

## ABSTRACT

# QUANTITATIVE DETERMINATION OF EROSION BY USING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE VICINITY OF ANKARA ÇUBUK DAM LAKE

**Dr.Şenay ÖZDEN**

**Prof.Dr. Nuri MUNSUZ**

Due to stimulating topographic structure, erosion is a crucial problem in Turkey. In this study, objective was to determine, through quantitative modelling using RS and GIS techniques, changes resulted from occurrence of erosion by years. Materials used in the study include aerial photos of 1969 and 1995 at scales of 1:21000 and 1:4000 respectively, topographic, soil and geological maps of 1:25000 scale, Landsat 7 images, camera and triangulation information of the aerial photos. Digital elevation points produced by means of photogrammetric digitization of aerial photographs were transformed into grid model with grid interval of 0.5 meter.

Changes took place on land surface were calculated by extracting DTM (digital terrain model) of 1995 from the DTM of 1969. Erodibility and accumulation quantities were determined as  $t/\text{pixel}/26$  years and  $t/\text{ha}/\text{year}$  by combining variation values, pixel areas and numbers and bulk density of soil samples. Calculation have revealed that 8  $t/\text{ha}/\text{year}$  of soil has been lost including road construction in eroded areas, whereas 18.30  $t/\text{ha}/\text{year}$  of soil has been gained in accumulation areas in various forms. By omitting road construction area's data, 13.08  $t/\text{ha}/\text{year}$  of soil has been lost in eroded areas that includes erosion between 1 - 25 cm.

Key Words : Erosion, gully, modelling, geographical information systems, remote sensing, Çubuk dam, image analysis

## 1. INTRUCTION

Toprak erozyonunun modellenmesi için yapılan veri toplama çalışmaları, erozyonun önlenmesinde kullanılabilecek metotlar ve metotlarla birlikte en iyi arazi kullanımının belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu bazen erozyon derecesinin tanımlanması, bazen de erozyonu kontrol eden faktörlerin kuramsal olarak toplanıp havza üzerinde model oluşturulması biçiminde olmaktadır. Yüksek çözünürlüğe sahip uzaktan algılama verileri ve gelişmiş veri işleme teknolojileri, parçalı verilerin toplanıp değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Aşınan materyalin istenmeyen birikimi, sedimentasyon probleminin çok genel bir açıklamasıdır. Havza arazilerinde sediment kontrolünün genel durumu ile ilgili problem, su veya rüzgar ile toprağın aşınması şeklinde başlar. Havza koruma projelerinde erozyonun azaltılması ile sediment problemlerinin ıslahı, temel amaçları oluşturmaktadır. Bunun için de karşılaşılan problemlerin şiddetini içeren bilgiler elde edilmelidir. Gerekli olan bu veriler CBS ve UA teknikleri yardımıyla kısa zaman içerisinde elde edilebilmekte, CBS ve UA teknikleri, erozyon ve sediment tahmin modellerinde ve bu modellerden CBS ortamında oluşturulan veya çalıştırılan model çalışmalarında kullanılan verileri sağlama açısından, son yıllarda büyük önem kazanmaktadır. Bitki örtüsü, eğim uzunluğu, toprak özellikleri, hidrolojik parametreler, arazi kullanımı gibi veriler; mevcut haritaların sayısal ortama aktarılması, elde edilen verilerin işlenmesi, depolanması ve sorgulamalarla mevcut verilerden yeni veriler elde edilmesi, maliyetli ve uzun zaman alan yoğun arazi çalışmaları için birçok kolaylıklar sunmaktadır.

Bu çalışma, yukarıda ifade edilen gerekçelerle kantitatif modellemeden yararlanılarak Çubuk Baraj Gölü çevresinde kalan arazilerde, erozyonun çevre açısından oluşturduğu değişimi ortaya koymak ve erozyonun bu bölgedeki boyutlarını belirleyebilmek amacıyla, ele alınmıştır.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Materyal**

#### **2.1.1. Çalışma Alanının Tanımı**

Araştırma alanı yaklaşık olarak 1000 ha olup, Çubuk1 baraj gölü ve etrafında kalan alandır. Çalışma alanı Ankara'nın kuzeyinde, kuzey güney yönünde uzanmaktadır. Ovaya adını veren Çubuk ilçesinin Ankara'ya uzaklığı 40 km'dir. Bölge 32° 68' - 32° 88' batı boylamları ile 40° 00' - 40° 03' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Çinkaya 1993).

#### **2.1.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller**

Bu çalışmada, çalışma alanına ilişkin olarak Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nden ve ASKİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilen, 1969 yılına ait 1:21000 ve 1995 yılına ait 1:4000 ölçekli hava fotoğraflarından, bu fotoğrafların fotogrametrik yöntemlerle sayısallaştırılması ile elde edilen yükseklik verilerinden, fotoğraflara ait nirengi bilgileri ve kamera kalibrasyon bilgilerinden, uydu görüntülerinden, jeoloji, topoğrafik ve toprak haritalarından ve diğer kuruluşların konu ile ilgili yaptıkları çalışmalardan yararlanılmıştır. Proje, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'ndeki CBS ve UA laboratuvarında ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü'ne bağlı, Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi'nde bulunan coğrafi bilgi sistemleri yazılım ve donanımları kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada, TNTmips 6.2, Intergraph MicroStation 95, ArcInfo 7.2.1, Erdas Imagine 8.1 ve ArcView 3.1 yazılımları kullanılmıştır. Hava fotoğraflarının sayısallaştırılmasında kullanılan altlık materyaller ise; 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar, 1:21000 ölçekli 1969 yılına ait hava fotoğrafları, 1:4000 ölçekli 1995 yılına ait hava fotoğrafları, bu projelere ait yer kontrol noktalarının koordinatları, kamera kalibrasyon bilgileridir.

### **2.2. Yöntem**

Çalışmada, sayısallaştırılan hava fotoğraflarından elde edilen yükseklik verileri kullanılarak elde edilen sayısal arazi modelleri, altlık olarak kullanılmıştır. Altlıklar üzerinde en-kesit alma, hacim analizi ile erozyon belirleme işlemlerinin yapılması, çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır (Welch et al. 1984, Dymond et al. 1986).

#### **2.2.1. Hava Fotoğraflarının Sayısallaştırılması**

MicroStation 95 yazılımı kullanılarak fotogrametrik yöntemlerle sayısallaştırılan verilerin hazırlanmasında; hava fotoğraflarının tarama (scanning) işlemi ile sayısal ortama aktarılması, sayısal ortama aktarılan hava fotoğrafları üzerinden Havai Nirengi ölçümü yapılması, havai nirengi dengelemesi, sayısallaştırma ve SAM noktası toplanması şeklinde aşamalar izlenmiştir.

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

### **3.1. Sayısal Arazi Modelleri**

Çalışmada, 1969 yılına ait 1:21000 ve 1995 yılına ait 1:4000 ölçekli hava fotoğraflarının fotogrametrik yöntemlerle sayısallaştırılması ile elde edilen sayısal yükseklik nokta verileri kullanılarak, 50 cm grid aralığında sayısal arazi modellerinden grid modeller oluşturulmuştur. Grid modeller ArcView 3D modülü kullanılarak hazırlanmıştır. Modellemede kullanılan sayısal yükseklik noktaları Şekil 4.1. ve 4.2.'de verilmiştir. Bu sayısal arazi modelinden üretilen sayısal yükselti sınıfları ise Şekil 4.3. ve 4.4. 'te verilmiştir. Program interpolasyon tekniği olarak IDW yöntemini kullandığı için gridleme de bu yöntem ile yapılmıştır.

### **3.2. Erozyon Hesaplamaları**

İki farklı tarihe ait sayısal eşyükselti sınıfları, ArcInfo programına aktarılarak farkları alınmıştır. Elde edilen yeni harita (Şekil 4.9.), erozyondan dolayı meydana gelen yıllar arasındaki değişimi ifade etmektedir. Oluşturulan bu haritada elde edilen piksellerin pozitif ve negatif değerlerine ve ayrıca değişmeyen alanlarına göre sınıflama yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.10. 'da verilmiştir. Piksellerdeki pozitif değerler aşınımı ifade ederken negatif değerler birikimi ifade etmektedir. Bu haritada aşınımın 1 cm ile 60 cm arasında değiştiği, birikimin ise, 1 cm ile 99 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Pozitif değerler daha çok eğimin fazla olduğu noktalarda, şevlerde, kuru dere yataklarında ve oyuntularda elde edilmiştir. Bu alanlarda yer yer birikim noktalarının da olduğu, özellikle arazinin yukarı kesimlerinde ve ağaçlandırma yapılan bölgelerde birikimin aşınımından daha fazla olduğu tesbit edilmiştir. Çalışma alanının yukarı kesimlerinde bulunan tarım arazilerinde genel anlamda değişimin olmadığı gözlenmiştir.

Çalışmada bir pikselin boyutu 50 x 50 cm olacak şekilde düzenlenmiş olup, piksel alanı 0.25 m<sup>2</sup> 'dir. Her bir piksel sayısına karşılık gelen yükseklik farkı cm olarak hesaplanmış olup bu değerler bir tek piksel alanı olan 0.25 m<sup>2</sup> ile çarpılmıştır. Böylece elde edilen değerler m<sup>3</sup> 'e çevrilmiştir. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde yapılan hacim ağırlık değerlerinin ortalamasını ifade eden 1.33 g/cm<sup>3</sup> değeri ile çarpılarak piksellerde kaybolan toprak miktarı tona çevrilmiştir. Yükseklik farklarına ait piksel sayıları ile ton değerleri çarpılarak 26 yılda oluşan kayıp miktarı tesbit edilmiştir. Bu değerlerin toplanması ile tüm aşınım piksellerinden meydana gelen toprak kaybının 26 yılda 97326.19 ton olduğu hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer 26 'ya bölünmesi ile bir yılda meydana gelen toprak kaybının 3743.315 ton olduğu bulunmuştur. Aşınan alanlara ait toplam piksel sayısı 8180267 olarak belirlenmiştir. Piksel sayısı ile piksel alanı çarpılarak aşınımına uğrayan alanın 204.52 ha olduğu, piksellerden yılda kaybolan toprak miktarının alana bölünmesi ile de, aşınım alanında yılda 8.00 t/ha/yıl erozyon meydana geldiği bulunmuştur. Çalışma alanında yer alan büyük toprak grubu % 94 oranında kahverengi toprak grubudur. Elde edilen aşınım değeri, kahverengi toprak grubu için üniform parsel çalışmalarından deneysel olarak elde edilen toprak kaybı olan 10 t/ha/yıl değeri ile kıyaslandığında uyumlu olduğu görülmektedir. (Doğan ve Küçükçakar 1996). Aşınım alanları için piksel bazında yapılan tüm hesaplamalar Çizelge 4.1. 'de verilmiştir. Aşınım haritasından görüleceği gibi yol yapımından kaynaklanan ve doğal olmayan aşınım alanı, toplam erozyon değerlerinden çıkarılmış ve sadece doğal erozyon alanlarına ait toprak kayıp miktarları hesaplanmıştır. Bunun için 1 ile 25 cm arasında erozyona uğrayan alanların piksel sayıları toplanmış ve toplam 7967843 adet piksel bulunmuştur. Bu rakam ile piksel alanı olan 0.25 m<sup>2</sup> çarpılarak 1-25 cm arasında erozyona uğrayan alan 199.19 ha olarak hesaplanmıştır. Bu piksellerden 26 yılda toplam 67752.11 ton toprağın kaybolduğu ve bir yılda ise 13.08 t/ha/yıl toprağın uzaklaştığı saptanmıştır.

Sayısal yükselti verilerine verilen abartma ile oluşturulan, araziye ait üç boyutlu görüntüler değişik açılarla gösterilmiş (Şekil 4.13.) ve ayrıca üst üste çakıştırılarak oluşan renk farkları ile pozitif ve negatif değişimlerin, yüzeyler üzerinden de görünmesi sağlanmıştır (Şekil 4.14.).

### 3.3. Enkesitler

Erdas Imagine programına aktarılan iki farklı tarihe ait bu modeller, katman birleştirme (layer stack) analizi ile üstüste çakıştırılmıştır. Elde edilen yeni katman üzerinde değişik noktalardan enkesitler alınmıştır. Enkesit noktaları Şekil.4.15.'teki TIF formatındaki görüntü üzerinde gösterilmiştir. Enkesitlere ait rapor dosyaları Excel programına aktarılarak, arazide erozyondan dolayı meydana gelen yükseklik farklarının grafikleri çizilmiş ve ölçeksiz olarak çizilen bu grafikler Şekil.4.16. - 4.25. 'te sunulmuştur.

Kesitlerin incelenmesinden de görüleceği gibi erozyondan dolayı 26 yıl içerisinde arazi yüzeyinde topoğrafyanın özelliğine bağlı olarak değişimler gerçekleşmiştir. En kesit alanlarından biri olarak seçilen kuru dere yatağı, aşağıda verilen şekilden de (Şekil 4.16.) görüleceği gibi erozyona en fazla uğrayan alanlardan biridir. Aşınımın çok fazla olmasına rağmen, toprağın aşınımını azaltan yüzeydeki münferit bitki örtüsü veya yüzey akış ile

harekete geçmesi zor olan taş veya kaba materyalin varlığı gibi nedenlerle çok az noktada da olsa değişim olmadığı gibi birikim noktaları da mevcuttur. Çalışma alanının su ayırım çizgisi ile sınırlandırılan bir havza olmayışı nedeniyle havzanın yukarı ve aşağı kısımlarında erozyon anlamına gelecek değişimleri izleyebilmek her ne kadar mümkün olmasa da, arazinin yüksek kesimlerinden eğimin daha çok arttığı aşağı kesimlerine doğru erozyon açısından oluşan farklılığı irdeleyebilmek amacıyla aşağıdaki enkesitler alınmıştır. Aynı alanın yüksek kısım, orta kısım ve daha aşağı kısım olarak tanımlanabilecek noktalarından kesitler alınarak bir yamaç boyunca eğime bağlı olarak değişimin farkı Şekil 4.17., 4.18. ve 4.19. 'da verilen en kesit örneklerinde sunulmuştur. Yukarıdaki en kesitlerin alındığı alanlarda, aşımından ziyade birikim miktarı daha fazla olmuştur. Bunun nedeni o alandaki ağaçlandırma, teraslama ve yukarı havzadan gelen toprağın birikim noktalarından biri niteliğinde olmasıdır. En aşağı kısımdan alınan kesit 6 'da aşımın birikime oranla fazla olduğu, özellikle yamaçlardaki eğim dikliğinin arttığı yerlerde bitki örtüsü varlığına rağmen aşım bulunduğu tesbit edilmiştir. Çalışma alanında, göl yüzeyinden krete doğru dik olarak alınan en kesit örneklerinde, gölün yukarı kısımlarında sediment nedeniyle göl alanının daha dar, krete doğru ise göl yüzeyinin daha geniş olduğu, özellikle 5 ve 6 numaralı en kesit örneklerinde, 1969 yılından sonra erozyonla gelen toprağın gölün yukarı kısmında ve sınır alanında biriktiği görülmektedir. Göl alanına paralel olarak alınan enkesit örneklerinde değişim çok az gibi görünse de tepelik kesimlerde birikim ve tepeler arasındaki oyuntularda aşım olduğu görülmektedir. Enkesitler özellikle oyuntuların tabanlarında oluşan değişimi çok iyi yansıtmaktadır. İki enkesit arasında kalan alan ve arazide yapılacak derinlik ölçümleri ile o noktadan hareket eden toprağın hacmi kolayca hesaplanacağı gibi, belirli zaman aralıklarında GPS ile noktaların alınması ve bu veri ile birlikte kullanılması ile oyuntu gelişimi arazi çalışmalarına kıyasla daha az zamanda hesaplanabilecektir.

#### 4.ÖNERİLER

Erozyonu belirleme metodolojileri içinde son yıllarda üzerinde büyük önem arzeden ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak büyük ilerlemeler kaydeden kantitatif modelleme gittikçe önem kazanmaktadır. Ülkemizde bu güne kadar erozyon konusunda yapılan çalışmalardan yöntem yaklaşımı itibarıyla farklılık arzeden bu araştırma bu yönüyle bir ilki oluşturmaktadır.

Temel altlıklarını hava fotoğraflarının oluşturduğu bu modelleme çalışmasında, uygun alan ve uygun fotoğraf ölçeği konusunda karşılaşılan bir çok zorluklar, ülkemizde hava fotoğraflarının çekiminden sorumlu olan kuruluşların çalışma konularının farklılıkları ve bu konulara bağlı olarak fotoğraf ölçeği ve ayrıca belirli zaman aralıklarında fotoğraf çekiminin olmayışı gelmektedir. Bu sorunlara bağlı olarak temin edilebilen hava fotoğraflarının ölçekleri farklı olmakla birlikte daha eski zamanlara ait uygun fotoğraf temini mümkün olmamıştır.

Yukarıda ifade edilen zorluklara karşın, fotoğrametri konusunda ülkemizde son teknolojik gelişmelerin takip edilip başarı ile uygulanıyor olması, çalışma açısından olumlu katkılar sağlamıştır. Çalışma hassasiyetine uygun olarak yapılan sayısallaştırma ile ölçek detayları arasındaki farklılıklar en aza indirilmiştir.

Fotoğraf teminine bağlı olarak seçilen alan aşım ve birikim noktalarını açıklamada tüm parametrelerin irdelenmesini güçleştirmektedir. Aşım ve birikim sonuçlarının daha iyi irdelenmesi açısından bu tür çalışmaların su ayırım çizgisi ile sınırlandırılan havzalar bazında ele alınması gerekmektedir. Böylece gelen toprağın kaynağı daha net olarak açıklanabileceği gibi, birikimi ve bunun yanında aşımını etkileyen faktörlerin de daha sağlıklı yorumlanmasını sağlayacaktır.

Çalışma sonuçlarının test edilebilmesi amacıyla ileriki yıllarda, daha çok arazi gözlem değerlerini içeren alanlarda, benzer araştırmaların yürütülmesi önem arz etmektedir. Bu ifadeye dayanarak, ülkemizde veri tabanı oluşturma konusunda, ülke bazında yürütülecek

alışmalara hız verilmesi; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri gibi daha çok veri tabanına dayalı çalışmaların hızlanmasını ve çalışma sayılarının artmasını sağlayacaktır.

Oyuntu erozyonu gibi daha fazla arazi çalışması gerektiren konularda, kısa zaman içerisinde sağlıklı sonuçlar verebilen bu metodoloji, belirli zaman aralıklarında meydana gelen değişimleri izleme imkanı vermektedir.