

Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Su Havzalarındaki Arazi Kullanım Değişikliği ve Çevresel Etkilerin İzlenmesi: Elmalı Havzası Örneği

Abdurrahman GEYMEN¹

ÖZET: İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık şehri olup özellikle göçler sebebiyle nüfus hızla artmıştır. Hızlı ve denetimsiz kentleşme, su havzaları içerisinde doğal kaynakların büyük zarar görmesine sebep olmuştur. TEM otoyolu ve Boğaziçi Köprüsü, arazi kullanım değişimini hızlandırmış, bu alan içerisinde kalan su havzalarını negatif yönde etkilemiştir. İstanbul'un en büyük su ihtiyacını karşılayan ve arazi kullanım değişiminden negatif yönde etkilenen su havzalarından birisi olan Elmalı havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, Elmalı havzasındaki arazi kullanım değişiminin zamana bağlı olarak değişimi, 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntüleri değerlendirilerek elde edilen sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılmıştır. Su havzalarındaki mevcut planların uygulanamaması nedeniyle arazi kullanımında değişimler olduğu ve doğal kaynakların hızla azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ayrıca doğal kaynakların hızla azalmasının yüzey akışına olan etkileri de incelenmiştir. Doğal kaynakların hızla azalması, yağmur sularının toprağa karışma oranını azalttığı bu sebeple yüzey akışlarının olduğu ve yeraltı su seviyelerinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak yüzey akışları, doğal felaketselere neden olarak can ve mal kayıplarının yaşanmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama destekli arazi kullanım değişiminin izlenmesi ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından su havzalarının daha iyi planlanmasına imkan sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, su havzaları, uzaktan algılama, yüzey akış.

Monitoring of Environmental Impacts and Land-Use Changes in Water Basin Using Geographical Information Systems: Elmalı Basin Case Study

ABSTRACT: Istanbul is the most populated city and the population has been increased due mainly to the large immigrations. The rapid, uncontrolled, and illegal urbanization has caused degradation of natural resources in the Elmalı water basin. TEM and Bosphorus Bridge have accelerated the land-use changes, which have undesirable impacts on water basins in the metropolitan area. The Elmalı which is one of the largest water basins of Istanbul providing drinking water and negatively affected by the land-use changes, was selected as a case study area. In this study, the time dependent land-use changes in Elmalı water basin has been carried out by using Landsat ETM satellite images in 1995, 2005 and 2013. The image processing data were transferred to Geographic Information Systems. According to the results of present investigation, failure on implementing the existing plans for the water basin has been resulted in the land-use changes and the rapid decrease of natural resources. Especially, unusual increase in urbanization and immigrations has increased the number of floods. In other words, urbanization and surface flows are increasing, and underground water levels are decreasing. As a result, change of surface flows cause enormous damages. In conclusion, Geographic Information Systems and Remote Sensing-based monitoring of land use changes by the Istanbul Metropolitan Municipality will enable better planning of the water basins.

Keywords: Geographical information system, remote sensing, surface flows, water basin.

¹ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Abdurrahman GEYMEN, ageymen@erciyes.edu.tr

GİRİŞ

İstanbul nüfusundaki hızlı artış ve sermayenin tarım odaklı sistemlerden uzaklaşması kentin daha hızla büyümesine neden olmuştur. Yerel yönetimler tarafından kentsel gelişmenin izlenememesi nedeniyle su havzaları içerisindeki orman ve tarım alanları gibi doğal kaynaklar azalarak organize sanayi bölgelerine ve yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür. Bu kontrol edilemeyen dönüşüm, hatalı arazi kullanımlarına neden olmuştur (Gülersoy, 2001; Gülersoy, 2008; Topaloğlu ve Ekercin, 2013). Aynı zamanda hızlı ve plansız kentleşme, ormanlık alanlarının azalmasına, su ve diğer doğal kaynakların kirletilmesine neden olmakta yeni çevresel problemlerin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Yıldırım ve Kılıç, 2006; Yılmaz ve ark., 2015).

Doğal kaynaklar üzerindeki bu baskılar sonucu oluşan çevresel problemlerin giderilmesi için, kentin izlenebilir ve sağlıklı bir şekilde sürdürülebilir gelişmesi sağlanmalıdır. Sürdürülebilirlik, kentteki yaşam kalitesinin artırılması ile kenti besleyen ve kentin yaşam kaynağı olan doğal kaynakların korunmasını esas alır. Kentleşme olarak dünya ortalamasının üzerinde olan ülkemizde, gelecekte daha planlı ve sürdürülebilir şehirler elde etmek için teknolojik yöntemler kullanılarak kentleşmenin izlenmesini ve planlamaların bu duruma göre yapılmasını zorunlu kılacaktır (Geymen ve ark., 2005; Kaya ve Toroğlu, 2015).

Ülkemizde bu anlamda arazi kullanımının sürdürülebilirliği ve yönetimi konusunda çalışmalar bulunmaktadır (Gözenç, 1978; Bahadır, 2011; Bahadır ve Özdemir, 2011; Bahadır, 2012; Bahadır 2013). Bu çalışmalarda İznik, Eber, Akşehir, Işıklı ve Acıgöl havzalarda uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi ve istatistiksel analizlere dayalı mekânsal değişimler detaylı incelenmiş ve geleceğe yönelik havzanın sürdürülebilir yönetim planı ortaya konulmuştur. Ayrıca göllerinin hidro-klimatik analizlerini incelenerek Eber ve Akşehir göllerinde seviye değişimleri ile iklim değişimleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Bahadır ve Özdemir, 2011).

Bu alanlardaki arazi kullanım değişimi yönüyle ilgili olarak elde edilecek veriler, gelecekteki nüfus artışını gibi bir takım projeksiyonların belirlenmesi açısından son derece önemlidir (Akova, 2004; Kaya ve Toroğlu, 2005; Öztürk ve ark., 2010; Bahadır ve Özdemir, 2011). Arazi kullanımı ile ilgili istatistikler, halihazır haritalar ve tematik haritalar gibi grafik veriler çoğu kez topografyanın son halini göstermemektedir. Topografyanın güncel haritası için ihtiyaç duyulan bu verilerin arazi çalışmalarından veya hava fotoğraflarından elde edilmesi ise oldukça masraflı ve zaman alıcıdır. Özellikle alanın büyük olması gibi durumlarda uydu görüntüleri ile aynı alana ait farklı tarihlerde çekilmiş görüntülerinin olması, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde algılama yapılabilmesi yönleriyle önemli bir veri kaynağıdır (Öztürk ve ark., 2010).

Uydulardan elde edilen görüntülerde ve bilişim teknolojisindeki hızlı gelişmeler, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesine etki etmiştir (Canıberk ve Kiracı, 2014; Kaya ve Toroğlu, 2015). Bu sistemlerin hızlı ve güvenilir olması dünyada ve ülkemizde Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri kullanılarak su havzalarında arazi kullanım değişimleriyle ilgili ayrıntılı çalışmalar yapılmasına neden olmuştur (Wu et al., 2005; Shalaby and Tateishi, 2007; Akbulak ve ark., 2008; Dewan and Yamaguchi, 2009; Gürbüz ve ark., 2012; Kara ve Karatepe, 2012).

Arazi kullanım değişiminin incelenmesi, doğal afetlere duyarlı haritaların CBS teknikleri ile hazırlanması, elde edilen haritaların yer seçimi ve planlamalarda kullanılabilmesi vurgulanmıştır (Özşahin, 2013; Özşahin, 2014). Bu çalışmaların genelinde elde edilen sonuç arazi kullanımında doğal kaynaklarda meydana gelen değişimler olduğu, bu değişimin en önemli sebebinin yerel yönetimlerin uygulamada plan kararlarını doğru uygulanamadığıdır (Özdemir ve Bahadır, 2008; Gülersoy, 2010; Özdemir ve Bahadır, 2010). CBS tekniklerinin hızlı ve güvenilir sonuçlar vermesi, planlamada bu tekniklerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır (Liu, 2009).

İmar planlamalarının yanlış uygulanması ve arazi kullanımındaki hızlı değişimler sonucunda doğal kaynakların yok edilmesi taşkınların ana nedenidir (Filiz ve ark., 2001). Yerleşim alanlarının artması su geçirmeyen zemin oranını artırmakta, yeraltı yağmur sularının süzülme oranının azalmasına dolayısıyla yeraltı su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, yeraltına sızmanın azalması yerleşim alanlarında akarsuların akım miktarı %95'ten %20'ye düşmesine neden olmaktadır (Simmons and Reynolds, 1982).

Yeraltı su seviyesinin düşmesiyle birlikte akarsuların rejimleri değişerek taşkınlara neden olmaktadır (Karakuyu, 2004). Bu negatif etkilenme su dengesinin bozulmasına dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Sandalcı ve Yüksel, 2011).

DeWalle'nin (2000) ve Türkeş'in (2012) yıllarındaki yapmış olduğu çalışmalarda, yerleşim alanlarında sıcaklığın daha fazla olduğunu, doğal kaynaklarda ise sıcaklığın yerleşim alanlarına göre daha düşük olduğunu, yerleşim alanları ile doğal kaynaklar arasındaki sıcaklık farkının bazen 3 °C'yi geçtiğini tespit etmişlerdir (Dow and DeWalle, 2000; Türkeş, 2012). İklim modelleri yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 dönemi için 1.5 - 4.5 °C arasında bir artış olabileceği öngörülmektedir (IPCC, 2013).

Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi teknikleri kullanılarak, Landsat ETM (1995, 2005, 2013) uydu görüntülerinden yararlanılarak, İstanbul'un su teminini sağlayan havzalardan birisi olan Elmalı havzasının arazi kullanım değişikliği incelenmiştir. Bu amaçla arazi kullanımına ait 6 farklı arazi kullanım kategorisi belirlenmiştir. Arazi kullanım kategorilerinin yıllara göre değişimleri, CBS teknikleri içerisindeki konumsal analizler yapılmak suretiyle elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca arazi kullanım değişiminin yüzey akışına olan etkileri incelenmiştir. Çalışma özellikle, gelecekte sürdürülebilir bir metropol planlanmasına, doğal kaynakların korunmasına ve yönetilmesine rehberlik edecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan havzalardan biri olan Elmalı havzasında meydana gelen arazi kullanım değişiminin tespit edilebilmesinde yönelik izlenen işlem adımları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Erdas Imagine ve ArcGIS yazılımları kullanılarak Uzaktan Algılama görüntüleri sınıflandırılmıştır. Su havzalarına ait raster görüntüleri vektör veri modellerine dönüştürülerek sorgulama ve analizlerin yapılabileceği vektör veri formatına dönüştürülerek CBS veritabanı oluşturulmuştur.

Çalışma Alanı

Elmalı Havzası, İstanbul'a içme suyu temin eden havzalardan biri olup çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2). İdari sınırlara göre, Elmalı havzası Asya yakasında olup İstanbul'un şehir merkezine yaklaşık 15 km uzaklıkta yer almaktadır.

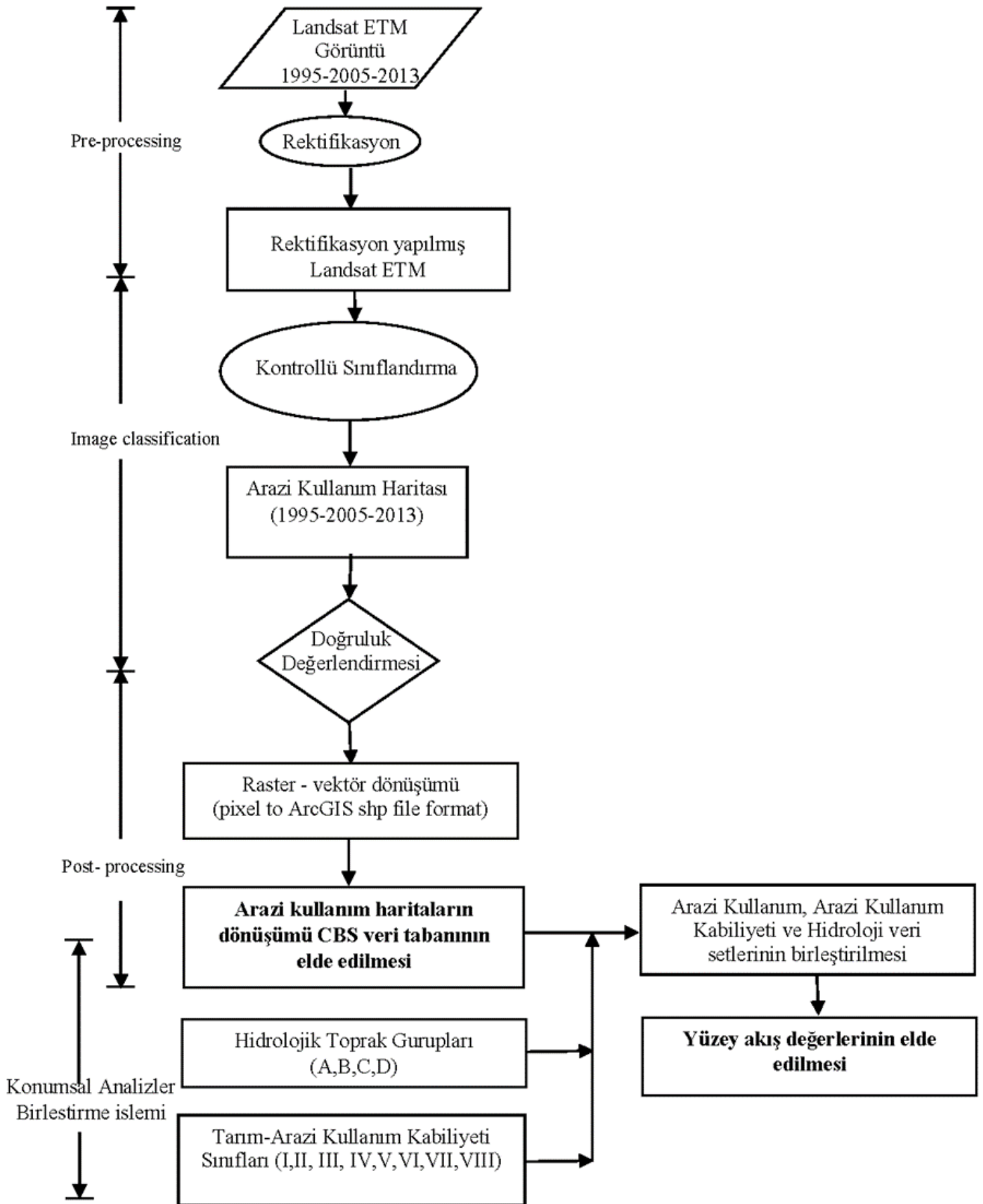
Veri Setleri

Çalışmada su havzalarında belirlenen arazi kullanım desenlerini tespit etmek için 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait Landsat ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Aynı zamanda bu haritalara altlık olması bakımından IKONOS uydu görüntüleri, topografik haritalar ve 1:100000 ölçekli çevre düzeni planlarından da yararlanılmıştır. Uydu görüntüleri <http://remotesensing.usgs.gov/about.php> sitesinden temin edilmiştir.

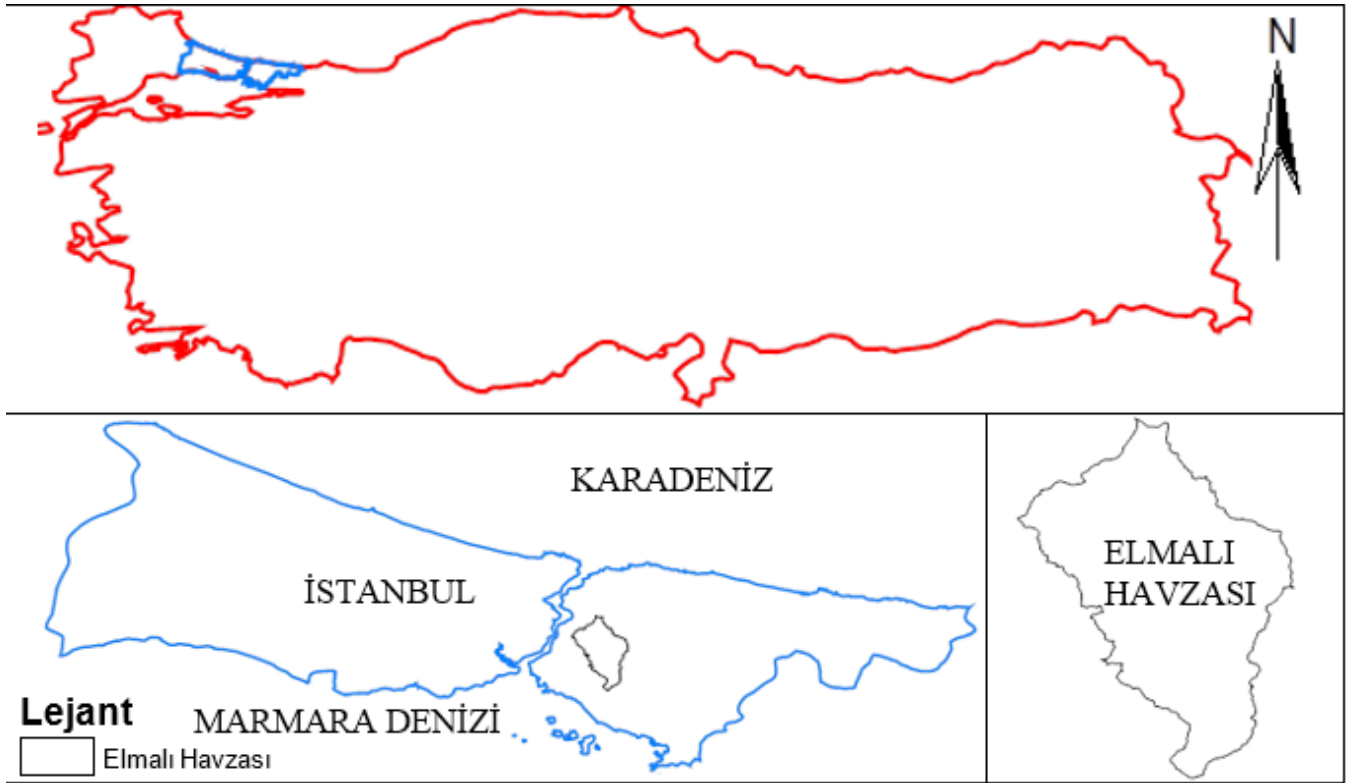
Çalışmada yüzey akış değerinin hesabı için arazi kullanım, arazi kullanım kabiliyeti, hidrolojik toprak grupları haritalarına ait veriler kullanılmıştır.

Arazi kullanım verileri uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile elde edilmiştir. Hidroloji, A-D olmak üzere 4 sınıflandırmadan oluşmuş olup toprağın yağış, akış ve sızma değerleri ölçülerek elde edilmektedir.

Bu grupların A grubu düşük akış potansiyeline sahipken D grubu ise yüksek akış potansiyeline sahiptir (Çizelge 1).



Şekil 1. Çalışmada izlenen yöntem



Şekil 2. Çalışma alanı

Çizelge 1. Zemin türleri (SCS, 1993)

Grup	Zemin türü
A	En düşük akış verimli: Derin kum, löss, agrega ve siltler
B	Orta-düşük akış verimli: Sığ lös, kumlu bitkili toprak
C	Orta-yüksek akış verimli: Kil loamlar, sığ kumlu loam, organik içeriği düşük zeminler ve genellikle yüksek kil içerikli zeminler
D	En yüksek akış verimli: Islanınca önemlice şişen zeminler ve belirli tuzlu zeminler.

Arazi kullanım kabiliyeti (AKK) sınıfları haritası arazi eğimlerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Arazi eğiminin düz ve sarp olmasına göre AKK I ve VII arası değerler alır. I değeri, arazi eğimi düz olanları gösterirken VII değeri, sarp arazileri ifade etmektedir. Bölgeye ait arazi kullanım kabiliyeti sınıfları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından elde edilmiştir.

Yüzey Akış Değeri

Yüzey akış değerlerinin hesaplanması için dijital ortamdaki (J: Jeoloji, T: Tarımsal Arazi Kullanım

Kabiliyeti-AKK, H: Arazi Kullanımı-AK) CBS veritabanına aktarılır.

Bu veriler birleştirme analizleri ile birleştirilerek üç farklı bilgi kategorisinin bilgilerini taşıyan poligon altkümeleri elde edilir.

Bu veri kategorileri ile (J: $j_1 \rightarrow j_R$, H: $h_1 \rightarrow h_K$, T: $t_1 \rightarrow t_L$) yapılan konumsal analizler neticesinde yüzey akışını temsil edecek alt kümeler X: $x_1 \rightarrow x_N$ formatında gösterilmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yüzeysel akışı hesabı için konumsal analizler neticesinde üretilen alt kümeler (X)

J	T	H	X	EN
$j_1 \rightarrow j_R$	$t_1 \rightarrow t_L$	$h_1 \rightarrow h_K$	$x_1 \rightarrow x_N$	$en_{x_1} \rightarrow en_{x_N}$
j_1	t_1	h_1	x_1	en_{x_1}
j_r	t_l	h_k	x_n	en_{x_n}
...
j_R	t_L	h_K	x_N	en_{x_N}

Birleştirme analizleri ve yeniden sınıflandırma işlemleri sonucunda oluşturulan her bir kategori (x_n) için tek bir yüzeysel akış numarasının (en_{x_n}) hesaplanması gerekmektedir. Bu uygulama arazi kullanım değişimi yapılan yıllar için hesaplanır. Havza için yüzeysel akış numarası belirlenirken oluşan tüm poligonların alansal büyüklüğü (a_{x_n}) hesaba

katılır. Alansal büyüklük oranınca, en_{x_n} değeri hesaba katılarak, alan ağırlıklı yüzeysel akış numarası hesaplanır. Bu süreçte poligonun alanına a_{x_n} denir ve bu poligona atfedilen eğri numarası en_{x_n} olarak ifade edilirse, ilgili havzaya ait ortalama yüzeysel akış değeri (1) formülü ile hesaplanır (SCS, 1993).

$$EN = \frac{\sum_{n=1}^N a_{x_n} en_{x_n}}{\sum_{n=1}^N a_{x_n}} \quad (1)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sınıflandırma ve Doğruluk

Landsat uydu görüntülerinde ilk önce kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Örnek bölgelerin toplanması sırasında örnekleme seçimini daha kolay yapabilmek ve kullanılan değişik yıllara ait uydu görüntülerinin bantlar arası korelasyonu azaltmak için "Temel Bileşenler Analizi" uygulanmıştır. Böylelikle tespit edilen altı sınıfa ait örneklemler toplanmıştır. Toplanan örnekleme işleminden sonra "En Yüksek Olasılık" kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu işlem adımından sonra yapılan sınıflandırma işlemlerin doğruluğunun araştırması yapılır.

Çalışma bölgesinde tespit edilen 6 sınıf için 200 kontrol noktası rasgele oluşturulmuştur. Çizelge 1'de,

rasgele seçilen 200 kontrol noktasının her biri için sınıflandırılan görüntü ile referans veri karşılaştırılması yapılmış ve sınıflandırmanın genel doğruluğu tespit edilmiştir. Genel doğruluğun yanında aynı zamanda göz önünde bulundurulması gereken bir diğer kriter olan Kappa (κ) değeri hesaplanmıştır. Kullanılan her bir uydu görüntülerinden elde edilen genel doğruluk ve Kappa doğrulukları Çizelge 3'de verilmiştir. %80'in üzerinde hesaplanan Kappa değeri sınıflandırma derecesinin iyi olduğunu, %40'ın altındaki hesaplanan değerlerde ise sınıflandırma derecesinin kötü olduğunu gösterir (Congalton and Green, 1998).

Çalışma alanında kullanılan uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen arazi kullanım haritalarına ait değişim matrisi Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Elmalı havzası için sınıflandırma doğruluğu sonuçları

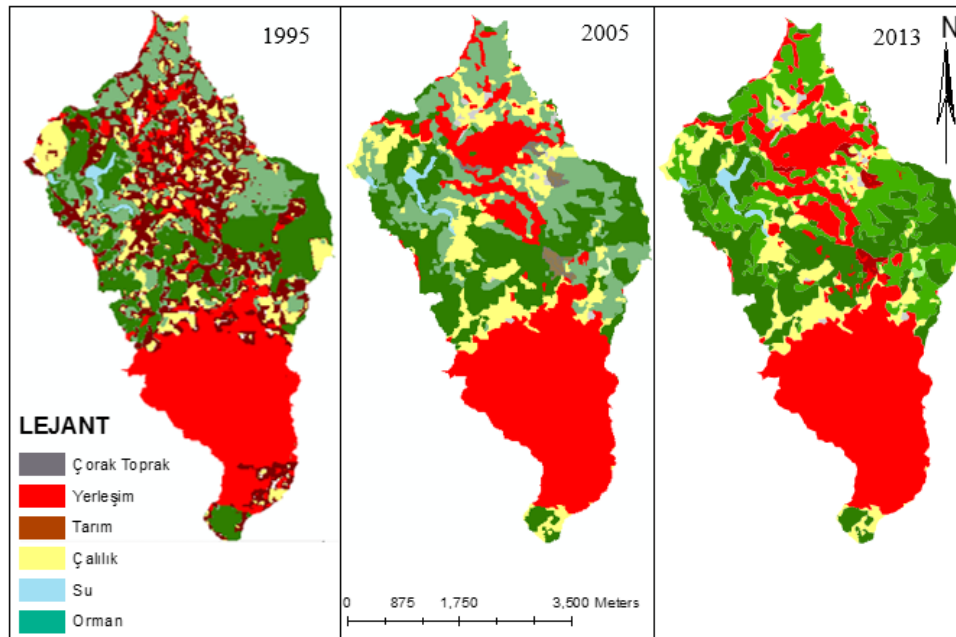
Uydu Görüntüleri	Genel doğruluk (%)	Kappa (%)
1995 Landsat ETM	82	89
2005 Landsat ETM	83	86
2013 Landsat ETM	86	91

Çizelge 4. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen arazi kullanım değişim matrisi

Sınıf/Yıl	1995		2005		2013	
	ha	%	ha	%	ha	%
Çorak Toprak	92	1	61	1	59	1
Tarım	423	5	117	1	84	1
Orman	4135	50	3778	45	3757	45
Yerleşim	2444	29	3233	39	3378	40
Su	97	1	72	1	72	1
Çalılık	1150	14	1080	13	991	12
Toplam	8341	100	8341	100	8341	100

Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5, Çizelge 4’de gösterilen değişim matrisinin tematik harita olarak gösterimidir. Şekil 6 ise Elmalı havzasındaki yapılaşmanın yoğunluğunu görüntülemektedir. Çizelge 2 ve Şekil 3 - 6’da uydu görüntülerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen arazi kullanım değişim değerleri incelendiği zaman, 1995-2013 yılları arasında Elmalı havzasında

planların uygulanamamasından kaynaklanan plansız bir arazi kullanım değişimi olduğu gözlenmektedir. 1995-2013 yılları arasında toplam alana göre en fazla etkilenen alanların dağılımı göz önüne alındığında, yerleşim alanları %29’dan %40’a yükselmiş iken, tarım alanları %5’den %1’e, ormanlık alanlar ise %50’den %45’e düşmüştür.



Şekil 3. 1995 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı

Şekil 4. 2005 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı

Şekil 5. 2013 yılı Elmalı havzası arazi kullanımı



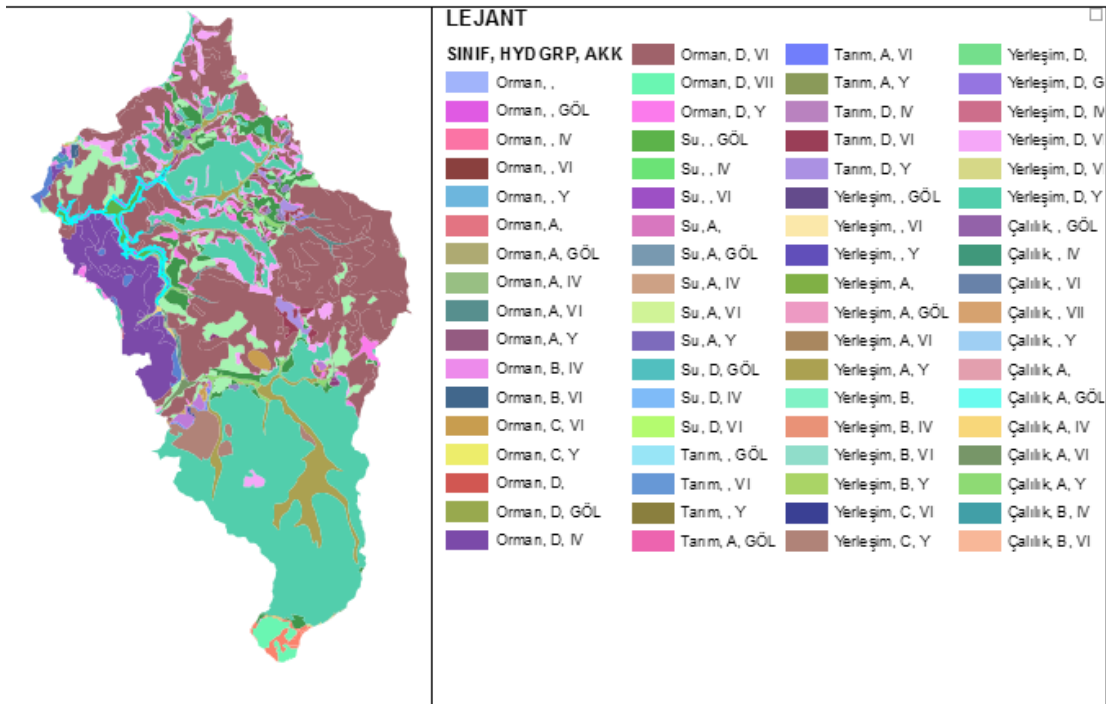
Şekil 6. Elmalı havzası yerleşim alanı

Yüzey Akış Değerlerine ait bulgular

Şekil 7, jeoloji katmanından elde edilen geçirimsizlik seviyelerini temsil eden hidrolojik toprak gruplarını (HTG) göstermektedir. Jeoloji katman bilgileri Çizelge 1’de temsil edilen A, B, C, D olmak üzere dört çeşit toprak gruplarına dönüştürülmüştür. Şekil 8, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş, I’den VIII’e kadar farklı rakamlarla ifade edilen Tarımsal Arazi Kullanım Kabiliyeti (AKK) bilgilerini göstermektedir. Şekil 9, Şekil 3-5’te elde edilmiş olan veri katmanlarının konumsal analizler sonucunda oluşan poligonları göstermektedir. Çizelge 5 ise, Elmalı havzasının arazi kullanım değişiminin hesaplanmış olduğu 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait yüzey akış

numaralarını göstermektedir. Buna göre 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait yüzey akış numaralarını sırasıyla %74, %81 ve %85 olarak bulunmuştur. Çizelge 5’de, 1995-2013 yılları arasında arazi kullanım değişimindeki farklılıklar yüzey akışını da etkilemiştir.

Türkiye İstatistik Enstitüsü verilerine göre İstanbul, en fazla göç alan dünyanın en büyük metropollerinden biridir. Kontrol edilemeyen göçler beraberinde ormanlık alanlar, tarım alanları ve su havzaları gibi doğal kaynaklar kontrolsüz ve plansız yapılaşmaya maruz kalmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Elmalı Havzası, Beykoz İlçesi Çavuşbaşı Bölgesi içerisinde bulunmaktadır. Bölge, 1980’li yıllardan itibaren yoğun biçimde göç almıştır.



Şekil 9. Elmalı havzası yüzey akış tespitine esas bilgi kategorileri haritası

Çizelge 5. Elmalı Havzası için hesaplanan yüzey akış özet tablosu

Havza Adı	Bulunduğu Dere Adı	Yıllar	Eğri Numarası (%)
Elmalı Havzası	Göksu	1995	74
		2005	81
		2013	85

Meydana gelen plansız yapılaşmalar ciddi boyutlara ulaştıkça Çavuşbaşı, Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğünün 1995 tarihli kararı ile sit alanı ilan edilmiştir (KTVKK, 1995). Bunlara rağmen Elmalı havzası kentleşmenin etkisi altında kalmış, tarım

ve orman alanları hızla yerleşim alanlarına ve organize sanayi bölgelerine dönüşmüştür. Çizelge 6'da verilen Türkiye İstatistik Kurumu verileri incelendiği zaman 1990-2000 yılları arasında Çavuşbaşı bölgesinin nüfusundaki %236 oranında ciddi derecede bir artışın olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6. Çavuşbaşı'nın yıllara göre nüfus bilgileri (TUIK, 2014)

Yıl	Nüfus	% Değişim
1965	1445	
1970	1501	4
1975	1981	32
1985	2841	43
1990	4693	65
2000	15753	236
2007	19539	24

Çalışma alanının arazi kullanım değişimi sadece nüfus faktöründen kaynaklanmayıp, aynı zamanda bölgeden geçen ulaşım ağı ve sanayi yatırımlarının da etkisi büyük olmuştur. Şekil 2'de gösterildiği üzere TEM otoyolu Elmalı havza koruma alanlarının içinden geçmektedir. TEM otoyolu, Elmalı havzasının güney yönünden geçerek Şekil 3-5'de görüldüğü üzere arazi kullanım değişimini hızlandırmış, plansız yapılaşmayı artırarak doğal kaynakların zarar görmesine neden olmuştur. Geymen'in (2013) yılında yapmış olduğu çalışmasında çok büyük bir kısmı su toplama havzalarında kalan 3. Boğaz Köprüsü'nün bağlantı yollarının İstanbul'un önemli içme suyu rezervleri olan Ömerli, Elmalı, Darlık, Alibeyköy, Büyükçekmece, Sazlıdere ve Terkos havzalarından geçtiğini ve bu durumun su havzalarını yoğun yapılaşma baskısı altında bırakacağını tespit etmiştir (Geymen, 2013). Dudullu Organize Sanayi Bölgesi ise Elmalı havzasının güney kısmında tesis edilmiştir. Bu yatırımlar, Dudullu ve Çekmeköy'de devlet arazileri üzerinde kaçak yapıların oluşmasına sebep olmuştur. Sonuçta, su havzaları,

otoyol, organize sanayi ve yoğun yerleşim alanlarından oluşan bir kirlilik meydana gelmiştir.

Günümüze kadar geçen süreç içerisinde su havzalarıyla ilgili yönetmelikte bölgede yapılaşmayı önlemek için bazı değişiklikler yapılmış ise de gelen imar aflarının içerikleri su havzalarındaki yapılaşmayı engelleyememiştir. Önlenemeyen kaçak yapılaşmalarla bu bölgelerde yeni belediyelerin oluşmasına neden olmuştur.

Metropol alanındaki bu denli yoğun nüfus hareketleri bölgede bir takım yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Metropol alanındaki bu problemleri çözmek için ise bölgede yeni projeler ve yatırımlar yapılmış ve bundan en büyük etkiyi su havzalarındaki yaşam kaynağı olan doğal kaynaklar görmüştür. Su kaynakları içerisindeki doğal kaynakların tahrip olması da yukarıda belirtilen problemlerin yanında aynı zamanda havzada suyun yüzey akışını da etkilemiştir. Çizelge 5'de gösterilen bu su yüzey akışındaki değişimler sel, heyelan ve taşkın gibi bir

takım doğal felaketlerin oluşmasına neden olmaktadır. Doğal kaynakların zarar görmesi doğal felaketler olarak karşımıza çıkmakta can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Suyun geçirgenliğinde doğal kaynaklar bu anlamda önemli bir rol oynamaktadırlar. İstanbul'un çevre düzeni plan raporu sentez çalışmasında, Sultanbeyli İlçesi'nin en çarpıcı ve olumsuz örnek konumunda olduğu, bununla birlikte bu yakada yerleşimlerin genellikle doğal yaşamı tehdit eder nitelikte gelişme gösterdiği görülmekte olduğu Beykoz İlçesi'nde; İstanbul Boğazi kıyısı ve Elmalı Havzası'nın riskli olduğu ifade edilmektedir.

SONUÇ

Günümüz teknoloji ile elde edilen uydugörüntüleri, özellikle geniş alanların değerlendirilmesinde kullanılabilir en iyi verilerden birisidir. Uydu görüntülerinin vektör veri haline getirilebilmesi için bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Ancak bu aşamalar neticesinde topografya üzerinde meydana gelen arazi kullanım değişiklikleri takip edilebilmektedir.

Bu çalışmada Elmalı su havzasındaki yaşam kaynağı olan doğal kaynakların kullanım değişiklikleri araştırılmıştır. Havza alanında Çizelge 3'de görüldüğü üzere 1995-2013 yılları arasında toplam alana göre en fazla etkilenen alanların dağılımı göz önüne alındığında, yerleşim alanları %29'dan %40'a yükselmiş iken, tarım

alanları %5'den %1'e, ormanlık alanlar ise %50'den %45'e düşmüştür. Doğal kaynakların bu değişimi Çizelge 5'de görüldüğü üzere yüzey akış değerlerinin büyümesine neden olmuştur. Çalışma sonucunda, havza alanında göç ve yatırım faaliyetlerin bu oranda yoğunlaşması, doğal kaynaklar üzerinde negatif etki yaparak tahrip edildikleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda Elmalı su havzası sınırlarındaki kamuya ait arazilerinin işgal edilmesinde TEM otoyolu, Boğaz Köprüsü ve Dudullu Organize Sanayi Bölgesinin de katkısının olduğu görülmüştür. Bölgeye yapılan büyük yatırımlar ve organize sanayi bölgeleri yeni yerleşim alanlarının oluşmasına katkı sağlamıştır. 5 veya 10 yıllık periyotlarla iklim değişikliği ve insan faaliyetleri kaynaklı arazi kullanım değişiklikleri tekrar ele alınmalı, yüzey akışındaki değişiklikler gözden geçirilerek gözlenecek yeni yağış kayıtlarıyla modelleme çalışmaları tekrar edilerek çalışmalar güncelleştirilmelidir. Neticede, yaşam kaynağı olan doğal kaynakların üzerindeki yerleşim alanların izlemesinde, arazi kullanım değişiminde, kaçak yapıların tespit edilmesinde, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yararlanılması doğal kaynakların düzenli planlanmasında önemli bir rol oynayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada veri temini konusunda bizlere yardımcı olan "Earth Resources Observation and Science (EROS) Center" teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbulak C, Evren EA, Öztürk B, 2008. Gelibolu Yarımadası'nın kuzeybatı kıyılarında arazi kullanımının uzaktan algılama ile incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 42-50.
- Akova SB, 2004. Ergene Havzasında şehirler ve şehirleşme. Sosyoloji Dergisi, 3: 29-52.
- Bahadır M, 2011. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın (Denizli- Afyonkarahisar) sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Afyonkarahisar.
- Bahadır M, 2012. Eber ve Akşehir Göllerinin bütünlük kıyı alanları yönetimi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 10 (1): 63- 89.
- Bahadır M, 2013. Işıklı Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları ve arazi kullanımına yansımaları. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 26: 1-20.

- Bahadır M, Özdemir MA, 2011. Climate trend analysis of the level changes of Iznik Lake in Turkey. Journal of Biology & Life Sciences, Volume 2-3.
- Canıberk M, Kiracı AC, 2014. Arazi kullanımının zamansal değişiminin tarihi ortofotolarla belirlenmesi: Elmalı havzası örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Congalton RG, Green K, 1998. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Second Edition, New York. 200 p.
- Dewan AM, Yamaguchi Y, 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote. Applied Geography, 29: 390-401.
- Dow CL, DeWalle D, 2000. Trends in evaporation and Bowen ratio on urbanizing watersheds in eastern United States. Water Resources Research, 36:1835-1843.

- Filiz M, Kılıç M, Özer U, 2001. İzmir Metropol etkileşim alanı ile yakın çevresi, su havzaları ve koruma alanlarındaki yapılaşmanın kentsel ve kırsal yerleşim üzerindeki etkileri. I. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak 2001, İstanbul.
- Geymen A, 2013. Impacts of Bosphorus Bridges on the Istanbul Metropolitan settlement areas. *Land Degradation & Development*, 24: 156-169.
- Geymen A, Küçükmehtemoğlu M, Baz İ, 2006. İstanbul metropolitan alanındaki hızlı kentleşmenin su havzalarına olan etkilerinin incelenmesi. 1. Uzaktan Algılama ve CBS Çalıştayı, 27-29 Kasım 2006, İstanbul.
- Gözenç S, 1978. Küçük Menderes Havzasında Arazinin Kullanılışı ve Sınıflandırılması. İstanbul Edebiyat Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Güleryoy AE, 2013. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). *Turkish Studies Academic Journal*, 8: 1915-1934.
- Güleryoy AE, 2001. Gömeç Ovası'nda bugünkü arazi kullanımı ile arazi sınıflandırılması arasındaki ilişkiler. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s.
- Güleryoy AE, 2008. Bakırçay Havzası'nda doğal ortam koşulları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiler. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 159s.
- Güleryoy AE, 2010. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa merkez ilçesi örneği (1986-2010). *Turkish Studies-International Periodical for the Languages-Literature and History of Turkish*, 8:1915-1934.
- Gürbüz M, Denizdurduran M, Karabulut M, Kızılelma Y, 2012. Uzaktan algılama ve CBS kullanarak Elbistan Ovasında arazi kullanımı/arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin incelenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30-37.
- IMP, 2006. Analysis of drinking and use water resources in the edition of preliminary etude works for 1/100000 scaled strategic planning.
- IPCC, 2013. Summary for policy makers. In: *Climate Change 2013: Cambridge University Press: Cambridge*.
- Kara F, Karatepe A, 2012. Uzaktan algılama teknolojileri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) arazi kullanımı değişim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 25: 378-389.
- Karakuyu M, 2004. Şehirleşmenin küresel iklim sapmaları ve taşkınlar üzerindeki etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 6: 25-33.
- Kaya Ö, Toroğlu E, 2015. Monitoring urban development of Kayseri and change detection analysis. *Türk Coğrafya Dergisi*, 65: 87-96.
- KTVKK, 1995. Kültür Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğü. <http://www.kulturvarliklari.gov.tr>. (Erişim tarihi: 15 Şubat, 2016).
- Liu Y, 2009. *Modeling Urban Development Geographical Information Systems and Cellular Automata*. Third Edition, New York, USA. 186 p.
- Özdemir MA, Bahadır M, 2008. Yalova İli'nde arazi kullanımının zamansal değişimi (1992-2007). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 17: 1-15.
- Özdemir MA, Bahadır M, 2010. Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası'nda arazi kullanımının zamansal değişim analizi (1975-2005). *The Journal of International Social Research* 3(12).
- Özşahin E, 2013. CBS kullanılarak Hatay ili heyelan duyarlılık analizi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4 (1): 47-59.
- Özşahin E, 2014. Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi. *Humanitas International journal of social science*, 2: 100-110.
- Öztürk D, Şişman A, Erdem EM, Şişman Y, 2010. Detection of land-use/land-cover changes using remote sensing and GIS in Atakum, Samsun. VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 3-5 Kasım 2010, Ankara.
- SCS, 1993. *Hydrology – National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington, D.C.*
- Sandalcı M, Yüksel İ, 2011. İklim değişikliğinin Türkiye'deki göller ve barajlar üzerindeki etkisi. *Yapı Dünyası Dergisi*, 181(25): 29, 2011.
- Şener M, Altıntaş B, Kurc HC, 2013. Planning and controlling of hazelnut production areas with the remote sensing techniques. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16: 55-64.
- Shalaby A, Tateishi R, 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern Coastal Zone of Egypt. *Applied Geography*, 27: 28-41.
- Simmons DL, Reynolds RJ, 1982. Effects of urbanization on base flow of selected south-shore streams, Long Island, New York. *Water Resources Bulletin*, 5:797-805.
- TUIK, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus Sayım Bilgileri. www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 <http://tuikapp.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul>. (Erişim tarihi: 25 Şubat, 2016).
- Türkeş M. 2012. Küresel iklim değişikliği ve çölleşme. S.1-42 Eğitim Kitap: Ankara
- Topaloğlu RH, Ekercin S, 2013. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama entegrasyonu ile Konya Kapalı Havzası'nda arazi örtüsü/kullanımı zamansal değişimlerinin belirlenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Wu Q, Li H, Wang R, Paulussen J, He Y, Wang M, Wang Z, 2005. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78: 322-333.
- Yıldırım Ü, Kılıç F, 2006. Uzaktan algılama yöntemleri ile Afyonkarahisar'ın şehirselleşiminin izlenmesi. *Fatih Üniversitesi 4.Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 13 – 16 Eylül 2006. İstanbul
- Yılmaz S, Marangoz AM, Şekertekin A, Oruç M, Kutoğlu ŞH, 2015. Uzaktan algılama teknikleri ile Zonguldak ili kentsel gelişiminin izlenmesi ve alternatif yerleşim alanlarının belirlenmesi. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs 2015, Konya. <http://remotesensing.usgs.gov/about.php>. (Erişim tarihi: 10 Ocak, 2016).