

İSTANBUL SULARINDA VE SU HAVZALARINDA CBS VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ANALİZLERİ MODELLEMESİ

H. Gonca COŞKUN*, Özlem Gülergün ve Oğuzhan Dabanlı

ÖZET

Bu makalede "Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, Ömerli Barajı Su Havzası'nın ve İstanbul'un Su Havzalarının Zamana Bağlı Değişim Analizleri" isimli, İSKİ tarafından İTÜ'ne yaptırılmış olan Proje ele alınmıştır. Proje üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama; 1992 tarihli Landsat-5 TM, 1993 tarihli SPOT-XS, SPOT pan uydu verileri ile zamana bağlı tüm İstanbul İçme Suyu Barajları su havzalarındaki ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS-1C, 1-D IRS-LISS uydu verileri ile zamana bağlı Ömerli Barajı su havzasındaki mekansal değişim incelenmiştir. Proje taahhüdü çerçevesinde zamana bağlı mekansal değişimler mutlak, kısa, orta ve uzun koruma alanlarındaki yapılaşma esas alınarak çalışılmıştır. İkinci aşama ise 1992, 1997 tarihli Landsat-5 TM ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS uydu verileri ile zamana bağlı İstanbul Boğazı'ndaki ve içme suyu barajlarındaki su kalitesi ve hidrodinamik yapı esas alınarak çalışılmıştır. Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; belirli istasyon noktalarında ölçülen kirletici hidrokimyasallar, deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile araştırma yürütülmüştür. Üçüncü aşamada ise; Su Havzalarında üç boyutlu modeller oluşturularak, modeller farklı görüntü işleme yöntemleri ile oluşturulmuş sonuç görüntüleri ile bir arada incelenmiştir.

ABSTRACT

MONITORING MODELLING OF WATER BASIN AND WATER QUALITY AROUND ISTANBUL USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES

New methods for determining and updating water basin area using remote sensing techniques are needed in Istanbul because the population growth and industrial development in the city have become to cause many administrative, social and economic problems. Some of these are related to protect the water basin areas, water pollution and the high costs of pe-

*İTÜ, İnşaat Fakültesi, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, 80626 Maslak İSTANBUL gonca@itu.edu.tr

riodically repeated total field inventories. For this aim, a project has been initiated under the Istanbul Water and Sewerage Administration sponsorship in Istanbul at Technical University Remote Sensing Laboratory. The merging of multisensor satellite images shows an effective means of extracting information from different source of sensors. It plays an important role in image interpretation in many cases with enhancement of the thematic resolution of the images. GIS analysis is then used to combine inventory data collected on the test area by MAP-INFO and ERDAS Imagine 8.4 software. The classification of each data set was carried out separately using isodata and maximum likelihood classified method, by confirmation through the ground samples taken from the experimental area. The method is tested and checked through fieldwork and the combination of satellite images with accurate field information for near time.

The purpose of the present study is to investigate the monitor of the rapid population as land use and water quality using GIS and RS techniques.

1. GİRİŞ

İstanbul ve Boğaz dünyanın ve ülkemizin doğal güzellikleri ve tarihi önemi açısından vazgeçilmez değerlerinden birisidir. Çevresi sularla kaplı olan İstanbul'da da diğer pek çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi şehrin evsel ve sanayi atıkları kısmen arıtmaya tabi tutulmakta, kirli suların büyük bir kısmı İstanbul Boğazı'na doğrudan bir kısmı da içme suyu barajlarına derelerle boşaltılmaktadır. Son yıllarda İSKİ tarafından çok sayıda arıtma tesisi yapılarak bu sorun büyük oranda önlenmiştir. İstanbul suları açık ve gizli evsel ve sanayi atıklar, gemilerin boşalttığı sintine suları, kirli dereler ve erozyonla taşınan askıda katı maddelerle olumsuz etkilenmektedir.

Günümüzde uydu verilerinin sağladığı imkanlarla, çevre sorunları arasında güncelliğini koruyan zamana bağlı su havzalarındaki yapılaşmanın ve denizlerin (suların) kirliliğinin hızlı ve doğru olarak izlemek mümkündür(1). Özetle farklı tarihlerdeki sayısal uydu verilerinin, Görüntü İşleme Sistemi'nde yersel verilere dayalı olarak işlenmesi, sınıflandırılması ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile bir arada ele alınması sonucu İstanbul Boğazı'nın su kalitesi ve hidrodinamik yapısının, su havzalarındaki değişimin izlenmesi sağlanabilmektedir.

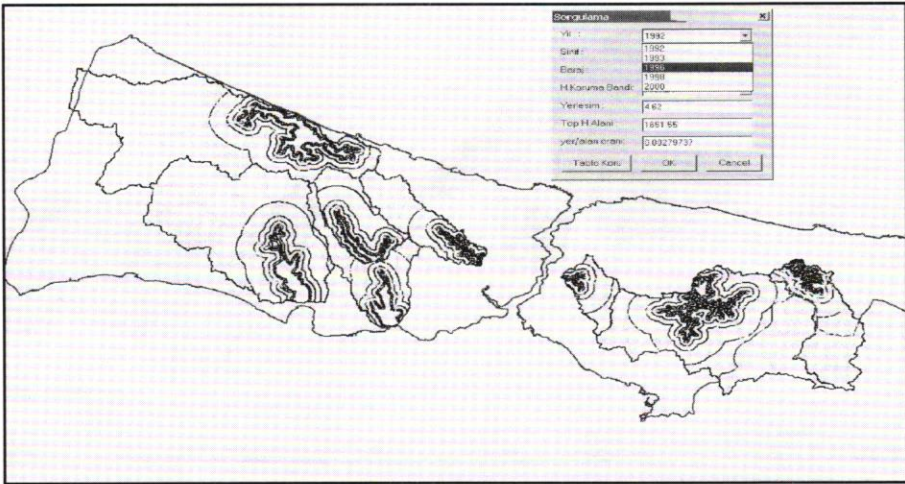
Doğanın dengesini bozucu etkisi ile ilk sıralarda yer alan sulardaki olumsuz değişim insan sağlığını, bitkilerin gelişimini sulardaki yaşamı olumsuz etkileyecektir. İnsanların kirlenmiş bir ortamda yaşamaları ve onu kendisinden sonra gelen kuşağa temiz teslim etme istekleri çevre koruma olgusunu ortaya çıkarmıştır(8), (10), (4). Çevrenin zamana bağlı değişimlerinin izlenmesi ve olumsuz oluşumların nedenleri ile ortaya konup gerekli önlemlerin alınması gerekir. Hava su ve topraktaki zamana bağlı değişim analizleri için uzaktan algılama önemli bir alternatiftir(5).

Bu makalede İ.T.Ü tarafından İSKİ'ye teslim edilen "Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın

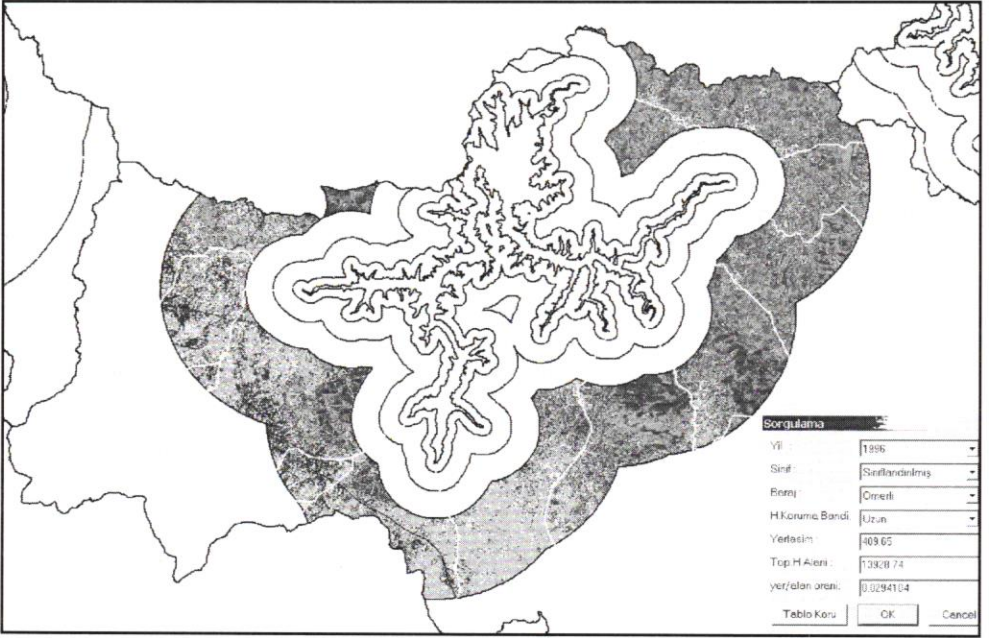
Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, Ömerli Barajı Su Havzası'nın ve İstanbul'un Su Havzalarının Zamana Bağlı Değişim Analizleri" isimli proje ele alınmıştır. Proje üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama; 1992 tarihli Landsat-5 TM, 1993 tarihli SPOT-XS, SPOT pan uydu verileri ile zamana bağlı tüm İstanbul İçme Suyu Barajları su havzalarındaki ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS-1C, 1-D IRS-LISS uydu verileri ile zamana bağlı Ömerli Barajı su havzasındaki mekansal değişim incelenmiştir. Proje taahhüdü çerçevesinde zamana bağlı mekansal değişimler mutlak, kısa, orta ve uzun koruma alanlarındaki yapılaşma esas alınarak çalışılmıştır. İkinci aşama ise 1992, 1997 tarihli Landsat-5 TM ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS uydu verileri ile zamana bağlı İstanbul Boğazı'ndaki ve içme suyu barajlarındaki su kalitesi ve hidrodinamik yapı esas alınarak çalışılmıştır. Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; belirli istasyon noktalarında ölçülen kirletici hidrokimyasallar, deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile araştırma yürütülmüştür. Üçüncü aşamada ise; Su Havzalarında üç boyutlu modeller oluşturularak, modeller farklı görüntü işleme yöntemleri ile oluşturulmuş sonuç görüntüleri ile bir arada ele alınmıştır.

2. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

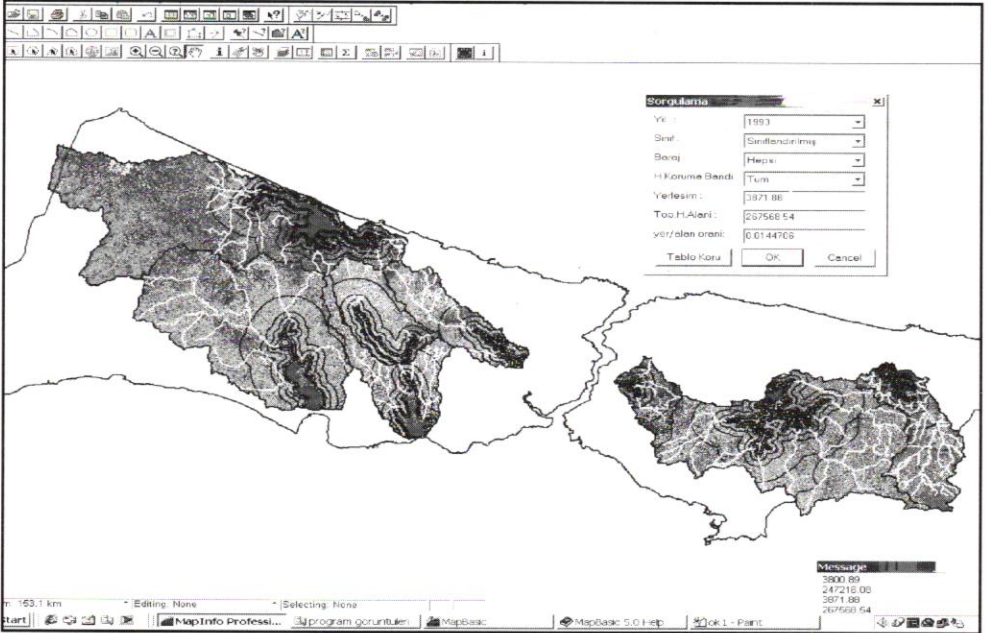
Projedeki çalışma alanı olarak İstanbul Boğazını ve su havzalarının tamamını kapsama içine alan, coğrafi koordinatları $40^{\circ}00'00''$ ve $41^{\circ}00'00''$ kuzey enlemleri, $28^{\circ}00'00''$ ve $30^{\circ}00'00''$ doğu boylamları ile tanımlanan sularla kaplı bölge ele alınmıştır. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ile İstanbul için fevkalade önemli olan su havzalarının zamana bağlı mekansal, içme suyu barajlarının ise su kalitesi değişimlerinin incelenmesinin hedeflendiği çalışma alanı Şekil 4.'de gösterilmektedir.



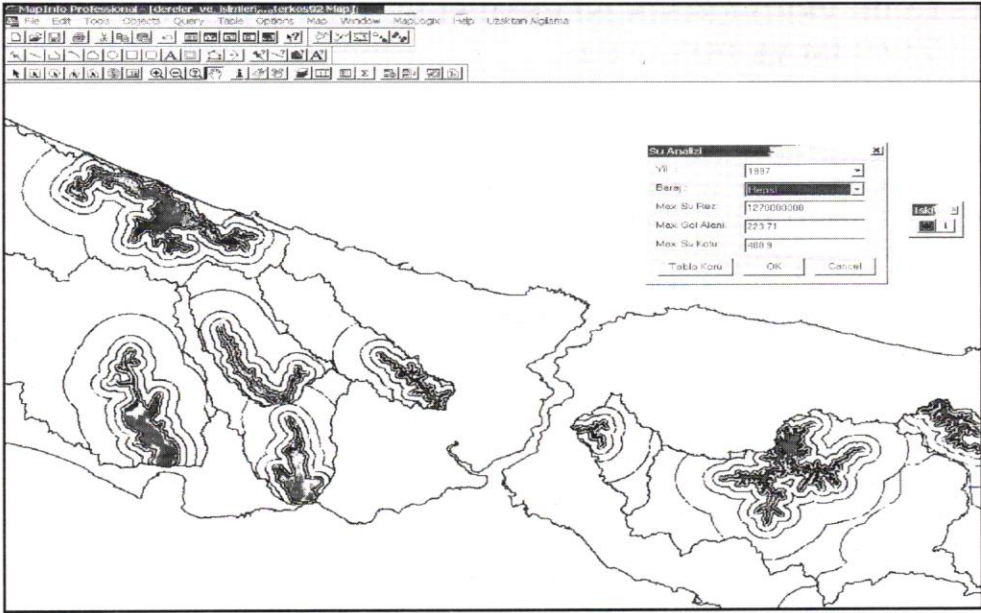
Şekil 1. Projedeki çalışma alanının, CBS, sorgulama aşamasında yılın seçimi.



Şekil 2. CBS, sorgulamasında seçilen koruma bandı için görüntü ve bilgilerin gösterimi.



Şekil 3. CBS, sorgulaması sonucu tüm havzaların görüntü ve alan bilgilerine ulaşılması.



Şekil 4. CBS, sorgulaması aşamasından birisi olan tüm içme suyu barajlarının su kalitesi görüntülerinin gösterimi.

İstanbul Boğazı'nın su kalitesi ve hidrodinamik yapısının, İstanbul'un su havzalarının zamana bağlı analizlerinin uydu verileri kullanarak araştırıldığı bu çalışmada Landsat-5 TM, IRS-1C, IRS-LISS, SPOT-XS ve PAN uydu verileri teyp ve CD'lerden okutulularak uygun görüntü işleme sistemlerinde çalışılmak üzere bilgisayarlara yüklenmiştir

Çalışmada; 1/25 000, 1/5 000 ölçekli çalışma alanını içeren sayısal haritalar ve 1/5 000'lik hava fotoğraflarından hazırlanmış ortofotolar kullanılmıştır. Sayısal haritalar bilgisayar ortamında, görüntülerin düşeye çevrilebilmesi amacı ile, 1996 tarihli ortofotolar ise yakın tarihli uydu verilerinin kontrollü sınıflandırılmasında yer doğruluklu veri olarak ele alınmıştır. Su kalitesi belirleme çalışmalarında görüntülerin yorumlanabilmesi amacı ile görüntülerle aynı tarihli olan, İSKİ tarafından her yıl yaptırılmakta olan "Su Kalitesi İzleme Çalışması Sonuç Raporları"ndan çeşitli yayınlardan yararlanılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmaları incelenen bölgenin uygun tarihli yersel ve uydu verileri ile kombine olarak izlenmesi ile mümkündür. Her türlü sanayi ve evsel atıkların boşaltıldığı İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'ne boşaltılan deşarjlar ve Boğaz'ın hidrodinamik yapısı çalışmada kullanılan uydu verileri ile bir arada ele alınarak incelenmiştir. Bölgede İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından İSKİ'ye yapılan projelerden uydu verilerinin algılandığı tarihler taranarak su kalitesi ölçmeleri içerisinde yer alan hidrokimyasal kirlenmelerin değerleri alınmıştır. Bu ölçme verileri yıllara bağlı olarak gerçekleştirilen projenin amacı doğrultusunda farklı istasyon noktalarında yapılmaktadır (2), (3), (6), (7), (8).

3. UYDU VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE KULLANILAN YAZILIM VE DONANIM

Sayısal uydu verilerinin görüntülere dönüştürülerek işlenebilmesi amacı ile özel yazılım ve donanım içeren bilgisayarlar Görüntü İşleme Sistemleri (Image Processing System) olarak adlandırılır. Çalışmanın uygulama aşaması ERDAS Imagine 8.4 görüntü işleme yazılımı, NETCAD 3-BOYUTLU MODEL oluşturma yazılımı ve MAPINFO Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Görüntülerin okutulması ve UTM Projeksiyon Sistemine Çevrilmesi

Uydu verileri çalışmanın amacına uygun olan projeksiyon sistemine dönüştürülerek kullanılır. Sayısal uydu verileri ile oluşturulan uydu görüntülerinde, yeryüzünün yükseklikleri nedeni ile geometrik düzeltmeye gereksinim duyulur. Bunun anlamı görüntüdeki geometrik distorsiyona düzeltme getirilmesidir. Bir başka tanımla; üç boyutlu olan yeryüzü farklı özellikte tarayıcılarla uydulardan algılanır. Algılanan sayısal veriler iki boyutludur. Üç boyutlu yeryüzünün iki boyutlu ve üzerinde ölçme yapılabilecek özellikteki bir projeksiyon sistemine dönüştürülmesi gerekir. Bu çalışmada projeksiyon sistemi olarak; ele alınan uydu verisinin geometrik çözünürlüğüne bağlı olarak 1/5 000 ve 1/25 000 ölçekli Standart Topoğrafik projeksiyon sistemi olan UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyon sisteminde hazırlanmış sayısal haritalar kullanılmıştır. Düşeye çevrilmiş görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğu RMS (karesel ortalama hata) yöntemi ile test edilerek, referans noktaları ile görüntü koordinatları arasındaki dönüşüm 0.1 ile 0.5 piksellik karesel ortalama hata ile çalışılmıştır.

Görüntülerin Sınıflandırılması

Her bir yüzey elemanı üzerine gelen ışığı farklı oranlarda yansıtır, yutar ve geçirir. Uydu verilerinden elde edilen farklı kanallardaki sayısal verilerin, türleri gösteren görüntülere dönüştürülmesi uzaktan algılamanın kavramsal yöntemleri ile işlenmesi sonucunda elde edilir. Bir multispektral görüntüde her piksel uzay koordinatları olan x, y ve spektral koordinata karşılık gelen dalga uzunluğu ile tanımlanmaktadır. Farklı kanallardaki aynı cisme karşılık gelen, her bir kanalda farklı yansıtma değerine sahiptir. Cisim üzerine gelen ışık ışını cismin yapısına bağlı olarak yansıtma, geçirilme ve yutulma değerleri vermektedir. Spektral piksel ölçümlerinin her bir sınıf için vektörlerin bir kümesi olması nedeni ile sınıflandırma sırasında iki kanaldan fazlasına gereksinim duyulur. Sınıfların birbirleri ile olan korelasyonlarının belirlenerek her bir pikseli en yakın olduğu kümeye atayarak türlerin belirlenebilmesi için başta "Bayes Teoremi" olmak üzere pek çok hesap ve istatistik yöntem uygulanmaktadır.

Sınıflandırma işlemi sırasında, görüntü işleyici görüntü verisinde yersel ölçümlere dayalı örnekleme bölgeleri seçiyor ve daha önce belirlenmiş olan spektral özelliklerden yararlanarak sınıflandırma işlemini yönetiyor veya etkiliyor ise "Kontrollü Sınıflandırma" denir. Kontrollü sınıflandırmanın bir alternatifi ise sınıflandırma sürecinde; çok sayıdaki hangi sınıfa dahil olacağı bilinmeyen piksellerin görüntü verisindeki doğal gruplaşmalarını irdeleyen algoritmaların kullanıldığı "KontROLSÜZ Sınıflandırma" yöntemidir. Bu çalışmada her iki yöntemde

ele alınmıştır. Her iki sınıflandırma yönteminde de temel amaç pikseli sahip olduğu yansıtma değerine göre yeryüzünde o piksele karşılık gelen türün oluşturduğu kümelere atamaktır.

Sınıflandırma aşamasının doğru yapılabilmesi için uydu verileri ile yakın tarihli su havzalarındaki yapılaşmayı veren ortofotolar, İstanbul Boğazına ait su kalitesi ölçme sonuçları ve evsel ve sanayi atıklarının sulara boşaltıldığı noktalardaki künklerin çapı ve bu noktaları gösteren haritalar ve bilgiler İSKİ tarafından temin edilmiştir. Çalışma alanına gidilerek gerekli incelemeler yapılmıştır. Çalışma 1992, 1993, 1996, 1998 ve 2000 tarihli olması nedeni ile geçmişe yönelik mekansal verilerin tespitinde güçlükler yaşanmıştır. Bu güçlükler, özellikle yerleşim analizi çalışmalarında 1996 tarihli ortofotolar ve daha eski görüntülerde mevcut olan yapılar tespit edilerek örneklemeler yapılmıştır. Ağaç türleri ise "1992 ve 1993 tarihli Uydu Verileri ile Meşçere Haritalarının Hazırlanması" isimli TÜBİTAK Projesi sınıflandırılmış verilerininin signature dosyasından taşınmıştır

4. UYDU VERİLERİ İLE İSTANBUL SU HAVZALARI'NDA GERÇEKLEŞTİRİLEN PROJENİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE MODELLENMESİ

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) için gereken 296 tabaka oluşturulmuştur. Bu tabakaların 9 tanesi vektör diğerleri raster verileri içermektedir. Oluşturulan tabakalara barajlar ve su havzaları ile ilgili bilgiler; koruma bandları, gerekli tüm alan bilgileri. Barajlarla ilgili bilgiler ve görüntüler taşınmıştır. Erdas İmagine 8.4 görüntü işleme programında su havzaları ve barajlarla ilgili yerleşim ve su kalitesi çalışmaları koordinatlı (UTM Zone 35 North) olarak Merge ve Sınıflandırılmış şekilde oluşturulduktan sonra ".tiff" ("geo_tif") uzantılı image dosyalarına dönüştürülmüştür. Bu dosyalar vektörel verilere altlık teşkil edecek şekilde Mapinfo Professional CBS yazılımına aktarılmıştır. Yazılan Mapbasic Makro programı ile kullanıcı Mapinfo'da kolaylıkla bilgiye ulaşabilmektedir. Görmek istediği bölgenin bir kısmını veya tamamını image altlığı ile görebilmekte, ayrıca istediği vektörel veriyi de bu altlıkların üzerine açabilmekte, bu sayede altlık tif image görüntüleri ile istenilen vektör verileriyle analiz yapılabilmektedir. Bu çalışmada su havzaları, barajlar ve İstanbul suları ele alındığı (Şekil 1) için kullanıcı yıllara (1992-1993-1996-1998-2000) bağlı olarak tüm su havzasını (Şekil 2) veya seçilen koruma bandını merge veya sınıflandırılmış (Şekil 3) seçimle görsel olarak inceleyebilmekte, mekansal alan bilgilerine de ulaşabilmekte, tek bir baraj secimi yapabilmektedir. Yine çalışma kapsamında olan barajların ve İstanbul sularının yıllara (1992-1996-1997-2000) bağlı su kalitesi görüntüleri barajlara kirletici atık taşıyan dereler (Şekil 4) ve İstanbul sularına boşalan deşarj noktaları ile incelenebilmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu makalede İ.T.Ü tarafından İSKİ'ye teslim edilen "Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, Ömerli Barajı Su Havzası'nın ve İstanbul'un Su Havzala-

rının Zamana Bağlı Değişim Analizleri" isimli proje ele alınmıştır. Proje üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama; 1992 tarihli Landsat-5 TM, 1993 tarihli SPOT-XS, SPOT pan uydu verileri ile zamana bağlı tüm İstanbul İçme Suyu Barajları su havzalarındaki ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS-1C, 1-D IRS-LISS uydu verileri ile zamana bağlı Ömerli Barajı su havzasındaki mekansal değişim incelenmiştir. Proje taahhüdü çerçevesinde zamana bağlı mekansal değişimler mutlak, kısa, orta ve uzun koruma alanlarındaki yapılaşma esas alınarak çalışılmıştır. İkinci aşama ise 1992, 1997 tarihli Landsat-5 TM ve 1996, 1998, 2000 tarihli IRS uydu verileri ile zamana bağlı İstanbul Boğazı'ndaki ve içme suyu barajlarındaki su kalitesi ve hidrodinamik yapı esas alınarak çalışılmıştır. Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; belirli istasyon noktalarında ölçülen kirletici hidrokimyasallar, deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile yürütülmüştür. Üçüncü aşamada ise; Su Havzalarında üç boyutlu modeller oluşturularak, modeller farklı görüntü işleme yöntemleri ile oluşturulmuş sonuç görüntüleri ile bir arada ele alınmıştır. Sınıflandırma aşamasından sonra rastgele seçilen 50 noktada yerleşim için kullanıcı doğruluğu tarih sırasına göre %84, %84, %92, %94, %96 olarak bulunmuştur.

Barajlarla ilgili bilgiler vektörel objelere (koruma bandları ve su alanları) girilmiştir. Erdas İmage 8.4 görüntü işleme programında işlenmiş uydu verilerinin Merge ve Sınıflandırılmış çıktıları koordinatlı (UTM Zone 35 North) olarak ".tiff" ("geo_tif") uzantılı image dosyaları olarak oluşturulmuştur. Bu dosyalar vektörel verilere altlık teşkil edecek şekilde Mapinfo Professional CBS yazılımına aktarılmıştır. Yazılan Mapbasic Makro programı sayesinde kullanıcı Mapinfo'da kolaylıkla bilgiye ulaşabilmektedir. Görmek istediği bölgenin bir kısmını veya tamamını image altlığı ile görebilmekte, ayrıca istediği vektörel veriyi de bu altlıkların üzerine açabilmekte, bu sayede altlık tif image görüntüleri ile istenilen vektör verileriyle analiz yapılabilmektedir. Bu çalışmada su havzaları, barajlar ve İstanbul suları ele alındığı için kullanıcı yıllara (1992-1993-1996-1998-2000) bağlı olarak tüm su havzasını veya seçilen koruma bandını görsel olarak inceleyebilmekte, mekansal alan bilgilerine de ulaşabilmektedir. Yine çalışma kapsamında olan barajların ve İstanbul sularının yıllara (1992-1996-1997-2000) bağlı su kalitesi görüntüleri barajlara kirletici atık taşıyan dereler ve İstanbul sularına boşalan deşarj noktaları ile incelenebilmektedir.

Çalışmanın Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulaması ise tüm çalışmayı bir araya getirerek sorgulama olanağı doğurmuştur. Proje yerleşim ve su analizi başlığı altında ele alınarak yerleşim için havzalarda her bir koruma bandında yerleşim alanlarına ulaşma ve grafik gösterimle izleme, su kalitesinde ise yıllara bağlı baraj sularını ve tüm İstanbul sularını izleme imkanını vermiştir.

KAYNAKLAR

- (1) Bhargava, D.S. and D.W. Mariam, (1991), Effect of suspended particle size and concentration on reflectance measurement Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57 (5), 519-529.
- (2) CAMP. TEK-SER., (1976), Consulting engineers, final report İstanbul sewerage project master plan revision, Volume I, Volume II,.
- (3) Cecen, K., Gucluer, S., Sumer, M., Dogusal, M., and Yuce, H., (1981), Oceanographic and Hydrologic Study of Bosphorus, ITU Civil Engineering Press Turkey.
- (4) Coşkun H.G., (1992), Uydu Veriler İle İstanbul Boğazı Ve Haliç'te Su Kirliliğinin Makro Düzeyde Belirlenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi.
- (5) Coskun (Aydogdu) H.G., (1995), Monitoring of Bosphorus and the Golden Horn Using Landsat-TM Data I T C (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) Journal -1 pp 38-42.
- (6) METU/IMS, (1986-1999), İstanbul Sewerage Project Marina Studies on Observations of Sewage disposal Systems Before and After Operations 1st. Interim Report January,
- (7) ODTÜ/DBE, (1986), İstanbul Kanalizasyon Projesi Atık Su Sistemlerinin İşletme Öncesi ve Sonrası İzlenmesi Deniz Çalışmaları I. Ara Rapor Ocak.
- (8) ODTÜ/DBE, (1986), İstanbul Kanalizasyon Projesi Atık Su Sistemlerinin İşletme Öncesi ve Sonrası İzlenmesi Deniz Çalışmaları Bulgu Raporu Kasım.
- (9) Orhon D., Fremektar G. ve Meriç S., (1990), Haliç sorunu ve Haliç sularının Marmara'ya deşarjı, temel veriler. İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Müh. Böl.
- (10) Yüce H., (1990), Investigation of the Mediterrean water in the Straight of İstanbul (Bosphorus and The Black Sea). Oceanologia Acta. Vol. 13, No:2.