

[1266]

SÜRDÜRÜLEBİLİR HAVZA YÖNETİMİ İÇİN KÖMÜRE DAYALI KİRLİLİĞİN LANDSAT 8 GÖRÜNTÜLERİ VE JEOİSTATİSTİKSEL ANALİZLERLE ZAMANSAL İNCELENMESİ

Hakan AKÇIN¹, Alihsan ŞEKERTEKİN²

¹Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, hakanakcin@hotmail.com ²Araş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, alihsan_sekertekin@hotmail.com

ÖZET

Ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasının önemli bileşenlerinden birini, 25 nehir havzamız ve onun alt havzalarından oluşan havzalar sisteminin sürdürülebilir yönetimi oluşturmaktadır. Havzaların çevre yönetimi, sosyal, demografik koşulları ve havza kaynaklarının kullanımı farklı havza yörelerinde önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, Batı Karadeniz Havzası içerisindeki Zonguldak Taşkömürü alt Havzasında nüfus ve sanayi kuruluşları yoğunlaşmış durumdadır. Zonguldak Taşkömürü Alt Havzasında gerek kamu ve gerekse rödevans karşılığı özel sektör tarafından gerçekleştirilen Taşkömürü üretimleri ile özellikle ormanlık alanlar içerisinde gerçekleştirilen illegal kömür üretim faaliyetleri çerçevesinde kömüre dayalı katı atık alanlarında ve bunların su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisinde belirgin bir artış görülmektedir. Ele alınan bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası, Zonguldak Taşkömürü Alt Havzası'nı kapsayan Landsat 8 uydusuna ait görünür bölge, kızılötesi bölge, pankromatik ve termal bantlar kullanılarak 2013, 2015 ve 2016 yıllarına ilişkin 15m'ye örneklenmiş pan-sharp görüntüleri temel alınarak kara ve su yüzeyindeki kömür katı atıkların yayılımının öncül tespiti yapılmıştır. İkinci aşamada, pan-sharp görüntülerin piksel parlaklık değerlerine bağlı jeostatistiksel kestirimlerle variogram parametreleri hesaplanmış, variogram modelleri ve kriging kestirimiyle kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Bu modeller ve haritalar yorumlanarak çevresel kirliliğin konuma bağlı değişimi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sürdürülebilir Havza Yönetimi, Zonguldak Taşkömürü Havzası, Kömür, Landsat 8, Jeostatistik.

ABSTRACT

TEMPORAL INVESTIGATING COAL BASED POLLUTION USING LANDSAT 8 IMAGES AND GEOSTATISTICAL ANALYSES FOR SUSTAINABLE BASIN MANAGEMENT

Sustainable management of basin systems of 25 river and its sub-basin is one of the most important components of sustainable development of our country. Environmental management of basins; social and demographic conditions and the use of watershed resources can vary significantly in different watershed areas. For example, population and industry are concentrated in Zonguldak Coal Sub-basin in Western Black Sea Basin. Due to the coal production performed by both the private and public sector in Zonguldak sub-basin and also illegal production in forested areas, coal dump sites have increased in number and the effects of these sites on water resources should be examined in detail. In this study, Landsat 8 images in visible, near infrared, panchromatic and thermal regions of electromagnetic spectrum were utilized for detecting the expansion of coal solid wastes on land and water surface. The satellite images were acquired on 2013, 2015 and 2016, respectively. Pan-sharpening process was used to extract land use map within 15 m geometric resolution. In the next step, variogram parameters were calculated using geostatistical analyses based on digital numbers of the pan-sharpened images and pollution maps were generated by variogram models and kriging approximation. The spatio-temporal variations in pollution were investigated by interpreting these models and maps.

Keywords: Sustainable Basin Management, Zonguldak Coal Basin, Coal, Landsat 8, Geostatistic.

1.GİRİŞ

Dünya enerji kaynakları iki ana grupta toplanmaktadır. Taşkömürü, linyit, bitümlü şist, petrol, doğal gaz gibi fosil kaynaklar ve nükleer enerji birinci gurup “tüketilebilir” enerji kaynaklarını; hidrolik solar (güneş), jeotermal, biomas ve rüzgâr enerjisi ikinci gurup “yenilenebilir” enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Günümüzde bilinen dünya kömür rezervleri toplamı 992 milyar ton’ dur. Dünya enerji raporlarına göre bunun %51’i taşkömürü, %49’u ise linyittir “URL 1”. Dünya enerji ihtiyacının % 25’den fazlası, elektrik üretiminin ise yaklaşık %40’ı kömürle karşılanmakta ve kömüre duyulan talebin de artarak devam etmesi beklenmektedir.

Ancak, dünyada bu rezervler sınırsız değildir, örneğin; dünyada bilinen fosil yakıt rezervlerinin, mevcut tüketim verileri temel alındığında, linyit kömürünün 420 yıl, taşkömürünün 155 yıl, doğal gazın 60 yıl ve petrolün de yaklaşık 40 yıllık bir ömrünün kaldığı saptanmıştır. Bu durumda kömür gibi bir fosil yakıtın, dünyadaki ekonomik gelişmenin tek güvenilir dayanağı olmaya devam edeceği açıktır. Dünyada 2001 yılında 3.6 milyar ton taşkömürü üretilmiş ve

üretilen kömürün de %90'ı üretildiği ülkelerde tüketilmiştir. Ayrıca, tüketim alanları açısından dünya taşkömürü üretiminin %50'si termik santrallerde, %50'side demir-çelik, ısınma ve diğer sanayi sektöründe tüketilmektedir.

Zonguldak Taşkömürü Havzası ZTH' da gerek kamu ve gerekse rödevans karşılığı özel sektör tarafından gerçekleştirilen Taşkömürü üretimleri ile özellikle ormanlık alanlar içerisinde gerçekleştirilen illegal kömür üretim faaliyetleri çerçevesinde kömüre dayalı katı atık alanlarında ve bunların su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisinde belirgin bir artış görülmektedir.

Ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasının önemli bileşenlerinden birini, 25 nehir havzamız ve onun alt havzalarından oluşan havzalar sisteminin sürdürülebilir yönetimi oluşturmaktadır. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014-2023 Havza Yönetim Stratejisine göre (URL 2); havza yönetimi, coğrafi olarak ayrı bir havzanın hidrolojik sürdürülebilirliğini, toprağın, bitki örtüsünün, su ve diğer doğal kaynakların ve varlıkların havza alanlarında yaşayanların yararına bütünlük korunmasını, geliştirilmesini ve yararlanılmasını ve bu suretle ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Sürdürülebilir havza yönetiminin temelini; mevcut arazi ve su kullanımı, bu kullanımın ekoloji ve biyoçeşitliliğe nasıl bir tesiri olduğu, sosyo ekonomik ve çevresel etkiler ve bu etkilerdeki değişimin nasıl sonuçlar doğurabileceğinin anlaşılması oluşturmaktadır. Havza yönetimi genel anlamda nehir havzası, alt havza ya da mikrohavza seviyesinde bir yönetim anlamına gelebilmektedir.

Havzaların çevre yönetimi, sosyal, demografik koşulları ve havza kaynaklarının kullanımı farklı havza yörelerinde önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Tanımlanan bu 25 havzadan biri de Batı Karadeniz Havzası olup 29598 km² yağış havza alanı ile ülke havzalarının %3,8'ne karşılık gelen bir büyüklüğe sahiptir. Batı Karadeniz Havzası içerisinde Zonguldak Taşkömürü alt Havzasında nüfus ve sanayi kuruluşları yoğunlaşmış durumdadır. Yerleşim alanları, orman ve deniz arasında sıkışmış durumdadır. Su ve enerji talepleri artmıştır. Bu bağlamda çevre kirliliği ile çarpık kentleşme, plansız sanayileşme, enerji üretim tesislerindeki artış verimli toprak, su, orman ve mera gibi doğal kaynakları ve varlıkları her geçen gün daha fazla tehdit eder duruma getirmiştir. Bu alt havzada sanayi ve hizmet sektörleri ana istihdam ve geçim kaynaklarını oluşturmaktadır.

Son yıllarda havzaların doğal kaynaklarının ve varlıklarının sürdürülebilir yönetiminin sağladığı toprak muhafaza, su miktarı ve kalitesi, karbon tutumu, biyolojik çeşitliliğin korunması, vb. değerlerin önemi hakkında farkındalık ve destek artmıştır. Buna paralel olarak bozuk alanların iyileştirilmesi, ağaçlandırma, toprak muhafaza ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik programlar ve uygulamalarda ciddi artışlar sağlanmıştır.

Çevre ve Orman Bakanlığı; orman sayılan alanlar dışındaki madencilik faaliyetleri, malzeme ve toprak temini için arazide yapılan kazılar, dökümler ve doğaya bırakılan atıklarla bozulan doğal yapının, doğaya yeniden kazandırılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemiştir. Bu amaçla, 23 Ocak 2010 tarih ve 27471 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış "Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliğini" çıkarmıştır. Bu yönetmelik kapsamında özellikle havza madenciliği tanımlanmış olup, açık ve yeraltı madenciliğinin ormanlık alanlar içinde uygulanıp uygulanmadığı, değişimlerin zamansal gelişimi, atık alanları ile madencilik faaliyetleri arasındaki ilişkiler ve diğer uygulamaların araştırılması gerekmektedir. 07 Haziran 2011 tarihli Çevre ve Orman Bakanlığının "Orman Sayılan Alanlarda Katı Atık Bertaraf Tesislerine verilecek izinlere ilişkin genelge yayınlanmış ve bahse konu madencilikten kaynaklanan katı atıkların ormanlık alanda olmasında kamu yararı olup olmadığının belirlenmesi ve ön etüd çalışmalarının yapılarak bakanlıktan izin alınması gerektiği ifade edilmiştir. Bu amaçla; Batı Karadeniz Havzası, Zonguldak Taşkömürü Alt Havzası'nı kapsayan Landsat 8 uydusuna ait görünür bölge, kızılötesi bölge, pankromatik ve termal bantları içeren orta çözünürlüklü görüntüler kullanılarak 2013, 2015 ve 2016 yıllarına ilişkin 15m'ye örneklenmiş pan-sharp görüntüleri temel alınmış, kara ve su yüzeyindeki atıkların yayılımının tespiti yapılmıştır. İkinci aşamada, pan-sharp görüntülerin piksel parlaklık değerlerine bağlı jeostatistiksel kestirimlerle variogram parametreleri hesaplanmış, variogram modelleri ve kiriging kestirimiyle kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

2.BATI KARADENİZ SU HAVZASI VE KİRLİLİK

Batı Karadeniz Su Havzası, Şekil 1'de görülen ülkemizin 25 su havzasından biri olup 29598 km² yağış havza alanı ile ülke havzalarının %3,8'ne karşılık gelen bir büyüklüğe sahiptir (Dicle ve Fırat Havzaları bütünlük olarak ele alınmakla birlikte şekilde bu havzalar ayrı ayrı gösterilmiştir). Dünyada ve ülkemizde artan su ihtiyacının karşılanması su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Söz konusu baskılar, Türkiye'deki 25 havzanın nüfusu ve yağış potansiyeli birbirinden farklılık gösterdiği için havzalar arasında farklı yoğunluklarda hissedilmektedir (Rahmanlar, 2015). Türkiye'de toplam yıllık su akış miktarının yarısı 25 havzanın 5 inde bulunmaktadır. Bu havzalar; Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz, Antalya ve Batı Karadeniz dir. Yanısıra Doğu ve Batı Karadeniz Havzaları tüm Karadeniz'e akan nehirlerin oluşturduğu havza modeli içerisinde de önemli bir paya sahiptir (Şekil 2). Bu nedenle Batı Karadeniz su havzası hem ülkemizdeki tek taşkömürü havzası olması hem de ülke su ihtiyacı açısından en önemli baş havzasından biri konumundadır.

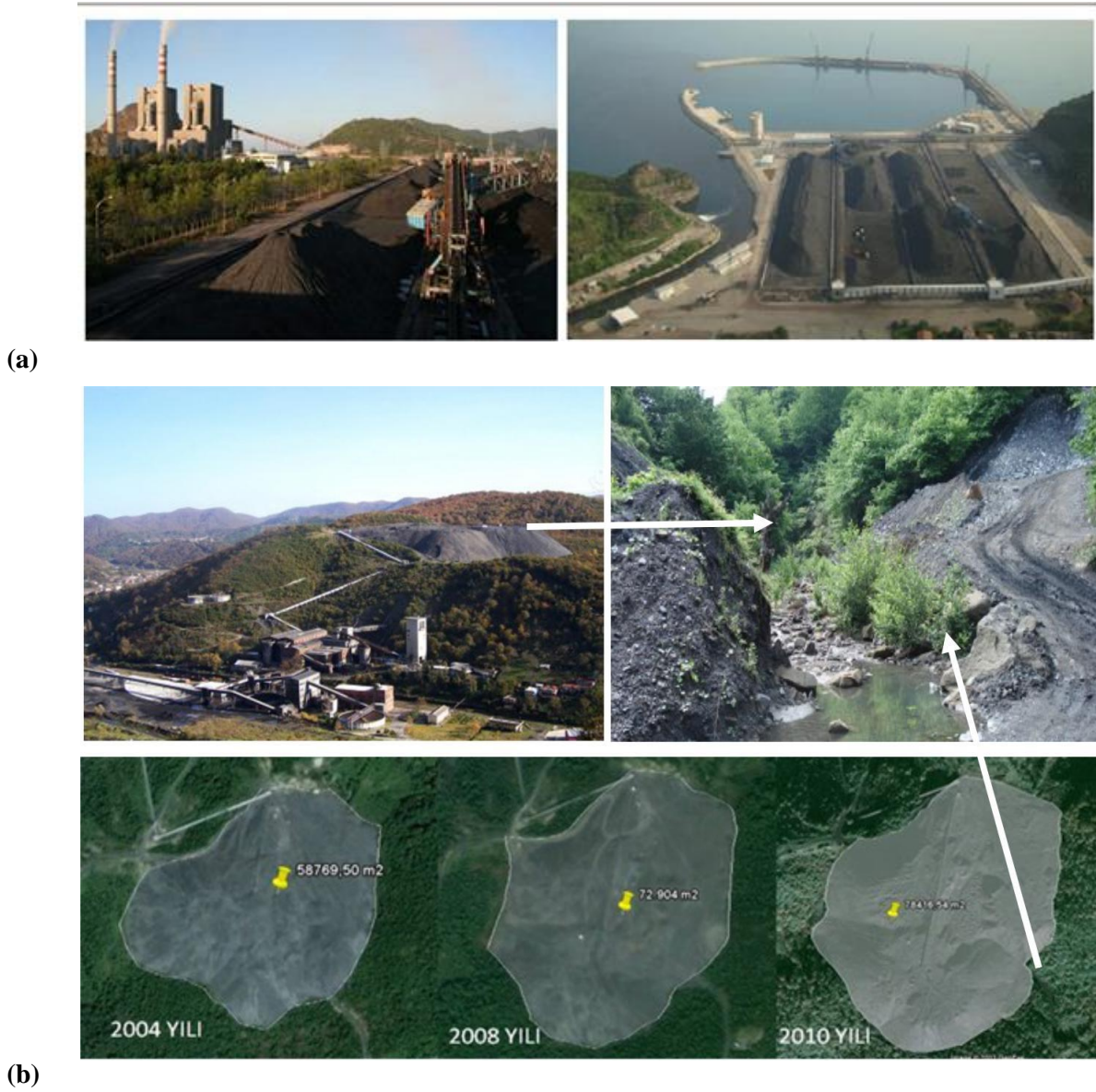
Bu havzada; özellikle endüstriyel kaynaklı katı atıklarda yüksek oranda artış meydana gelmekle birlikte, hava, akarsu ve deniz kirliliği ciddi boyutlarda çevre sorunlarına dönüşmektedir. Kömüre dayalı katı atıklar sahil bandındaki depolama alanlarında ve ormanlık alanlar içinde depolanmaktadır. Bu depolanma işi halen sürdürülmekte olup, bu alanlardan yağışlar ve derelerle kömüre dayalı atıkların Karadeniz'e taşınması devam etmektedir. Bununla birlikte kurulan limanlarda termik santraller için milyon tonlar seviyesinde stoklanan kömür ise esen rüzgârlarla havaya kalkarak su kaynakları üzerine serpilmektedir (Şekil 3).



Şekil 1. Türkiye'deki topoğrafik su havzaları (Akın ve Akın 2007).



Şekil 2. Karadeniz'in nehir havzaları içerisinde Zonguldak Taşkömürü Havzası.



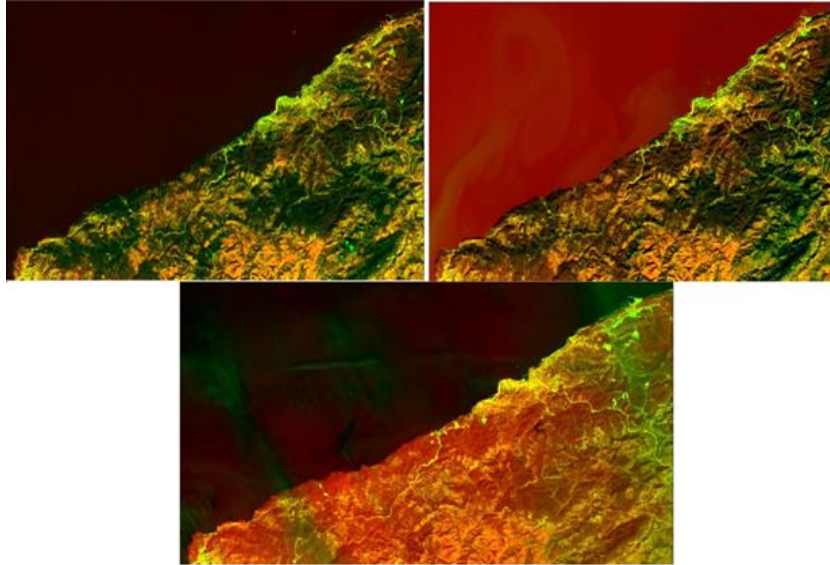
Şekil 3. Zonguldak Taşkömürü Havzası'nda kurumsal kömür stokları (a) ve kömür atıklarının ormanlık alanda depolanması ve su kaynaklarıyla ilişkisi (b).

ZMA' da Türkiye Taşkömürü Kurumu "TTK" ve özel sektör üretim alanları incelendiğinde özellikle maden ocaklarının ağız ve çevresinde tüvanan kömür stokları ve kömür katı atıklarının depolanması, kömür yıkama ve zenginleştirme tesislerinin katı atıklarının stoklanması şeklinde ve açık işletme türü maden ve taş üretiminin arazide yarattığı bozulmalar şeklinde doğrudan çevre etkisini görmekteyiz (Akçın vd., 2004). Havzanın zamansal olarak geçmişine baktığımızda bazı alanların zamanla azaldığı bazı alanların ise zamanla arttığı görülmüştür. Fakat genel olarak bir artış söz konusudur. Bu azalmaların nedeni atıkların termik santralde yakıt olarak kullanılmaya başlanması ve inşaat sahalarında dolgu malzemesi olarak kullanılmasından, artmasının sebebi ise özel sektör atıklarının bilinçsizce stoklanmasından kaynaklanmaktadır (Akçın ve Çakır 2012). Bölgede günümüze kadar hem devletin hem de özel sektörün üretim sahaları mevcuttur. 2000 ve 2015 yılları arası ZTH'da ortalama 400 bin ton/yıl özel sektör tarafından, 2,5 milyon ton/yıl da devlet tarafından üretim gerçekleştirilmiştir. Özel sektörde yeryüzüne çıkarılan tüvanan (yerinde, işlenmemiş, ham mamul halde) kömür, basit eleme tesislerinde içindeki şist denilen taşlı yapıdan ayrıştırılarak stoklanıp pazara sürülmektedir (Akçın ve Çakır, 2012, Akçın ve Şekertekin, 2016).

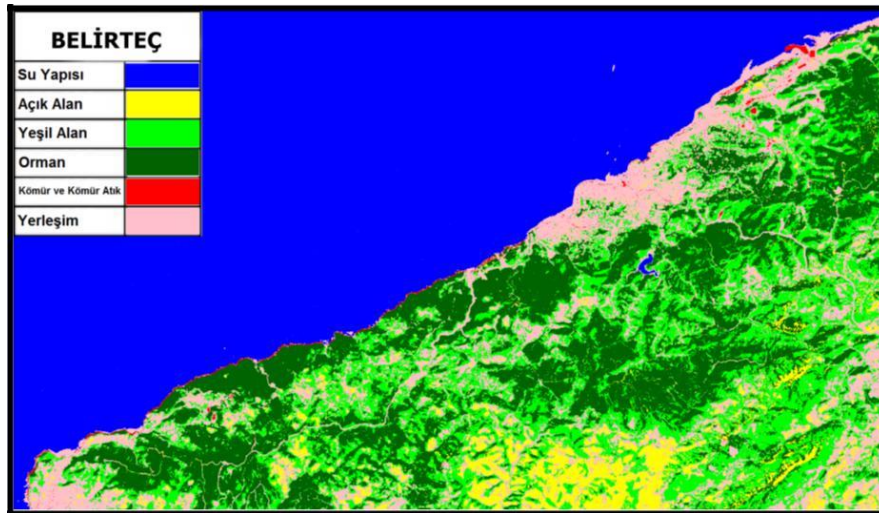
3.LANDSAT 8 GÖRÜNTÜLERİ İLE SINIFLAMA ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, atık alanlarının incelenmesine yönelik olarak, Batı Karadeniz Su Havzasını ve kömür atık alanlarını içine alan orta çözünürlükte uydu görüntüleri kullanılmıştır. Orta çözünürlüklü görüntüleme Landsat 8 termal band görüntüleri ele alınmıştır. Landsat 8'e ait OLI ve termal sensor görüntülerinden termal 10. Band / Pankromatik 8. Band oranlaması ile 2013, 2015 ve 2016 yıllarına ait kirlilik görüntüleri elde edilmiştir. Landsat 8 için kullanılan

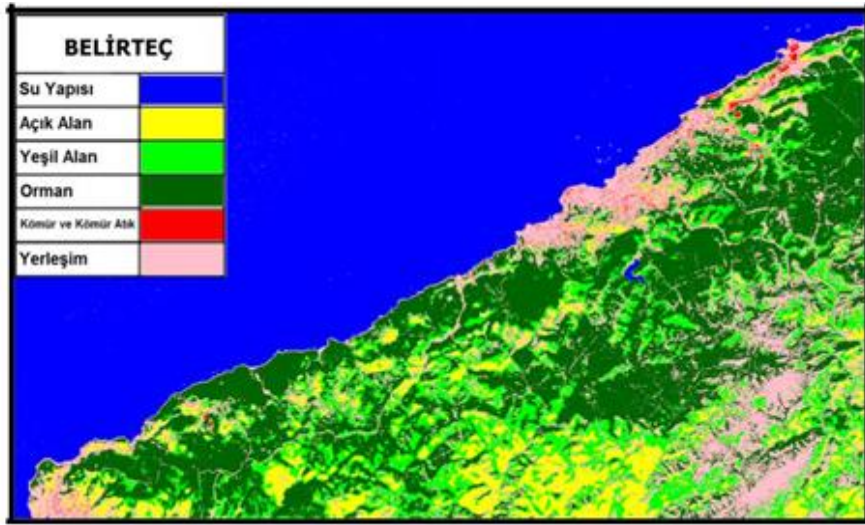
görüntüler için 100m termal band çözünürlüğü 15m'ye yeniden örnekleştirilmiş, ayrıca 15m çözünürlüklü pan-sharp görüntüler elde edilmiştir. İkinci aşamada tüm pan-sharp görüntüler üzerinde kömür ve kömür atık alanlarından örnek alanları da içeren eğitim kümeleri oluşturularak en büyük olasılık yöntemi ile eğitilmiş sınıflama gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'de 15m'ye örnekleştirilmiş görüntüler ve Şekil 5, 6 ve 7'de sınıflama sonucu elde edilmiş görüntüler verilmiştir.



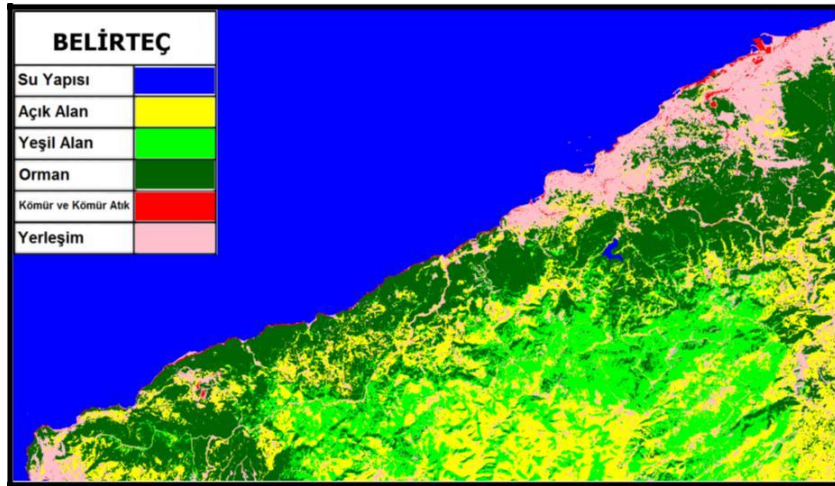
Şekil 4. ZTH için uygulamada kullanılan 15m'ye örnekleştirilmiş termal 10. band ile pankromatik 8. band oranlamasıyla elde edilmiş 2013, 2015 ve 2016 görüntüleri.



Şekil 5. Havzanın sınıflandırılmış 2013 yılı görüntüsü.



Şekil 6. Havzanın sınıflandırılmış 2015 yılı görüntüsü.



Şekil 7. Havzanın sınıflandırılmış 2016 yılı görüntüsü.

4. KÖMÜR ATIK ALANLARI İÇİN JEOİSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Jeoistatistiksel yöntemlerin kullanıldığı araştırmalarda, temelde verilerin konumsal (mekânsal) bağımlılığının tespit edilmesi, konumsal özelliklerin uzaysal dağılımı ve birbirleriyle olan ilişkilerinin (otokorolasyon) belirlenmesi öncelikli konulardır. Bu bağlamda örneklem noktalarından üç boyutlu uzayda kestirimler (prediksiyon) yaparak mekânsal olarak yeni noktaların özellikleri saptanabilir, hangi mekânsal özelliğin hangi konumda ne kadar yoğunluğa veya etki alanına-mesafesine sahip olabileceği belirlenebilir. Sonuç olarak mekânsal korelasyonlu haritaların üretilmesi de böylece sağlanmış olur (Akçın ve Şekertekin, 2016).

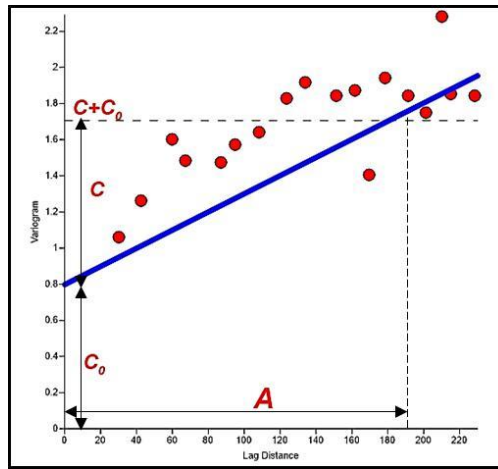
Uzayda farklı noktalar arasındaki değişkenler ya da örneklem noktaları arasındaki bağımlılığı karakterize eden birçok fonksiyon kullanılabilir. Örneklem verilerinin kendi aralarındaki mesafeye veya örneklem verileri ile mekânsal özelliği kestirilecek nokta arasındaki mesafelere göre belirlenen bu bağımlılık kovaryans ya da variogram olarak adlandırılır ve stokastik süreci belirler. Dolayısıyla mekânsal bir noktanın konumsal özelliğinin belirlenmesinde variogram, her bir örneklem noktasının katkısının yani ağırlığının ölçüsüdür. Özellikle, variogramın deneysel olarak belirlenmesi ve bu grafik yapıya bir model uydurulması jeoistatistiğin temelini oluşturur.

Uzaktan Algılama uygulamalarında jeoistatistiksel analizler için görüntü üzerindeki her bir pikselin yatay konum koordinatları ve üçüncü boyut olarak ise o pikselin ilgili banttaki piksel yansıma değeri kullanılır. Variogram fonksiyonu; eşitlik (1) ve (2)'deki gibi, aralarındaki uzaklık Sij olan yatay konumu bilinen iki pikselin yansıma değerleri arasındaki farkın varyansdır ve $2\gamma(S_{ij})$ ile ifade edilir.

$$\gamma(S_{ij}) = \frac{1}{2n(s)} \sum_{ij}^{n(s)} (Z(x_i, y_i) - Z(x_j, y_j))^2$$

$$S_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

Bu eşitlikte; S_{ij} : İ ve J noktaları arasındaki yatay uzunluk, $n(s)$: S mesafedeki nokta çiftleri sayısı, Z_i : İ pikselindeki yansımaya değeri, Z_j : J pikselindeki yansımaya değeri, $\gamma(S_{ij})$: S mesafesindeki yarıvariogram değeridir. Şekil 8'deki örnek modelde olduğu gibi; variogram grafiklerinde, değişken variogramı belirli mesafeden sonra artışını durdurursa, bu noktaya eşik değeri veya tepe varyansı (sill) C_0+C denir ve variogram bu değer çevresinde değerler almaya başlar. Tepe varyansının bileşeni C yapısal varyans, C_0 kontrolsüz etki varyansı olarak adlandırılır. Variogramın eşik değerine ulaştığı örneklem mesafesi (lag mesafesi) yapısal uzaklık A olarak adlandırılır. Bu uzunluktan daha büyük uzunluklarda ilgilenilen piksel gurubunda konumsal bağımlılık sona ermektedir.

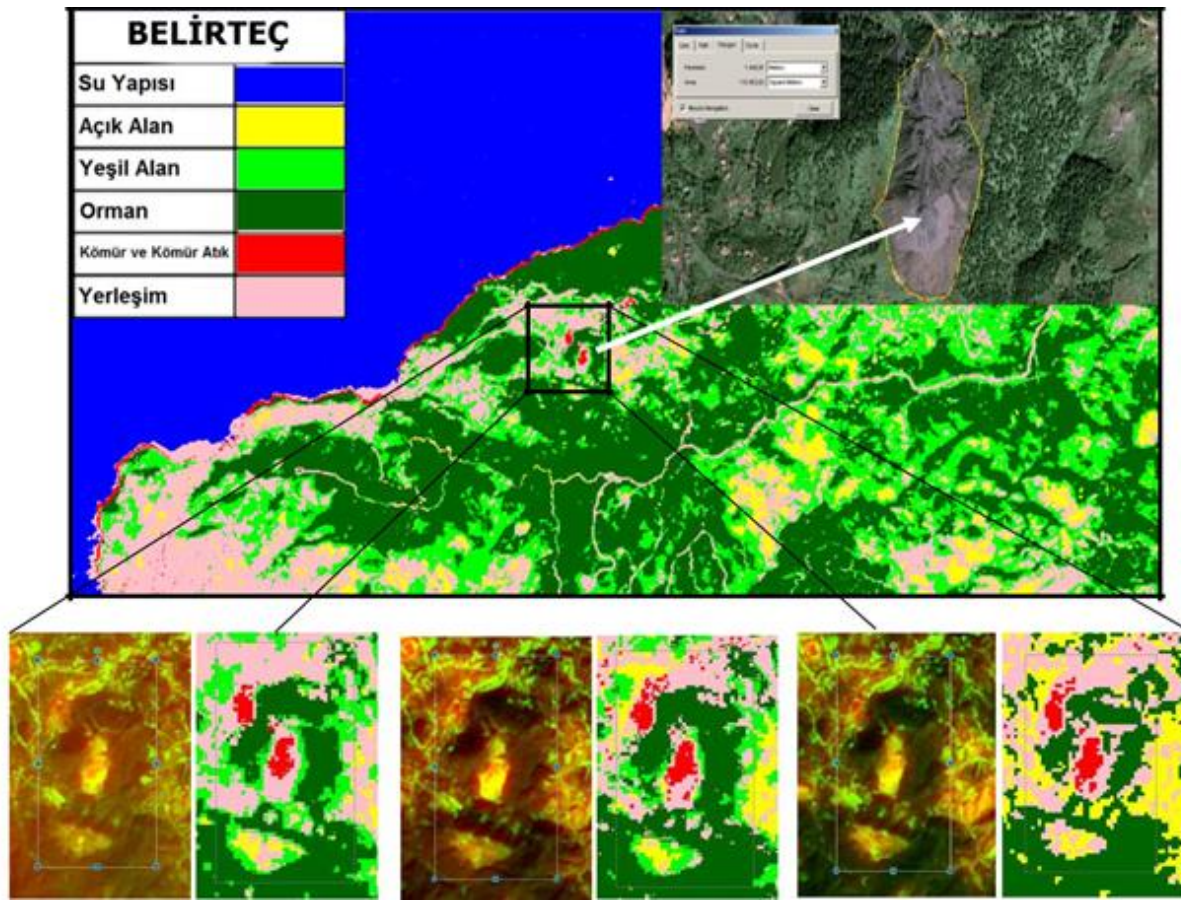


Şekil 8. Variogram grafiği ve tanımlayıcı öğeleri (parametreleri).

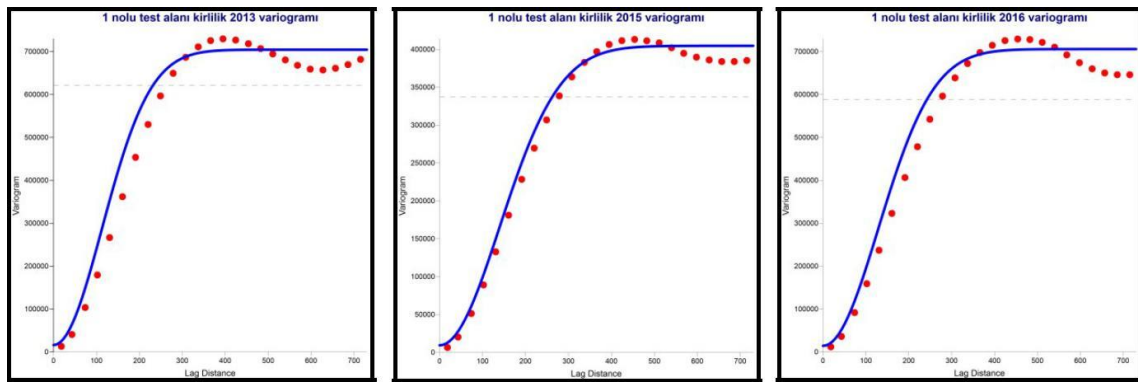
Jeoistatistiksel analizlerde; eğer bölgesel bir inceleme söz konusu ise Konumsal Bağımlılığın Derecesi KBD'nin belirlenmesi gerekmektedir. Belirli bir alan içerisinde alınan piksel guruplarının KBD değerinin belirlenmesi için kontrolsüz etki varyansı (C_0) ile tepe varyansı (C_0+C)'nin oranı kullanılır (Li and Reynolds, 1995), KBD'nin %25'in altında olması durumunda güçlü, %25-75 için orta ve %75'in üzerinde olması durumunda ise zayıf konumsal bağımlılığın varlığından bahsedilebilir (Başbozkurt vd., 2013, Chen et al., 2007, Cambrella et al. 1994). Uzaktan Algılama ile kirlilik araştırmaları gibi uygulamalarda, örneğin görüntüde tespit edilen kirlilik piksel guruplarının konumsal bağımlılığın derecesi, kirliliğin sabit alanda birikiyor ya da yayılma eğilimi içinde olup olmadığını ifade etmektedir.

Jeoistatistiksel analizlerde diğer bir uygulama şekli ise, farklı zamanlarda alınan aynı bölgeye ilişkin görüntüler üzerinde ilgilenilen piksel gurubu üzerinden alınan bir hat boyunca oluşan piksel dizisinin Şekil 8'deki gibi variogram grafiğini çizmektir. Elde edilen grafiklerdeki serpmeye diyagramlarına eğri uydurma teknikleri ile model oluşturma şeklinde olur. Örneğin Serpmeye diyagramındaki noktalara en iyi uyan eğri bir Gauss eğrisi, ekspolaransiyel eğri, üssel bir fonksiyon eğrisi ya da lineer bir fonksiyon eğrisi olabilir. Farklı zamanlar için alınan görüntülerden belirlenen variogram grafik eğriler farklılık gösteriyorsa incelenen piksel gurubu için konumsal bağımlılık azalıyor değişmiyorsa artıyor şeklinde yorumlanır.

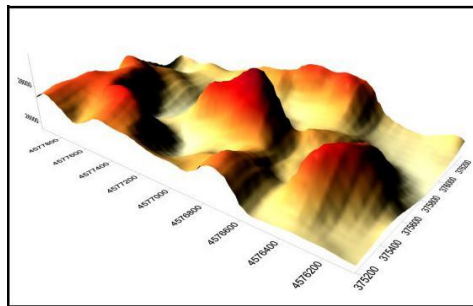
ZTH'da ele alınan 2013, 15 ve 16 yılı Landsat 8 sınıflandırılmış görüntüleri üzerinde kömür atık alanları belirlenmiştir. Belirlenen bu alanlar için jeoistatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sınıflandırılmış görüntü üzerinde belirlenen en büyük kömür atık alanlarından biri için gerçekleştirilmiş uygulamalar ele alınmıştır. Şekil 9'da tespit edilen atık alanının Termal 10. Band ile Pankromatik 8. Band oranlaması ile elde edilmiş 2013, 2015 ve 2016 görüntüleri, sınıflandırılmış görüntüleri ve jeoistatistiksel analizler için seçilen alansal ve çizgisel hatlar gösterilmiştir. Kömür atık alanı için alansal uygulamalardan elde edilen variogram grafikleri Şekil 10'da, piksel yansımaya değerlerine göre üç boyutlu yansımaya modelleri Şekil 11 ve 12'de verilmiştir. Alansal çalışma ile belirlenen konumsal bağımlılık dereceleri ise Çizelge 1'de verilmiştir.



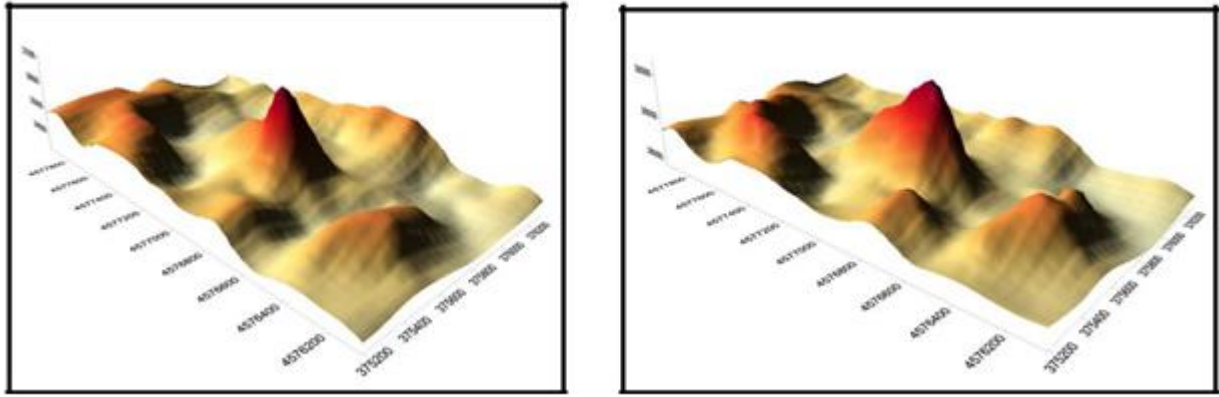
Şekil 9. Sınıflandırılmış görüntülerde tespit edilen alansal kirliliğin zamansal değişimi.



Şekil 10. Belirlenen kömür atığının alansal dağılımının incelendiği 2013, 2015 ve 2016 görüntüleri için tanımlanmış deneysel ve teorik variogram modelleri.



Şekil 11. 2013 termal band piksel yansımaya değerlerinden kriging kestirimiyle elde edilen 3B kirlilik dağılım modeli



Şekil 12. 2015 ve 2016 termal band piksel yansıma değerlerinden kriging kestirimiyle elde edilen 3B kirlilik dağılım modelleri.

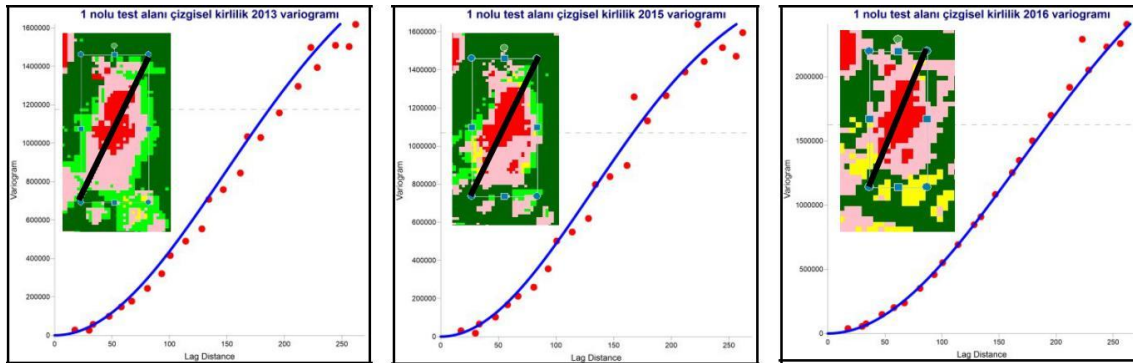
Çizelge 1. Kömür atık alanları için incelenen uydu görüntülerinin variogram modelleri ve parametreleri

TARİH/İNCELENEN ÖZELLİK	MODEL	Kontrolsüz Etki Varyansı (C_0)	Tepe Varyansı = (C_0+C)	Kontrolsüz etki Varyansı/Tepe Varyansı $C_0/(C_0+C)$	A (m)	KBS
2013/kirlilik	Gaussian	25000	625000	0,04	200	G
2015/kirlilik	Gaussian	25000	337500	0,07	250	G
2016/kirlilik	Gaussian	25000	580000	0,04	250	G

KBS: Konumsal Bağımlılık Sınıfı, G: Güçlü

Yapılan jeoistatistiksel analizde; kirliliğin Şekil 9'da verilen inceleme alanı sınırı (bu sınır 2013, 2015 ve 2016 görüntülerinin tümü için aynı şekilde kullanılmıştır) için gerek 2013 görüntüsünde ve gerekse 2015 ile 2016 görüntüsünde incelenen alan için güçlü bir konumsal bağımlılık olduğu belirlenmiştir. Şekil 10'da verilen variogram grafiklerinde kontrolsüz etki varyansı görülmemiştir. C_0 'ın görülmemesi her bir görüntü için kriging kestirimi (üç boyutlu yüzey jeoistatistik modelleme tekniği) ile oluşturulan yansıma değerlerine ilişkin 3B kirlilik piksel yansıma modellerinde örnekleme ve analiz hatasının olmadığını ve kriging varyansında da değişime neden olmadığını göstermektedir. Bu durum ormanlık alandaki kömür atık depolanmasının her yıl güçlü bir birikim ve yayılım yarattığını ortaya koymaktadır.

Kömür atık alanından bir dizi piksel hattı boyunca değişimin analizine yönelik olarak, atık sınıfından alınan hatların variogram grafikleri ve hatlar ise Şekil 13'de gösterilmiştir. Bu grafiklerin karşılaştırılmasından; grafik modellerinin üçünün de Gaussian modelinde oluşması, konumsal bağımlılığın güçlü olduğunu ve atıkların yayılımının ve depolanmasının düzenli bir şekilde sürdürüldüğünü göstermektedir.



Şekil 13. Belirlenen kömür atığının çizgisel dağılımının incelendiği 2013, 2015 ve 2016 görüntüleri için tanımlanmış deneysel ve teorik variogram modelleri.

5. SONUÇ

Batı Karadeniz su havzasında kömüre dayalı üretimlerin ve kömürün gerek sanayide kullanımı ve gerekse de termik sayıları bu havzada son yıllarda çokça artan termik santrallerde kullanımı sonucu, havzada ormanlık alanlarda ve temiz su kaynakları çevresinde kirlilik düzeyi artmıştır. Kömür ve kömür katı atıklarının kirliliğine ilişkin mekânsal dağılımlar ve bağımlılıklar, özellikle termik santrallerin yoğun bir şekilde faaliyete geçtiği 2013 sonrası santral bölgeleri için elde edilmiş Landsat 8 orta çözünürlüklü termal band görüntülerinin jeostatistiksel analizleriyle başarılı bir şekilde incelenmiştir. Her bir görüntülerin alansal ve çizgisel veriogram grafiklerinden kirliliğin konumsal bağımlılık sınıfı güçlü olarak bulunmuştur. Bu durum kömür atıklarının Batı Karadeniz su havzası içinde düzenli ve büyük miktarlarda birikiminin yayıldığını ispatlamıştır.

Özellikle kriging yöntemiyle termal görüntü piksellerinin yansıma değerlerine göre oluşturulan kirlilik dağılım modellerinde kömür atıklarının depolandığı alanlarda piksel yansıma değerlerinde ani yükselti ve bu yükseltinin düzenli değiştiğini göstermektedir. Ayrıca kömür atıklarının hem kıyı alanlarında birikimlerinin hem de karasal alanlarda depolandığı sulak alanlarda bünyesel ısı açığa çıkartarak bu noktalarda canlı yaşamına gerek ısıl olarak ve gerekse deniz tabanında askıda madde olarak bulanıklıkla ışık geçişini engellemesi ve ayrıca bitkilerin üzerini kaplaması açısından tahribatı büyük olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akın M. ve Akın G.**, 2007, Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47, 2, 105-118
- Akçın H., Karakış S., Büyüksalih G., Oruç M.**, 2004, GIS Based Analysis Of Landover Changes Arising From Coal Production Wastes in Zonguldak Metropolitan Area-Turkey, XXth ISPRS Congress, 12- 23 July 2004, İstanbul-Turkey.
- Akçın H., ve Çakır A.**, 2012, Madencilik Çevre Etkilerinin İnternet Tabanlı CBS ile Zamansal Analizi, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2011/3, sy:97-103 Özel Sayı, ISSN 1300-3534.
- Akçın H., ve Şekertekin A.**, 2016, Termal Uydu Görüntülerinin Jeostatistiksel Modellenmesi ile Karadeniz’deki Kömüre Dayalı Sedimantolojik Su Kirliliğinin İncelenmesi, “320 sy., CDR0M” 4. *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu GEOMED2016*, Antalya, Türkiye.
- Başbozkurt H., Öztaş, Karaibrahimoğlu A., Gündoğan R., Genç A.**, 2013, Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 44 (2): 169-181, 2013, ISSN : 1300-9036.
- Cambardella C. A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R. F. & Konopka A. E.**, 1994, Field scale variability soil properties in central Iowa soils, *Soil Science Society America Journal* 58:1501-1511
- Chen Y.J., Chen, Y.N., Li, W.H., Liu, J.Z. and Huang, H.**, 2007, Influence of Intermittent Water Deliveries on the Hydrochemistry of Soil in the Tarim River, *Acta Geogr. Sin.*, 62 (9):970–980
- Li H.B. and Reynolds J.F.**, 1995, On Definition and Quantification of Heterogeneity. *Oikos*, 73:280–284
- Rahmanlar S., T.**, 2015, Entegre Havza Yönetiminde Karar Destek Sistemi Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı *Uzmanlık Tezi*, Ankara.
- URL 1**, Madencilik ve çevre, http://www.cevreciyiz.com/akademi/bakis_detay.aspx?SectionId=93&ContentId=60 , (son giriş tarihi: 7 Eylül 2016).
- URL 2**, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2014-2023 Havza Yönetim Stratejisi, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/07/20140704-23-1.doc (Son giriş: 7 Eylül 2016)