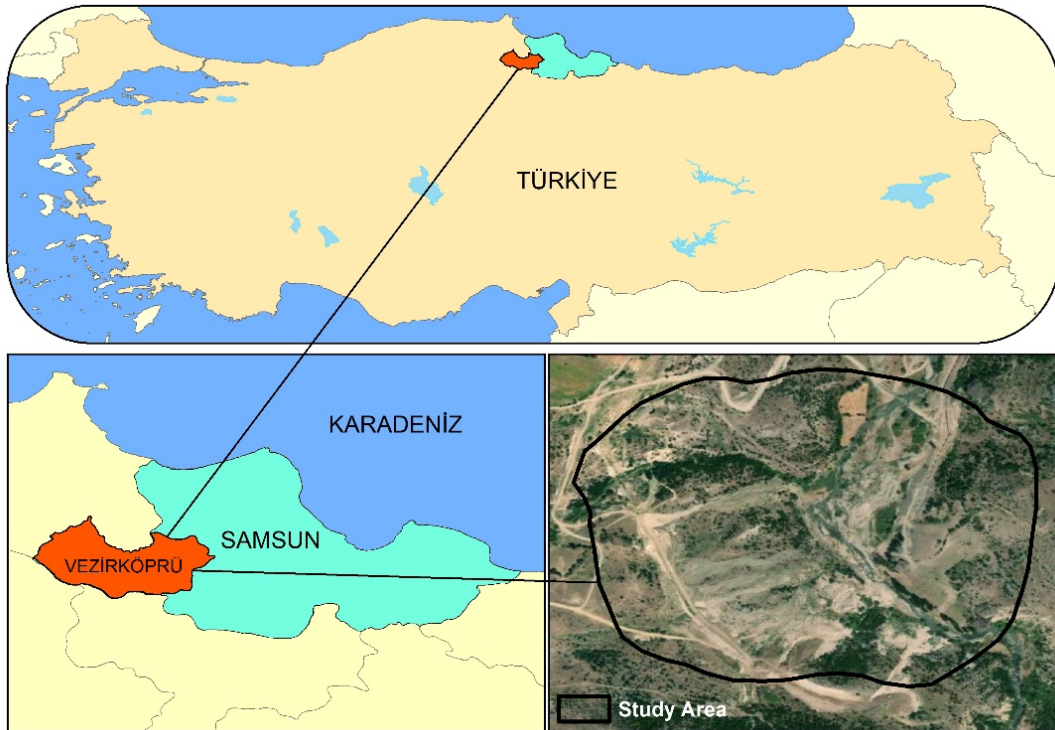
Samsun ili Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde 466.06 dekar alanda yürütülen bu çalışmanın amacı; farklı uydu görüntüleri (Triplesat, Landsat 8) kullanılarak elde edilen indis ve reflektansları ile toprak erozyon parametreleri (erozyon oranı, dispersiyon oranı, strüktür stabilitesi, kil oranı, agregat stabilitesi ve toprak kabuk indeksi) arasındaki ilişkinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmanın özgün yönü farklı çözünürlükteki iki uydu verisinden elde edilen indislerin birlikte karşılaştırılmasıdır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışma alanı

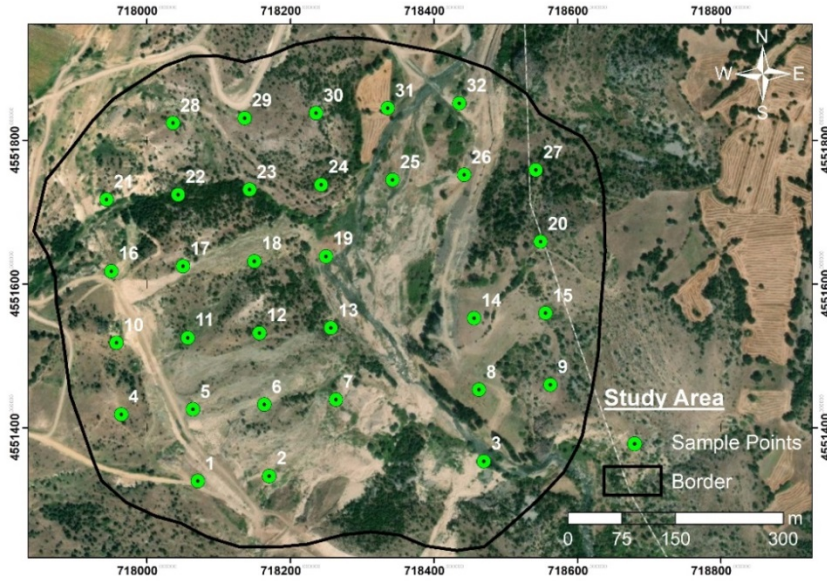
Çalışma alanı Samsun ilinin Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Vezirköprü ilçesinin kuzey doğusunda yer alan çalışma alanının toplam büyüklüğü 466.06 dekadır (Şekil 1). Çalışma alanı kıyı kuşağına ait nemli ve ılıman iklim ile karasal iklim tipi arasında geçiş kuşağının nemlilik özelliklerini yansıtmaktadır. Kış ayları kıyı kesime kıyasla daha soğuk (Ocak ayı ortalama sıcaklık 2.5°C.), yaz ayları ise daha sıcak geçmektedir. (Ağustos ayı sıcaklık ortalaması 22.3°C). Çalışma alanının uzun yıllık ortalamalara göre yıllık yağış miktarı 527 mm'dir (Uğurlu, 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Figure 1. Study area location map.

Çalışma alanı içerisinde 100×100 m grid aralıklarla toplam 32 örnek alınmış ve analize tabi tutulmuştur. Topraklar laboratuvara getirilerek hava kuru hale gelinceye kadar kurutulmuş, analize hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanına ait toprak örnekleme Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde alınan toprak örnekleme noktaları.

Figure 2. Soil sampling points taken from the study area.

Uydu görüntüleri

Çalışmaya ait indis verilerinin elde edilmesinde Triplesat ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Triplesat ve Landsat 8 görüntü tarihleri sırası ile 04.06.2018 ve 14.06.2018'dir. Triplesat uydu görüntüsünün pankromatik ve multispektral olmak üzere toplamda 5 adet bandı bulunmaktadır. Bu bantların konumsal çözünürlükleri sırasıyla 0.8 ve 3.2 metredir. Triplesat uydu görüntüsünün şerit genişliği 23.4 km olup zamansal çözünürlüğü 97.7 dk'dır. Landsat 8 OLI uydusu 2013 yılından beri veri sağlamaktadır. Pankromatik, multispektral ve termal olmak üzere toplamda 11 adet bandı bulunmaktadır. Bu bantların konumsal çözünürlükleri sırasıyla 15, 30 ve 100 metredir. Termal bantlar 12 bit ve diğer bantlar 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Uydu görüntülerine ait teknik özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

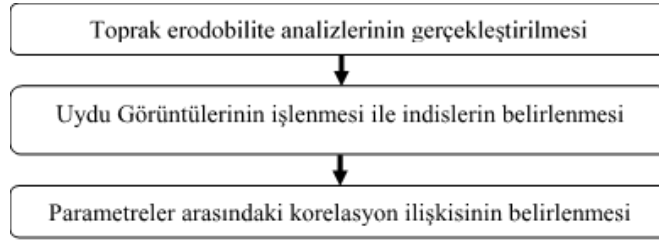
Çizelge 1. Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntü özellikleri

Table 1. Landsat 8 OLI and Triplesat satellite image specifications

Triplesat Satellite Image			
Bands	Electromagnetic area	Wave lengt (nm)	Spatial resolution (m)
B1	Blue (B)	440 – 510	3.2
B2	Green (G)	510 – 590	3.2
B3	Red (R)	600 – 670	3.2
B4	Near Infrared (NIR)	760 – 910	3.2
B5	Panchromatic	-	0.8
Landsat 8 OLI Image			
B2	Mavi (B)	450 – 515	30
B3	Yeşil (G)	525 – 600	30
B4	Kırmızı (R)	630 – 680	30
B5	Yakın kızıl ötesi (NIR)	845 – 885	30
B6	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 1)	1560 – 1660	30
B7	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 2)	2100 – 2300	30
B8	Siyah-Beyaz (Pankromatik)	500 – 680	15

Yöntem

Çalışma toprak örneklerinin analizi, uydu görüntülerinin işlenmesi ve toprak erozyon parametreleri ile uydu görüntülerinden elde edilen indis değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın akış şeması Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Yönteme ait iş akış şeması.

Figure 3. Work flow chart of the method.

Alınan toprak örneklerinde Agregat Stabilitesi (Kemper & Rosenau, 1986), Kil Oranı (Özdemir, 2002), Erozyon Oranı (Lal & Elliot; 1994), Dispersiyon Oranı (Lal, 1994), Strüktür Stabilité İndeksi (Leo, 1963) ve Toprak Kabuk Oluşumu (Pieri, 1989) analizleri yapılmıştır.

Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntülerinin atmosferik ve radyometrik düzeltmeleri gerçekleştirilerek her bandına ait reflektans görüntüler elde edilmiştir. Reflektans görüntüler üzerinden örnek noktalara ait her bir bandın reflektans değerleri elde edilmiştir. Reflektans değerleri kullanılarak Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntüsüne ait reflektans görüntüleri kullanılarak Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Radar Vegetation Index (RVI), Difference Vegetation Index (DVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) indis değerleri hesaplanmıştır.

Toprak özellikleri ile indis ve reflektans değerleri arasındaki korelasyon matrisi R CORE programında "METAN" (Olivoto & Lúcio, 2020) paketi kullanılarak elde edilmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Toprak özellikleri

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde gerçekleştirilen analizlere yönelik tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 2' de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Table 2. Descriptive statistics of soil properties

Özellikler	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
Kum %	34.26	7.64	22.31	21.52	60.01	1.33	3.26
Silt %	37.29	6.74	18.07	19.65	49.37	-0.50	0.34
Kil %	28.45	4.47	15.72	20.34	41.37	1.14	2.32
TK %	30.49	6.49	21.29	20.85	42.21	0.06	-1.27
SN %	18.23	4.83	26.50	9.19	26.71	-0.00	-0.97
pH	7.83	0.21	2.71	7.50	8.46	0.99	1.15
EC ds/m	655.00	733.00	112.00	136.00	2478.00	1.83	1.73
OM %	2.55	1.50	58.57	0.40	5.91	0.91	-0.01
CaCO ₃ %	15.55	10.23	65.79	1.75	39.71	1.08	0.30
AS %	52.71	18.01	34.17	14.86	84.93	-0.53	-0.31
DO %	13.30	7.06	53.05	4.84	32.70	1.03	0.42
EO %	11.06	6.84	61.85	4.42	30.73	1.50	1.46
KO	1.79	0.62	34.88	1.03	4.09	1.91	5.05
SSI	32.92	9.89	30.03	17.68	52.53	0.17	-1.06
TKI	3.87	2.20	56.71	0.65	8.43	0.80	-0.32

OM:Organik Madde, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı EO: Erozyon Oranı, KO: Kil Oranı, SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, TKI: Toprak Kabuk İndeksi, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, EC: Elektriksel İletkenlik, CaCO₃: Eşdeğer Kireç İçeriği,

Wilding (1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants et al., 1996). Bu çalışmada pH'nın değişkenlik katsayısı düşük, kum, silt, kil, TK, SN, AS, KO ve SSI orta derecede değişkenlik özelliğine sahip iken, EC, OM, CaCO₃ ve EO yüksek değişkenlik özellikleri göstermektedir.

Çalışma alanı içerisinde alınan toprak örneklerinde kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %21.52-60.01, %19.65-49.37, %20.34-41.37 arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanı içerisinde alınan toprakların organik madde kapsamı ortalama %2.55 olarak orta düzeyde belirlenmiştir. Organik madde içeriği; toprakların verimlilik parametrelerine etkisinin yanı sıra, toprağın fiziksel özellikleri olan agregat oluşumu ve dayanıklılığı üzerinde önemli düzeyde etkiye sahiptir (Saygın vd., 2019). Alan içerisindeki toprakların pH içerikleri 7.50-8.46 arasında değişmekte olup, hafif alkali reaksiyon göstermektedir. Toprakların CaCO₃ içerikleri ise ortalama %15.55 olarak belirlenmiştir.

Agregat stabilitesi toprak koruma uygulamalarının ve çevresel fonksiyonların sürdürülebilirliği açısından temel faktörlerden bir tanesidir (Hanke & Dick, 2017). Başka bir ifade ile toprak agregatlarının suya karşı dayanıklılığının belirlenmesinde kullanılan agregat stabilitesi (Özdemir vd., 2015) çalışma alanı topraklarında %14.86-84.93 arasında değişmekte olup, ortalama %52.71 olarak belirlenmiştir.

Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen %silt+kil değerinin, mekanik analizde ölçülen %silt+kil değerine oranlanmasıyla hesaplanan dispersiyon oranı (Lal, 1988), 15'in altında belirlenen toprakların erozyona karşı dayanıklı, 15'in üzerinde olduğu topraklarda ise erozyona karşı dayanıksız oldukları ifade edilmektedir. Bu çalışmada dispersiyon oranı değerleri %4.84- 32.70 arasında değişmekte ve bu toprakların bir kısmının erozyona uğrama eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Alaboz vd. (2021) yarı kurak iklim koşullarında toprak erozyon duyarlılık parametreleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yürütmüş oldukları çalışmada AS sonuçlarını %60.56-80.32 ve DO sonuçlarının ise %24.45-44.26 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Genellikle kil oranı küçüldükçe toprakların erozyona karşı dayanıklılığının arttığı ifade edilmektedir (Irmak, 1968; Gülçur, 1974; Sönmez, 1994). Bu çalışma kapsamında kil oranı ortalama 1.79 olarak tespit edilmiştir. Celilov & Dengiz (2019) Ilgaz Milli parkı topraklarında erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemi ile konumsal dağılımlarını belirlemeye yönelik yürütmüş oldukları çalışmada; DO ve KO değerlerini sırasıyla %8.73-% 70.64, 1.20-23.49 arasında bulmuşlardır.

Toprakların erozyona karşı dayanıklılığının ifade edilmesinde kullanılan erozyon oranı analizinde ise, oran değeri küçüldükçe erozyona uğrama eğilimi azalmaktadır (Özdemir vd., 2015). Bu değer %10'dan küçük olan topraklar erozyona karşı dirençli olarak kabul edilmektedir (Lal, 1988). Toprakların erozyon oranı %4.42-30.73 ortalama %11.06 olup, alan genellikle erozyona karşı hassasiyet göstermektedir.

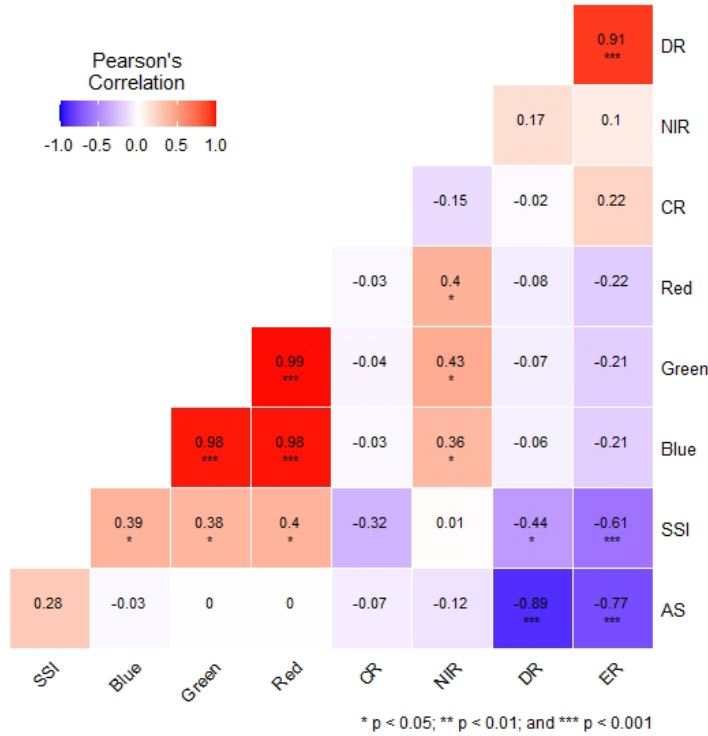
Strüktür stabilite indeksi (SSI) elde edilen değer büyüdükçe erozyona uğrama eğilimi azalmaktadır. SSI değerinin %40 altında olduğu topraklarda erozyona duyarlılığının yüksek olduğu ifade edilmektedir (Leo, 1963; Aşkın, 1997). Buna göre çalışma alanı topraklarından elde edilen ortalama % 32.92 olarak bulunmuş olup, erozyona karşı dayanıklılığın düşük olduğu belirlenmiştir. Karagöktaş & Yakupoğlu (2014) tarafından erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmada; SSI değerleri %41.0-77.1 arasında tespit edilmiştir.

Toprakta geçirimsiz tabaka oluşturması ile infiltrasyona direkt etki eden toprak kabuk indeks değerleri 0.65-8.43 arasında değişmekte olup, ortalama 3.87'dir. Buna göre çalışma alanı topraklarının bir kısmının çok şiddetli fiziksel bozuluma sahip olduğu belirlenmiştir. İmamoğlu vd. (2019) farklı toprak özelliklerini dikkate alarak yapmış oldukları çalışmada toprak kabuk oluşumu değerini 1.40 ile 89.70 arasında belirleyerek, alanın bir kısmının kabuk oluşumu açısından yüksek düzeyde olduğunu ifade etmiştir.

İncelenen özellikler arasında TK, SN, Silt ve SSI normale en yakın dağılım kum, kil, EC, EO ve KO ise normalden en uzak dağılımı sergilemiştir.

İndis ve Reflektanslar ile Erozyon parametreleri arasındaki ilişkiler

Toprak erozyon duyarlılık parametreleri ile Landsat ve Triplesat uydu verilerinden elde edilen reflektanslar arasındaki korelasyon matrisleri Şekil 2 ve 3'te belirtilmiştir. Toprakların strüktür stabilite indeksi değerleri ile Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri arasında istatistik olarak önemli, pozitif düşük seviyede korelasyonlar elde edilmiştir (r : 0.4, 0.38, 0.39; $p < 0.05$) (Şekil 4). NIR bandı ile arasında bir korelasyon belirlenmemiştir. Agregat stabilitesi ile reflektanslar arasında önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Fakat NIR bandı ile elde edilen reflektans değerleri AS ile diğerlerine göre daha yüksek negatif yönlü bir ilişki sergilemiştir. Benzer durum kabuk oranında da gözlenmiştir. Dispersiyon oranında ise reflektans değerleri ile önemli korelasyonlar belirlenmemişken, en yüksek korelasyon NIR bandı ile pozitif yönlü olarak değerlendirilmiştir. Erozyon oranı ile Red, Green ve Blue bantları arasında istatistiksel olarak önemli olmayan negatif yönlü zayıf bir korelasyon tespit edilmiştir.

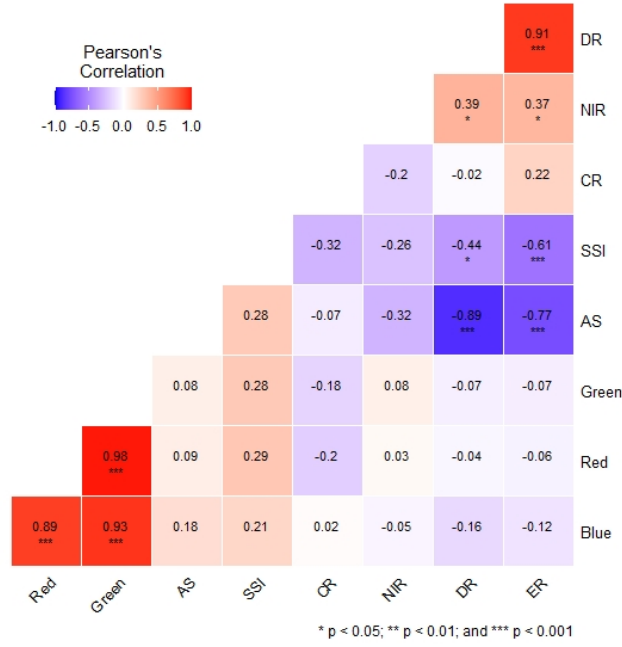


DR: Dispersiyon Oranı, CR: Kil oranı, AS: Agregat Stabilitesi, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, NIR: Yakın Kızılötesi

Şekil 4. Landsat uydu verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisi.

Figure 4. Correlation matrix between reflectance and erosion susceptibility parameters obtained from Landsat satellite data.

Triplesat verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri incelendiğinde (Şekil 5) erozyon duyarlılık parametrelerinden dispersiyon oranı ve erozyon oranı ile NIR bandı reflektansları arasında istatistiksel olarak önemli seviyede pozitif yönlü korelasyonlar tespit edilmiştir (r : 0.39, 0.37; $p < 0.05$). Diğer erozyon duyarlılık parametreleri ile bant reflektansları arasında önemli seviyede ilişkiler elde edilmemiştir. Landsat ve Triplesat bantlarının reflektans değerleri ile toprak özelliklerinin korelasyonları karşılaştırıldığında; Triplesat uydu verilerinden elde edilen NIR reflektansı ile dispersiyon oranı, kabuk oranı, erozyon oranı ve agregat stabilitesi daha yüksek seviyede korelasyon sergilemiştir. Toprakların strüktür stabilitesi ise Landsat uydu verilerinden elde edilen reflektans değerleri ile daha yüksek bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri ile erozyon oranı arasındaki ilişkiler Triplesat uydusu reflektanslarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.



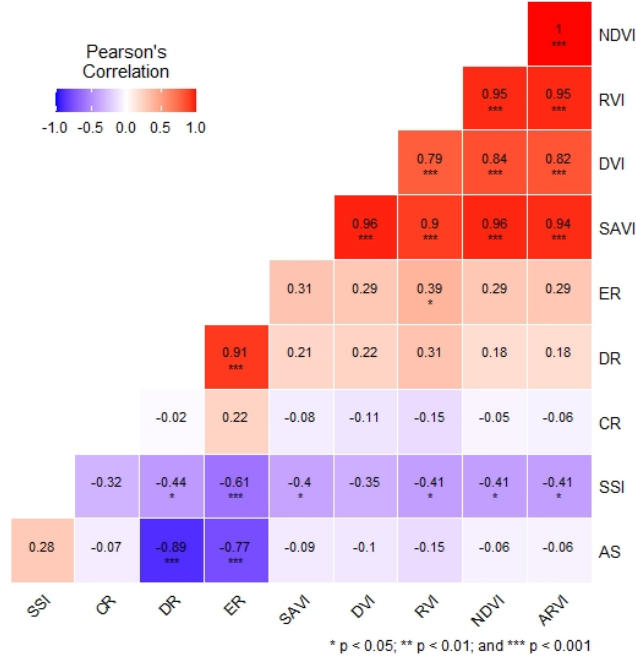
DR: Dispersiyon Oranı, CR: Kil oranı, AS: Agregat Stabilitesi, SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, NIR: Yakın Kızılötesi

Şekil 5. Triplesat verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisi.

Figure 5. Correlation matrix between reflectance and erosion susceptibility parameters from triplesat data.

Toprak erozyon duyarlılık parametreleri ile Landsat ve Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler arasındaki korelasyon matrisleri Şekil 4 ve 5'te belirtilmiştir. Toprakların strüktür stabilite indeksi ile Landsat uydu verilerinden elde edilen SAVI, RVI, NDVI ve ARVI indisleri arasında negatif yönlü istatistiksel olarak önemli korelasyonlar belirlenirken ($r: -0.4, -0.41, 0.41, 0.41; p < 0.05$), (Şekil 6). DVI indisi ile yine pozitif yönlü fakat istatistiksel olarak önemli olmayan bir ilişki tespit edilmiştir. Toprakların agregat stabilitesi ve kabuk oranı özellikleri ile indisler arasında önemli seviyede korelasyonlar elde edilmemiştir. Erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile indisler arasında daha yüksek pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir. RVI indisi ile toprakların erozyon oranı arasında pozitif yönlü istatistiksel olarak önemli seviyede korelasyon bulunmuştur ($r: 0.39; p < 0.05$). Agregat stabilitesi toprakta suyun hareketini etkileyen (Kunhikrishnan et al., 2012), organik karbonun depolanması ve stabilize edilmesini (Kodešová et al., 2008) sağlayan katkıları nedeniyle, toprağın korunması ve çevresel fonksiyonlarının sürdürülmesinde temel faktörlerden birisidir (Hanke & Dizk, 2017).

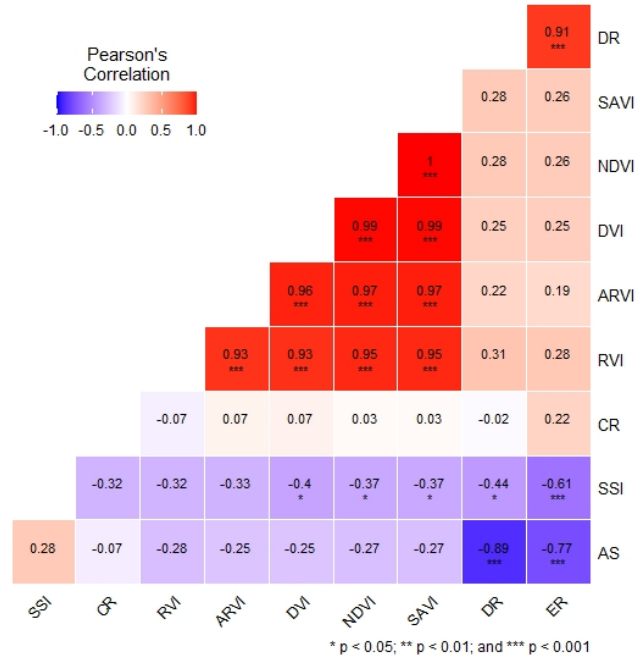
Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler ile strüktür stabilitesi ve agregat stabilitesi arasında negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. AS ile ilişkiler Landsat uydu görüntüsündeki değerlere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise yersel çözünürlüğün daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Strüktür stabilitesi ile DVI, NDVI ve SAVI indisleri arasında istatistik olarak önemli, zayıf korelasyon belirlenmiştir ($r: -0.4, -0.37, -0.37, -0.44; p < 0.05$). RVI ve ARVI indisleri ile SSI arasında önemli seviyede olmasa da düşük, negatif yönlü korelasyonu elde edilmiştir. Kabuk oranı ile indeksler arasında bir ilişki belirlenemezken dispersiyon oranı ve erozyon oranında düşük istatistik olarak önemli olmayan korelasyonlar elde edilmiştir (Şekil 7). SAVI'nin, uzaktan algılama verilerinden üretilen dinamik toprak-bitki örtüsü sistemlerini tanımlayan önemli bir parametre olduğu belirtilmektedir (Huete, 1988). Phinzi & Ngetar (2017) tarafından Güney Afrika'nın Umzimvubu bölgesinde aşırı derecede aşınmış bir havzada Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak NDVI, SAVI ve SARVI vejetasyon indisleri ile toprak erozyonunun mekansal dağılımını haritalamak ve vejetasyon indislerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada; toprak erozyonunun mekansal dağılımını başarılı bir şekilde haritalandırıldığı ve SAVI için 0.64, NDVI için 0.60 ve SARVI için 0.59 kappa değerleri elde edilmiştir. Ayrıca SAVI'nin havza seviyesinde toprak erozyonunun haritalanması diğerlerine göre en uygun vejetasyon indisi olduğu çalışma sonucunda elde edilmiştir. Karaburun (2010), NDVI değerlerini kullanarak erozyon hesaplarında kullanılan C faktörünün hesaplanabileceğini belirtmiştir.



SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, CR: Kil oranı, DR: Dispersiyon Oranı, ER: Erozyon Oranı, SAVI: Ayarlanmış Toprak Bitki İndeksi, AS: Agregat Stabilitesi, DVI: Fark Bitki İndeksi, RVI: Oran Bitki İndeksi, NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, ARVI: Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi

Şekil 6. Landsat uydu verilerinden elde edilen indisler ile toprak erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri.

Figure 6. Correlation matrices between indices obtained from Landsat satellite data and soil erosion susceptibility parameters.



SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, CR: Kil oranı, DR: Dispersiyon Oranı, ER: Erozyon Oranı, SAVI: Ayarlanmış Toprak Bitki İndeksi, AS: Agregat Stabilitesi, DVI: Fark Bitki İndeksi, RVI: Oran Bitki İndeksi, NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, ARVI: Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi

Şekil 7. Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler ile toprak erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri.

Figure 7. Correlation matrices between indices obtained from Triplesat satellite data and soil erosion susceptibility parameters.

SONUÇ

Samsun ilinin Vezirköprü ilçesinde yürütülen bu çalışmada farklı uydu görüntülerinden elde edilen indis verileri ile toprağın bazı erozyon parametreleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; Landsat ve Triplesat bantlarından elde edilen indis ve reflektans değerleri ile toprak özelliklerinin korelasyonları karşılaştırıldığında; strüktür stabilitesi için her iki uydu indislerinde benzer korelasyonlar elde edilmiştir. Ayrıca kullanılan indislerden NDVI, SAVI ve ARVI' nin toprak erozyonuna karşı direnç gösteren bazı toprak özelliklerini belirlemede etkili olduğu görülmüştür. Bu indisler dikkate alındığında bitki yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda erozyon direncinin de yüksek olduğu söylenebilir. Bu nedenle bitki örtüsünün korunmasının yanında iyileştirilmesine yönelik uygulamalar da geliştirilmelidir. Toprakların AS içerikleri ile Triplesat uydu görüntülerinden elde edilen indislerde, erozyon oranında ise Landsat uydu görüntülerinden elde edilen indisler ile daha yüksek ilişkiler değerlendirilmiştir. Kabuk oranı, erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile her iki uydu verisinde benzer ilişkiler tespit edilmiştir.

Çalışma uydu görüntülerine ait indislerin toprak erozyonunun yönünü belirlemede etkili bir parametre olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışma sonucunda erozyon problemleri olan bölgelerin uydu görüntüleri ve bazı toprak özelliklerini de kullanarak oluşacak tehlikelerin önceden önlenilebileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama uygulamaları, toprak erozyonunun incelenmesi ve yönünün belirlenmesi açısından her geçen gün önemi artan bir uygulama haline gelmiştir.

KAYNAKLAR

- Aiello, A., M. Adamo & F. Canora, 2015, 'Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLED and USPED at river basin scale in southern Italy', Catena, 131: 174-185.
- Akalan, İ., 1974. Toprak ve su muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 532, Ankara.
- Alaboz, P., O. Dengiz., S. Demir & H. Şenol, 2021. Digital mapping of soil erodibility factors based on decision tree using geostatistical approaches in terrestrial ecosystem. Catena, 207, 105634.
- Allafta, H. & C. Opp, 2022. Soil erosion assessment using the RUSLE model, remote sensing, and GIS in the Shatt Al-Arab basin (Iraq-Iran). Applied Sciences, 12 (15): 7776.
- Anonymous, 2023. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. "Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017". <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/erozyon%20belgeleri/EROZYON%20EYLEM.pdf> (Erişim Tarihi: 22.07.2023)
- Aşkın, T., 1997. Ordu İli Toprakların Strüktürel Dayanıklılığının ve Aşınımaya Duyarlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 53 s.
- Bayramin, I., O. Dengiz., O. Başkan & M. Parlak, 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Bey pazarı area. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27 (2): 105-116.
- Bryan, R.B., 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma, 2 (1): 5-26.
- Celilov, C. & O. Dengiz, 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6 (3): 242-256.
- Das, G., 2008. Hydrology and Soil Conservation Engineering: Including Watershed Management. PHI Learning Pvt. Ltd. New Delhi, 552 p.
- Dengiz, O., A. İmamoğlu., F. Saygın., C. Göl., S. Ediş & A. Doğan, 2014. İnebolu Havzası'nın Icona Modeli İle Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (2): 136-142.
- Eraslan, S., A. İmamoğlu., A. Coşkun., F. Saygın & O. Dengiz, 2016. İnebolu Havzası topraklarının erozyon duyarlılıklarını belirlenmesinde agregat ve strüktür stabilite durumları, arazi örtüsü ile olan ilişkileri. Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13 (14): 779-794.
- Fenta, A.A., A. Tsunekawa., N. Haregeweyn., M. Tsubo., H. Yasuda., T. Kawai., K. Ebabu., M.L. Berihun., A.S. Belay & D. Sultan, 2021. Agroecology-based soil erosion assessment for better conservation planning in Ethiopian river basins. Environ. Res. 195, 110786. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110786>.

- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No. 201, 225 s.
- Hanke, D. & D.P. Dick, 2017. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a toposequence under Araucaria Forest. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41. 0.
- Huete, A. R. & H. Q. Liu, 1994, 'An error and sensitivity analysis of the atmosphere- and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS', *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32 (4): 897-905.
- Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25 (3): 295-309.
- Irmak, A., 1968. Toprak İlimi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121, 292 s.
- İmamoğlu, A. & O. Dengiz, 2020. Komşu iki mikro havzada erozyon duyarlılık değerlerinin arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlı değişimin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 8 (1): 53-60.
- İmamoğlu, A., S. Eraslan, A. Coşkun., F. Saygın & O. Dengiz, 2018. Farklı toprak özelliklerine bağlı toprak kabuk oluşumu. *Türk Coğrafya Dergisi*, (71): 47-52.
- Jie, C., C. Jing-zheng., T. Man-zhi & G. Zhi-tong, 2002. 'Soil degradation: a global problem endangering sustainable development', *Journal of Geographical Science*, 12 (2): 243-252.
- Kanar, E. & O. Dengiz, 2015. Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2): 123-134.
- Karaburun, A. 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcemece watershed. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3: 77-85.
- Karagöktaş, D. & T. Yakupoğlu, 2014. Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2 (1): 6-12.
- Karaş, E., İ. Oğuz., E. Türkseven & Keskin, S. 2009. Sakarya-Porsuk-Sarısu-Havzasında CORINE, LEAM ve USLE metodolojilerinin kullanılarak erozyon risk haritalarının hazırlanması. *Konya*, 1: 16-18.
- Kebede, Y.S., N.T. Endalamaw., B.G. Sinshaw & H.B. Atinkut, 2021. Modeling soil erosion using RUSLE and GIS at watershed level in the upper beles, Ethiopia, *Environ. Challenges*. 2, 100009. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2020.100009>
- Kodešová, R., M. Kočárek., V. Kodeš., J. Šimůnek & J. Kozák, 2008. Impact of soil micromorphological features on water flow and herbicide transport in soils. *Vadose Zone Journal*, 7 (2): 798-809.
- Koirala, P., S. Thakuri., S. Joshi & R. Chauhan, 2019. Estimation of soil erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences*, 9 (4): 147.
- Kunhikrishnan, A., N. S. Bolan., K. Müller., S. Laurenson., R. Naidu & W. I. Kim, 2012. The influence of wastewater irrigation on the transformation and bioavailability of heavy metal (loid) s in soil. *Advances in Agronomy*, 115: 215-297.
- Lal, R. & W. Elliot, 1994. Erodibility and erosivity. In R. Lal (Ed.), *Soil Erosion Research Methods* (2nd ed., pp. 181-210). Delray Beach: St. Lucie Press.
- Lal, R., 1994. *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Lucie Press, Florida, 340 p.
- Le Roux, J.J., T. L. Morgenthal., J. Malherbe., D. J. Pretorius & Sumner, P. D. (2008). Water erosion prediction at a national scale for South Africa. *Water Sa*, 34 (3): 305-314.
- Lei, X., W. Chen., M. Avand., S. Janizadeh., N. Kariminejad., H. Shahabi., A. Shirzadi & A. Mosavi, 2020. GIS-based machine learning algorithms for gully erosion susceptibility mapping in a semi-arid region of Iran. *Remote Sensing*, 12 (15): 2478.
- Leo, W. M., 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Science*, 96 (5): 342-346.
- Li, J., W. Zhao & X. Zhang, 2010. "The application of remote sensing data to assess soil erosion". In: 2010 International Conference on Multimedia Technology, IEEE, 1-4 pp.
- Mallants, D., B.P. Mohanty., D. Jacques & J. Feyen, 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161 (3): 167-181
- Mathieu, R., C. King & Y. Le Bissonnais, 1997. Contribution of multi-temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index: the case of the loamy plateau of northern France. *Soil Technology*, 10 (2): 99-110.

- Mezaal, M.R. & B. Pradhan, 2018. An improved algorithm for identifying shallow and deepseated landslides in dense tropical forest from airborne laser scanning data. *Catena*, 167:147-159.
- Micheletti, N., L. Foresti., S. Robert., M. Leuenberger., A. Pedrazzini., M. Jaboyedoff & M. Kanevski, 2014. Machine learning feature selection methods for landslide susceptibility mapping. *Mathematical Geosciences*, 46 (1): 33-57.
- Miller, W.P. & M.K., Baharuddin, 1987. Interrill erodibility of highly weathered soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 18: 933-945.
- Mushi, C.A., P.M. Ndomba., M.A. Trigg., R.M. Tshimanga & F. Mtalo, 2019. Assessment of basin-scale soil erosion within the Congo River Basin: a review. *Catena*. 178: 64-76.
- Naghbi, S.A. & H.R. Pourghasemi, 2015. A comparative assessment between three machine learning models and their performance comparison by bivariate and multivariate statistical methods in groundwater potential mapping. *Water Resources Management*, 29 (14): 5217-5236.
- Ngatunga, E.L.N., R. Lal & A.P. Uriyo, 1984. Effect of surface management on runoff and soil erosion from some plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33: 1-12.
- Olivoto, T. & A.D.C. Lúcio, 2020. Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11 (6): 783-789.
- Özdemir, M.A. & S.T. Dönmez, 2016. CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1): 1-21.
- Özdemir, N., C. Gülser, İ. Ekberli & S. Özkaptan, 2005. Toprak Düzenleyicilerinin Asit Toprakta Strüktürel Dayanıklılığa Etkisi. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2): 151-156.
- Özdemir, N., E. Öztürk & Ö.T. Kop Durmuş, 2015. Erozyona duyarlılık ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (2): 182-188.
- Özdemir, N., E. Öztürk., Ö.T. Kop Durmuş & İ. Ekberli, 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science* 4 (4): 220-300.
- Öztürk, E. & N. Özdemir, 2020. Organik düzenleyici uygulanması toprakta erozyonla oluşacak toprak kaybının tahmini. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8 (2): 167-175.
- Parlak, M, Y. Yiğini & H. Ekinci, 2014. Çanakkale Umurbey Ovası Topraklarının Erozyona Duyarlılığının Mevsimsel Değişimi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 123-131.
- Phinzi, K. & N. S. Ngetar, 2017. Mapping soil erosion in a quaternary catchment in Eastern Cape using geographic information system and remote sensing. *South African Journal of Geomatics*, 6 (1): 11-29.
- Pieri, C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. IRAT, Paris, 444 pp
- Pourghasemi, H. R., S. Yousefi., A. Kornejady & A. Cerdà, 2017. Performance assessment of individual and ensemble data-mining techniques for gully erosion modeling. *Science of the Total Environment*, 609: 764-775.
- Pourtaghi, Z.S., H.R. Pourghasemi., R. Aretano & T. Semeraro, 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecological Indicators*, 64: 72-84.
- Saygın, F., O. Dengiz., S. İç & A. İmamoğlu, 2019. Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 82-91
- Senanayake, S., B. Pradhan., A. Huete & J. Brennan, 2020. A review on assessing and mapping soil erosion hazard using geo-informatics technology for farming system management. *Remote Sens.* 12, 4063. <https://doi.org/10.3390/rs12244063>.
- Senanayake, S., B. Pradhan., A. Huete & J. Brennan, 2022. Spatial modeling of soil erosion hazards and crop diversity change with rainfall variation in the Central Highlands of Sri Lanka. *Science of The Total Environment*, 806, 150405.
- Seutloali, K.E., T. Dube & O. Mutanga, (2017). Assessing and mapping the severity of soil erosion using the 30-m Landsat multispectral satellite data in the former South African homelands of Transkei. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 100: 296-304.
- Singh, D., I. Herlin., J.P. Berroir., E.F. Silva & M.M. Simoes, 2004. An approach to correlate NDVI with soil colour for erosion process using NOAA/AVHRR data. *Advances in Space Science Research*, 33 (3): 328-332.

- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, No: 169, 192 s.
- Subramanya, K., 2008. Engineering hydrology. 3rd Ed. New York (NY): Tata McGraw-Hill Education, 451 p.
- Turgut, B. & E.L. Aksakal, 2010. Fiğ Samanı ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprak Aşınım Parametreleri Üzerine Etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11 (1): 1-10.
- Uğurlu, M., 2021. Endüstriyel kenevir tohum üretiminin ekonomik analizi: Vezirköprü örneği. Journal of the Institute of Science and Technology, 11 (özel sayı): 3507-3518.
- Usta, A., 2022. Prediction of soil water contents and erodibility indices based on artificial neural networks: using topography and remote sensing. Environmental Monitoring and Assessment, 194 (10): 1-21.
- Vaidyanathan, N.S., G. Sharama., R. Sinha & O. Dikshit, 2002. Mapping of erosion intensity in the Garhwali Himalaya, International Journal of Remote Sensing, 23 (20): 4125-4129.
- Wilding L.P., 1985. "Spatial Variability: It's Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys". In: Soil Spatial Variability (Eds. D.R. Nielsen & J. Bouma) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 166-194 pp.