

**KONYA ALTINAPA BARAJ GÖLÜNDEKİ
SEDİMENTASYON KAYNAKLI KAPASİTE KAYBININ
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HESAPLANMASI**

***DETERMINATION OF CAPACITY LOSS OF ALTINAPA RESERVOIR
CAUSED BY SEDIMENTATION
USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS***

Mustafa ONÜÇYILDIZ İhsan BOSTANCI Alpaslan YARAR

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Sedimentasyon, su kaynakları sistemlerinin işletilmesi aşamasında karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Baraj rezervuarları ise bu sorunun en çok yaşandığı yapılardır. Rezervuar sedimentasyonu, barajların işletme sürelerini kısaltmakta ve işletme sorunları ile karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Büyük maliyetler ve yoğun bir çalışmanın sonucu ortaya çıkan ve kullanım amaçları dikkate alındığında buldukları ülkeler için ekonomik ve stratejik öneme sahip olan barajların sedimentasyon sonucu tam olarak işletilememesi ve rezervuarların tamamen dolarak kullanılamaz hale gelmesi kabul edilmesi zor bir durumdur.

Rezervuar sedimentasyonundan kaynaklanabilecek sorunların minimum ölçeklerde tutulabilmesi için rezervuarda oluşan sedimentasyonun düzenli olarak takip edilmesi ve barajın işletme şeklinin buna göre belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, rezervuar sedimentasyonunun takibinde kullanılan geleneksel yöntemlere alternatif olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir analiz yöntemi Konya-Altınapa Barajına uygulanmıştır. DSİ tarafından Altınapa Baraj gölünde 1968, 1974 ve 1979 yıllarında alınmış olan ölçümler sonucu hazırlanan batimetrik haritalar Arc View 3.2 yazılımı yardımıyla sayısallaştırılmış ve elde edilen sayısal haritalar 3-D Analyst ve Spatial Analyst uzantıları yardımıyla analizlere tabi tutulmuşlardır.

Çalışma sonucunda, her döneme ait sediment birikiminin gözlenebildiği üç

boyutlu taban profilleri ve hangi bölgede ne kadar sediment biriktiğini nicel olarak veren sediment dağılım haritaları, geleneksel yöntemlerle de elde edilebilen kot-alan ve kot- hacim değer ve eğrilerine ek olarak elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen bu veriler yardımıyla barajın planlanması aşamasında varsayılan sediment verimi ile gerçekleşen sediment verimi karşılaştırılarak muhtemel faydalı ömür hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar, geçmiş yıllarda aynı veriler kullanılarak geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde geleneksel yöntemlere oranla çok daha kısa sürede sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçların üç boyutlu olarak gözlemlenebilmesi ve sediment dağılım haritalarının elde edilebilmesi baraj ile ilgili yorumların daha kolay ve daha gerçekçi yapılabilmesini sağlamıştır. Altınapa Barajında yapılan bu çalışmanın, ülkemizdeki diğer barajlarda yapılacak benzer sedimentasyon analizleri için bir örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rezervuar Sedimentasyonu, Altınapa Barajı, Coğrafi Bilgi Sistemleri, CBS, Arc View 3.2.

ABSTRACT: Sedimentation is one of the major problems which is experienced during the operation of water resources systems. Structures which most subjected to sedimentation are reservoirs. Reservoir sedimentation reduces the useful lifetime a reservoir very rapidly

and during the operation period may lead serious problems. Reservoirs are products of intense study, heavy works and huge amounts of money. If we consider the purposes and current usages of the reservoirs, they are strategic components of their country. Therefore inefficient operation and full siltation of a reservoir is unacceptable.

The problems due to sedimentation must be kept at minimum scales. In order to achieve this, sedimentation through the reservoir must be regularly examined and reservoir operation must be regulated with respect to these investigations.

In this study, a Geographical Information Systems (GIS) based sedimentation analysis is applied on Konya- Altınapa Dam as an alternative to the conventional sedimentation analysis methods. Bathymetric maps, which are prepared by State Hydraulic Works (DSİ) from the data obtained during the bathymetric surveys of Altınapa Dam in the years 1968, 1974, 1979, were digitalized using ArcView 3.2 software. These digitalized maps then analyzed by using 3-D Analyst and Spatial Analyst extensions of ArcView 3.2 software.

At the end of the study, 3-D digital reservoir bottom profiles which enable visual inspection of sedimentation, sediment distribution maps which quantitatively illustrate spatial distribution of sedimentation were obtained in addition to the Area and Capacity values and curves that can also be obtained by conventional methods. Using the analysis results, actual sediment yield rate of the watershed of the Altınapa Dam was calculated and a comparison of expected and actual sediment yield rates was made. Also probable useful life of the dam was estimated. Obtained results were parallel with the ones that obtained by previous studies done by conventional methods.

GIS based analysis method has decreased the time consumed for analysis considerably. Also the 3-D bottom

profiles and sediment distribution maps provided a more realistic and comfortable inspection of sedimentation. The study has been executed in order to build up a model for sedimentation analysis which will be carried out in the similar reservoirs in Turkey.

Key Words: Reservoir Sedimentation, Geographical Information Systems, GIS, Altınapa Dam, ArcView 3.2.

1. GİRİŞ

Toprağın akan su, buzul rüzgâr ya da dalga ile aşındırılarak uzaklaştırılması ve taşınması **erozyon**, yerinden sökülen parçacık **sediment** ve su ile taşınan sedimentin yerçekimi etkisi ile çökeliş birikmesi **sedimentasyon** olarak tanımlanır. Akarsular üzerine kurulmuş olan yapılar sedimentasyonun etkisi altında kalırlar. Günümüzde yüksek hazne kapasitesine sahip barajlar, işletimleri süresince karşılaşacakları sediment birikimi göz önüne alınarak ortalama 50-100 yıllık verimli işletim süresi için tasarlanmaktadır. Barajlar ekonomik ömürleri boyunca kullanılabilir hazne hacimlerini muhafaza etmek zorunda olduklarından sedimentasyondan kaynaklanan hazne hacim kayıplarının tahmini gereklidir.

Bir akarsu üzerine yapılan su yapısı akarsuyun akış rejimini ve katı madde taşıma kapasitesini etkileyerek akarsudaki tabii dengeyi bozar. Ancak yıllar sonra yatağın bir kısmında

Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

yığılmalar, bir kısmında oyulmalar meydana gelerek yeni bir denge oluşur. Baraj, akarsu vadisini kapatan ve su biriktirmek amacı ile yapılan bir su yapısı olup membasında biriken su hazneyi oluşturur. Haznenin büyüklüğüne bağlı olarak akarsudaki suyun akış hızı azalır ve su yüksekliği menbaya doğru ilerledikçe artar. Taşınan katı maddenin çoğu, suyun kabardığı yerlerde nehir kısımlarında ve baraj haznesinde birikmeye başlar. Bu birikintiler hazne memba ucunda yatak seviyesini yükseltir, bir çatalağız oluşturur. Ayrıca rezervuar tabanı boyunca biriken bu sediment barajın hazne kapasitesini azaltır.

Barajların projelendirilmesinde, hazneye gelen katı madde oranlarının, miktarlarının ve çökme özelliklerinin bilinmesi gerekir. Çünkü baraj haznesinde sedimentasyonun özellikle faydalı biriktirme kapasitesine, çıkış yapılarının, rekreasyon alanlarının seçimine ve boyutlandırılmasına, hatta barajın işletme aşamasında önemli etkileri vardır. Ayrıca baraj göllerinde meydana gelen sedimentasyon akarsularda ulaşımın sağlanabilmesi ve barajın işletme amaçlarını yerine getirilebilmesi açısından da önemlidir.

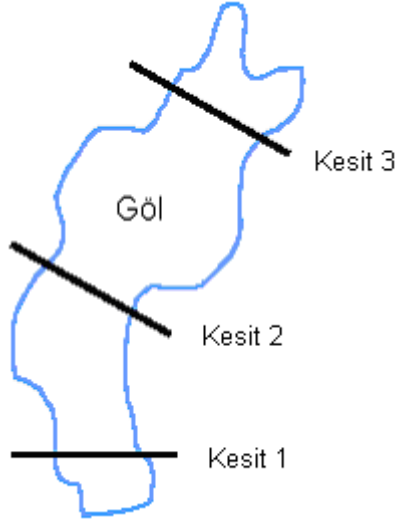
Türkiye’de DSİ tarafından işletilen barajlar sulama, enerji üretimi, içme suyu ve rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır.

Baraj rezervuarlarında biriken sedimentin düzenli olarak kontrol edilmesi mevcut işletme amaçlarının yerine getirilebilmesi ve geleceğe yönelik planların yapılabilmesi için gereklidir. Devlet Su İşleri (DSİ) Etüt Plan Dairesi başkanlığındaki Harita Şubesi tarafından rezervuarlardan alınan batimetrik haritalar İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığına bağlı Hidroloji Şubesi tarafından incelenmekte ve kapasite hesaplamaları bu haritalara göre yapılmaktadır.

Geleneksel analiz yöntemlerinde, baraj rezervuarındaki biriken sedimentin belirlenmesi için düzenli alınan hidrografik haritalardan ve kesit ölçümlerinden (range surveys) faydalanılarak sediment birikimi hesaplanır. Baraj işletmeye alınmadan önceki proje haritası orijinal durum olarak kabul edilir ve bu haritadaki her bir kontur tarafından kuşatılan alan planimetre yardımıyla bulunur, daha sonra bu alanlardan faydalanılarak baraj haznesinin orijinal kapasitesi hesaplanır. Biriken sedimentin miktarı ve birikme hızı daha sonra alınan hidrografik haritalardan elde edilen değerlerin orijinal değerlerle karşılaştırılması sonucunda elde edilir. Bazen tüm göl boyunca ölçümler yapmak yerine baraj yapımı esnasında seçilmiş röperlerden

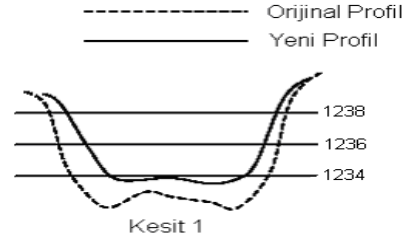
Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

faidalanılarak konumu sabitlenmiş enkesit doğruları boyunca ölçümler alınır (Şekil 1). Bu sayede baraj gölünün tamamında ölçüm almak için harcanan zaman ve işgücünden tasarruf edilerek daha sık gözlem yapılabilir. Ancak belli aralıklarla tüm baraj rezervuarı boyunca iskandil haritalarının alınması gerekir çünkü bu enkesit ölçümleri tüm baraj hakkında bir fikir vermekle birlikte genel durumu detaylı bir biçimde yansıtmaz.



Şekil 1. Enkesit Dağılımı

Bu enkesitlerden elde edilen taban profilleri baraj inşasından önceki profillerle karşılaştırılarak birikim miktarları tahmin edilir. Enkesit ölçümlerinden elde edilen sonuçlar üzerinde sonlu alanlar yöntemiyle yapılan hesaplar tatmin edici sonuçlar vermektedir.



Şekil 2. Profil Karşılaştırması

Fakat enkesit hatlarını belirleyen röperler zamanla kaybolabilmekte, sonraki ölçümler için enkesit noktasının yerini bulmak imkânsızlaşmakta ve her noktadan ölçüm alınamamaktadır. Dolayısıyla ileriki yıllarda yapılan ölçümler daha az enkesit kullanılarak yapılmakta ve yapılan çalışmanın verimliliğini azaltmaktadır.

Batimetrik verilerin elde edilmesi ve analizinde kullanılan teknolojilerde meydana gelen gelişmeler sayesinde baraj tabanının sayısal modeli çıkartılarak sadece biriken sediment miktarı değil, aynı zamanda rezervuar tabanı boyunca yayılımı da net bir biçimde gözlemlenebilmektedir. Batimetrik ölçümlerde kullanılan sonar aletlerinin hassasiyetlerinin artması ve bu sonarların GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) aygıtları ile eş zamanlı olarak kullanılması sayesinde daha gerçekçi olarak yatay konum belirlenmektedir. Batimetrik veriler CBS ortamına aktarılarak rezervuar tabanının sayısal haritası ve bu haritalardan rezervuar

tabanının 3 boyutlu DAM modelleri elde edilmektedir.

2- BİLGİ SİSTEMLERİ

Bilgi sözcüğü, bir iş veya konu hakkında bilinen şey olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bilgi, insan aklının erişebileceği olgu, gerçek ve ilkelerin tümü olarak da ifade edilmektedir. Bilgi kavramı, bilgi teorisi çerçevesinde objektif gerçeğin belli bir kısmına ilişkin ifadeler şeklinde de tanımlanabilmektedir. Bilgi; idari, hukuki, sosyal, bilimsel, teknik, ekonomik, endüstriyel, ticari, dini ve benzeri diğer konularda araştırma yapmak, politika üretmek ve günlük olaylara yön vermek için üretilmesi gereken bir ihtiyaç olup, öğrenme, araştırma ve gözlem sonucu ortaya çıkar. Bilgi, **1-** Mevcut bilgiler [Sabit bilgiler (özel isim), Değişken bilgiler (sıcaklık, basınç), Birikimli bilgiler (nüfus, tapu, arşiv bilgisi)], **2-** Üretilebilen bilgiler (koordinat, alan), **3-** Planlanan bilgiler (nazım planı, iş planı) olmak üzere üç ana grup halinde sınıflandırılabilir (Ağar, 1974).

Veri, bilginin hammaddesi olup, bilginin temsil biçimidir, dikkate alınan veri aynı zamanda bilgi özelliğini de taşıyabilir. Bilgi, basit anlamda düşünüldüğünde sadece verilerin

toplamından oluşan bir küme değildir. Çünkü bilgi, veriye göre daha fazla şeyler sunar; etkileşimde bulunarak insanları değişik konularda bilgilendirip yönlendirebilir. Buna karşın veriler, gerçek dünyada yer alan nesnelere ilişkin sembolik gösterimler olarak göze çarpar. Bu açıdan bakıldığında bilgi, kullanıcı tarafından anlaşılabilir formlara dönüştürülmüş verilerden oluşan bir grup olarak da tanımlanabilir. Bilgi kendiliğinden oluşmaz, elde edilmesi için mutlak suretle takip edilmesi gereken bir yol yani bir sistemin var olması gerekir ki bu sayede toplanacak bilgi verimli hale dönüştürülebilir.

Sonuç elde etmeye yarayan yöntemler düzenine sistem denilmektedir. Bilginin toplanıp işlenmesi ve kullanılır hale dönüştürülmesi belli bir sistemin var olmasını gerektirir. Bu amaçla kurulan sistemler genelde bilgi sistemleri olarak isimlendirilmekle birlikte, bilgi sistemi (information systems); organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak tanımlanır. Dolayısıyla bilgi sistemi, bilgiye kolayca erişip, bilgiyi daha verimli kullanabilmek için oluşturulan bir sistemdir (Star ve Estes, 1990). Bilgi sistemi, gözlem aşamasından veri toplama, analiz ve sunuma kadar uzanan

Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

bir dizi işlem akışından ibarettir. Böyle bir sistem ile amaçlanan, planlama, araştırma ve yönetim işlevlerinde kullanıcının karar verme (decision making) yeteneğini artırarak, neden ve niçinler ile en doğru kararı vermesine yardımcı olmaktır. Bu nedenle, bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu veriler üzerindeki mantıksal işlemleri, önceden belirlenen ilkelere göre yapılarak doğru karar verebilme kapasitesini artırmaktır.

Bilgi sisteminin mutlak suretle bilgisayar destekli olması zorunlu değildir. Herhangi bir bilgi sistemi klasik anlamda yazılı dokümantasyon sistemi olabileceği gibi "klasik+bilgisayar" bütünleşik bir sistem de olabilir. Esas olan, bilgi sisteminin ana fonksiyonu olan kullanıcı, plancı, araştırmacı ve yöneticilerin karar verme kapasitesini artırmaktır. Ancak bilgisayarın burada işleme hız kazandırıcı bir araç niteliği taşıdığı göz ardı edilmemelidir. Günümüzdeki kurum ve kuruluşlar, bilginin önemini daha iyi kavrayarak, bilgi paylaşımına ilişkin mevcut faaliyetlerde maliyeti azaltıp, verimin artmasını hedeflemektedirler. Bunu gerçekleştirmek için de özellikle bilgisayardan yararlanma yoluna gidilmektedir. Nitekim mevcut bir sistemin daha verimli çalışması için insan, bilgisayar faaliyetleri ve sisteme

katkıları karşılaştırıldığında birbirlerine göre üstünlükleri olduğu da Tablo 1'de görülmektedir (Martin, 1992). Özellikle bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler bilgi sistemi kavramının günümüzde daha sık telaffuz edilmesine ve değişik türde bilgi sistemleri ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunlardan bir tanesi de Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS).

Tablo 1. Bilgi İşlemede İnsan ve Bilgisayar Kapasitelerinin Karşılaştırılması

Faaliyet	İnsan	Bilgisayar
Yerleşim Masrafı	Pahalı	Ucuz
Zamana Göre Performans	Azalma	Sabit
Yenileme Masrafı	Pahalı	Ucuz
Kalıcılık-Süreklilik	Zayıf	Çok İyi
Hesaplama Kapasitesi	Zayıf	Çok İyi
Beklenmedik Bir Olaya Hâkimiyet	İyi	Zayıf
Ortak Çalışma Anlayışı	Çok İyi	Zayıf
Konuşma Yeteneği	İyi	Zayıf

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçe'ye çevrilmiş hali olup, kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, bu

Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Özellikle CBS'nin dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar arasında geniş bir merak uyandırması, gelişmelerdeki hızlı değişiklikler, özellikle ticari beklentiler, farklı uygulama ve fikirler, CBS'nin standart bir tanımının yapılmasına imkân vermemektedir.

CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir (Altan ve ark.1996, Batuk ve Külür, 1996). Bütün bu düşünceler ışığında, coğrafi bilgi sistemlerinin değişik yönlü tanımları yapılmaktadır. Burrough (1998)'a göre CBS, belirli bir amaçla yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür. Dale ve McLaughlin (1998) CBS'yi genel harita bilgilerini görüntülemeye yarayan bilgi yönetimi sisteminin bir şekli olarak tanımlamıştır. ESRI (1994)'ye göre ise CBS, coğrafi bilgileri bir bilgisayar ortamında

depolayan ve analiz eden bir araçtır. CBS, AGI(1991) tarafından hazırlanan sözlükte yeryüzü referanslı verileri toplayan, depolayan, kontrol eden, işleyen, analiz eden ve görüntüleyen bir sistem olarak tanımlanmıştır.

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı gibi CBS'nin bir sistem mi, yoksa bir araç mı olduğu konusunda değişik görüşler söz konusudur. Burrough (1998)'a göre, CBS tanımı; araç (toolbox), yönetim (management) ve sistem (system) gibi üç temel yaklaşımla irdelenir. Buna göre, CBS bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak veya yoğun ve karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği bir yönetim tarzı; veya coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ya da bunların bir bütünü olarak algılanmaktadır. Bütün bu tanımlarda, coğrafyaya konu olan bilgilerin toplanmasından bu bilgilerin üretilmesine kadar geçen süreçte bir takım konumsal analitik işlemlerin gerçekleşmesi için bilgisayarın bir araç olarak kullanılması ve tüm bunların ancak bir sistem dâhilinde sağlanabileceği vurgulanmaktadır. Buna göre CBS; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve

kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000).

CBS kullanıldıkları alana göre farklı isimler almaktadır (Arazi Bilgi Sistemleri, Kent Bilgi Sistemleri, Toprak Bilgi Sistemleri gibi). CBS'nin uygulama biçimine göre yapılan farklı isimlendirmeleri yanında, birçok uzman, coğrafi bilgi sistemlerindeki hızlı gelişme ile bazı veri toplama ve işleme tekniklerinin gelişimi arasında bir bağlantı olduğunu ileri sürmektedir. Diğer bilgi sistemlerini örnek olarak vermektedirler [Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Desing), Bilgisayar Destekli Kartoğrafya (Computer Aided Cartography), Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems), Uzaktan Algılama (Remote Sensing) gibi].

Yukarıda bahsedilen sistemlerin bazı özellikleri, coğrafi bilgi sistemleri bünyesinde toplanmış ve sonuçta; disiplinler arası bir teknik ortaya çıkmıştır. Ancak, bu sistemlerin hiçbirinde olmayıp da sadece CBS'de olan bir özellik vardır ki; o da coğrafi analiz, diğer bir ifadeyle konumsal analitik işlemleri gerçekleştirebilme yeteneğidir (Maguire,1992). Genelde bilgisayar destekli sistemler yapılan işlemlerde tam otomasyonu tesis etmek

üzere geliştirilmişken, CBS bu sistemlerden farklı olarak gereğinde konum verilerinden yeni bilgiler üretme fonksiyonlarına sahiptir. Bilhassa grafik ve grafik olmayan veri tabanlarının birbiriyle olan etkileşimi kullanıcıya çok yönlü çözümler sunarak CBS'yi diğer klasik sistemlerden farklı kılar.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Fonksiyonları

Coğrafi bilgi sistemleri, yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. CBS teknolojisi ortak veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir. Örneğin, haritaların sağladığı görsel ve coğrafi analiz avantajları sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunulur. Bu özelliği bakımından, CBS diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Bunun bir sonucu olarak, CBS, hizmet alanındaki olayların tanımlanmasında ve ileriye dönük tahminlerde bulunarak stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Her ne kadar harita yapımı ve coğrafi verilerin analizi yeni bir işlem değilse de, CBS bu tür işlemleri olduğundan daha iyi ve hızlı yapabilmektedir.

Coğrafi bilgi sistemlerindeki teknolojik gelişmelerden önce sadece belli kişiler coğrafi bilgiyi karar verme ve problem çözümede kullanmaya ihtiyaç duymuştur. Oysa bugün, CBS bütün dünyada, büyük yatırımlara konu olmakta, yan mesleki kuruluşlarda bilhassa endüstri alanında birçok kişiyi iş sahibi yapmakta; temel eğitim okullarında, üniversite ve özel sektör kuruluşlarında gereğinde özel kurslarla öğretilmektedir. Dolayısıyla konum bilgisi kullanan kişilerin coğrafi bilgiye olan ilgileri ve konumsal verilerle çalışmaları her geçen gün daha fazla olmaktadır. Tüm bu gelişmelerin temelinde coğrafi bilgi sistemlerinin diğer sistemlerden farklı olarak sahip olduğu fonksiyonlar vardır. Bu fonksiyonların işlevleri; Sayısal verilerin entegrasyonu, Konumsal sorgulama, Otomasyon, Görüntüleme, Manipulasyon, Konumsal analizler, Karar-verme analizleri, Model analizleri olarak özetlenebilir (Dangermond, 1989);

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en az beş ana unsurun bir arada olması gerekir (ESRI). Bunlar CBS'nin bileşenleri olarak isimlendirilen, donanım, yazılım, veri, insanlar ve metotlardır. CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafi anlamda birbiriyle

ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Bu basit ancak konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından son derece güçlü bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, örneğin, dağıtım görevi üstlenmiş taşıma araçlarının optimum yük dağıtımından, planlamaya dayalı uygulamalara ait detay kayıtlarına, atmosferdeki değişimlerin modellenmesine kadar birçok gerçek dünya probleminin çözümüne imkan sağlamaktadır.

2.3. Dijital Arazi Modeli (DAM)

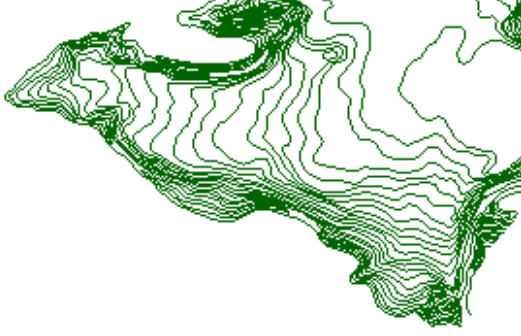
Yöntemi

Dijital Arazi Modeli yönteminin rezervuar sedimentasyonu problemine uygulanması, barajın yapımından önce alınmış haritalar ile mevcut rezervuar tabanının durumunu yansıtan batimetrik haritaların sayısallaştırılıp rezervuar tabanının dijital 3 boyutlu yüzeylerinin oluşturulması şeklindedir. Oluşturulan bu DAM modelleri karşılaştırılarak CBS sistemleri tüm rezervuar boyunca biriken sediment miktarını ve bu sedimentlerin hangi bölgelerde biriktiğini sayısal ve görsel olarak bize sunabilmektedir.

2.3.1. Baraj inşası öncesi durum

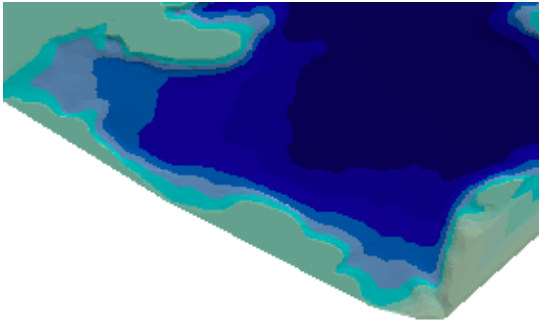
Baraj inşası öncesi rezervuarın kaplayacağı alanı belirlemek için kullanılan topografik haritalar baraj tabanının orijinal hali olarak kabul edilen haritalar, kontur haritaları elde edilecek

şekilde sayısallaştırılırlar. Şekil 3'te görüldüğü gibi 1 m aralıklı kontur çizgileri hesaplamalar için yeterli hassasiyeti sağlamaktadır.



Şekil 3. Kontur Çizgileri

Arcview programında sayısallaştırılan haritalardan Arcview 3D Analyst uzantısının bir komutu olan 'Create TIN from Features' özelliği ile arazinin TIN (Triangulated Irregular Network) modeli elde edilmiştir (Şekil 4).



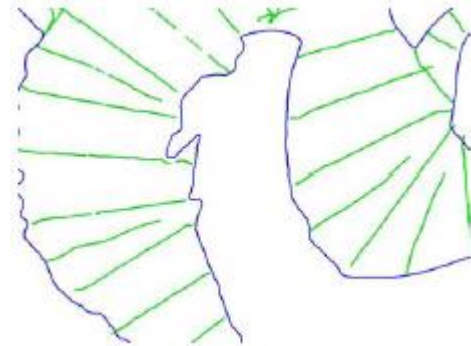
Şekil 4. TIN Modeli

Elde edilen bu TIN haritalarında belli bir yüksekliği gösteren kontur çizgilerinin sınırladığı planimetrik alan ve bu düzlemin altında kalan hacim yine Arcview 3D Analyst uzantısının bir

komutu olan 'Surface' menüsü altındaki 'Area and Volume Statistics' komutu kullanılarak hesaplanır. Bu işlem her bir kontur aralığı için yapılarak baraj rezervuarının orijinal durumu ile mevcut durumu arasındaki fark sayısal olarak elde edilebilir.

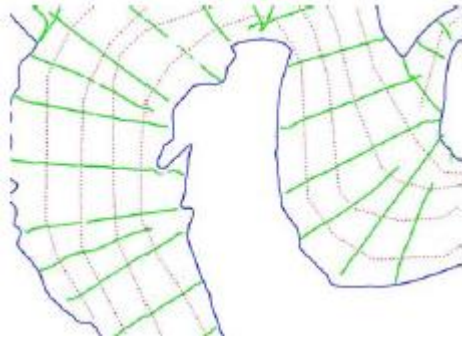
2.3.2. Mevcut durum için yapılan ölçümler

Mevcut durumu belirlemek için yapılan ölçümler, GPS ve Sonar derinlik ölçeri taşıyan bir teknenin baraj merkez çizgisine dik olarak, bir kenardan diğer kenara geçerken okumalar alması şeklinde yapılır. Bu ölçümler esnasında GPS x,y koordinatlarını, Sonar da GPS'in yatay konumunu verdiği noktanın derinliğini verir. Daha sonra alınan bu derinlik verileri ölçümün yapıldığı esnadaki su yüksekliğine bağlı olarak z koordinatına dönüştürülür. Genelde ölçümler Şekil 5'te gösterildiği gibi alınır.



Şekil 5. Ölçüm Güzergâhı

Ancak bu şekilde alınan verilerin DAM olarak modellenmesi sırasında alınan ölçümler arasındaki uzaklığa bağlı olarak bazı hatalar oluşmaktadır. Bu hataları azaltmak için ek veriler mevcut verilerin enterpolasyonu yöntemiyle elde edilerek alınan ve Arcview ortamına aktarılan ölçümlerin arasına Arcview programı yardımıyla yerleştirilir Şekil 6. Sedimentasyon hesaplamaları mevsimlik su seviyesinin altındaki taban ile sınırlıdır. Bundan dolayı mevsimlik su seviyesini belirleyen ve bu enterpolasyon işleminin sınırlarını belirleyen bir hatta ihtiyaç vardır.



Şekil 6. Enterpolasyonla Elde Edilen Ek Veriler

Fakat genelde ölçümler göl seviyesi mevsimlik su seviyesinin altında iken alınır ve eski haritaların çoğunda su sınır çizgisinin dışında ölçüm alınmamıştır. Bu durumlarda genelde barajın ilk durumu yada o bölge için alınmış olunan en güncel veriler kullanılmaktadır. Yukarıda bahsettiğimiz ve Şekil 5'te gösterilen enkesitlerden alınan ölçümlerden yapılan

işlemlerdeki hataların tamamen yok edilmesi için yeni yapılacak sedimentasyon ölçümlerinin düzensiz olarak yapılması tavsiye edilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7 Düzensiz Olarak Alınmış Ölçümler

Bu sayede düzgün dağılımlı bir veritabanı elde edilerek gerçeğe daha yakın bir DAM modeli elde edilebilir. Ayrıca ölçümler sırasında su sınır çizgisini ve mevsimlik su seviyesinin kapsadığı alanında ölçümünün yapılması sayesinde DAM oluşturulurken yapılan ön işlemler büyük ölçüde azalır.

2.3.3. Sonuçların görsel olarak sunumu

DAM modelinin kullanılmasının sağladığı en önemli fayda su derinlik haritası ve sediment dağılım haritasının elde edilebilmesidir. Su derinliği haritaları güncel olarak grid formatında elde edilen dip haritalarının su seviyesinden çıkarılmasıyla elde edilir. Bu sayede herhangi bir su yüksekliği için batimetri haritaları elde edilebilir. Bu

batimetri haritaları barajın kullanım amaçlarını yerine getirebilmesi açısından çok önemli veriler sağlar. Orijinal dip haritasının güncel dip haritasından çıkarılması ile ikinci bir görsel ürün olan sediment dağılım haritası elde edilir (Şekil 8).



Şekil 8 Sediment Dağılımını Gösteren Harita

Sediment dağılım haritası ile sediment birikimi görsel olarak takip edilebilir. Ayrıca orijinal dip haritasından sonra fakat baraj inşaatından önce oluşan toprak yığılmaları ve civarda yapılan kazılar da hesaba katılarak sedimentasyon analizinde göz önüne alınabilir.

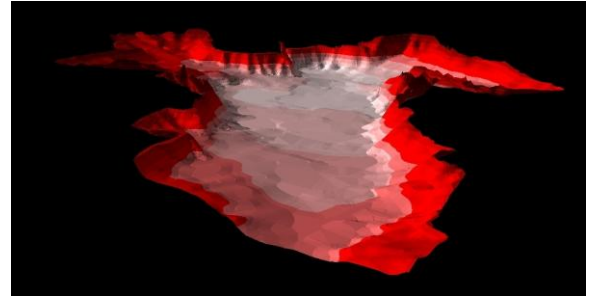
2.4. CBS Tabanlı Analizin Sağladığı Faydalar

Bu analiz yönteminin sağladığı görsel avantajların yanı sıra bölge ile ilgili diğer verileri analize dahil edebilme olanağı da vardır. Barajın ve rezervuarın sayısallaştırılmış haritaları gerçek koordinatlarda kaydedildikten sonra Arcview programı ile barajı besleyen havzanın haritası sisteme eklenebilir.

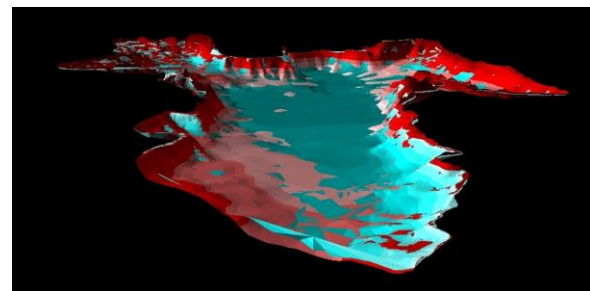
Arazi kullanımını bu harita üzerinde işlenerek sedimentasyonu etkileyen potansiyel faktörler izlenebilir ayrıca Uzaktan Algılama ve havadan alınan görüntülerle bölgedeki gelişim ve değişim gözlemlenebilir.

3. ALTINAPA BARAJINA AİT ÜÇ BOYUTLU TABAN PROFİLİ GÖRÜNTÜLERİ

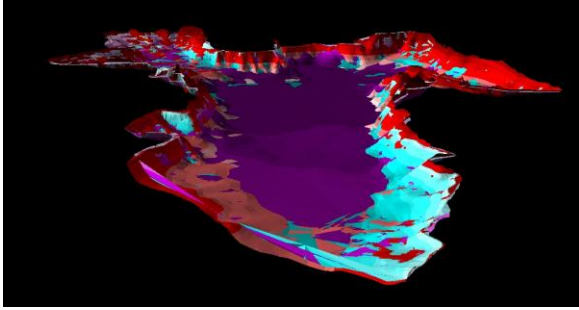
Şekil 9'da 1968 yılına ait batimetrik haritalardan türetilmiş olan taban profili görüntüsü verilmiştir. 1974 yılına ait olan taban profili görüntüsü yıllar arasındaki farkı görsel olarak inceleyebilmek için ikinci bir katman olarak 1968 yılına ait görüntünün üzerine yerleştirilerek Şekil 10 ve aynı prosedür tekrar edilerek 1979 yılına ait taban profili Şekil 10'un üzerine eklenerek Şekil 11 elde edilmiştir.



Şekil 9. 1968 Yılına Ait Taban Profili



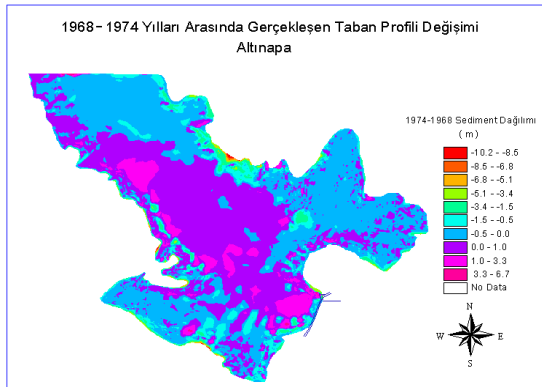
Şekil 10. 1968 ve 1974 Yıllarına Ait Taban Profillerinin Birbirine Göre Durumu



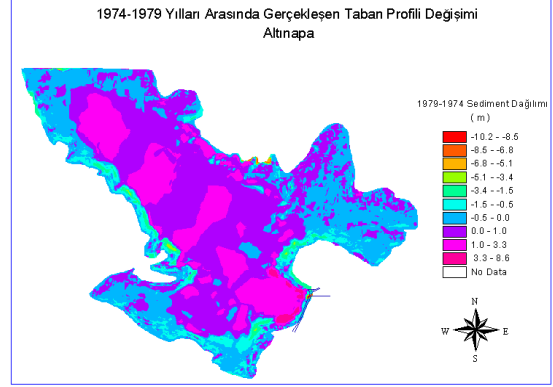
Şekil 11. 1968, 1974 ve 1979 Yıllarına ait Taban Profillerinin Birbirine Göre Durumu

3.1. Sediment Dağılım Haritaları

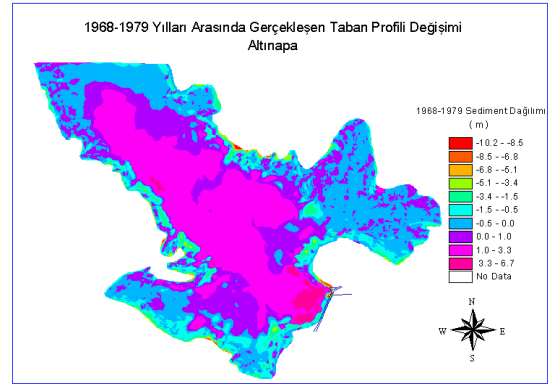
Altınapa Barajına ait batimetrik haritaların işlenmesi sonucu türetilen TIN formatındaki haritalardan elde edilen raster verilerin Spatial Analyst uzantısı ile analizi ile elde edilen Sediment Dağılım haritaları Şekil 12, Şekil 13, ve Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 12. 1968 - 1974 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı



Şekil 13. 1974 - 1979 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı



Şekil 14. 1968 - 1979 Yılları Arasında Oluşan Sediment Dağılımı

4. SONUÇLAR

CBS ve konumsal veritabanlarının kullanımı, gelişen teknolojinin de yardımıyla Dünyada ve paralelinde Türkiye’de hızla yaygınlaşmaktadır. Günümüzde her türlü mekânsal veriye kolayca ulaşılabilme imkânının olması ve ilerleyen teknoloji ile fiyatların düşmeye başlaması ayrıca CBS yardımıyla konumsal verilerin birbiriyle ilişkilendirilebilmelerinin, küresel, ülkesel ve bölgesel problemlerin yanı sıra bilimsel problemler için de çözümler üretebilmesi CBS kullanımının

Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

artışındaki ana etkenler olmuştur. Aynı konumsal niteliklere ait farklı öznelikler arasında sorgulama yapma yeteneği ayrıca analizler sonucunda faydalı çok sayıda parametreyi türetebilmesi mühendislik alanında da CBS'yi yaygın olarak kullanılan bir araç haline getirmiştir.

Sedimentasyon analizindeki geleneksel yöntemler ve çalışmamızda kullandığımız CBS yöntemi kapasite hesaplarında tutarlı ve gerçekçi sonuçlar vermektedir. Ancak geleneksel metotlardan farklı olarak DAM metodu sayesinde rezervuar tabanını net bir şekilde yansıtan üç boyutlu bir model elde edilebilmekte ve CBS otomatik olarak sediment hesaplamalarını yapabilmektedir. Gelecekte CBS teknolojilerinde yaşanacak gelişmeleri de göz önüne aldığımızda CBS tabanlı sedimentasyon analizlerinin geleneksel yöntemlere göre daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AGI, 1991. GIS Dictionary, Association for Geographical Information Standards Committee Publication, London, England.
- Ağar, T. 1974. İnsan Bilinç- Sistem Sevk ve İdare İnkilemleri, Sistem Yay. Dizi: 1, Ankara.
- Agarwal, K., Idiculla, K. 2002. Reservoir Sedimentation Surveys Using Global Positioning System, www.GISdevelopment.net.
- Altan, M.O., Toz, F.G., Külür, S. 1996, Bilgi Sistemlerindeki Gelişmeler ve Fotogrametri. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İstanbul.
- Basson, G.R. 1998. Prediction of Sediment Induced Density Current Formation in Reservoirs. Proceedings of 3rd International Conference on Hydro-Science and Engineering at Brandenburg University of Technology at Cottbus, Berlin, Germany, August 31 - September 3.
- Basson, G. R. 2002. Sustainable Water Resources Development for Sedimentation : Large versus Small Reservoirs. <http://www.wrc.org.za/wrcpublications/wrcasia/bassoon.htm>
- Batuk, G., Külür, S. 1996. Veriden Bilgiye Coğrafi Bilgi Sistemleri. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, İstanbul.
- Brune, G.H. 1953. Trap Efficiency of Reservoirs. American Geophysical Union Transactions, Volume 34, No.3, pp 407-418 Washington D.C., USA.
- Burrough, P.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment. Oxford University Press 2.Ed. England.
- Çeşmeci, H. 1984. Konya İlindeki Baraj ve Göletler. Yüksek Lisans Semineri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Anabilim Dalı, Konya.
- Dale, P.F., McLaughlin, J.D. Land Information Management. Clarendon Pres, Oxford, England.
- Dangermond, J.D. 1989. A Review of Digitl Data Commonly Available and Some of the Practical Problems of Entering Them into a GIS, in Fundamentals of GIS. ASPRS and ACSM, USA.
- Einselle, G., Hinderer, M. 1997. Terrestrial Sediment Yield and the Lifetimes of Reservoirs, Lakes and Larger Basins.
- ESRI, 1992. Surface Modelling with TIN. Esri Press, Redlands California, USA
- ESRI, 1994. Getting Started with ARC/INFO ; Redlands California, USA.
- Hartung, F. 1968. Barajlarda ve Rezervuar Birikim Nedenleri ve Korunma Yolları. DSİ Teknik Bülteni(Çeviri), Sayı: 38, Sayfa:55-69
- Hatipoğlu, M.A. 1999. Hydrologic modelling of soil erosion and runoff using remote sensing and GIS. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, O.D.T.Ü., Ankara.
- Janssen, R. H. A. 1999. An Experimental Investigation of Flushing Channel Formation during Reservoir

Konya Altınapa Baraj Gölündeki Sedimentasyon Kaynaklı Kapasite Kaybının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hesaplanması

- Drawdown. PhD Thesis University of California, Berkeley.
- Ledesma, H. R. 1998. Effects of Reservoir Sedimentation and the Economics Watershed Management: Case Study of Aguacate Dam, Dominican Republic. PhD Thesis, Graduate School of the University of Florida.
- Maguire, J.D. 1992. An Overview and Definition of GIS, in Geographical Information Systems Principles and Applications, Vol.1, Longman, London, England.
- Martin, C. 1992. Information Systems: A Management Perspective. Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- Morris, G.L. ve Fan, J. 1998. Reservoir Sedimentation Handbook; Design and Management of Dams, Reservoirs and Watersheds for Sustainable Use. McGraw Hill Publishers, New York , USA.
- Odhambo, B. K. 2002. Watershed Physiography, Bathymetry, Sedimentation and Historical Water Quality of Two Arkansas Lakes, Lee Creeand Reservoir and Lake Shepherd Springs. PhD Thesis, University of Arkansas, USA.
- Onüçyıldız, M. 2002. Barajların Planlanması ve Tasarımı Dersi, Yayınlanmamış Ders Notu. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği A.B.D. Konya.
- Özcan, Z., Kırkgöz, M.S., 1994. Bazı Baraj Haznelerindeki Katı Madde Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt 2, 787-799.
- Sekhar, K.R., Rao, B.V. 2001. Evaluataion of Sediment Yield by Using Remote Sensing and GIS, A Case Study From the Phulang Vagu Watershed, Nizamabad District (AP), India. International Journal of Remote Sensing, 2002, Vol :23, No.20, 4499-4509.
- Seth, S. M. ve Jain, S. K. 1999. Remote Sensing and GIS Application Studies at National Institute of Hydrology. Proceedings of MapIndia 1999 Conference. 24-26 August 1999 New Delhi India.
- Smith, L.S. 2003. Application of Geographical Information Systems in Data Analysis and Presentation for Sedimentation Studies. Proceedings of HEC Conference Ohio USA.
- Star, J., Estes, J. 1990. Geographical Information Systems: An Introduction. Prentice Hall Publications, New Jersey, USA.
- Şentürk, F. 1994. Hydraulics of Dams and Reservoirs. Water Resources Publications, New York, USA.
- Şentürk, F. 2000. Bir akarsuyun Taşıdığı askıdaki sediment Miktarının Pratik Yoldan Hesaplanması. DSİ Teknik Bülteni 2000 Sayı 194.
- Yalçınkaya, F. 1991. Türkiye’de Rezervuar Sedimentasyonu. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yomralıoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Akademi Kitabevi, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T., Çelik, K. 1994. GIS ? 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, s.21-32, Trabzon.
- www.islem.com.tr
- www.esri.com