



TÜBİTAK–2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI

Başvuru formunun Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanması ve ekler hariç toplam 20 sayfayı geçmemesi beklenir (Alt sınır bulunmamaktadır). Değerlendirme araştırma önerisinin özgün değeri, yöntemi, yönetimi ve yaygın etkisi başlıkları üzerinden yapılacaktır.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

.....Yılı

... Dönem Başvurusu

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

A. GENEL BİLGİLER

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı: Naile Rana Çiçek
Araştırma Önerisinin Başlığı: IMF Büyüklüğü ve Güneş Rüzgarı Hızının Jeomanyetik Fırtınaların Şiddetini ve Teknolojik Etkilerini Tahmin Etmedeki Rolü
Danışmanın Adı Soyadı: Sümeyye Bakım
Araştırmanın Yürütüleceği Kurum/Kuruluş: KTO Karatay Üniversitesi

ÖZET

Türkçe özetin araştırma önerisinin (a) özgün değeri, (b) yöntemi, (c) yönetimi ve (d) yaygın etkisi hakkında bilgileri kapsamı beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

Özet

Bu araştırma, jeomanyetik fırtınaların şiddetini ve süresini, IMF (Gezegenler Arası Manyetik Alan) büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızı gibi temel parametreleri kullanarak daha doğru bir şekilde tahmin etmeyi amaçlayan yenilikçi bir model geliştirmeyi hedeflemektedir. Jeomanyetik fırtınalar, uzay ve yer tabanlı teknolojilere ciddi zararlar verebilen doğa olaylarıdır. GPS, radyo iletişimi, enerji şebekeleri ve uydu yörüngelerini etkileyebilmekte, hatta astronotlar için tehlike yaratabilmektedir. Bu fırtınaların şiddetini tahmin edebilmek, söz konusu etkileri hafifletmek açısından büyük önem taşımaktadır. IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızı bu tür olayların tahmininde kritik parametreler olarak öne çıkmaktadır.

Literatürde IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızının jeomanyetik fırtına başlangıcındaki rolü üzerine çalışmalar yapılmıştır. Özellikle, IMF'nin güney yönelimli Bz bileşeni, jeomanyetik fırtınaların başlatıcı bir unsuru olarak sıklıkla incelenmiştir. Ayrıca, yüksek hızlı güneş rüzgarlarının manyetosferi sıkıştırarak jeomanyetik fırtınalara yol açabileceği gösterilmiştir. Önceki araştırmalar, IMF ve güneş rüzgarı hızı arasındaki ilişkilerin jeomanyetik bozulmalarla güçlü bir korelasyon sergilediğini ortaya koymakla birlikte, bu iki parametrenin birlikte nasıl daha hassas bir tahmin modeli oluşturabileceği konusunda sınırlı bir anlayış sunmaktadır. Mevcut modeller çoğunlukla kısa süreli olayların tahmininde başarılı iken, uzun vadeli uzay hava tahminlerinde belirsizlikler devam etmektedir. Bu nedenle, daha kapsamlı analizler ve daha hassas tahmin modellerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızının birlikte ele alındığında jeomanyetik fırtına şiddetini daha doğru şekilde tahmin edebileceği incelenmektedir. Araştırmada, zaman serisi analizleri kullanılarak geçmiş jeomanyetik olaylar ile bu iki parametre arasındaki korelasyon incelenecek; lineer regresyon ve korelasyon analizleri ile bu parametrelerin tahmin gücü test edilecektir. Elde edilen sonuçlar mevcut tahmin modelleri ile karşılaştırılarak performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

Hipotez olarak, IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızı parametrelerinin birlikte ele alınmasının, jeomanyetik fırtınaların şiddetini ve süresini daha hassas bir şekilde tahmin etmeye olanak tanıyacağı öngörülmektedir. Ayrıca, bu iki parametre arasındaki korelasyonun bazı kritik eşik değerlerde belirgin artış göstereceği ve bu eşiklerin uzay hava olaylarının öngörüsünde kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu araştırmanın bulguları, uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırarak, özellikle uzay ve yer tabanlı altyapıların güvenliğini sağlamada önemli katkılar sunacaktır. **Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının 9.1 ve 9.c maddeleriyle uyumlu olarak**, araştırma; dayanıklı altyapıların inşası, yenilikçiliğin teşviki ve bilgi ile iletişim teknolojilerine erişimin artırılmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu sayede uzay hava tahminlerinin teknolojik altyapılarla entegrasyonu sağlanarak, bölgesel ekonomik kalkınmaya da katkı sunulacaktır.

Bu proje, Güneş'ten kaynaklanan IMF (gezegenler arası manyetik alan) ve güneş rüzgarı gibi uzay ortamı parametrelerinin Dünya'nın manyetik alanı üzerindeki etkilerini inceleyerek, uzay ortamında meydana gelen bozulmaların teknolojiye ve altyapıya olan etkilerini anlamayı amaçlamaktadır. Jeomanyetik fırtınaların neden olduğu elektrik kesintileri, uydu hasarları ve iletişim arızaları gibi etkiler, uzay ortamı koşullarının Dünya üzerindeki doğrudan sonuçlarıdır. Projede, IMF ve güneş rüzgarı hızına dayalı tahmin modelleri geliştirilerek bu etkilerin daha hassas öngörülmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle, proje, uzay ortamının teknolojik sistemler üzerindeki etkilerini anlamaya ve bu etkileri en aza indirmeye yönelik çözüm önerileri sunması bakımından **Uzay Ortamı Etkileri** alanına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gezegenler Arası Manyetik Alan, Güneş Rüzgarı, Jeomanyetik Fırtına, Korelasyon, Uzay Ortamı Tahmini

1. ÖZGÜN DEĞER

1.1. Konunun Önemi, Araştırma Önerisinin Özgün Değeri ve Araştırma Sorusu/Hipotezi

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı ve sınırları ile önemi literatürün eleştirel bir değerlendirmesinin yanı sıra nitel veya nicel verilerle açıklanır.

Özgün değer yazılırken araştırma önerisinin bilimsel değeri, farklılığı ve yeniliği, hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği ve/veya ilgili bilim veya teknoloji alan(lar)ına kavramsal, kuramsal ve/veya metodolojik olarak ne gibi özgün katkılarda bulunacağı literatüre atıf yapılarak açıklanır.

Önerilen çalışmanın araştırma sorusu ve varsa hipotezi veya ele aldığı problem(ler)i açık bir şekilde ortaya konulur.

Jeomanyetik fırtınalar, Güneş'teki çeşitli olayların tetiklediği gezegenler arası manyetik alan (IMF) ve güneş rüzgarı plazma emisyonlarındaki anormal koşullar nedeniyle Dünya'nın manyetik alanında meydana gelen küresel bozulmalardır. Basit bir ifadeyle, IMF ve güneş rüzgarı gibi parametrelerdeki enerji değişimlerinin Dünya yüzeyinde yol açtığı rahatsızlıklarla kendini gösteren, uzay kaynaklı hava olaylarıdır. Güneş'ten gelen yüklü parçacıkların Dünya'nın manyetik alanıyla etkileşime girmesi sonucu ortaya çıkan bu kozmik fırtınalar, özellikle manyetosfer ve iyonosfer üzerinde büyük çaplı bozulmalara yol açabilir (Rathore vd., 2011).

Bu fırtınalar, genellikle IMF'deki anomaliler ve yoğun güneş rüzgarı emisyonları nedeniyle tetiklenir (Kaushik vd., 2000). Güneş rüzgarı, IMF'yi taşıyan bir akış olarak, Güneş'teki patlamalar ve koronal delikler sonucu ortaya çıkar. Bu plazma akımları Dünya'nın manyetik alanına çarptığında, iyonosfer ve manyetosfer üzerinde bir dizi dinamik etkileşime yol açar. Bu etkileşimler sonucunda meydana gelen jeomanyetik fırtınalar; elektrik kesintileri, uydu hasarları, iletişim arızaları ve navigasyon sorunları gibi çeşitli sonuçlara yol açarak teknolojik altyapılar üzerinde ciddi etkilere neden olabilir (Gonzalez vd., 1994; Lakhina, 1994; Joselyn ve McIntosh, 1981; Akasofu, 1983). Bu bozulmaların incelenmesi, Güneş ve Dünya arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamak açısından büyük önem taşır.

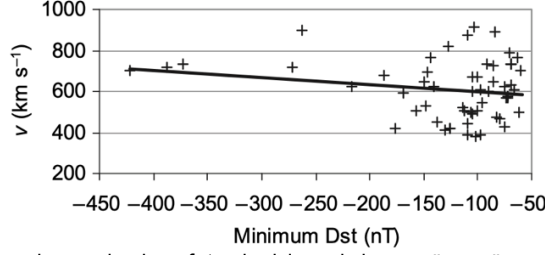
Jeomanyetik fırtınaların etkileri çoğunlukla iyonosferdeki manyetik bozulmalarla ilişkilidir. Örneğin, Mart 1989'da meydana gelen büyük jeomanyetik fırtına, Kanada'nın Québec eyaletinde 9 saat süren geniş çaplı bir elektrik kesintisine neden olmuş, bu olay modern altyapı sistemleri üzerinde jeomanyetik fırtınaların doğrudan etkilerinin ciddi sonuçlara yol açabileceğini göstermiştir. Fırtınalar sırasında iyonosferde oluşan akımlar ve enerjik parçacıklar, üst atmosferde ısı enerjisi üretir; bu durum alçak Dünya yörüngesindeki uydularda ekstra sürtünme yaratarak GPS sinyallerini bozabilir ve konum hatalarına yol açabilir (Yeh vd., 1992). Bu fırtınalar aynı zamanda GNSS gibi navigasyon sistemlerini de bozarak elektrik şebekelerinde ve boru hatlarında zararlı jeomanyetik kaynaklı akımlar (GIC) oluşturabilir (Rathore vd., 2011).

IMF, Güneş'ten gelen ve Güneş Sistemi boyunca taşınan bir manyetik alan olup, yönü ve gücü, jeomanyetik fırtınaların şiddeti ve auroral aktivitelerin konumu üzerinde belirleyici bir rol oynar. IMF'nin güney yönelimi, jeomanyetik fırtınaların gelişmesinde kritik öneme sahiptir; özellikle -10 nT veya daha düşük değerlerdeki güney yönelimi, Dünya'nın manyetosferi ile IMF arasında enerji transferi sağlayarak fırtına şiddetini artırabilir (Cowley, 1995). Güneş rüzgarı ise IMF'yi taşıyan akış olarak, jeomanyetik etkilerin önemli bir belirleyicisidir ve Güneş yüzeyindeki patlamalar ve koronal delikler nedeniyle hızında ve yoğunluğunda değişiklikler meydana gelebilir (Howard vd., 1985).

Bu çalışmada, jeomanyetik fırtınaların yoğunluğunu tahmin etmek için Omniweb'den elde edilecek veriler üzerinden zaman serisi analizleri yapılacaktır. Bu veri seti, bir güneş döngüsü seçilerek belirlenecek ve bu döngü boyunca IMF (gezegenler arası manyetik alan) ve güneş rüzgarı gibi temel parametreler incelenecektir. Analiz kapsamında, parametreler arasındaki korelasyon değerlendirilecek ve bir model kurulması planlanmaktadır. Bu sayede, jeomanyetik fırtına şiddetinin, güneş aktiviteleriyle olan ilişkisi daha detaylı olarak anlaşılabilir ve uzay hava tahminleri için yeni bir model önerilecektir.

Ayrıca, Mansilla (2008) tarafından yapılan çalışmaya dayanan ve 2000-2005 yılları arasındaki jeomanyetik fırtınalar ile güneş rüzgarı hızının ilişkisinin incelendiği Şekil 1, bu çalışmanın analizine temel teşkil etmektedir. Şekil 1'te görüldüğü üzere, maksimum güneş rüzgarı hızının jeomanyetik fırtına şiddetiyle (Dst indeksi) olan ilişkisinde geniş bir saçılma gözlemlenmektedir. Çalışma, özellikle yüksek şiddetteki jeomanyetik fırtınaların (Dst < -350 nT) daha yüksek güneş rüzgarı hızlarıyla bağlantılı olmadığını göstermektedir. Bunun sonucunda, güneş rüzgarı hızının jeomanyetik fırtınalar üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu ve IMF'nin güney bileşeninin (Bz) fırtına şiddeti üzerinde daha belirleyici bir rol oynadığı öne sürülmektedir.

Bu bağlamda, çalışmamızda da IMF ve güneş rüzgarı hızı parametrelerinin etkileşimli etkilerinin incelenmesi, daha doğru uzay hava tahminleri sağlamak açısından önem arz etmektedir.



Şekil 1: 2000-2005 döneminde meydana gelen bazı fırtınalar için maksimum güneş rüzgarı hızı ile maksimum Dst değerleri arasındaki ilişki (Mansilla, 2008).

Uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla IMF ve güneş rüzgarı verilerinin birlikte ele alınarak incelenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, NASA'dan elde edilecek Proton Yoğunluğu (n/cc) gibi parametrelerin analizi, uzay hava tahminlerinin güvenilirliğini güçlendirmek açısından değerli bilgiler sunabilir. Güneş rüzgarları ile Dünya'nın manyetik alanı arasında güçlü bir ilişki olduğu gibi, IMF ve jeomanyetik fırtınalar arasında da benzer bir ilişki bulunmaktadır.

Literatür çalışmaları, IMF ve güneş rüzgarı parametrelerinin jeomanyetik fırtınalarla ilişkisini vurgulamakta ve bu parametrelerin birlikte ele alındığında uzay hava tahminlerinde daha doğru sonuçlar sağlayabileceğini öne sürmektedir (Sabbah, 2000). Bununla birlikte, mevcut tahmin modelleri genellikle bu iki parametreyi ayrı ayrı ele alır ve uzun vadeli tahminlerde sınırlamalara sahiptir. Bu çalışma, IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızının bir arada değerlendirilmesiyle daha hassas bir jeomanyetik fırtına tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, zaman serisi analizleri ve doğrusal regresyon yöntemleri kullanılarak geçmiş jeomanyetik olaylar ile bu parametrelerin korelasyonları analiz edilecek, ardından mevcut tahmin modelleriyle karşılaştırılarak olası iyileştirmeler değerlendirilecektir.

Bu çalışmanın özgün değeri, IMF ve güneş rüzgarının birlikte ele alınarak jeomanyetik fırtına şiddetini daha doğru bir şekilde tahmin edebilecek bir model sunmasında yatmaktadır. Çoğu mevcut çalışma tek bir parametreye odaklanırken, bu araştırmada her iki parametrenin birlikte etkisi incelenecektir. Çalışmanın hipotezi, IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızının birlikte ele alındığında, jeomanyetik fırtına şiddetini ve süresini daha hassas bir şekilde tahmin edebileceğidir. Bu özgün yaklaşım, IMF ve güneş rüzgarı ilişkisini daha derinlemesine inceleyerek jeomanyetik fırtınaların oluşumu ve gelişimi hakkında yeni bilgiler sunacak; bu da uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırarak uydu sistemlerinin korunması, iletişim altyapısının güvenilirliği ve enerji şebekelerinin dayanıklılığı gibi alanlarda önemli katkılar sağlayacaktır.

1.2. Amaç ve Hedefler

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve araştırma süresince ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

Amaç: Bu araştırma önerisinin temel amacı, gezegenler arası manyetik alan (IMF) ve güneş rüzgarı parametrelerine dayalı olarak jeomanyetik fırtınaların şiddetini daha doğru tahmin eden bir model geliştirmektir. Bu bağlamda proje, özellikle IMF'nin güney bileşeni (Bz) ve güneş rüzgarı hızı gibi anahtar parametreler ile jeomanyetik fırtına şiddeti arasındaki korelasyonları inceleyerek yeni bir tahmin yöntemi önermeyi amaçlamaktadır.

Projenin hedefleri şu şekilde sıralanmıştır:

1. Analiz İçin Uygun Zaman Aralığının Belirlenmesi: NASA OMNIWeb veri seti içerisinde yüksek ve düşük güneş aktivitesi dönemlerini, çeşitli jeomanyetik aktivite koşullarını içeren zaman aralıklarını belirlemek. Bu seçim, geniş bir veri seti sağlayarak sağlam bir tahmin modelinin geliştirilmesine temel oluşturacaktır.

2. Veri Toplama ve Ön İşleme: IMF büyüklüğü, güneş rüzgarı hızı ve Dst gibi jeomanyetik indekslere odaklanarak OMNIWeb platformundan yüksek çözünürlüklü güneş rüzgarı ve IMF verilerinin toplanması. Bu verilerde eksik değerler, anormallikler ve aykırı değerler temizlenerek ve normalleştirilerek derinlemesine istatistiksel analizlere hazır hale getirilecektir.

3. Temel İstatistiksel Analizlerin Yapılması: Veri setinin yapısını ve özelliklerini anlamak amacıyla keşifsel veri analizi (KVA) gerçekleştirmek. Her parametre için özet istatistiklerin (ortalama, medyan, standart sapma)

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

hesaplanması, veri setindeki eğilimlerin, dağılımların ve mevsimsel değişimlerin görselleştirilmesi (çizgi grafikleri, histogramlar) hedeflenmektedir.

4. Anahtar Parametreler Arasındaki Korelasyonun İncelenmesi: IMF'nin güney bileşeni (Bz), güneş rüzgarı hızı ve Dst gibi jeomanyetik indeksler arasındaki korelasyonları analiz etmek. Bu analiz, jeomanyetik fırtına şiddeti ile en güçlü ilişkiye sahip parametrelerin belirlenmesine ve modelleme için değişken seçiminde iyileştirmeler yapılmasına katkı sağlayacaktır.

5. Doğrusal Regresyon Modeli Geliştirme ve Test Etme: Jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin etmek amacıyla doğrusal bir regresyon modeli oluşturmak. Ana tahmin değişkenleri olarak güney IMF bileşeni (Bz) ve güneş rüzgarı hızını kullanarak modelin performansı, tahmin edilen ve gözlemlenen jeomanyetik fırtına şiddetleri karşılaştırılarak değerlendirilecektir. Modelin doğruluğu ve uyumu, R-kare ve kalıntı analizi gibi ölçütlerle test edilecektir.

6. Uzun Vadeli Tahmin ve Öngörü Potansiyeli: Geliştirilen modelin uzay hava tahminlerinde uzun vadeli uygulama potansiyelini değerlendirmek. Modelin daha fazla veri ile güçlendirilmesi ve doğrulanması yoluyla, güneş rüzgarı ve IMF parametrelerine dayalı bir tahmin aracı geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu araç, jeomanyetik fırtına etkilerinin önceden öngörülmesini sağlayarak teknolojik altyapılar üzerindeki olumsuz etkilerin hafifletilmesine katkı sunabilir.

Bu proje, ülkemizde disiplinler arası çalışmaları teşvik ederek, öğrenciler, mühendisler ve akademisyenler için yenilikçi araştırmalara yön verecek bir odak noktası olmayı amaçlamaktadır. Araştırma bulguları, akademik çalışmalarını derinleştirmek, farklı mühendislik alanlarına uygulama alanları sağlamak ve jeomanyetik fırtınaların etkilerini azaltmaya yönelik teknolojik çözümler geliştirmeye katkı sunabilecektir. Bu proje, gelecekte yapılacak mühendislik projelerine temel oluşturarak, özellikle uzay hava tahmini alanında önemli bir stratejik adım olabilir ve özellikle bu alanda lisansüstü çalışma yapmayı planlamakta olan proje yürütücüsünün akademik kariyerlerine temel oluşturacak bir fırsat sunmaktadır.

2. YÖNTEM

Araştırma önerisinde uygulanacak yöntem ve araştırma teknikleri (veri toplama araçları ve analiz yöntemleri dahil) ilgili literatüre atıf yapılarak açıklanır. Yöntem ve tekniklerin çalışmada öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olduğu ortaya konulur.

Yöntem bölümünün araştırmanın tasarımı, bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve istatistiksel yöntemleri kapsamı gerekir. Araştırma önerisinde herhangi bir ön çalışma veya fizibilite yapıldıysa bunların sunulması beklenir. Araştırma önerisinde sunulan yöntemlerin iş paketleri ile ilişkilendirilmesi gerekir.

Bu çalışmada, jeomanyetik fırtınaların şiddetini IMF (Gezegenler Arası Manyetik Alan) ve güneş rüzgarı hızına bağlı olarak daha doğru bir şekilde tahmin edebilmek amacıyla Python programlama dili kullanılarak kapsamlı bir veri analizi ve modelleme süreci izlenecektir. Python'un esnek veri işleme kütüphaneleri (Pandas, NumPy) ve veri görselleştirme araçları (Matplotlib, Seaborn) ile istatistiksel analizler ve doğrusal regresyon modelleme gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, veri bilimi ve makine öğrenimi için yaygın kullanılan Scikit-Learn kütüphanesi de modelleme aşamalarında kullanılacaktır.

İş Paketi 1: Veri Toplama ve Zaman Aralığının Belirlenmesi

Bu iş paketinde, NASA'nın OMNIWeb (bkz : <https://omniweb.gsfc.nasa.gov>) veri tabanından sağlanacak, yüksek çözünürlüklü 1 dakikalık veya 5 dakikalık ortalamalarla sunulan güneş rüzgarı ve IMF verileri kullanılacaktır. Projede kullanılacak veri seti, yüksek ve düşük güneş aktivitesi dönemlerini kapsayacak bir zaman aralığında seçilecektir. Zaman aralığının belirlenmesi, jeomanyetik fırtınaların şiddetini etkileyen çeşitli koşulları içermesi bakımından önemlidir. OMNIWeb arayüzü kullanılarak; IMF'nin güney bileşeni (Bz), güneş rüzgarı hızı, Dst ve proton yoğunluğu gibi anahtar parametreler belirli dönemler için indirilecek ve araştırma amaçlarına uygun olarak analiz edilecektir.

Veri Toplama Süreci:

- Ara yüz Kullanımı:** OMNIWeb arayüzünden, kullanıcıların ilgilendiği zaman aralığını günlük veya saatlik çözünürlükte belirlemeleri ve veri türlerini seçmeleri gerekmektedir.
- Zaman Aralığı Seçimi:** Proje kapsamında kullanılacak verilerin içerdiği zaman dilimi, uzun süreli jeomanyetik değişimleri ve güneş aktivitesi koşullarını göz önünde bulundurarak, bir güneş döngüsünü (11 yıllık bir dönem) veya döngü içerisindeki seçilmiş birkaç yılı kapsayacak şekilde ayarlanacaktır.

- **Yüksek Çözünürlüklü Veri İndirimi:** Veri seti, IMF ve güneş rüzgarı parametreleri için 1 dakikalık veya 5 dakikalık ortalama verilerle indirilecek olup, araştırmada analiz edilecek veri miktarını ve detayını optimize etmek amacıyla günlük veya saatlik çözünürlüğe uygun şekilde bölünecektir.

İş Paketi 2: Veri Ön İşleme

Bu aşamada, OMNIWeb veri setindeki eksik, aykırı veya anormal değerler tespit edilerek temizlenecektir. Veriler aşağıdaki şekilde ön işleminden geçirilecektir:

1. **Eksik Değerlerin Giderilmesi:** Eksik veriler, interpolasyon veya uygun veri tamamlama yöntemleri kullanılarak tamamlanacaktır.
2. **Aykırı Değer Analizi:** Veri setinde bulunan uç değerler (örneğin, Bz veya güneş rüzgarı hızında aşırı yüksek ya da düşük değerler), z-puanı yöntemiyle tespit edilip ayıklanacaktır.
3. **Normalizasyon:** Verilerin farklı ölçeklerde olması durumunda tüm parametreler

$$X_{norm} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

formülü ile normalize edilecektir.

Bu adımın amacı, veri setini analizler için tutarlı ve güvenilir bir hale getirmektir.

İş Paketi 3: Veri Analizi

Bu iş paketinde, veri setinin özelliklerini anlamak amacıyla keşifsel veri analizi yapılacaktır. Veri analizi aşağıdaki bileşenleri içermektedir:

1. **Özet İstatistiklerin Hesaplanması:** Her bir parametre için ortalama (μ), medyan, standart sapma (σ) ve varyans (σ^2) hesaplanacaktır. Bu özet istatistikler, veri setindeki genel eğilimleri gösterecektir.
2. **Görselleştirme:** Verilerin zamana göre değişimini incelemek amacıyla çizgi grafikleri, histogramlar ve dağılım grafikleri oluşturulacaktır. Mevsimsel veya dönemsel değişiklikleri ortaya çıkarmak için veri kümesi alt gruplara ayrılarak incelenecektir.

İş Paketi 4: Parametreler Arasındaki Korelasyon Analizi

Jeomanyetik fırtına şiddeti ile güçlü bir ilişkiye sahip anahtar parametrelerin belirlenmesi amacıyla korelasyon analizleri yapılacaktır. Bu aşamada yapılacak işlemler:

1. **Korelasyon Katsayısının Hesaplanması:** IMF'nin Bz bileşeni, güneş rüzgarı hızı ve Dst arasındaki korelasyon Pearson korelasyon katsayısı ile belirlenecektir:

$$r_{xy} = \frac{\sum (X - \mu_x)(Y - \mu_y)}{\sqrt{(\sum (X - \mu_x)^2)(\sum (Y - \mu_y)^2)}}$$

Bu analiz sonucunda, jeomanyetik fırtınaların şiddetini en güçlü şekilde belirleyen parametreler belirlenecektir.

2. **Korelasyon Matrisinin Oluşturulması:** Tüm parametrelerin birbiriyle ilişkisini gösteren bir korelasyon matrisi oluşturulacak ve ilişkilerin gücü incelenecektir.

İş Paketi 5: Doğrusal Regresyon Modelinin Geliştirilmesi

Bu iş paketinde, anahtar parametrelerin (Bz, güneş rüzgarı hızı) jeomanyetik fırtına şiddetini (Dst) tahmin etmek amacıyla doğrusal regresyon modeli geliştirilecektir. Model aşağıdaki adımları içermektedir:

1. **Model Kurulumu:** Doğrusal regresyon modeli, bağımlı değişken YY (Dst indeksi) ve bağımsız değişkenler X_1 (Bz bileşeni) ve X_2 (güneş rüzgarı hızı) olacak şekilde aşağıdaki formda oluşturulacaktır:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon.$$

Burada β_0 kesişim noktası, β_1 ve β_2 regresyon katsayıları ve ϵ ise hata terimidir.

2. **Katsayıların Tahmini:** En küçük kareler yöntemi (OLS) kullanılarak regresyon katsayıları tahmin edilecektir: $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$.
3. **Model Performansının Değerlendirilmesi:** Model performansı, R-kare (R^2) ve kök ortalama kare hata (RMSE) ile değerlendirilecektir:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}, \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}.$$

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

Regresyon modelinde, bağımlı ve bağımsız değişkenler proje amacına uygun olarak jeomanyetik fırtınaların şiddetini tahmin etmek için tanımlanacaktır.

Bağımlı Değişken (Y): Bu proje kapsamında bağımlı değişken, **jeomanyetik fırtına şiddetini** gösteren **Dst indeksi** olacaktır. Dst indeksi, Dünya'nın manyetik alanında güneş aktiviteleri nedeniyle meydana gelen sapmaları ölçer ve jeomanyetik fırtınaların yoğunluğunu belirlemede yaygın olarak kullanılır. Dst değerindeki düşüşler, fırtına şiddetinin artması anlamına gelir, bu nedenle bu indeks jeomanyetik aktivitenin doğrudan bir göstergesi olarak modellenabilir.

Bağımsız Değişkenler (X): Jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin etmek için seçilen bağımsız değişkenler, güneş aktivitesini ve gezegenler arası manyetik alanı temsil eden parametrelerden oluşacaktır:

- **IMF'nin Güney Bileşeni (Bz):** IMF (Gezegenler Arası Manyetik Alan) Bz bileşeni, jeomanyetik aktivite üzerinde güçlü bir etkiye sahip olan kritik bir parametredir. Özellikle Bz'nin negatif yönelimde olması, Dünya'nın manyetosferine enerji girişini artırarak jeomanyetik fırtına riskini yükseltir.
- **Güneş Rüzgarı Hızı:** Güneş rüzgarı hızı, Dünya'nın manyetik alanı ile etkileşime giren enerji miktarını etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek hızdaki güneş rüzgarları, manyetosferin sıkışmasına ve dolayısıyla jeomanyetik bozulmaların artmasına yol açabilir.

Bu bağımsız değişkenlerin Dst indeksi üzerindeki etkilerini incelemek, jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin eden bir model geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Doğrusal regresyon, hem teorik hem de pratik açıdan oldukça güçlü bir modelleme aracıdır (Draper, 1998; Kutner vd., 2005). Kutner vd (2005), bu modelin çoklu regresyon analizleri için nasıl uygulanabileceğine dair ayrıntılı bir kaynak sunarken, Montgomery vd (2021) doğrusal modellerin mühendislik ve bilimsel araştırmalarda yaygın olarak kullanıldığını göstermiştir. Ayrıca, Weisberg (2005) modelin varsayımları ve bu varsayımların ihlal edilmesi durumunda alınacak önlemler hakkında kapsamlı bir analiz sunar.

İş Paketi 6: Sonuçların Değerlendirilmesi

Analiz ve modelleme sonuçlarının değerlendirilmesi, güneş rüzgarı ve IMF parametrelerinin jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin etme üzerindeki etkisini ortaya koyacaktır. Elde edilen bulgular, güneş rüzgarı hızı ve IMF'nin Bz bileşeni gibi parametrelerin Dst indeksindeki değişimleri ne ölçüde açıkladığını göstererek, bu parametrelerin fırtına şiddetini öngörme gücünü değerlendirecektir. Doğrusal regresyon modeli ile bağımsız değişkenlerin jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin etme kapasitesi incelenecek ve modelin doğruluğu literatürdeki modellerle karşılaştırılarak tartışılacaktır. Bu analizlerin sonucunda, hangi uzay hava parametrelerinin jeomanyetik fırtına şiddetini daha doğru şekilde öngörebileceği belirlenerek, uzay hava tahminlerinin güvenilirliğini artırmaya yönelik çıkarımlar yapılacaktır.

OMNIWeb veri setinin yüksek örnekleme hızı ve kapsamlı veri içeriği sayesinde, güneş rüzgarı ve IMF parametrelerinin zamana bağlı değişimlerinin detaylı analiz edilmesi mümkündür. Bu sayede, jeomanyetik fırtınaların zaman içindeki dinamiklerini hem ham veriler üzerinden hem de parametrik analizlerle incelemek mümkündür. Veri setinin içeriği, güneş aktivitesi kaynaklı jeomanyetik olayların Dünya üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik istatistiksel analizler ve doğrusal regresyon modellemesi için uygundur. Parametrelerin farklı aktivite dönemlerindeki değişimlerini inceleyerek, jeomanyetik fırtına şiddetini etkileyen kritik güneş rüzgarı hızları ve IMF bileşenlerini belirlemek amaçlanmaktadır. Bu tasarım, uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırmak ve jeomanyetik fırtınaların teknolojik sistemler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik yeni modelleme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu yöntem ve analizler, uzay hava tahmini ve jeomanyetik fırtına çalışmalarında kullanılan yöntemleri temel alarak literatürdeki diğer çalışmalarla uyumlu pratik bir yaklaşım sunmaktadır (Richardson ve Cane, 2010; Gonzalez vd., 1994; Tsurutani vd. 1992; Zhang vd., 2007; Echer vd., 2008).

3 PROJE YÖNETİMİ

3.1 İş- Zaman Çizelgesi

Araştırma önerisinde yer alacak başlıca iş paketleri ve hedefleri, her bir iş paketinin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştırmanın başarısına katkısı “İş-Zaman Çizelgesi” doldurularak verilir. Literatür taraması, gelişme ve sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, makale yazımı ve malzeme alımı ayrı birer iş paketi olarak gösterilmemelidir.

Başarı ölçütü olarak her bir iş paketinin hangi kriterleri sağladığında başarılı sayılacağı açıklanır. Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir.

İŞ-ZAMAN ÇİZELGESİ (*)

İP No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Zaman Aralığı (1-12Ay)	Başarı Ölçütü ve Projenin Başarısına Katkısı
1	Veri Toplama ve Zaman Aralığının Belirlenmesi: NASA'nın OMNIWeb veri tabanından IMF ve güneş rüzgarı verilerinin yüksek çözünürlükte indirilmesi ve uygun zaman aralığının seçilmesi.	Yürütücü ve Danışman	1 Ay	Başarı Ölçütü: Veri setinin eksiksiz ve doğru şekilde toplanması, güneş aktivitesinin yoğun olduğu dönemlerini içermesi. Katkısı: Çalışmanın analiz süreci için kapsamlı ve değerli bir veri temeli oluşturulması.
2	Veri Ön İşleme: Eksik, aykırı ve anormal değerlerin temizlenmesi ve verilerin normalize edilmesi.	Yürütücü ve Danışman	1 Ay	Başarı Ölçütü: Temizlenmiş, sürekli, analiz için tutarlı ve normalize edilmiş bir veri setinin oluşturulması. Katkısı: Veri setinin güvenilir hale getirilerek analiz süreçlerinin sağlıklı yürütülmesini sağlaması.
3	Veri Analizi: Keşifsel veri analizi ile özet istatistiklerin hesaplanması ve görselleştirilmesi.	Yürütücü ve Danışman	3 Ay	Başarı Ölçütü: Parametrelerin istatistiklerinin doğru hesaplanması ve görsellerle desteklenmesi. Katkısı: Parametrelerin özelliklerinin anlaşılması ve analizlerin yönlendirilmesi.
4	Korelasyon Analizi: IMF Bz, güneş rüzgarı hızı ve Dst arasındaki ilişkilerin korelasyon katsayısı ile belirlenmesi.	Yürütücü ve Danışman	3 Ay	Başarı Ölçütü: Korelasyon matrisinin oluşturulması ve en güçlü ilişkiye sahip parametrelerin belirlenmesi. Katkısı: Jeomanyetik fırtınaların şiddetini etkileyen kritik parametrelerin tanımlanması.
5	Doğrusal Regresyon Modeli Geliştirilmesi: Anahtar parametrelerle Dst indeksini tahmin eden modelin oluşturulması ve değerlendirilmesi.	Yürütücü ve Danışman	3 Ay	Başarı Ölçütü: R^2 ve RMSE değerleri ile başarılı bir model performansının elde edilmesi. Katkısı: Jeomanyetik fırtına şiddetini tahmin eden güvenilir bir modelin geliştirilmesi.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

6	Sonuçların Değerlendirilmesi: Analiz sonuçlarının literatürle karşılaştırılması ve kritik parametrelerin tahmin gücünün değerlendirilmesi.	Yürütücü ve Danışman	1 Ay	Başarı Ölçütü: Bulguların literatürle uyumlu olması ve uzay hava tahminleri için öneriler sunulması. Katkısı: Uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırmaya yönelik çıkarımlar yapılması.
---	--	----------------------	------	--

(*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

3.2 Risk Yönetimi

Araştırmanın başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmanın başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) ilgili iş paketleri belirtilerek ana hatlarıyla aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu'nda ifade edilir. B planlarının uygulanması araştırmanın temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır.

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU*

İP No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Belirlenen Güneş Döğüsün'deki verideki parametreler arasında bir korelasyonun çıkmaması risk faktörüdür.	Veri için yeni bir tarih aralığı (başka bir Güneş Döğüsü) belirlenerek analiz yapılacaktır.
2	Linear regression modelinin çalışmaması ve arzu edilen uzun vadeli tahmin modelinin hata payının yüksek çıkması bir risk faktörüdür.	Yeni bir modelleme yöntemi denenmesi, gerektiği takdirde modelleme için yapay zeka algoritmalarından yararlanılması.

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

3.3. Araştırma Olanakları

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlarda var olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.) olanakları belirtilir.

ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (*)

Kuruluşta Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat, vb.)	Projede Kullanım Amacı

(*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

4. YAYGIN ETKİ

Önerilen çalışma başarıyla gerçekleştirildiği takdirde araştırmadan elde edilmesi öngörülen ve beklenen yaygın etkilerin neler olabileceği, diğer bir ifadeyle yapılan araştırmadan ne gibi çıktı, sonuç ve etkilerin elde edileceği aşağıdaki tabloda verilir.

ARAŞTIRMA ÖNERİSİNDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ TABLOSU

Yaygın Etki Türleri	Önerilen Araştırmadan Beklenen Çıktı, Sonuç ve Etkiler
Bilimsel/Akademik (Makale, Bildiri, Kitap Bölümü, Kitap)	Önerilen araştırmadan faydalanılarak yapılacak çalışmalar ile uluslararası konferans sunumları ve indeksli dergilerde makale yayınlanması planlanmaktadır.
Ekonomik/Ticari/Sosyal (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Üretim İzni, Çeşit Tescili, Spin-off/Start- up Şirket, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı/Belgeleme Üretimi, Telif Konu Olan Eser, Medyada Yer Alma, Fuar, Proje Pazarı, Çalıştay, Eğitim vb. Bilimsel Etkinlik, Proje Sonuçlarını Kullanacak Kurum/Kuruluş, vb. diğer yaygın etkiler)	Bu araştırma, jeomanyetik fırtınaların şiddetini daha doğru tahmin etmek amacıyla geliştirilecek bir modelin temelini oluşturacaktır. IMF büyüklüğü ve güneş rüzgarı hızı gibi parametreleri kullanarak geliştirilecek bu model, uzay hava tahminlerinin doğruluğunu artırarak, kritik altyapıların korunmasına, ekonomik kayıpların önlenmesine ve ülkemizin uzay teknolojilerindeki yetkinliklerinin artmasına katkı sağlayacaktır. Elde edilen sonuçlar, uluslararası bilim camiası ile paylaşılarak,

2209/A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI
ARAŞTIRMA ÖNERİSİ FORMU

	Ülkemizin bu alandaki prestijini yükseltecek ve yeni iş birliklerine zemin hazırlayacaktır.
Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Proje(ler) Oluşturma (Yüksek Lisans/Doktora Tezi, Ulusal/Uluslararası Yeni Proje)	Gezegenerler Arası Manyetik Alan ve Güneş Rüzgarlarının jeomanyetik fırtınalara etkisi bilinmektedir. Araştırma önerisinin sonuçları ile elde edilen modellerin uzay hava tahmini araştırmalarına katkı sağlaması ve başka mühendislik alanları ile disiplinler arası projeler yapılması beklenmektedir. Ayrıca proje yürütücüsünün akademik gelişimlerine katkı sağlayarak lisansüstü çalışmalarına temel oluşturacaktır.

5. BÜTÇE TALEP ÇİZELGESİ

Bütçe Türü	Talep Edilen Bütçe Miktarı (TL)	Talep Gerekçesi
Sarf Malzeme		
Makina/Teçhizat (Demirbaş)		
Hizmet Alımı		
Ulaşım	9000	Bu çalışmadan elde edilecek sonuçların aşağıda belirtilen kongrelerde sunulması planlanmaktadır. Bu iki kongreye katılım sağlamak amacıyla ulaşım bütçesi talep edilmektedir: 1) 24- 25 Temmuz 2025 tarihinde Lefkoşa, Kıbrıs'ta düzenlenecek olan <i>International Conference on Geomagnetic Storms and Space Weather (ICGSSW-25)</i> https://iser.org.in/conf/index.php?id=3012510 2) 6-7 Şubat 2025 tarihinde, Prag'da düzenlenecek olan <i>International Conference on Geomagnetic Storms and Space Weather (ICGSSW-25)</i> https://www.sciencecite.com/event/index.php?id=2672840
TOPLAM	9000	

NOT: Bütçe talebiniz olması halinde hem bu tablonun hem de TÜBİTAK Yönetim Bilgi Sistemi (TYBS) başvuru ekranında karşınıza gelecek olan bütçe alanlarının doldurulması gerekmektedir. Yukardaki tabloda girilen bütçe kalemlerindeki rakamlar ile, TYBS başvuru ekranındaki rakamlar arasında farklılık olması halinde TYBS ekranındaki veriler dikkate alınır ve başvuru sonrasında değiştirilemez.

6. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

--

7. EKLER

EK-1: KAYNAKLAR

- Akasofu, S. I. (1983). Solar-wind disturbances and the solar wind-magnetosphere energy coupling function. *Space Science Reviews*, 34(2), 173-183.
- Cowley, S. W. (1995). The Earth's magnetosphere: A brief beginner's guide. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 76(51), 525-529.
- Draper, N. R. (1998). *Applied regression analysis*. McGraw-Hill. Inc.
- Echer, E., Gonzalez, W. D., Tsurutani, B. T., & Gonzalez, A. C. (2008). Interplanetary conditions causing intense geomagnetic storms ($Dst \leq -100$ nT) during solar cycle 23 (1996–2006). *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 113(A5).
- Gonzalez, W. D., Joselyn, J. A., Kamide, Y., Kroehl, H. W., Rostoker, G., Tsurutani, B. T., & Vasyliunas, V. M. (1994). What is a geomagnetic storm? *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 99(A4), 5771-5792.
- Howard, R. A., Sheeley Jr, N. R., Koomen, M. J., & Michels, D. J. (1985). Coronal mass ejections: 1979–1981. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 90(A9), 8173-8191.
- Joselyn, J. A., & McIntosh, P. S. (1981). Disappearing solar filaments: A useful predictor of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 86(A6), 4555-4564.
- Kaushik, S.C. and Shrivastava, P.K., Influence of magnetic clouds on interplanetary features, *Indian Journal of Physics*, 74 B (2), 2000, 159 - 162.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. (2005). *Applied linear statistical models*. McGraw-hill.
- Lakhina, G. S. (1994). Solar wind-magnetosphere-ionosphere coupling and chaotic dynamics. *Surveys in geophysics*, 15, 703-754.
- Mansilla, G. A. (2008). Solar wind and IMF parameters associated with geomagnetic storms with $Dst < -50$ nT. *Physica Scripta*, 78(4), 045902.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Rathore, B. S., Kaushik, S. C., Firoz, K. A., Gupta, D. C., Shrivastava, A. K., Parashar, K. K., & Bhaduriya, R. M. (2011). A correlative study of geomagnetic storms associated with solar wind and IMF features during solar cycle 23. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, 1(2), 149.
- Richardson, I. G., & Cane, H. V. (2010). Near-Earth interplanetary coronal mass ejections during solar cycle 23 (1996–2009): Catalog and summary of properties. *Solar Physics*, 264, 189-237.
- Sabbah, I. (2000). The influence of transient solar-wind events on the cosmic-ray intensity modulation. *Canadian Journal of Physics*, 78(4), 293-302.
- Tsurutani, B. T., Gonzalez, W. D., Gonzalez, A. L. C., Tang, F., Lee, Y. T., & Okada, M. (1992). Interplanetary origin of geomagnetic activity in the declining phase of the solar cycle. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 97(A8), 11227-11233.
- Weisberg, S. (2005). *Applied linear regression*.
- Yeh, K. C., Lin, K. H., & Conkright, R. O. (1992). The global behavior of the March 1989 ionospheric storm. *Canadian Journal of Physics*, 70(7), 532-543.
- Zhang, J., Richardson, I. G., Webb, D. F., Gopalswamy, N., Huttunen, E., Kasper, J. C., ... & Zhukov, A. N. (2007). Solar and interplanetary sources of major geomagnetic storms ($Dst \leq -100$ nT) during 1996–2005. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 112(A10).