

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KOZMİK IŞINLARIN SENTİNEL UYDU VERİLERİ ÜZERİNDEKİ
MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hakan KÖKSAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZİRAN 2021
ANTALYA**

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KOZMİK IŞINLARIN SENTİNEL UYDU VERİLERİ ÜZERİNDEKİ
MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hakan KÖKSAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZİRAN 2021
ANTALYA**

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOZMİK IŞINLARIN SENTİNEL UYDU VERİLERİ ÜZERİNDEKİ
MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hakan KÖKSAL

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Araştırma Destek Programları Başkanlığı (ARDEB) tarafından 119Y072 nolu proje ile desteklenmiştir.

HAZİRAN 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOZMİK IŞINLARIN SENTİNEL UYDU VERİLERİ ÜZERİNDEKİ
MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hakan KÖKSAL

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/06/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nusret DEMİR (Danışman)

Doç. Dr. Ali KILÇIK

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ACAR

ÖZET

KOZMİK IŞINLARIN SENTİNEL UYDU VERİLERİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hakan KÖKSAL

Yüksek Lisans Tezi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nusret DEMİR

Haziran 2021; 26 sayfa

Uzay ortamında Güneş Kaynaklı Enerjetik Parçacıklar ve iyonlaştırma potansiyeli çok yüksek olan Galaktik Kozmik Işınlara gibi iyonize edici radyasyon kaynakları uyduların haberleşme ve görüntüleme sistemlerinde istenmeyen hatalara sebep olabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, elektromanyetik dalga sinyallerinde veya elektronik sistemlerde meydana gelen hatalardan kaynaklı oluşabilecek etkilerin analiz edilmesi için Sentinel 1 SAR uydu verilerindeki benek (speckle) değerlerinin zaman içindeki değişimi kozmik ışın sayı yoğunluğu verileri ile mukayese edilmiştir. Radar verilerinin hedef tespit ve tasnifi açısından kullanılabilir kalitede olması için öncelikle kalibrasyon işleminin yerine getirilmesi ve görüntü kalitesini düşüren benek etkisinin filtrelenmesi gerekmektedir. Bu ön işlemler, Google Earth Engine arayüzünde geliştirdiğimiz kod yardımı ile kozmik ışın istasyonlarına yakın bölgelerden Ocak 2015 – Aralık 2019 tarihleri arasında alınan, tüm veri örneklerine uygulanmış ve ham veriler ile işlenmiş veriler arasındaki saçılma değeri farklarının aylık ortalamaları, istasyonların resmi kaynaklarından alınan aylık zamansal çözünürlükteki kozmik ışın sayı yoğunluğu verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem için iki veri setinin zamanla değişim grafikleri birlikte değerlendirildiğinde artan şekilde benzer bir trend (gidişat) gösterdiği görülmüştür. Pearson korelasyon analizi uygulanarak veri setlerinin birbirine göre uyumunun derecesini ve yönünü tespit etmek amaçlanmış olup ilgili istasyonlar için %62 ile %78 aralığında anlamlı korelasyon katsayıları elde edilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Google Earth Engine, Korelasyon Analizi, Kozmik Işınlara, Radar

JÜRİ: Doç. Dr. Nusret DEMİR

Doç. Dr. Ali KILÇIK

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ACAR

ABSTRACT

Hakan KÖKSAL

**MSc Thesis in Department of Remote Sensing and Geographical Information
Systems**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

June 2021; 26 pages

Ionizing radiation sources such as Solar Energetic Particles and Galactic Cosmic Radiations can produce unpredictable errors in imaging and communication systems of satellites. In this research, in order to scrutinize the potential effects caused by the errors in the electromagnetic wave signals or electronic system, a comparative study was conducted between the temporal variation of the speckle values on Sentinel 1 satellite images and the cosmic ray intensity/count data. The two processes which are fundamental for using the radar data in a meaningful way are the calibration process and the filtration of the speckle effect which also reduces the image quality. After the code generation via the Google Earth Engine interface, these pre-processes were applied to all datasets. These datasets from January 2015 to December 2019 were obtained in close locations to cosmic ray stations. Subsequently the cosmic ray count intensity data with its monthly temporal resolution and the monthly means of the value differences between the processed data and the raw data were compared. When the change over time graphs of the two data sets are analysed together, it has been seen that they follow similar trend which grows steadily. Afterwards, the Pearson correlation analysis was performed between two data sets in order to detect the correlation level and the direction between them, a high degree significant correlation which is between 62% and 78% for the relevant stations has been obtained.

KEYWORDS: Correlation Analysis, Cosmic Rays, Google Earth Engine, Radar

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

Assoc. Prof. Dr. Ali KILÇIK

Asst. Prof. Dr. Uğur ACAR

ÖNSÖZ

Çalışmanın konusu, kozmik ışınların aktif uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilmiş görüntülerdeki etkisinin Sentinel 1 radar uydu görüntüleri üzerindeki benek etkisi değerleri incelenerek tespit edilmesidir. Bu amaçla, radar görüntülerindeki benek değerleri ve kozmik ışın istasyonlarından elde edilen kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin zamansal değişimleri incelenmiştir.

Bu konuda yapılmış önceki bilimsel çalışmalarda, Güneş'ten ve Güneş Sistemi'nin dışından gelen yüksek enerjili parçacıkların uydular üzerinde ne gibi elektronik arızalara ve çalışma bozukluklarına neden olabileceği incelenmiş fakat doğrudan uydulardan elde edilen veriler üzerindeki etkilere değinilmediği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın her aşamasında fikirlerini ve zamanını esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Nusret DEMİR ve Doç. Dr. Ali KILÇIK'a, ayrıca çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini sunan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Araştırma Destek Programları Başkanlığı (ARDEB)'e teşekkür ederim.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kozmik Işınlardan Sentinel Uydu Verileri Üzerindeki Muhtemel Etkisinin Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/06/2021

Hakan KÖKSAL



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	iv
KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	2
2.1. Kozmik Işıklar ve İyonize Edici Radyasyon Kaynakları	2
2.1.1. Galaktik Kozmik Radyasyon	2
2.1.2. Güneş Kaynaklı Enerjetik Parçacıklar (Solar Kozmik Işıklar)	2
2.1.3. Hapsolmuş Radyasyon	3
2.2. Radar Verisi Benek Etkisi (Speckle)	2
2.3. Önceki Çalışmalar	5
3. MATERYAL VE METOD	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Radar Uydu Görüntüsü Verileri	8
3.1.2. Kozmik Işın Sayı Yoğunluğu Verileri	8
3.1.3. Test Alanları	10
3.2. Metod	10
3.2.1. Veri Ön İşlemlerinin Uygulanması (Kalibrasyon ve Benek Etkisi Filtresi)	10
3.2.2. Görüntüler Arasındaki Farkın İncelenmesi	12
3.2.3. İlişkinin/Etkinin Test Edilmesi	13
3.2.3.1. Normal Dağılım Testi	13
3.2.3.2. Korelasyon Analizi	14
3.2.4. İstatistiksel Analiz İçin Arayüz Tasarımı.....	14
4. BULGULAR	17
5. TARTIŞMA	21
6. SONUÇLAR	22
7. KAYNAKLAR	23
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR

A.NE.MO.S	:Atina Nötron Monitör İstasyonu
CCD	:Yük Bağlısımlı Aygıt
CME	:Koronal Kütle Atımı
ESA	:Avrupa Uzay Ajansı
GCR	:Galaktik Kozmik Işınlar
GPS	:Küresel Konumlama Sistemi
GRD	:Ground Range Detected
LEO	:Alçak Dünya Yörüngesi
MOSFET	:Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör
RADAR	:Radio Detection and Ranging
SAR	:Sentetik Açıklıklı Radar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kozmik ışın istasyonlarının Dünya üzerindeki konumları	9
Şekil 3.2. Test alanlarının harita üzerindeki görüntüsü	10
Şekil 3.3. Earth Engine etkileşimli geliştirme ortamı Peawanuck (Kanada) test alanı...	12
Şekil 3.4. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık benek ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin zamansal değişim grafikleri	12
Şekil 3.5. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık ortalama benek değerlerinin ve kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin Q-Q dağılım grafikleri	13
Şekil 3.6. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık benek medyan ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin birbirine göre değişimi	14
Şekil 3.7. Arayüz analiz menüsü ve butonlar	15
Şekil 3.8. CSV formatındaki analiz dosyasının seçilebilmesini sağlayan pencere.....	15
Şekil 3.9. Arayüzde gerçekleştirilen örnek analiz sonuç grafikleri	16
Şekil 3.10. Arayüz analiz sonucu grafiklerine ait temel özelliklerin güncellenmesi.....	16
Şekil 4.1. İlgili test alanları için; aylık benek ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin zamansal değişim grafikleri	17
Şekil 4.2. İlgili test alanları için; aylık ortalama benek değerlerinin ve kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin Q-Q dağılım grafikleri	19
Şekil 4.3. İlgili test alanları için; aylık benek medyan ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin birbirine göre değişimi ve Pearson korelasyon katsayısı.....	20

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Radar verilerine ait sistemsel özellikler.....	8
Çizelge 3.2. İstasyonlara ait dedektörler ve cut-off rigidity değerleri	9
Çizelge 3.3. Peawanuck (Kanada) test alanı için; normal dağılım analizinden edinilen çarpıklık ve basıklık katsayıları	13
Çizelge 4.1. İlgili test alanları için; normal dağılım analizinden edinilen çarpıklık ve basıklık katsayıları	18
Çizelge 4.2. Elde edilen korelasyon katsayılarının %95 güven düzeyi ile hesaplanan güven aralıkları.....	20



1. GİRİŞ

Kozmik ışınlar, Dünya atmosferine Güneş'ten ve Güneş Sistemi'nin dışından devamlı olarak gelen ve yeryüzüne ulaşabilecek enerjiye sahip muhtelif atom ve atomaltı parçacıklardır (Howell 2018). Birincil ve ikincil kozmik ışınlar olarak iki gruba ayrılırlar. Birincil kozmik ışınlar, çok yüksek enerjili parçacıklardır ve doğrudan yeryüzüne ulaşabilirler. Yaklaşık %83 proton, %13 alfa parçacığı, %1 atom numarası >2 olan çekirdeklerden ve %3 elektronlardan oluşmaktadırlar (Smart ve Shea 1985). Kozmik ışınlar atmosferden geçerken atmosferde bulunan atom ve moleküllerle etkileşmekte ve böylece daha düşük enerjili parçacıklar üretilmekte olup bu parçacıklar da ikincil kozmik ışınlar olarak isimlendirilir. Kozmik ışınlar ayrıca geldikleri ortama göre de Güneş Sistemi'nin dışından gelen Galaktik Kozmik Işınlar (GCR) ve Güneş patlamaları veya koronal kütle atımları sonucu yayılan yüksek enerjili parçacıklar olarak tanımlanan Güneş Enerjetik Parçacıklar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Kozmik ışınlar, uyduların elektronik devre bileşenlerini ve optik malzemelerini etkileyebilecek kadar yüksek enerjiye sahiptirler. Sinyal zayıflamasına, Küresel Konumlama Sistemi (GPS) kalibrasyonunun bozulmasına, sinyalin tamamen kaybolmasına, yanlış işlemlere, ekipman hasarına ve dolayısı ile haberleşme ve görüntü alımında istenilmeyen etkilere sebep olabilmektedirler (Horne vd. 2013).

Radio detection and ranging (radar), elektromanyetik dalgaların yansıması ile uzaktaki nesneleri ve bu nesnelerin hızını ve mesafesini tespit için kullanılan bir cihazdır (Skolnik 1981). Bu aletlerde elektromanyetik dalga olarak radyo ve mikrodalga sinyalleri kullanılır. Yansıyan sinyalin enerjisi, frekansı ve gelme süreleri incelenerek konum, hız ve imaj bilgileri tespit edilir. Yansıyan sinyaller geri saçılım olarak tanımlanmaktadır.

Geri saçılım değerleri üzerindeki benek etkisi, ardışık radar darbelerinden geri saçılma değerlerini işleyerek oluşturulan Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüsündeki etki şiddetinin neden olduğu piksel-piksel varyasyonlar olarak açıklanabilir (Goodman 1976; Lee vd. 1994; Bruniquel ve Lopes 1997). Bir yüzey üzerindeki çeşitli nesnelerden gelen saçılımlar arasındaki radar dalgasının bir dalga boyunun ölçeği arasındaki rastlantısal etkileşim, benek etkisinin kaynağını oluşturmaktadır (Gagnon ve Jouan 1997).

Bu çalışmada temel olarak, yüksek enerjili kozmik ışınların Sentinel 1A radar uydu görüntülerine olan etkisinin incelenmesi ve tespit edilmesi amaçlanmıştır. Radar görüntülerindeki benek (speckle) değerlerinin ve kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin zamansal değişimlerinin karşılaştırılarak uzay havası etkilerinin gözlenebilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kozmik Işınlr ve İyonize Edici Radyasyon Kaynakları

2.1.1. Galaktik Kozmik Radyasyon

Galaktik kozmik radyasyon, yoğun maddenin bulunmadığı tüm uzayda yayılan yüksek enerjili çekirdeklerden oluşur. Birincil kozmik radyasyon, Dünya atmosferinden etkilenmeden gelen kozmik radyasyondur. Atmosferde yayılan kozmik ışınlar buradaki parçacıklarla etkileşir ve ikincil kozmik ışınları üretir; bu ikincil kozmik ışınlar, bilinen tüm nükleer ve alt-nükleer türlerden oluşur. Yüksek enerjili kozmik ışın parçacıkları büyük miktarda kinetik enerjiye sahiptir ve bu enerji, kozmik ışın çekirdeğinin içinden geçtiği materyali kalıcı olarak etkileyebilir. Küçük, gelişmiş teknolojiye sahip, uzayda çalışan katı hal elektronik cihazlar söz konusu olduğunda, bir kozmik ışının bir devre elemanından geçişi, hassas hacimde devre elemanının durumunu değiştirerek "yumuşak hatalara" veya kalıcı hasarlara neden olacak kadar yeterli elektron üretebilir (Smart ve Shea 1985).

Dünya'nın yörüngesinde gözlenen birincil kozmik radyasyon, yaklaşık %83 proton, %13 alfa parçacığı, %1 atom numarası >2 olan çekirdeklerden ve %3 elektronlardan oluşur. Bu bileşim, birkaç yüz MeV'tan 10^{20} eV'a kadar bir enerji aralığını kapsar.

Bir astronomik birimde (150 milyon km) ölçülen Güneş dışı kaynaklı gezegenler arası kozmik ışın enerjetik elektronlarının iki bileşenlerinden biri galaktik kozmik ışın elektron bileşeni diğeri ise bir Jovian elektron bileşenidir. Yaklaşık 25 MeV'nin altındaki heliosferdeki tüm elektron akısı Jovian kökenlidir (Eraker 1982). Güneş'i ve benzer yıldızları meydana getiren maddeleri benzer oranda içerdği düşünülen gezegenler Jovian grubu olarak tanımlanır. Dünya'nın yörüngesinde, 100 MeV'den büyük enerjiler için, galaktik kozmik ışın ön elektron akısı baskındır. Güneş çevrim modülasyonu, elektron spektrumundaki yaklaşık 100 MeV ile yaklaşık 5 GeV arasındaki değişkenliğe hakimdir.

Kozmik ışın akısı modülasyonları üç gruba ayrılabilir. Uzun vadeli modülasyon (milyonlarca yıl), Güneş çevrim modülasyonları (genellikle 11 yıllık çevrim ve katları olarak adlandırılır), kısa vadeli modülasyonlar (yarı günlük varyasyondan 27 günlük varyasyona kadar değişen çevrimsel varyasyonlardan ve çeşitli Güneş olayları ile ilişkili azalma ve artışlardan oluşan geçici değişimlerden oluşur).

Bir parçacığın manyetik alan tarafından saptırıldığı miktar, cut-off rigidity (birim yük başına momentum) ile belirlenir ve sayısal olarak hesaplanan cut-off rigidity değerleri, kozmik ışınların akısını modellemek için kullanılır (Hudson vd. 2015). Parçacığın enerjisi GeV mertebesinde olması dolayısıyla cut-off rigidity değeri genellikle GeV cinsinden ölçülür. Cut-off rigidity, Dünya'nın manyetik alanına nüfuz eden parçacığın enerjisine, manyetik alana ve enleme bağlı olduğundan değerlerinde değişimler gözlenmektedir. Bu değişimlerden kaynaklı olarak orta enlem istasyonlarında kozmik ışın yoğunluğunda artış gözlenir (Mavromichalaki vd. 2013).

Atmosferik koşullar, özellikle barometrik basınç, ölçülen yoğunluk üzerinde kayda değer bir etkiye sahiptir; bu nedenle, kozmik ışın yoğunlukları genellikle atmosfer derinliği (gözlem noktasının üzerindeki birim alan başına düşen hava kütlesi) veya gözlemin rakımından ziyade gözlem noktasındaki hava basıncı cinsinden rapor edilir.

Atmosferde ölçülen iyonlaşma hızı, gözlem noktasının üzerindeki madde miktarına ve dağılımına bağlıdır.

Dünya atmosferinin üst kısımlarına gelen birincil kozmik ışınlar, yüksek enerjili ikincil kozmik ışınlar üreten hava çekirdekleriyle etkileşime girer. Bu ikincil parçacıklar sırayla diğer çekirdeklerle etkileşime girer ve ek ikincil parçacıklar üretir. Dünya yüzeyinde en yaygın olarak ölçülen ikincil kozmik ışınlar, π ve μ mezonları, nötronlar, protonlar, elektronlar ve γ -ışını fotonlarıdır. İkincil kozmik ışınlar genellikle göreceli müonlardan oluşan sert bileşen, yerel olarak üretilmiş protonlardan ve nötronlardan oluşan nükleonik bileşen ve elektronlardan ve γ ışınlarından oluşan yumuşak bileşen olmak üzere üç ana bileşene ayrılır.

2.1.2. Güneş Kaynaklı Enerjetik Parçacıklar (Solar Kozmik Işınlar)

Güneş Kaynaklı Enerjetik Parçacıklar, Güneş'te meydana gelen Güneş patlamaları ve koronal kütle atımı gibi manyetik etkinlik kaynaklı olaylar sonucu ortaya çıkan parçacıklardır. Bunun sonucu olarak, uzayda yoğun miktarda yüksek enerjili proton, elektron, alfa parçacıkları ve ağır iyonlar bulunur. Güneş patlamaları genellikle Güneş lekeleri gibi aktif bölgeler üzerinde meydana gelir. Lekelerdeki manyetik alan Güneş'in diğer kısımlarına göre çok daha yüksektir. Güneş patlamalarında açığa çıkan enerjinin bir kısmı, yüksek enerjilere hızlandırılmış ve uzaya salınan çekirdekler olabilir. Güneş Kaynaklı Enerjetik Parçacık olaylarının en yaygın ölçülen bileşenleri protonlar ve elektronlardır.

Gezegenler arası uzayda partikül akısının artmasının gözlemlenmesi ile Güneş patlamasının meydana gelmesi arasında bir zaman korelasyonu vardır. Düşük enerjilerde, Güneş aktivite seviyesi (patlama sayısı ve alt patlama sayısı gibi) ile gezegenler arası uzaydaki düşük enerjili Güneş parçacık akısı arasında bir ilişki vardır (Smart ve Shea., 1985).

2.1.3. Hapsolmuş Radyasyon

Dünya sürekli olarak Güneş'in manyetik etkinliğinin şiddetine bağlı olan Güneş rüzgârına (solar wind) maruz kalır. Güneş durmadan kütle ve enerji kaybına uğrar. İyonize olarak kaybedilen kütleye Güneş rüzgârı denilmektedir. Güneş rüzgârı yüksek enerjili protonlar ve elektronlardan meydana gelir. Dünya'nın manyetik alanı Dünya üzerine gelen yüksek enerjili parçacıkların hepsini uzaklaştıramaz. Bundan dolayı parçacıkların bir kısmı bu alana hapsolür. Bu parçacıklar Van Allen Radyasyon Kuşakları bölgesinde yoğun şekilde bulunurlar (Kocaman 2019).

2.2. Radar Verisi Benek Etkisi (Speckle)

Yeryüzünden belirli mesafelere, atmosfer ya da uzaya konumlandırılan platformlara yerleştirilmiş ölçüm cihazları ile nesnelere ilişkin bilgi edinme ve analiz etme yöntemi uzaktan algılama olarak tanımlanmaktadır (Sesören 1999).

Uzaktan algılamada pasif ve aktif sensörler olarak iki grup algılama metodu bulunmaktadır. Doğal enerji kullanılarak algılama yapabilen pasif sensörler sadece Güneş'in Dünya'yı aydınlattığı süre boyunca çalışırlar. Aktif sensörler ise, kendi kaynağından objeye enerji yollar ve objeden yansıyan enerjiyi algılar ve kaydeder. Mevsimlere ve atmosfer şartlarına bağlı olmadan tüm hava şartlarında ve istenilen zamanda algılama yapmak gibi önemli bir avantaja sahip olan aktif sensörlerin en bilineni ise radardır.

Radar sistemi, gece-gündüz fark etmeden, hava şartlarından bağımsız olarak, radyo sinyalleri aracılığı ile objelere ait mesafeye bağımlı konum ve yükseklik bilgisi toplar (Sefercik 2007).

Radar görüntüleme, yüzeye aktif mikrodalga sinyallerini yollamakta ve geri yansıyan sinyallerin şiddetini ve dönüş süresini kaydetmektedir. Nesnelerin dizilimlerinin (veya mesafelerinin) analizi bu kaydedilen sinyaller sayesinde gerçekleştirilir (Dilia ve Domingo 1999).

Radar görüntüsünde gelen enerji miktarına göre geri saçılım elde edilir. Sistemin özellikleri olan frekans, polarizasyon, bakış açısı veya nesne özellikleri olan nem miktarına doğrudan bağlı olan dielektrik özelliği ve pürüzlülük elde edilen enerji miktarını etkiler.

Karasal yüzeylerdeki karakteristik şekil ve geometrik farklılıklardan dolayı pürüzlülük oranı artar, yansıyan sinyal miktarı ve şiddeti dolayısı ile parlaklıkta artış gözlemlenir. Meteorolojik etkenler (rüzgâr, yağış gibi) haricinde sakin ve pürüzsüz ortamlar olan deniz ve göl yüzeylerine yollanan sinyaller düzgün yansıma yapar ve radar görüntüsünde siyah tonda gözüktürler (Köse 2006).

Benek etkisi, tüm aktif uyumlu görüntüleme sistemlerinin doğasında bulunan ve görüntülerin görünümünü görsel olarak bozan, sinyale bağlı granüler bir gürültüdür. Görüntülerdeki bu gürültü, otomatik olay yeri analizi ve bilgi çıkarma tekniklerinin performanslarını ciddi şekilde azaltabilir ve ayrıca otomatik çok zamanlı değişiklik tespiti gibi çoklu SAR gözlemleri gerektiren uygulamalarda zararlı olabilir. Bu nedenlerden ötürü, benek azaltmayı veya küçültmeyi amaçlayan gerçek değerli tespit edilmiş SAR görüntülerinin ön işleme tabi tutulması, bir dizi uygulama için çok önemlidir. Bununla birlikte, bu tür bir ön işleme, geri saçılmanın yerel ortalaması, nokta hedefleri, doğrusal özellikler ve dokular gibi yararlı bilgilerin bozulmasını önlemek için dikkatlice tasarlanmalıdır (Argenti vd. 2013).

Bir filtrenin nicel değerlendirmesi, eşdeğer sayıda görünüm, ortalama sapma, kenar koruma ve doku koruma gibi çeşitli kriterleri içerir. Mevcut benek filtreleme algoritmaları benek seviyesini etkili bir şekilde azaltabilir. Ancak bu algoritmalar aynı

zamanda az ya da çok kenarları lekeler ve görüntüleri bulanıklaştırır. Lee (1986), Kuan vd. (1987) ve Frost vd. (1982) filtreleri gibi uyarlanabilir filtreler, bir benek dağılım modelini hesaba katar, hareketli bir pencerede yerel istatistikleri hesaplar ve piksellerin değerlerini buna göre atayarak çoğu zaman uyarlanabilir olmayan filtrelerle kıyasla daha iyi sonuçlar sağlar (Dong vd. 2000).

Bununla birlikte, tek biçimli alanları düzleştirmek, aynı zamanda kenarları korumak ve geliştirmek zordur. Çünkü ilki yüksek frekanslı bileşenlerin terk edilmesini gerektirir, ancak ikincisi mümkün olduğunca yüksek frekanslı bileşenlerin korunmasına ihtiyaç duyar. Örneğin, lekelenen kenarların eksikliğini en aza indirmenin bir yöntemi, geleneksel kare pencereler yerine kenara yönelik pencereler kullanmaktır (Lee 1981b).

2.3. Önceki Çalışmalar

Uzay ortamında bulunan uydular için bu uyduların performansını veya yaşam süresini etkileyecek birçok faktör vardır. Bu faktörlerin en başında da Güneş veya galaktik kaynaklı radyasyon gelir. Uzay ortamında yüksek miktarda iyonize radyasyon bulunmasından dolayı her türlü uzay görevi için bu radyasyonun incelenmesi önemlidir (Kocaman 2019).

Galaktik kozmik radyasyon ve Güneş kaynaklı enerjetik parçacıklar (solar kozmik ışınlar) bu iyonize edici radyasyonun temel kaynaklarıdır. Elektronik cihazın yarı iletken veya yalıtkan bölgesinde, yüklü parçacığın bölgeden geçerken oluşturduğu enerji miktarı olarak ifade edilen toplam iyonlaştırıcı doz etkisi; elektronik cihaz içinde tek bir parçacığın duyarlı bir bölgeden geçerken oluşturduğu, dijital, analog veya optik bileşenler gibi normal cihazlarda sıfırlamaya, yeniden yazmaya ya da arayüz devrelerinde de soruna sebep olabilen tek olaylı çökme; Güç MOSFET (Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör)'lerinde ve bipolar jonksiyon transistörlerde drenaj kaynağının yanmasına, geçitlerin kopmasına, yük bağlaşımlı aygıtlarda (CCD) gürültülere veya donmuş bitlere neden olabilen tek olay yanması; cihaz özelliklerinin ve malzemelerin bozulmasına yol açabilen yer değiştirme hasarı; uzay aracının bileşenlerinin bozulmasına ve elektronik aksamın zarar görmesi nedeniyle operasyonel sıkıntılara yol açabilen elektrostatik deşarjlar bu kaynakların uyduların elektronik sistemine verebileceği başlıca zararlardır (Nwankwo vd. 2020).

Globalstar M070, Razaksat ve MKA-FKI 1 uydularının alüminyum koruması üzerindeki iyonlaştırıcı doz etkilerinin incelendiği bir çalışmada; alüminyum kalkanın kalınlığı arttıkça elektronların etkisinin azaldığı, protonların etkisinin ise önemli bir değişiklik göstermediği görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, Globalstar M070 ve MKA-FKI 1 uyduları için elektronların etkisinin 14 mm'de ve Razaksat için 8 mm'de tamamen durduğu gözlemlenmiştir. Buradaki fark, uzay aracının LEO (alçak Dünya yörüngesi)'ndeki radyasyona maruz kalmasının yörünge eğimi ve yüksekliğine bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Razaksat üzerindeki radyasyon etkilerinin ise daha düşük rakımlarda ve daha küçük eğimlerde olduğu için çok daha az olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda daha yüksek rakımlardaki ve daha büyük eğimlerdeki uyduların, daha büyük radyasyon riski altında olacağı değerlendirilmiştir. Çalışmadaki grafikler aynı zamanda alüminyum korumanın tek başına protonların etkilerini durduramadığını veya azaltmadığını göstermektedir. Bu, protonların yüksek nüfuz etme kabiliyetine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Ya'acov vd. 2016).

Bir elektronik cihazın içinden geçen enerjetik iyonların oluşturduğu serbest yüklere duyarlılığı, tek olay-etkili yanıtını belirler. Güneş ve galaktik kozmik ışınlar, orta derecede radyasyonla sertleştirilmiş elektronikler için tek olay etkilerinin birincil kaynağıdır.

Tek olay etkilerinin, >50 MeV proton akışı 10 parçacığı aştığında meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu bulunmuştur (Shea vd. 1992). Bu özel eşik etkisi, TDRS-1'deki Fairchild 93L422 yongasının bir fonksiyonu olmasına rağmen, enerjisi 50 MeV'den daha fazla olan protonun uzay aracı kaplamasına nüfuz etmek ve savunmasız elektroniklerle etkileşime girmek için yeterli enerjiye sahip olduğu anlamına gelmektedir (Wilkinson vd. 2000).

Jeomanyetik alandaki asimetrixler, güney Atlantik bölgelerinde radyasyon kuşaklarının Dünya'ya daha yakın olmasına neden olur ve bu bölgeden geçen uydular tekil olay etkilerini yaşayabilir. Eylül 1988'den Mayıs 1992'ye kadar, amatör bir radyo iletişim uydusu olan UoSAT-2, yaklaşık 690 km rakımda kutup yörüngesinde uçarken, neredeyse 9000 tekil olay etkisi yaşamıştır. Bunların çoğu (%75) Güney Atlantik Anomalisi bölgesinde meydana gelmiştir. Daha yüksek enlemlerdeki olayların ise galaktik kozmik ışınlara ve Güneş protonlarına bağlı olduğu belirtilmektedir (Allen 2000).

SOHO uzay aracı üzerinde yapılan çalışmada, 6 Kasım 1997 ve 9 Kasım 2000'deki çok büyük tek olay etkilerinin, büyük Güneş patlamaları sırasında gerçekleştiği gözlenmiştir (Harboe-Sorensen vd. 2001).

Şubat 1994 ve Kasım 1995'te yörüngeye fırlatılan temelde aynı olan MILSTAR DFS-1 ve DFS-2 askeri haberleşme uyduları, tek olaylı çökme olaylarının yerinde oluşmasını analiz etmek için bir veritabanına sahipti. Her araçta sıfır-sekiz değerleri arasında değişen çökme oranı ile ilk 174 ay boyunca DFS-1'de ortalama 2 ve ilk 112 ay boyunca DFS2'de ortalama 3 çökme ile karşılaşmıştır (Koons ve Chen 1999).

Yüzey şarjı, bir uzay aracının yüzeyindeki uzay ortamında elektronların birikmesidir. Elektronlar yüzeyde biriktikçe, plazmadan yaklaşan düşük enerjili elektronları iterler. Bu sonuçta, yüzeyin plazmaya göre şarj edebileceği potansiyeli sınırlar. Bir uydu aslında her zaman bir uzay plazmasına dahil olduğundan bir uzay aracının yüzeyi her zaman plazmaya göre bir potansiyele sahiptir (Katz vd. 1986).

Çoğu durumda, yüzer potansiyel ve diferansiyel potansiyeller küçüktür ve araç için hiçbir tehlike oluşturmaz. Bununla birlikte, jeomanyetik fırtınalar sırasında, 1 ila 20 keV arasındaki enerjiye sahip sıcak plazma uzay aracını sarar. Dielektrik yüzeyler daha sonra 10 kV'a kadar yüksek diferansiyel potansiyellerle yüklenir. Bu olay yüzey şarjı olarak bilinir. Diferansiyel potansiyellerden kaynaklanan elektrik alanı, yüzey boyunca veya malzeme aracılığıyla uzay aracı çerçevesine doğru malzemenin kırılma gücünü aşarsa, bir elektrostatik boşalma meydana gelir. Bu tür deşarjlardan kaynaklanan elektromanyetik girişim ve akımlar, uzay aracının elektrik sistemleri için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, yüzey şarjının uzay aracı görev başarısızlıklarının önde gelen nedenlerinden biri olduğunu göstermiştir (Koons vd. 1999).

Yüzey şarjı anormalliği nedeniyle kaybolduğuna inanılan ilk uzay aracı görevi 2 Haziran 1973'te DSCS-II (9431) idi. Bir inceleme kurulu, arızanın jeomanyetik bir alt fırtınanın sonucu olarak uzay aracının şarj olmasından kaynaklanan birdeşarjdan kaynaklandığını bulmuştur (Leach ve Alexander 1995). Jeomanyetik fırtınalar genellikle plazma yoğun dinamik yapıya sahip Güneş'ten kopan proton ve elektron yüklü parçacıkların, Güneş rüzgârı vasıtasıyla Dünya'nın manyetik alanının yönünde ve büyüklüğünde önemli değişiklikler yapması ile başlar ve ani bir başlangıç fazı, ana faz ve iyileşme fazı olarak üç evreli gerçekleşir (Inyurt 2022).

Dâhili dielektrik şarjı, uydu yüzey malzemesinden geçen enerjetik elektronlardan kaynaklanır. Bu elektronlar yüklerini kablolar, devre kartları ve diğer dielektrikler veya topraklanmamış iletkenler üzerinde ve içinde biriktirir. Zamanla, yük, malzemelerin içinde ve arasında kırılma seviyelerine kadar elektrik alanları oluşturabilir ve bu da hassas devrelerde elektrostatikdeşarjlara yol açabilir.

NTS-2 (Küresel Konumlandırma Sistemi için bir gösteri uydusu), Voyager 1, Meteosat-1 ve DSP'de anormallikler tespit edilmiştir. DSP'deki anomalinin olası nedeni, kablodaki dielektriktekideşarjlardan kaynaklanan, açıkta kalan bir kablodaki sahte darbeler idi. Vampola (1987), bir dizi uzay aracındaki elektrostatikdeşarja bağlı olduğu düşünülen anormalliklerin yerel zaman dağılımına dayanarak, yarısının yüzey şarjından ve yarısının dahili şarjdan kaynaklandığını tahmin etmiştir.

20 Ocak 1994'te, Telsat Canada'ya ait Anik E-2 iletişim uydusu, yönlendirme sistemindeki momentum çark denetleyicilerinden birinin arızalanması nedeniyle kontrolden çıkmıştır. Bu olay sırasında elektrostatikdeşarjdan kaynaklı birincil denetleyici ve yedeklemesi başarısız olmuştur (Koons vd. 1999).

Bir başka çalışmada, Güneş patlamaları tarafından üretilen elektromanyetik dalgaların iyonosferde elektron yoğunluğuna sebep olduğu ve radyo sinyalleri ile etkileşime girerek iletişim kalitesinin bozulmasına ve konum bilgisinde hatalara neden olduğu görülmüştür (Elvidge ve diğ., 2013). İyonosferdeki ciddi düzensizlikler, kullanılabilir frekansları değiştirerek HF radyo dalgalarının yayılmasını etkileyecektir ve plazma düzensizlikleri, radyo paraziti ve diğer iletişim zorlukları üreten sinyallere neden olabilir. 30 MHz üzerindeki frekanslarda, radyo dalgalarının iyonosferden beklenmedik yansımaları da radyo parazitine neden olabilir (Radicella 2007).

Ayrıca kozmik ışınlara benzer şekilde koronal kütle atımı gözlemlerinde de yüksek enerjili plazma partiküllerinin CCD'ye girerek yüksek bir gürültü seviyesi oluşturduğu ve böylece gözlem kalitesinin önemli ölçüde bozulmasına neden olduğu gözlemlenmiştir (Akioka 2008).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Radar Uydu Görüntüsü Verileri

Çalışmada kullanılmak üzere, Ground Range Detected (GRD) formatına ve aynı tarama açısına sahip, VH polarizasyonunda veriler elde edilmiş ve filtrelenmiştir. Esoi-Tau (İsrail) istasyonu çalışma alanı için 2015 Ocak–2019 Aralık tarihleri arasında yaklaşık 368, Moscow (Rusya) istasyonu çalışma alanı için 2015 Ocak–2019 Aralık tarihleri arasında yaklaşık 424, Peawanuck (Kanada) istasyonu çalışma alanı için 2015 Ocak– 2018 Aralık tarihleri arasında yaklaşık 384, Terre Adelie (Fransa) istasyonu çalışma alanı için 2015 Nisan–2019 Aralık tarihleri arasında yaklaşık 432 radar görüntüsü işlenmiş, her ay içerisindeki tüm görüntülerin benek ortalama medyan geri saçılım değerleri aylık veri kabul edilerek kozmik ışın istasyonu aylık verileri ile karşılaştırılmıştır. Radar verilerine ait sistemsel özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Radar verilerine ait sistemsel özellikler

Uydu Platformu	Tarih Aralığı	Görüntü Sayısı	Zamansal Çözünürlük
Sentinel 1A, 1B	Ocak 2015-Aralık 2019	~240-408	6 gün
Polarizasyon	Band	Veri Formatı	Sensör Modu
VH (Vertical-Horizontal)	C	GRD (Ground Range Detected)	IW (Interferometric Wide swath) Şerit Genişliği 250km Mekansal Çözünürlük 5x20m

3.1.2. Kozmik Işın Sayı Yoğunluğu Verileri

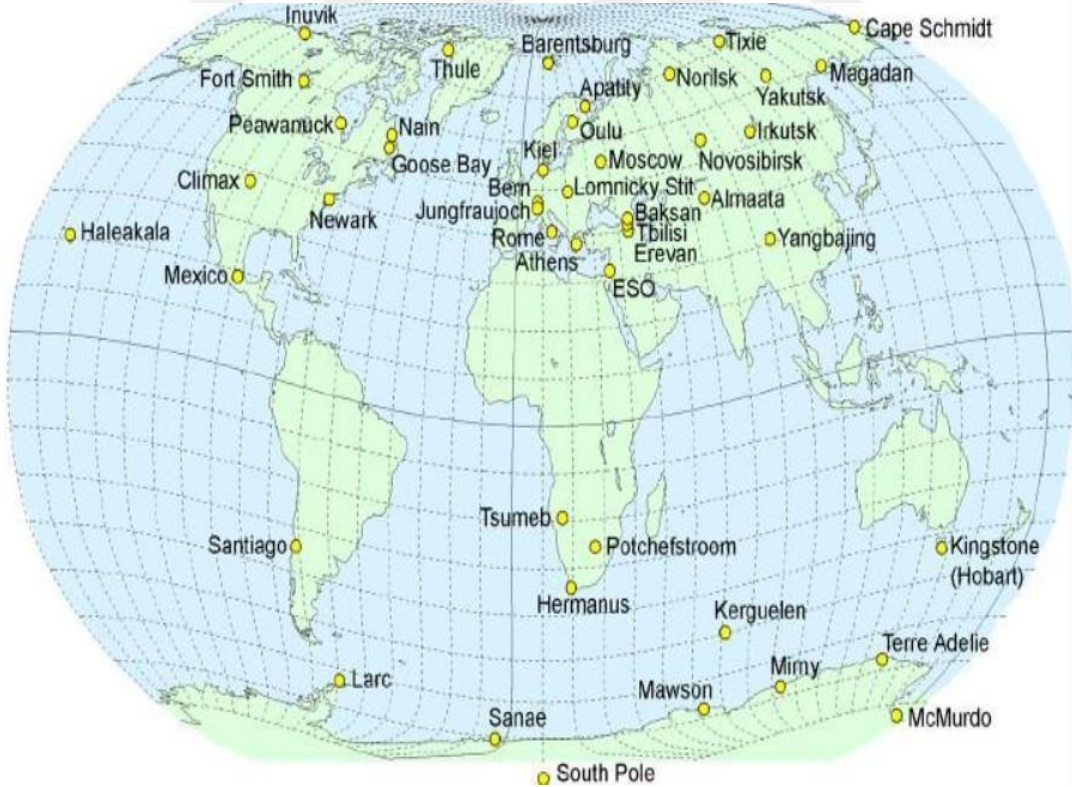
Çalışmada verimlilik ve basıncı düzeltilmiş, aylık zamansal çözünürlüğe sahip kozmik ışın sayı yoğunluğu değerleri kullanılmıştır.

Moscow (Rusya), Terre Adelie (Fransa) kozmik ışın sayı yoğunluğu verileri saniyedeki sayım çözünürlüğüne sahiptir ve Atina Nötron Monitör İstasyonu (A.NE.MO.S) Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Nötron Monitör Servisi aracılığı ile, Esoi-Tau

(İsrail) ve Peawanuck (Kanada) verileri ise dakikadaki sayım çözünürlüğüne sahiptir ve istasyonlara ait resmi internet sitelerinden indirilmiştir. Kozmik ışın istasyonlarına ait dedektörler ve cut-off rigidity değerleri Çizelge 3.2’de, istasyonların Dünya üzerindeki konumları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. İstasyonlara ait dedektörler ve cut-off rigidity değerleri

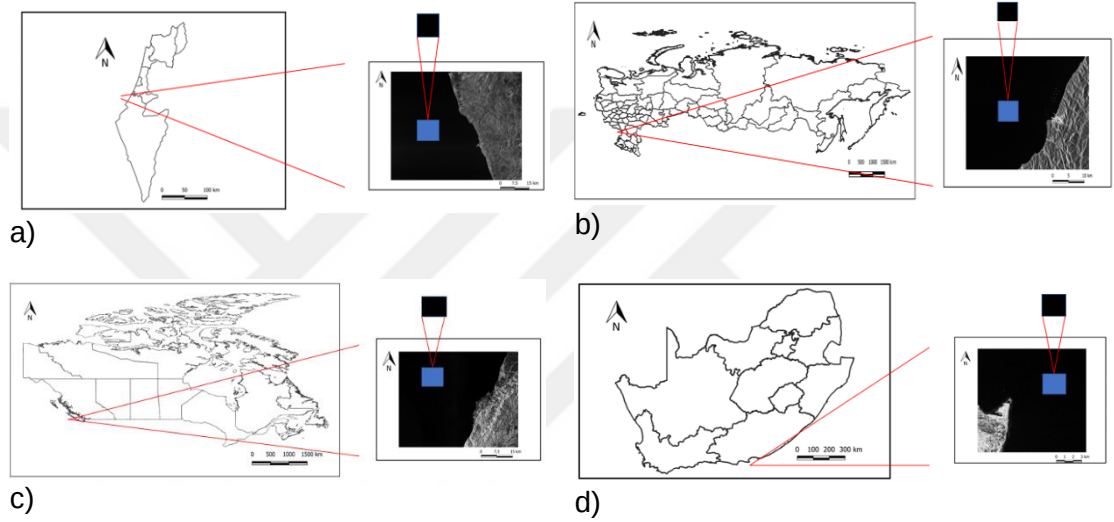
İstasyon	Dedektör	cut-off rigidity	Başlangıç Tarihi
Esoi-Tau (İsrail)	6-NM64	10,75 GV	1998
Moscow (Rusya)	24-NM64	2,43 GV	1995
Peawanuck (Kanada)	3-NM64	0,3 GV	2000
Terre Adelie (Fransa)	9-NM64	0 GV	1967



Şekil 3.1. Kozmik ışın istasyonlarının Dünya üzerindeki konumlarını temsil eden görüntü (Klein 2012)

3.1.3. Test Alanları

Geri saçılım değerlerinin homojen olarak analiz edilebilmesi (DN değerlerinde farklılaşmaya neden olabilen etkenleri ortadan kaldırmak) için istasyonlara yakın deniz kıyısı bölgesinden Greenwich'e göre Esoi-Tau (İsrail) istasyonu için $35^{\circ}11'18.29''$ D ve $33^{\circ}19'25.57''$ K, Moscow (Rusya) istasyonu için $39^{\circ}0'58.50''$ D ve $44^{\circ}5'7.18''$ K, Peawanuck (Kanada) istasyonu için $121^{\circ}7'29.35''$ B ve $35^{\circ}33'21.99''$ K, Terre Adelie (Fransa) istasyonu için ise $25^{\circ}47'56.33''$ D ve $34^{\circ}9'7.82''$ G merkez koordinatlarına sahip test alanları seçilmiştir. Test alanlarının harita üzerindeki konumları, ayrıntılı görüntüleri ile birlikte Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Test alanlarının harita üzerindeki görüntüsü ve ayrıntılı görüntü: **a)** Esoi-Tau (İsrail); **b)** Moscow (Rusya); **c)** Peawanuck (Kanada); **d)** Terre Adelie (Fransa)

3.2. Metod

3.2.1. Veri Ön İşlemlerinin Uygulanması (Kalibrasyon ve Benek Etkisi Filtresi)

Kalibrasyon işlemi, radar verilerinin hedef tespit ve tasnifi açısından kullanılabilecek kalitede olması için gereklidir. İşlem sonucunda, radyometrik açıdan düzgün ve yüzeyin geri yansımalarının temsili olan bir veri elde ederiz. SAR görüntüsünde doğal şekilde meydana gelen ve görüntü kalitesini düşüren gürültü olarak tanımlanan benek etkisi filtrelenirken, kenar, radyometrik ve doku bilgisinin ayrıca geometrik çözünürlüğün kaybını en aza indirmek gereklidir.

Bu uygulama için iki yöntem mevcuttur;

- 1- Çoklu bakış (multi-looking)
- 2- Görüntü işleme teknikleri uygulanarak

Benek etkisini gidermek amacı ile çalışmada Lee filtresi kullanılmıştır. Lee filtresi uyarlanabilir bir filtre olarak, bir benek dağılım modelini hesaba katar, hareketli bir pencerede yerel istatistikleri hesaplar ve piksellerin değerlerini buna göre atayarak çoğu zaman uyarlanabilir olmayan filtrelerle kıyasla daha iyi sonuçlar sağlar (Dong vd. 2000). Lee filtresi (Lee 1981a), kullanıcı seçimli hareketli pencere içerisindeki piksellerin yerel ortalamasının ve varyansının, ilgili pikselinkine eşit olması teorisine dayanır. Aşağıdaki eşitlik vasıtası ile piksel değerleri hesaplanabilmektedir.

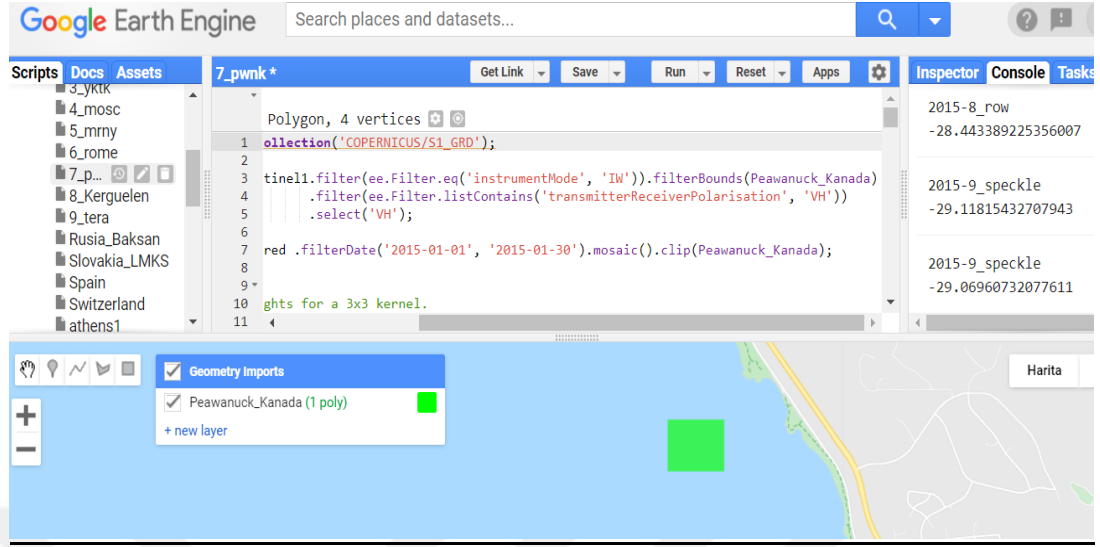
$$DN_{\text{çıkış}} = [\text{Ort}] + K[DN_{\text{giriş}} - \text{Ort}] \quad (3.1)$$

Burada; $K = \text{Var}(x) / ([\text{Ort}]^2\sigma^2 + \text{Var}(x))$, $DN_{\text{çıkış}}$ = filtrelenen piksele ait DN değeri, Ort = Kernel içerisindeki piksellere ait ortalama değer ve $DN_{\text{giriş}}$ = ilgili piksel değerini ifade eder.

Ham radar görüntü verileri ve filtrelenmiş görüntü verileri arasındaki fark değerlerinin medyanları kullanılarak aylık ortalama medyan değerleri hesaplanmıştır. Radar verisinin ön analiz işlemlerinin uygulanmasında Google Earth Engine arayüzü, istatistiksel analiz uygulamalarında ise IBM-SPSS yazılımı kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında analiz işlemlerinin tamamen otomatik hale getirilebilmesi amacı ile; Google Earth Engine arayüzünden elde edilen verilerin ön analiz sonuç dosyasının CSV dosya formatında okunmasını, istatistiksel analiz işlemlerinin uygulamasını ve grafiklerin doğrudan çalışmamızda elde ettiğimiz nitelikte üretilmesini sağlayan bir arayüz tasarımı Python yazılım dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Google Earth Engine, petabayt ölçeğinde coğrafi veri kümelerinin bilimsel analizi ve görselleştirilmesi için bulut tabanlı bir platformdur (Liu vd. 2018). Veri kataloğu, hem optik hem de optik olmayan dalga boylarında çeşitli uydu ve hava görüntüleme sistemlerinden gözlemler, çevresel değişkenler, hava ve iklim tahminleri ve geçmiş tahminler, arazi örtüsü, topoğrafik ve sosyo-ekonomik veri kümelerini içermektedir. Koleksiyonlar, kullanıcıların belirli mekânsal, zamansal veya diğer kriterleri karşılayan verileri seçmek için milyonlarca ayrı görüntüde arama yapmasını kolaylaştıran hızlı filtreleme ve sıralama yetenekleri sağlamaktadır (Gorelick vd. 2017).

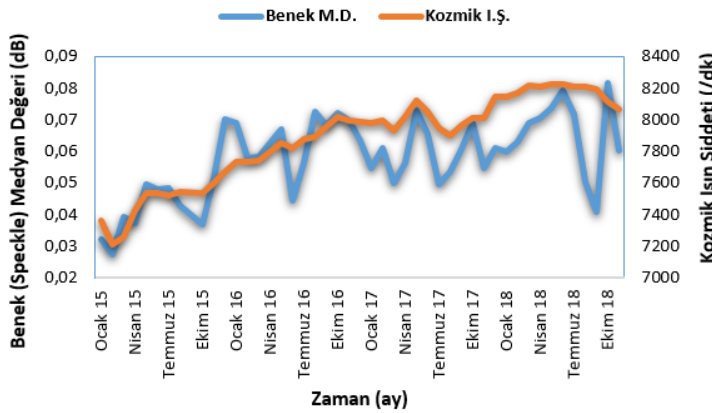
Arayüze ait JavaScript kod düzenleyicisi ise, Earth Engine uygulamalarını geliştirmek için etkileşimli bir ortamdır. Peawanuck (Kanada) test alanı için, Earth Engine etkileşimli geliştirme ortamı analiz örneği Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Earth Engine etkileşimli geliştirme ortamı Peawanuck (Kanada) test alanı

3.2.2. Görüntüler Arasındaki Farkın İncelenmesi

Earth Engine arayüzünde geliştirilen kod sayesinde görüntüler sayısal olarak açılmış ve yansıma değerleri arasındaki farklar incelenmiştir. Ham veri ile benek filtresi uygulanmış veri saçılım değerleri birbirinden çıkarılmış ve benek fark değerlerinin medyanı hesaplanmıştır. Daha sonra her ay içerisindeki tüm verilerin medyan değerlerinin ortalaması hesaplanarak aylık değerler elde edilmiştir. Bu aylık medyan değerleri ile istasyonlardan elde edilen kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin zamanla değişim grafiği çizildiğinde her iki veri setinin de artan yönde bir trende (gidişat) sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık benek ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin zamansal değişim grafikleri

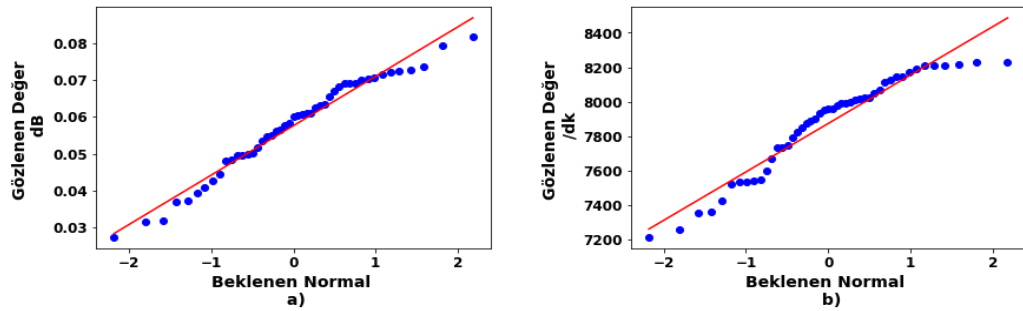
3.2.3. İlişkinin/Etkinin Test Edilmesi

3.2.3.1. Normal Dağılım Testi

Veri setlerinin normal dağılıma sahip olup olmadığının analizi IBM-SPSS yazılımı aracılığı ile yerine getirilmiştir. Sonuç raporunda normal dağılımın tespiti için çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) katsayılarının ± 1.5 aralığında olmaları dikkate alınmaktadır (Tabachnick ve Fidell 2013). Bunun yanında, grafiksel değerlendirme olarak beklenen ve gözlenen değerler arasındaki uyumu ortaya koyan Q-Q grafikleri incelenmiştir (Demir vd. 2016). Yapılan test ve inceleme sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği bulunmuştur (Şekil 3.5, Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Peawanuck (Kanada) test alanı için; normal dağılım analizinden edinilen çarpıklık ve basıklık katsayıları

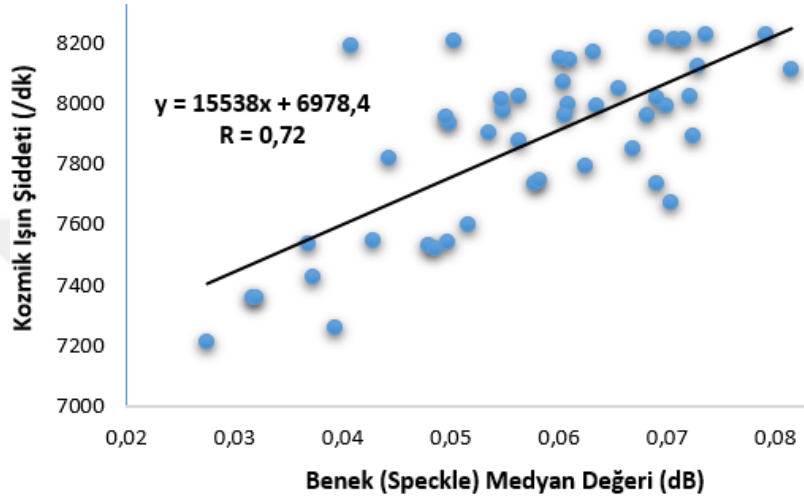
Veri Seti	Çarpıklık (skewness)	Basıklık (kurtosis)
Peawanuck (Kanada) Aylık Benek Değeri Verileri	-0,423	-0,569
Peawanuck (Kanada) Kozmik Işın Şiddeti Verileri	-0,681	-0,553



Şekil 3.5. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık ortalama benek değerlerinin ve kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerinin Q-Q dağılım grafikleri; **a)** Benek değerlerine ait Q-Q grafiği; **b)** Kozmik ışın sayı yoğunluğu verilerine ait Q-Q grafiği)

3.2.3.2. Korelasyon Analizi

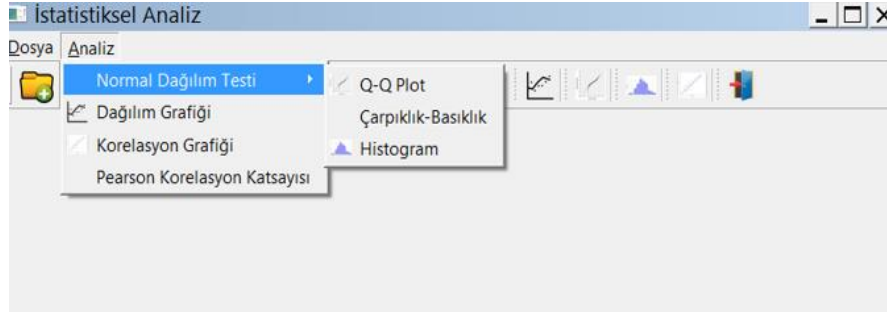
Veri setlerinin birbirine göre uyumunun derecesini ve yönünü tespit etmek için uygulanan en önemli istatistik metotlarından birisi korelasyon analizidir. Bu çalışmada, Pearson korelasyon analizi yöntemi uygulanarak aylık benek medyan ve kozmik ışın sayı yoğunluğu veri setleri arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış ve sonuç olarak anlamlı pozitif korelasyon elde edilmiştir (Şekil 3.6). Dolayısı ile kozmik ışın şiddeti ile filtrelenmiş ve ham radar görüntüsü verilerinin geri saçılım değerleri arasındaki farkın birbirine paralel olarak arttığı gözlenmiştir.



Şekil 3.6. Peawanuck (Kanada) test alanı için elde edilen aylık benek medyan ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin birbirine göre değişimi. Grafikte iki veri seti arasındaki en iyi lineer fitin denklemi gösterilmiştir ve buradaki R katsayısı iki veri seti arasındaki Pearson korelasyonunu temsil etmektedir

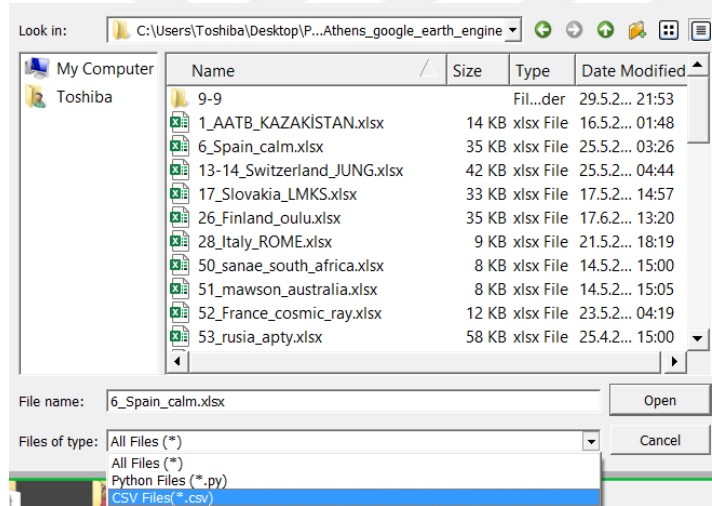
3.2.4. İstatistiksel Analiz İçin Arayüz Tasarımı

Çalışmada uygulanan veri ön işleme adımlarının ve istatistiksel analiz işlemlerinin otomatik hale getirilerek ilişkili diğer analiz çalışmalarının pratik hale getirilmesi, ayrıca benzer çalışmalar yürütmek isteyen diğer araştırmacılara da zaman kazandırılması amaçlanmıştır. Radar görüntüsü ön işleme adımları Google Earth Engine arayüzünde tasarlanan kod sayesinde yerine getirilebilirken; Python yazılım dili kullanılarak, ön analiz sonuç dosyasının CSV dosya formatında okunmasını, istatistiksel analiz işlemlerinin uygulamasını ve grafiklerin doğrudan çalışmamızda elde ettiğimiz nitelikte elde edilmesini sağlayan bir arayüz tasarımı gerçekleştirilmiştir. Arayüz bu çalışmada yürütülen istatistiksel analizleri içeren bir menüye sahiptir (Şekil 3.7).



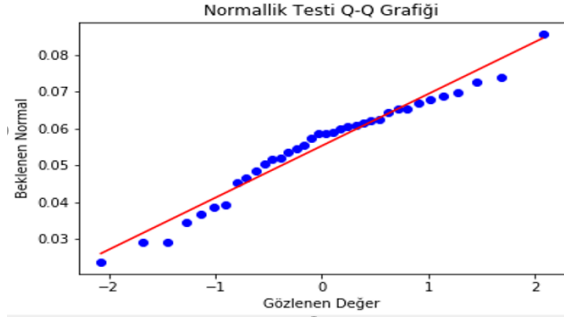
Şekil 3.7. Arayüz analiz menüsü ve butonlar

Radar görüntülerinin işlenmesi ile elde edilen benek medyan değerleri ve kozmik ışın şiddeti değerleri CSV formatında, ilgili değerlere karşılık gelen tarihleri de içeren bir satıra sahip olacak şekilde kaydedilmektedir. Daha sonra arayüzde bulunan dosya okuma butonu kullanılarak açılan pencere ile CSV dosyasındaki veriler istatistiksel analizde kullanılmak üzere kaydedilmektedir (Şekil 3.8).

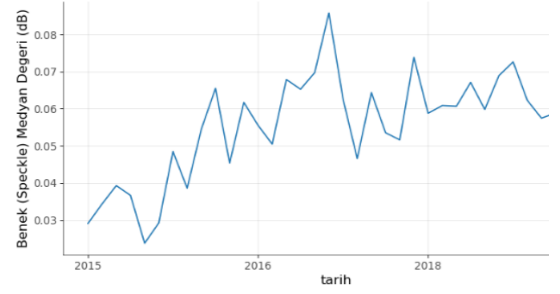


Şekil 3.8. CSV formatındaki analiz dosyasının seçilebilmesini sağlayan pencere

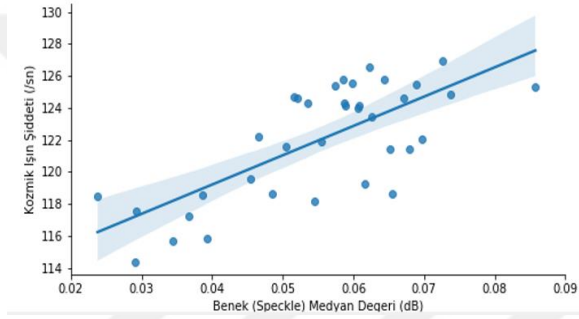
Arayüz kullanılarak Baksan (Rusya) istasyonu verileri için örnek bir istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). Analiz sonucunda elde edilen grafiklerin eksen başlıkları ve değer aralığı olarak arayüz otomatik olarak seçilen veriye ait özellikleri kullanmaktadır. Kullanıcı isteğe bağlı olarak eksen başlıkları, değer aralıkları ve yazım tercihleri gibi değişkenleri grafiklerin üzerinde yer alan butonları kullanılarak güncelleyebilmektedir (Şekil 3.10).



a)

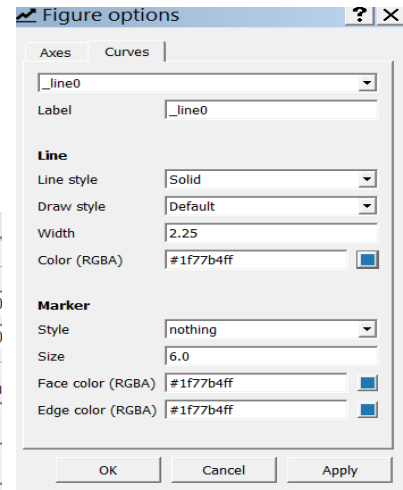
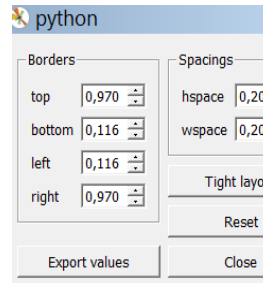
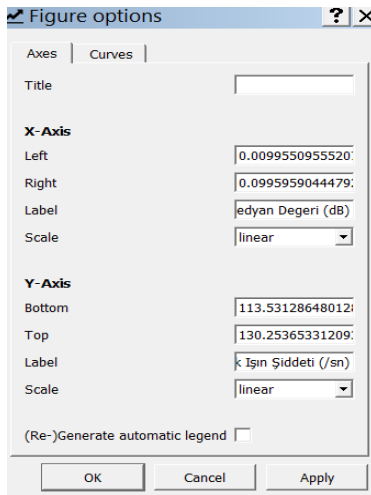


b)



c)

Şekil 3.9. Arayüzde gerçekleştirilen örnek analiz sonuç grafikleri; **a)** Normallik Testi Q-Q grafiği; **b)** Zamansal değişim grafiği; **c)** Korelasyon grafiği



Şekil 3.10. Arayüz analiz sonucu grafiklerine ait temel özelliklerin güncellenmesi

4. BULGULAR

Test alanları için elde edilen, radar görüntülerdeki benek etkisini temsil eden aylık saçılım değerlerinin ve kozmik ışın istasyon verilerinin zamansal değişim grafikleri Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



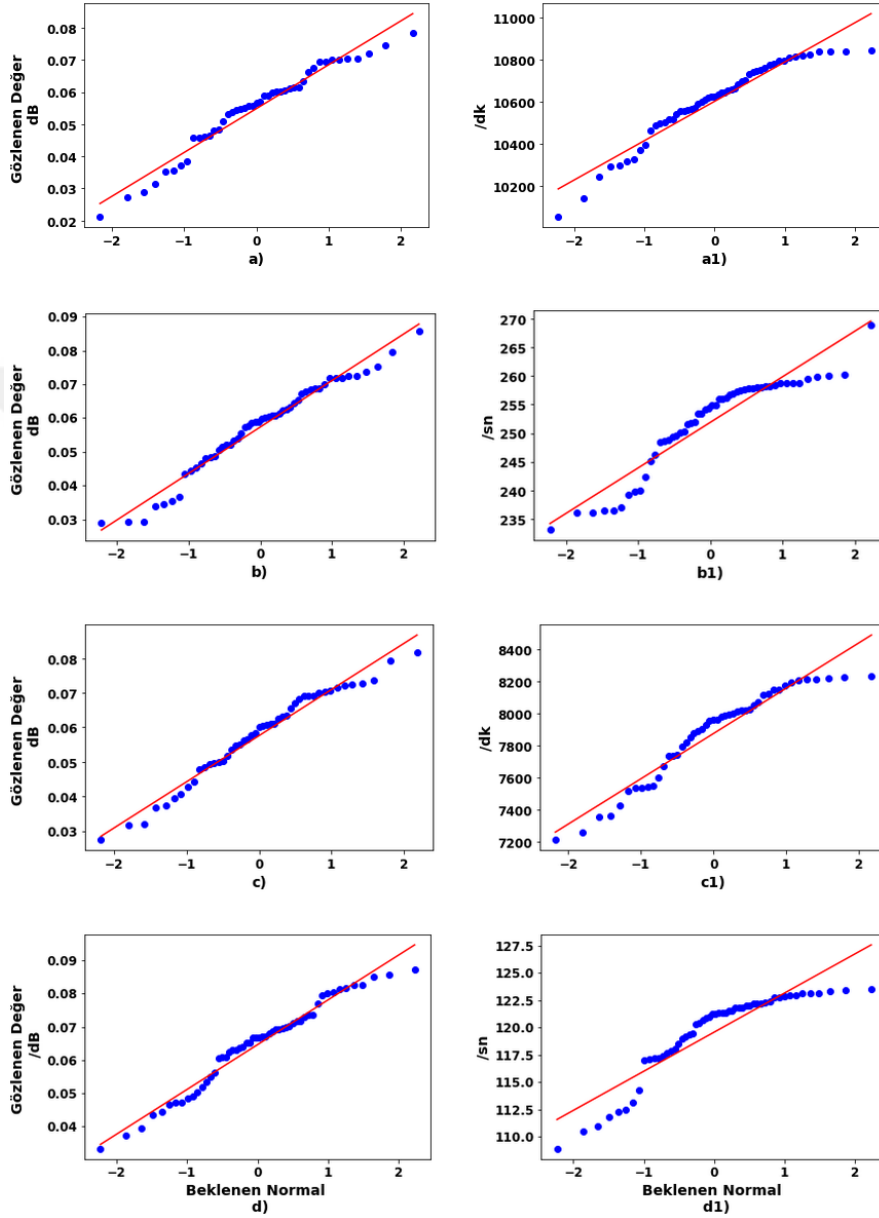
Şekil 4.1. İlgili test alanları için; aylık benek ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin zamansal değişim grafikleri; **a)** Esoi-Tau (İsrail); **b)** Moscow (Rusya); **c)** Peawanuck (Kanada); **d)** Terre Adelie (Fransa)

IBM-SPSS yazılımında gerçekleştirilen sayısal ve grafiksel normal dağılım analizi sonucunda hesaplanan çarpıklık ve basıklık değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İlgili test alanları için; normal dağılım analizinden edinilen çarpıklık ve basıklık katsayıları

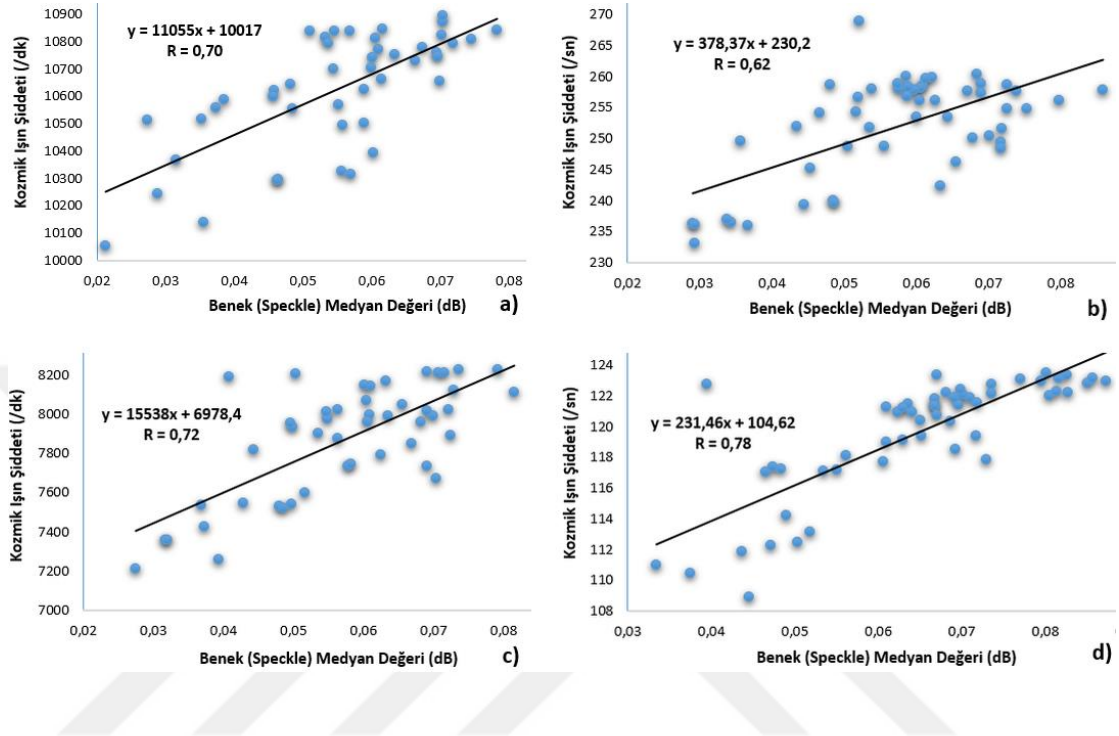
Veri Seti	Çarpıklık (skewness)	Basıklık (kurtosis)
Esoi-Tau (İsrail) Aylık Benek Değeri Verileri	-0,598	-0,261
Esoi-Tau (İsrail) Kozmik Işın Şiddeti Verileri	-0,879	0,333
Moscow (Rusya) Aylık Benek Değeri Verileri	-0,400	-0,401
Moscow (Rusya) Kozmik Işın Şiddeti Verileri	-0,749	-0,313
Peawanuck (Kanada) Aylık Benek Değeri Verileri	-0,423	-0,569
Peawanuck (Kanada) Kozmik Işın Şiddeti Verileri	-0,681	-0,553
Terre Adelie (Fransa) Aylık Benek Değeri Verileri	-0,397	-0,529
Terre Adelie (Fransa) Kozmik Işın Şiddeti Verileri	-1,243	0,555

Beklenen ve gözlenen değerler arasındaki uyumu ortaya koyan Q-Q grafikleri ise Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. İlgili test alanları için; aylık ortalama benek değerlerinin ve kozmik ışıın sayı yoğunluğu verilerinin Q-Q dağılım grafikleri; **a,a1)** Esoi-Tau (İsrail); **b,b1)** Moscow (Rusya); **c,c1)** Peawanuck (Kanada); **d,d1)** Terre Adelle (Fransa)

Tüm test alanlarına ait veriler için gerçekleştirilen Pearson korelasyon analizi sonucunda elde edilen veri setlerinin birbirine göre değişim grafikleri ve korelasyon katsayıları Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. İlgili test alanları için; aylık benek medyan ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin birbirine göre değişimi ve Pearson korelasyon katsayısı; **a)** Esoi-Tau (İsrail); **b)** Moscow (Rusya); **c)** Peawanuck (Kanada); **d)** Terre Adelie (Fransa)

Elde edilen korelasyon katsayılarının %95 güven düzeyi ile hesaplanan güven aralıkları çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Elde edilen korelasyon katsayılarının %95 güven düzeyi ile hesaplanan güven aralıkları

İstasyon	Pearson Korelasyon Katsayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer
Esoi-Tau (İsrail)	0,70	0,52	0,83
Moscow (Rusya)	0,62	0,42	0,77
Peawanuck (Kanada)	0,72	0,55	0,84
Terre Adelie (Fransa)	0,78	0,69	0,88

5. TARTIŞMA

Bu çalışma ile yüksek enerjili kozmik ışınların Sentinel 1 radar uydu görüntüleri üzerindeki etki analizinin tüm Sentinel 1 veri kataloğu bazında ve farklı enlemlerde konumlanmış kozmik ışın istasyon verileri kullanılarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sırasında, Sentinel Copernicus Open Hub açık kaynaklı veri indirme servisi aracılığı ile kullanıcıya sunulmayan tarihlere ait radar verilerinin de, Google Earth Engine veri kataloğunda mevcut olduğu görülmüştür. Ayrıca, veri mevcut olmayan tarihleri indirgemek için aylık değer ortalamalarının kullanılmasının, çalışmanın daha homojen sonuçlar vermesini sağladığı düşünülmektedir.

Burada önerilen yöntem otomatik olmakla birlikte, çok zamanlı uydu görüntülerinin radyometrik ve istatistiksel analizinin belli zamansal ve mekânsal ölçekte gerçekleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. Mekânsal ve radyometrik ön analiz işlemlerinin gerçekleştirildiği Google Earth Engine arayüzü veri kataloğu, hem optik hem de optik olmayan dalga boylarında çeşitli uydu ve hava görüntüleme sistemlerinden gözlemler, çevresel değişkenler, hava ve iklim tahminleri ve geçmiş tahminler veri kümelerini içermektedir (Gorelick vd. 2017). Dolayısı ile önerilen yöntem, optik uydu görüntüleri için de benzer atmosferik etkilerin veya uydu görüntülerinde yansıma değerlerini etkileyebilecek diğer faktörlerin uzun zaman periyodu ve mekânsal sınırlıklarda incelenmesini kolaylaştıracaktır.

Zamansal değişim grafikleri incelendiğinde her iki veri değişim grafiğinde de artan yönde benzer bir trend gözlemlenmiştir.

Pearson korelasyon analizi uygulanarak veri setlerinin birbirine göre uyumunun derecesinin ve yönünün analiz edilmesi amaçlanmış ve anlamlı korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bizim çalışmamızda vardığımız sonuca benzer şekilde Y'acob vd. (2016) LEO'da uzay radyasyonunun uydulara olan etkilerini araştırdıkları çalışmada, yörünge yüksekliği dolayısı ile uzay radyasyonu ile uydular üzerindeki etkilerin doğrusal olarak arttığını tespit etmiştir. Bu yüzden korelasyon analizinin uzay havası etkilerinin analizinde kullanılabilir olduğu yaptığımız çalışma ile de desteklenmiştir. Kozmik ışın ve Güneş kaynaklı radyasyon etkilerinin yoğun olarak görüldüğü İyonosfer tabakasının L bandı ALOS-PALSAR uydu verilerine etkileri Pi (2015) çalışmasında incelenmiştir. İyonosfer tabakasının verilerde gürültüye neden olduğu bildirilmiş ancak dikkate değer seviyede olmadığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde hesaplanan benek değerleri küçük miktarlarda hesaplanmıştır, ancak bu etkinin görülmesi diğer taraftan uzay havası modelleme çalışmalarında fayda sağlama potansiyeline sahiptir. Mannix vd. (2017) çalışmasında da bizim çalışmamızda kullandığımız istasyon verilerinin kullanılmasından farklı olarak L bandı SAR verisindeki iyonosferik etkiler test alanlarındaki GPS verileri ile karşılaştırılmıştır. Bizim çalışmamız da bu yaklaşıma göre sonraki aşamalarda GPS değerlerindeki değişimlerle gösterilen uyum izlenebilir. Ayrıca Köksal vd. (2021) çalışmasında Athens, Baksan, Castilla-La Mancha, Lomnickýstít, Mexico City, Nain, Jungfraujoch ve Tsumeb istasyonları için yaptığı analizler sonucunda radar görüntüsü benek değerleri ile kozmik ışın sayı yoğunluğu değerleri arasında %62 ile %78 arasında korelasyon katsayıları elde etmekle birlikte Athens, Mexico City, Nain ve Tsumeb istasyonları için her iki veri setinin aynı tarihlerde maksimum değer gösterdiğini gözlemlemiştir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kozmik ışınların Sentinel 1 uydu görüntüleri üzerindeki etkisinin analizi için radar görüntüleri üzerindeki benek değerlerinin zaman içindeki değişimi kozmik ışın sayı yoğunluğu verileri ile mukayese edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda; Esoi-Tau (İsrail), Moscow (Rusya), Peawanuck (Kanada) ve Terre Adelie (Fransa) kozmik ışın istasyonlarına yakın test alanları için; Ocak 2015 – Aralık 2019 tarihleri arasındaki aynı tarama açısına ve VH polarizasyonuna sahip, GRD formatındaki tüm radar görüntüleri filtrelenmiş ve analizde kullanılmak üzere ön işlemleri Google Earth Engine arayüzünde gerçekleştirilmiştir. Yansıma değerlerinin homojen olarak incelenebilmesi için, radar görüntülerinde kıyıya belli uzaklıktaki deniz bölgesinden alanlar seçilmiş ve çalışmada kullanılmıştır. Radar görüntülerindeki benek etkileri filtrelenmiş ve ham veri ile işlenmiş veri arasındaki benek değerleri hesaplanmıştır. Son adımda aylık veriler elde etmek amacı ile bu benek fark değerlerinin ortalamaları alınmış ve aylık kozmik ışın sayı yoğunluğu verileri ile korelasyonları hesaplanmıştır.

Analiz sonuçları ele alındığında, hesaplanan benek fark değerlerinin ve kozmik ışın sayı yoğunluğu değerlerinin yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca iki veri setinin zamanla değişim grafikleri birlikte değerlendirildiğinde artan şekilde benzer bir trend (gidişat) gösterdiği görülmüştür.

Pearson korelasyon analizi uygulanarak veri setlerinin birbirine göre uyumunun derecesinin ve yönünün tespit edilmesi amaçlanmış olup ilgili istasyonlar için %62 ile %78 aralığında anlamlı korelasyon katsayıları elde edilmiştir (Şekil 4.3). Dolayısı ile kozmik ışın şiddetine paralel olarak filtrelenmiş ve ham radar görüntüsü geri saçılım değerleri farkı da artmaktadır. Buna göre radar görüntüleri üzerinde kozmik ışınların bir etkisinin olduğu değerlendirilmektedir.

Bu çalışma ile ayrıca diğer yer gözlem uydularına ait verilerin ve kozmik ışın gibi uydu verilerini etkileyebilecek diğer unsurların değerlendirilmesi ile uygulanabilecek ileriki çalışmaların pratikleştirilmesi için, ön analiz ve istatistiksel analiz işlemlerinin otomatik olarak uygulanmasını sağlayan kod ve arayüz tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında farklı dalga boylarındaki SAR görüntülerindeki etkiler yine aynı yöntemle analiz edilebilir. Ayrıca Google Earth Engine kataloğunda optik uydu görüntülerindeki etkiler de yine incelenebilir. Bunun yanında, ilgili analizler sadece su alanlarında değil, diğer alanlarda ancak ilgili tarihlerdeki meteorolojik verilerin de göz önüne alınmasıyla tekrarlanabilir.

7. KAYNAKLAR

- Argenti, F., Lapini, A., Alparone, L., and Bianchi, T. 2013. *A Tutorial on Speckle Reduction in Synthetic Aperture Radar Images. IEEE Geoscience Remote Sensing Mag.*, 1(3): 6–35.
- Bruniquel, J. and A. Lopes. 1997. *Multivariate Optimal Speckle Reduction in SAR Imagery. International Journal of Remote Sensing*, 18(3): 603-627.
- Demir, E., Saatçioğlu, Ö., ve İmrol, F. 2016. *Uluslararası Dergilerde Yayımlanan Eğitim Araştırmalarının Normallik Varsayımları Açısından İncelenmesi. Current Research in Education*, 2(3): 130-148.
- Dilia, R., and Domingo, R. 1999. A SAR Algorithm Development Environment Using Matlab. Computing Research Conference, December, University of Puerto Rico, Mayaguez.
- Dong, Y., Milne, K.A., and Forster, B.C. 2000. A sar speckle filtering algorithm towards edge sharpening. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, pp. 89-95, 16-22 July, Amsterdam.
- Elvidge, S., Godinez, H., Angling, M.J., and Koller, J. 2013. Improved Modelling of Upper Atmospheric Densities using Multi-Model Ensembles, 3rd IMA Mathematics in Defence, pp. 1-7, 24 October, Los Alamos National Laboratory, New Mexico.
- Eraker, J.H. 1982. Origins of the *Low Energy Relativistic Interplanetary Electrons. The Astrophysical Journal*, 257: 862-880.
- Frost, V. S., Stiles, J. A., Shanmugan, K. S., and Holtzman, J. C. 1982. *A Model for Radar Images and Its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 4(2): 157- 165.
- Gagnon, L., Jouan, A. 1997. “Speckle Filtering Of SAR Images: A Comparative Study Between Complex-Wavelet-Based And Standard Filters. Wavelet Applications in Signal and Image Processing V, pp. 80-91, 27 July- 1 August, San Diego.
- Goodman, J. W. 1976. *Some Fundamental Properties of Speckle. Journal of the Optical Society of America*, 66(11): 1145-1150.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. 2017. *Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sens. Environ.*, 202: 18-27.
- Harboe-Sorensen, R., Daly, E., Teston, F., Schweitzer, H., Nartallo, R., Perol, P., Vandenbussche, F., Dzitko, H., and Cretolle, J. 2001. Observation and analysis of single event effects on-board the soho satellite. 6th Europ. Conf. Radiation and Its Effects on Compon. Syst. (RADECS), pp. 37-43, 10-14 September, Grenoble, France.
- Horne, R., Glauert, S., Meredith, N., Boscher, D., Maget, V., Heynderickx, D. and Pitchford, D. 2013. *Space Weather Impacts On Satellites And Forecasting The Earth's Electron Radiation Belts With SPACECAST, Space Weather*, 11(4): 169-186.

- Howell, E. 2018. What Are Cosmic Rays. <https://www.space.com/32644-cosmic-rays.html> [Son erişim tarihi: 15.05.2018].
- Hudson, M., Selesnick, R., Kress, B., Mertens, C. and Engel, M. 2015. *Modeling Geomagnetic Cutoffs For Space Weather Applications*. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 120(7): 5694-5702.
- Inyurt, S. 2022. *Zayıf 01 Şubat 2017 jeomanyetik fırtınasının matematiksel modeli*. *Geomatik*, 7(2): 128-138.
- Katz, I., Mandell, M., Jongeward, G. and Gussenhoven, M.S. 1986. *The Importance of Accurate Secondary Electron Yields in Modeling Spacecraft Charging*. *Journal of Geophysical Research*, 91(12): 13739-13744.
- Klein, K.L. 2012. NMDB-the European neutron monitor database. <https://indico.in2p3.fr/event/7012/contributions/40416/attachments/32686/40258/NMDB/AMS2012.pdf> [Son erişim tarihi: 07.09.2020].
- Kocaman, B. 2019. *Uydularımız Tehdit Altında-Uzay Radyasyonu*. *Tübitak Bilim ve Teknik*, 630: 49-63.
- Koons, H. C., and Chen, M.W. 1999. An Update on the Statistical Analysis of MILSTAR Processor Upsets. Government Microcircuit Applications Conf, pp. 816-819, 8-11 March, California.
- Koons, H.C. and Fennell, J.F. 2006. *Space weather effects on communications satellites*. *URSI Radio Science Bulletin*. 316: 27-41.
- Koons, H.C., Mazur, E., Selesnick, R.S., Blake, J.B., Fennell, J.F., Roeder, L. and Anderson, P.C. 1999. The Impact of the Space Environment on Space System. 6th Spacecraft Charging Technology Conference, pp. 7-11, Air Force Research Laboratory, California.
- Köksal, H., Demir, N. and Kilcik, A. 2021. *Analysis of the Cosmic Ray Effects on Sentinel-1 SAR Satellite Data*. *Aerospace*, 8(3): 62.
- Köse, M.H. 2006. *Uydu Radar Görüntülerinden Üç Boyutlu Sayısal Arazi Modelin Üretilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 78s.
- Kuan, D., Sawchuk, A., Strand, T. and Chavel, P. 1987. *Adaptive restoration of image with speckle*. *IEEE Trans on Acoustic Speech and Signal Processing*, 35(3): 373-383.
- Leach, R.D. and Alexander, M.B. 1995. Failures and Anomalies Attributed to Spacecraft Charging. NASA Reference Publication, Alabama, 23p.
- Lee, J.S. 1981a. *Refined filtering of image noise using local Statistics*. *Computer Graphics and Image Processing*, 15(4): 380-389.
- Lee, J.S. 1981b. *Speckle Analysis and Smoothing of Synthetic Aperture Radar Images*. *Computer Graphics and Image Processing*, 17(1): 24-32.
- Lee, J.S. 1986. *Speckle suppression and analysis for synthetic aperture radar*. *Optical Engineering*, 25(5): 656-643.

- Lee, J.S., Jurkevich, I., Dewaele, P., Wambacq, P. and Oosterlinck, A. 1994. *Speckle Filtering of Synthetic Aperture Radar Images: A Review. Remote Sensing Review*, 8(4): 313-340.
- Liu, X., Hu, G., Chen, Y., Li, X., Xu, X., Li, S. and Pei, F. 2018. *High-resolution multi-temporal mapping of global urban land using Landsat images based on the Google Earth Engine Platform. Remote Sensing of Environment*, 209: 227–239.
- Mannix, C.R., Belcher, D.P. and Cannon, P.S. 2017. *Measurement of Ionospheric Scintillation Parameters From SAR Images Using Corner Reflectors. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(12): 6695-6702.
- Mavromichalaki, H., Eroshenko, E., Belov, A., Yanke, V., Mariatos, G., Laoutaris, A. and Kontiza, A. 2013. *Magnetospheric cut-off rigidity variations recorded by neutron monitors in the events from 2001 to 2010. Journal of Physics Conference Series*, 409(1): 2201-2205.
- Nwankwo, V.U.J., Jibiri, N.N. and Kio, M.T. 2020. The Impact of Space Radiation Environment on Satellites Operation in Near-Earth Space. In: Demyanov, V. and Becedas, J. (Eds.), *Satellites Missions and Technologies for Geosciences*. InTechOpen Publishing, London, pp. 73-75.
- Pi, X. 2015. *Ionospheric Effects on Spaceborne Synthetic Aperture Radar and a New Capability of Imaging the Ionosphere From Space. Space Weather*, 13(11): 737-741.
- Radicella, S.M. 2007. Ionosphere/Positioning and Telecommunications. In: Lilensten, J. (Ed.), *Space Weather Research Towards Applications in Europe*, Springer, Netherlands, pp. 125-127.
- Sesören, A. 1999. *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*. Mart Matbaacılık Sanatları, İstanbul, 124s.
- Sefercik, U.G. 2007. Radar interferometri tekniği ile SYM üretimi ve doğruluk değerlendirmeleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan, Ankara.
- Shea, M.A., Smart, D.F., Allen, J.H. and Wilkinson, D.C. 1992. *Spacecraft Problems in Association with Episodes of Intense Solar Activity and Related Terrestrial Phenomena During March 1991. IEEE Transactions on Nuclear Science*, 39(6): 1754-1760.
- Skolnik, M. 1981. *Introduction to Radar Systems*. McGraw-Hill Book Company, Singapore, 581 p.
- Smart, D.F. and Shea, M.A. 1985. Galactic cosmic radiation and solar energetic particles. In: Jursa A.S. (Ed.), *Handbook of Geophysics and the Space Environment*. Air Force Geophysics Laboratory, Bedford, pp. 6-29.
- Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. 2013. *Using Multivariate Statistics*. Pearson, Northridge, 815p.
- Wilkinson, D.C., Shea, M.A. and Smart, D.F. 2000. *A case history of solar and galactic space weather effects on the GEO COMSAT TDRS-1. Advances in Space Research*, 26(1): 27-30.

- Vampola, A.L., 1987. *Thick Dielectric Charging on High-Altitude Spacecraft*. *Journal of Electrostatics*, 20(1): 21-30.
- Ya'acob, N., Zainudin, A., Magdugal, R. and Naim, N.F. 2016. Mitigation of space radiation effects on satellites at low earth orbit (LEO). 6th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), pp. 56-61, 25-27 November, Penang, Malaysia.



ÖZGEÇMİŞ

Hakan KÖKSAL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012-2017	Fen Fakültesi, Uzun Bilimleri ve Teknolojileri

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Köksal, H., Demir, N. and Kilcik, A. 2021. Analysis of the Cosmic Ray Effects on Sentinel-1 SAR Satellite Data. Aerospace, 8(3): 62.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Demir, N. ve Köksal, H. 2018. Vatandaş Bilimi Tabanlı Vektör Haritaların Kullanılması ile İnsansız Hava Aracından Elde Edilen Görüntülerin Yöneltilmesi için Otomatik Yer Kontrol Noktası Üretimi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 33(4): 255-266.