



KÖMÜRÜN UZAKTAN ALGILAMA (UA) YÖNTEMLERİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ARAÇLARINDA KULLANIMININ BİBLİYOMETRİK ANALİZE DAYALI İNCELENMESİ

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ^{1*}

¹Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Geographical Information Systems, 07058, Antalya, Türkiye

Özet: Kömür madenciliği, sanayileşmiş toplumlar için kritik bir enerji kaynağı olarak kalmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, kömür madenciliğinin çevresel ve ekolojik etkileri, sürdürülebilir ve çevre dostu madencilik uygulamalarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Uzaktan algılama (Remote Sensing - RS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems - GIS), kömür yataklarının keşfi, izlenmesi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma 2000-2023 yılları arasında kömürde CBS ve UA ilgili yapılan uluslararası akademik araştırmaların bibliyometrik analiz ile irdelenerek, gelecek beklentilerin saptanması amacıyla yapılmıştır. Çalışmada objektif ve kapsamlı sonuçların elde edilebilmesi adına WoS veri tabanından çekilen veriler kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar doküman türü, ülke, ortak yazar, atıf, anahtar kelimeler, dergi, WoS kategorisi, sürdürülebilir kalkınma hedefleri gibi çok yönlü olarak incelenmiştir. Kömürün sürdürülebilir ve çevresel yaklaşımlarla CBS ve UA'nın kullanımına yönelik tespitler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kömür, Linyit, CBS, Uzaktan algılama, Bibliyometrik analiz

Investigation of the Use of Coal in Remote Sensing (RS) Methods and Geographical Information Systems (GIS) Tools Based on Bibliometric Analysis

Abstract: Coal mining remains a critical energy source for industrialised societies. However, the environmental and ecological impacts of coal mining have highlighted the need to develop sustainable and environmentally friendly mining practices. Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) are emerging as powerful tools for coal exploration, monitoring and environmental impact assessment. This study was conducted to examine the academic researches on GIS and RS in coal between 2000-2023 with bibliometric analysis and to determine future expectations. In order to obtain objective and comprehensive results in the study, data from the WoS database were used. The studies were analysed in multiple aspects such as document type, country, co-author, citation, keywords, journal, WoS category, sustainable development goals. Determinations have been made for the use of GIS and RS in sustainable and environmental approaches to coal.

Keywords: Coal, Lignite, GIS, Remote sensing, Bibliometric analysis

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Geographical Information Systems, 07058, Antalya, Türkiye

E mail: bgulludag@akdeniz.edu.tr (C.B. GÜLLÜDAĞ)

C.Bertan GÜLLÜDAĞ  <https://orcid.org/0000-0001-5777-1808>

Gönderi: 18 Aralık 2024

Kabul: 24 Ocak 2025

Yayınlanma: 15 Mayıs 2025

Received: December 18, 2024

Accepted: January 24, 2025

Published: May 15, 2025

Cite as: Güllüdağ CB, 2025 Investigation of the use of coal in remote sensing (RS) methods and geographical information systems (GIS) tools based on bibliometric analysis. BSJ Eng Sci, 8(3): 605-615.

1. Giriş

CBS; mekânsal verinin toplanması, depolanması, yönetimi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan bilgisayar tabanlı sistemlerdir. Bu sistemler ile farklı kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonu haritalar ve raporlar oluşturulabilir (Longley vd., 2015). CBS ile karmaşık mekansal verilerin ilişkileri saptanabilir ve karar destek mekanizmaları kurulabilir. CBS; şehir planlama, doğal kaynak yönetimi, çevre izleme ve ulaşım gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Goodchild, 1992). UA; tarım, orman yönetimi, su kaynaklarının yönetilmesi, afet izleme, çevresel izleme gibi birçok alanda

kullanılmaktadır (Lillesand vd., 2015). Uydu görüntülerinin işlenmesi ve analiz edilmesi ile ilgili gelişmiş algoritmalar, yeryüzü tespiti ve izlenmesinde güçlü araçlar sunar (Jensen, 2007).

Kömür, bileşiminde organik ve inorganik maddeleri barındıran sedimanter bir kayadır. Gelişen CBS araçları ve yöntemleri, kömür ile ilgili çok sayıda araştırmada kullanılmıştır. Kömür yataklarının tespiti, değerlendirilmesi ve haritalandırılması süreçlerindeki jeolojik veriler ve uydu görüntüleri CBS ile birleştirilebilir (Goodchild, 1992). CBS ile kömür rezervlerinin daha doğru ve verimli belirlenmesi sağlanabilir (Harris, 1989). CBS'nin kömür



madencilikte kullanımı verimliliği artırırken aynı zamana çevresel sosyal sorumluluğun da yerine getirilmesine katkıda bulunur (Longley vd., 2015). Madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve su kaynaklarının korunması gibi alanlarda CBS uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır (Miller ve Nussbaum, 2016). CBS ve UA teknolojilerinin entegrasyonu, kömür madenciliği alanında çevresel sürdürülebilirliği artırmak ve operasyonel verimliliği optimize etmek için geniş bir potansiyele sahiptir (Liu vd., 2014).

UA ile kömür yataklarının jeolojik, morfolojik ve çevresel etkileri analiz edilebilir (Li vd., 2013). Termal görüntüleme teknikleriyle kömür yangınları tespit edilebilir (Zhang vd., 2018). UA teknolojileri, uydu ve hava araçları aracılığıyla toplanan verilerin analiz edilmesiyle, yüzey ve alt yüzey kömür yataklarının tespiti ve haritalanması için kullanılmaktadır. Bu teknoloji, özellikle geniş alanların hızlı ve maliyet etkin bir şekilde incelenmesi açısından büyük avantajlar sunar (Zhang vd., 2018). Multispektral ve hiperspektral görüntüleme teknikleri, farklı kömür türlerinin ve mineral bileşimlerinin belirlenmesine olanak tanır (Kalinowski ve Oliver, 2004).

Kömür madenciliği ile ciddi çevresel sorunlar ortaya çıkabilir. Açık işletme maden ocaklarında geniş alanlarda toprak ve bitki örtüsü tahrip olabilir (Ghose, 2004).

Madencilik faaliyetlerinde ortaya çıkan asidik su, yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesine neden olabilir (Younger, 2001). Kömürün yakılması ile önemli miktarda sera gazı ve karbondioksit (CO₂) ortaya çıkar, bu da küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi önemli çevresel sorunlara neden olur (IPCC, 2014). Kömürün yanması ile ortaya çıkan kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) gibi gazlar asit yağmurlarına neden olarak ormanlar, göller ve tarım arazilerini olumsuz etkileyebilir (Smith, 1987). Kömür külü çevreye olumsuz etkiler bırakabilir (Adriano vd., 1980). Kömür endüstrisinin çevresel etkilerini azaltmak için temiz kömür teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması önem arz etmektedir (Rubin vd., 2007).

Bu çalışmada, uluslararası araştırmalar ışığında kömür madenciliğinde UA ve CBS teknolojilerinin kullanımı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Her ne kadar ayrı ayrı bibliyometrik analizin CBS, UA ve kömür için farklı alanlarda yapıldığı çalışmalar olsa da, tümünün bir arada olduğu bir araştırma bulunmamaktadır. Bu çalışma, kömür madenciliğinin çevresel etkilerini minimize etmeye yönelik yenilikçi yöntemlerin araştırılmasına ve bu alandaki geleceğe yönelik yapılacak araştırmaların tespit edilmesini amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Kömür ile ilgili araştırmalarda UA ve CBS kullanımı ile ilgili yapılan uluslararası bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Yöntem olarak kapsamlı sonuçların ele alındığı ve objektif sonuçlar veren bibliyometrik analiz kullanılmıştır. Bu analizde WoS (Web of Sciences) veri tabanı kullanılmıştır. WoS'taki arama modülünde TOPIC

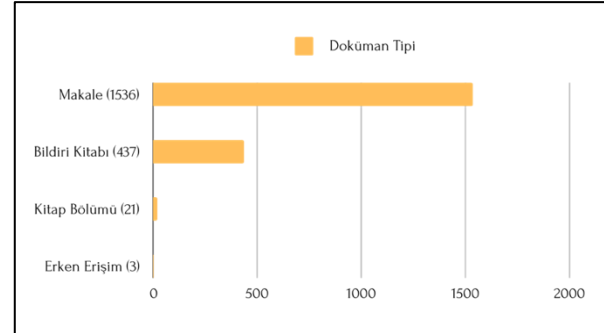
= (coal* OR lignite*) AND ("remote sensing*" OR GIS*) formülü yazılmıştır. Böylece kömür veya linyit kelimelerinden birinin ve UA veya CBS yöntemlerinden birinde yer aldığı başlıklardaki araştırmalara ulaşım hedeflenmiştir. Elde edilen çalışmaların başlangıcı olan 2000 yılından, 2023 yılı sonuna kadar olanlar baz alınmıştır.

Çalışmalar iki aşamalı olarak analiz edilmiştir. Yayın türü, yıl dağılımı, WoS kategorileri, ülkelere göre dağılımları, katkı sağlayan yazalar, konu ile ilgili yayın yapan öncü dergiler gibi bilgiler WoS ekranındaki analiz sonuçları kısmından çekilen verilerin işlenmesi ile elde edilmiştir. Ağ analizi yapılan kısımlar ise ücretsiz bir yazılım olan WoSviewer 1.6.20 paket programı (Van Eck ve Waltman, 2010) ile yapılmıştır. Analizlerde kullanılan öğelerde daire şekli kullanılmıştır. Daire boyutu büyücükçe öğenin ağırlığı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Öğeleri birbirine bağlayan ağlar ve daire renkleri kümeleri temsil etmektedir. Öğelerin arasındaki mesafe ise makalenin gücünü göstermektedir (Yuan vd., 2021).

3. Bulgular

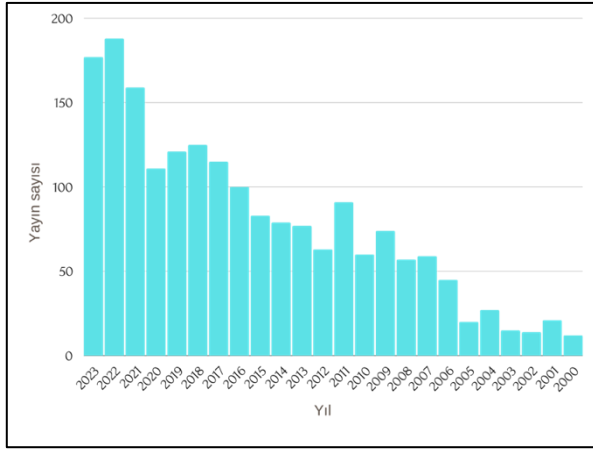
3.1. Yayınların Türü, Yılı ve Ülkelerine Göre Genel Dağılımları

İlk çalışmanın yapıldığı 2000 yılından bu yana toplam 1997 çalışma tespit edilmiştir. Bunların doküman türüne göre sınıflandırılması ile ilgili grafik Şekil 1'de yer almaktadır. Büyük çoğunluğu 1536 kayıt ile makale oluştururken, kalan kısım bildiri kitabı (%21,8), kitap bölümü (%1,05) ve erken erişim (%0,05) statüsünde yer alır. Makalelerin 42 tanesi derleme olarak tespit edilmiştir.



Şekil 1. Doküman türü dağılımları.

Yapılan araştırmaların yıllara göre dağılımları WoS'tan çekilen veriler ile tespit edilmiştir. Buna göre konu ile ilgili ilk çalışma 2000 yılında yapılmaya başlamıştır. 2005 yılına kadar yüksek oranda bir artış göstermeyen araştırmalar UA veya CBS'nin Fen Bilimlerinde kullanımının yaygınlaşması ile 2006 yılında artışa geçmiştir. Her ne kadar belli yıllarda azalmalar gösterse dahi 2017 yılına kadar yavaş artış ile seyreden grafik 2021 yılına kadar çok büyük bir artış gözlenmeden devam etmiştir. 2021 yılında yine bir artış trendi yakalayan araştırmalar en yüksek sayıya 2022 yılında ulaşmıştır (Şekil 2).



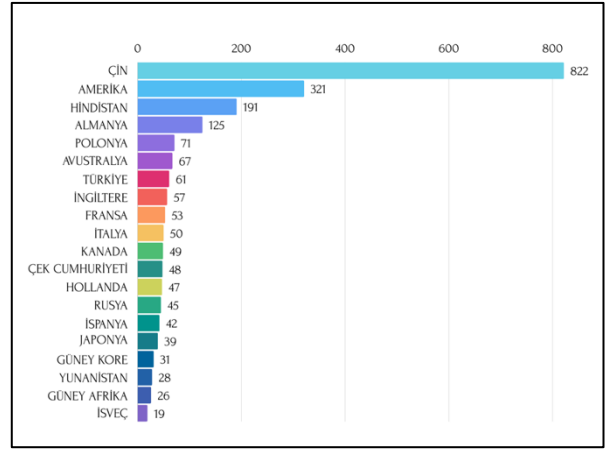
Şekil 2. Araştırmaların yıllara göre dağılım grafiği.

Araştırmaların ülkelere göre dağılımları incelendiğinde toplam 83 ülkede çalışmaların yürütüldüğü tespit edilmiştir. Araştırmaların yapıldığı ilk 20 ülke yaklaşık %90'lık bir kısmı oluşturmaktadır. Kalan %10'luk kısımda 63 ülke yer almaktadır ve oranları düşüktür. Bu nedenle Şekil 3'te ilk 20 ülkenin dağılım grafiği görülmektedir.

Dünya kömür rezervi jeolojik koşullara bağlı olarak değiştiğinden ülkelerin de kömür rezervleri farklılık göstermektedir. Kömür rezervinin büyük bir kısmı belli ülkelerde yoğunlaşmıştır. Bu ülkeler; Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (249 milyar ton), Rusya (162 milyar ton), Avustralya (149 milyar ton), Çin (142 milyar ton), Hindistan (106 milyar ton) olarak sıralanabilir (IEA, 2023).

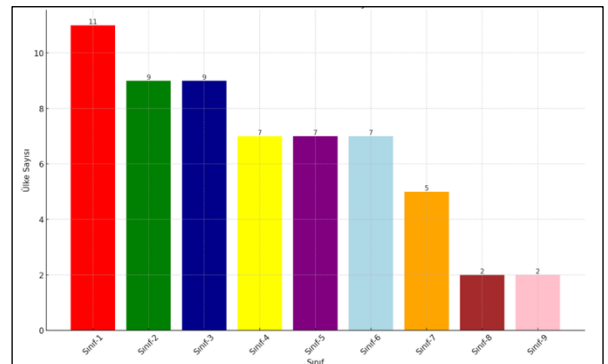
Kömür rezervinde her ne kadar dördüncü sırada olsa da Çin küresel kömür üretiminin yaklaşık yarısını gerçekleştirmektedir. 2022 yılında Çin'in kömür üretimi 4,5 milyar ton civarındaydı. Çin dışında küresel kömür üretiminde ülkeler sırasıyla Hindistan (800 milyon ton), Endonezya (600 milyon ton), ABD (500 milyon ton), Avustralya (500 milyon ton) olarak sıralanmaktadır (IEA, 2023). Bu bilgilerden kömür üretiminde olduğu gibi kömür tüketiminde Asya ülkelerinin zirvede olduğu anlaşılmaktadır.

Ülke dağılımları incelendiğinde en yüksek oranın Çin (822 kayıt) olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırada Amerika (321 kayıt), üçüncü sırada Hindistan (191 kayıt) ve dördüncü sırada Almanya (125 kayıt) yer almaktadır. Bu dört ülke araştırmaların %58'ini oluşturur. Burada dikkat çeken ülke Almanya'dır. Almanya kömür rezervi, üretim ve tüketim açısından ilk beş ülkeden biri olmamasına rağmen araştırma yapan ülkeler sıralamasında ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye ise 61 kayıt sayısı ile listede yedinci sırada yer almaktadır. Bu durum Türkiye'nin de kömür ve kömür üretiminde CBS ve UA araştırmalarına önem verildiğini göstermektedir.



Şekil 3. Araştırmaların ülkelere göre dağılımı (İlk 20 ülke).

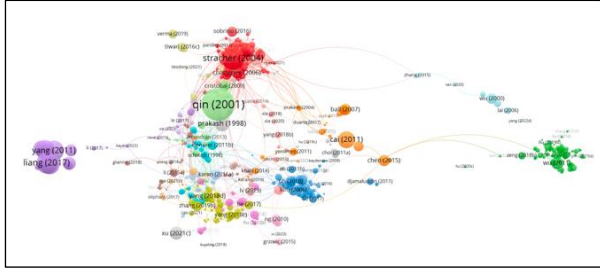
Ülkelerin ortak yazar bakımından ayrıldığı sınıflar Şekil 4'te yer almaktadır. İlk sınıfta Arjantin, Brezilya, Kolombiya, Fransa, İsrail, Meksika, Fas, Hollanda, Portekiz, İspanya, İsviçre olmak üzere 11 ülke yer almaktadır ve Şekil 4'te bu ülkeler kırmızı renkte gösterilmektedir. İkinci sınıfta da 9 ülke yer alır ve yeşil renk ile gösterilmektedir. En güçlü patlamayı yapan Amerika'nın ve Çin'in yanı sıra bu sınıfta Kanada, Mısır, Etiyopya, Pakistan, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Güney Kore gibi ülkeler yer alır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu sınıf 3 (koyu mavi renk ile temsil edilen) Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Japonya, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Ukrayna ülkelerinden oluşur. Sınıf 4, Sınıf 5 ve Sınıf 6 eşit sayıda ülke ile temsil edilmektedir ve bu sayı 7'dir. Sınıf 4'te öne çıkan iki ülke Yunanistan, İtalya ve Belçika'dır. Sınıf 5'te ise Polonya ve Avustralya ülkeleri patlama yapmıştır. Altıncı sınıf ülkelerinde farklılık yaratan ve ciddi bir patlama yapan bir ülke bulunmamaktadır. Sınıf 7'nin en dikkat çeken ülkesi İngiltere'dir. Sınıf 8 (Almanya ve Moğolistan), Sınıf 9 (Gana ve Hindistan) olmak üzere ikişer ülkeden oluşmaktadır.



Şekil 4. Ülkeler bakımından ortak yazar ağ analizi sınıfları.

Ülkeler bakımından ortak yazar ağ analizi yapılarak birbiri ile ortak çalışan yazarların kayıtlı oldukları ülke bağlantıları hakkında yorum yapılabilmektedir. Yapılan analiz ile ülkeler 9 sınıfa ayrılmıştır ve 59 öge, 309

Alıntılanan yazarlar bakımından ortak atıf analizi Şekil 7'de verilmiştir. Toplamda 435 yazar, 20 sınıf, 1204 bağlantı tespit edilmiştir. Analizde en çok göze çarpan yazar ve çalışması Qin'i (2001)'dir. Merkezde patlama yapan ve çok sayıda araştırmadan alıntılanan çalışma literatürde büyük öneme sahiptir. Özellikle Çin kömür yataklarında meydana gelen kömür yangınları üzerine odaklanan araştırma, yazarın da uzmanlık alanlarından olan kömür yangınlarının çevresel etkileri, kontrol yöntemleri, ekonomik kayıpları konuları üzerinedir. İkinci büyük patlamayı Stracher ve Taylor (2004) tarafından yapılan çalışma oluşturmaktadır. Bu çalışma da Qin (2001) gibi benzer bir konu olan kömür yangınları üzerinedir. Yazar, kömür yangınlarının jeolojik etkileri, kömür yangınları sırasında ortaya çıkan mineral ve kimyasal değişimleri, çevresel kirlilikleri üzerine odaklanmıştır. Bu iki çalışma karşılaştırıldığında Stracher'in Qin'den çok daha fazla çalışmada atıf olarak alındığını ve ağ yayılımının yüksek olduğu gözlenmektedir. Bunların dışında merkezden uzakta (sol alt kısım) büyük patlama yapmış, ancak ağ yayılımı gerçekleşmemiştir.



Şekil 7. Alıntılanan yazarlar bakımından ortak atıf ağ analizi.

3.3. Anahtar Kelimelerin Ortak Oluşum Ağ Analizi

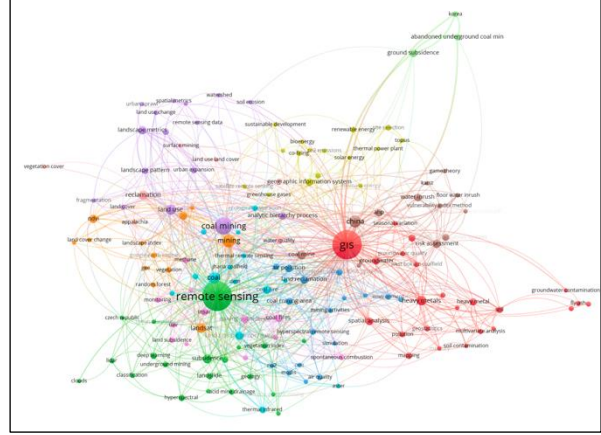
Şekil 8'de anahtar kelimelerin ağ analizi yer almaktadır. Buna göre anahtar kelimelerin birbiri ile bağlantısı tespit edilerek yorumlama yapılabilir. Grafikteki anahtar kelimeler 8 ana sınıfta incelenebilir. Bu sınıfların öncü ve patlama yapan anahtar kelimeleri; GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Coal (Kömür), Coal Mining (Kömür Madenciliği), Land Use (arazi Kullanımı), Landscape Metrics (peyzaj Metrikleri), Water Quality (Su Kalitesi) ve Heavy Metals (Ağır Metaller) olarak sıralanabilir. Analiz toplamda 11 sınıf, 832 bağlantı ve 152 öge (anahtar kelime) tespit edilmiştir. Merkezde patlama yapan (kırmızı renkte) GIS anahtar kelimesi en büyük patlamalardan birini yapmıştır. Bunun dışında en büyük patlamayı yapan Remote Sensing anahtar kelimesi olmasına rağmen, GIS kadar geniş bir ağ yayılımına sahip değildir.

GIS; yeraltı suyu kirliliği (groundwater contamination), risk değerlendirmesi (risk assessment), mekânsal analiz (spatial analysis), ağır metaller (heavy metals) gibi öğelerle güçlü bağlantılara sahiptir.

Remote Sensing; ağ analizinde yeşil renkte gözlenen ve merkezde patlama yapmış bir anahtar kelimedir. Coal mining (kömür madenciliği), Coal combustion (kömür yanması), Coal mine area (kömür madeni alanı) gibi

anahtar kelimelerle güçlü bağlantılara sahiptir.

Mavi renkte temsil edilen kömür madenciliği (coal mining); genellikle kömürün çevresel etkilerinin izlenmesi ile ilgili araştırmalarla ortak çalışmalar yapmıştır. Bunlar, surface mining (yüzey madenciliği), mining area (madencilik alanı), water quality (su kalitesi) gibi konular olarak sıralanabilir.



Şekil 8. Anahtar kelimeler bağlamında ağ analizi

3.4. Dergilerin Ortak Oluşum ve Ortak Atıf Ağ Analizi

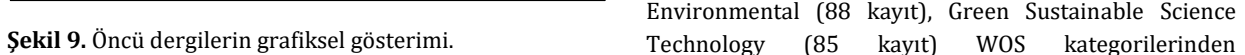
Grafikte kömür çalışmalarında GIS ve Remote Sensing ile ilgili yayın yapan dergilerin ilk 30 tanesi yer almaktadır (Şekil 9). Bu grafik belirli dergilerin ve araştırma alanlarının akademik camiada ne kadar aktif olduğunu ve hangi konuların daha fazla araştırıldığını hakkında bilgi vermektedir.

İlk 3 dergi Remote Sensing (64 kayıt), Environmental Earth Sciences (56 kayıt), Sustainability (38 kayıt) ile toplam 158 araştırma ile büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bunun dışında International Journal of Coal Geology (26 kayıt) ve International Journal of Remote Sensing (25 kayıt) dergileri de yüksek kayıt sayısına sahiptir.

Remote Sensing en çok yayın yapan dergidir. Benzer şekilde International Journal of Remote Sensing dergisi de UA ile ilgili çalışmaların yayınlandığı bir dergidir. Bu durum UA teknolojilerinin popülaritesini ve önemini ifade etmektedir.

Diğer bir konu ise çevre bilimleridir. Kömürün çevreye etkilerinin incelendiği dergilere örnek olarak Environmental Earth Sciences (22 kayıt) ve Environmental Science and Pollution Research (22 kayıt) örnek olarak verilebilir. Benzer şekilde Science of the Total Environment (14 kayıt) çevresel çalışmalar ile ilgili yayınlar yapmaktadır. Bunun yanı sıra Sustainability (38 kayıt) dergisinin üst sıralarda yer alması kömür ile ilgili sürdürülebilirlik çalışmalarında CBS ve UA kullanımının etkin rol oynadığının bir göstergesidir.

Bu dergiler kadar olmasa da orta düzey yayın sayısına sahip Atmospheric Environmental (14 yayın) fosil yakıt kaynaklı hava kirleticilerinin atmosferik olarak CBS ve UA ile incelendiğini göstermektedir. Daha düşük yayın sayısına sahip olan dergiler ise Mine Water ve Environment Ecological Indicator örnek verilebilir.



oluşmaktadır. En çok çalışmanın yer aldığı WOS kategorisi

Sustainability grafiğın orta-sağ bölümünde yer Remote Sensing (205 kayıt), Imaging Science

Environmental Earth Science; Sustainability ile aynı atmosferik incelemeler, iklim değişikliği gibi konular ele

Bir diğer patlama yapan dergi Remote Sensing'tir.

3.5. WoS Kategorilerinin Dağılımı

Kömür çalışmalarında CBS araçlarının ve UA

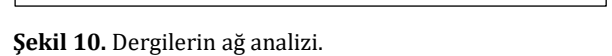
sürdürülebilir kalkınma hedefleri incelenmiştir (Tablo 3).

Elde edilen analiz sonucunda WoS kategorileri; çevre ve

Birinci grup çevre ve yer bilimleri üzerine olup;

İkinci grup UA ve görüntüleme teknolojilerinin yer aldığı,

Bir diğer grup meteoroloji ve atmosfer bilimleri



CBS ve UA kullanılarak kömür ve linvit araştırmalarında

610

Kayıt sayılarına göre bu hedefler en yüksek düzey, orta düzey, orta-düşük düzey ve düşük düzey olmak üzere 4 kısımda incelenmiştir. En yüksek kayıt sayısına sahip hedefler; iklim eylemi (Climate Action) (687 kayıt), sürdürülebilir şehirler ve topluluklar (Sustainable Cities And Communities) (636 kayıt) olarak tespit edilmiştir ve diğer hedeflerden kayıt sayısı bakımından ayrılmıştır. Bu hedeflere hizmet eden çok sayıda araştırma yapıldığı gözlenmektedir.

Orta düzey kayıt sayısına sahip hedefler karasal yaşam

(Life on Land) (462 kayıt), temiz su ve sanitasyonu (Clean Water And Sanitation) (123 kayıt) olarak sınıflandırılabilir. Doğal yaşam ve biyoçeşitliliğin korunması, su kaynaklarının korunması çalışmaları bu hedeflerde bulunmaktadır. Bir sonraki grupta daha az kayıt sayısına sahip hedefler olan sağlıklı, kaliteli yaşam, temiz enerji çözümleri yer almaktadır. En düşük kayıt sayısı ise kaliteli eğitim ve toplumsal cinsiyet eşitliği üzerine olan hedefleri içerir.

Tablo 2. WoS kategorileri tablosu (İlk 30)

WoS Kategorileri	Kayıt Sayısı	WoS Kategorileri	Kayıt Sayısı
Environmental Sciences	572	Geochemistry	48
Geosciences	389	Geophysics	47
Multidisciplinary	205	Geography	46
Remote Sensing	164	Multidisciplinary Sciences	44
Water Resources	145	Public Health	43
Imaging Science	120	Environmental Occupational	42
Photographic Technology	111	Engineering Chemical	36
Energy Fuels	90	Engineering Electrical	31
Meteorology Atmospheric Sciences	88	Electronic	30
Environmental Studies	85	Physics Applied	29
Engineering	70	Chemistry Physical	28
Environmental	67	Biodiversity	25
Green Sustainable Science	53	Conservation	20
Technology	50	Geology	18
Geography Physical	50	Chemistry	18
Mining Mineral Processing	50	Multidisciplinary	18
Materials Science	50	Computer Science	18
Multidisciplinary	50	Information Systems	18
Ecology	50	Instruments	18
Engineering Geological	50	Instrumentation	18
		Computer Science	18
		Interdisciplinary	18
		Applications	18
		Engineering Civil	18

Tablo 3. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine göre araştırma sayıları

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	Kayıt Sayısı
Climate Action	687
Sustainable Cities And Communities	636
Life On Land	462
Clean Water And Sanitation	123
Good Health And Well Being	82
Affordable And Clean Energy	73
Zero Hunger	69
Life Below Water	24
Responsible Consumption And Production	23
No Poverty	15
Industry Innovation And Infrastructure	8
Gender Equality	5
Decent Work And Economic Growth	4
Reduced Inequality	4
Peace And Justice Strong Institutions	4
Quality Education	2

4. Tartışma

4.1. Kömür Araştırmalarında UA ve CBS Kullanımına Genel Bakış

CBS araçları ve UA teknolojileri mekânsal verilerin toplanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesinde devrim niteliğinde yenilikler sunmaktadır. Bu teknolojiler kömür yataklarının belirlenmesinden çevresel etkilerinin değerlendirilmesine kadar geniş bir yelpazede kullanım sunmaktadır. CBS ile kömür aramalarında maden sahalarının planlanması ve yönetiminde önemli avantajlar sağlamaktadır. CBS, kömür rezervlerinin haritalanması, madenlerin çevresel etkilerinin izlenmesi ve madencilik faaliyetlerinin optimize edilmesi için kullanılmaktadır. CBS kullanarak maden sahalarının topografik analizleri yapılabilir ve bu sayede en uygun madencilik yöntemleri belirlenebilir (Goodchild, 1992). Bu çalışmada yapılan ağ analizleri de bunu destekler niteliktedir. Kömür madenciliği (coal mining), CBS ve UA'dan sonra merkezde patlama yapan üçüncü önemli anahtar kelimedir (Şekil 8).

Kömür araştırmalarında UA teknolojileri, kömür yataklarının keşfi ve değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. UA, özellikle geniş alanlarda kömür rezervlerinin belirlenmesinde ve yüzey değişikliklerinin izlenmesinde etkilidir. Landsat ve Sentinel gibi uydu sistemleri, yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlayarak kömür yataklarının haritalanmasını ve izlenmesini mümkün kılmaktadır (Chuvieco ve Huete, 2010). Şekil 8'de yeşil renk ile temsil edilen remote sensing (uzaktan algılama) anahtar kelimesi ile yapılan ortak anahtar kelimeler içinde de landsat da yer almaktadır. Bunun dışında UA ile yapılan çalışmalarda hiperspektral, lidar

gibi yöntemlerin de kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Bunların yanı sıra CBS ve UA'nın birlikte yapıldığı araştırmalar da bulunmaktadır. CBS ve UA teknolojilerinin birlikte kullanımı, kömür araştırmalarında daha kapsamlı ve detaylı analizler yapılmasına olanak tanır. Bu entegrasyon, hem yüzey hem de yer altı kömür yataklarının haritalanmasında büyük avantajlar sağlar. Örneğin, uydu görüntüleri kullanılarak kömür rezervlerinin yüzeydeki dağılımı belirlenebilir ve bu veriler CBS ortamında analiz edilerek daha detaylı bilgi elde edilebilir (Jensen, 2005).

Kömür madenciliğinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde CBS ve UA teknolojileri kritik rol oynamaktadır. Araştırmada incelenen çalışmalarda hem WOS kategorisinde (Environmental Sciences) hem de sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde (climate action) ilk sırada yer alanlar çevre ile ilgilidir. Özellikle su kirliliği, toprak erozyonu ve habitat tahribatı gibi çevresel sorunların izlenmesi ve yönetilmesinde bu teknolojiler etkin bir şekilde kullanılmaktadır. UA, maden sahalarındaki değişiklikleri izlemek ve bu değişikliklerin çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılırken, CBS bu verilerin analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılır (Foody, 2002). Kömür madenciliğinin çevresel etkileri, su kirliliği, toprak erozyonu ve habitat tahribatı gibi çeşitli olumsuz sonuçlara yol açabilir. UA, bu etkilerin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. Özellikle zaman serisi analizleri, madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerini uzun vadede izlemeyi mümkün kılar (Weng, 2012). Kuzey Çin'deki kömür madenciliği alanlarında çevresel değişiklikleri izlemek için UA teknolojilerinden yararlanılan çalışmada MODIS ve Landsat görüntüleri kullanılarak madencilik faaliyetlerinin su kalitesi ve bitki örtüsü üzerindeki etkileri analiz edilmiştir, sonuçlar, UA'nın çevresel izleme ve değerlendirme süreçlerinde etkin bir araç olduğunu ortaya koymuştur (Liu vd., 2014).

CBS ve UA teknolojilerinin kullanımına dair birçok akademik çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Ebner vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, CBS ve UA kullanılarak kömür madenlerinin çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, Zhang vd. (2013) kömür yataklarının UA ile tespiti ve haritalanması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalar, CBS ve UA teknolojilerinin kömür araştırmalarında ne kadar etkili ve verimli olduğunu göstermektedir.

UA, kömür yataklarının keşfinde ve haritalanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle hiperspektral ve multispektral görüntüler, kömür içeren formasyonların yüzeydeki spektral özelliklerini tespit etmek için kullanılır. Bu görüntüler, kömür yataklarının yerini ve genişliğini belirlemede yüksek doğruluk sağlar (Kalinowski ve Oliver, 2004). Çin'in Shenfu-Dongsheng kömür sahasında UA teknolojilerini kullanarak kömür yataklarının haritalanmasını gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, Landsat 8 OLI ve Sentinel-2A görüntüleri kullanılarak kömür yataklarının yüzeydeki dağılımı başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar,

UA teknolojisinin kömür yataklarının keşfinde yüksek doğruluk ve verimlilik sunduğunu göstermektedir (Zhang vd., 2018).

Yeni nesil UA teknolojileri, kömür araştırmalarında daha hassas ve detaylı analizler yapılmasına olanak tanımaktadır. İncelenen çalışmalarda da lidar, derin öğrenme, insansız hava aracı, insar gibi UA ile ilgili anahtar kelimeler yer almaktadır (Şekil 8). LiDAR ve SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) gibi teknolojiler, yüzey altı yapıların ve maden sahalarının detaylı haritalanmasında kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek çözünürlük ve doğruluk sunmaktadır (Miller ve Nussbaum, 2016). ABD'nin Wyoming eyaletindeki bir kömür madeni sahasında LiDAR ve SAR teknolojilerini kullanarak detaylı topoğrafik ve jeolojik analizler yapmışlardır. Bu çalışma, yeni nesil UA teknolojilerinin kömür madenciliğinde nasıl kullanılabileceğini ve sağladığı avantajları göstermektedir (Miller ve Nussbaum, 2016).

4.2. UA ve CBS Çalışmalarına Göre Kömür Araştırmalarının Geleceğe Yönelik Tahminleri

Gelecekte kömür kullanımının azaltılması yönünde güçlü bir eğilim bulunmaktadır. Paris İklim Anlaşması ve diğer uluslararası anlaşmalar, karbon emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir ve bu da kömür kullanımını doğrudan etkilemektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), kömür talebinin 2030 yılına kadar düşeceğini öngörmektedir. Bu düşüş, yenilenebilir enerji kaynaklarının artan kullanımı ve enerji verimliliği tedbirlerinin yaygınlaşması ile ilişkilidir (IEA, 2021). Bu çalışmada incelenen araştırmaların sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde küresel ısınma, sürdürülebilir şehirler ve toplumlar gibi örnekler yer almaktadır (Tablo 3).

Kömürün gelecekteki kullanımı, karbon yakalama ve depolama (CCS) teknolojilerinin gelişimine bağlı olacaktır. CCS teknolojileri, kömürle çalışan enerji santrallerinin karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Bu teknolojilerin maliyet etkin hale gelmesi, kömürün sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kalabilmesi için kritiktir (Gibbins ve Chalmers, 2008).

Kömürün gelecekteki kullanımı, sadece enerji üretimi ile sınırlı kalmayabilir. Kömür, kimyasal maddelerin üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. Kömürden metanol, sentetik doğal gaz ve diğer kimyasalların üretimi, kömürün enerji dışındaki kullanımlarını artırabilir (Xu vd., 2009).

Kömür kullanımının geleceği, bölgesel ve küresel eğilimlere göre değişkenlik gösterebilir. Örneğin, Asya ülkelerinde (özellikle Çin ve Hindistan) kömür talebinin bir süre daha yüksek kalması beklenmektedir. Ancak, bu ülkelerde de yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş süreci hızlanmaktadır.

Kömür madenciliği ve kömürle çalışan enerji santrallerinin çevresel ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri, kömür kullanımını azaltma yönündeki baskıları artırmaktadır. Hava kirliliği, su kaynaklarının kirlenmesi ve ekosistemlerin bozulması gibi sorunlar, kömür araştırmalarının odak noktalarını değiştirmektedir

(Epstein vd., 2011).

Tüm bu durumlar gelecekte kömür ile ilgili araştırmaların bir süre daha özellikle Asya ülkelerinde rezerv olarak arayışın süreceğini ancak küresel çapta çevresel etkileri ve insan sağlığı üzerindeki etkilerin araştırılmasına devam edileceği yönünde bir eğilime işaret etmektedir. Yeni uydu teknolojilerinin geliştirilmesiyle daha hassas, yüksek çözünürlükte mekânsal izleme, zamansal değişim, çevre ve insan sağlığı üzerine araştırmaların yapılacağı, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği konularının daha çok vurgulanacağı şeklinde yorumlanabilir. Fosil yakıt kaynaklı yakıtların kullanımının kısıtlanmasına yönelik alınacak yasal tedbirlerin akademik araştırmalara da yansıtacağı bir gerçektir.

5. Sonuç

Kömür veya linyit araştırmalarında CBS araçları ya da UA yöntemlerinin WoS veri tabanından alınan veriler ile bibliyometrik analizi yapılmıştır. Araştırmaların %77'si makale doküman türünde olup, kalan kısım bildiri, kitap bölümü, erken erişim doküman türleri oluşturmaktadır. Yapılan akademik çalışmalar 2000 yılından başlamış, artan grafikte günümüze kadar devam etmiştir. Ülkelere göre yapılan çalışmalar incelendiğinde toplam 83 ülkede çalışmaların yürütüldüğü tespit edilmiştir. Araştırmaların yapıldığı ilk 20 ülke yaklaşık %90'lık bir kısmı oluşturmaktadır. Çin başta olmak üzere, Amerika, Hindistan, Almanya gibi ülkelerde çok sayıda araştırma yapıldığı gözlenmiştir. Ülkeler bakımından ortak atıf ağ analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda Çin Halk Cumhuriyetindeki araştırmacıların en büyük patlamayı yaptığı belirlenmiştir. İkinci büyük patlama ise Amerikalı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Amerika'nın yayın sayısı Çinli yazarların yaklaşık yarısı kadar olsa da bu sayı Çin'den fazladır. Bu durum Amerikalı araştırmacıların yayılımının daha kuvvetli olduğuna işaret etmektedir.

Araştırmalara en çok katkı sağlayan yazar Li J. (32 kayıt) kömür yangınlarının UA ile tespit edilmesi, tarım arazilerinin kömür kaynakları üzerindeki etkisi, enerji arz taleplerinin tespiti gibi konularında araştırmalar yapmıştır. Liu Y (18 kayıt) kömür madenlerinin çevresel etkileri konularında araştırmalar yapmıştır.

Yazarların ortak oluşum ağ analizine göre büyük patlama yaparak farklılık yaratan yazarlar yerine benzer büyüklükte patlama yapan birden çok yazar ön plana çıkmıştır. Li Wenping, Wu Qiang, Wang Yunija bunlardan bazılarıdır. En çok bağlantı yaparak yayılım gösteren yazar Wang Yunija'dır.

Alıntılanan yazarlar bakımından ortak atıf analizine göre en çok alıntı yapılan çalışma Qin (2001) tarafından yapılmıştır. İkinci büyük patlamayı Stracher ve Taylor (2004) tarafından yapılan çalışma oluşturmaktadır (Stracher ve Taylor 2004). Bu iki çalışma da kömür yangınları üzerinedir.

Anahtar kelimeler çalışmaların yönelimini anlayabilmek açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda da

çalışmada detaylı olarak anahtar kelimeler ve birbiri ile bağlantıları incelenmiştir. Grafikteki anahtar kelimeler 8 ana sınıfta incelenebilir. Bu sınıfların öncü ve patlama yapan anahtar kelimeleri; GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Coal (Kömür), Coal Mining (Kömür Madenciliği), Land Use (arazi Kullanımı), Landscape Metrics (peyzaj Metrikleri), Water Quality (Su Kalitesi) ve Heavy Metals (Ağır Metaller) olarak sıralanabilir.

Dergilerin ortak oluşum ve ortak atıf ağ analizine göre; Remote Sensing (64 kayıt), Environmental Earth Sciences (56 kayıt), Sustainability (38 kayıt) ile toplam 158 araştırma ile büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Environmental Earth Science ve Sustainability dergilerinden daha farklı bir alanda çalışmalarını içerir. Daha çok UA ve CBS ile ilgili çalışmalara odaklanmıştır.

Elde edilen analiz sonucunda WoS kategorileri; çevre ve yer bilimleri, UA ve görüntüleme teknolojileri, enerji ve yakıtlar, meteoroloji ve atmosfer bilimleri, mühendislik ve teknoloji, bilgisayar bilimleri ve diğer bilim dalları olmak üzere 7 temel başlıkta sınıflanabilir. Birinci grup çevre ve yer bilimleri üzerine olup; Environmental Sciences (572 kayıt), Geosciences Multidisciplinary (389 kayıt), Water Resources (164 kayıt), Environmental Studies (90 kayıt), Engineering Environmental (88 kayıt), Green Sustainable Science Technology (85 kayıt) WoS kategorilerinden oluşmaktadır. İkinci grup UA ve görüntüleme teknolojilerinin yer aldığı, Remote Sensing (205 kayıt), Imaging Science Photographic Technology (145 kayıt) kategorilerini kapsar.

CBS ve UA kullanılarak kömür ve linyit araştırmalarında sürdürülebilir kalkınma hedefleri incelenmiştir. En yüksek kayıt sayısına sahip hedefler; iklim eylemi (Climate Action) (687 kayıt), sürdürülebilir şehirler ve topluluklar (Sustainable Cities And Communities) (636 kayıt) olarak tespit edilmiştir ve diğer hedeflerden kayıt sayısı bakımından ayrılmıştır.

CBS araçları ve UA teknolojileri mekânsal kömür analizlerinde kullanılmaktadır. CBS, kömür rezervlerinin haritalanması, madenlerin çevresel etkilerinin izlenmesi ve madencilik faaliyetlerinin optimize edilmesi için kullanılmaktadır. Günümüzde kömür araştırmalarında UA teknolojileri, kömür yataklarının keşfi ve değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. UA, özellikle geniş alanlarda kömür rezervlerinin belirlenmesinde ve yüzey değişikliklerinin izlenmesinde etkilidir. Bunların yanı sıra CBS ve UA'nın birlikte yapıldığı araştırmalar da bulunmaktadır. Kömür madenciliğinin çevresel etkileri, su kirliliği, toprak erozyonu ve habitat tahribatı gibi çeşitli olumsuz sonuçlara yol açabilir. UA, bu etkilerin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir araçtır.

Uydu teknolojilerinin son on yıldaki gelişimi önümüzdeki yıllarda da katlanarak artacağını işaret etmektedir. Yapılan bu çalışma önümüzdeki yıllarda yeni sahaların aranmasından ziyade mekânsal izleme, zamansal değişim, çevre ve insan sağlığı üzerine araştırmaların yapılacağı, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği konularının daha çok vurgulanacağı yorumunu yapmaya olanak sağlamaktadır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	C.B.G.
K	100
T	100
Y	100
VTI	100
VAY	100
KT	100
YZ	100
KI	100
GR	100
PY	100
FA	100

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanması ve analiz süreçlerindeki desteklerinden ötürü Dr. Selin Karadirek'e teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Adriano DC, Weber JT, Sutter LA. 1980. Trace elements in fly ash and their environmental significance. J Environ Qual, 9(3): 333-339.
- Chuvieco E, Huete A. 2010. Fundamentals of satellite remote sensing. CRC Press, Florida, USA, pp:45.
- Ebner H, Fritz L, Heipke C. 2010. Integrated sensor orientation. Photogramm Rec, 25(129): 132-144.
- Epstein PR, Buonocore JJ, Eckerle K, Hendryx M, Stout BM, Heinberg R, Glustrom L. 2011. Full cost accounting for the life cycle of coal. Ann NY Acad Sci, 1219(1): 73-98.
- Foody GM. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sens Environ, 80(1): 185-201.
- Ghose MK. 2004. Effect of opencast mining on soil fertility. J Sci Ind Res, 63: 1006-1009.
- Gibbins J, Chalmers H. 2008. Carbon capture and storage. Energy Policy, 36(12): 4317-4322.
- Goodchild MF. 1992. Geographical information science. Int J Geogr Inf Syst, 6(1): 31-45.
- Harris RL. 1989. Nonrenewable resource geology and GIS. In: Tomlinson RF, Calkins HW (Eds.), Geogr Inf Syst Resour Manag, Springer, London, UK, pp: 105-116.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris, France, pp: 78.
- International Energy Agency (IEA). 2021. World Energy Outlook 2021. Paris: IEA Paris, France, pp: 60.
- International Energy Agency (IEA). 2023: World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, Paris, France, pp:35.
- Jensen JR. 2005. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, USA, pp:25.
- Jensen JR. 2007. Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective. Prentice Hall, Upper Saddle River, Washington, USA, pp:35.
- Kalinowski A, Oliver S. 2004. ASTER mineral index processing manual. Remote Sens Appl Group, Geosci, Canberra, Australia, pp:123.
- Kuenzer C, Zhang J, Li J, Voigt S, Mehl H, Wagner W. 2007. Detecting unknown coal fires: synergy of automated coal fire risk area delineation and improved thermal anomaly extraction. *Int J Remote Sens*, 28(20): 4561-4585.
- Li Z, Zhang L, Shen H. 2013. A review of remote sensing image fusion methods. *Inf Fusion*, 14(1): 3-15.
- Lillesand TM, Kiefer RW, Chipman JW. 2015. Remote sensing and image interpretation. Wiley, New Jersey, USA, pp: 113.
- Liu Y, Chen Y, Shi K. 2014. Monitoring coal mining impacts using remote sensing techniques: A case study in northern China. *J Environ Manag*, 133: 144-152.
- Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW. 2015. Geographic information systems and science. Wiley, New Jersey, USA, pp:251.
- Miller J, Nussbaum R. 2016. Applications of LiDAR in coal mining. *Min Eng*, 68(3): 45-50.
- Qin Z, Karnieli A, Berliner P. 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *Int J Remote Sens*, 22(18): 3719-3746.
- Qing X, Yutong Z, Shenggao L. 2015. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 120: 377-385.
- Rubin ES, Yeh S, Hounshell DA, Taylor MR. 2007. Experience curves for power plant emission control technologies. *Int J Energy Technol Policy*, 5(1): 52-69.
- Smith RA. 1987. Acid rain: The Southern Appalachian experience. *Environ*, 29(7): 14-20.
- Stracher GB, Taylor TP. 2004. Coal fires burning out of control around the world: thermodynamic recipe for environmental catastrophe. *Int J Coal Geol*, 59(1-2): 7-17.
- Van Eck NJ, Waltman L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84: 523-538.
- Weng Q. 2012. Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sens Environ*, 117: 34-49.
- Xu C, Yan J, Zheng X. 2009. Overview of the direct coal liquefaction. *Energy Convers Manag*, 50(5): 1050-1073.
- Younger P. 2001. Mine water pollution in Scotland: nature, extent and preventative strategies. *Sci Total Environ*, 265(1-3): 309-326.
- Yuan J, Chen C, Yang W, Liu M, Xia J, Liu S. 2021. A survey of visual analytics techniques for machine learning. *Comput Visual Media*, 7: 3-36.
- Zhang L, Wu H, Wei J, Liu X, Hu Z. 2018. Remote sensing monitoring of coal fires using multi-temporal thermal infrared data: A case study in Urumqi, China. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 67: 196-204.
- Zhang L, Wu Z, Li X. 2013. Coal seam identification using remote sensing technology. *Int J Coal Geol*, 105: 1-9.