



Çok zamanlı uydu görüntüleri ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul

Zehranur Kaşıkçı^{*1}, Nagihan Çelik¹, F.Başak Sarıyılmaz¹

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği, Gümüşhane,

Anahtar Kelimeler:

Elmalı Havzası
Kontrolsüz Sınıflandırma
BRBA

ÖZ

Bu çalışmada, İstanbul'un Anadolu Yakası'nda ve Üsküdar ile Kartal İlçe sınırları içerisinde yer alan Elmalı Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Elmalı Havzası; İstanbul'a içme ve kullanma suyu sağlayan 7 önemli havzadan bir tanesidir. Havza; Fatih Sultan Mehmet Köprüsü bağlantı yolları, Kuzey Marmara Otoyolu ve TEM Otoyolu'nun etkisi sebebiyle dinamik bir yapıdadır ve bu durum arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖAK) sınıflarını etkilemektedir. Elmalı Havzası'ndaki AÖAK sınıflarının zamana bağlı değişimini belirlemek amacıyla; 2000, 2008 ve 2017 yıllarına ait LANDSAT görüntüleri kullanılmıştır. Havza alanı içerisindeki AÖAK sınıfları kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ve ISODATA algoritması ile belirlenmiş ve aynı görüntülere yapay yüzeyler tematik sınıfının belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş BRBA bant oranlama yöntemi uygulanmıştır. Havza alanı içerisindeki değişim incelenmiş ve uygulaması yapılan iki yöntemin sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Determination of land use and land cover change with time series images: Elmalı Basin, Istanbul

Keywords:

Elmalı Basin
Unsupervised Classification
BRBA

ABSTRACT

In this study, Elmalı Basin, which is located within the boundaries of Uskudar and Kartal districts, is designated as the study area. Elmalı Basin is one of the 7 major basins providing drinking and potable water to Istanbul. Basin has a dynamic structure due to the influence of Fatih Sultan Mehmet Bridge connection roads, the Northern Marmara Motorway and the TEM Highway. This situation affects the land use and land cover (LULC) classes. In order to determine the time dependent variation of LULC classes in the Elmalı Basin; 2000, 2008 and 2017 dated LANDSAT images were used. The LULC classes within the basin area were determined by the unsupervised classification method and the ISODATA algorithm. In order to determine the thematic class of artificial surfaces, BRBA band ratio method was applied to the same images. The changes in the basin area were examined and the results of the two methods were compared with each other.

1. GİRİŞ

İnsanların doğa üzerindeki etkileri zaman ilerledikçe artış göstermektedir. Buna bağlı olarak da arazi kullanım biçimleri değişmektedir. Nüfusun artışı ile birlikte doğal kaynaklar gereksinimleri karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Su tüm insanlık için en çok gereksinim duyulan doğal kaynaklardan bir tanesidir ve su kaynaklarının korunması

günümüzde oldukça önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmaya konu olan Elmalı Havzası, etrafında hali hazırda var olan ve inşaatı devam eden otoyollar sebebiyle yoğun bir kentleşme baskısı altında bulunmaktadır. Ayrıca havza alanı içerisinde tarım ve hayvancılık faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Literatürde Elmalı havzasını konu alan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Var, 2008; Kaya ve Kızıldere 2013; Geymen, 2016).

*Sorumlu Yazar

^{*}(zhrnurr@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1400-0031
(nagihan.071@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0003 - 2289 - 5864
(sariyilmazbasak@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0002 - 4950 - 3771

Kaynak Göster(APA);

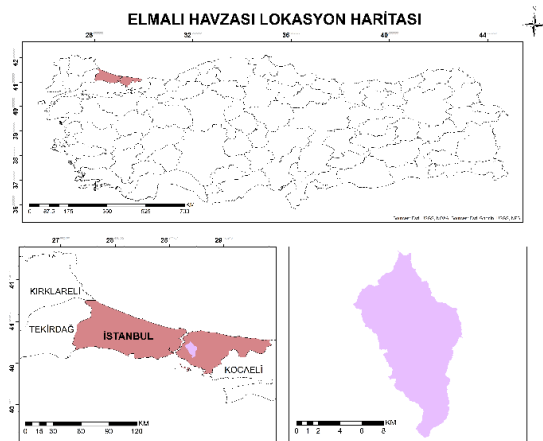
KAŞIKÇI, Z., ÇELİK, N., SARIYILMAZ, F. (2020). Çok zamanlı uydu görüntüleri ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2 (1), 16-21. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/52699/649788>

Ayrıca arazi örtüsü ve arazi kullanımının (AÖAK) belirlenmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde uzaktan algılama yöntemlerinden sıklıkla faydalandığı görülmektedir (Gedik, 2003; Musaoğlu vd., 2006; Özdemir, 2009; Yılmaz, 2009; Bektaş Balçık, 2010; Bahadır, 2011; Gezici, 2012; Sarıyılmaz vd., 2015; Sarıyılmaz, 2017; Kayman, 2015; Kang vd., 2015; Ding vd., 2015; Szumacher and Pabjanek, 2017, Sertel vd., 2017; Köksal 2018; Doğan ve Buğday, 2018).

Bu çalışmada, Elmalı havzası içerisinde geçmişten günümüze meydana gelen değişimin niceliğinin belirlenmesine yönelik olarak 2000, 2008 ve 2018 tarihli LANDSAT görüntüleri ile çalışılmıştır. Görüntüler öncelikle kontrolsüz olarak sınıflandırılmış ve CORINE sınıflandırma sisteminin ilk seviyesine göre havza alanı içerisindeki AÖAK sınıfları belirlenmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına doğruluk analizi işlemi uygulanmış ve analiz sonucunda elde edilen değerlerin Kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Çalışmanın devam eden aşamasında literatürdeki bant oranlama yöntemleri araştırılmış ve bu yöntemlerin arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının belirlenmesindeki durumu üzerine çalışılmıştır. Yapay yüzeyler tematik sınıfının belirlenmesine yönelik olarak Band Ratio for Built up Area (BRBA) yaklaşımının kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışma sonucunda Elmalı Havzası'nda meydana gelen AÖAK değişimleri farklı yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Elmalı Havzası İstanbul'un Anadolu Yakası'nda, Üsküdar ve Kartal ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Havza İstanbul'a içme ve kullanma suyu sağlayan 7 önemli havzadan biridir. Elmalı Havzası, İstanbul'daki havza alanları içerisinde kapladıkları alanlara oranla en fazla yapılaşmış alana ve en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip içme suyu havzasıdır (Kaya, 2008).



Şekil 1. Elmalı Havzası lokasyon haritası

3. KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada, Elmalı Havzası'ndaki AÖAK değişiminin zamana bağlı olarak belirlenmesi için 2000 ve 2008 tarihli LANDSAT 4-5 TM ve 2017 tarihli LANDSAT 8 OLI görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler 30 m mekansal çözünürlükte ve UTM WGS 84 koordinat sistemi ve datumundadır.

4. YÖNTEM

4.1. Kontrolsüz Sınıflandırma ve Doğruluk Analizi

Dijital görüntülerdeki farklı yeryüzü nesnelere ait pikseller, doğal spektral özelliklerinin farklı sayısal değerleri kullanılarak kategorize edilebilir. Böylelikle aynı spektral özelliklere sahip yeryüzü nesnelere gruplandırılabilir. Bu şekilde gerçekleştirilen sınıflandırma yaklaşımına kontrolsüz sınıflandırma denilmektedir (Lillesand vd., 2004). Kontrolsüz sınıflandırma sonucunda elde edilen spektral sınıflar yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden ya da arazi çalışmaları ile elde edilen yersel verilerden yararlanılarak ilgili tematik sınıflar ile ilişkilendirilebilir. Bu çalışmada kontrolsüz sınıflandırma yaklaşımında yaygın olarak kullanılan algoritmalarından biri olan ISODATA ile çalışılmıştır.

Kontrolsüz sınıflandırmada ISODATA yöntemi tekrarlı sınıflandırma yöntemidir (Köksal, 2018). Kullanıcı küme ve iterasyon sayısı belirler. Küme merkezleri geçici olarak hesaplanır ve pikseller uygun sınıflara yerleştirilir. Belirlenen sınıflar spektral sınıflardır (Sarıyılmaz, 2017).

Sınıflandırma işlemi sonucunda üretilen tematik haritaların güvenilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntem hata matrisi yöntemidir (Campbell, 1996; Foody, 2002; Congalton ve Green, 2008; Kumar, 2012). Bu çalışmada sınıflandırılmış görüntüler için hata matrisleri oluşturulmuş ve her bir görüntünün genel doğruluğu hesaplanmıştır. Hata matrisleri oluşturulurken örnek piksel sayıları binomial örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir (Van Genderen, ve Lock, 1977; Fitzpatrick – Lins, 1981).

4.2. Değişim Belirleme

Çalışma alanı içerisinde AÖAK sınıflarının nasıl değişim gösterdiğinin belirlenmesi amacıyla sınıflandırılmış görüntülerden elde edilen görüntü matrisleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu işlem ile hiç değişim göstermeyen alanların miktarı ve hangi sınıfın hangi sınıfa, hangi miktarda dönüştüğü bilgilerine ulaşılmıştır.

4.3. Bant Oranlama

Yeryüzü nesnelere ait spektral yansıtım özellikleri kullanılarak uydu görüntüleri üzerinden

ayırt edilmelerini sağlayan yöntemlerden biri de aritmetik bant işlemleridir. Bant oranlama da aritmetik bant işlemleri içerisinde yer alan yaklaşımlardan bir tanesidir.

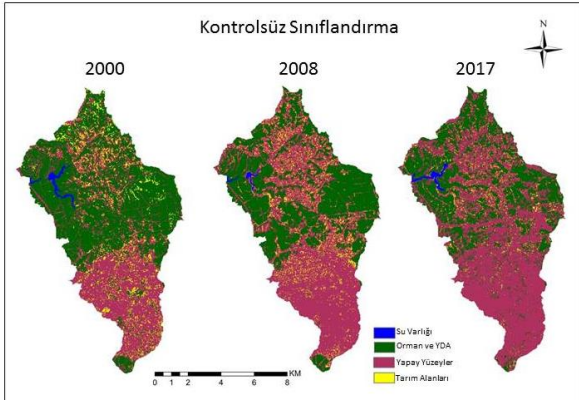
4.3.1. BRBA (Band Ratio for Built up Area)

BRBA bant oranlama yaklaşımında kırmızı ve kızılötesi bantları kullanılarak kuru toprak ve yapay yüzeyleri birbirinden ayırt edilebilmesi için geliştirilmiş indekstir (Sarıyılmaz, 2017). İndeks formülü olarak;

BRBA = Kırmızı Bant /Orta Kızılötesi Bant (1)
ifade edilir (Waqar ve diğerleri, 2012).

5. BULGULAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen kontrolsüz sınıflandırma işlemi sonucunda her görüntü için CORINE sınıflandırma sisteminin birinci seviyesine ait dört sınıf elde edilmiştir. Bu sınıflar; su varlığı, orman ve yarı doğal alanlar, yapay yüzeyler ve tarım alanlarıdır. AÖAK sınıflarını gösteren kontrolsüz sınıflandırma sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. 2000, 2008 ve 2017 yılı görüntülerinde sınıfların kapladıkları alanlar yüzde dağılım olarak Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Kontrolsüz sınıflandırma sonuçları

Sınıflandırılma işleminin ardından görüntülerin doğruluğu test edilmiştir. Yapılan doğruluk analizi ile elde edilen genel doğruluk değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Elde edilen değerlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiş ve uygulamaya devam edilmesine karar verilmiştir.

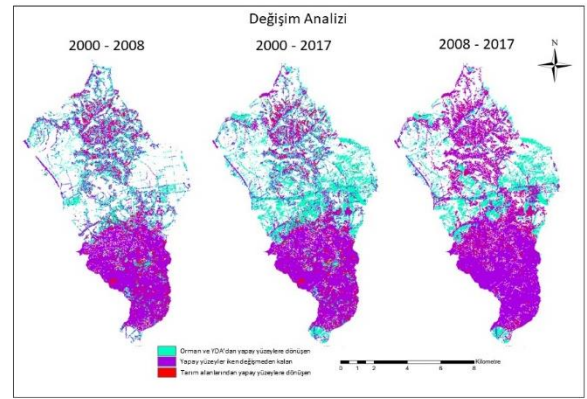
Tablo 1. Kontrolsüz sınıflandırma sonuçları

	2000	2008	2017
Su Varlığı	%0,85	%0,36	%0,73
Orman ve YDA	%52,33	%39,21	%34,17
Tarım Alanları	%7,86	%6,93	%2,52
Yapay Yüzeyler	%38,93	%53,48	%62,55

Tablo 2. Doğruluk analizi sonuçları

Tarih	Genel Doğruluk (%)
2000	86,35
2008	86,16
2017	87,50

Doğruluk analizi işleminin ardından, havzada yıllar içerisinde meydana gelen değişimin belirlenmesi amacıyla sınıflandırılmış görüntü matrisleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu şekilde gerçekleştirilen değişim analizi sonuçları Şekil 3’te gösterilmiştir. Yıllara göre belirlenen değişimler alansal olarak da sırasıyla Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Değişim analizi sonuçları

Tablo 3. 2000 ve 2008 Yılları arasındaki değişim

Sınıf Numarası		Alan (ha)	% Değişim
2000	2008		
SU VARLIĞI (1)			
1	1	29,97	%41,41
1	2	0,72	%0,99
1	3	31,86	%44,05
1	4	9,81	%13,55
ORMAN VE YARI DOĞAL ALANLAR (2)			
2	1	0,27	%0,02
2	2	2915,46	%66,18
2	3	1286,28	%29,20
2	4	202,95	%4,60
YAPAY YÜZEYLER (3)			
3	1	0	%0
3	2	274,86	%8,38
3	3	2707,74	%82,65
3	4	294,21	%8,97
TARIM ALANLARI (4)			
4	1	0,09	%0,03
4	2	109,26	%16,50
4	3	475,92	%71,89
4	4	76,86	%11,60

Tablo 3 incelendiğinde, 2000 yılında yapay yüzey olan alanların yaklaşık %82’sinin 2008 yılında da yine yapay yüzey olduğu, ancak yaklaşık %8’lik kısmının tarım alanlar sınıfına, %9’luk kısmının orman ve yarı doğal alanlar sınıfına dönüştüğü görülmektedir.

Tablo 4 incelendiğinde, 2000 yılında yapay yüzey olan alanların yaklaşık %83’ünün 2017 yılında da yine yapay yüzey olduğu, ancak yaklaşık %3’lük

kısının tarım alanlar sınıfına, %14'lük kısmının orman ve yarı doğal alanlar sınıfına dönüştüğü görülmektedir.

Tablo 5 incelendiğinde, 2008 yılında yapay yüzey alanların yaklaşık %79'unun 2017 yılında da yine yapay yüzey olduğu, ancak yaklaşık %4'lük kısmının tarım alanlar sınıfına, %16'lık kısmının orman ve yarı doğal alanlar sınıfına dönüştüğü görülmektedir.

Tablo 4. 2000 ve 2017 Yılları arasındaki değişim

Sınıf Numarası		Alan (ha)	% Değişim
2000	2017		
SU VARLIĞI (1)			
1	1	45,18	%62,43
1	2	1,62	%2,23
1	3	18,72	%25,87
1	4	6,84	%9,47
ORMAN VE YARI DOĞAL ALANLAR (2)			
2	1	16,56	%0,37
2	2	2263,14	%51,37
2	3	1973,16	%44,79
2	4	152,1	%3,47
YAPAY YÜZEYLER (3)			
3	1	0,27	%0,02
3	2	457,2	%13,95
3	3	2717,28	%82,92
3	4	102,06	%3,11
TARIM ALANLARI (4)			
4	1	0	%0
4	2	154,62	%23,35
4	3	481,68	%72,75
4	4	25,83	%3,90

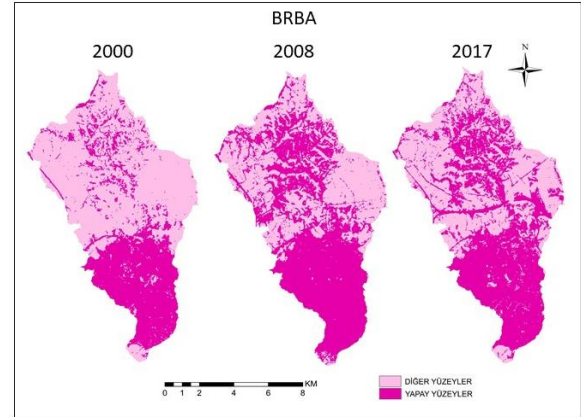
Tablo 5. 2008 ve 2017 Yılları arasındaki değişim

Sınıf Numarası		Alan (ha)	% Değişim
2008	2017		
SU VARLIĞI (1)			
1	1	27,81	%91,69
1	2	0,09	%0,29
1	3	1,71	%5,65
1	4	0,72	%2,37
ORMAN VE YARI DOĞAL ALANLAR (2)			
2	1	12,6	%0,38
2	2	2049,12	%62,08
2	3	1180,53	%35,77
2	4	58,05	%1,77
YAPAY YÜZEYLER (3)			
3	1	19,17	%0,42
3	2	719,1	%15,97
3	3	3571,74	%79,34
3	4	191,79	%4,27
TARIM ALANLARI (4)			
4	1	2,43	%0,41
4	2	108,27	%8,54
4	3	436,86	%74,82
4	4	36,27	%6,23

Çalışmanın devam eden aşamasında çalışma bölgesine yapay yüzeylerin belirlenmesine yönelik bir bant oranlama yöntemi olan BRBA uygulanmıştır.

Şekil 4 bant oranlama sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 6'da 2000, 2008 ve 2017 yıllarına ait görüntülerde Band Ratio for Built up Area (BRBA) ile hesaplanan yapay yüzey alanları verilmektedir.



Şekil 4. BRBA sonuçları

Tablo 6. Brba indeksi sonuçları

	2000	2008	2017
Yapay Yüzeyler	2959,29 ha	4609,62 ha	5404,86 ha

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada İstanbul'a içme suyu ve kullanma suyu sağlayan 7 önemli havza arasından en fazla yapılaşmış ve en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olan Elmalı Havzası'ndaki AÖAK değişimleri incelenmiştir. Bu amaçla çalışma alanına ait 2000, 2008 ve 2017 tarihli LANDSAT TM ve OLI görüntüleri sınıflandırılmış ve bölgeye ait tematik sınıflarda yıllar içerisinde meydana gelen değişimin yönü ve büyüklüğü belirlenmiştir.

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde 2000 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede havza alanı içerisinde orman ve yarı doğal alanlar sınıfında yaklaşık %35'lik bir azalma, tarım alanları sınıfında yaklaşık %68'lik bir azalma ve yapay yüzeyler sınıfında yaklaşık %61'lik bir artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında çalışma alanı içerisindeki yapay yüzey alanlarının belirlenmesine yönelik olarak BRBA bant oranlama yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu yaklaşım ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 2000 yılından 2017 yılına kadar geçen sürede yapay yüzeyler sınıfında %68'lik bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç sınıflandırma işlemi ile elde edilen sonuçla da uyumludur.

BRBA yaklaşımı sonuçları yıllara göre alan bazında sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırıldığında 2000 yılı için yaklaşık %90, 2008 yılı için yaklaşık %98 ve 2017 yılı için yaklaşık %97 oranında bir uyum sağlandığı görülmektedir.

Bu çalışma ile bir içme suyu havzası olan Elmalı Havzası'nda AÖAK'ndaki değişim belirlenmiş ve yöntem karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece havza

yönetiminde karar vericiler için atlık oluşturacak önemli sonuçlar uzaktan algılama verileri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir.

BİLGİLENDİRME

Bu makale X. TUFUAB Teknik Sempozyumu'nda sözlü olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Bahadır, M., 2011, Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi, Doktora tezi, Afyonkarahisar.
- Bektaş, Balçık, F., 2010, Mapping and monitoring wetland environment by analysis of different satellite images and field spectroscopy, Doktora tezi, İstanbul.
- Campbell, J.B., 1996, Introduction to Remote Sensing, Second Edition, Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guildford Press, NY.
- Congalton, R.G., Green, K. (2008). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, CRC Press.
- Doğan, S., Buğday, E., 2018, Modeling of Temporal and Spatial Changes of Land Cover and Land Use by Artificial Neural Networks: Kastamonu Sample. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (3), 653-663. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd/issue/38873/467974>
- Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., Liu, Q., Peng, Q., Kang, M. (2015). Impacts of land use on surface water quality in a subtropical river basin: A case study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China, *Water*, 7, 4427 - 4445.
- Fitzpatrick – Lins, K., 1981, Comparison of sampling procedures and data analysis for a land use and land Cover map, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47, 343 – 351.
- Foody, G.M., 2002, Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment, *Remote Sensing and Environment*, Vol: 80, pp: 185-201.
- Geymen, A. 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Su Havzalarındaki Doğal Kaynakların İzlenmesi: Elmalı Havzası Örneği, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2), 174-180.
- Gedik, İ. 2003. Van Gölü havzası arazi örtüsünün uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinden yararlanarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.
- Gezici, A. 2012. Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile arazi örtüsü/kullanımı değişiminin analizi, Hava Harp Okulu Komutanlığı / Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü / Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Mühendislik Bilimleri.
- Kaya, C. 2008. Elmalı Havzası kuzey kesiminin yüzey ve yeraltı su kirliliği açısından incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kaya, A. Ve Kızıldere, M. 2013. İstanbul'daki İçme Ve Kullanma Suyu Havzalarında Arazi Kullanımı, http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/928865c0d389404_ek.pdf?tipi=67&turu=H&sube=2, Alındığı Tarih: 22.04.2019
- Kayman, Ö. 2015. Spektral indekslerin arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırmasına etkisi: İstanbul, Beylikdüzü ilçesi, arazi kullanımı değişimi, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı / Geomatik Mühendisliği Bilim Dalı.
- Kang, M. G. ve Park, S. W. 2015. An adaptive watershed management assessment based on watershed investigation data, *Environmental Management*, 55, 1006 – 1021.
- Köksal, F.P. 2018, İstanbul Avrupa Yakası'nda Arazi Kullanım Değişikliğinden Kaynaklanan Karbon Emisyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kumar, M., 2012. Digital Image Processing, Photogrammetry and Remote Sensing Division Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun, Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology 81-102, <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-5.pdf> Alındığı Tarih: 05.12.2012.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J.W., 2004, Remote Sensing and Image Interpretation. 5th Edition, Wiley, USA.
- Musaoğlu, N., Gürel, M., Uluğtekin, N., Tanık, A., Şeker, D.,A., 2006, Use of Remotely Sensed Data for analysis of LandUse Change in a Highly Urbanized District of Mega City, İstanbul, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 41:2057 – 2069.
- Özdemir, Y., 2009, Büyük Menderes Nehri Havzasının Arazi Kullanımı ve Su Yönetimi Açısından İncelenmesi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

- Sarıyılmaz, F.B. 2017, CORINE sınıflandırmasının Sazlıdere Havzası ölçeğinde tematik doğruluk analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sarıyılmaz, F.B., Musaoğlu, N., Tanık, A. ve Kılıç, F.G., 2015. İstanbul Sazlıdere Havzası'nın Zamansal Değişim Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu, Konya.
- Sertel, E., Yay Algan, I., Alp, G., Musaoğlu, N. ve Kaya, Ş., 2017. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri Kullanılarak 1/25.000 Ölçekli Ulusal Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırma Sisteminin Geliştirilmesi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu, 27-29 Nisan, Afyon.
- Szumacher, I. ve Pabjanek, P., 2017. Temporal changes in ecosystem services in European cities in the continental biogeographical region in the period from 1990–2012.
- Van Genderen, J.L. ve Lock, B.F., 1977, Testing land use map accuracy. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 43, 1135 – 1137.
- Var, D. 2008. Elmalı Havzası Güney Kesiminin Yüzey Ve Yeraltı Su Kirliliği Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, O., 2009, Gediz Havzası Bütününde Gediz Deltası'nın Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Alan Kullanım Kararları ve Ekosistem Bozunumu İlişkileri Üzerine Araştırmalar, Doktora tezi, İzmir.
- Waqar M. M., Mirza J. F., Mumtaz R. ve Hussain E. (2012). Development of New Indices for Extraction of Built-Up Area & Bare Soil from Landsat Data, Open Access Scientific Reports, 1, 136.