

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK EROZYON RİSK BELİRLEMESİNE YENİ BİR YAKLAŞIM, ÇORUM İLİ ÖRNEĞİ

F. E. Tombuş¹, İ. M. Ozulu²

¹Hitit Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Bölümü, Çorum, engintombus@yahoo.com

²Hitit Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Bölümü, Çorum, imozulu@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, erozyon risk belirleme yöntemlerinden CORINE ve ICONA incelenmiş, çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan analitik hiyerarşik süreç (AHP) ile yeni bir erozyon risk değerlendirme yöntemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Analitik hiyerarşik süreç ile belirlenen erozyon değişkenlerinin ağırlıkları ve yeni erozyon risk formülü, erozyon risk haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Çorum ili seçilmiştir. Yeni yöntemin çalışma alanına uygulanmasında, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinden yararlanılmıştır.

Sonuç erozyon risk haritası ArcGIS 9.0 ve Erdas Imagine 8.5 yazılımları kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma alanının %7'sinde çok az, %13'ünde az, %20'sinde orta, %27'sinde yüksek, %33'ünde çok yüksek düzeyde erozyon riski belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemleri, Erozyon, Uzaktan Algılama, Tarım

ABSTRACT

A NEW APPROACH IN DETERMINING OF EROSION RISK WITH USE OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: CASE OF ÇORUM PROVINCE

In this study, the techniques of soil erosion risk determination CORINE and ICONA had been examined and made efforts to display a new erosion risk assesment technique with the analytic hierarchical process (AHP) use in solution of multiple measure of value adjudication problems.

The weight of soil variants that is determined with AHP and new erosion risk formula used to make up of erosion risk map. Province of Çorum had been selected for workspace. Remote Sensing and Geographical Information Systems techniques had been made use of new technique to beapplied to workspace.

Result erosion risk map had been gained with using the ArcGIS 9.0 and Erdas Imagine 8.5 softwares. Level of erosion risk lowest at 7%, low at 13%, average at 20%, high at 27%, highest at 33% had been determined in workspace.

Keywords: Analytic Hierarchical Process (AHP), Geographic Information Systems, Erosion, Remote Sensing, Agriculture.

1. GİRİŞ

Ülkemiz dünyada tarımsal üretim açısından kendi gereksinimlerini karşılayabilen ender ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizin karşı karşıya olduğu temel sorunlardan olan hızlı nüfus artışı nedeniyle tarımsal üretime ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Yaşamın ve tarımsal üretimin temelini oluşturan topraklarımızın büyüklüğünün artmadığı, aksine, hızlı nüfus artışı ve bir ülkenin gelişmişliğinin göstergesi olan sanayileşme gibi etkenler nedeniyle, topraklarımızda kayıplar ve bozulmalar olduğu bilinmektedir. Sanayileşme ve yapılaşma sebebiyle yapılan orman tahribatları, bilinçsiz tarım politikaları ve tarımsal üretim teknikleri, toprağın verimli üst yapısının zarar görmesine kısaca erozyona yol açmaktadır.

Topraklarının büyük bölümü yüksek derecede erozyona uğramakta olan gelişmiş bazı ülkeler, kendi bölgelerinin özelliklerini dikkate alarak, çeşitli erozyon risk belirleme yöntemlerini ortaya koymuşlardır (Ayday ve ark, 1998). Avrupa Birliği ülkeleri tarafından ortak bir erozyon risk belirleme yöntemi olarak kabul edilen CORINE ve İspanya'da geliştirilen ICONA bu çalışmalara örnek verilebilir.

Erozyon risk değerlendirilmesinde, farklı değişkenlerin farklı derecede değerlendirildiği bu iki yöntemden başka geliştirilmiş olan USLE, LEAM, MOSES, GLEAMS vb. gibi yöntemlerde bulunmaktadır. Erozyon çalışmalarında kullanılan yöntemlerin sonuçlarını etkileyen en önemli faktör kullanılan değişkenlerdir. Ülkemizde var olan toprak haritalarının güncel olmaması sebebiyle bu yöntemlerden birkaçı, sadece pilot havzalarda uygulanabilmiştir.

Çalışmada, CORINE ve ICONA erozyon risk belirleme yöntemlerinin temel veri değişkenleri değerlendirilmiş, bir tahmin ve karar verme tekniği olarak geliştirilen, “Analytic Hierarchical Process” (AHP) yardımıyla bu iki yönteme alternatif olabilecek bir erozyon risk belirleme yöntemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma içerisinde, yeni erozyon değerlendirme yönteminin uygulaması, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Çorum’da gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Çorum bölgesine uygulanan yeni erozyon belirleme yöntemi ile erozyon çalışmalarına Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin sağladığı yararlar ve yeni erozyon değerlendirme yönteminin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Erozyon çalışmalarında kullanılacak ayrıntılı toprak haritalarının hazırlanabilmesi için yoğun bir arazi ve laboratuvar çalışması gerekmektedir. Ülkemizin gerek ekonomik gerekse istihdam sorunlarından dolayı, gerekli parasal kaynak ve personel bu çalışmalara aktarılamamıştır. Ülkemizde kullanılmakta olan toprak haritalarının, toprağın bünye, taşlılık vb. gibi bilgilerinde eksiklikler bulunmaktadır. Dünyada yaygın biçimde kullanılmakta olan, CORINE, USLE vb. gibi yöntemler haritalarımızın özellikleri nedeniyle, ülkemizde küçük pilot bölgelerde uygulanabilmektedir.

ICONA yöntemi ise, iklim bilgilerini içermemektedir. Ülkemizdeki erozyona yağışın etkisinin yüksek olduğu bilindiğinden, ICONA yönteminin uygulanması durumunda elde edilen sonuçların sağlıklı bilgiler olmayacağı düşünülmektedir.

1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından çok ölçütlü problemlere çözüm bulmak amacı ile Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi geliştirilmiştir. Analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile probleme etkisi olan nitel ve nicel ölçütler rahatlıkla değerlendirilebilmekte ve çözümlenebilmektedir. AHP yönteminin ilk bölümünde problem, hiyerarşik bir yapıda yeniden düzenlenmekte, sonuç bölümünde ise alternatif kararlar en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır.

AHP yöntemi işletme, mühendislik, eğitim vb. gibi birçok meslek disiplininde problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Erozyon gibi çok fazla ölçütten etkilenen bir problemin çözümlenmesinde de AHP ‘sin kullanılabilceği düşünülmüştür.

Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada; CORINE ve ICONA yöntemlerinin değişkenleri yeniden değerlendirilmiş, ülkemizde var olan toprak bilgilerine uygun yeni bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen yeni yöntemde, değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerin belirlenmesinde AHP tekniğinden yararlanılmıştır. Çorum iline uygulanmaya çalışılan yeni yöntem için verilerin bir kısmının toplanmasında Uzaktan Algılama, bölgeye ait bilgilerin analizinde ise Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinden yararlanılmıştır.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada; CORINE ve ICONA erozyon risk belirleme yöntemleri yardımıyla ortaya konulan yeni yöntemin uygulanmasında; “Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü” (KHGM) tarafından hazırlanan Çorum İli Arazi Varlığı ve Yeşillik Havzası toprak raporlarının içerdiği bilgi ve haritalar kullanılmıştır (Atalık, 1997). Kullanılan bu raporların içerdiği toprak haritaları 1/100.000 ölçektedir. Çalışma alanının eğim ve bakı haritalarının oluşturulabilmesi için çalışma sahasını örten, 1/25.000 ölçeğe sahip 43 adet topografik harita kullanılmıştır.

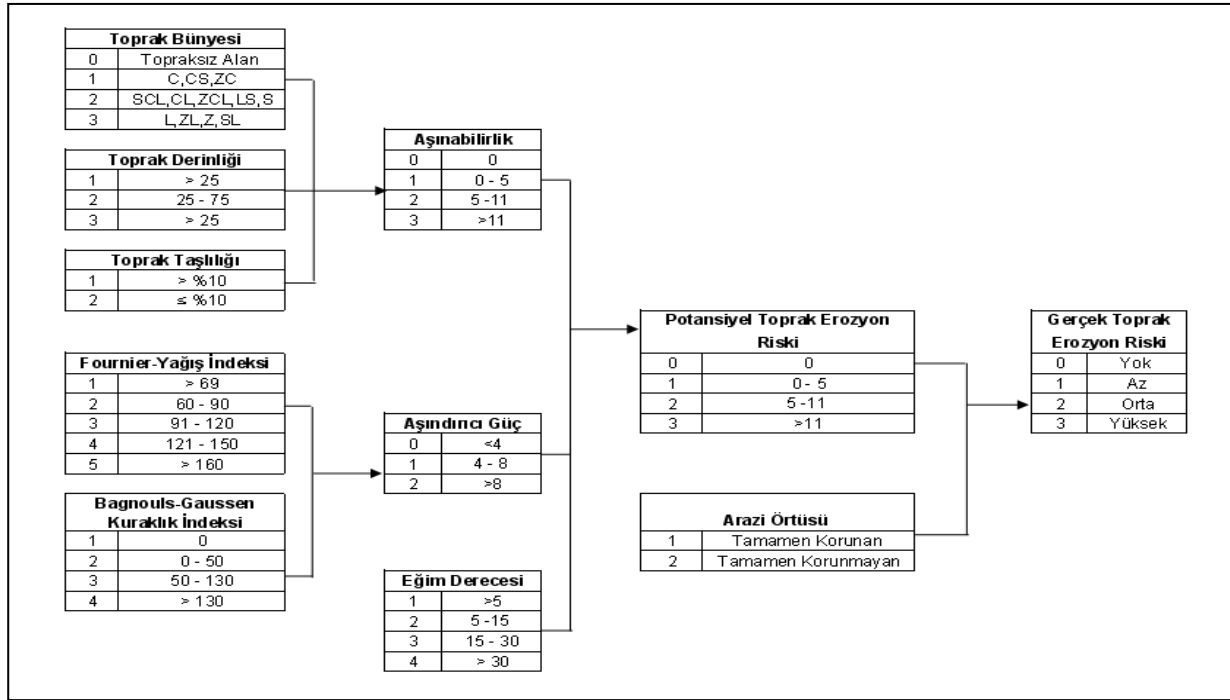
Çalışma alanının jeolojik özelliklerinin belirlenmesinde Maden Tetkik Arama (MTA) Kurumu tarafından üretilmiş, 1/500.000 ölçekli sayısal jeoloji haritaları kullanılmıştır. Bölgenin bitki örtüsü özelliklerinin belirlenmesi için 2000 yılına ait Landsat 7 ETM uydu görüntülerinden faydalanılmıştır.

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

4. 1. Erozyon Risk Değerlendirmesinde CORINE Yöntemi

1973 yılında Avrupa Topluluğu Çevre Programı’nın oluşturulması sonucunda, çevre sorunları ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Topluluk içerisinde yer alan ülkelerin topraklarındaki çevresel değişimleri belirlemek, doğal kaynakları uygun biçimde yönetmek vb. amaçlar için 27 Haziran 1985 tarihinde Avrupa Topluluğu meclisinde CORINE Programı kabul edilmiştir. CORINE programı içerisinde yer alan çevre politikaları arasında toprak erozyonu değerlendirmesi ve arazi kalite sınıflandırması gibi iki konuya özellikle önem verilmiştir (EEA, 2000).

CORINE yöntemi yardımıyla erozyon risk değerlendirmesinde, toprağın aşınabilirliği (erodibilite), toprak için aşındırıcı güç (erosivite), arazinin topografyası (eğim) ve arazi örtüsü gibi dört değişken kullanılmaktadır.



Şekil 1: CORINE yöntemi akış şeması

CORINE yönteminde toprak aşınabilirliği; toprak bünyesi, toprak taşlılığı ve toprak derinliği ile ilişkilendirilmiştir. Aşınabilirlik seviyesinin belirlenmesinde kullanılan bu üç özellik için, kendi içerisinde ayrı bir sınıflandırma ve puanlama şekli uygulanmaktadır (Ayday ve ark., 1999).

CORINE yönteminde erozyon derecesine aşındırıcı güç etkisini belirlemek amacı ile bölgenin yağış bilgilerinden hesaplanan Fournier yağış indeksi ve hava sıcaklığı bilgilerinden hesaplanan Bagnouls – Gaussen kuraklık indeksi birlikte değerlendirilmektedir (Erol, 2000).

CORINE yönteminde yağışın erozyona olan etkileri Fournier yağış indeksi ile sağlanmakta ve aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Fournier yağış indeksi} = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (1)$$

Formülde; P_i : (i) ayındaki toplam yağış miktarı (mm.)

P : yıllık ortalama toplam yağış (mm.) dır.

CORINE yönteminde kuraklığı belirlemek için sıcaklık ve yağış bilgilerinin birlikte değerlendirildiği Bagnouls - Gaussen kuraklık indeksi, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Bagnouls - Gaussen kuraklık indeksi} = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) \cdot k_i \quad (2)$$

Formülde; t_i : (i) ayı için ortalama sıcaklık değeri C^0

P_i : (i) ayı için toplam yağış miktarı (mm.) ve

k_i : ($2t_i - P_i > 0$) olduğu ayların oranıdır.

CORINE yönteminde Şekil 1. 'de görüldüğü gibi değişkenler ve değişken özelliği ile birlikte bu özelliğe ait puanlar bulunmaktadır. Hesaplamalar bu puanların çarpımları ile yapılmaktadır (gerçek erozyon riski hariç).

CORINE yönteminde potansiyel erozyon riski; aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmektedir.

$$\text{Potansiyel Erozyon Riski} = \text{Aşınabilirlik} \times \text{Aşındırıcı Güç} \times \text{Eğim} \quad (3)$$

CORINE yönteminde, gerçek erozyon riskinin belirlenmesinde potansiyel erozyon risk bilgileri ile bitki örtüsü bilgileri kullanılmakta ve aşağıda Tablo 1.'deki şekilde elde edilmektedir.

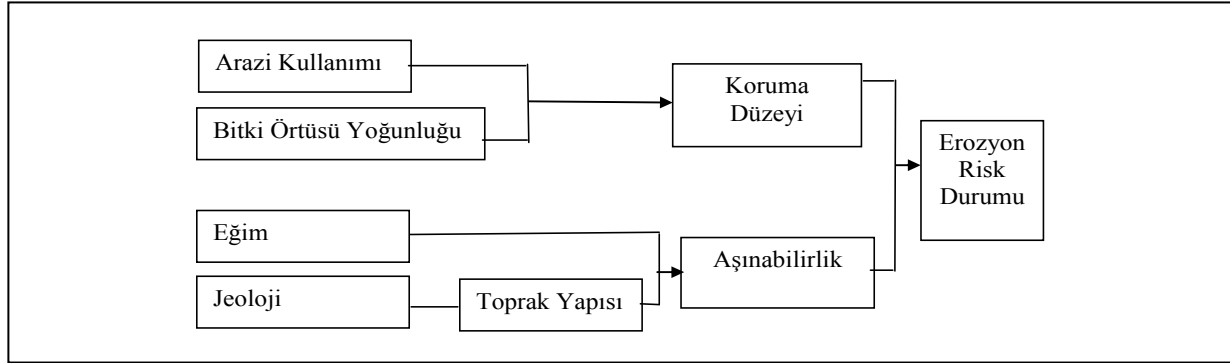
Bitki Örtüsü	Gerçek Erozyon Risk Değeri				
	Potansiyel Erozyon Risk Değeri				
	1	0	1	1	2
	2	0	1	2	3

Tablo 1: Gerçek erozyon risk sınıflandırması

4.2. Erozyon Risk Değerlendirmesinde ICONA Yöntemi

ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) yöntemi, İspanya Doğal Kaynakları Koruma Genel Müdürlüğü (DGCONA) tarafından geliştirilmiş ve halen kullanılmakta olan erozyon risk belirleme yöntemidir. ICONA yöntemi geliştirildikten sonra, erozyon seviyesi değerlerinde ve üretilen haritalarda standardın yakalanması amacı ile UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) standartları ile bütünleştirilmiştir (Jordan, 2000).

ICONA yönteminde bir havza veya bölge için, arazi kullanımı, bitki örtüsü yoğunluğu, topografik (eğim) durumu ve bölgenin jeolojik özellikleri değerlendirilerek, bölgenin erozyon risk durumu belirlenebilmektedir. Bölge özellikleri ile ilgili bu dört ana değişken kullanılarak; arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu bilgilerinden toprak koruma düzeyi, topografik yapı (eğim) ve jeolojik özelliklerinden de aşınabilirlik bilgilerini gösteren haritalar üretilmektedir. Yöntemin son bölümünde ise, elde edilen bu iki harita birlikte değerlendirilerek, Şekil 2.'deki akış şemasında gösterilen erozyon risk durumu elde edilmektedir. ICONA yönteminde değişkenler arasındaki ilişkiler ve değerlendirmeler, karar matrisleri yardımıyla yapılmaktadır (Bayramın ve ark., 2003).



Şekil 2: ICONA Yöntemi akış şeması (Özel, 1998).

ICONA yönteminin sonuç bölümünde, toprak koruma düzeyi ve aşınabilirlik değişken bilgileri, aşağıdaki Tablo 2.'deki erozyon risk durum karar matrisi yardımıyla birlikte değerlendirilerek erozyon risk durumu elde edilmektedir.

		Erozyon Risk Durumu				
Aşınabilirlik		Toprak Koruma Düzeyi				
		1	2	3	4	5
	1	1	1	1	2	2
	2	1	1	2	3	4
	3	1	2	3	4	4
	4	2	3	3	5	5
	5	2	3	4	5	5

Tablo 2. Erozyon risk durumu karar matrisi

4.3. Analitik Hiyerarşik Sürec (AHP) Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 yılında ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek, karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir duruma getirilmiştir (Yaralıoğlu, 2001). AHP, karar teorisinde yaygın uygulama alanı bulunan bir yöntem olup birbirleriyle çelişen, ölçülebilir ve/veya soyut ölçütleri dikkate alan bir ölçme yöntemidir. AHP bir karar verme durumunda, veriler kadar değerli olan bilgi ve deneyimlerin de dikkate alınması ilkesine dayanır. AHP kişisel kararlardan karmaşık işletme kararlarına kadar geniş bir alanda kullanılabilen bir araçtır. Teorinin başarısı, basitliğinden ve değişik koşulların her birinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. AHP ile karar verme süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Saat, 2000).

1. Karmaşık ve düzensiz bir problemin parçalara (alt ölçütlere) ayrılması, başka bir anlatımla, problemin temel ölçütlerini ve bu ölçütler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulması.
2. İlgili alt ölçütleri gruplayıp düzenleyerek hiyerarşik bir yapının oluşturulması. Burada oluşturulan hiyerarşik yapı ölçütler arasındaki fonksiyonel bağımlılık ilişkisini yansıtacak şekilde olmalıdır. Bu ilişkileri oluştururken değerlendirmeler probleme ilişkin olarak elde edilen bilgileri ve karar vericinin duygularını da yansıtmalıdır.
3. Aynı gruptaki diğer alt ölçütlere bağlı olarak, alt ölçütün algılanan önemine bağlı olarak, her bir alt ölçüte sayısal değerler verilmesi, bir başka deyişle, değerlendirmelerin anlamlı sayılarla belirtilmesi.
4. Hiyerarşinin alt ölçütlerinin önceliğini belirlemek için bu değerlerin kullanılması.
5. Karar alternatiflerini belirlemek için bu önceliklerin birleştirilmesi, genel sonuç için daha önceki aşamada elde edilen değerlerin sentezlenmesi.
6. Daha önce alt ölçütlere verilen sayısal değerleri değiştirerek son kararın duyarlılığının analiz edilmesi, bir başka anlatımla, nesnel değerlerde değişiklik yaparak verilen kararın incelenmesi.

Değerlendirmelerin yapılabilmesi ve öncelik derecelerinin belirlenebilmesinde sayısal değerlerden yararlanılmaktadır. Bu bölüm için aşağıda Tablo 3.'de Saaty tarafından geliştirilen AHP değerlendirme ölçeğinden yararlanılmaktadır.

Sayısal Değer	Açıklama
1	Ölçütler eşit öneme sahip.
3	1. ölçüt 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor.
5	1. ölçüt 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor.
7	1. ölçüt 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor.
9	1. ölçüt 2.'ye göre olası en kuvvetli öneme sahip veya tercih ediliyor
2, 4, 6, 8	Ara değerler, uzlaşma gereken durumlarda kullanılmaktadır.

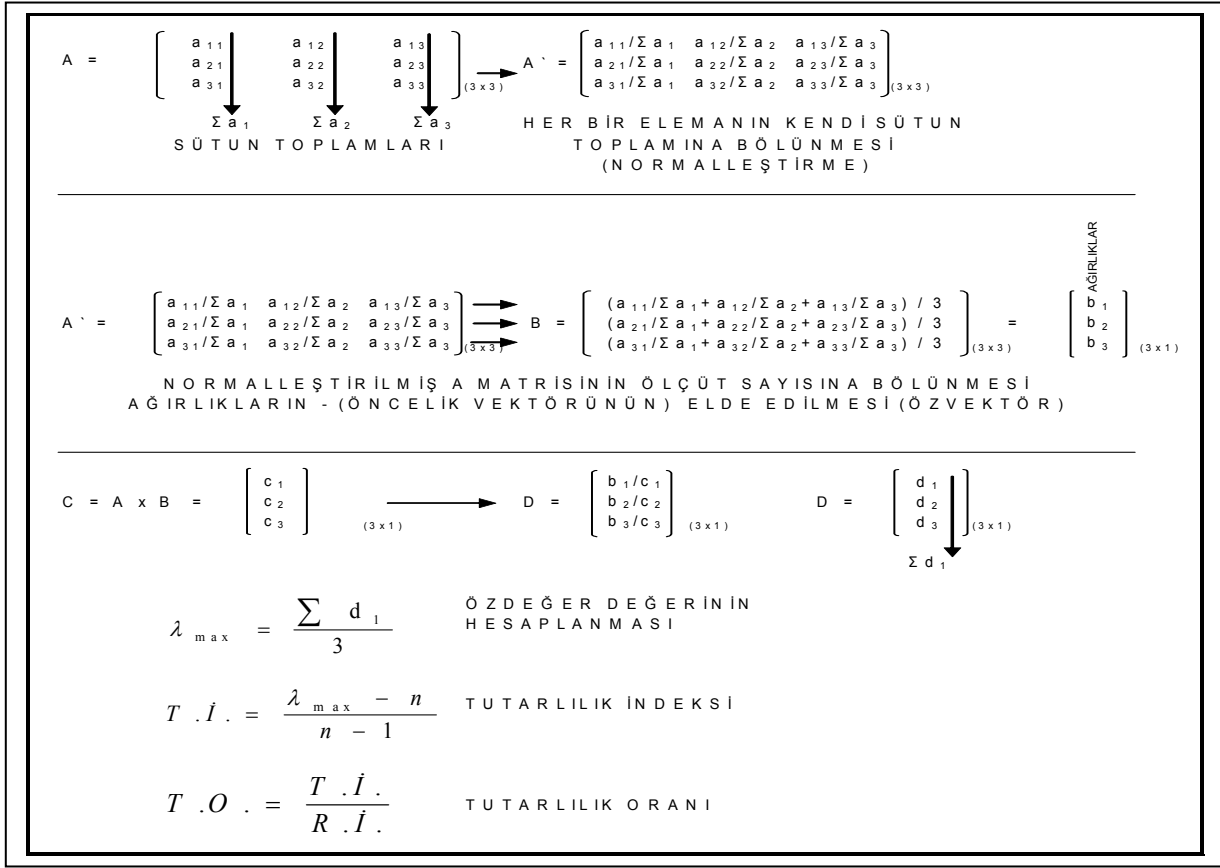
Tablo 3: AHP değerlendirme ölçeği (Saaty, 1994)

Değerlendirme ölçeğine göre ikili karşılaştırmalar sonunda belirlenen öncelik değerleri aşağıda A gibi bir kare matris oluşturmaktadır. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerinde yer alan elemanların değerleri 1'e eşit olmaktadır. Bunun nedeni, her bir elamanın kendisi ile karşılaştırıldığı durumda birbirlerine göre eşit öneme sahip olmalarıdır (Yaralıoğlu, 2001). Burada;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

n: Ölçüt sayısını, i, j : Ölçütler, a_{ij} : i ölçütünün j ölçütüne göre önem derecesini göstermektedir.

Üç ölçütten oluşan bir AHP uygulamasında gerçekleştirilen işlem adımları Şekil 3.'deki gibidir.



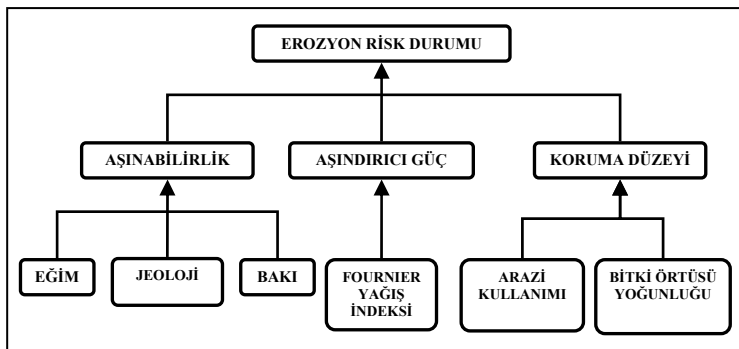
Şekil 3: Üç ölçütten oluşan bir AHP uygulamasındaki işlem adımları (Tombuş, 2005)

5. YENİ BİR EROZYON RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ İÇİN AHP ANALİZİNİN CORINE ve ICONA YÖNTEMLERİNE UYGULANMASI

Çalışmada AHP yöntemi yardımıyla birleştirilmesi amaçlanan CORINE ve ICONA yöntemlerinde kullanılan değişkenlerin hiyerarşik yapıda olduğu bilinmektedir. Bu iki yöntem kullanılarak oluşturulacak yeni erozyon değerlendirme çalışmasının ilk bölümünü, yöntemlerin hiyerarşik yapıları ve değişkenlerin incelenmesi oluşturmaktadır.

İki yöntemde hiyerarşik yapı açısından en önemli farkın, kullanılan ölçüt düzeylerinde olduğu görülmüştür. CORINE yönteminde hiyerarşik yapı üç bölümden oluşmasına karşılık, ICONA yönteminde iki bölümden oluşmaktadır. Erozyon değerini etkileyen değişkenlerden bakı her iki yöntemin değişkenleri arasında yer almamaktadır. Bu nedenle bakı değişkenide yeni oluşturulan değerlendirme yönteminde dikkate alınmıştır.

CORINE ve ICONA yöntemleri ölçütlerinin değerlendirilmesi sonucunda, yeni oluşturulan yöntemin hiyerarşik yapısı aşağıda Şekil 4.'deki gibidir (Tombuş, 2005).



Şekil 4. Yeni oluşturulan sistemin hiyerarşik yapısı

Sayısal değerlendirmenin ilk aşaması, yeni yöntemin amacını oluşturan, erozyon risk durumuna etki eden birinci düzey ölçütlerin (aşınabilirlik, aşındırıcı güç ve koruma düzeyi) ağırlıklarının veya önem değerlerinin belirlenmesidir. Aşınabilirlik, aşındırıcı güç ve koruma düzeyi ölçütlerinin, normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve belirlenen ağırlıklar Tablo 4.'deki şekilde oluşmaktadır.

	Aşınabilirlik	Aşındırıcı Güç	Koruma Düzeyi	Ağırlıklar
Aşınabilirlik	0,6087	0,4667	0,6364	0,5706
Aşındırıcı Güç	0,0870	0,0667	0,0455	0,0664
Koruma Düzeyi	0,3043	0,4667	0,3182	0,3630

Tablo 4: Birinci düzey ölçütler için, normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve birinci düzey ölçütlerin ağırlıkları

Belirlenen ağırlık değerlerine göre erozyon risk durumu, matematiksel formül olarak aşağıdaki gibidir.

$$\text{Erozyon Risk Durumu} = 0,5706 \times \text{Aşınabilirlik} + 0,0664 \times \text{Aşındırıcı Güç} + 0,3630 \times \text{Koruma Düzeyi} \quad (5)$$

Benzer şekilde erozyon risk durum formülü, kendisine etki eden ölçütler ve bunlarla ilgili formüllerin birleştirilmesi ile aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

$$\text{ER} = (0,35 \times \text{Jeoloji}) + (0,04 \times \text{Bakı}) + (0,18 \times \text{Eğim}) + (0,07 \times \text{Aşındırıcı Güç}) + (0,27 \times \text{Bitki Ört. Yoğ.}) + (0,09 \times \text{Arazi Kul.}) \quad (6)$$

Elde edilen erozyon formülünün katsayılarının tutarlılığının kontrol edilmesi amacı ile erozyon problemi alt düzey ölçütler kullanılmadan tek düzeyde yeniden çözümlenmiştir. Tek düzey ölçütlerle çözümde, ikili karşılaştırma matrisinin normalleştirilmesi ve amacı oluşturan birinci düzey ölçütlerin ağırlıkları Tablo 5.'deki değerlerdir.

	EG	JE	BK	AG	AK	BY	Ağırlıklar
EG (Eğim)	0,1754	0,2186	0,1667	0,2449	0,1809	0,1021	0,1814
JE (Jeoloji)	0,3509	0,4372	0,3000	0,2857	0,3015	0,6126	0,3813
BK (Bakı)	0,0351	0,0486	0,0333	0,0204	0,0151	0,0227	0,0292
AG (Aşındırıcı Güç)	0,0292	0,0625	0,0667	0,0408	0,0201	0,0292	0,0414
AK (Arazi Kullanım)	0,0585	0,0874	0,1333	0,1224	0,0603	0,0292	0,0819
BY (Bitki Örtüsü Yoğunluğu)	0,3509	0,1457	0,3000	0,2857	0,4221	0,2042	0,2848

Tablo 5: Tek düzey çözüm, normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

T.O. değerinin 0,10 değerinden küçük olması, yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılığını göstermektedir.

$$\text{T.O.} = \frac{\text{T.İ.}}{\text{R.İ.}} = \frac{0,01444}{1,24} = 0,01165 \text{ olarak elde edilmiştir.} \quad (7)$$

Tek düzey ölçütlerle çözümde oluşan erozyon risk durum formülü aşağıdaki gibi oluşmaktadır.

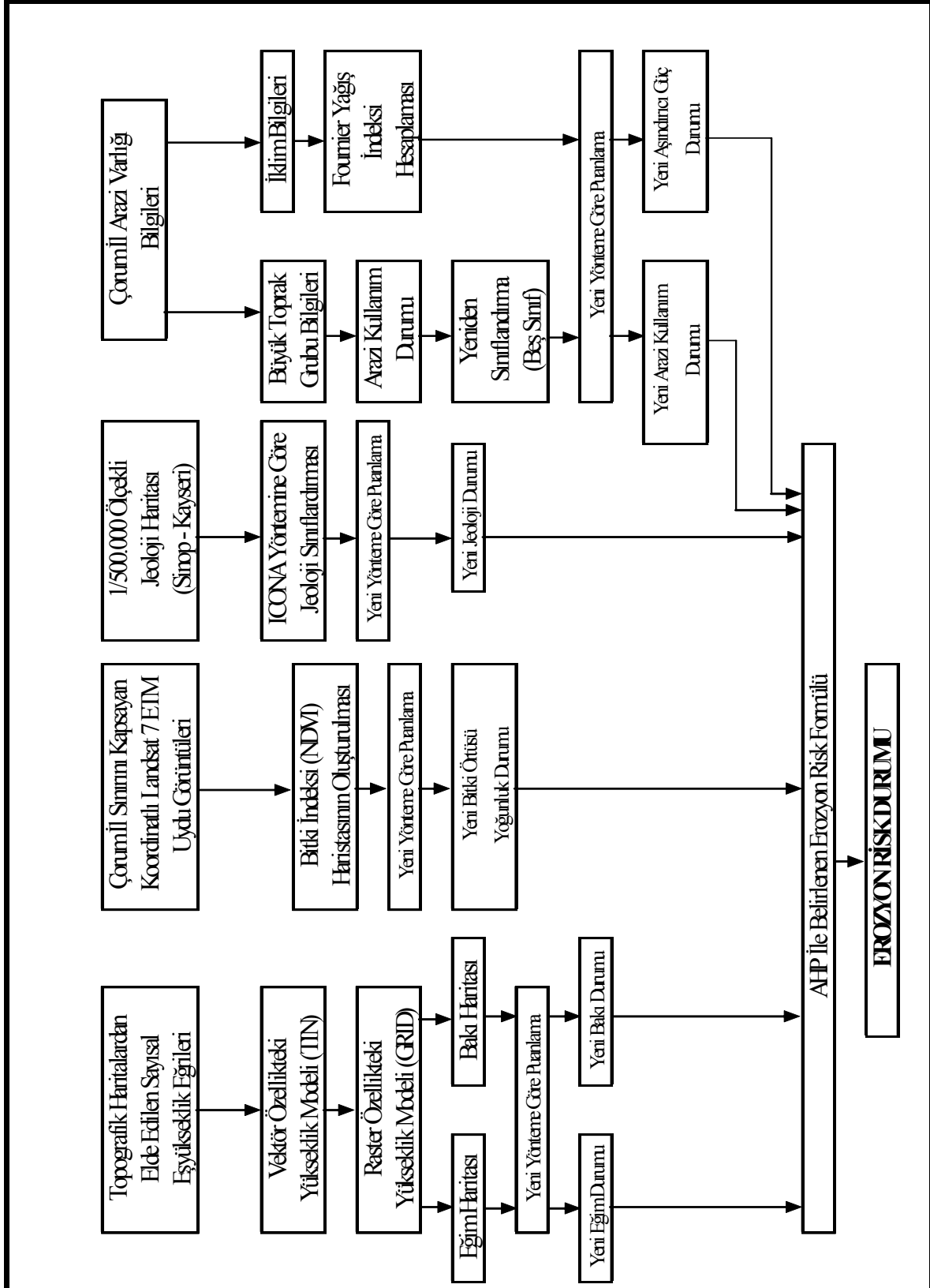
$$\text{ER} = (0,38 \times \text{JE}) + (0,03 \times \text{BK}) + (0,18 \times \text{EG}) + (0,04 \times \text{AG}) + (0,28 \times \text{BY}) + (0,08 \times \text{AK}) \quad (8)$$

Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak oluşturulacak erozyon risk durum haritalarında, alt düzeylerle çözümde elde edilen () numaralı erozyon formülü kullanılmıştır.

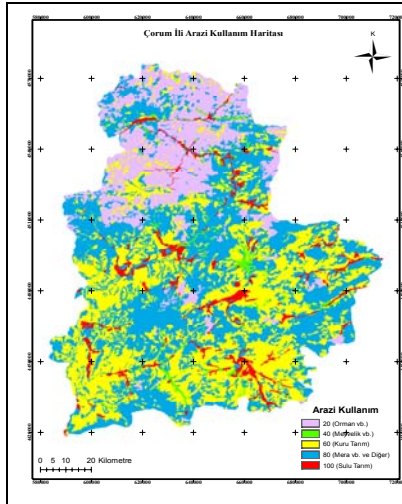
6. YENİ EROZYON RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİNİN ÇORUM İLİNE UYGULANMASI

Yeni erozyon risk değerlendirme yönteminde belirlenen işlemlerin gerçekleştirilmesinde ve verilerin değerlendirilmesinde ArcGIS 9.0 ve Erdas Imagine 8.5 yazılımlarından yararlanılmıştır. AHP yardımıyla

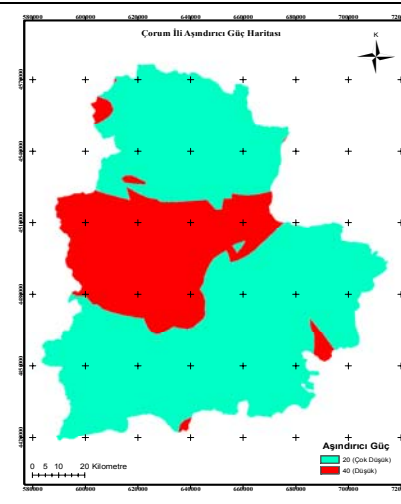
oluşturulan yeni yöntemde, erozyona etkisi olan her bir değişken yeniden sınıflandırılmış ve 0-100 sayısal değerleri aralığında bu sınıflara puan atamaları yapılmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde oluşturulan Çorum iline ait haritalar, yeni sınıflandırma ve puanlama işleminden sonraki durumu göstermektedir. Yeni yöntemin uygulama akış şeması, Şekil 5.'de verilmiştir.



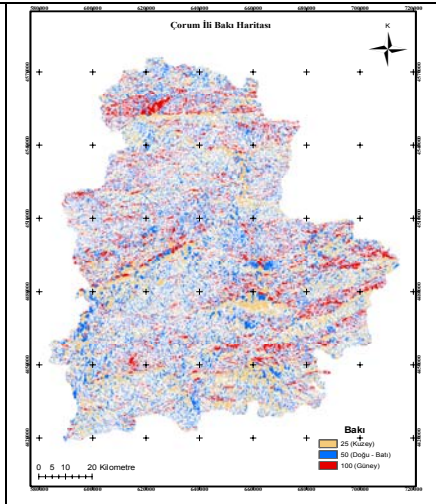
Şekil 5: Yeni yöntemin uygulama akış şeması (Tomboş, 2005)



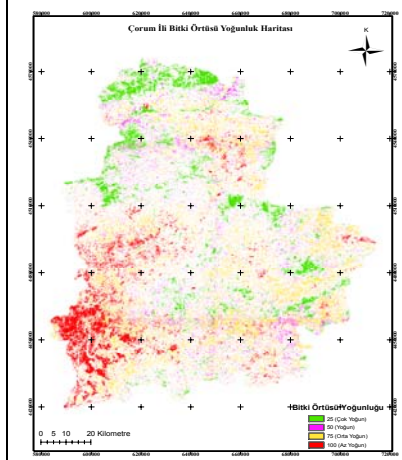
Şekil 6. Çorum ili arazi kull. haritası



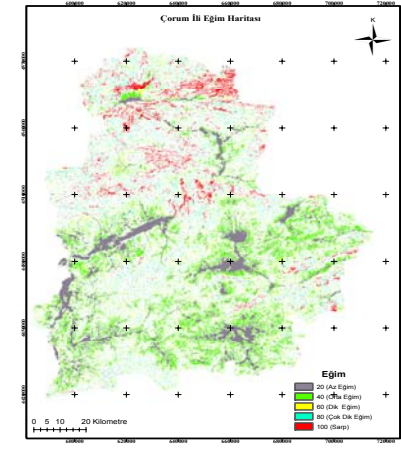
Şekil 7. Çorum ili aşındırıcı güç haritası



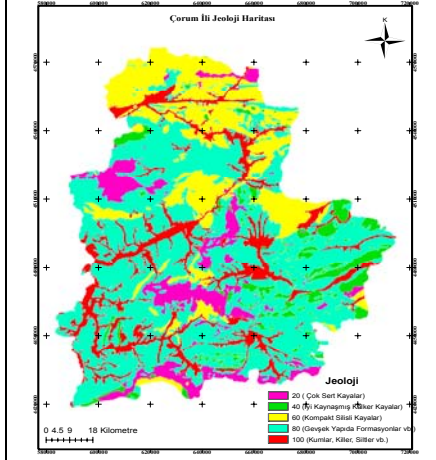
Şekil 8. Çorum ili bakı haritası



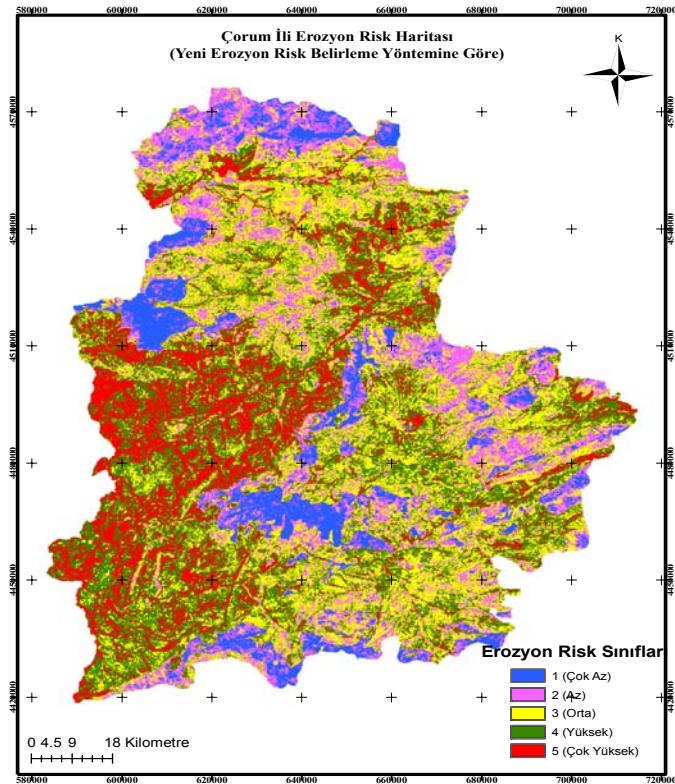
Şekil 9. Çorum ili bitki ört. Yoğ. haritası



Şekil 10. Çorum ili eğim haritası



Şekil 11. Çorum ili jeoloji haritası



Şekil 12. Yeni yöntemle elde edilen erozyon risk haritası

7. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada CORINE ve ICONA erozyon risk belirleme yöntemlerinin değişkenleri, AHP yöntemi yardımıyla değerlendirilmiş ve yeni bir erozyon risk belirleme yöntemi ortaya konulmuştur. Erozyon risk belirlenmesinde kullanılan erozyon risk formülü, AHP yöntemi ile alt ölçüt ve tek düzey ölçütler olmak üzere iki biçimde belirlenmiştir. Her iki erozyon formülü karşılaştırıldığında, erozyona etki eden değişkenlerin ağırlıklarının birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Erozyon formüllerindeki bu benzerlik, AHP uygulamasında önceliklerin tutarlı bir biçimde belirlendiğini göstermektedir. Alt ölçütler kullanılarak elde edilen erozyon risk formülünün Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Çorum iline uygulanması sonucunda, çalışma alanının %7'sinde çok az düzey, %13'ünde az düzey, %20'sinde orta düzey, %27'sinde yüksek düzey, %33'ünde çok yüksek düzeyde erozyon riski olduğu belirlenmiştir.

Erozyon değerlendirme çalışmalarında kullanılan toprak haritalarının ayrıntılı şekilde tamamlanması ve sürekli güncellenmesinin, erozyon araştırmalarının sonuçlarının doğruluğunu artıracakı düşünülmektedir. Ülkemizde toprak konusunda çalışan devlet kurumlarının oluşturacakları toprak bilgi bankası ile erozyonla mücadelede daha etkin çözümler üretilebilecektir.

AHP yöntemi kullanılarak ortaya konulan yeni erozyon risk değerlendirme yönteminin geçerliliğinin araştırılması amacıyla başka bölgelerde uygulanmasında yarar olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Atalık, A., 1997. *Çorum İli Arazi Varlığı*, T.C Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, II Rapor No:19, Ankara

Ayday, C., Altan, M., Yüksel, M., Türe, C., Karas, E. ve Dengiz, O., 1998. *Küçükemali-Bilecik Gölet Havzasının Gerçek Erozyon Risk Haritasının Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri Kullanılarak Hazırlanması*, Araştırma projesi, No:1997/15, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

AYDAY, C., Altan, M., Azdiken, S., Gençler, G., Deveci, B., Uça, D. ve Özkan, S., 1999. *Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri İle Orta Sakarya Vadisi'nin Toprak Erozyon Risk Haritasının Hazırlanması*, Araştırma projesi, No:98 K 120 600, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Bayramin, I., Dengiz, O., Baskan, O. ve Parlak, M., 2003. *Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model ; Case Study : Beypazari Area*, Turkish Journal of Agriculture and Forest, 27, 105-116

European Enviromental Agency, *Corine Land Cover Methodology Report*, <http://reports.eea.eu.int/COR0-part 1>

Erol, E., 2000. *Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Risk Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Jordan, A., Martinez-Zavala, L. ve Bellinfante, N., 2000. *Assessment Of The Erosion Risk In Humid Mediterranean Areas* Workshop On Technologies For And Management Of Erosion And Desertification Control In The Mediterranean Region, Priority Actions Programme, UNEP, Malta, 1-13

Özel, M., Doğan, O., Yıldırım, H. ve Küçükçakar, N., 1998. *Dalaman Havzası Uydularla Erozyon Haritalama Pilot Projesi*, TÜBİTAK, Kocaeli

Saat, M., 2000. *Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi*, Gazi Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 2, sayfa: 150-174.

Saaty, T.L., 1994. *How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process*, Interfaces, 24, sayfa: 19-43.

Tombuş, F. E., 2005. *Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

Yaraloğlu, K., 2001. *Performans Değerlemede Analitik Hiyerarşi Proses*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 16, sayfa: 129-142.