

Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanarak RUSLE-C Faktör Haritalarının Oluşturulması: Kırıkkale/Sarıkızlı Havzası

Arif Öztürk¹, Ali Uğur Özcan²

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, 18200, Çankırı

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Planlama ve Tasarımı ABD,18200, Çankırı

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 8 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 23 Kasım 2021

DOI: <https://doi.org/10.53516/ajfr.992673>

*Sorumlu yazar:

auozcan@karatekin.edu.tr

ÖZ

Peyzaj bozulmalarına sebep olan en önemli fiziksel etkiler arasında erozyon başta gelmektedir. Toprak kayıpları sonucunda birçok habitat etkilenebilmektedir. Erozyon sonucu bozulmuş peyzajların iyileştirilmesi için toprak kayıplarının dağılımının ve miktarının bilinmesi gerekmektedir. Yenilenmiş Evrensel Toprak

Kayı Eşitliği (RUSLE) toprak kayıplarının tahmin edilmesin de kullanılan matematiksel bir modeldir. Bu çalışmada, Sarıkızlı Çayı havzasında uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak RUSLE modeli parametrelerinden olan bitki yönetim faktörünün (C faktör) aylık olarak tahmin edilmesi ve haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. RUSLE-C faktör değerleri uydu görüntülerinden Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) haritaları üretilerek ve sonra üstel regresyon eşitliği kullanılarak mekânsal olarak hesaplanmıştır. RUSLE-C faktörü en düşük haziran ayında $0,24 \pm 0,20$, en yüksek aralık ayında $0,75 \pm 0,18$ değerini almıştır. RUSLE-C faktörün en önemli özelliği değişiminin izlenmesi ile hassas alanların belirlenmesi ve de toprak koruma önlemlerinin nasıl alınması gerektiği konusunda yardımcı olmasıdır. Sonuç olarak, uzaktan algılama/CBS/erozyon model entegrasyonu ile peyzaj bozulmalarının mekânsal olarak daha hızlı sürede belirlenmesi onarımın daha hızlı, ekonomik ve doğru olarak yapılmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj bozulması, erozyon, C Faktör, NDVI, RUSLE

Araştırma Makalesi

Creation of RUSLE C Factor Maps Using Remote Sensing Techniques: Kırıkkale/Sarıkızlı Basin

ABSTRACT

Erosion is one of the most important physical mechanisms causing landscape degradation. Many habitats can be affected as a result of soil losses. It is necessary to know the distribution and amount of soil losses in order to improve landscapes degraded by erosion. The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) is a mathematical model used to estimate soil losses. In this study, it is aimed to estimate and map the cover management factor (C factor), which is one of the parameters of the RUSLE model, on a monthly by remote sensing and Geographic Information System (GIS) in the Sarıkızlı basin. For RUSLE-C factor value, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) map was produced from satellite images and then spatially calculated using an exponential regression equation. RUSLE-C factor has the lowest value of 0.24 ± 0.20 in June and the highest value of 0.75 ± 0.18 in December. The most important feature of the RUSLE-C factor is that it helps in determining the areas sensitive to degradation by monitoring the change and how to take soil conservation measures. As a result, the spatial determination of landscape degradation in a faster time with remote sensing/GIS /erosion model integration will enable the reclamation to be done faster, economically, and accurately.

Keywords: Landscape degradation, erosion, C Factor, NDVI, RUSLE

Bu makaleye atf:

Öztürk, A., Özcan, A.U., 2021. Uzaktan algılama teknikleri kullanarak RUSLE-C faktör haritalarının oluşturulması: Kırıkkale/Sarıkızlı Havzası. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 7(2): 143-151.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

1. Giriş

Erozyon dünya için olumlu veya olumsuz birçok etkiye sahiptir. Ruhe (1969)'ye göre en temel çıkarım yer şekillerinin çoğunun erozyonun ürünü olduğudur. Bu yüzden peyzajın şekillenmesinde büyük ölçüde erozyonun tasarımı bulunmaktadır. Bununla birlikte, birçok olumsuz etkiye de sahiptir. Artık tartışılan sadece toprakların taşınması değil, toprağın içerisindeki kimyasalların ve gübrelerin taşınmasıdır (Morgan, 2009). Bu hem tarım alanlarında verim azalmasına (Bogunovic ve ark., 2018) hem de biriktiği göl/göletlerde sucül ortamların yaşamına tehdit oluşturmaktadır. Yine önemli bir sorun ise toprakların erozyonla denize taşınmamasıdır. Daha çok akarsuların üzerine kurulan barajlarda birikmekte ve ekonomik olarak barajın ömrünü kısaltmakta ve enerji üretimini azaltmaktadır (Saygın ve ark., 2014; Özcan, 2016; Aga ve ark., 2018).

Erozyonun azaltılması için peyzaj onarımı, planlanması ve yönetiminde (Şahin ve Kurum, 2002; Berberoğlu ve ark., 2020; Pena ve ark., 2020; Özcan ve Aytas, 2020) ya da toprak koruma önlemlerinin alınmasında (Panagos vd, 2016) farklı matematiksel modeller kullanılmaktadır. Toprak kayıplarının belirlenmesine yönelik en çok kullanılan model Yenilenmiş / Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (USLE/RUSLE)'dir (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard, 1997). RUSLE, yağışların erozyon oluşturma gücü (R), toprakların erozyona karşı duyarlılık (K), eğim uzunluğu (L), eğim dikliği (S), arazi kullanımı ve arazi örtüsü (C) ve arazi yönetimi (P) faktörü olmak üzere altı değişkenin çarpılması ile tahmin edilmektedir (Wischmeier ve Smith, 1978). RUSLE'nin basit yapısını oluşturan formülde C ve P faktörleri arazi kullanım türlerine, R, K, L ve S faktörleri ise ekolojik durumlara bağlı olarak değişmektedir (Özcan ve ark., 2008). RUSLE modeli sadece taşınan toprağın konumsal dağılımını ve miktarını değil aynı zamanda erozyonun azaltılması veya toprakların korunması için peyzaj desenine nasıl bir müdahalenin yapılması gerektiği konusunda da kullanılmaktadır (Zare ve ark., 2017; Benavidez, 2018; Özcan ve Aytas, 2020; Pinar ve ark., 2020). Modelde, ürün veya bitkisel örtü yönetimi, peyzaj onarımı için erozyonu azaltmakta en kolay şekilde yönetilebilen koşulları temsil ettiğinden, politika ve arazi kullanımı kararlarıyla ilgili en önemli planlama araçlarından biri olarak gösterilebilir (Maetens ve ark., 2012; Biddoccu ve ark., 2016; Mukharamova ve ark., 2021).

USLE/RUSLE'yi oluşturan değişkenlerde olduğu gibi C faktörü de, arazi yüzeyi tamamen temizlenmiş ve üzerinde hiçbir artık ve örtünün bulunmadığı parsellerle karşılaştırılmasına dayanan ve Toprak Kayıpları Oranı (TKO) olarak isimlendirilen sapma

kavramına sahiptir (Renard ve ark., 1997). Renard ve ark. (1991)'e göre RUSLE-C faktörü belki de en önemli RUSLE faktörüdür çünkü erozyonu azaltmak için en kolay yönetilebilen koşulları temsil etmektedir (Panagos ve ark., 2015). Wischmeier (1975) ve Mutchler ve ark. (1985) tarafından yapılan çalışmalar, bitkisel örtü yönetiminin toprak kayıpları üzerindeki genel etkisinin bir seri alt değişkenler ile ifade edilebileceğini göstermiştir. Vejetasyon kapalılığı ve yönetim faktörü de olan bu değişken, toprak kayıplarının azaltılması üzerine tarımsal yönetimlerinde, ürün ve yönetim uygulamalarının etkilerini kapsamaktadır (Wang ve ark., 2002). RUSLE-C faktörü hesaplamak için, doğal yağış altında deneysel toprak erozyon grafiklerini kullanmak gerekir, ancak bu çalışmalar pahalı ve zaman alıcıdır (Mohammed ve ark., 2020). Bu yüzden çoğu çalışmada Amerika Birleşik Devletleri için geliştirilen C faktör değerleri (Wischmeier ve Smith, 1978) kullanılmaktadır. Bununla birlikte; USLE/RUSLE-C faktörü özellikle tarım alanlarında (Wischmeier and Smith, 1978; Laflen ve Colvin, 1981; Angima ve ark., 2003; Gabriels ve ark., 2003; Golosov ve ark., 2021), tarım alanlarına göre daha az olmakla birlikte mera (Gabriels ve ark., 2003; Schmidt ve ark., 2018; Özcan ve Aytas, 2020), ağaçlandırma alanları (Cinnirella ve ark., 1998), ormanlar (Özhan ve ark., 2005; Hacısalihoğlu, 2010; Saygın ve ark., 2014) ve kompleks arazilerde (Ismail ve Ravichandran, 2008; Zhou ve ark., 2008; Panagos ve ark., 2015; Maltsev ve Yermolaev, 2020; Polykretis ve ark., 2020) belirlenmiştir.

RUSLE-C faktörünün hesaplanmasında kullanılan bir diğer bir yaklaşım, uzaktan algılama yöntemleridir (Almagro ve ark., 2019; Lense ve ark., 2020; Özcan ve Aytas, 2020). RUSLE-C Faktör uzaktan algılama ile belirlenen arazi kullanımlarına göre değişkene değer verilerek (Erdoğan ve ark., 2007; Özcan ve ark., 2008; Demirci ve Karaburun, 2012; Ganasri ve Ramesh, 2016; Mohammed ve ark., 2020) veya NDVI gibi bitki örtüsü indeksleri ile doğrusal (Durigon ve ark., 2014) ve üstel regresyon (Van der Knijff ve ark., 2000; Vatandaşlar ve Yavuz, 2017; Schmidt ve ark., 2018; Yavuz ve Tufekcioglu, 2019; Özcan ve Aytas, 2020) eşitlikleri kullanılarak hesaplanabilmektedir (Tanyaş ve ark. 2015). Bununla birlikte uzaktan algılama verilerinden tahmin edilen RUSLE-C Faktör değerleri, ölçülen verilerden elde edilen değerleriyle karşılaştırılmamıştır ve bu durum, toprak erozyonu tahminlerine ilişkin belirsizlikler oluşturabilmektedir (Oliveira ve ark., 2015).

Bu çalışmada, yarıkurak bir iklim bölgesinde bulunan Kırıkkale/Sulakyurt Barajı'nın alt kollarından birisi olan Sarıkızlı Havzası'nda uzaktan algılama/CBS teknikleri kullanılarak RUSLE-C

faktör değerlerinin hesaplanması ve mekânsal analizinin yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca, büyük alanlarda peyzaj bozulmalarına karşı onarım çalışmalarında ve toprak-su korumaya yönelik eylemlerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir rehber oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Kırıkkale ili Sulakyurt ilçesinde, Karagüney Dağları'nın kuzeye bakan yamaçlarında ve Sulakyurt Barajı'na bağlanan en önemli kollardan biri olan Sarıkızlı Çayı havzasıdır ve yaklaşık 106 km²'dir (Şekil 1). Çalışma alanı içerisinde Faraşlı, Kalekişla, Ağaylı ve Sarıkızlı olmak üzere dört köy bulunmaktadır. Morfolojik yapı engebeli olup 730 ile 1370 metre (Ortalama 1061,69±139,23 m) arasında rakımlara, 0 ile 78 derece (Ortalama 11,17±8,38 derece) arasında eğimlere sahiptir. Kırıkkale ili yarı kurak bir iklime sahip olsa da Karagüney Dağlarının etkisi ile havza yarı nemli iklime daha yakındır. Yıllık ortalama yağış miktarı 389 mm civarında olup büyük bir kısmı bahar ve kış aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık bütün yıl için 12,7 °C en sıcak ayın ortalaması temmuz ayında 21 °C ve en soğuk ayın ortalaması ocak ayında 0,8 °C'dir (MGM, 2019). Çalışma alanının büyük bir kısmında konglomera, marn, kumtaşı ve kiltası ardaşanmasından oluşan Kızılırmak Formasyonu hakimdir. Bununla birlikte Faraşlı ve Kalekişla köyleri arasında Faraşlı volkanikleri bazaltlardan oluşan mostra vermektedir.

Peyzaj desenini tarım alanı, orman, mera, bağ-bahçe ve yerleşim alanları oluşturmaktadır. Çalışma alanının büyük bir kısmı tarım, orman ve mera alanlarından oluşmaktadır. Çalışma alanında nadaslı olarak yapılan tarımsal deseni *Triticum aestivum* L. (Buğday), *Hordeum vulgare* L. (Arpa), *Helianthus annuus* L. (Ayçiçeği) oluşturmaktadır. Yine alanda, akarsu kenarları genel olarak meyvelik, bahçe ve bağ olarak kullanılmaktadır. Çalışma alanını floristik yönden önemli kılan yapı doğal yayılışı dışında en büyük kalıntı *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (Anadolu Palamut Meşesi) ormanın bulunmasıdır. Bu ağaçların bir kısmı mevcut tarım alanlarının içinde kalmış ve %10-40 arasında düşük kapalılığa sahip park orman olarak tanımlanacak bir yapı oluşturmuştur. Alanın güneyini 900 metreden 1350 metreye kadar ormanlar oluşturmaktadır. Alçak rakımlarda *Quercus pubescens* Willd. (Tüylü meşesi) ve 1150 metrelerden sonra *Quercus cerris* L. var. *cerris* (Saçlı meşesi) meşçereleri 10 metreye kadar boylanmış kapalı ormanlar oluşturmaktadır. Yine orman içerisindeki düzlüklerde tarım alanları mevcuttur.

2.2. Yöntem

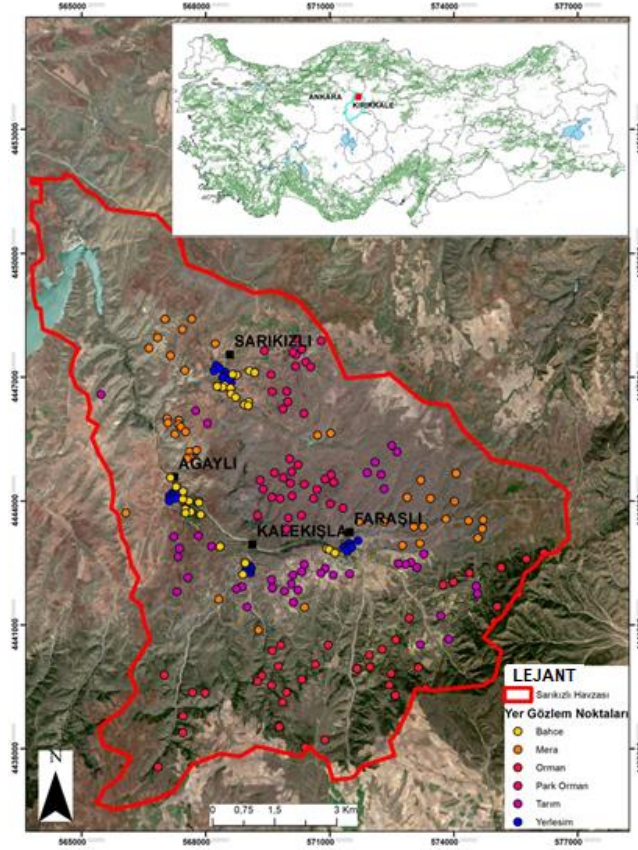
Bitki örtüsü, toprak erozyon riskini kontrol eden birincil faktördür. Genelde bitki örtüsü, yağmur damlalarının toprak yüzeyine çarpmasından önce yağmur damlasının kinetik enerjisini azaltır ve toprağı bir arada tutarak ayrışmayı engellemektedir. RUSLE C Faktörün hesaplanmasında; Önceki Arazi Kullanımı (PLU), Kanopi Örtüsü (CC), Yüzey Örtüsü (SC), Yüzey Pürüzlülüğü (SR) ve Toprak Nemi (SM) olmak üzere beş alt değişken kullanılmaktadır (Renard ve ark., 1997). Değişken 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Çalışma kapsamında C Faktörün hesaplanabilmesi için Copernicus Veri ve Bilgi Giriş Servisi'den (DIAS) bulutluluk oranları göz önünde bulundurularak Ocak-Aralık 2018 arasında her ay için olmak üzere 12 Sentinel 2B görüntüsü elde edilmiştir. Sentinel 2B uydu görüntüsünden NDVI hesaplamak için kullanılan görünür (bant 4 Kırmızı, 0,665 µm) ve yakın kızılötesi bantlar (bant 8 NIR, 0,842 µm) 10 metre çözünürlüğe sahiptir. NDVI, Eşitlik (1) yardımıyla ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$NDVI = \left(\frac{N - R}{N + R} \right) \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de R, spektrumun görünür ($\lambda \sim 0,6 \mu\text{m}$) ve N, yakın kızılötesi (NIR) ($\lambda \sim 0,8 \mu\text{m}$) bölgeleri üzerinden ortalama yüzey yansımalarını temsil eder (Carlson ve Ripley, 1997). NDVI değeri -1 ile 1 arasında değişir ve yeşil biyokütle miktarı ile pozitif olarak ilişkilidir. Elde edilen NDVI değerlerinden, Van der Kniff ve ark. (2000) tarafından geliştirilen üstel eşitlik kullanılarak RUSLE-C faktör değeri yine ArcGIS 10.5 yazılımı ile konumsal olarak hesaplanmıştır.

$$C = \exp \left[-\alpha \frac{NDVI}{\beta - NDVI} \right] \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de, α ve β regresyon katsayılarıdır. Van der Kniff ve ark. (2000), α için 2 değerinin ve β için 1 değerinin uygun bir sonuç olabileceğini belirtmiştir. Orman, mera, kuru tarım alanları, bahçeler, yerleşim alanları ve Anadolu Palamut Meşe ormanını içeren ve park orman olarak tanımlanan altı farklı arazi kullanımı için 35 ile 40 adet arasında yer kontrol noktası tesis edilmiştir. (Şekil 1). Yer kontrol noktaları arazide el tipi Küresel konum belirleyici (GPS) yardımı ile toplanmıştır. Çalışmada WGS84 coğrafi projeksiyon sistemi kullanılmıştır. SPSS 23.0 istatistik yazılımı yardımıyla her bir arazi kullanımı için bütün aylara ait temel istatistik ve korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konum haritası (Sentinel 2B Uydu Görüntüsü).

3. Bulgular ve Tartışma

Sulakyurt Barajı Havzasının 106 km² alanı ile Sarıkızlı Çayı Alt Havzası'nda 2018 yılı için uzaktan algılama/CBS yöntemleri kullanılarak Bitkisel Ürün Yönetim Faktörü aylık olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı için öncelikli C faktör değerleri konumsal olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Orman, mera, kuru tarım alanları, bahçeler, yerleşim alanı ve park orman olmak üzere altı farklı arazi kullanımı için 35 ile 40 adet arasında yer kontrol noktaları alınarak hem doğrulamaları yapılmış hem de her bir arazi kullanımı için temel istatistik analizler gerçekleştirilmiştir. NDVI değerleri -1 ile 1 arasında değerler almıştır. En yüksek NDVI değerlerini baraj gölü ve karlı alanlar almıştır. Aylara göre bakıldığında RUSLE-C Faktör ortalamasının en düşük olduğu ay $0,24 \pm 0,20$ değeri ile Haziran, en yüksek olduğu ay $0,75 \pm 0,18$ değeri ile Aralık ayıdır. Yang ve ark. (2020) uzaktan algılama ile yaptıkları çalışmada bitki örtüsü büyüme döngüsü veya mevsim etkisi ile ortalama TKO değerlerinin yaz ile kış arasında yaklaşık iki kata kadar oranının arttığını göstermiştir. İç Anadolu'da genel olarak vejetasyon süresi mart ayının ikinci yarısında başlayıp kasım ayına kadar devam etmektedir. Elde edilen değerler

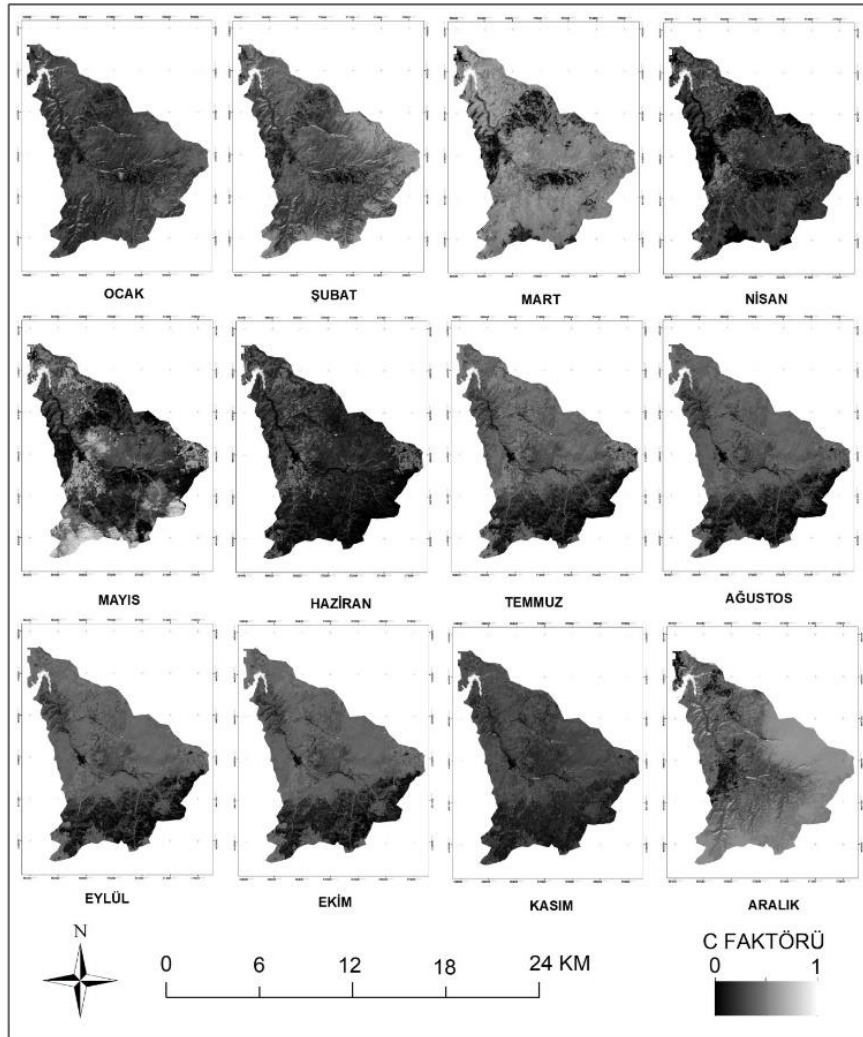
İç Anadolu'nun vejetasyon süresi ile tutarlıdır (Şekil 2).

Çalışma alanında en yüksek RUSLE-C faktör değerini yerleşim alanları almıştır. Yerleşim alanlarında C faktör 0,47 ile 0,76 arasında değerlere sahip olmuştur. Normalde RUSLE-C faktör değerlerinin çok yüksek olması gerekmektedir. Fakat kırsal alanlarda evlerin bahçelerinin bulunması bu değerlerin daha düşük çıkmasına yol açmıştır. Nitekim C Faktör yerleşim yeri olmasına rağmen mart ayı gibi düşmeye başlamış ve nisan ayında en düşük seviyelere gerilemiştir. Bu bilgi aslında iki önemli hedef ortaya koymuştur. Bunlardan birincisi, toprak kayıplarının tahmin edilmesinde bina yoğunluğuna dikkat edilerek kırsal veya kentsel alanlarda katsayıların belirlenmesidir. İkincisi yerleşim alanlarında uygulanacak arazi yönetim, planlamalarında veya toprak koruma çalışmalarında vejetasyon örtüsünün artırılması hedeflenmelidir (Kirkby ve ark., 2008). Hudson ve Jackson (1959) toprak yüzeyindeki vejetasyonun miktarına bağlı olarak gerçekleşen sediment taşınımı ve yüzeysel akışın arttığını (vejetasyonla kaplı tarım alanlarına nazaran çıplak arazilerde %80 artış olduğunu) belirtmektedir. Gözden kaçmaması gereken önemli bir durum da çalışma alanında olduğu gibi genel olarak

İç Anadolu’da yerleşim alanlarının, dere yataklarına veya kenarlarına kurulmasıdır. Bu da koruma önlemlerinin bütün alan için yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Çalışma alanında yer alan tarım alanlarında kuru tarım yapılmakta ve tahıl üretimi gerçekleştirilmektedir. Tarım alanlarında RUSLE-C faktör değeri $0,23 \pm 0,24$ ile $0,72 \pm 0,24$ arasında ortalamaya sahiptir. En düşük olduğu ay $0,23 \pm 0,24$ ile haziran ayıdır (Şekil 2). Mart ile temmuz arasında en düşük değerlere sahiptir. Bunun en büyük sebebi bölgede hasat zamanının haziran ayı sonunu olmasıdır. Özcan ve Aytaş (2020) İç Anadolu’da kuru tarım alanları için benzer değerler elde etmiştir. Genel olarak katsayıların yüksek çıkmasının ana sebeplerinden biri de her iki yılda bir tarım alanlarının nadasa bırakılmasıdır. Çalışmanın ortaya koyduğu en önemli bulgulardan bir tanesi Anadolu Palamut Meşelerinin dağınık halde bulunduğu ve park orman olarak tanımlanan tarım alanlarından elde edilmiştir. Bu alanlarda RUSLE-C Faktör $0,23 \pm 0,09$ ile $0,73 \pm 0,12$ arasında değerler

almıştır. Tarım alanları ile üzerinde meşe bulunan tarım alanları karşılaştırıldığında öncelikli olarak tarım alanları daha yüksek ve geniş aralıkta RUSLE-C Faktör değerlerine sahiptir. İkincisi ise park orman olarak tanımlanan tarım alanlarında, hasadın gerçekleştiği haziran ayından kasım ayına kadar olan sürede meşelerin kapalılığından dolayı daha düşük RUSLE-C Faktör değeri meydana gelmiştir. Çalışma alanı için özellikle kuru tarım alanları erozyon için en çok dikkat edilmesi gereken alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kuru tarım alanlarının çevresinde veya içinde bulunan ağaçların erozyona karşı koruyuculuk etkisi nadas durumu da göz önünde bulundurulduğunda dikkat çekicidir. Bu sonuçlar, toprak koruma yöntemleri için, kuru tarım alanlarının içerisinde veya çevresinde yapılacak olan ağaçlandırmaların koruyucu etkisini ortaya koymaktadır. Elbette, kalıntı orman olarak bulunan Anadolu Palamut Meşesi Ormanının korunması için daha ciddi önlemlerin alınması gerektiği aşikârdır (Özcan, 2021).



Şekil 2. Aylara göre RUSLE-C faktörünün konumsal dağılım haritası

Meralarda en düşük RUSLE-C faktör değeri $0,23\pm 0,084$ ile haziran ayında, en yüksek $0,81\pm 0,17$ ile aralık ayında gerçekleşmiştir. Çalışma alanında meralar tarım yapılmayacak kadar eğimli alanlarda bulunmaktadır. Ayrıca bu alanlar ciddi bir koruma sorunuyla karşı karşıya kaldığı için çok fazla derecede tahribata uğramıştır. Meralarda RUSLE-C Faktör hesaplamasında kullanılan NDVI değerlerinin düşük olmasının sebebi, bitki kapalılığının bazı alanlarda %30'ların altına düşmesinden kaynaklanabilir.

Orman alanları havzanın güneyinde ve 1050 metreden başlayarak 1370 metreler kadar dağılım göstermektedir. Orman alanları için RUSLE-C Faktörün en düşük olduğu değer $0,064\pm 0,068$ ile haziran ayında ve en yüksek değer $0,85\pm 0,05$ ile aralık ayıdır. İtalya da yapılan daha önceki çalışmalar, NDVI görüntülerinden C faktörünün tahmin edilmesinin özellikle ormanlık alan ve meralar için gerçekçi olmayan yüksek C değerlerine neden olabileceğini göstermiştir (Van der Knijff ve ark., 2000). Bunun en büyük sebeplerinden biri kar örtüsüdür. Çünkü kar örtüsü, NDVI değerlerinin düşük çıkmasına yol açmaktadır (Yıldız ve ark. 2012). Genel olarak RUSLE-C faktör değerlerinin kasım-şubat ayları arasında yüksek çıkmasının ana sebebi alanın kar ile örtülü olmasıdır. Ayrıca mayıs ayında ormanların olduğu yüksek kesimlerdeki kar yağışının da etkisi C faktörde açıkça görülebilmektedir. Aynı şekilde aylar arasındaki korelasyon incelendiğinde birbirini takip eden aylar arasında artan bir ilişki bulunmuştur. Korelasyon analizi sonucuna göre şubat-mart (0,629) ve nisan-mayıs (0,631) ayları arasındaki ilişki diğer ilişkilerden daha düşük bir değere sahiptir. Mart ayında vejetasyonun başlamasından dolayı normal bir eğilim mevcutken, mayıs ayında kar örtüsünün etkisinden söz edilebilmektedir.

NDVI, uzaktan algılama teknikleriyle RUSLE-C faktörünün belirlenmesinde sıklıkla kullanılmasına rağmen, diğer çalışmalar arasında faktörün değerinin birbirinden küçük farklılıklarının sebebi kullanılan denklemlerden kaynaklanmaktadır (Purevdorj ve ark., 1998; Van der Knijff ve ark., 2000; Karaburun, 2010, Zivotic ve ark., 2012). Yine de RUSLE-C faktörü için kullanılan denklemler NDVI ile ilişkili olduğundan, regresyon denklemleri arasında çok fazla fark olması olası değildir. Faktörün değerinin daha iyi belirlenmesindeki asıl önemli olan unsur, uydu görüntülerinin zamansal temsiliyetindedir. Özcan ve Aytaş (2020) arazi kullanımları, tarımsal desen ve yağış bilgilerini değerlendirerek RUSLE-C faktör değerlerinin belirlenmesinde İç Anadolu için mart ile ekim arasında yer alan zaman aralığındaki uydu görüntülerinin daha iyi yansıtacağını göstermiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bozulmuş alanlarda, özellikle mevcut iklim değişikliği ve gelecekteki su krizi ışığında, toprak erozyonunun etkilerini tersine çevirmek için büyük bir toprak koruma politikası gerekmektedir. Toprak kaybının ana nedeni, toprağın nasıl korunacağına dair bilgi eksikliği değil, gerekli politikaların alınmasında etkili bir yönetim mekanizmasının oluşturulamamasıdır. Türkiye iklim ve topografik özellikleri nedeniyle erozyona yatkındır. Bunun yanında nüfus artışı, sanayileşme ve birçok nedenden dolayı erozyon süreci artış göstermektedir. Toprak ve su koruma amaçlı birçok araştırma ve koruma projeleri yürütülmektedir. Koruma önlemlerinin ya da planlamanın başarılı olabilmesi için doğru ve güncel veri alt yapısına sürekli olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Toprak ve su korumaya yönelik planlamalarda öncelikli hedefin veri toplamak ve alt yapının oluşturulması olduğu çok iyi bilinmektedir. Eko-hidrolojik özellikleri model, yersel, laboratuvar, uzaktan algılama teknikleri gibi yöntemler kullanarak tespit edilebilir olanakları artmaktadır. Bu yöntemler arasında en hızlı-ucuz-güvenilir-kullanılabilir olanların seçilerek ülke şartlarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Elbette, Türkiye’de çok fazla ekolojik farklılıklar bunun yanında insan etkili arazi kullanım farklılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle Türkiye’nin tamamını temsil edebilecek modellerin oluşturulması oldukça zordur. Toprak ve su korumaya yönelik planlamaların veya peyzaj onarım kararlarının temelinde bozulmaya yol açan süreçleri ve etkileyen faktörlerin ortadan kaldırılması yatmaktadır. Özellikle yerel ölçeklerde, klasik planlama yaklaşımları ile bozulmaya yönelik tahmin modellerinin entegrasyonu, korumaya yönelik yapılacak olan uygulamaların konumsal olarak odaklanabileceği alanları vermekle kalmayıp aynı zamanda müdahalenin düzeyini, yöntemini ve ekonomik tahminini de sağlayacaktır. Özellikle zamansal olarak uydu görüntüleri ile bitki kapalılıklarının takip edilmesi toprak ve su koruma da daha hızlı kararların alınmasına yardımcı olacaktır. Son olarak, bu çalışmada kullanılan yöntem, toprak kayıplarının tahmin edilmesinde sadece bir parametreyi temsil etmektedir. Amacımız peyzaj deseninin zamansal ve konumsal olarak erozyon üzerindeki etkisini uzaktan algılama yöntemleri kullanarak ortaya koymaktır. Elbette diğer değişkenler ile beraber değerlendirilerek peyzaj onarım önlemlerinin alınması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Bilgilendirme

Bu yayın, Arif Öztürk tarafından Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında hazırlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Aga, A. O., Chane, B., Melesse, A. M., 2018. Soil erosion modelling and risk assessment in data scarce rift valley lake regions, Ethiopia. *Water*, 10(11), 1684.

Almagro, A., Thomé, T. C., Colman, C. B., Pereira, R. B., Junior, J. M., Rodrigues, D. B. B., Oliveira, P.T.S., 2019. Improving cover and management factor (C-factor) estimation using remote sensing approaches for tropical regions. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(4), 325-334.

Angima, S. D., Stott, D. E., O'Neill, M. K., Ong, C. K., Weesies, G. A., 2003. Soil erosion prediction using RUSLE for Central Kenyan Highland conditions. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 97, 295-308.

Benavidez, R. A., 2018. Understanding the effect of changing land use on floods and soil erosion in the Cagayan de Oro catchment, (Unpublished doctoral dissertation), Victoria University of Wellington, New Zealand.

Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., Donmez, C., 2020. Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 1-22.

Biddoccu, M., Ferraris, S., Opsi, F., Cavallo, E., 2016. Long-term monitoring of soil management effects on runoff and soil erosion in sloping vineyards in Alto Monferrato (North-West Italy). *Soil and Tillage Research*, 155, 176-189.

Bogunovic, I., Pereira, P., Kistic, I., Sajko, K., & Sraka, M., 2018. Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena*, 160, 376-384.

Carlson, T. N., Ripley, D. A., 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252.

Cinnirella, S., Iovino, F., Porto, P., Ferro, V., 1998. Anti-erosive effectiveness of Eucalyptus coppices through the cover management factor estimate. *Hydrological processes*, 12(4), 635-649.

Demirci, A., & Karaburun, A., 2012. Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed,

northwest Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 66(3), 903-913.

Durigon, V., Carvalho, D.F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., Fernandes, M. M., 2014. NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453.

Erdogan, E. H., Erpul, G., & Bayramin, İ., 2007. Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semiarid agricultural watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1), 153-161.

Gabriels, D., Ghekiere, G., Schiettecatte, W., Rottiers, I., 2003. Assessment of USLE cover-management C-factors for 40 crop rotation systems on arable farms in the Kemmelbeek watershed, Belgium. *Soil and Tillage Research*, 74(1), 47-53.

Ganasri, B. P., & Ramesh, H., (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7(6), 953-961.

Golosov, V. N., Collins, A. L., Dobrovolskaya, N. G., Bazhenova, O. I., Ryzhov, Y. V., & Sidorchuk, A. Y., 2021. Soil loss on the arable lands of the forest-steppe and steppe zones of European Russia and Siberia during the period of intensive agriculture. *Geoderma*, 381, 114678.

Hacısalıhoğlu, S., Mert, A., Negiz, M. G., Muys, B., 2010. Soil loss prediction using universal soil loss equation (USLE) simulation model in a mountainous area in Aglasun district, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(24), 3589.

Hudson, N. W., Jackson, D. C., 1959. Results achieved in the measurement of Erosion and Run-off in Southern Rhodesia. In *Conférence interafricaine sur les sols*. 3, 575-583.

Ismail, J., Ravichandran, S., 2008. RUSLE2 model application for soil erosion assessment using remote sensing and GIS. *Water Resources Management*, 22(1): 83-102.

Karaburun, A., 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1), 77-85.

Kirkby, M. J., Irvine, B. J., Jones, R. J., Govers, G. 2008. The PESERA coarse scale erosion model for Europe. I-Model rationale and implementation. *European Journal of Soil Science*, 59(6), 1293-1306.

Laflen, J. M., Colvin, T. S., 1981. Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping. *Transactions of the ASAE*, 24(3), 605-609.

Lense, G. H. E., Moreira, R. S., Bócoli, F. A., Avanzi, J. C., Teodoro, A. E. D. M., Mincato, R. L., 2020. Estimation of sediments produced in a subbasin using the Normalized Difference Vegetation Index. *Ciência e Agrotecnologia*, 44.

- Maetens, W, Vanmaercke, M, Poesen, J, Jankauskas, B, Jankauskiene, G, Ionita, I., 2012. Effects of land use on annual runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean: A meta-analysis of plot data. *Progress in Physical Geography*, 36(5), 599-653.
- Maltsev, K., & Yermolaev, O., 2020. Assessment of soil loss by water erosion in small river basins in Russia. *Catena*, 195, 104726.
- Mohammed, S., Alsafadi, K., Talukdar, S., Kiwan, S., Hennawi, S., Alshihabi, O., ... & Harsanyie, E., 2020. Estimation of soil erosion risk in southern part of Syria by using RUSLE integrating geo informatics approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100375.
- Morgan, R. P. C., 2009. Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons.
- Mukharamova, S., Saveliev, A., Ivanov, M., Gafurov, A., & Yermolaev, O., 2021. Estimating the Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Part of Russia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), 645.
- Mutchler, C. K., McDowell, L. L., Johnson, J. R., 1985. Erosion from reduced-till cotton. In *Proceedings of the 1985 Southern Region No-Till Conference*, Griffin, GA pp. 156-158.
- Oliveira, P. T. S, Nearing, M. A., Wendland, E., 2015. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40(11), 1524-1532.
- Ozcan, A. U., Erpul, G., Basaran, M., & Erdogan, H. E., 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—Cankırı, Turkey. *Environmental Geology*, 53(8), 1731-1741.
- Özcan, A. U., 2016. CBS ve RUSLE teknolojisi yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti su toplama havzasında toprak kayıplarının tahmin edilmesi. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 668-674, Ankara.
- Özcan, A. U, Aytaş, İ., 2020. Effects of soil erosion on doline lake degradation within karst landscapes: Bakkal Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(140).
- Özcan, A. U., 2021. Sulakyurt Kalıntı Anadolu Palamut Meşesi (*Quercus ithaburensis* Decne subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt.) Ormanı, tehditler ve koruma önerileri. *Turkish Journal of Forestry*, 22(1), 8-16.
- Özhan, S, Balcı, N, Özyuvacı, N, Hızal, A, Gökbulak, F. ve Serengil, Y., 2005. Cover and management factors for the universal soil loss equation for forest ecosystems in The Marmara Region, Turkey. *Forest and Ecology Management*, 214, 118–123.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L., 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land use policy*, 48, 38-50.
- Panagos, P., Balbatio, C., Monatanarella, L., 2016. Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database. *Geoderma*. 261, 110-123.
- Panagos, P, Imeson, A, Meusburger, K, Borrelli, P, Poesen, J, Alewell, C., 2016. Soil conservation in Europe: wish or reality? *Land Degradation & Development*, 27(6), 1547-1551.
- Pena, S. B, Abreu, M. M., Magalhães, M. R., Cortez, N., 2020. Water erosion aspects of land degradation neutrality to landscape planning tools at national scale. *Geoderma*, 363, 114093.
- Pınar, M. Ö., Şahin, S., Madenoğlu, S., Erpul, G., 2020. Derinöz Baraj Havzası'nda şiddetli erozyon alanlarının belirlenmesi ve rezervuar sediment yükünün hesaplanması. *Su Kaynakları*, 5(2), 16-23.
- Polykretis, C., Alexakis, D. D., Grillakis, M. G., & Manoudakis, S., 2020. Assessment of intra-annual and inter-annual variabilities of soil erosion in Crete Island (Greece) by incorporating the Dynamic “Nature” of R and C-Factors in RUSLE modeling. *Remote Sensing*, 12(15), 2439.
- Purevdorj, T. S., Tateishi, R., Ishiyama, T., Honda, Y., 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19(18), 3519-3535.
- Renard, K. G., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Government Printing.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Porter, J. P., 1991. RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(1): 30-33.
- Renard, K. G, Foster, G. A, Weesies, D. A., McCool, D. K, Yoder, D. C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning with The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *Agriculture Handbook No. 703*. USDA, Washington, DC.
- Ruhe, R. V., 1969. Quaternary landscapes in Iowa: Ames. Iowa State University Press, 2, 55.
- Saygın, S. D, Ozcan, A. U, Basaran, M., Timur, O. B, Dolarslan, M., Yılmaz, F. E, Erpul, G., 2014. The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 71(4), 1605-1618.
- Schmidt, S., Alewell, C., Meusburger, K., 2018. Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and

management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland. *Remote Sensing of Environment*, 211, 89-104.

Şahin, Ş., Kurum, E., 2002. Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study—Seyhan Köprü Dam construction. *Journal of Environmental Management*, 66(3), 239-247.

Tanyaş, H, Kolat, Ç, Süzen, M. L., 2015. A new approach to estimate cover-management factor of RUSLE and validation of RUSLE model in the watershed of Kartalkaya Dam. *Journal of Hydrology*, 528, 584-598.

Van der Knijff, J. M. F., Jones, R. J. A., Montanarella, L., 2000. Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau, European Commission.

Vatandaşlar, C., & Yavuz, M., 2017. Modeling cover management factor of RUSLE using very high-resolution satellite imagery in a semiarid watershed. *Environmental Earth Sciences*, 76(2), 65.

Wang, G., Wentz, S., Gertner, G.Z., Anderson, A., 2002. Improvement in mapping vegetation cover factor for the universal soil loss equation by geostatistical methods with Landsat Thematic Mapper images. *International Journal of Remote Sensing*, 23(18), 3649-3667.

Wischmeier, W. H., 1975. Estimating the soil loss equations cover and management factor for undisturbed areas. Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, 118-124.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration, USA.

Yang, X., Zhang, X., Lv, D., Yin, S., Zhang, M., Zhu, Q., ... and Liu, B., 2020. Remote sensing estimation of the soil erosion cover-management factor for China's Loess Plateau. *Land Degradation & Development*, 31(15), 1942-1955.

Yavuz, M., Tufekcioglu, M., 2019. Estimating surface soil losses in the mountainous semi-arid watershed using RUSLE and geospatial technologies. *Fresenius Environ Bull*, 28(4), 2589-2598.

Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E., Akbaş, F., 2012. Türkiye bitki örtüsünün NDVI verileri ile zamansal ve mekansal analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 50-56.

Zare, M., Samani, A. N., Mohammady, M., Salmani, H., & Bazrafshan, J., 2017. Investigating effects of land use change scenarios on soil erosion using CLUE-s and RUSLE models. *International journal of environmental science and technology*, 14(9), 1905-1918.

Zhou, P., Luukkanen, O., Tokola, T., Nieminen, J., 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. *Catena*, 75(3), 319-325.

Zivotic, L., Perovic, V., Jaramaz, D., Dordevic, A., Petrovic, R., Todorovic, M., 2012. Application of USLE, GIS, and remote sensing in the assessment of soil erosion rates in southeastern Serbia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21, 1929–1935.