

[810]

ADANA-ÇAKIT HAVZASI KARAIŞALI ÖRNEĞİNDE EROZYON RİSKİNİN SAPTANMASI ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Ozan ARTUN¹ Akın Oğuz DİNÇ²

¹ Çukurova Üniversitesi, Karaisalı Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 01770 Adana-TURKEY

² Çukurova Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330 Adana-TURKEY

ÖZET

Bu çalışmada USLE/RUSLE, modifiye Morgan-Morgan Finney(mMMF) ve revize G2 toprak kayıpları tahmini yöntemleri kullanılarak, çalışma alanının geçmişten günümüze arazi kullanımının ve bu arazi kullanımının erozyonla ilişkisinin araştırılması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Adana ili Karaisalı ilçesi sınırları içinde bulunan Çakıt havzasında bulunan 100 km²'lik 1 çalışma alanında yürütülmüştür.

Çalışmada seçilen alanlara ait, aynı aylara ve farklı yıllarda olan Landsat uydu görüntüsü seti, havza alanı için hazırlanmış haritalar, çeşitli araştırma sonuçları, raporlar meteorolojik veriler, istatistik bilgiler ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen bilgiler kullanılmıştır.

Çalışma alanının 3 farklı toprak kayıp yöntemiyle saptanan potansiyel erozyon riski, arazi çalışmalarında elde edilen veriler, Landsat uydu görüntüsü seti uydu görüntüsü kullanılarak ayrı ayrı bulunmuştur. Çalışmada 2011 yılında geliştirilen, yeni bir model olan G2 modeli test edilmiş ve bu model seçilen diğer erozyon modelleriyle karşılaştırılmıştır.

Her üç modelin de amaç doğrultusunda yeterli detaya sahip olduğu belirlenmiş erozyon haritalarının üretilmesi için bu modellerin uygulanabilir olduğu bulunmuştur. Çalışma alanına en uygun modelin ise RUSLE modeli olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Erozyon, RUSLE, mMMF, revize G2, Adana

ABSTRACT

RESEARCHES ON THE DETERMINATION OF EROSION RISK IN ADANA-ÇAKIT BASIN: KARAIŞALI CASE STUDY

Aim of this study is to investigate the relationship between soil erosion and land use in the study area by using the application of the USLE / RUSLE, modified Morgan-Morgan Finney (mMMF) and revised G2 methods, land use from past to today and GIS. The study was conducted a one study area covering 100 km² area in Cakit Basin at the Karaisalı town of Adana province.

The set of Landsat satellite imagery that belong the same months in different years, existing maps of study area, research reports, meteorological and statistical data and the information obtained from field studies were used to produce potential and actual erosion risks maps and soil loses.

By using three different soil loss methods comperatively, soil loss from the study area will be determined by the data obtained from field studies and Landsat satellite image set. In the study the new model G2 that was developed in 2011, is applied to the study area and comparisions are made between G2 model with the other selected models.

It was concluded that all of the models possess sufficient details for the purpose of determination of erosion conditions and were applicable in order to determine erosion maps. RUSLE model was found the most suitable model for the two study areas.

Keywords: Erosion, RUSLE, mMMF, revised G2, Adana

1.GİRİŞ

Toprak, yeryüzünde yaşayan tüm canlılara çeşitli yönleriyle fayda sağlayan, günümüzde ulaşılan yüksek teknolojik seviyeye rağmen üretilmesi mümkün olmayan ve yenilenmesi binlerce yıl gerektiren dinamik bir yapıdır. İnsanlar tarımsal amaçlar için toprağı işlemeye başladıklarından itibaren, toprak kaybı süreci de başlamış ve giderek bu kayıp hızlanmıştır. Erozyon, toprak kütlelerinden bireysel parçacıkların koparılması ve bu parçacıkların akan su ve rüzgar gibi taşıyıcı vasıtalarla taşınmasından oluşan iki faz ve taşıma için yeterli enerjinin bittiği yerde birikmenin oluştuğu üçüncü fazdan ibaret bir olaydır. Erozyonun oluşumundaki tek unsur insan değildir. İnsanlar zaten var olan, doğa tarafından kontrol edilen ve olumlu bir olgu olan erozyon olayını kontrolsüz/olumsuz hale getiren bir güçtür.

Ülkemiz topoğrafik yapısı ve yağış karakteristiği nedeniyle erozyonun şiddetli olarak görüldüğü ve yoğun risk altında yer alan topraklara sahiptir. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı verilerine göre, Türkiye topraklarının %73'ü şiddetli erozyon tehlikesine maruzdur. Rüzgâr ve yağmur, verimli toprakları sürükleyerek, baraj göllerine, akarsu yataklarına ve denizlere taşımaktadır. Ülke yüzeyinden bir yılda kaybedilen toprak miktarı yaklaşık 1,4 milyar tondur. Sadece tarım alanlarından kaybedilen verimli toprak miktarı ise yaklaşık 500 milyon ton/yıldır (Anonim, 2012). Bu topraklarla birlikte mineral ve organik madde de kaybedilmektedir. Erozyonla kaybedilen bir başka değer ise sudur. Kaybolan toprak yüzeyinden her yıl yaklaşık 50 milyar m³ yağış depolanmamaktadır. Çoraklaşan toprağı ıslah etmek, drenajını sağlamak, kirlenen toprağı temizlemek teorik olarak mümkün olmakla beraber bir kez erozyonla kaybedilmiş toprağı yerine geri getirmek, ya da çeşitli yerleşimler ve tesisler için elden çıkmış arazileri yeniden tarım alanına dönüştürmek, pratik olarak olanaksızdır. Toprak canlı bir ortam olarak her şeyi ile birlikte ancak orijinal haliyle ve yerinde iken değerlidir. Bu nedenle toprağı oluştugu yerde tutmak, suyu da toprağı eriştiği noktada yarayışlı duruma geçirmek büyük önem taşıyan asıl amaçtır (Anonim, 2012).

Erozyon iklim karakteristikleri, topoğrafya, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi faktörler tarafından kontrol edilir ve bu faktörlerin birbirleri ile olan ilişkisi ve etki derecesinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla günümüze kadar laboratuvar ve arazi koşullarında birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda değişkenler kaydedilerek, en uygun ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri içeren istatistikî metodlarla araştırılmıştır (Morgan, 1991). Bu araştırmalar sonucu erozyonun belirlenmesinde ve toprak kayıplarının tahmininde kullanılacak değerlerin, küresel yerine bölgesel çalışmalardan sağlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde erozyon çalışmalarında, laboratuvar koşulları daha kontrollü hale gelmiştir. Arazi çalışmaları ise otomasyona sahip ölçüm cihazlarıyla yapılabilmektedir. Ayrıca erozyonu belirlemede kullanılan modeller için gerekli olan parametrelerin sayısal halde depolanması ve matematiksel ilişkiler yardımıyla erozyonun tahmini yüksek bir doğrulukla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Yöntemleri kullanılarak yapılabilmektedir.

Erozyon konusunda yapılan araştırmalar incelendiğinde, son 30 yıldır uydu görüntülerinin kısmen ya da tamamen kullanıldığı birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Birçok yer gözlem uydusu gezegenimizin yüzey görüntülerini elde etmek amacıyla dünyanın yörüngesinde bulunmaktadır ve bu uydulardan erozyonu değerlendirmek için bir çok faydalı bilgi elde edilebilmektedir. Landsat-1,2,3,4,5,7, SPOT-1,2,3,4, IRS-1-A,B,C, Terra, NOAA/TIROS, IKONOS, Quickbird uyduları erozyon çalışmaları için kullanılan başlıca uydular olarak sayılabilir. Landsat uyduları, sağladıkları uzun süreli data serileri nedeniyle erozyon çalışmalarında hala en yaygın kullanılan uydulardır. Landsat uydusunun yersel çözünürlüğü 30 m.dir ve büyük ve orta ölçekli dereler üzerinde çalışmalar için oldukça yeterlidir. Bununla birlikte günümüzde yersel çözünürlüğü 1 m. olan IKONOS, yersel çözünürlüğü 0,61 m. olan Quickbird ve yersel çözünürlüğü 0,46 m. olan WorldView-2 gibi çok daha yüksek çözünürlüklü uydular mevcut olup, erozyon çalışmalarındaki tekil, küçük ölçekli özellikleri tespit ve izlemede bu uydulara ait görüntülerin daha başarılı olduğu belirtilmektedir (Vrieling, 2005).

1.1.Erozyon Modellemesi

1.1.1.RUSLE (Revize Üniversal Toprak Kayıpları Tahmini Denklemi) Modeli

Revize Üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (RUSLE) erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir.

Denklem aşağıda belirtilen faktörlerin çarpımından ibarettir:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Formül 1'de bulunan R (Yağış faktörü) yağışın akışa dönüşmesiyle oluşturduğu toprağı taşıma etkisidir. Toprağın aşınmaya duyarlılık faktörü (K) bir toprak karakteristiği olarak, toprağın erozyon güçleri tarafından ayrılma ve taşınmasına olan hassasiyetinin bir ölçüsüdür (Renard ve ark. 1997). Eğim faktörü (LS) eğim derecesi ve eğim uzunluğu gibi topoğrafik etkiyi temsil etmektedir. Bitki yönetim faktörü (C), ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon oranları üzerindeki etkisini yansıtmak için kullanılmaktadır. Toprak koruma önlemleri faktörü (P) özel bir destek uygulaması ile toprak kaybının eğim doğrultusunda toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranıdır (Renard ve Foster 1983).

1.1.2.Modifiye Morgan-Morgan-Finney Modeli

Çalışmada toprak kayıplarını tahmin etmek için 2. erozyon modeli olarak Morgan ve ark.(1984) tarafından geliştirilen (MMF) ve daha sonra Morgan tarafından yeniden düzenlenen modifiye edilmiş Morgan-Morgan-Finney (mMMF) Metodu (2001) kullanılmıştır. mMMF modeli su fazı ve sediment fazı olmak üzere iki fazdan oluşmaktadır.

Su fazı

Su fazı, toprak kütlesi ve yüzey akış hacminden toprak zerrecilerinin parçalanmasında yağış enerjisinin etkisinin belirlendiği fazdır. Su fazının hesabında erozif yağış yoğunluğu (I , mm h^{-1}), yıl içindeki yağışlı günlerin sayısı toplamı (R_n) ve Yıllık yada ortalama yıllık yağış (R , mm) verileri gereklidir. Yağış kinetik enerjisi (E , J m^{-2}), yıllık yüzey akış (Q , mm) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

$$E=R(11,9+8,7\log I) \quad (2)$$

$$R_c=1000.MS.BD.EHD(E_t/E_o) \quad (3)$$

$$R_o=R/R_n \quad (4)$$

$$Q=R\exp(-R_c/R_o) \quad (5)$$

Eşitlikte; MS (% w/w) Tarla kapasitesindeki nem miktarını, BD (Mg m^{-3}) Üst toprak katmanının kütle yoğunluğunu, RD (m) toprak derinliğini niteleyen köklenme derinliğini ve E_t/E_o ise Aktüel evaporasyonun potansiyel evaporasyona oranı ifade etmektedir.

Sediment fazı

Sediment fazı ise, yağış ve yüzey akışa geçen suyun etkisi ile toprak külesinden parçalanmış zerrecilerin yüzey akışa geçen suyun taşıma kapasitesine göre taşınmasından oluşmuştur (Başayığıt, 2002). Modelde yaklaşım parçalanmış ve taşınmış zerrecilerin miktarlarının belirlenerek bu iki değer birbirleri ile karşılaştırılmasına dayanır. Su etkisi ile parçalanma (H) ve Yüzey akışın taşıma kapasitesi (TC) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

$$H=Z.Q^2.SinS.(1-GC).10^{-3}, \text{Kg/m}^2 \quad (6)$$

$$TC= C.Q^{1.5}.SinS.10^{-3}, \text{Kg/m}^2 \quad (7)$$

Eşitlikte; Z toprağın direncini, Q yüzey akışla oluşan parçalanmayı, S eğim büyüklüğünü, GC yüzeyin örtülme oranını ifade etmektedir. Bitki örtü faktörü (C) ise RUSLE modelinin C ve P faktörlerinin çarpımına eşittir.

Eğer bir alanda parçalanmış toprak zerrecisi için belirlenen değer taşınma için belirlenen değerden daha az ise yıllık toprak kaybı parçalanma için bulunan değerdir.

1.1.3.Revize G2 Modeli

G2 Modeli, Panagos ve Ark., (2011) tarafından oluşturulmuş, üniversal toprak kayıpları tahmini denklemi (USLE) ile benzerlik gösteren ampirik bir modeldir. G2 modeli, RUSLE modelinde olduğu gibi, sadece uzun vadede yağışa bağlı erozyon miktarını (t/ha cinsinden) tahmin etmekte, birikme ya da sedimentasyon bu model ile değerlendirmemektedir (Panagos ve Ark., 2011.) Revize G2 modeli, Panagos ve Ark., (2013.) Girit'te yaptıkları bir çalışmada, daha önce ürettikleri G2 modelini revize ederek oluşturulmuştur. Bu revize sayesinde revize G2 modeli hem USLE modelinin hem de Gavrilovic modelinin ampirik arka planını kullanma avantajına ulaşmıştır. Revize G2 modelinde kullanılan genel formül aşağıdaki gibidir:

$$E= \left(\frac{R}{V} \right) . S . \left(\frac{T}{I} \right) \quad (8)$$

Formül 5'de bulunan R (Yağışın erozyon yaratma faktörü) faktörü, RUSLE modelindeki R faktörü ile aynıdır. V (Vejetasyon koruma faktörü) belirli bir bitki yönetim sistemi altındaki arazideki sürekli nadas altında oluşan toprak kaybını ifade eder. S (Toprak Erodibilitesi faktörü) RUSLE modelindeki K faktörü ile aynıdır. T (Topoğrafik etki faktörü) RUSLE modelindeki LS faktörüdür. G2 modeli uygulamasında, uydu görüntülerinin koruma faktörü yaklaşımı oluşturulmasında kullanılabileceği düşünülmektedir. Revize G2 modelinde I (Eğim uzunluğu) faktörü kullanılacak uydu görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak elde edilmektedir.

1.2.Materyal ve Metod

Çalışma, Çakıt havzasında seçilen $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ 'lik 1 adet alanda yürütülmüştür (Şekil 1.). Çalışma alanının genel sınırları güneyde $34^\circ 30'$ (Akdeniz), kuzeyde $37^\circ 50'$ (Pozantı Dağı kapsayan) kuzey enlemleri ile, batıda $34^\circ 15'$ (Ulukışla batısı), doğuda $35^\circ 20'$ (Adana doğusu) doğu boylamlarını kapsamaktadır. Son 50 yıldan bu yana doğal bitki örtüsü tahrip edilerek tarıma açılma bu bölgede tipik bir özellik olarak görülmektedir. Çukurova, eski adıyla

Kilikya; Adana, Mersin, Osmaniye ve Hatay illerini içine alan Güney Anadolu'daki coğrafi, ekonomik ve kültürel bir bölgedir. Çukurova batıda Anamur'dan başlamakta olup Akdeniz boyunca doğuya doğru uzanmakta, en kuzeyde Tufanbeyli'ye kadar genişlemekte, İskenderun Körfezi'ni kuşatmakta, güneyde Erzin'e dönmekte ve son olarak da Suriye sınırındaki Yayladağı'nda son bulmaktadır. Çekirdek alanı ise batıda Mersin'i, kuzeyde Kozan'ı, doğuda Osmaniye'yi ve güneyde Akdeniz'i kaplayan Çukurova düzlüğüdür (Anonim,2012b).

Karaisalı ilçe merkezi Torosların eteklerinde kurulmuştur. Adana'nın kuzeyinde ve şehre 47 km. uzaklıkta olan Karaisalı'nın yüzölçümü 1.775 km²'dir. Denize uzaklığı 93 km. olup ilçe merkezinin denizden yüksekliği 241 m'dir(Anonim,2012b). 1990 sayımına göre toplam nüfusu 37.584 olup, 7.235'i ilçe merkezinde 30.349'u köylerde yaşamaktadır. Merkez bucağına bağlı 51, Çatalan bucağına bağlı 22 köyü vardır (Anonim,2012c). Karaisalı İlçe topraklarının kuzeyinde Aladağlar, orta kesiminde hafif engebeli alanlar, güneyinde Çukurova yer alır. İlçenin başlıca akarsuları Seyhan Nehri, Çakıt Suyu, Körkün ve Eğlence çaylarıdır. Seyhan baraj gölünün bir bölümü ilçe toprakları içinde yer almaktadır (Anonim,2012b).

Karaisalı, engebeli arazinin bittiği Toros dağlarının başladığı yerde kurulmuş, sırtını Toroslara dayamış, ovayı tepeden süzen, engebeyle dağ arasında köprü vazifesi gören bir yerleşim birimidir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Çukurova Bölgesi jeolojisi incelendiğinde bölgenin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle Çukurova bölgesi jeolojisini iki ana grupta incelemek olasıdır. Birinci grupta değişik yaşlı kireçtaşları, konglomera, marn ve benzeri materyalden oluşan yüksek araziler, ikinci grupta ise yakın zamanda depolanmış (Holosen) alüvyal materyaller yer almaktadır (Dinç ve ark.,1989). Karaisalı'da bulunan çalışma alanı, Çukurova bölgesinin batısında bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzeyindeki Toros dağları eşiklerinde yer alan yüksek araziler, farklı jeolojik yapıları birlikte içermektedir. Bu araziler pleistosen'de oluşmuş ve farklı derecelerde kristalizasyona sahip kireç taşları ve ile çeşitli oranda kireçle çimentolaşmış konglomeralardan ibaret eski deniz terasları ve yamaçları şeklinde tanımlanmaktadır(Özbek ve ark.1974). Bununla birlikte aynı yörede kuvaterner yaşlı konglomeralara da rastlanmaktadır(Gürbüz,1984). Ayrıca Kaliş formasyonları bu alanda önemli miktarlara ulaşmaktadır(Çavuşgil,1985). Alanın güneyindeki alüvyal ovanın bazı yörelerinde lokalize olmuş bir grup yüksek arazide dikkatleri çekmektedir. Bunlardan Akdeniz'e komşu Karataş tepeleri Eosen-Oligosen yaşlı kireçtaşları, kumtaşları. Kil taşları ve marn jeolojik materyallerin bir arada bulunmasıyla oluşmuştur (Schmidt, 1961).

Çalışma alanında kolüvyal topraklar, kahverengi orman toprakları ve kırmızı Akdeniz toprakları bulunmaktadır.

Karaisalı, Akdeniz ikliminin özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Bölgede meydana gelen yağışlar, genellikle yamaç yağışları ve gezici hava kütlelerinin karşılaşması ile oluşur(Anonim,2012b). Karaisalı'ya ait T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1970-2012 verileri incelendiğinde en çok ortalama toplam yağış Aralık ayında (142.9 mm.) görülmektedir. En az ortalama toplam yağış ise Ağustos ayında (14.4 mm.) görülmektedir. Karaisalı toplam yağış ortalaması 849.5mm'dir. Özellikle yaz döneminde nem yüklü sıcak bir hava görülür.

Adana ilinin potansiyel doğal bitki örtüsü güneyde Akdeniz kıyılarından başlayarak kuzeyde ve güneydoğudaki yükseltilere kadar farklı formasyonlarla temsil edilmektedir. Bu formasyonlar içerisinde Akdeniz Herdemyeşil Orman Kuşağı Formasyonu, Akdeniz Kıyı Formasyonu, Sub-Mediterran Meşe ve Çam Kuşağı Formasyonu, Sub-humit Akdeniz Kuşağı ve Göknaar-Sedir Kuşağı Formasyonu bulunmaktadır (Akın,2011).

Çalışmada, alana ait sayısal uydu veri seti, standart topoğrafik haritalar, jeolojik haritalar, iklim verileri, orman amenajman haritaları, il arazi varlıkları ve çeşitli kamu kuruluşlarından sağlanan bilgiler kullanılmıştır. Çalışmada materyal olarak çalışma alanı, alana ait haritalar, uydu veri setleri, çalışma alanından alınan toprak örnekleri analiz sonuçları, raporlar kullanılmıştır. Ayrıca haritaları sayısallaştırmada A₀ sayısallaştırıcı ve ARCGIS 10 yazılımı, uydu verilerinin işlenmesinde ve erozyon modellemesine altlık oluşturmada ERDAS 8.6 görüntü işleme yazılımı, verilerin çakıştırılması sorgulanması ve erozyon modellenmesinde ARCGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. Farklı veri formatlarının birbirlerine dönüştürülmesinde ARCGIS 10 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanındaki arazi örtüsü/kullanımı zamansal değişimlerinin belirlenmesi için IDRISI görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada RUSLE modeli R faktörünü elde etmek için Harper (1987)'ya ait eşitlik kullanılmıştır.

$$R = 38,5 + 0,35r \quad (9)$$

Burada;

r : Yıllık ortalama yağıştır (mm.)

RUSLE modelinde kullanılan K faktör değerleri, çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak, Monchareonm K değer üçgeni yardımıyla örnekleme noktaları için bulunmuştur. Bu çalışmada birleştirilmiş LS faktörü Sims (2003)'e göre hesaplanmıştır.

$$LS = (A / 22.13)^{1.6} \times (\sin B / 0.0896)^{1.3} \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (10)$$

Çalışmada C faktörü için yaygın kullanılan eşitliklerden biri olan, Van der Knijff ve ark., (2000)'e ait olan eşitlik kullanılmıştır:

$$C = e^{(-\alpha (NDVI / (\beta - NDVI)))} \quad (11)$$

Bu eşitlikte; α ve β , NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreler. Van der Knijff ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çeşitli denemeler sonunda α ve β için en uygun değerleri sırasıyla 2 ve 1 olarak bulmuşlardır.

RUSLE modelinde P faktörü, eğer toprak korunumuna yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier 1975, Wischmeier ve Smith 1978,). Çalışma alanı incelendiğinde, Türkiye genelinde olduğu gibi toprak korunumuna yönelik uygulamalar ya kısıtlı seviyelerde ya da hiç bulunmadığı gözlemlenmiştir. RUSLE modeli literatür çalışması esnasında, birçok araştırmacının yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini tüm alanlar için 1 olarak aldıkları görülmüştür. Bazı araştırmacılar ise yaptıkları çalışmalarda, P faktörünün değerini, arazi kullanım / arazi örtüsü sınıflarını kullanarak 0-1 değeri aralığında değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmada Prasannakumar ve ark.(2011) yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanım / arazi örtüsü için 0-1 aralığında P faktör değerleri kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada Revize G2 modelindeki R faktörü, RUSLE modelindeki R faktörüdür.

Revize G2 modelinde vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü (V), G2 modelindeki vejetasyon örtüsü ve yönetim faktörü ile aynıdır fakat denklem 12'deki gibi formüle edilmiştir:

$$V = e^{(LU + F_{cover})} \quad (12)$$

V: Vejetasyon koruma (birimsiz ve normalize edilmiş)

F_{cover} : 0-1 aralığına normalize edilmiş vejetasyon katmanı

LU: 1-10 aralığında ampirik arazi kullanım parametresi

Çalışmada F_{cover} değerleri çalışma alanına ait uydu verilerinden sağlanan NDVI'lere göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan LU değerlerinin birkaçı Gavrilo vic tablolarından alınmıştır. Bu çizelgede bulunmayan LU değerleri için ise Panagos ve Ark. (2013) için yaptıkları çalışmada, uzmanlarca yapılan arazi çalışmaları sonucu elde ettiği LU değerleri kullanılmıştır.

Revize G2 modelinde kullanılan S faktörü, RUSLE Modelindeki K faktörüdür. RUSLE ve G2 modeli literatürüne göre toprak erodibilite faktörü (K), belirli koşullar altındaki bir birim arazi üzerinde ölçülen R birimi başına toprak kaybı oranı olarak tanımlanır(Wischmeier parseli).

RUSLE modelinde kullanılan metottan farklı olarak Revize G2 modelinde S faktörü Renard ve ark. (1997)'ye göre hesaplamaktadır:

$$S = \left[\frac{2,1 \cdot 10^{-4} \cdot M^{1,14} \cdot (12 - OM) + 3,25 \cdot (s - 2) + 2,5 \cdot (p - 3)}{100} \right] \cdot 0,1317 \quad (13)$$

M: Tekstürel faktör (100-kil fraksiyonu % olarak)

OM: Organik madde miktarı (% olarak)

s: Toprak strüktürü sınıfı
p: permeabilite sınıfıdır.

Revize G2 modelindeki T faktörü RUSLE literatürüne dayalı olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, RUSLE modeli birleştirilmiş LS faktörü Sims (2005)'e göre hesaplanmıştır. Revize G2 modelinde ise, RUSLE modelinden farklı olarak, G2 modelinde olduğu gibi T faktörü, Moore ve Burch (1986), Desmet ve Govers(1997) tarafından geliştirilen formülle hesaplanmıştır:

$$T = LS = (A_s/22:13)^{0.4} * (\sin \beta / 0.0896)^{1.3} \quad (14)$$

Burada

L: Eğim uzunluğu faktörü,
A_s: Akış birikimi (m),
S: Eğim diklik faktörü
b: Eğim dikliği (rad)'dir.

Revize G2 modeli I faktörünü kullanılacak uydu görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak elde etmektedir. Sobel filtresi (yönsüz kenar filtresi (non-directional edge filter) çoğunlukla kenar tespiti için kullanılmaktadır.

I faktörü revize G2 modelinde, G2 modelinden farklı olarak denklem 15'deki gibi formüle edilmiştir:

$$I = 1 + \sqrt{\frac{S_f}{255}} \quad (15)$$

S_f: (0,255) değer aralığındaki Sobel filtresi

mMMF modeline göre yıllık toplam yağış (R; mm.) ile ifade edilir. Yıllık toplam yağış (R; mm.) ve kalan yağış miktarı indisi (A; 0-1 arası katsayı) kullanılarak etkili yağış (ER) denklem 16'ya göre hesaplanır:

$$ER=R(1-A) \quad (16)$$

A değeri, farklı vejetasyon ve bitki türlerine göre Morgan (1991)'den elde edilmiştir. 1990 yılı yıllık toplam yağışı (R; mm.) 590.5 mm ve 2010 yılı yıllık toplam yağışı (R; mm.) 890.4 mm.'dir.

Ürün örtü faktörü CC çalışma alanına ait NDVI datasından elde edilmiştir. 1990 ve 2010 yılı NDVI datası 0-1 aralığına normalize edilerek CC elde edilmiş ve denklem 17. ve denklem 18.'de kullanılmıştır.

$$LD=ER.CC \quad (17)$$

$$DT=ER-LD \quad (18)$$

Yukarıdaki denklemler yardımı ile 1990 ve 2010 yılları DT değerleri elde edilmiştir.

Kinetik enerji (KE(DT); j/m²) Zanchi ve Torri (1980)'e göre hesaplanmıştır:

$$KE= 9.81 + 11.25 \log_{10} I \quad (19)$$

Çalışma alanı için erosif yağış yoğunluğu (I;mm/h) is taken 30 mm/h.

Leaf drenajının kinetik enerjisinin (KE(LD);J/m²) belirlenmesinde ise Brandt (1990) tarafından geliştirilen bitki örtüsü yüksekliği (PH;m) kullanılmıştır.

$$KE(LD) = (15,8. PH^{0.5})-5.87$$

1990 ve 2010 yılları PH katsayıları, Vigiak (2006)'dan alınmış ve Vigiak (2006)'da olmayanlar ise yapılan arazi çalışmaları sonucu elde edilmiştir. Eğitilmiş sınıflandırma yapılan 1990 ve 2010 yılları datası PH katsayılarına ait değerlere göre recode ederek 1990 ve 2010 yılı için PH değerleri elde edilmiştir.

Etkili yağışın kinetik enerjisi (KE;J/m²) toplam enerjisi aşağıdaki denkleme göre elde edilmiştir:

$$KE = KE(DT) + KE(LD) \quad (21)$$

Yıllık yüzey akışı (Q;mm) aşağıdaki denkleme göre elde edilmiştir:

$$Q= R \exp(-R_c / R_o) \quad (22)$$

R_o değeri çalışma alanına ait meteorolojik data veriler kullanılarak 1990 yılı için 8,81 mm. ve 2010 yılı için 10,73 mm. olarak hesaplanmıştır.

Toprak nem depolama kapasitesi (R_c;mm) aşağıdaki denkleme göre elde edilmiştir:

$$R_c=1000MS.BD.EHD(Et/E_o) \quad (23)$$

mMMF modelinde kullanılan A, Et/E_o, C, MS ve BD değerleri Morgan (1984) ve Morgan (1991)'den alınmıştır.

MS, BD değerleri, çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak örnekleme noktaları için bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal MS, BD değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek çalışma alanı için MS, BD değerleri elde edilmiştir. Morgan (1984; 1991) MS ve BD değerleri çizelgesi,

siltli kil için BD değeri içermemektedir. Siltli Kil BD değeri bu değerin killi tın ile kumlu tın arası bir değer olması gerektiği nedeniyle 1.25 belirlenerek, tabloya eklenmiştir.

mMMF modelinin EHD değerleri Başayığit (2002)'den alınmıştır. Ayrıca çizelgede olmayan su yüzeyinin Et/Eo değerleri 0 olarak tanımlanarak tabloya eklenmiştir.

Çalışma alanında yer alan toprakların K değerleri Morgan (2005) 'e göre toprak tekstürüne bağlı olarak alınmıştır. Çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak örnekleme noktaları için K değerleri bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal K değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek tüm çalışma alanı için K değerleri elde edilmiştir.

S değeri ise eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir

Yüzey akışın taşıma kapasitesini (TC; kg/m²) belirlemede kullanılan yöntem MMF de kullanılan yöntem ile aynıdır.

Bu formül aşağıda verilmiştir:

$$TC = C \cdot Q^2 \cdot \sin S \cdot 10^{-3} \quad (24)$$

Bitki örtü faktörü (C), RUSLE modelinin C ve P faktörlerinin çarpımına eşittir. RUSLE erozyon modeli için oluşturulan C ve P faktörleri çarpılarak, her 2 çalışma alanına ait 1990 ve 2010 yılı C değerleri oluşturulmuştur.

Formüldeki S eğim açısını belirtmektedir. S, DEM verisi kullanılarak, ArcGIS 10 yazılımının 3D Analyst Tools Modülü ile elde edilmiştir

Parçalanma (H;kg/m²) aşağıdaki denkleme göre elde edilmiştir:

$$H = Z \cdot Q^2 \cdot \sin S \cdot (1 - GC) \cdot 10^{-3} \quad (25)$$

Modelde kullanılan GC değerleri Başayığit (2002)'den alınmıştır. Çalışma alanındaki arazi kullanım türlerine göre alınan GC değerleri, eğitilmiş sınıflama yapılmış 1990 ve 2010 Landsat uydu görüntüleri GC'ye ait değerlere göre recode ederek 1990 ve 2010 yılı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Su yüzeyi GC değeri Başayığit (2002)'de bulunmayıp, bu değer 1 olarak belirlenerek tabloya eklenmiştir.

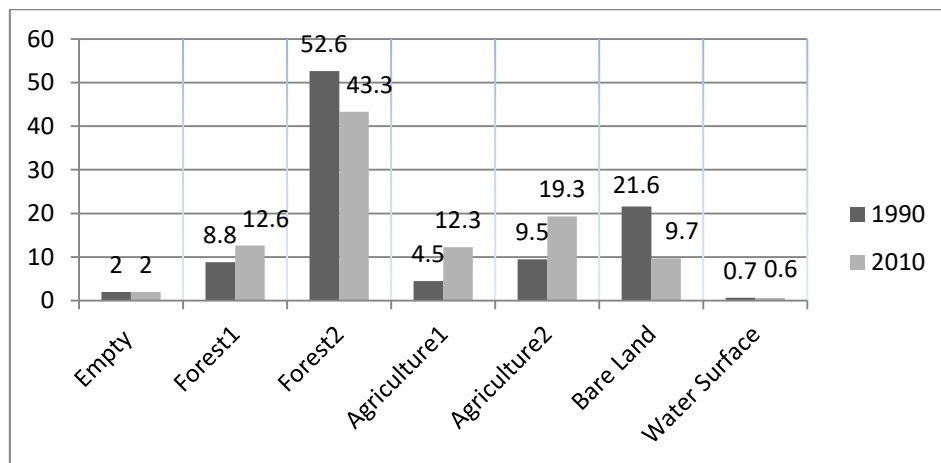
Z değeri aşağıdaki denkleme göre elde edilmiştir:

$$Z = 1 / (0,5 \cdot COH) \quad (26)$$

Denklemdaki COH değerleri Morgan (2005) 'e göre alınmıştır. Çalışma alanında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin, tekstür analizi sonucu elde edilen toprağın %kum, %silt ve %kil miktarları kullanılarak örnekleme noktaları için COH değerleri bulunmuştur. Örnekleme noktaları bazında oluşan noktasal COH değerleri, Inverse Distance Weighting yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek tüm çalışma alanı için COH değerleri elde edilmiştir.

2.SONUÇ VE ÖNERİLER

1990 ve 2010 yılları arazi kullanımı Landsat veri setleri kullanarak sınıflandırılmıştır. Altı baskın arazi sınıfı (LUC); Orman 1 (iğne yapraklılar), orman 2 (yaprak döken) tarım 1 (ekilmiş topraklar), tarım 2 (nadasa bırakılan), çıplak zeminler ve su kütleleri (yüzey) olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının 1990-2010 mekansal değişiklikler ve arazi kullanım ilişkisi aşağıda verilen grafikte (Şekil 2.) gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı 1990-2010 yılları mekansal değişim- arazi kullanım ilişkisi

Çalışma alanı için 1990 ve 2010 yılına ait altı erozyon risk haritası (1990 yılı için 3 ve 2010 yılı için 3 adet) 3 erozyon risk modeli uygulanarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, toprak kayıpları, LUC dinamikleri dikkate alınarak belirtilen erozyon modelleri ile incelenmiştir.

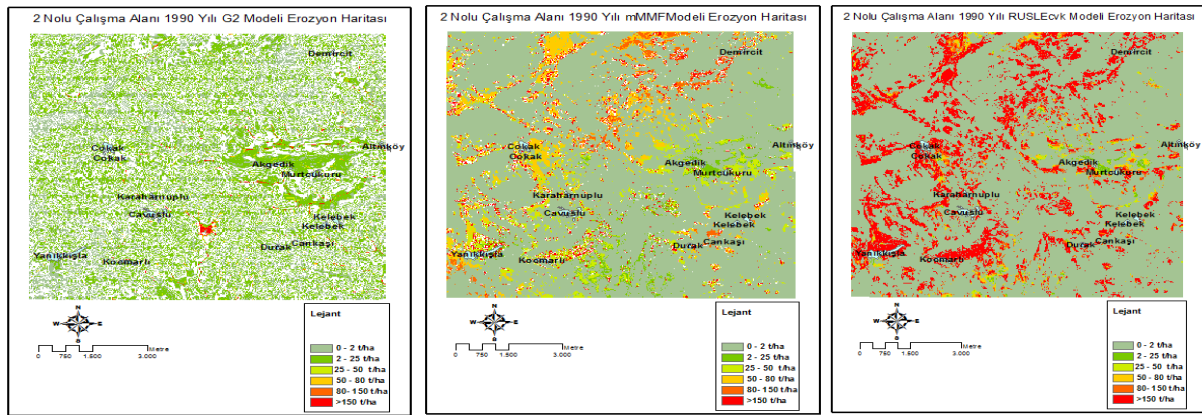
Erozyon haritaları; literatürde sıklıkla kullanılan, 0-2 t/ha/yr (kısmi erozyon), 2-25 t/ha/yr (çok az erozyon), 25-50 t/ha/yr (orta erozyon), 50-80 t/ha/yr (şiddetli erozyon), 80-150 t/ha/yr (çok şiddetli erozyon) ve 150 t/ha/yr den büyük (yıkıcı erozyon) erozyon sınıfları ile oluşturulmuştur.

Orijinal formülünde $\text{kg/m}^2/\text{yıl}$ olarak hesaplanan mMMF toprak kayıp değerleri t/ha/yıl 'a çevrilerek diğer modellerle karşılaştırılması sağlanmıştır.

Çalışma alanının 3 erozyon modeli ile elde edilen 1990 yılı erozyon haritaları şekil 3.'te, arazi kullanımı toprak kayıpları ilişkisi şekil 4.te verilmektedir.

A.Kullanım	rG2 (t/ha/yr)			mMMF (t/ha/yr)			RUSLE (t/ha/yr)		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	41.66	0.74	0.00	532.39	0.16	0.00	1049.61	0.88
Orman2	0.00	699.57	5.42	0.00	2347.91	14.69	0.00	1792.86	8.56
Tarım1	0.00	3.31	0.68	0.00	102.80	0.27	0.00	140.39	0.12
Tarım2	0.00	1034.02	14.23	0.00	1400.86	6.76	0.00	1399.71	6.55
Çıplak A.	0.00	563.84	6.57	0.00	2403.03	138.31	0.00	2248.46	111.59
Su Yüzeyi	0.00	9414.54	228.79	0.00	1339.82	14.48	0.00	474.36	9.69

Şekil 3. Çalışma alanı 1990 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

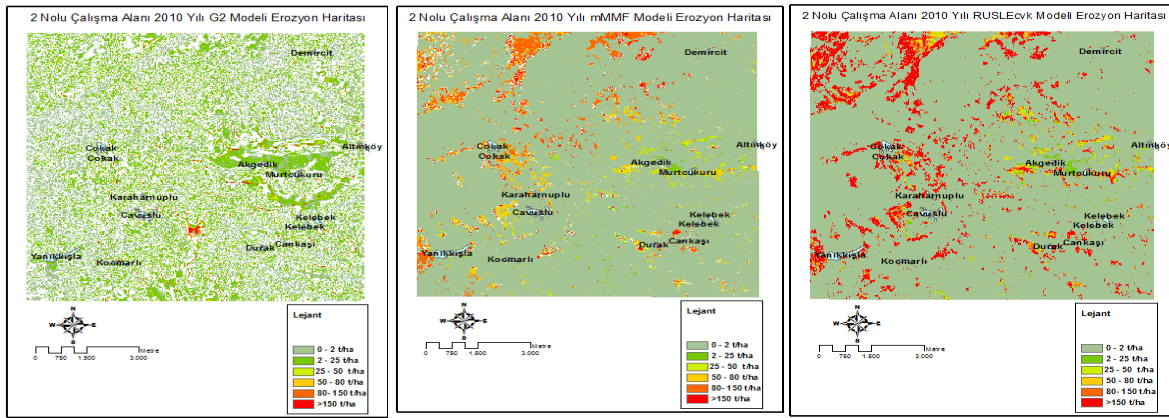


Şekil 4. Çalışma alanı 1990 yılı erozyon haritaları (1. rG2 modeli, 2. mMMF modeli, 3. RUSLE modeli)

Çalışma alanının 3 erozyon modeli ile elde edilen 2010 yılı erozyon haritaları şekil 6.'da, arazi kullanımı toprak kayıpları ilişkisi şekil 5.te verilmektedir.

A.Kullanım	rG2 (t/ha/yr)			mMMF (t/ha/yr)			RUSLE (t/ha/yr)		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
Orman1	0.00	50.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	274.02	0.02
Orman2	0.00	1532.66	6.05	0.00	2005.87	2005.87	0.00	1913.37	15.32
Tarım1	0.00	781.67	3.47	0.00	65.65	65.65	0.00	410.84	0.38
Tarım2	0.00	1005.89	12.66	0.00	1718.48	1718.48	0.00	1704.98	19.87
Çıplak A.	0.00	403.46	5.05	0.00	2106.09	2106.09	0.00	1960.66	191.51
Su Yüzeyi	0.00	3173.18	216.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Şekil 5. Çalışma alanı 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi



Şekil 6. Çalışma alanı 2010 yılı erozyon haritaları (1. rG2 modeli, 2. mMMF modeli, 3. RUSLE modeli)

Çalışma alanı için oluşturulan altı erozyon haritası kullanılarak elde edilen çalışma alanı 1990 ve 2010 yılları erozyon modelleri-erozyon sınıfları ilişkisi şekil 7. ve şekil 8.'de verilmektedir.

Erozyon(t/ha/yr)	rG2		mMMF		RUSLE	
	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%
0-2	2175.03	43.05	7504.47	80.29	7734.24	79.16
2-25	2723.85	53.91	199.71	2.14	47.16	0.48
25-50	71.28	1.41	614.79	6.58	87.57	0.90
50-80	28.98	0.57	572.31	6.12	113.76	1.16
80-150	24.03	0.48	155.79	1.67	244.80	2.51
>150	29.61	0.59	299.43	3.20	1451.79	14.86

Şekil 7. Çalışma alanı 1990 yılı erozyon modelleri-erozyon sınıfları ilişkisi

Erozyon(t/ha/yr)	rG2		mMMF		RUSLE	
	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%
0-2	2505.60	49.59	8633.16	90.88	8534.16	88.18
2-25	2392.92	47.36	40.68	0.43	61.47	0.64
25-50	73.71	1.46	144.36	1.52	72.45	0.75
50-80	28.17	0.56	281.70	2.97	87.93	0.91
80-150	23.31	0.46	288.72	3.04	170.01	1.76
>150	29.07	0.58	110.88	1.17	753.30	7.78

Şekil 8. Çalışma alanı 2010 yılı erozyon modelleri-erozyon sınıfları ilişkisi

2.1.Erozyon Modelleri-Arazi Kullanımı İlişkisi

Erozyon Modellemeleri- Arazi Kullanımı İlişkisi incelendiğinde, çalışma alanı için 1990 yılında bozuk orman/maki olarak tanımlanan bölgeler 2010 yılı uydu görüntülerinde orman olarak görülmüştür. Bunun nedeni 1990 yılındaki yeni ağaçlandırma alanlarının, bozuk orman olarak tanımlanmasıdır.

1 numaralı çalışma alanı için 1990 yılında tarım arazileri 7.65 hektar (% 0.08) iken 2010 yılında 925.56 hektara (%9.26) çıkmıştır. Tüm bunlar doğrudan ya da dolaylı olarak bölgedeki erozyonu etkilemektedir.

Çalışma alanı için 1990 yılı verileri değerlendirildiğinde orman alanlarında kaybedilen toprak, tarım alanlarında kaybedilen toprak miktarından daha azdır. Bu durum tüm erozyon modelleri, tüm yıllar için geçerlidir.

1990 ve 2010 yıllarına ait çalışma alanı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi şekil 9. ve şekil 10.'da erilmıştır.

				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	432	4.32	0.74	0.16	0.88
Orman2	2	6504.66	65.07	5.42	14.69	8.56
Tarım1	3	7.65	0.08	0.68	0.27	0.12
Tarım2	4	799.47	7.99	14.23	6.76	6.55
Çıplak Arazi	5	2226.15	22.27	6.57	138.31	111.59
Su yüzeyi	6	26.55	0.27	228.79	14.48	9.69
Toplam		9969.93	100			

Şekil 9. Çalışma alanı 1990 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

				rG2	mMMF	RUSLE
A.Kullanım	Kod	Hektar	%	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon	Ortalama erozyon
Orman1	1	1101.96	11.02	0.34	0.00	0.01
Orman2	2	4861.08	48.63	4.37	5.94	6.19
Tarım1	3	925.56	9.26	2.52	0.043	0.17
Tarım2	4	1769.13	17.70	9.78	7.04	8.99
Çıplak Arazi	5	1323.45	13.24	3.62	95.90	75.87
Su yüzeyi	6	15.30	0.15	137.62	0.00	0.00
Toplam		9981.18	100			

Şekil 10. Çalışma alanı 2010 yılı arazi kullanımı- erozyon ilişkisi

Tüm erozyon modelleri incelendiğinde en fazla toprak kaybının tarım2 olarak adlandırılan arazi sınıfı ve çıplak arazi olarak adlandırılan arazi sınıfında görülmüştür.

3.SONUÇ

Çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu, kullanılan erozyon modelleri ile ilgili elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

3 modelin kullanılan parametre özelliklerinin farklılığı nedeniyle, çalışma alanı 1990 ve 2010 yılları, yıllık toprak kayıpları birbirinden farklılık arz etmektedir. Bu nedenle kullanılan 3 model karşılaştırılırken, modellerin arazi kullanım sınıfı ve ortalama erozyon değerleri ilişkisi incelenmiştir.

Yapılan arazi kontrolleri sonucu Prasannakumar ve ark.(2011)'in arazi kullanımına göre belirlediği P faktör değerleri alınarak oluşturulan RUSLE modeli erozyon risk haritalarının bilhassa 80-150 t/ha ve 150 t/ha'dan büyük erozyon değerlerini daha detaylı tanımladığı görülmüştür.

mMMF modeli oluşturulurken kullanılan iki farklı P faktörü (P=1 durumu ve Prasannakumar ve ark.(2011)'in arazi kullanımına göre belirlediği P faktörü) ile oluşturulan erozyon haritalarının arazi kontrolleri sonucu birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle kullanımı daha kolay olan P=1 durumunun, mMMF modeli oluşturulurken kullanılması daha uygundur.

mMMF modeli seçilen noktalarda aynı arazi kullanımının farklı kısımlarında daha detaylı erozyon tanımlamış ve o arazi kullanımına ait daha detaylı bilgi vermiştir.

rG2 modeli orijinal modeldeki gibi yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılamaması nedeniyle çalışma alanındaki şiddetli, çok şiddetli ve yıkıcı erozyonu tanımlayamamış, 0-2 t/ha ve 2-25 t/ha erozyonu çok iyi bir biçimde tanımlamıştır.

Yapılan arazi kontrollerinde; RUSLE modeli giriş verilerinin basitliği nedeniyle rG2 ve mMMF modeline göre daha genel bir erozyon haritası elde edilmesini sağladığı görülmüştür. Bu durum çalışma alanları için nokta bazında erozyon tahmininde dezavantaj oluştururken arazi sınıfı bazında erozyon tahmininde avantajdır. Ayrıca çalışma alanında yapılan arazi kontrolleri sonucu çalışma alanına en uygun sonuç veren modelin RUSLE modeli olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akın, A.**, 2011. Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak modellenmesi. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).
- Anonim**, 2012. İnternet erişim: http://aris.ormansu.gov.tr/index.php?q=tr/toprak/turkiyede_erozyon
- Anonim**, 2012b, İnternet erişim: <http://tr.wikipedia.org/wiki/Karaisal%C4%B1#Co.C4.9Frafya>
- Anonim**, 2012c, İnternet erişim: <http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/karaisal%C4%B1>
- Başayığıt, L.**, 2002. Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Brandt, C. J.**, 1990. Simulation of the Size Distribution and Erosivity of Raindrops and Throughfall Drops. *Earth Surface Processes and Landforms* 15,687-698.
- Çavuşgil, V.**, 1985. Adana Kurttepe Akarsu Sekilerinde Yer Alan Kalış Ve Akdeniz Kırmızı Topraklarının Oluşumu Ve Birbirleri İle Olan İlişkileri Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, s.31-33
- Desmet, P.J.J. And Govers, G.**, 1997. Comment on 'Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS'. *International Journal of Geographical Information Science*, 11 (6), 603_610.
- Diñç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E.**, 1989. Çukurova Bölgesi Toprakları, Ç.Ü Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana
- GavriloVIC, Z.**, 1988. The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. In: International conference of river regime, 18–20 May. John Wiley and Sons, Wallingford, Chichester, pp. 411–422.
- Gürbüz, K.**, 1984. Karaömerli -Akkuyu - Balcalı Bölgesi (Adana) Tersiyer İstifinin Sedimanter Jeolojik İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Adana
- Harper, D.**, 1987. Improving the Accuracy of the Universal Soil Loss Equation in Thailand. Paper presented at the fifth international conservation conference, Bangkok, Thailand
- Morgan, R.P.C., D.D.V. Morgan, H.J. Finney.** 1984., A Predictive Model for the Assessment of Soil Erosion Risk. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 30:245–253.
- Morgan, R.P.C.**, 1991, Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons Inc., New York, P 255.
- Morgan, R.P.C.** 2005, Soil Erosion and Conservation. BLACKWELL PUBLISHING 350 Main Street, Malden, MA 02148-5020, USA, P 304.
- Özbek, H., Diñç, U. Ve Kapur, S.**, 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Temel Etüd ve Haritası. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 73; Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 8.
- Panagos P., Karydas C., Ballabio C., Gıtas I.**, 2013. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 27, 147-155.
- Panagos, P. A , Christos G. Karydas B , Ioannis Z. Gıtas B & Luca, Montanarella A.**, 2012. Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service, *Journal of Digital Earth*, 5:6, 461-487
- Panagos, P., Karydas C., Ballabio C., Gıtas I.**, 2011. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Abinod, S., Geetha N.**, 2011. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geoinformation technology. *GEOSCIENCE FRONTIERS* 3(2) 209-215
- Renard, K. G. Ve G. R. Foster.** 1983. Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. In H.E. Dregne and W.O. Willis, eds., *Dryland Agriculture, Agronomy Monogr. 23*, Am. Soc. Argon., Crop Sci. Soc. Am. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. p. 155-176.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Mccool, D. K, Yoder, D. C.**, 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the RUSLE. Handbook No:703. USDA, 404s.

- Van Der Knijff, J.M., R.J.A. Jones, L. Montanarella.** 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau, Joint Research Center of the European Commission. EUR 19044 EN, 34 p.
- Vigiak, O., Sterk, G., Romanowicz R.J., Beven K.J.,** 2006. A semi-empirical model to assess uncertainty of spatial patterns of erosion, *Catena* 66 (2006) 198 – 210
- Vrieling, A.** 2005. Satellite Remote Sensing for Water Erosion Assessment: A Review, *Catena* 65 (2006) 2 – 18,
- Wischmeier, W.H.** 1975. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed area. In *Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources*. USDA ARS Publication ARS-S-40: 118–24.
- Wischmeier, W.H.** 1978. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 31: 5–9.
- Wischmeier, W. H.,Smith, D. D.,** 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses, USDA Agr. Res. Serv. Handbook, 537
- Zanchi, C. Ve Torri, D.** 1980., Evaluation of rainfall energy in central Italy. In De Boodt, M. and Gabriels, D. (eds), *Assessment of erosion*. Wiley, London: 133–42.