

İYONOSFER HARİTALARININ UZAY-ZAMAN İZGESEL ANALİZİ

SPATIO-TEMPORAL SPECTRAL ANALYSIS OF IONOSPHERIC MAPS

BÜŞRA YILMAZ

DOÇ. DR CENK TOKER

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2019

ÖZET

İYONOSFER HARİTALARININ UZAY-ZAMAN İZGESEL ANALİZİ

Büşra YILMAZ

Yüksek Lisans, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cenk TOKER

Haziran 2019, 107 sayfa

Kısa Dalga (KD), 3-30 MHz frekans aralığında bulunan, radyo dalgası yayılımı uzun mesafe iletişim için kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Sistem haberleşme sinyalini yansıtmak için yerküre ve iyonküreyi kullanır. İyonküre, güneş ışınlarının etkisiyle iyonize olmuş gazlardan oluşan havaküre katmanıdır. İyonküre, güneş parlaması, Güneş-Yerküre bağlı pozisyonu gibi değişkenlerden, manyetoküre ve ısılküre değişimlerden etkilenmektedir. İyonkürenin radyo dalgalarına nasıl ve hangi miktarda etki edeceğini anlamak için iyonküredeki değişim ve bozulmalar, uzaysal ve zamansal olarak araştırılmalıdır. İyonkürenin yapısının incelenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biri Toplam Elektron İçeriği (TEİ) parametresidir. Bu çalışmada, iyonküre TEİ haritaları kullanılarak iyonkürenin uzay-zaman izgel analizinin yapılması amaçlanmıştır. İlk olarak, ekvatorial bölgeye ait ve tüm yerküreye ait iyonküre TEİ haritaları üzerinde Ayırık Kosinüs Dönüşümü (AKD) tekniği uygulanmış, elde edilen AKD haritalarından boylam ekseni, enlem ekseni ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri farklı enerji bantlarında hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin, Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Jeomanyetik indisler, iyonküre ve manyetoküredeki değişimleri ölçmek için kullanılan parametrelerdir.

Boylam ekseni, enlem ekseni ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin karşılaştırılmasında ilinti analizi kullanılmıştır. Bir diğer yöntem olarak ise, tüm yerküreye ait iyonküre TEİ haritaları üzerinde AKD, kayan pencere ve ortanca eleman hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen matrislerden sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanların değerleri, farklı kayan pencere boyutları için; Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisleriyle karşılaştırılmış, bu aralarındaki ilinti incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İyonküre, Toplam Elektron İeriği (TEİ), Ayrık Kosinüs Dnşm (AKD), Dst İndisi, Ap İndisi, Kp İndisi.

ABSTRACT

SPATIO-TEMPORAL SPECTRAL ANALYSIS OF IONOSPHERIC MAPS

Büşra YILMAZ

Master of Science, Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Cenk TOKER

June 2019, 107 pages

Short Wave (KD), which is in the frequency range of 3-30 MHz, radio wave propagation is one of the important methods used for long distance communication. It uses ionosphere and earth to transmit system communication signal. Ionsosphere is atmospheric layer which is formed by gases ionized by sun rays. The ionsosphere is affected by variables like sun flare, sun-earth dependent position, changes in magnetosphere and thermosphere. The changes and disruptions in ionosphere must be investigated as spatial and temporal to understand how ionosphere affects on radio signals. One of the most important parameter used for analyzing ionosphere structure is Total Electron Content(TEC) maps. The purpose of this study is to do spatial-spectral analysis of ionosphere. Firstly, AKD technique has been applied on TEC maps belong to equatorial region, then latitude, longitude and 2D most significant wavenumber values has been calculated by means of obtained AKD maps considering different energy bands. Calculated values have been compared to Dst , Ap and Kp geomagnetic indices.

Geomagnetic indices are parameters used for measuring changes in ionosphere and magnetosphere. Correlation analysis has been applied to compare Dst , Ap and Kp geomagnetic indices with latitude, longitude, 2D most significant wavenumber value. Also an another method, DCT, sliding window and median calculations has been done for all earth TEC map of ionosphere. constant component and component which has the most significant energy after constant component values obtained by matrices that provided by this calculations are compared with Dst, Ap and Kp geomagnetic indices for different sliding window sizes and relationship between them has been examined

Keywords: Ionosphere, Total Electron Content (TEC), Discrete Cosine Transform (DCT), Dst Index, Ap Index, Kp Index.

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐmasında değerli fikirleri ve yol gÖstericiliği için değerli hocam ve danıŐmanım Sayın Do. Dr. Cenk TOKER'e teşekkür ederim.

Bilgi ve deneyimlerini paylaŐan diğer jüri üyelerine teşekkür ederim.

Benim her zaman yanımda olan, maddi ve manevi olarak desteklerini her zaman yanımda hissettiğim babam Zekai YILMAZ, annem Münevver YILMAZ ve ablam Gamze TOKDEMİR'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması kapsamındaki alıŐmalar Türkiye Bilimsel ve Teknolojik AraŐtırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından ortak TÜBİTAK EEEAG 115E915 projesi tarafından desteklenmiŐtir.

İÇİNDEKİLER

ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. İYONKÜRENİN YAPISI VE İLGİLİ PARAMETRELER	4
2.1. İyonkürenin Katman Yapısı	4
2.2. Toplam Elektron İçeriği (TEİ)	6
2.3. Global Ionospheric Maps (GIM) of Toplam Elektron İçeriği (TEİ) verisi.....	6
2.4. İyonküre Coğrafi Bölgeleri.....	7
2.5. Jeomanyetik İndisler	8
3. AKD ENERJİ İÇERİĞİ TABANLI BOZULMA SEZİMİ	11
3.1. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD)	11
3.3. Enerji Bandı Hesaplaması.....	13
3.4. Saçılım Grafikleri ve İlinti Analizi	15
3.5. Bulgular.....	16
3.5.1. Ekvatorial Bölge	19
3.5.2. Yerküre.....	55
4. FARKSAL AKD HARİTALARI İLE BOZULMA SEZİMİ.....	62
4.1.Bulgular.....	62
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	89
6. KAYNAKLAR	94
EKLER.....	99

EK 1 – Farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi – 7 Günlük Kayan Pencere	
Analizleri	99
EK 2 – Tezden Üretilen Bildiriler	102
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	İyonküre Katman Yapısı [7].	4
Şekil 3.4.	26 Eylül 2011, 20:00 GS yoğun fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.	21
Şekil 3.5.	11 Mart 2011, 22:00 GS hafif fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.	22
Şekil 3.6.	30 Nisan 2011, 10:00 GS zayıf fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.	23
Şekil 3.7.	28 Nisan 2011, 14:00 GS sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait, (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.	25
Şekil 3.8.	2011 yılına ait günlük ortalama Dst değerleri.	27
Şekil 3.9.	2011 yılı günlük ortalama boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	31
Şekil 3.10.	2011 yılı Dst indisine karşı boylam eksenini en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	34
Şekil 3.11.	2011 yılı sahip günlük ortalama enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	37
Şekil 3.12.	2011 yılı Dst indisine karşı enlem eksenini en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	40
Şekil 3.13.	2011 yılı günlük ortalama 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	43
Şekil 3.14.	2011 yılı Dst indisine karşı 2B'deki en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.	46
Şekil 3.15.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Dst indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	49
Şekil 3.16.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	51
Şekil 3.17.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Kp indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	53
Şekil 3.18.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Dst indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	56
Şekil 3.19.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	58
Şekil 3.20.	2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.	60
Şekil 4.1.	Farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi, (a) Analiz yöntem 1, (b) Analiz yöntem 2. ...	65
Şekil 4.2.	2015 yılına ait günlük ortalama (a) Dst, (b) Ap, (c) Kp değerleri.	67

Şekil 4.3.	2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	69
Şekil 4.4.	2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.....	71
Şekil 4.5.	2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	73
Şekil 4.6.	2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.....	75
Şekil 4.7.	2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	77
Şekil 4.8.	2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	79
Şekil 4.9.	2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	81
Şekil 4.10.	2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.	83
Şekil A.1.	2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit eleman değerleri	100
Şekil A.2.	2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit elemandan sonraki en yüksek eleman değerleri	100
Şekil A.3.	2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit eleman değerleri	101
Şekil A.4.	2015 yılı analiz yöntem 2 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit elemandan sonraki en yüksek eleman değerler.....	101

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Jeomanyetik Hareketlilik Düzeyinin Dst Kriterine Göre Sınıflandırılması [14].	9
Çizelge 2.2.	Fırtına Şiddetinin Kp İndisi Derecesine Göre Sınıflandırılması.	9
Çizelge 3.1.	Jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre seçilen örnek gün ve saatler ve bunlara ait Dst değerleri.	20
Çizelge 3.2.	26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.	22
Çizelge 3.3.	11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.	23
Çizelge 3.4.	30 Nisan 2011, 10:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.	24
Çizelge 3.5.	28 Nisan 2011, 14:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.	26
Çizelge 3.6.	2011 yılında seçilen bazı günlere ait Dst değeri, boylam, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı karşılaştırması.	28
Çizelge 3.7.	2011 yılı ekvatorial bölgeye ait AKD haritalarından elde edilmiş en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin üç farklı örnek enerji bandı için ilinti değerleri.	47
Çizelge 3.8.	2011 yılı ekvatorial bölgeye ait AKD haritalarından elde edilmiş en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin ilinti analizi.	54
Çizelge 3.9.	2011 yılı tüm dünya üzerinden elde edilmiş AKD haritalarından en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin ilinti analizi.	61
Çizelge 4.1.	2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Dst indisi ilinti analizi.	85
Çizelge 4.2.	2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Ap indisi ilinti analizi.	86
Çizelge 4.3.	2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Kp indisi ilinti analizi.	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ap	Jeomanyetik Bozulma İndisi (Geomagnetic Disturbance Index)
Kp	Jeomanyetik Hareketlilik İndisi (Geomagnetic Activity Index)
Dst	Disturbance Storm Time (Bozulma Fırtına Zamanı İndisi)

Kısaltmalar

TEİ	Toplam Elektron İçeriği
KD	Kısa Dalga
AKD	Ayrık Kosinüs Dönüşümü
YKS GPS)	Yerküresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System - GPS)
GIM	Yerküresel İyonküre Haritası (Global Ionospheric Map)
IGS	International Global Navigation Satellite Systems Service
IONEX	IONosphere map EXchange
AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü (Discrete Fourier Transform - DFT)
NSSDC	National Space Science Data Center
NASA	National Aeronautics and Space Administration
2B	2 Boyut

1. GİRİŞ

KD (Kısa Dalga) radyo dalgası yayılımı uzun mesafe iletişim için kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Uydu haberleşmesi, Ufuk Ötesi Radarı (UÖR), yön bulma ve YKS konumlandırma da KD dalga yayılımının kullanıldığı alanlardan bazılarıdır [1].

KD haberleşmesi, 3-30 MHz bandındaki radyo dalgalarının, vericiden gönderilip iyonkürede yayılıp yansiyarak alıcıya ulaşması ile gerçekleşir. Bundan dolayı, iletişim kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan birisi iyonkürenin anlık durumudur [2].

İyonküre, güneş ışınları ile iyonize olmuş gazlardan oluşan bir havaküre katmanıdır. İyonkürenin ana parametresi biri elektron yoğunluğudur ve elektron yoğunluğundaki değişkenlik KD haberleşmesindeki hataların ana kaynağını oluşturur. İyonküre yapısı ve elektron yoğunluğu, zaman, coğrafik konum, güneşsel ışınım ve jeomanyetik hareketlilikler gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle iyonkürenin yapısı araştırılmalıdır. İyonkürenin yapısının araştırılmasındaki en sık kullanılan parametrelerden biri Toplam Elektron İçeriği (TEİ)'dir [3].

TEİ, verilen bir hat boyunca elektron yoğunluğunun çizgi integrali olarak tanımlanır ve 1 m² taban kesitli bir silindir boyunca toplam serbest elektron miktarına eşittir. TEİ'nin birimi TECU olup 1 TECU, 10¹⁶ elektron/m²'dir [4].

Bu çalışmada iyonkürenin yapısının radyo dalgalarına nasıl ve ne seviyede etki edeceğini anlamak için iyonküredeki değişim ve aykırılıklar araştırılmıştır. Öncelikle iyonküre yapısı ve iyonküreyi tanımlamak için kullanılan parametreler incelenmiştir. TEİ parametresi iyonküre katman yapısı ve iyonküre coğrafi bölgelerine göre değişim göstermektedir. Bu nedenle öncelikle bu kavramlar

üzerine bilgiler sunulmuştur. Ardından, bu çalışmada iyonküre analizi için kullanılmış olan Global Ionospheric Maps (GIM) of Toplam Elektron İçeriği (TEİ) yapısı hakkında bilgiler verilmiştir. Yapılan tez çalışması kapsamında yerküre üzerinde incelenen coğrafi bölgeler değişim göstermektedir. Bu nedenle iyonküre coğrafi yapısının bölgelere göre farklılıkları üzerinde durulmuştur. İyonküredeki bozulma ve değişimleri ifade etmek için kullanılan ve tezde yapılan çalışmalarda karşılaştırma parametresi olarak kullanılan jeomanyetik indisler tanımlanmıştır. Sonrasında ise tezde uygulanan yöntemler anlatılmıştır.

Tez kapsamında uygulanan ilk yöntem olan AKD enerji içeriği tabanlı bozulma seziminde GIM-TEİ haritaları kullanılarak iyonkürenin uzay-zaman izgel analizinin yapılması amaçlanmıştır. GIM-TEİ haritaları üzerinde AKD tekniği uygulanmıştır. Elde edilen veriler farklı enerji bantlarında süzgeçlenerek boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen parametreler, Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisleriyle karşılaştırılmış. En yüksek dalga sayısı ve jeomanyetik indisler arasındaki ilintinin incelenmesi amacıyla öncelikle üç farklı örnek enerji bandı değerinde Dst, Ap ve Kp indisine karşı en yüksek dalga sayısı saçılım grafikleri ve bağlanım doğruları oluşturulmuştur. Jeomanyetik indislere karşı en yüksek dalga sayısı ilinti değerleri incelenmiştir. Son olarak ise en yüksek dalga sayısı günlük ortalamaları ile jeomanyetik indis günlük ortalamaları ilinti değerleri farklı enerji bandı değerlerine göre hesaplanmış ve grafikler üzerinde incelenmiştir.

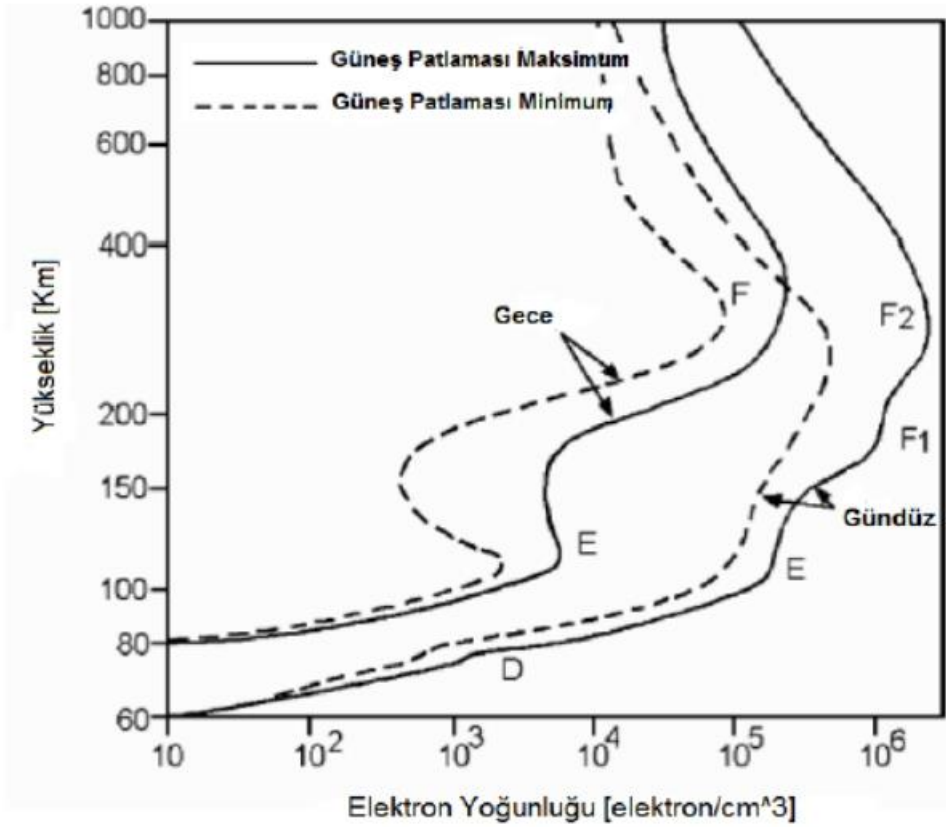
Tez kapsamında uygulanmış ikinci yöntem olan Farksal AKD haritaları ile bozulma seziminde ise kayan pencere yöntemi yardımıyla farksal AKD haritalarını kullanarak iyonkürenin uzay-zaman izgesel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Farksal AKD haritaları ile bozulma seziminde AKD tekniğinin yanı sıra kayan pencere yöntemi ve ortanca eleman hesaplama yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada iki farklı analiz metodu kullanılmıştır. Birinci yöntemde ilk olarak TEİ haritalarından AKD haritaları elde edilmiştir. Sonrasında ise seçilen güne ait AKD haritası ile önceki kayan pencere boyutu sayıda güne ait AKD haritalarından elde edilen ortanca AKD haritası arasındaki farksal AKD haritası oluşturulmuştur. Bu

işlem analizinin yapıldığı tüm zaman aralığı boyunca uygulanmıştır. Elde edilen farksal AKD haritalarından sabit elemana ait ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar kaydedilmiş ve son olarak bu değerlerin günlük ortalamaları ile Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisler ile aralarındaki ilinti incelenmiştir. İkinci yöntemde ilk olarak TEİ haritalarından seçilen güne ait TEİ haritası ile önceki kayan pencere boyutu uzunluğunda güne ait TEİ haritalarından elde edilen ortanca TEİ haritası arasındaki farksal TEİ haritası oluşturulmuştur. Sonrasında ise farksal TEİ haritası üzerinde AKD tekniği uygulanarak farksal AKD haritası oluşturulmuştur. Bu işlem analizinin yapıldığı tüm zaman aralığı boyunca uygulanmıştır. Elde edilen farksal AKD haritalarından sabit elemana ait ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar kaydedilmiş ve son olarak bu değerlerin günlük ortalamaları ile Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisler ile aralarındaki ilinti incelenmiştir. Sabit elemana ait ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar ve jeomanyetik indisler arasındaki ilintinin incelenmesi amacıyla öncelikle saçılım grafikleri ve bağlanım doğruları oluşturulmuştur. Jeomanyetik indislere karşı en yüksek dalga sayısı ilinti değerleri incelenmiştir.

2. İYONKÜRENİN YAPISI VE İLGİLİ PARAMETRELER

2.1. İyonkürenin Katman Yapısı

İyonküre havakürenin yaklaşık 60 ile 1,000 km yükseklikleri arasında bulunan, D, E ve F olmak üzere 3 bölgeden oluşan bir havaküre katmanıdır. Bu bölgeler, Şekil 2.1'de gösterildiği üzere D, E, F1 ve F2 olmak üzere 4 ana katmandan oluşur. İyonkürenin bu şekilde farklı bölge ve katmanlardan oluşmasının nedeni güneş aktivitelerinin farklı bölge ve katmanlarda iyonlaşmayı farklı etkilemesidir. Güneş aktivitelerinden en çok etkilenen F2 katmanı KD haberleşmesi için önem arz etmektedir [27].



Şekil 2.1. İyonküre Katman Yapısı [7].

D katmanı yaklaşık olarak 50 ile 90 km arasında yer alır. Bu katmanda iyonlaşmanın temel kaynağı gündüz ve gece boyunca etkisini gösteren kozmik ışımadır. Buna rağmen, gece boyunca atomlara ve moleküllere bağlanan elektronlar, negatif iyonları meydana getirir. Bu da geceleri D katmanının

kaybolmasına neden olur. Gündüz boyunca, güneşin ışımından kaynaklı iyonlardan kopan elektronlar D katmanının tekrardan oluşmasına neden olur.

E katmanı 90 ile 140 km yükseklikler arasında bulunur. E katmanının davranışı tamamen güneş aktivitesinin seviyesine ve güneşin başucu açısına bağlıdır. E katmanı, D ve F katmanlarının aksine, bozulmalardan fazla etkilenmez ve gün boyu mevcuttur. İyonlaşmanın temel kaynağı güneşin X-ray ışınları olup elektron yoğunluğunda güneş döngüsüne bağlı, mevsimsel ve günlük değişimler meydana getirir. E katmanı gece tamamen kaybolmaz fakat elektron yoğunluğunun parçacıksal açıdan sıfıra düştüğü varsayılır.

F bölgesi iyonkürenin ana bölümlerinden biri olup radyo iletişimi ve yön bulma sistemleri açısından oldukça önemlidir. F bölgesi iyonkürenin üst limitleri olan 140 ile 600 km yükseklikler arasında bulunur. Güneş ışınları, F bölgesinin F1 ve F2 olarak adlandırılan iki ayrı katmana ayrılmasına neden olur. Bu iki katman güneşin batışıyla birleşerek F katmanını oluştururlar.

F1 katmanı yaklaşık 140 ile 210 km yükseklikler arasında bulunur ve F1 katmanının ana iyonlaşma kaynağı ultraviyole ışınlarıdır. F1 katmanı, yaz mevsiminde kışa oranla daha belirgin olup gece boyunca her zaman ve kış mevsiminde bazen gündüz süresince kaybolur. Bu koşullar altında F1 ve F2 katmanı iyonküre F bölgesinin tek bir bölümü haline gelir.

F2 katmanı KD yayılımı açısından en önemli iyonküre katmanı olup güneşin başucu açısına bağlı değişim göstermez. Bunun sonucu olarak gün boyunca mevcuttur. F2 katmanı iyonlaşmanın çok fazla olduğu, buna bağlı olarak da elektron yoğunluğunun en fazla olduğu katmandır. F2 katmanı çok değişken bir yapıya sahiptir. Bu değişkenliğin uzunluğu ve yoğunluğu, zamana, mevsime ve güneş lekesi aktivitesine göre değişir [5,6,7].

2.2. Toplam Elektron İçeriği (TEİ)

TEİ, tabanı 1 m² olup uzaya kadar uzayan bir silindirin içine düşen toplam serbest elektron miktarı olarak yorumlanabilir. N_e , yerküredeki alıcıdan uyduya kadar olan yoldaki elektron yoğunluğu olmak üzere TEİ,

$$\dot{I} = \int \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir.

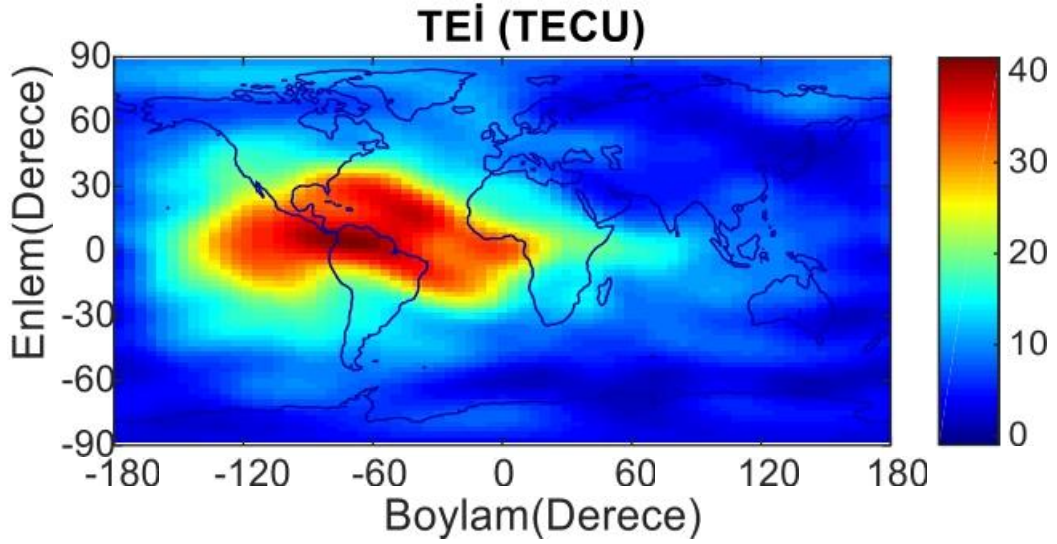
TEİ günümüzde yaygın olarak YKS kullanılarak kestirilir ve GIM TEİ olarak sunulur. TEİ kestiriminde kullanılacak veri ionosonda ve evreyuysuz geri saçılım radarları ile sağlanmaktadır. Bunların yanı sıra, çift frekanslı YKS alıcıları, GLONASS, GALILEO, TOPEX/Poseidon uydu sistemleri de TEİ kestirimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. İyonosondalar, kısa dalga (3 MHz – 30 MHz) sinyallerini iyonküre tabakasına göndererek dalganın iyonküre tabakasından yansdıktan sonra yerküreye geri dönmesi arasındaki zamanı ölçerek TEİ kestirimi yapmayı sağlayan araçlardır. Fakat, ionosondalar elektron yoğunluğunun en fazla bulunduğu noktadan yukarısını inceleyemezler. Bu nedenle, TEİ kestiriminde kullanılacak verilerin oluşturulmasında daha yüksek maliyetli olmasına rağmen evreyuysuz geri saçılım radarları avantaj sağlamaktadır. İyonküre incelemelerinde en çok tercih edilen sistemler, yerküre üzerinde geniş olanda bulunduğu, sürekli çalıştığı ve düşük maliyete sahip olduğu için YKS alıcılarıdır [8].

2.3. Global Ionospheric Maps (GIM) of Toplam Elektron İçeriği (TEİ) verisi

Yerküresel Konumlama Sistemi (YKS), TEİ değerlerinin kestirimi için çözüm sağlar. Alıcı istasyonların seyrek dağılımı ve YKS-TEİ değerlerinin kestiriminin sınırlı olmasından kaynaklı zaman ve uzayda ara değerlendirme yapılması gerekir. GIM, TEİ haritalarının 2 saat zaman, 2.5° enlem ve 5° boylam çözünürlüğünde ara değerlemesinden oluşur. GIM-TEİ, International Global Navigation Satellite Systems Service (IGS) analiz merkezleri tarafından yayınlanır.

<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/ionex/> internet sitesi tarafından, IONosphere map Exchange (IONEX) formatında sağlanır [23,24,25,26,35,36].

Şekil 2.2'de 6 Şubat 2011, 18:00 GS ve yerküreye ait örnek bir GIM-TEİ haritası gösterilmektedir.



Şekil 2.2. 6 Şubat 2011, 18:00 GS'ye ait örnek GIM-TEİ haritası

2.4. İyonküre Coğrafi Bölgeleri

İyonküre, yüksek enlem, orta enlem ve ekvatorial bölge olmak üzere üç ana bölgeden oluşur.

Ekvatorial bölge, en yüksek elektron yoğunluğuna sahip bölge olarak tanımlanabilir. Güneşten kaynaklanan yüksek ışınma seviyesi ve yerkürenin elektrik manyetik ve alanları birleşerek Fıskiye Etkisi olarak adlandırılan olguyu oluştururlar. Fıskiye Etkisi, elektronların artmasına ve jeomanyetik alan boyunca hareket etmesine neden olur. Elektronların 10 derece jeomanyetik enlemden 20 derece jeomanyetik enleme sürüklenmesi yüksek yoğunlukta elektron oluşumuna ve böylece ekvatorial aykırılıklara sebep olur.

Orta enlem bölgesi, iyonkürenin diğer bölgeleriyle kıyaslandığında en az değişkenlik göstermektedir. Genellikle yatay jeomanyetik alandan etkilenmez. Buna rağmen, bu bölge en çok iyonküre gözlemi yapılan bölgedir.

Yüksek enlem bölgesinde fotoiyonlaşmaya ek olarak, çarpışma iyonlaşması da iyonlaşmanın bir etmenidir. Bu durumun temel sebebi, jeomanyetik alan çizgilerinin neredeyse dik oluşu ve yüklü parçacıkların E katmanına doğru sürüklenmesidir. Bu parçacıkların doğal havaküresel gazlarla çarpışması sonucu elektron yoğunluğunda bölgesel artışlar meydana gelir. Bu durum ororal aktivite olarak adlandırılır. Ororal bölgeler, kuzey yarım kürede 64 ve 70 enlemleri arasında oluşan ince halkalardır. Genellikle, ororal halkaların yoğunluk ve konumu jeomanyetik bozulmayla ilintilidir [5,8].

2.5. Jeomanyetik İndisler

Yerküre yüzeyine yerleştirilmiş manyetometreler tarafından kaydedilen jeomanyetik alandaki bozulmalar, jeomanyetik hareketlilik olarak tanımlanır. Manyetoküre ve iyonküreye akan elektrik akımları bu bozulmalara sebep olur. Manyetoküresel alt fırtına ve manyetoküresel fırtınalar jeomanyetik hareketliliğin ana fenomenleri olarak kabul edilebilir [9].

Jeomanyetik hareketlilik çeşitli indislerle ifade edilir. Bu indisler Dst indisi, Kp indisi ve Ap indisi olarak sıralanabilir [10, 38].

İlk defa 1964 yılında tanımlanan Dst indisi, ekvatora yakın bölgelerde yer alan manyetometreler tarafından ölçülen verinin toplamması olarak elde edilir [10,11]. Jeomanyetik fırtına yoğunluğunu ölçmek için birçok yol olmasına rağmen en çok kullanılan yol Dst değerindeki negatif yöndeki artışın incelenmesidir. Dst indisi fırtınanın karakteristiğini incelemek için bir parametre olarak kullanılır. Birimi nanoTesla (nT)'dir [13]. Dst indisi ile fırtına arasındaki ilişki Çizelge 2.1'de gösterilmiştir [14].

Çizelge 2.1. Jeomanyetik Hareketlilik Düzeyinin Dst Kriterine Göre Sınıflandırılması [14].

Jeomanyetik Hareketlilik Düzeyi	Dst
Yoğun	$Dst \leq -100$ nT
Hafif	-100 nT < $Dst \leq -50$ nT
Zayıf	-50 nT < $Dst \leq -30$ nT
Sakin	$Dst > -30$ nT

K indisi 3'er saatlik periyotlarla iyonkürenin durumu hakkında bilgi veren bir parametredir. K indisinin birimi nanoTesla (nT)'dir. K indisi 0'dan 9'a kadar değer almaktadır [5]. İlk defa 1949 yılında Bartels tarafından tanımlanan Kp indisi, 0'dan 9'a kadar 28 ayrıklı adımda değer alabilir [16]. Kp indisi K indisi değerlerinin 3'er aralığa bölüdüğü gösterimidir. Kp indisi değerleri ile fırtına arasındaki ilişki Çizelge 2.2'de gösterilmiştir [8].

Çizelge 2.2. Fırtına Şiddetinin Kp İndisi Derecesine Göre Sınıflandırılması.

Fırtına Şiddeti	Kp indisi derecesi
Aktif Değil	0
Çok Sakin	1
Sakin	2
Tedirgin	3
Aktif	4
Küçük Fırtına	5
Büyük Fırtına	6
Şiddetli Fırtına	7
Çok Şiddetli Fırtına	8
Uç Aşırı Fırtına	9

Ap indisi, belirli bir günde dünya üzerindeki jeomanyetik hareketliliğin genel seviyesinin bir ölçütü olarak kullanılır. Ap indisi değerlerini elde etmek için 3 saatlik Kp indisi değerleri kullanılır. Günlük Ap indisi, 8 ap indisinin ortalamasıdır. [5,12].

3. AKD ENERJİ İÇERİĞİ TABANLI BOZULMA SEZİMİ

İyonkürenin yapısı, güneş etkinliklerine, jeomanyetik fırtınalara, zamana ve konuma göre değişim göstermektedir. İyonküredeki değişim ve bozulmaları anlamak amacıyla jeomanyetik indisler tanımlanmıştır. Bu çalışmada TEİ haritaları kullanılarak iyonkürenin uzay-zaman izgesel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Analiz sırasında AKD tekniği uygulanarak elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. AKD tekniği kullanılarak farklı enerji bantlarında elde edilen parametreler, jeomanyetik indislerle karşılaştırılmış, aralarındaki ilinti incelenmiştir.

3.1. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD)

Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD), bir sinyali temel frekans bileşenlerine çevirmeyi sağlayan bir yöntemdir. AKD, farklı frekanslarda salınım yapan kosinüs fonksiyonlarının ağırlıklandırılmış toplamı olarak ifade edilebilir. AKD, birkaç farklılık dışında Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD) ile oldukça benzer özelliklere sahiptir [17]. AKD'nin enerji sıkıştırma oranı diğer dönüşüm yöntemlerine göre çok daha verimlidir. 2B AKD, özellikle video arama, video konferans ve yüksek çözünürlüklü televizyon gibi teknolojilerde resim/video sıkıştırma yöntemi olarak sıklıkla kullanılmaktadır [18]. Resimler sonsuz ve periyodik değildir, sınırları vardır ve sınırları benzerlik göstermeyebilir. AFD periyodik sınır koşullarında avantaj sağlarken, AKD'nin aperiodyk sınır koşullarında uygulanabilirliği bu şekilde sağlanır [19].

N_i 'ye N_j ızgara noktalı bir $f(i,j)$ 2B alanında AKD

$$\begin{aligned} & (\cdot) \\ & = -1 = -1 \\ & = (\cdot) (\cdot) \sum_{=0} \sum_{=0} (\cdot) \\ & \times \left[\frac{(+ 1/2)}{\cdot} \right] \left[\frac{(+ 1/2)}{\cdot} \right] \end{aligned} \quad (3.1)$$

ve ters AKD

$$\begin{aligned}
 &= -1 = -1 \\
 (,) &= \sum_{=0} \sum_{=0} () () (,) \\
 &\quad \times \cos \left[\frac{(+ 1/2)}{\quad} \right] \cos \left[\frac{(+ 1/2)}{\quad} \right] \quad (3.2)
 \end{aligned}$$

olarak tanımlanır.

katsayıları,

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{1} = 0 \\
 () &= \sqrt{2} = 1, 2, \dots, - 1 \\
 \{ & \\
 &\sqrt{1} = 0 \\
 () &= \sqrt{2} = 1, 2, \dots, - 1 \quad (3.3) \\
 \{ &
 \end{aligned}$$

olarak tanımlanır.

Burada $f(i,j)$, (i,j) ızgara noktasındaki alan değerlerini; $F(m,n)$ ise ilgili (m,n) dalga sayılarına ait izgel katsayıları gösterir. N 'ye N 'lik bir $f(i,j)$ fiziksel alanına 2B-AKD uygulandığında, $F(m,n)$ reel katsayılarından oluşan N 'ye N 'lik bir dizi oluşur [20,21].

2B'deki dalga sayısı ikilisi (m,n) , tek boyutlu bir parametre olan dalga boyu λ ile ilişkilendirilebilir. Karesel bir alanda, $N_x = N_y = N$, Δ ızgara noktalar arasındaki alan olmak üzere, dalga uzunluğu,

$$= \frac{2}{\Delta} \quad (3.4)$$

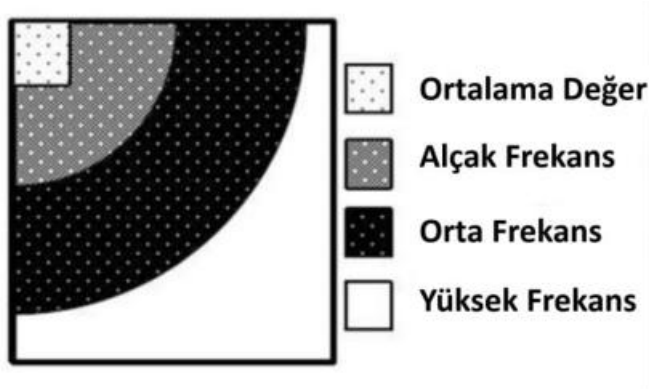
ve 2B'deki dalga sayısı,

$$= \sqrt{2^2 + 2^2} \quad (3.5)$$

olarak hesaplanır [20].

3.3. Enerji Bandı Hesaplaması

AKD tekniğinin temel avantajı, AKD haritasında yer alan elemanların frekansa göre konumlanmasıdır. Frekans alanında, görece daha önemli bir diğer ifade ile daha yüksek enerjiye sahip olan elemanlar düşük ve orta frekans bantlarında yer alırken daha düşük enerjiye sahip olan elemanlar yüksek frekans bantlarında yer almaktadır. Şekil 3.1'de ortalama değer, alçak frekans, orta frekans ve yüksek frekanslı elemanların AKD haritasındaki yerleşimi gösterilmektedir [32].



Şekil 3.1. AKD haritası frekans yerleşimi [32].

Enerji, görüntü işlemedeki en önemli niceliklerinden biridir. $F(m,n)$, $N_i \times N_j$ boyutunda bir AKD haritası olmak üzere; Şekil 3.2'de gösterildiği gibi enerji bandı hesaplamasında aşağıdaki yöntem izlenir:

- $F(m,n)$ haritasına ait AKD katsayılarının her birinin enerjileri hesaplanır. Hesaplanan katsayılardan $E(m,n)$ matrisi,

$$E(m,n) = |F(m,n)|^2, \quad m = 0,1, \dots, N_i - 1 \quad n = 0,1, \dots, N_j - 1 \quad (3.6)$$

olarak elde edilir.

- $E(m,n)$ matrisi büyüklükleri azalan sırada olacak şekilde bir \mathbf{s} vektörüne çevrilir. \mathbf{s} vektörünün boyutu $N_i N_j$ kadardır.
- \mathbf{s} vektörünün eleman değerlerinin toplamı,

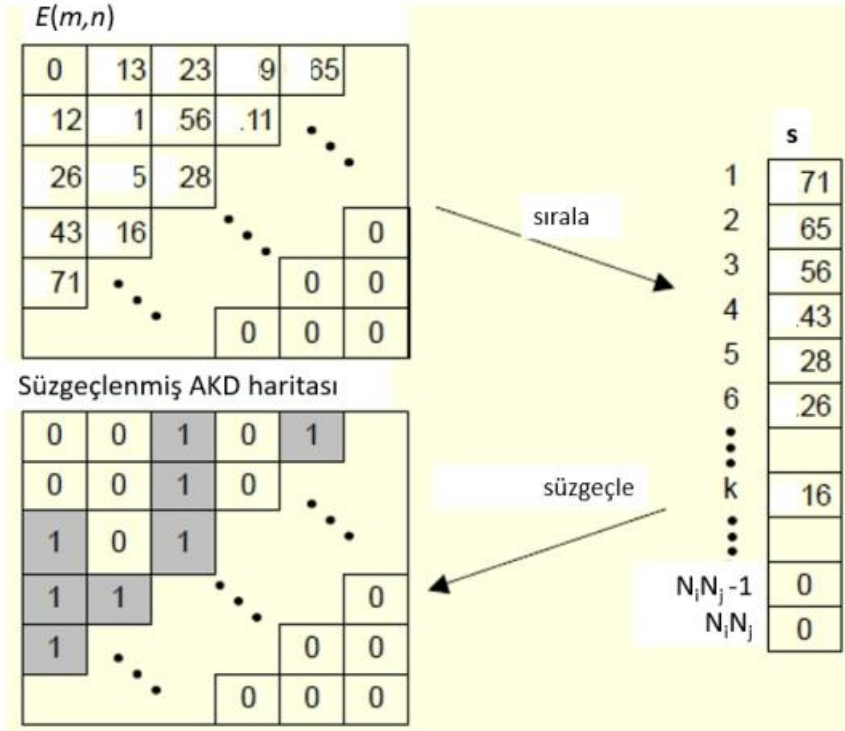
$$S = \sum_{k=1}^{N_i N_j} s_k \quad (3.7)$$

olmak üzere toplam enerjiyi verir.

- İstenilen enerji bandı yüzde değeri $E\%$ olmak üzere, \mathbf{s} vektörünün k .inci elemanına kadar olan değerlerin toplamının toplam enerjiye bölümü enerji bandı yüzde oranını verir. Enerji bandı yüzde değeri ise,

$$\% E = \frac{\sum_{k=1}^k s_k}{S} \times 100 \quad (3.8)$$

olmak üzere enerji bandı değerinin 100 ile çarpılması sonucu hesaplanır [33, 34, 39].



Şekil 3.2. Enerji bandı hesaplaması.

3.4. Saçılım Grafikleri ve İlinti Analizi

Veri analizinin ilk ana basamağı, mümkün olan en görsel biçimde verilerin çizimini gerçekleştirmektir. İki rasgele değer üzerinden yapılan (x_i, y_i) ölçümlerinin n çiftinin iki boyutlu gösterimine saçılım grafiği adı verilir. Bu grafikler x ve y rasgele değişkenleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı sağlar. Saçılım grafiği doğrusallık ve ayrık noktalar hakkında görsel bir özet sunarken; ilinti rasgele değerler arasındaki sayısal ilişkiyi gösterir [28].

İlinti, iki ya da daha fazla rasgele değişken arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılan yöntem olarak tanımlanır. İlinti katsayıları, istatistiksel ilintinin bir ölçütüdür ve -1 ile 1 arasında değer alır. r ilinti katsayısı değeri olmak üzere, pozitif r değeri, pozitif ilişkiyi; negatif r değeri, negatif ilişkiyi ifade eder. r değerinin 0'a eşit

olduğu durum ise ilişki olmadığı anlamına gelir ve değişkenler bağımsız yada ilintisiz olarak adlandırılır. Pozitif ilintide bir değişken artarken diğer değişkenin artması ya da bir değişken azalırken diğer değişkenin azalması beklenir; negatif ilintide ise tam tersi bir durum oluşur. İlintinin bir diğer ölçütü ise ilinti kuvvetidir. İlinti kuvveti ilinti grafiğinin yönelimi ve r değerinin işaretinden bağımsız olup; 1 ve -1'e yakın r değerleri kuvvetli ilintiyi, 0'a yakın r değerleri ise zayıf ilintiyi gösterir [29,30,31]. r 'nin büyüklüğü arttıkça ilinti kuvveti artış göstermektedir.

x_i ve y_i belirtilen indislere ait değer çifti, N veri seti sayısı ve $i=1,2\dots N$ olmak üzere, ilinti katsayısı,

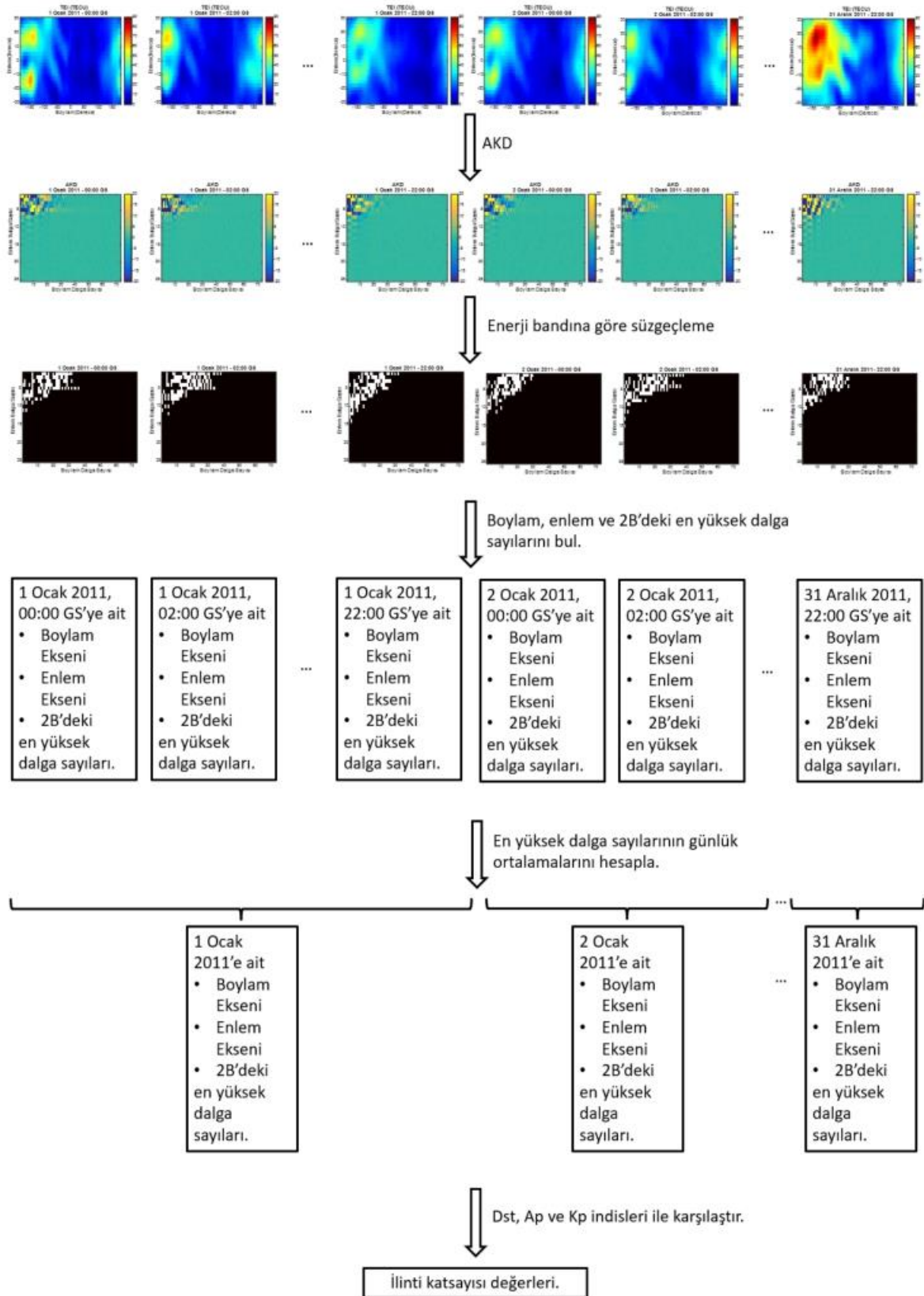
$$r = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - (\sum_{i=1}^N x_i)(\sum_{i=1}^N y_i) / N}{\sqrt{(\sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2 / N)(\sum_{i=1}^N y_i^2 - (\sum_{i=1}^N y_i)^2 / N)}} \quad (3.6)$$

şeklinde hesaplanır [31].

3.5. Bulgular

Bu bölümde 2011 yılına ait 2 saat zaman, 2.5° enlem ve 5° boylam çözünürlüğündeki GIM-TEİ haritaları üzerinde Şekil 3.3'de gösterildiği üzere AKD tekniği uygulanmış, bu şekilde iyonkürenin uzay-izgel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Elde edilen iki boyutlu veriler farklı enerji eşik değerlerine göre süzgeçlenmiştir. AKD haritalarına ait elemanlar en yüksek enerjiye sahip olandan en düşük enerjiye sahip olana doğru sıralanmış, en yüksek enerjiye sahip N elemanın enerjilerinin toplamının, tüm elemanların enerjileri toplamına oranı enerji bandı olarak belirlenmiştir. Enerji bandı değeri üzerinde kalan elemanlar süzgeçlenmiş AKD haritaları olarak Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Yapılan tez çalışması kapsamında enerji bandı seçiminde farklı değerler örnek olarak seçilmiş, ilerleyen bölümlerde görüleceği üzere %60, %77 ve %94 enerji bandı değerlerinin farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. Süzgeçlenmiş AKD haritalarından boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı ve

2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerinin günlük ortalama değerleri hesaplanmış ve farklı enerji bantlarında günlük ortalamaları alınmış Dst, Ap ve Kp indis değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonrasında, en yüksek dalga sayısı değerleri ile Dst, Ap ve Kp indisi değerleri arasındaki ilintinin incelenmesi amacıyla üç farklı örnek enerji bandı değerinde Dst, Ap ve Kp indisine karşı en yüksek dalga sayısı saçılım grafikleri ve bağlanım doğruları oluşturulmuş; elde edilen ilinti değerleri incelenmiştir. Son olarak ise boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı günlük ortalamaları ile Dst, Ap ve Kp indisi günlük ortalamaları ilinti değerleri farklı enerji bandı değerlerine göre hesaplanmış ve grafikler üzerinde incelenmiştir. Bu şekilde farklı enerji bandı değerlerinin boylam, enlem ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerine etkisi araştırılmıştır. Ekvatorial bölge için analizler Bölüm 3.5.1'de ve yerküre için analizler 3.5.2'de yapılacaktır. Elde edilen sonuçlar, Sonuçlar ve Tartışma bölümünde yorumlanacaktır.



Şekil 3.3. AKD enerji içeriği tabanlı bozulma sezimi.

3.5.1. Ekvatorial Bölge

Ekvatorial bölge, en yüksek elektron yoğunluğuna sahip bölge olarak tanımlanabilir. Yüksek konsantrasyonda elektron oluşumu ekvatorial aykırılıklara sebep olur. Bu nedenle ekvatorial bölgeye ait iyonkürenin uzay-izgel analizinin yapılması, aykırılıkların anlaşılması açısından öneme sahiptir [5,8].

Bu bölümde, 2011 yılına ait 2 saatlik çözünürlükteki GIM-TEİ haritaları üzerinden 30° enlemleri ile tüm boylam değerleri arasındaki TEİ haritaları üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

Yoğun fırtına, hafif fırtına, zayıf fırtına ve sakin jeomanyetik hareketlilik düzeylerine göre örnek gün ve saatler seçilmiştir. Öncelikle, TEİ haritalarının jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre yapısını anlamak ve TEİ haritaları kullanılarak oluşturulmuş AKD haritalarını incelemek, Dst indisi ile yapılacak karşılaştırmalarda faydalı olacaktır. Jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre seçilen örnek gün ve saatler, Dst değerleri ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir. Dst değerleri ile karşılaştırma yapılmasının nedeni, Dst indisinin ekvatora yakın bölgelerde yer alan manyetometreler tarafından ölçülen verinin toplamı olarak elde edilmesidir [10,11]. Bu durum, Dst indisinin ekvatorial bölgedeki jeomanyetik hareketliliğin ölçütü olmasını sağlar [12]. Bu nedenle farklı jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre seçilen örnek günlere ait en yüksek dalga sayısı değerleri, öncelikle Dst indisi değerleri karşılaştırılmış; sonrasında Ap ve Kp indisi değerleri ile de karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre seçilen örnek gün ve saatler ve bunlara ait Dst değerleri.

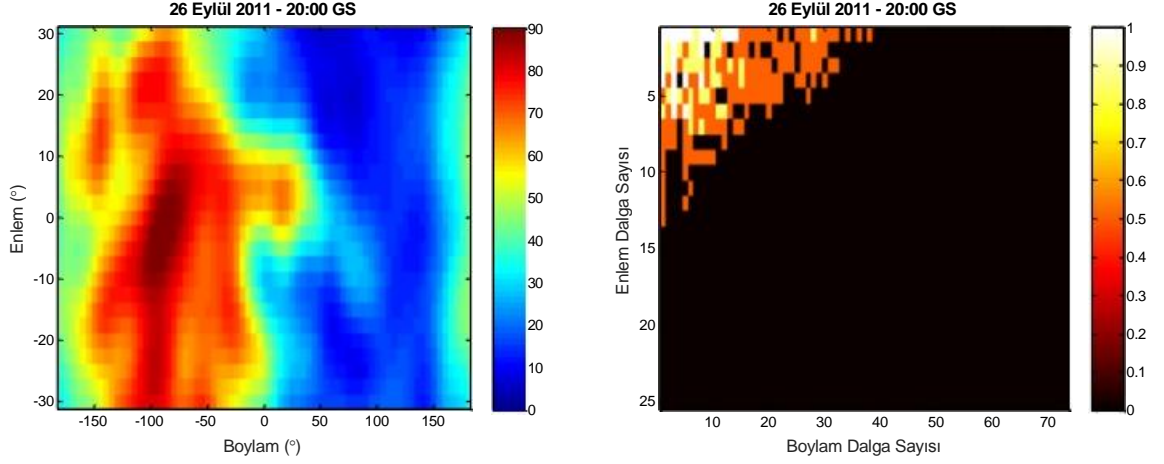
Tarih – Zaman (GS)	Dst (nT)	Jeomanyetik Hareketlilik Düzeyi
26 Eylül 2011 – 20:00	-117	Yoğun Fırtına
11 Mart 2011 – 22:00	-59	Hafif Fırtına
30 Nisan 2011 – 10:00	-40	Zayıf Fırtına
28 Nisan 2011 – 14:00	-12	Sakin

TEİ haritalarından elde edilen AKD haritaları üzerinde çeşitli enerji bantlarında süzgeçlemeler uygulanmıştır. AKD haritalarına ait elemanlar en yüksek enerjiye sahip olandan en düşük enerjiye sahip olana doğru sıralanmış, en yüksek enerjiye sahip N elemanın enerjilerinin toplamının, tüm elemanların enerjileri toplamına oranı enerji bandı olarak belirlenmiştir. N eleman sayısı arttıkça enerji bandı seviyesi de artmış ve buna bağlı olarak süzgeçlenmiş AKD haritalarında bir genişleme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 3.4(a), Şekil 3.5(a), Şekil 3.6(a) ve Şekil 3.7(a)'de sırasıyla 26 Eylül 2011, 20:00 GS, 11 Mart 2011, 22:00 GS, 30 Nisan 2011, 10:00 GS ve 28 Nisan 2011, 14:00 GS örnek gün ve saatleri için seçilen ekvatorial bölgeye ait TEİ haritaları gösterilmektedir.

Şekil 3.4(b), Şekil 3.5(b), Şekil 3.6(b) ve Şekil 3.7(b)'de 2011 yılı örnek gün ve saatleri için seçilen TEİ haritalarından elde edilmiş ve değişik enerji bantlarına göre süzgeçlenmiş AKD haritaları gösterilmektedir. Haritalardaki beyazla işaretli alanlar %60 enerji bandına sahip elemanları; beyaz ve sarı ile işaretli bölgeler %77 enerji bandına sahip elemanları; beyaz, sarı ve kırmızı ile işaretli bölgeler ise %94 enerji bandına sahip elemanları göstermektedir.

Şekil 3.4(a)'da 26 Eylül 2011, 20:00 GS'de elde edilmiş ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası gösterilmiştir. Belirtilen zamana ait Dst değeri -117 nT olup yoğun fırtınalı günü ifade etmektedir. Şekil 3.4(b)'de 26 Eylül 2011, 20:00 GS yoğun fırtınalı jeomanyetik hareketlilik düzeyine sahip ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası kullanılarak elde edilmiş bir AKD haritası gösterilmiştir.



(a)

(b)

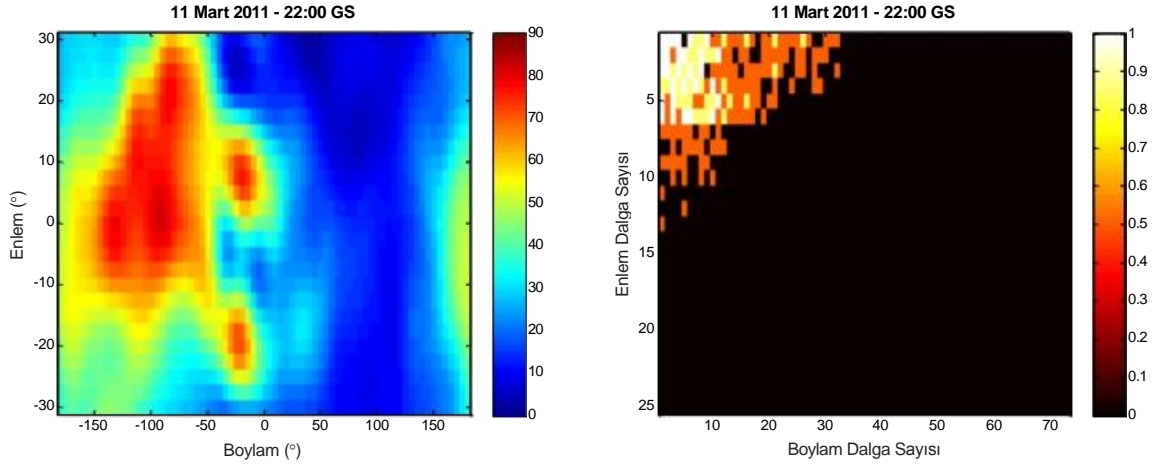
Şekil 3.4. 26 Eylül 2011, 20:00 GS yoğun fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.

26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait AKD haritasında farklı enerji bantlarındaki en yüksek dalga sayısı değerleri Çizelge 3.2'de listelenmiştir. Çizelge 3.2'den de görüldüğü üzere enerji bandı yüzde değeri arttıkça en yüksek dalga sayısı değeri de artmaktadır. Bununla birlikte en yüksek boylam dalga sayısı değerleri, en yüksek enlem dalga sayısı değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni TEİ haritası üzerinde boylam boyunca daha büyük bir inceleme yapılması, buna bağlı olarak da boylam ekseninde daha büyük değişimler meydana gelmesidir.

Çizelge 3.2. 26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.

	Enerji Bandı		
	%60	%77	%94
Boylam Dalga Sayısı	13	27	37
Enlem Dalga Sayısı	5	6	12

Şekil 3.5(a)'da 11 Mart 2011, 22:00 GS'de elde edilmiş ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası gösterilmiştir. Belirtilen zamana ait Dst değeri -59 nT olup hafif fırtınalı günü ifade etmektedir. Şekil 3.5(b)'de 11 Mart 2011, 22:00 GS hafif fırtınalı jeomanyetik sahip ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası kullanılarak elde edilmiş bir AKD haritası gösterilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.5. 11 Mart 2011, 22:00 GS hafif fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.

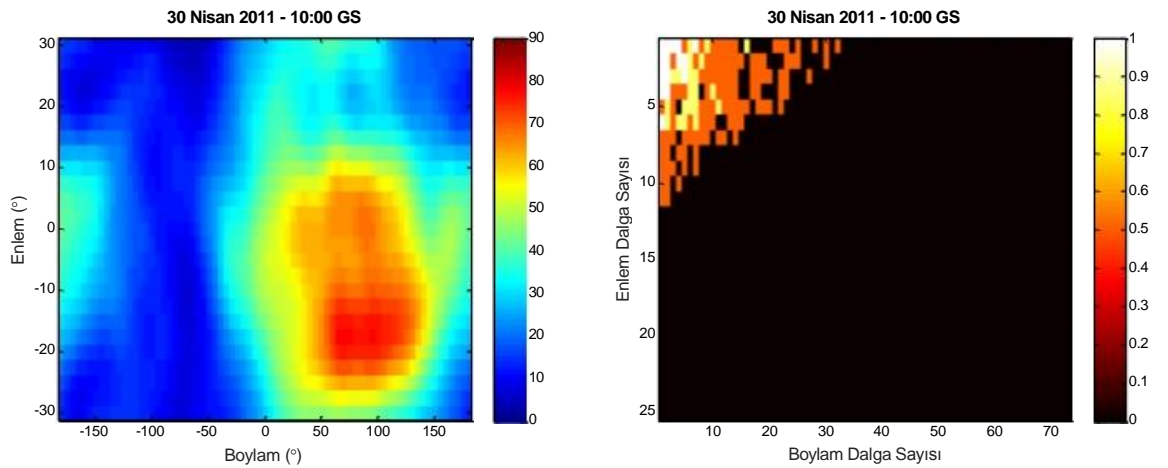
11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ait AKD haritasında farklı enerji bantlarındaki en yüksek dalga sayısı değerleri Çizelge 3.3'de listelenmiştir. Çizelge 3.3, Çizelge 3.2 ile karşılaştırıldığında, 11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin 26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinden

az olduğu görülmektedir. Bu fark özellikle boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde daha belirgindir. Enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde, boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri kadar bir değişim gözlemlenmemiştir.

Çizelge 3.3. 11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.

	Enerji Bandı		
	%60	%77	%94
Boylam Dalga Sayısı	8	25	31
Enlem Dalga Sayısı	5	5	12

Şekil 3.6(a)'da 30 Nisan 2011, 10:00 GS'de elde edilmiş ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası gösterilmiştir. Belirtilen zamana ait Dst değeri -40 nT olup zayıf fırtınalı günü ifade etmektedir. Şekil 3.6(b)'de 30 Nisan 2011, 10:00 GS zayıf fırtınalı jeomanyetik hareketlilik düzeyine sahip ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası kullanılarak elde edilmiş bir AKD haritası gösterilmiştir.



(a)

(b)

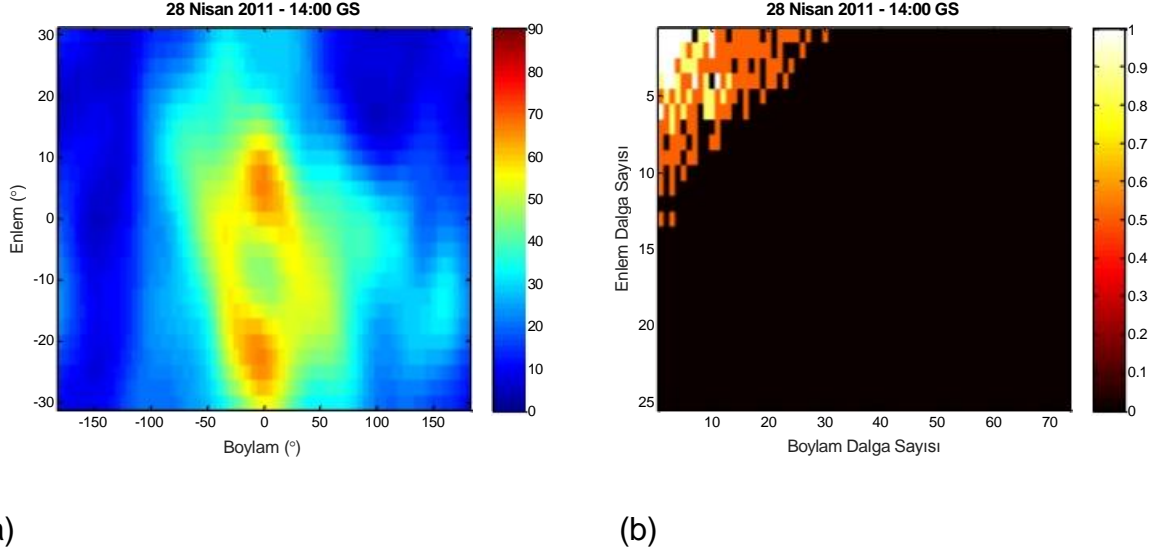
Şekil 3.6. 30 Nisan 2011, 10:00 GS zayıf fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.

30 Nisan 2011, 10:00 GS'ye ait AKD haritasında farklı enerji bantlarındaki en yüksek dalga sayısı değerleri Çizelge 3.4'de listelenmiştir. Çizelge 3.4, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.2 ile karşılaştırıldığında, 30 Nisan 2011, 10:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin, 11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ve 26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Bu fark özellikle boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde daha belirgin, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde de kısmi de olsa azalma gözlenmiştir.

Çizelge 3.4. 30 Nisan 2011, 10:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.

	Enerji Bandı		
	%60	%77	%94
Boylam Dalga Sayısı	6	15	31
Enlem Dalga Sayısı	5	5	10

Şekil 3.7(a)'a 28 Nisan 2011, 14:00 GS'de elde edilmiş ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası gösterilmiştir. Belirtilen zamana ait Dst değeri -12 nT olup zayıf fırtınalı günü ifade etmektedir. Şekil 3.7(b)'de 28 Nisan 2011, 14:00 GS sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyine sahip ekvatorial bölgeye ait TEİ haritası kullanılarak elde edilmiş bir AKD haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.7. 28 Nisan 2011, 14:00 GS sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyine ait, (a) TEİ haritası, (b) AKD haritası.

28 Nisan 2011, 14:00 GS'ye ait AKD haritasında farklı enerji bantlarındaki en yüksek dalga sayısı değerleri Çizelge 3.5'de listelenmiştir. Çizelge 3.5; Çizelge 3.4, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.2 ile karşılaştırıldığında, 28 Nisan 2011, 14:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin, 30 Nisan 2011, 10:00 GS'ye, 11 Mart 2011, 22:00 GS'ye ve 26 Eylül 2011, 20:00 GS'ye ait en yüksek dalga sayısı değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Bu fark özellikle boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde daha belirgin, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde de kısmi de olsa azalma gözlenmiştir. Şekil 3.7(a) incelendiğinde TEİ değerleri farklı jeomanyetik hareketlilik düzeyine göre örnek seçilmiş günler arasında en küçük seviyesine ulaşmış, bahsedilen gün ve saate ait Dst değeri oldukça yükselmiş ve AKD haritasında gösterilen beyaz, sarı ve kırmızı renklerle işaretlenen katsayıların alanı oldukça daralmıştır. Fırtına şiddetindeki azalmaya bağlı olarak en yüksek dalga sayısı değerlerindeki azalma bunların bir sonucu olarak düşünülebilir.

Çizelge 3.5. 28 Nisan 2011, 14:00 GS'ye ait AKD haritasının %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre dalga sayısı değerleri.

	Enerji Bandı		
	%60	%77	%94
Boylam Dalga Sayısı	9	13	27
Enlem Dalga Sayısı	4	5	10

Şekil 3.4(a), Şekil 3.5(a), Şekil 3.6(a) ve Şekil 3.7(a) karşılaştırıldığında jeomanyetik hareketlilik düzeyinin azalmasına bağlı olarak TEİ değeri seviyelerinde gözle görülür bir azalma meydana gelmektedir. Jeomanyetik hareketlilik düzeyinin azalması, aynı zamanda Dst değerinin artışını da beraberinde getirir.

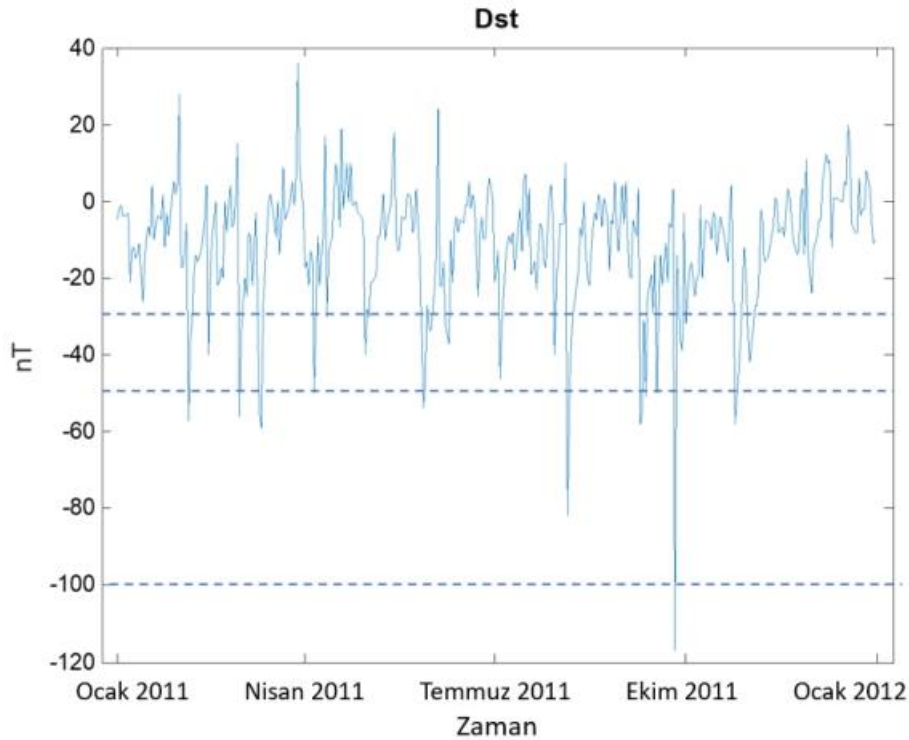
Şekil 3.4(b), Şekil 3.5(b), Şekil 3.6(b) ve Şekil 3.7(b)'de TEİ haritalarından elde edilmiş ve değişik enerji bantlarına göre süzgeçlenmiş AKD haritaları karşılaştırıldığında jeomanyetik hareketlilik düzeyinin artışına bağlı olarak en yüksek dalga sayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir. En yüksek dalga sayısı değerlerinin artışı ise Dst değerlerindeki azalmayı beraberinde getirmektedir.

Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'den görüldüğü üzere enerji bandı yüzde değeri arttıkça en yüksek dalga sayısı değeri de artmaktadır. Bununla birlikte en yüksek boylam dalga sayısı değerleri, en yüksek enlem dalga sayısı değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni TEİ haritası üzerinde boylam boyunca daha geniş bir alanda bir inceleme yapılması, buna bağlı olarak da boylam ekseninde daha büyük değişimler meydana gelmesidir.

2011 yılı boyunca 2 saatlik periyotlarla -30° ve 30° enlemleri arasında ve tüm boylam değerleri boyunca iyonküre üzerinden elde edilmiş AKD haritaları üzerinden %60, %77 ve %94 enerji bantlarına göre en yüksek boylam sayısı, en yüksek enlem sayısı ve en yüksek 2B'deki dalga sayısı değerleri hesaplanmış ve

bu değerlerin günlük ortalamaları hesaplanmıştır. Elde edilen değerler 2011 yılı boyunca günlük ortalamaları alınmış Dst değerleri ile karşılaştırılmıştır.

şekil 3.8'da 2011 yılına ait günlük ortalama alınmış Dst değerleri gösterilmiştir. Bu değerler, NASA OMNIweb ¹ arayüzü üzerinden 2011 yılı boyunca 1 saatlik periyotlarla elde edilmiş verilerin günlük ortalaması alınmış formudur. Kesikli çizgiler, -30 nT, -50 nT ve -100 nT değerlerini göstermektedir. Bu değerler sakin gün, hafif fırtınalı gün, zayıf fırtınalı gün ve yoğun fırtınalı gün jeomanyetik hareketlilik düzeyi sınıflandırmasındaki sınır değerler olarak belirtilmektedir. Grafik incelendiğinde, Dst değerlerinin düşüş gösterdiği günlerde fırtına yoğunluğu artış göstermiştir. -117 nT Dst değerine sahip 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı günü ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 hafif fırtınalı günü Dst değerinin en düşük değerler aldığı günler olarak sıralanabilir.



şekil 3.8. 2011 yılına ait günlük ortalama Dst değerleri.

¹ OMNIweb, OMNI 2 veri setine erişim sağlayan bir arayüzdür. OMNI 2 veri seti, National Space Science Data Center (NSSDC) tarafından yaratılmıştır. OMNI 2 veri seti; jeomanyetik hareketlilik indisleri ve güneş patlaması sayılarını, hareketli protonların saatlik akılarını, saatlik güneş rüzgarı manyetik alanını ve yermerkezli yörüngedeki birçok uzay aracından elde edilmiş plazma verisini içerir. [22]

Elde edilen 2011 yılına ait günlük ortalama Dst değerleri, %77 enerji bandı için, boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı günü, 11 Mart 2011 hafif fırtınalı günü, 30 Nisan 2011 zayıf fırtınalı günü ve 20 Nisan 2011 sakin günü için Çizelge 3.6'de karşılaştırılmıştır. Seçilen günlerde, Dst değerlerindeki azalmaya bağlı olarak boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.6. 2011 yılında seçilen bazı günlere ait Dst değeri, boylam, enlem eksenine ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı karşılaştırması.

Gün	Dst (nT)	En Yüksek Dalga Sayısı		
		Boylam	Enlem	2B'deki
26 Eylül 2011	-117	27	5	28
11 Mart 2011	-59	25	5	26
30 Nisan 2011	-40	15	6	16
28 Nisan 2011	-12	12	5	14.3

Şekil 3.9'de 2011 boyunca, sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantlarına sahip AKD haritalarından elde edilmiş boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri gösterilmiştir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Grafikler incelendiğinde enerji bandı değeri arttıkça boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

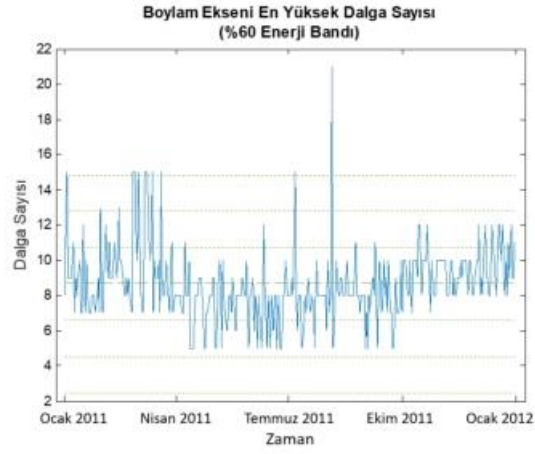
Şekil 3.9(a) incelendiğinde 5 Ağustos 2011 gününde boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, %60 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 21 olup aynı gün için Şekil 3.8'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında 5 Ağustos 2011 gününe ait Dst değerinin -82 nT olduğu gözlemlenmektedir. Bu değer 2011 yılı günlük ortalama alınmış Dst grafiği incelendiğinde en yüksek ikinci değer olup hafif fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir. Bu

durum, en yüksek dalga sayısındaki artışa bağlı olarak Dst değerindeki negatif yöndeki artış beklentisini desteklemektedir.

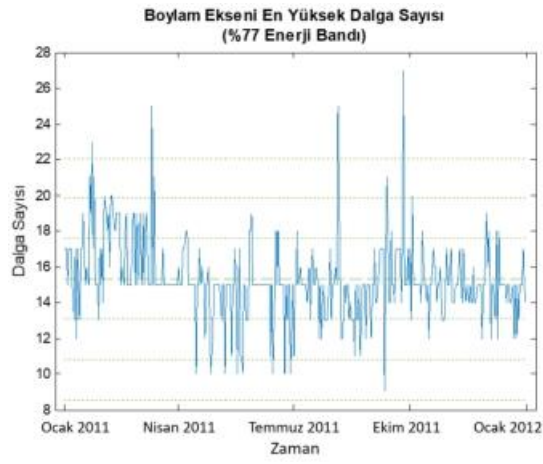
Şekil 3.9(b) incelendiğinde 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı gününde, boylam eksenini en yüksek dalga sayısı, %77 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 27 olup Şekil 3.8'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında, aynı gün için Dst değerinin -117 nT ile 2011 yılına ait en düşük değerini aldığı gözlemlenmektedir. Hafif fırtınalı günler incelendiğinde, 2011 yılına ait en düşük ikinci Dst değerini olan -82 nT değerine sahip 5 Ağustos 2011 gününde %77 enerji bandı için boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerini, en yüksek ikinci değer olan 25 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.8'deki Dst grafiğinde en düşük üçüncü Dst değerini olan -59 nT değerine sahip 11 Mart 2011 hafif fırtınalı günü, Şekil 3.7(b)'deki %77 enerji bandı için boylam eksenini en yüksek dalga sayısı grafiği ile karşılaştırıldığında, ilgili grafiğe ait en yüksek üçüncü değer olan 25 değerini aldığı gözlemlenmektedir. Grafiğe ait en yüksek dördüncü değer olan 23 ile 23 Ocak 2011 günü, Şekil 3.8'deki Dst grafiğinde 2 değerini aldığı görülmektedir. Burada belirtilen en yüksek dört değere sahip günler, grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değerini ile aşan günlerdir. Sonuç olarak, Şekil 3.9(b) grafiğine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin en yüksek üç değerini ile Dst indisi arasında ilinti gözlenirken, en yüksek dördüncü değer ile Dst indisi arasında bir ilinti gözlenmemiştir.

Şekil 3.9(c) incelendiğinde 31 Ocak 2011 gününde boylam eksenini en yüksek dalga sayısı, %94 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 45 olup aynı gün için Şekil 3.8'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında 31 Ocak 2011 gününe ait Dst değerini olan 28 nT olduğu gözlemlenmektedir. Bu değer 2011 yılı günlük ortalama alınmış Dst grafiği incelendiğinde sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir. Grafiğe ait en yüksek ikinci değer olan 41 dalga sayısı değerini 23 Ocak 2011 ve 7 Şubat 2011 günlerinin aldığı görülmektedir. Belirtilen günler grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değerini ile aşan günler olup, Şekil 3.8'deki Dst grafiğinde sırasıyla 2 ve -18 nT değerlerini almaktadır. Belirtilen değerler sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini

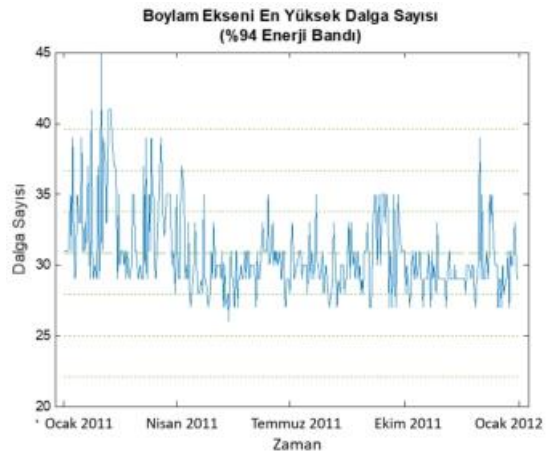
ifade etmektedir. Sonuç olarak, Şekil 3.9(c) grafiğine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin en yüksek değerleri ile Dst indisi arasında bir ilinti gözlenmemiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.9. 2011 yılı günlük ortalama boylam ekseni en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

Şekil 3.10'de sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantları için 2011 yılına ait günlük ortalama Dst indisi değerlerine karşılık boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri saçılım grafikleri, ilgili grafiğe ait bağlanım doğruları ve ilinti katsayıları gösterilmektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler grafiklere ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir.

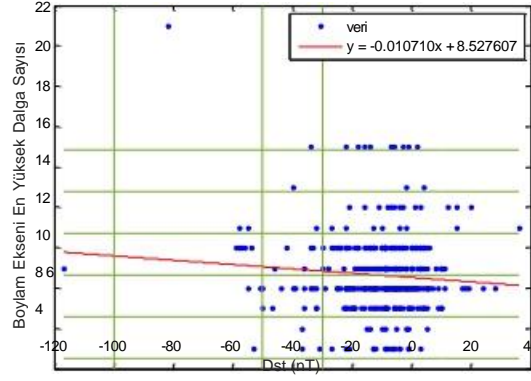
Şekil 3.10(a)'da görüldüğü üzere Dst değeri değişken bir dağılım gösterirken boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri belirli aralıklarda kümelenmiştir. Grafiğe ait aykırılıklar incelendiğinde ise, grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan 5 Ağustos 2011 gününde boylam eksenini en yüksek dalga sayısı 21 olup aynı güne ait Dst değerinin -82 nT olduğu gözlemlenmektedir. Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini dalga sayısının artması beklenmesine karşın, 9 en yüksek boylam eksenini dalga sayısına sahip 26 Ekim 2011 günü -117 nT Dst değerini almıştır. Belirtilen 9 en yüksek boylam eksenini dalga sayısı değeri ortalama en yüksek boylam eksenini dalga sayısına değerine oldukça yakındır. İlgili saçılım grafiğine ait bağlanım doğrusu ve ilinti katsayısı r , grafik üzerinde gösterilmiştir. İlinti katsayısı r değeri -0.083826 olarak hesaplanmıştır. Bu değer negatif ve az ilintiye işaret eder.

Şekil 3.10(b)'de Dst'e karşı boylam eksenini değerleri belirli değerlerde kümelenmiş göstermiş olmasına karşın homojen değişken bir dağılıma da sahiptir. Bu durum, Şekil 3.10(a) ile karşılaştırıldığında, bağlanım doğrusunun eğiminin artmasını ve ilinti katsayısı değerinin büyüklüğünün artmasını sağlamıştır. İlinti katsayısı değeri -0.326180 olarak hesaplanmıştır. Bu değer negatif ilintiyi ifade eder. Belirtilen değer tez çalışması kapsamında yapılan analizler içerisinde görece yüksek bir ilintiyi göstermektedir. Saçılım grafiğine ait aykırılıklar incelendiğinde ise, 27 en boylam eksenini en yüksek dalga sayısına ait ve -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü, 25 boylam eksenini en yüksek dalga sayısına ait ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 günü, 25 en yüksek boylam sayısına ait ve -59 nT

Dst değerine sahip 11 Mart 2011 günü grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan günlerdir. Belirtilen günler, Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması beklenen davranışına uyum göstermektedir. Grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan bir diğer gün ise 23 boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve 2 nT Dst değerine sahip 23 Ocak 2011 günüdür. Belirtilen gün, Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması beklenen davranışına uyum göstermemektedir.

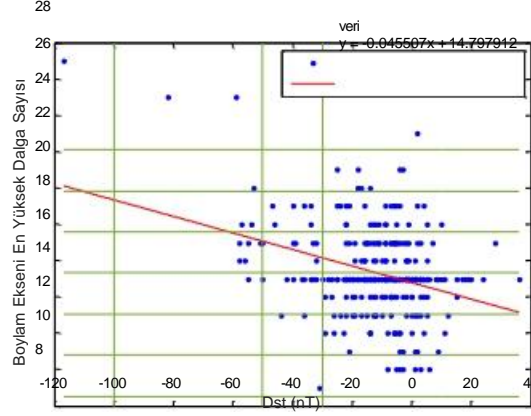
Şekil 3.10(c)'de Dst değeri değişken bir dağılım gösterirken boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri belirli aralıklarda kümelenmiştir. Bu durum, ilinti katsayısı -0.083826 olan Şekil 3.10(a) durumu ile benzerlik gösterir. İlinti katsayısı -0.101729 olarak hesaplanmıştır. Bu değer negatif ve az ilintiyi ifade eder. Saçılım grafiğine ait aykırılıklar incelediğinde ise beklenen Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması davranışı gözlemlenmemiş olup, 35 boylam eksenini en yüksek dalga sayısına ait ve -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü ve 33 en yüksek boylam sayısına ait ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 günü kümelenme dışında kalan günler olarak belirlenmiştir. Belirtilen günlere ait Dst değeri negatif yönde oldukça artmasına rağmen boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri ortalama kalmıştır. Grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan günler incelendiğinde ise 45 boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve 28 nT Dst değerine sahip 31 Ocak 2011 günü, 41 boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve 2 nT değerine sahip 23 Ocak 2011 ve 41 boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve -18 nT Dst değerine sahip 7 Şubat 2011 günleri görülmektedir. Belirtilen günlere ait Dst değerleri, 2011 yılı günlük ortalama alınmış Dst grafiği incelendiğinde sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir. Bu durum, belirtilen günlerin Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması beklenen davranışına uyum sağlamadığını göstermektedir.

Dst'ye karşı Boylam Ekseni En Yüksek Dalga Sayısı (%60 Enerji Bandı)
($r = -0.083826$)



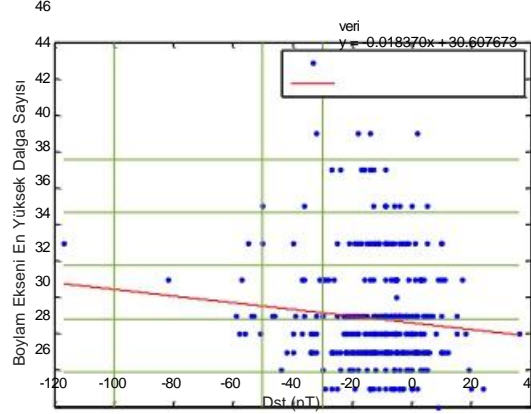
(a)

Dst'ye karşı Boylam Ekseni En Yüksek Dalga Sayısı (%77 Enerji Bandı)
($r = -0.326181$)



(b)

Dst'ye karşı Boylam Ekseni En Yüksek Dalga Sayısı (%94 Enerji Bandı)
($r = -0.101729$)



(c)

Şekil 3.10. 2011 yılı Dst indisine karşı boylam ekseni en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

Şekil 3.11’de 2011 boyunca, sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantlarına sahip AKD haritalarından elde edilmiş enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri gösterilmiştir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Şekil 3.9 ile karşılaştırıldığında, enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısındaki günlük değişimlerin, boylam eksenine ait günlük değişimlerden daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni TEİ haritalarına ait boylam ekseninin enlem eksenine oranla daha fazla veri içermesi ve böylece boylam eksenini boyunca daha büyük değişimlerin olması olarak açıklanabilir. Şekil 3.11’deki grafikler incelendiğinde enerji bandı değeri arttıkça enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Fakat, enerji bandındaki değişimle birlikte en yüksek değere sahip noktalar arasında bir ilinti gözlemlenmemiştir.

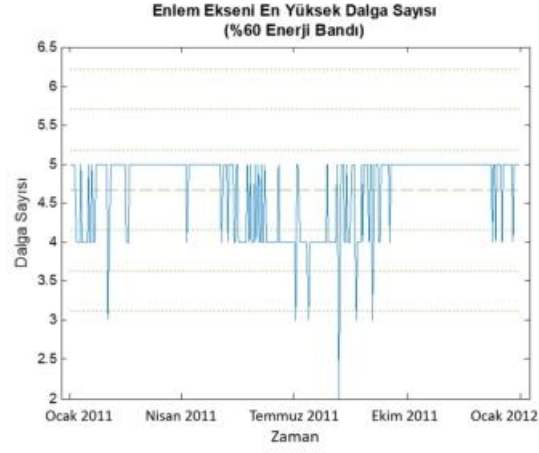
Şekil 3.11(a), Şekil 3.11(b) ve Şekil 3.11(c) incelenip Şekil 3.8’de verilen Dst günlük ortalama grafiği ile karşılaştırıldığında Çizelge 3.6’da belirtilen yoğun fırtına ve hafif fırtınalı günler için Dst değerleri ve enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri arasında bir ilinti gözlemlenmemiştir. Aynı zamanda, Şekil 3.11(a), Şekil 3.11(b) ve Şekil 3.11(c)’ye ait enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı grafiklerinden 2011 yılına ait en düşük değere sahip günler incelendiğinde, ilgili günlere ait Dst değerlerinde beklenen yükselme gözlemlenmemiştir.

Şekil 3.11(a) incelendiğinde, %60 enerji bandı için enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değeri 2 olan ve 2011 yılına ait en düşük değere sahip olan 7 Ağustos 2011 günü, Şekil 3.8 günlük ortalama Dst değeri grafiği ile karşılaştırıldığında -37 nT Dst değerini almaktadır. İfade edilen değer, zayıf fırtınalı bir günü ifade etmekte olup enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değeri ile ilintili bulunmamıştır.

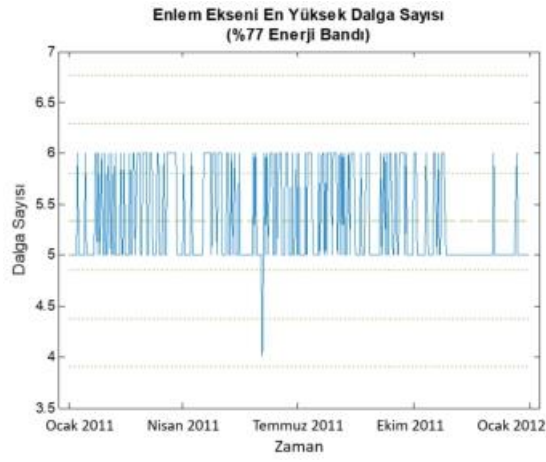
Şekil 3.11(b) incelendiğinde, %77 enerji bandı için enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değeri 4 olan ve 2011 yılına ait en düşük değere sahip olan 3 Haziran 2011 günü, Şekil 3.8 günlük ortalama Dst değeri grafiği ile karşılaştırıldığında -14 nT Dst değerini almaktadır. İfade edilen değer, sakin bir günü ifade etmesine rağmen

2011 yılı günlük ortalama Dst grafiği incelendiğinde; enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerindeki azalmaya bağlı Dst değerindeki beklenen yükseliş gözlemlenmemiştir.

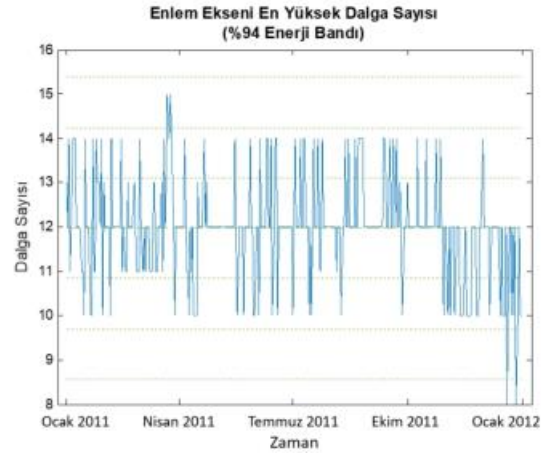
şekil 3.11(c) incelendiğinde, %94 enerji bandı için enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerini 15 olan ve 2011 yılına ait en yüksek değerlere sahip olan 23 Mart 2011 ve 25 Mart 2011 günleri şekil 3.8 günlük ortalama Dst değerini grafiği ile karşılaştırıldığında sırasıyla -5 nT ve 1 nT değerlerini almaktadır. Belirtilen değerler sakin bir günü ifade etmekte olup enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerindeki artış ile örtüşmemektedir. %94 enerji bandı için enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerini 8 olan ve 2011 yılına ait en düşük değerlere sahip olan 20 Aralık 2011 ve 27 Aralık 2011 günleri, sırasıyla -6 nT ve 8 nT Dst değerlerini almaktadır. Belirtilen değerler sakin bir günü ifade etmekte olup enlem ekseni en yüksek dalga sayısındaki düşüş ile ilintili bulunmuştur. Buna rağmen, 2011 yılı boyunca en yüksek Dst değerlerini alan günlerde enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerlerinde beklenen azalma gözlemlenmemiştir.



(a)



(b)



(c)

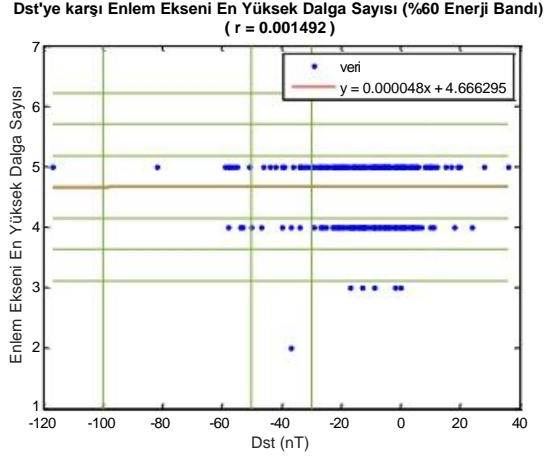
Şekil 3.11. 2011 yılı sahip günlük ortalama enlem ekseni en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

Şekil 3.12'da sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantları için 2011 yılına ait günlük ortalama Dst indisi değerlerine karşılık enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri saçılım grafikleri, ilgili grafiğe ait bağlantım doğruları ve ilinti katsayıları gösterilmektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler grafiklere ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir.

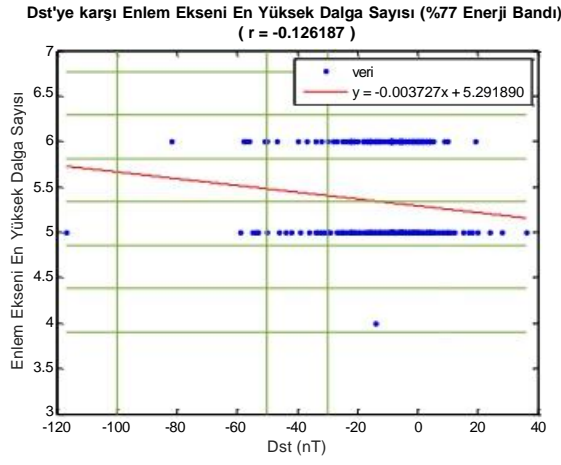
Şekil 3.12(a)'da görüldüğü üzere, Dst indisi değeri oldukça düzgün bir dağılım göstermesine karşın enlem eksenini en yüksek dalga sayısı son derece değişken bir dağılıma sahip olup yalnızca 3 değerde kümelenmiştir. Bu durum bağlantım doğrusunun eğiminden ve ilinti katsayısından da açıkça anlaşılmaktadır. Bağlantım doğrusu, $y = 0$ doğrusuna oldukça yakın bir davranış göstermektedir. İlinti katsayısı ise 0.001492 olarak hesaplanmıştır. Bu değer pozitif ve çok az ilintiyi işaret etmektedir. Grafiğe ait aykırılıklar incelendiğinde ise, -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü 5 enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerini aldığı görülmektedir. Bu durum en yüksek dalga sayısı değerindeki azalmaya bağlı Dst değerindeki yükseliş beklentisini sağlamamaktadır.

Şekil 3.12(b)'de %77 enerji bandı için Dst indisine karşı enlem eksenini en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, bağlantım doğrusu ve ilinti katsayısı görülmektedir. Enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri yalnızca iki değerde kümelenmiş olmasına rağmen bağlantım doğrusu ve ilinti katsayıları incelendiğinde, Şekil 3.12(a)'da %60 enerji bandı için incelenen durumdan daha ilintili bir durum gözlemlenmektedir. Bağlantım katsayısı -0.126187 olarak hesaplanmıştır. Bu değer mutlak değerce Şekil 3.12(a)'daki durumdan yüksek olsa dahi negatif ve az ilintiyi işaret etmektedir. Grafiğe ait aykırılıklar incelendiğinde ise, -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü 5 enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerini aldığı görülmektedir. Bu durum en yüksek dalga sayısı değerindeki azalmaya bağlı Dst değerindeki yükseliş beklentisini sağlamamaktadır.

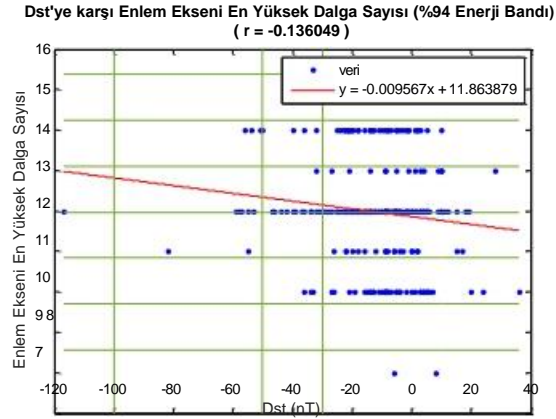
Şekil 3.12(c) incelendiğinde enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri dağılımının, Şekil 3.12(a) ve Şekil 3.12(b) grafiklerindeki dağılımdan daha düzgün dağılıma sahip bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu duruma bağlı olarak bağlanım doğrusu eğimi ve ilinti katsayısı büyüklükleri artmıştır. İlinti katsayısı -0.136049 olarak hesaplanmıştır. Bu değer negatif ve tez kapsamında elde edilen sonuçlara görece az ilintiyi ifade eder. Grafiğe ait aykırılıklar incelendiğinde ise, -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü 5 enlem eksenine en yüksek dalga sayısı değerini aldığı görülmektedir. Bu değer enlem eksenine en yüksek dalga sayısı ortalama değerine oldukça yakın olup en yüksek dalga sayısı değerindeki azalmaya bağlı Dst değerindeki yükseliş beklentisini sağlamamaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.12. 2011 yılı Dst indisine karşı enlem ekseni en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

Şekil 3.12(a), Şekil 3.12(b) ve Şekil 3.12(c) incelendiğinde saçılım grafiğine ait belirgin bir aykırılık görülmemiştir. Bunun yanı sıra, ilinti katsayısı büyüklükleri de oldukça düşük değerler almıştır.

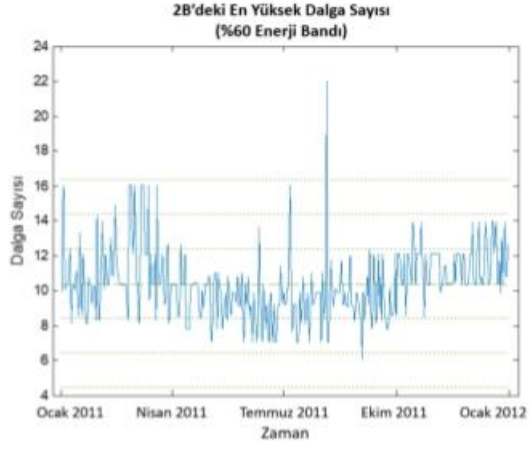
Şekil 3.13'de 2011 boyunca, sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantlarına sahip AKD haritalarından elde edilmiş 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri gösterilmiştir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Grafikler incelendiğinde enerji bandı değeri arttıkça boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Fakat, enerji bandındaki değişimle birlikte maksimum noktalar arasında bir ilinti gözlemlenmemiştir. Şekil 3.9 ile karşılaştırıldığında, enerji bandı aynı olan grafikler için en yüksek dalga sayısı değerleri davranışlarının benzer olduğu fakat Şekil 3.13'deki en yüksek dalga sayısı değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinden mutlak büyüklükçe daha baskın olması ve 2B'deki dalga sayısı değerlerinin bu iki veri setinin bir birleşimi olmasıdır.

Şekil 3.13(a) incelendiğinde 5 Ağustos 2011 gününde 2B'deki en yüksek dalga sayısı, %60 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 22 olup aynı gün için Şekil 3.8'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında 5 Ağustos 2011 gününe ait Dst değerinin -82 nT olduğu gözlemlenmektedir. Bu değer 2011 yılı günlük ortalama alınmış Dst grafiği incelendiğinde en yüksek ikinci değer olup hafif fırtına jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir.

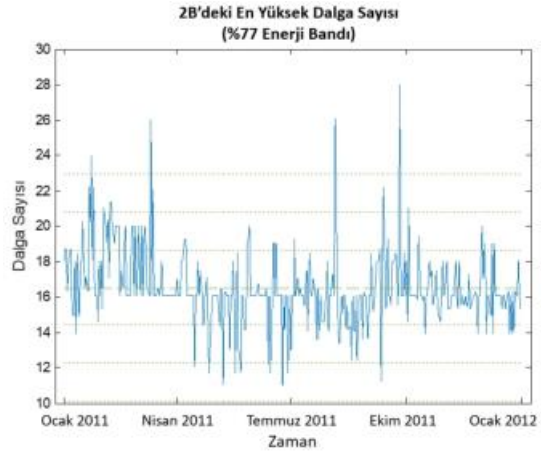
Şekil 3.13(b) incelendiğinde 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı gününde, boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı, %77 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 28 olup Şekil 3.5'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında, aynı gün için Dst değerinin -117 nT ile 2011 yılına ait en düşük değeri aldığı gözlemlenmektedir. Hafif fırtınalı günler incelendiğinde, 2011 yılına ait en düşük ikinci Dst değeri olan -82 nT değerine sahip 5 Ağustos 2011 gününde %77 enerji

bandı için boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerinin, en yüksek ikinci değer olan 26 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.8'deki Dst grafiğinde en düşük üçüncü Dst değeri olan -59 nT değerine sahip 11 Mart 2011 hafif fırtınalı günü, Şekil 3.9(b)'deki %77 enerji bandı için boylam eksenini en yüksek dalga sayısı grafiği ile karşılaştırıldığında, ilgili grafiğe ait en yüksek üçüncü değer olan 26 değerini aldığı gözlemlenmektedir. Belirtilen günler, ilgili grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan günlerdir. Bu günlere ek olarak, 24 Ocak 2011'deki en yüksek dalga sayısı değeri ve 2 nT Dst değeri ile 23 Ocak 2011 günü görülmektedir. 26 Eylül 2011, 5 Ağustos 2011 ve 11 Mart 2011 günleri Ocak 2011'deki en yüksek dalga sayısındaki artışa bağlı olarak Dst değerindeki negatif artış beklentisini karşılamasına rağmen, 23 Ocak 2011 günü bu beklentiyi sağlamamaktadır.

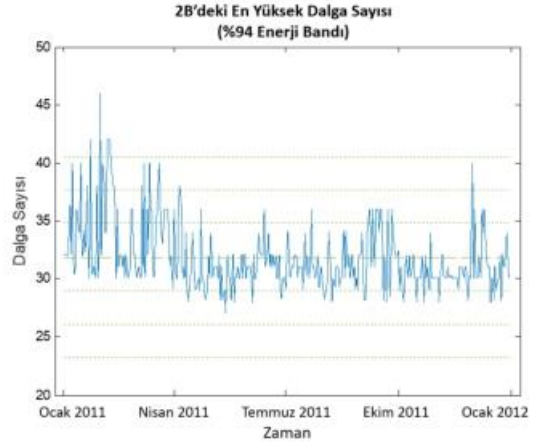
Şekil 3.13(c) incelendiğinde 31 Ocak 2011 gününde Ocak 2011'deki en yüksek dalga sayısı, %94 enerji bandı için 2011 yılının en yüksek değerini almaktadır. Bu değer 46 olup aynı gün için Şekil 3.8'deki Dst grafiği ile karşılaştırıldığında 31 Ocak 2011 gününe ait Dst değerinin 28 nT olduğu gözlemlenmektedir. Bu değer 2011 yılı günlük ortalama alınmış Dst grafiği incelendiğinde sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir. Grafiğe ait en yüksek ikinci değer olan 42 dalga sayısı değerini 23 Ocak 2011 ve 7 Şubat 2011 günlerinin aldığı görülmektedir. Belirtilen günler grafiğe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan günler olup, Şekil 3.8'deki Dst grafiğinde sırasıyla 2 ve -18 nT değerlerini almaktadır. Belirtilen değerler sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmektedir. Sonuç olarak, Şekil 3.13(c) grafiğine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin en yüksek değerleri ile Dst indisi arasında bir ilişki gözlenmemiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.13. 2011 yılı günlük ortalama 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

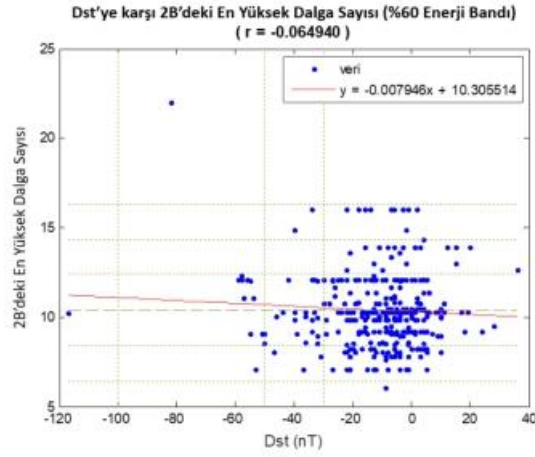
Şekil 3.14'de sırasıyla %60, %77 ve %94 enerji bantları için 2011 yılına ait günlük ortalama Dst indisi değerlerine karşılık 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri saçılım grafikleri, ilgili grafiğe ait bağlanım doğruları ve ilinti katsayıları gösterilmektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler grafiklere ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler en yüksek dalga sayısı ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir.

Şekil 3.14(a)'da 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri Şekil 3.10(a) ve Şekil 3.12(a)'ya oranla homojen bir dağılım göstermesine karşın bağlanım doğrusu eğimi ve ilinti katsayısı büyüklüklerinin küçük olduğu gözlemlenmiştir. İlinti katsayısı değeri -0.064940 olup negatif ve az ilintiyi ifade etmektedir. Saçılım grafiğinde görülen kümelenme davranışının dışında kalan günler, 10.2 değeri ile 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü ve 22.02 değeri ile 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 günü olarak belirlenmiştir. 5 Ağustos 2011 günü Dst indisinin negatif yönde artması ile en yüksek dalga sayısı artışı hipotezine uygun bir davranış sergilerken, 26 Ekim 2011 gününe ait en yüksek dalga sayısı ortalama değerini alarak belirtilen hipoteze uymamıştır.

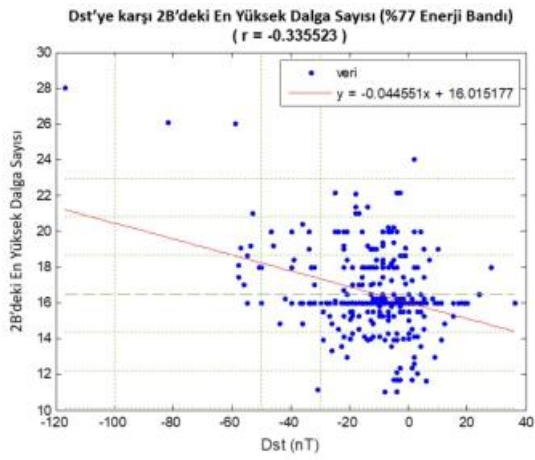
Şekil 3.14(b)'de %77 enerji bandı için Dst indisi değerlerine karşılık 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri saçılım grafiği görülmektedir. Şekil 3.10(a) ile karşılaştırıldığında, Şekil 3.14(a)'daki dalga sayısı değerlerinin oldukça homojen bir yayılıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak bağlanım doğrusu eğimi ve ilinti katsayısı büyüklükleri artmıştır. İlinti katsayısı değeri -0.335523 olarak hesaplanmıştır. Bu değer negatif ve tez çalışması kapsamında elde edilen ilinti katsayıları kendi içlerinde karşılaştırıldığında görece yüksek ilintiyi ifade eder. Saçılım grafiğine ait aykırılıklar incelediğinde ise, 28.02 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü, 26.08 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 günü, 26.02 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -59 nT Dst değerine sahip 11 Mart

2011 günlerinin kümelenme dışında davranış sergilediği görülmektedir. Ayrıca belirtilen günler, Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması beklenen davranışına uyum göstermektedir. Belirtilen günler, 2B'deki en yüksek dalga sayısı ortalama değerini 3 standart sapma değeri ile aşan günlerdir. Bu günlere ek olarak, 24 2B'deki en yüksek dalga sayısı değeri ve 2 nT Dst değeri ile 23 Ocak 2011 günü görülmektedir. Fakat, 23 Ocak 2011 günü Dst değerinin negatif yönde büyümesi ile birlikte boylam eksenini en yüksek dalga sayısının artması beklenen davranışına uyum göstermemektedir.

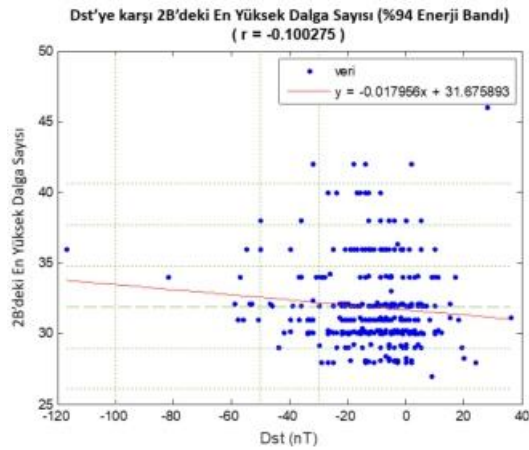
Şekil 3.14(c)'de 2B'deki en yüksek dalga sayısında belirli değerlerde kümelenmeler gözlemlenmektedir. İlinti katsayısı -0.100275 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, negatif ve az ilintili durumu ifade etmektedir. Şekil 3.10(c) ile karşılaştırıldığında, iki grafiğin benzer bir davranışa sahip olduğu ve ilinti katsayı değerlerinin yakın olduğu gözlemlenmektedir. Saçılım grafiğine ait aykırılıklar incelediğinde ise, 36.01 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -117 nT Dst değerine sahip 26 Ekim 2011 günü, 34.06 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve -82 nT Dst değerine sahip 5 Ağustos 2011 günü, 46.01 2B'deki en yüksek dalga sayısına ait ve 28 nT Dst değerine sahip 31 Ocak 2011 günü kümelenme dışında kalan günler olarak görülmektedir. 26 Ekim 2011 ve 5 Ağustos 2011 Dst değerinin negatif yönde oldukça artmasına karşın en yüksek dalga sayısındaki beklenen artışı göstermemiştir. 31 Ocak 2011 günü ise Dst değerinin negatif yönde oldukça azalmasına karşın en yüksek dalga sayısındaki artış ile belirtilen hipoteze tam tersi bir davranış sergilemiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.14. 2011 yılı Dst indisine karşı 2B'deki en yüksek dalga sayısı saçılım grafiği, (a) %60 enerji bandı, (b) %77 enerji bandı, (c) %94 enerji bandı.

Çizelge 3.7’de 2011 yılı günlük periyotlarla elde edilmiş ekvatorial bölgeye ait AKD haritalarından, örnek üç farklı enerji bandı için Dst indisi değerleri ile boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B’deki en yüksek dalga sayısı değerleri için ilinti değerleri gösterilmiştir. Gösterilen veriler, Şekil 3.9, Şekil 3.11 ve Şekil 3.13’de yer alan grafiklerin özetidir. İlinti verileri incelendiğinde %60 ve %94 enerji bandı için Dst değerleri ile en yüksek dalga sayıları arasında bir ilinti gözlemlenemezken, %77 enerji bandı için Dst değerleri ile boylam eksenini ve 2B’deki en yüksek dalga sayıları arasında negatif ve tez çalışması boyunca elde edilen ilinti katsayısı değerlerine göre yüksek ilinti gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.7. 2011 yılı ekvatorial bölgeye ait AKD haritalarından elde edilmiş en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin üç farklı örnek enerji bandı için ilinti değerleri.

	Enerji Bandı		
	%60	%77	%94
Dst – Boylam eksenini en yüksek dalga sayısı	-0.083826	-0.326181	-0.101729
Dst – Enlem eksenini en yüksek dalga sayısı	0.001492	-0.126187	-0.136049
Dst – 2B’deki en yüksek dalga sayısı	-0.064940	-0.335523	-0.102750

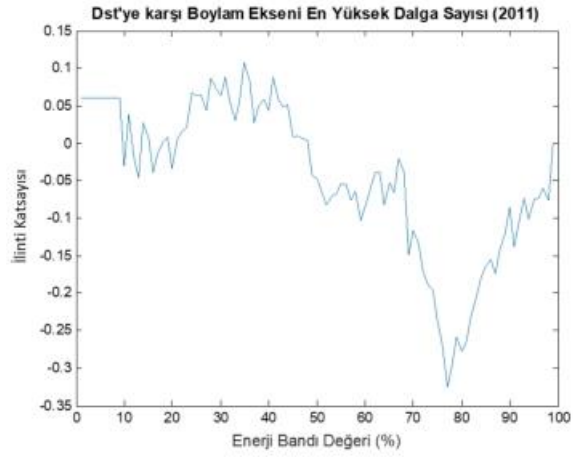
Şekil 3.15’de sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B’deki için, Dst indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan Dst indisi ve en yüksek dalga sayısı değerleri, 2011 yılına ait olup günlük periyotlarla elde edilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Grafikler incelendiğinde %77 enerji bandına yakın enerji bandı değerlerinde ilinti katsayısı büyüklüğünde artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.15(a), Şekil 3.15(b) ve Şekil 3.15(c) birlikte incelendiğinde %70 ile %100 enerji bandı değerleri arasında grafiklerin benzer davranış sergiledikleri görülmektedir. %0 ve %30 ile %30 ve %70 enerji bandı değerleri arasında Şekil 3.15(a) ve Şekil 3.15(c) benzer davranışlar sergilerken, Şekil 3.15(b)’de farklı bir davranış gözlemlenmektedir.

Şekil 3.15(a) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.3262 ile en yüksek büyüklüğüne %77 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve tez çalışmasında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine görece yüksek ilintiyi ifade eder.

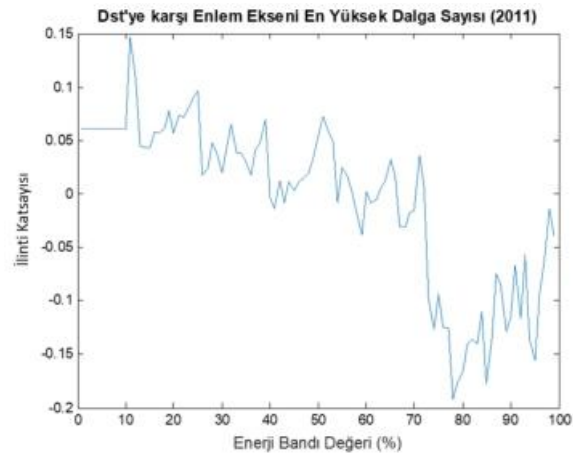
Şekil 3.15(b) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.1919 ile en yüksek büyüklüğüne %78 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve az ilintiyi ifade eder.

Şekil 3.15(c) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.3355 ile en yüksek büyüklüğüne %77 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve tez çalışmasında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine görece yüksek ilintiyi ifade eder.

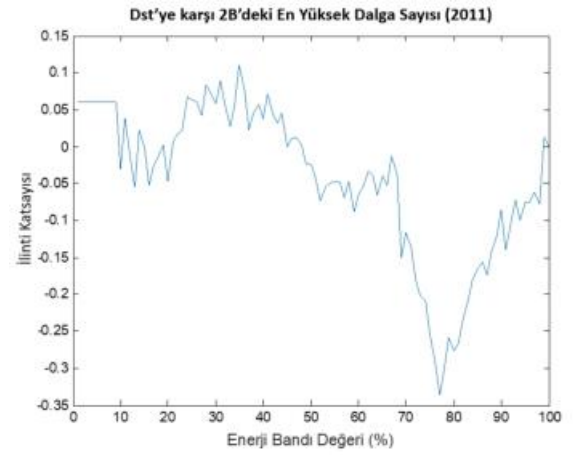
Şekil 3.15(a) ve Şekil 3.15(c) birlikte incelendiğinde oldukça benzer davranış sergiledikleri gözlemlenmiştir. Bunun nedeni AKD haritalarına ait boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerlerine büyüklükçe baskın oluşudur. Bu durum boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı grafikleri ile 2B'deki en yüksek dalga sayısı grafiklerinin benzer bir davranış göstermelerine neden olur. Şekil 3.15(b) ise Şekil 3.15(a) ve Şekil 3.15(c) ile karşılaştırıldığında en yüksek büyüklüğe sahip ilinti katsayısı değerlerini yakın enerji bandı değerlerinde almalarına rağmen grafik davranışlarının görece farklı olduğu gözlemlenmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.15. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Dst indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Şekil 3.16'de sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki için, Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan Ap indisi ve en yüksek dalga sayısı değerleri, 2011 yılına ait olup günlük periyotlarla elde edilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Grafikler incelendiğinde %77 enerji bandına yakın enerji bandı değerlerinde ilinti katsayısı büyüklüğünde artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.16(a) grafiği ile Şekil 3.16(c) grafiğinin benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Bu durumun nedeni boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerlerinin enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerlerine göre yaklaşık 3 ya da 5 kat daha büyük oluşudur. Şekil 3.16(a) ve Şekil 3.16(c) birlikte incelendiğinde, grafik davranışlarının benzer olmasının yanı sıra yaklaşık %0-%40, %40-%60 ve %60-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Şekil 3.16(b)'de ise grafik yaklaşık olarak %0-%30, %30-%70 ve %70-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı gözlemlenmektedir.

Şekil 3.16(a) incelendiğinde Ap indisi ve boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %78 enerji bandında 0.3076 ilinti değeri ile sağlandığı görülmektedir. Bu değer pozitif ve tez çalışmasında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine görece yüksek ilintiyi ifade eder.

Şekil 3.16(b) incelendiğinde Ap indisi ve enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %76 enerji bandında 0.2238 ilinti değeri ile sağlandığı görülmektedir. Bu değer pozitif ilintili durumu ifade etmektedir.

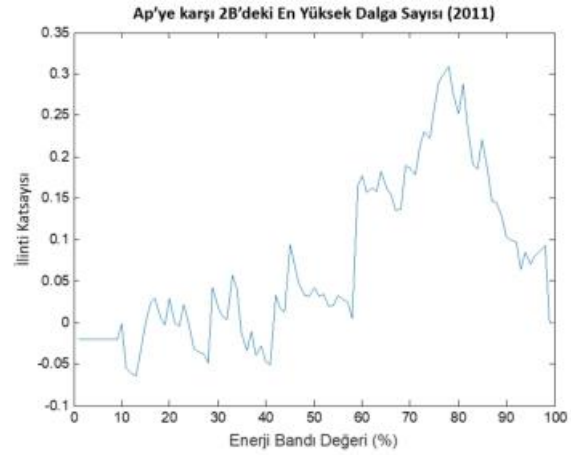
Şekil 3.16(c) incelendiğinde Ap indisi ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %78 enerji bandında 0.3092 ilinti değeri ile sağlandığı görülmektedir. Bu değer pozitif ve tez çalışmasında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine görece yüksek ilintiyi ifade eder.



(a)



(b)



(c)

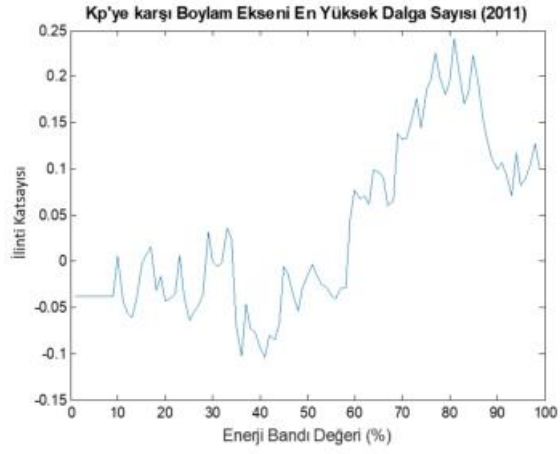
Şekil 3.16. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Şekil 3.17’de sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B’deki için; Kp indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan Kp indisi ve en yüksek dalga sayısı değerleri, 2011 yılına ait olup günlük periyotlarla elde edilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Şekil 3.17(a) grafiği ile Şekil 3.17(c) grafiğinin benzer davranış gösterdiği görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde %81 enerji bandına yakın enerji bandı değerlerinde ilinti katsayısı büyüklüğünde artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.17(a) ve Şekil 3.17(c) birlikte incelendiğinde, grafik davranışlarının benzer olmasının yanı sıra yaklaşık %0-%35, %35-%60 ve %60-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Şekil 3.17(b)’de ise grafik yaklaşık olarak %0-%30, %30-%70 ve %70-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı gözlemlenmektedir.

Şekil 3.17(a) incelendiğinde Kp indisi ve boylam eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %81 enerji bandında 0.2414 ilinti değeri ile sağlandığı görülmektedir. Bu değer pozitif ilintili durumu ifade etmektedir.

Şekil 3.17(b) incelendiğinde Kp indisi ve enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %85 enerji bandında 0.246 ilinti değeri ve %76 enerji bandında 0.2444 değeri ile sağlandığı görülmektedir. Bu iki değer pozitif ve tez çalışmasında elde edilen en yüksek ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında orta ilintiyi ifade etmektedir.

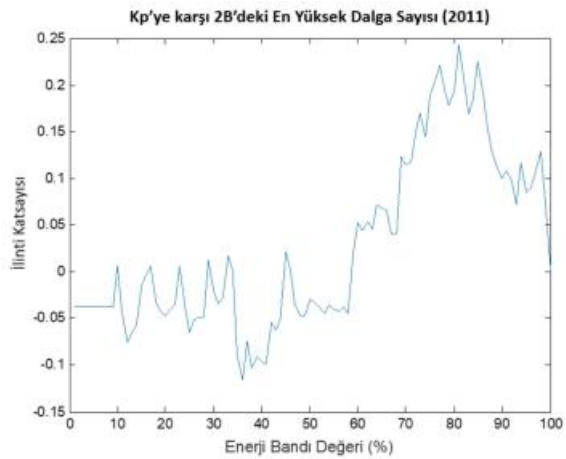
Şekil 3.17(c) incelendiğinde Kp indisi ve 2B’deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasındaki en yüksek ilintinin %81 enerji bandında 0.2432 ilinti değeri ve ile sağlandığı görülmektedir. Bu değer pozitif ve tez çalışmasında elde edilen en yüksek ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında orta ilintiyi ifade etmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.17. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Kp indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Çizelge 3.8’de; Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de incelenen grafiklerin özeti sunulmuştur. Dst indisi ile boylam eksenini ve 2B’deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında negatif ve tez çalışmasında elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilinti gözlemlenirken, enlem eksenini arasında az ilintili durum gözlemlenmiştir. Ap indisi ile boylam eksenini ve 2B’deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve tez çalışmasında elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilinti gözlemlenirken, enlem eksenini arasında az ilinti gözlemlenmiştir. Kp indisi ile en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve az ilinti gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.8. 2011 yılı ekvatorial bölgeye ait AKD haritalarından elde edilmiş en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin ilinti analizi.

		İlinti Katsayısı	İlinti (Pozitif/Negatif)	Enerji Bandı (%)
Dst	Boylam	-0.3262	Negatif	77
	Enlem	-0.1919	Negatif	78
	2B’deki	-0.3355	Negatif	77
Ap	Boylam	0.3076	Pozitif	78
	Enlem	0.2238	Pozitif	76
	2B’deki	0.3092	Pozitif	78
Kp	Boylam	0.2414	Pozitif	81
	Enlem	0.2460	Pozitif	85
	2B’deki	0.2432	Pozitif	81

3.5.2. Yerküre

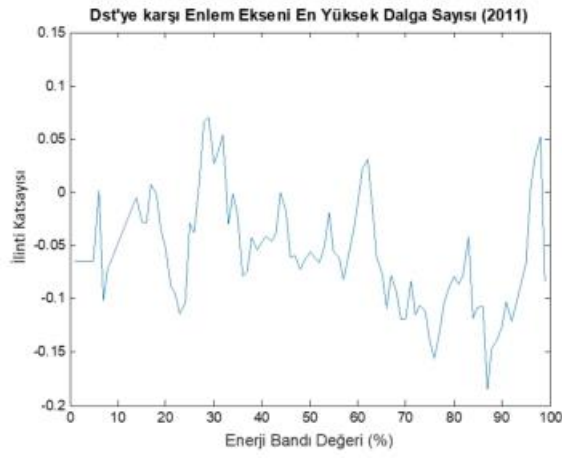
Bu çalışmada 2011 yılı 2 saatlik periyotlarla tüm dünya üzerinden elde edilmiş GIM-TEİ haritalarındaki bozulmalar ve bu haritaların jeomanyetik indislerle ilintisi incelenmiştir. TEİ haritaları üzerinde AKD tekniği uygulanmış ve değişik enerji bandı değerlerinde boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler ilinti analizinin araştırılması amacıyla Dst, Ap ve Kp indisi değerleriyle karşılaştırılmış ve ilinti katsayıları bulunmuştur.

Şekil 3.18'de 2011 yılı günlük periyotlarla yerküre üzerinden elde edilmiş sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerine karşı; Dst indisi ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Şekil 3.18(a) ve Şekil 3.18(c) birlikte incelendiğinde, grafik davranışlarının benzer olması ile birlikte yaklaşık %0-%70, %70-%95 ve %95-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Şekil 3.18(b)'de ise grafik yaklaşık olarak %0-%75, %75-%95 ve %95-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı gözlemlenmektedir.

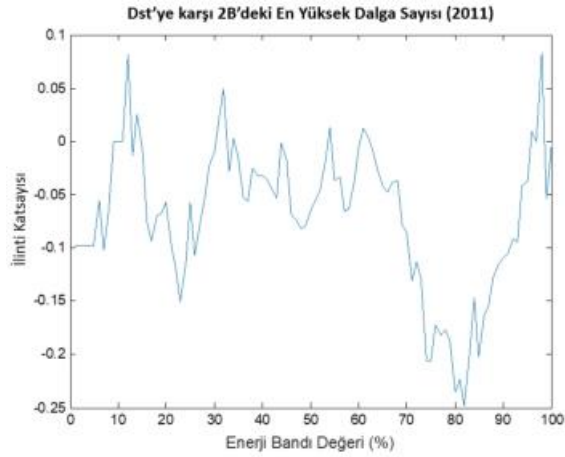
Şekil 3.18(a) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.2562 ile en yüksek büyüklüğüne %82 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve orta ilintili durumu ifade eder. Şekil 3.18(b) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.1853 ile en yüksek büyüklüğüne %87 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve az ilintiyi ifade eder. Şekil 3.18(c) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin -0.248 ile en yüksek büyüklüğüne %82 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer negatif ve az ilintili durumu ifade eder.



(a)



(b)

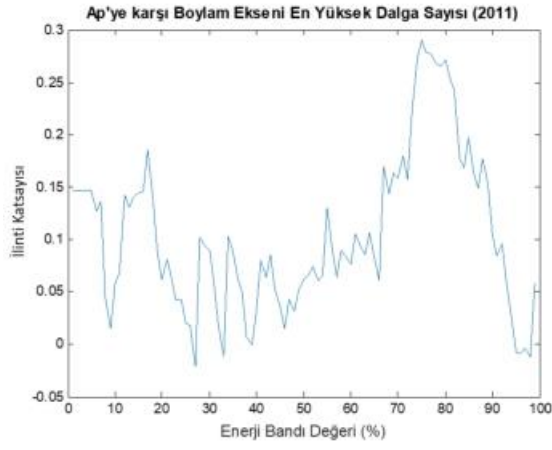


(c)

Şekil 3.18. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Dst indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Şekil 3.19'da 2011 yılı günlük periyotlarla tüm dünya üzerinden elde edilmiş sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerine karşı; Ap indisi ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Şekil 3.19(a) ve Şekil 3.19(c) birlikte incelendiğinde, grafik davranışlarının benzer olmasının yanında yaklaşık %0-%70, %70-%95 ve %95-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Şekil 3.19(b)'de ise grafik yaklaşık olarak %0-%70, %70-%95 ve %95-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı gözlemlenmektedir.

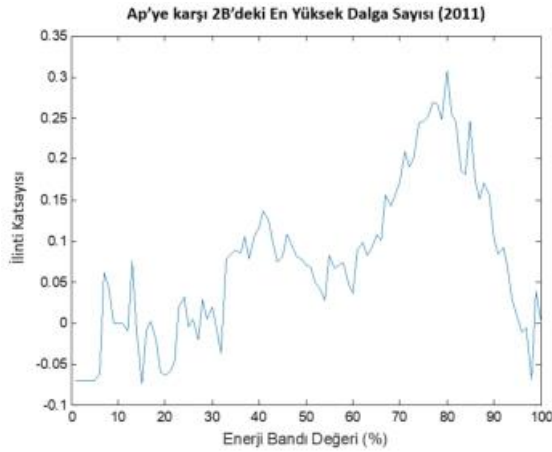
Şekil 3.19(a) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.2905 ile en yüksek büyüklüğüne %75 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ilinti ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine göre yüksek ilintili durumu ifade eder. Şekil 3.19(b) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.2385 ile en yüksek büyüklüğüne %87 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ve orta ilintili durumu ifade eder. Şekil 3.19(c) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.3075 ile en yüksek büyüklüğüne %80 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ilinti ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine göre yüksek ilintili durumu ifade eder.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.19. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için Ap indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Şekil 3.20'de 2011 yılı günlük periyotlarla tüm dünya üzerinden elde edilmiş sırasıyla boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerine karşı; K_p indisi ilinti değerleri, farklı enerji bandı değerleri için hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Düşük enerji bandı değerleri daha az dalga sayısını ifade ederken, enerji bandı değeri arttıkça dalga sayısında da artış olmaktadır. Şekil 3.19(b) ve Şekil 3.19(c) birlikte incelendiğinde, grafik davranışlarının benzer olmasının yanında yaklaşık %0-%30, %30-%70 ve %70-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Şekil 3.19(a)'da ise grafik yaklaşık olarak %0-%70, %70-%95 ve %95-%100 olmak üzere 3 ana bölgeye ayrıldığı gözlemlenmektedir.

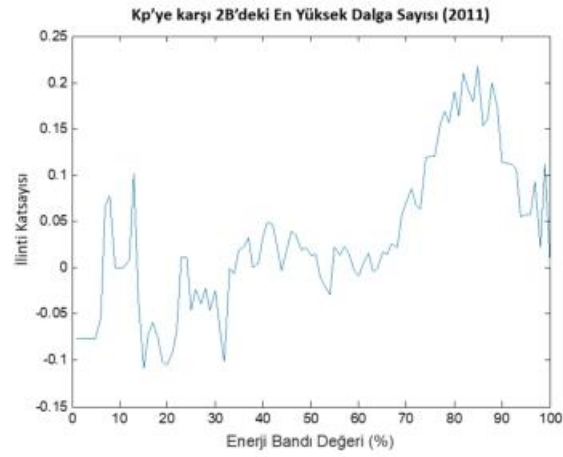
Şekil 3.20(a) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.2621 ile en yüksek büyüklüğüne %75 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ilinti ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine göre yüksek ilintili durumu ifade eder. Şekil 3.20(b) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.3253 ile en yüksek büyüklüğüne %87 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ilinti ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine göre yüksek ilintili durumu ifade eder. Şekil 3.20(c) incelendiğinde ilinti katsayısı değerinin 0.2170 ile en yüksek büyüklüğüne %85 enerji bandında sahip olduğu gözlenmiştir. Bu değer pozitif ve orta ilintiyi ifade eder.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.20. 2011 yılı farklı enerji bandı değerleri için A_p indisine karşı en yüksek dalga sayısı ilinti grafiği, (a) Boylam eksenini, (b) Enlem eksenini, (c) 2B'deki.

Çizelge 3.9'da Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20'de incelenen grafiklerin özeti sunulmuştur. Dst indisi ile en yüksek dalga sayısı değerleri arasında negatif ve orta ilintili durum gözlenmiştir. Ap indisi ile boylam ve enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine kıyasla yüksek ilinti gözlemlenirken, 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında az ilinti gözlemlenmiştir. Kp indisi ile boylam eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve orta ilintili durum gözlenirken; enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı ile pozitif ilinti ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerlerine kıyasla yüksek ilinti gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.9. 2011 yılı tüm dünya üzerinden elde edilmiş AKD haritalarından en yüksek dalga sayısı değerleri ile jeomanyetik indislerin ilinti analizi.

		İlinti Katsayısı	İlinti (Pozitif/Negatif)	Enerji Bandı (%)
Dst	Boylam	-0.2562	Negatif	82
	Enlem	-0.1853	Negatif	87
	2B'deki	-0.2480	Negatif	82
Ap	Boylam	0.2905	Pozitif	75
	Enlem	0.2385	Pozitif	87
	2B'deki	0.3075	Pozitif	80
Kp	Boylam	0.2621	Pozitif	75
	Enlem	0.3253	Pozitif	87
	2B'deki	0.2170	Pozitif	85

4. FARKSAL AKD HARİTALARI İLE BOZULMA SEZİMİ

Bu çalışmada kayan pencere yöntemi yardımıyla iyonkürenin uzay-zaman izgesel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Analiz sırasında AKD enerji içeriği tabanlı bozulma seziminde olduğu gibi AKD tekniği kullanılmıştır. AKD tekniğinin yanı sıra kayan pencere yöntemi kullanılmıştır. Seçilen gün ve zamana ait TEİ haritasından elde edilmiş AKD haritası, seçilen günden önceki pencereye ait TEİ verilerinden elde edilmiş ortanca AKD verisiyle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen değerler ile jeomanyetik indisler arasındaki ilinti incelenmiştir.

4.1.Bulgular

Bu bölümde 2015 yılına ait 15 dakika zaman, 1° enlem ve 1° boylam çözünürlüğünde yerküre üzerinden elde edilmiş TEİ haritaları kullanılmıştır. Analizler yapılırken AKD tekniği, kayan pencere yöntemi ve ortanca eleman hesaplama yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Analizler iki farklı şekilde yapılmaktadır. Şekil 4.1(a)'da analiz yöntem 1'e ait akış şeması gösterilmektedir. Birinci analiz yöntemi algoritması şu şekilde sıralanabilir:

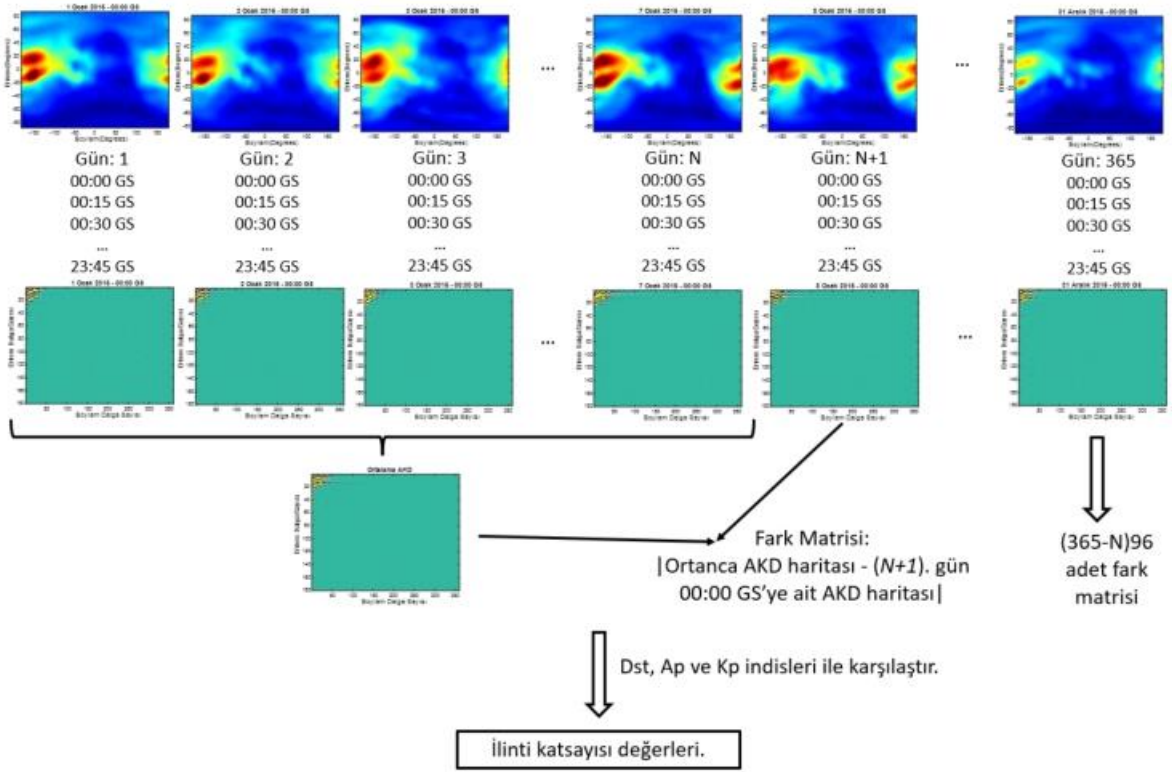
- N pencere boyutu olmak üzere $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait TEİ haritasından AKD haritası elde edilir.
- $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait TEİ haritasından önceki N günlük pencerede, 00:00 GS'ye ait TEİ haritalarından AKD haritaları elde edilir.
- N günlük pencereye ait AKD haritalarından, her bir AKD katsayısına ait ortalama hesaplaması yapılır ve ortanca AKD değerine sahip AKD haritası bulunur.
- Ortanca AKD haritası ile $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait AKD haritası arasındaki fark bulunur.
- Fark matrisinin her bir elemanının mutlak değeri hesaplanır.
- Bu işlem tüm 2015 yılı boyunca 15'er dakikalık kayan aralıklarla tekrar edilir.

- Sonuç olarak (365-N)96 adet mutlak değeri alınmış fark matrisi oluşturulmuş olur.
- Elde edilen fark matrislerinden, sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemana ait değerler kaydedilir. Bu değerler 2015 yılı boyunca grafik olarak çizdirilir.
- Fark matrislerinden, sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemana ait değerlerin günlük ortalamaları alınır ve günlük ortalama Dst, Ap ve Kp indisleriyle karşılaştırılır.

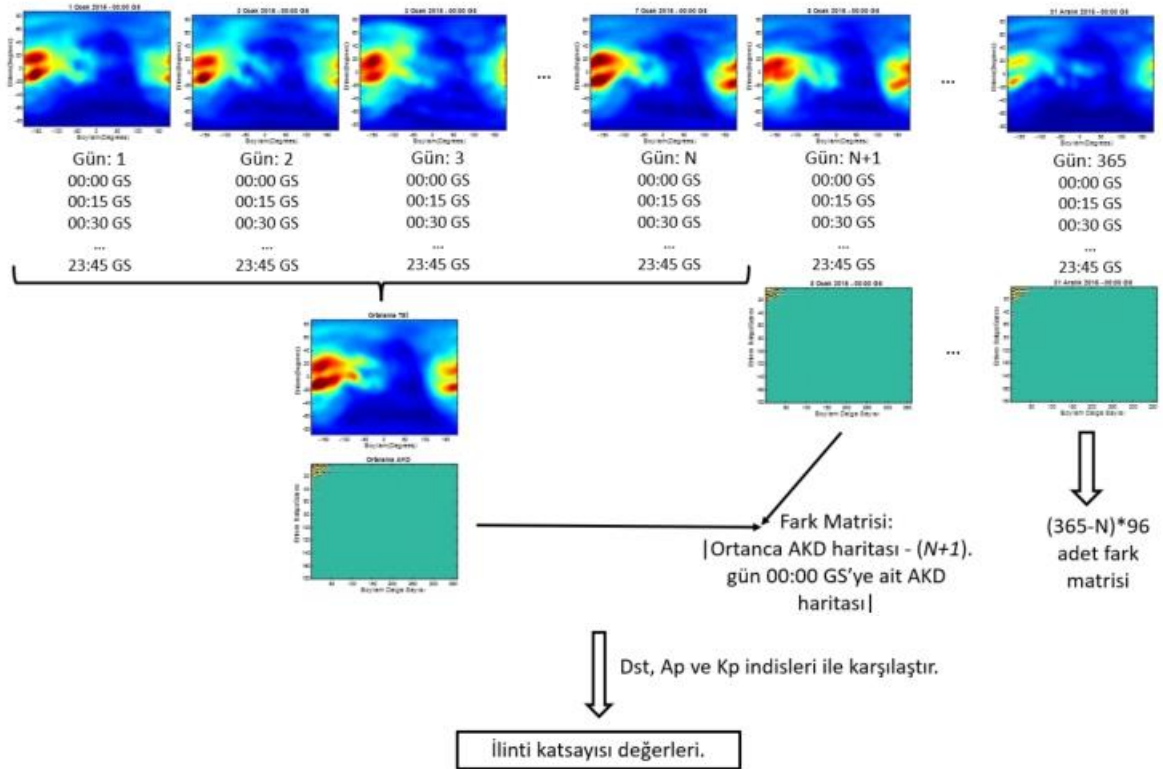
Şekil 4.1(b)'de analiz yöntem 2'ye ait akış şeması gösterilmektedir. İkinci analiz yöntemi algoritması şu şekilde sıralanabilir:

- N pencere boyutu olmak üzere $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait TEİ haritası analiz için seçilir.
- $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait TEİ haritasından önceki N günlük pencerede, 00:00 GS'ye ait TEİ haritaları seçilir.
- N günlük penceredeki TEİ haritalarından her bir matris elemanı kendi aralarında karşılaştırılmak üzere ortanca değere sahip TEİ haritası elde edilir.
- Ortanca değere sahip TEİ haritası üzerinde AKD tekniği uygulanır ve ortanca AKD haritası bulunur.
- $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait TEİ haritası üzerinde AKD tekniği uygulanarak AKD haritası bulunur.
- Ortanca AKD haritası ile $(N+1)$. gün 00:00 GS'ye ait AKD haritası arasındaki fark bulunur.
- Fark matrisinin her bir elemanının mutlak değeri hesaplanır.
- Bu işlem tüm 2015 yılı boyunca 15'er dakikalık kayan aralıklarla tekrar edilir.
- Sonuç olarak (365-N)96 adet mutlak değeri alınmış fark matrisi oluşturulmuş olur.

- Elde edilen fark matrislerinden, sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemana ait değerler kaydedilir. Bu değerler 2015 yılı boyunca grafik olarak çizdirilir.
- Fark matrislerinden, sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemana ait değerlerin günlük ortalamaları alınır ve günlük ortalama Dst, Ap ve Kp indisleriyle karşılaştırılır.



(a)



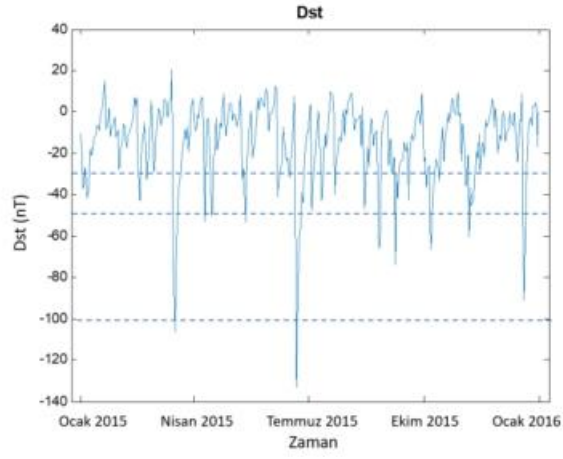
(b)

Şekil 4.1. Farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi, (a) Analiz yöntem 1, (b) Analiz yöntem 2.

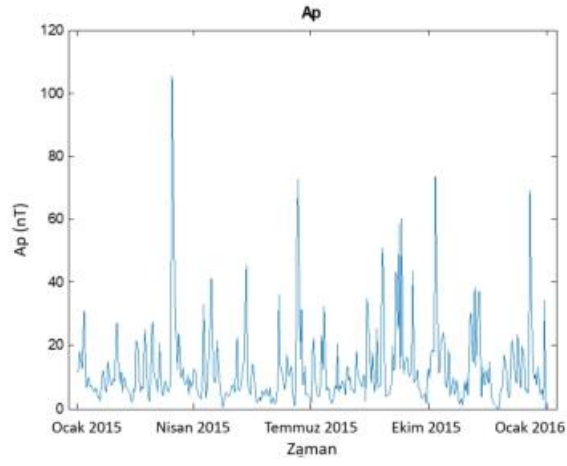
Bu çalışmada kayan pencere aralığı olarak 7, 10 ve 15 günlük pencere boyutları seçilmiştir. Bu pencerelere ait analizler yöntem 1 ve yöntem 2 için yapılmıştır ve ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

Analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2'yi incelemeye başlamadan önce 2015 yılına ait Dst, Ap ve Kp jeomanyetik hareketlilik indisi değerlerini incelemekte fayda vardır. Analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2'den elde edilen değerler Kp, Ap ve Dst indisleriyle karşılaştırılacak ve aralarındaki ilintinin anlaşılması amacıyla ilinti analizi yapılacaktır. Jeomanyetik hareketlilik indisi değerleri, NASA OMNIweb arayüzü üzerinden 2015 yılı boyunca günlük periyotlarla elde edilmiş verilerdir.

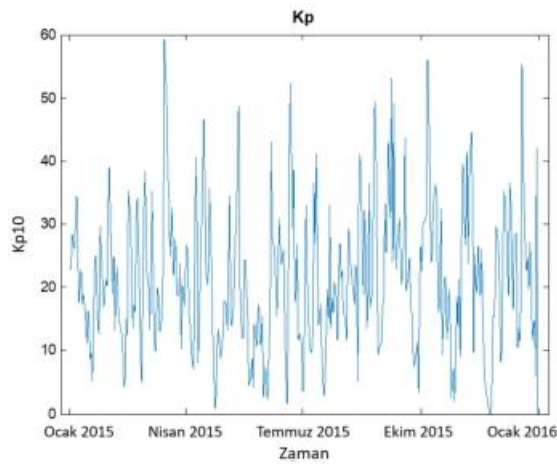
Şekil 4.2'de 2015 yılına ait günlük periyotlarla Dst, Ap ve Kp jeomanyetik hareketlilik indisi değerleri görülmektedir. Kp indisi, 0'dan 9'a kadar 28 ayrı adımda değer alabilmektedir [16]. Gösterim kolaylığı olması açısından ve NASA OMNIweb arayüzü üzerinden elde edilen dataların gösterim formatının bu şekilde olması nedeniyle bu bölümde Kp indisi değerleri, 10 ile çarpılmış formu olan Kp_{10} olarak gösterilmiştir. Şekil 4.2(a) incelendiğinde 17 Mart 2015 günü -106 nT Dst değeri yoğun fırtınalı gün, 22 Haziran 2015 günü -133 nT Dst değeri ile yoğun fırtınalı gün ve 20 Aralık 2015 günü -91 nT değeri ile orta fırtınalı günü işaret ettikleri gözlemlenmektedir. Belirtilen günler 2015 yılına ait Dst indisi grafiğinde en alçak değere sahip 3 günü ifade etmektedir. Kesikli çizgiler, -30 nT, -50 nT ve -100 nT değerlerini göstermektedir. Bu değerler sakin gün, hafif fırtınalı gün, zayıf fırtınalı gün ve yoğun fırtınalı gün jeomanyetik hareketlilik düzeyini sınıflandırmasındaki sınır değerler olarak belirtilmektedir. Şekil 4.2(b) incelendiğinde 16 Mart 2015 günü 105 nT Ap indisi değerine, 22 Haziran 2015 günü 72 nT Ap indisi değeri, 6 Ekim 2015 günü 73 nT Ap indisi değeri ve 19 Aralık 2015 günü 69 nT değeri ile Ap indisi grafiğinde en yüksek dört değeri aldıkları gözlemlenmektedir. Şekil 4.2(c) incelendiğinde 16 Mart 2015 günü 59 nT Kp_{10} indisi değerine, 22 Haziran 2015 günü 52 nT Kp_{10} indisi değeri, 6 Ekim 2015 günü 56 nT Kp_{10} indisi değeri ve 19 Aralık 2015 günü 55 nT değeri ile Kp indisi grafiğinde en yüksek değerleri aldıkları gözlemlenmektedir.



(a)



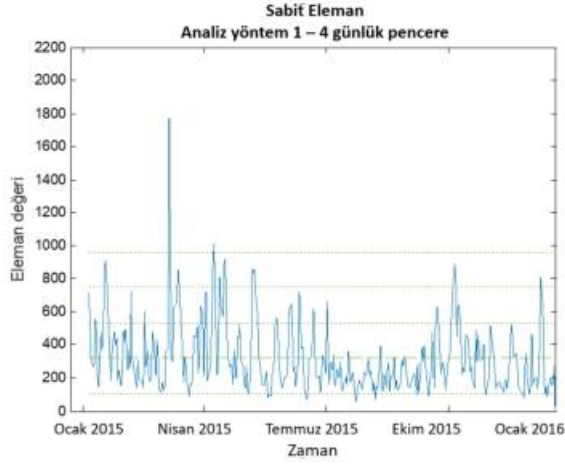
(b)



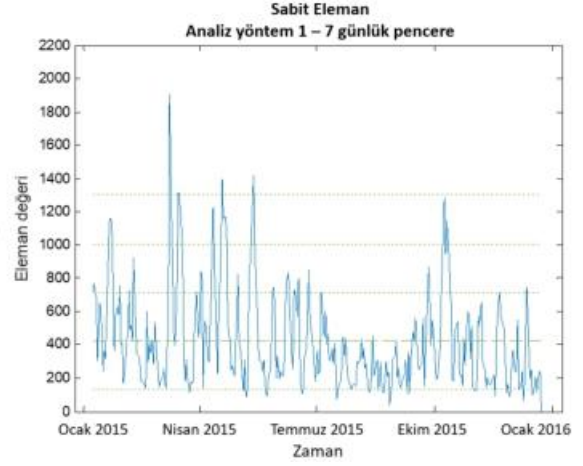
(c)

Şekil 4.2. 2015 yılına ait günlük ortalama (a) Dst, (b) Ap, (c) Kp değerleri.

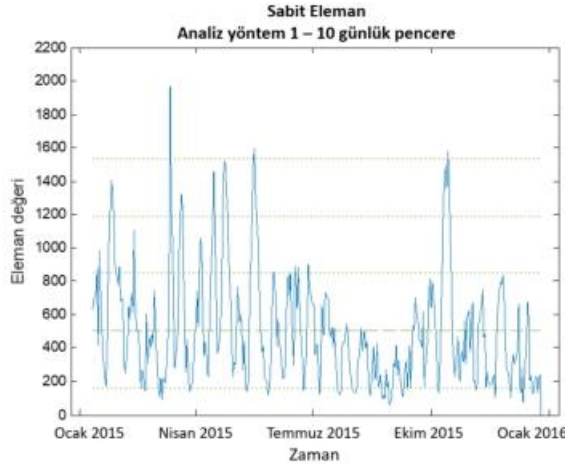
2015 yılı 15 dakikalık periyoda sahip TEİ haritalarından 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit elemanlara ait değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.3, analiz yöntem 1 kullanılarak elde edilmiş bu verilerin günlük olarak ortalamaları alınmış formunun gösterimini ifade etmektedir. Günlük ortalama almaktaki amaç, 2015 yılına ait jeomanyetik hareketlilik indislerinin günlük periyotlarla elde edilmiş olması ve bu indislerle karşılaştırma imkânı sağlamaktır. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde grafiklerin yakın davranış sergiledikleri ve her iki grafik için de kayan pencere büyüklüğü arttıkça sabit eleman değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.3(a), Şekil 4.3(b) ve Şekil 4.3(c)'ye ait grafiklerin en yüksek değerine 17 Mart 2015 günü ulaştığı görülmektedir. Belirtilen gün, Şekil 4.2(a) grafiğindeki Dst değerleri ile karşılaştığında, belirtilen güne ait Dst değerinin -106 nT ile yoğun fırtınalı günü işaret ettiği gözlemlenmektedir. Aynı şekilde, Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c) incelendiğinde bahsedilen günde Ap indisi ile Kp indisinin yüksek değerler aldığı görülmektedir. Şekil 4.3(d)'ye ait yüksek değere sahip diğer gün incelendiğinde ise 20 Ekim 2011 günü görülmektedir. Belirtilen gün 0 nT Dst değerine sahip olup sakin jeomanyetik hareketlilik düzeyini ifade etmemekle birlikte Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c)'de 2015 yılı günlük ortalama Ap ve Kp indisi grafikleriyle karşılaştırıldığında belirtilen günde herhangi bir aykırılık gözlenmemiştir. Tüm 2015 yılı üzerinden inceleme yapmak amacıyla ilerleyen bölümlerde Şekil 4.3 ile Şekil 4.2(a), Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c)'deki Dst, Ap ve Kp indisi grafikleri arasında ilinti analizi yapılacak, elde edilen ilinti katsayıları incelenecektir.



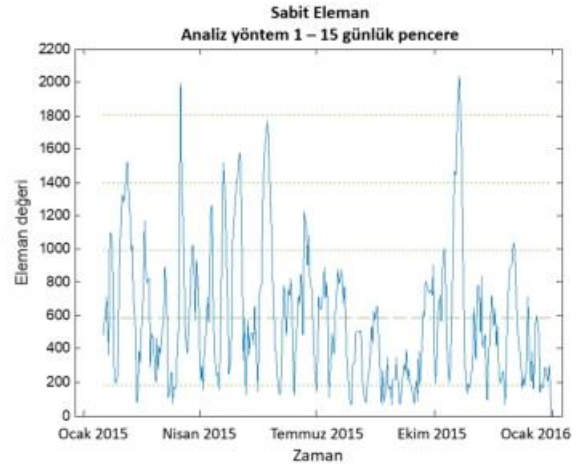
a)



b)



c)

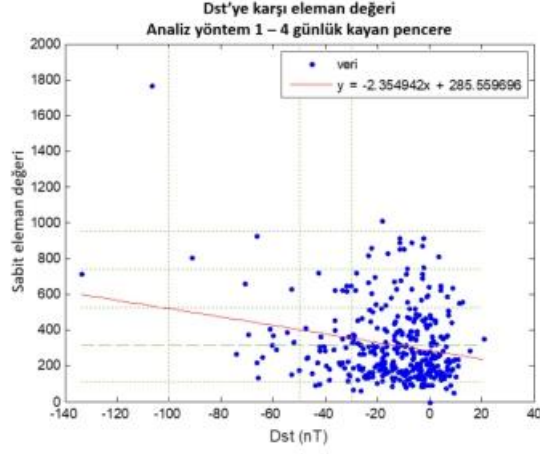


d)

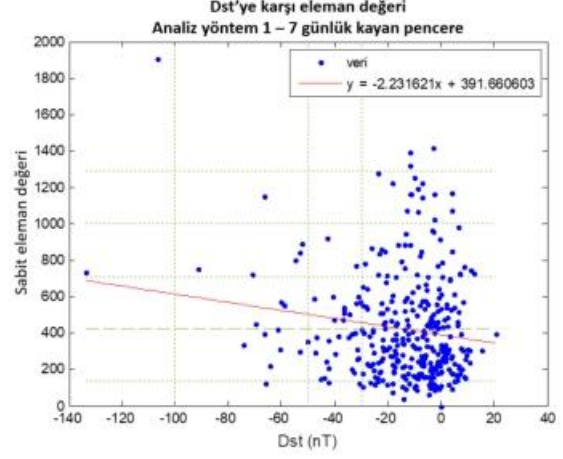
Şekil 4.3. 2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.4(a), Şekil 4.4(b), Şekil 4.4(c) ve Şekil 4.4(d) 2015 yılı için analiz yöntem 1 ve sırasıyla 4 günlük kayan pencere, 7 günlük kayan pencere, 10 günlük kayan pencere, 15 günlük kayan pencere kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiklerini göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler, grafiklere ait sabit eleman ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler sabit eleman ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir. Grafikler

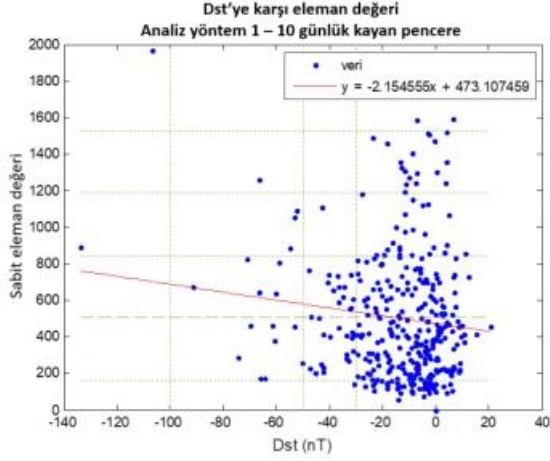
incelendiğinde verilerin belirli bir alanda kümелendiği görülmektedir. Grafiklere ait ayrılıklar incelendiğinde ise, Dst değeri -133.5 olan 22 Haziran 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.4(a)'da 718.2, Şekil 4.4(b)'de 737, Şekil 4.4(c)'de 890.9 ve Şekil 4.4(d)'de 1224 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -106.5 olan 17 Mart 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.4(a)'da 1770, Şekil 4.4(b)'de 1907, Şekil 4.4(c)'de 1967 ve Şekil 4.4(d)'de 1999 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -91.1 olan 20 Aralık 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.4(a)'da 805, Şekil 4.4(b)'de 749, Şekil 4.4(c)'de 670 ve Şekil 4.4(d)'de 598 değerlerini aldığı görülmektedir. Belirtilen değerler incelendiğinde kayan pencere boyutu arttıkça sabit eleman değerinin de arttığı görülmektedir. Dst değerindeki negatif artışla birlikte sabit eleman değerinin artışı beklenen davranışı ise 17 Mart 2015 gününde gözlemlenirken, 22 Haziran 2015 ve 20 Aralık 2015 günlerinde gözlemlenmemiştir.



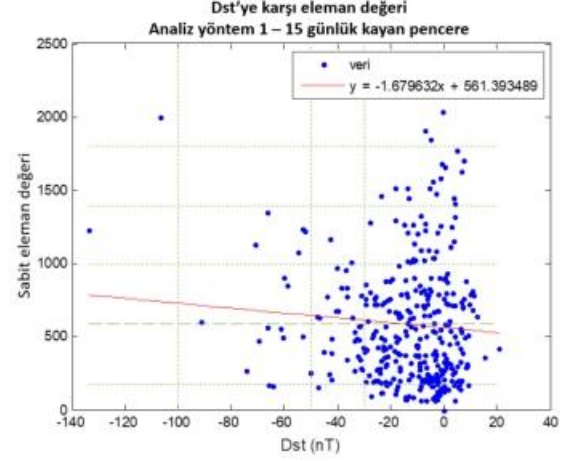
a)



b)



c)

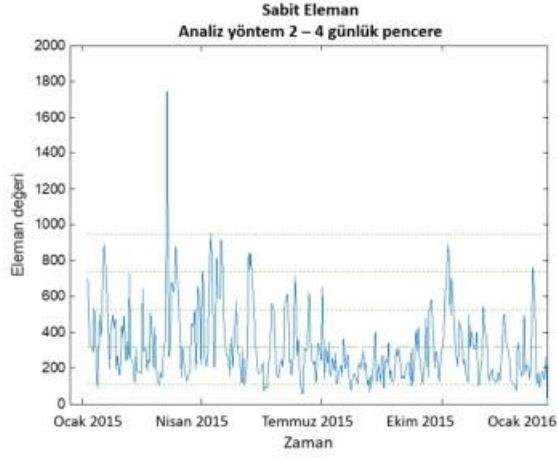


d)

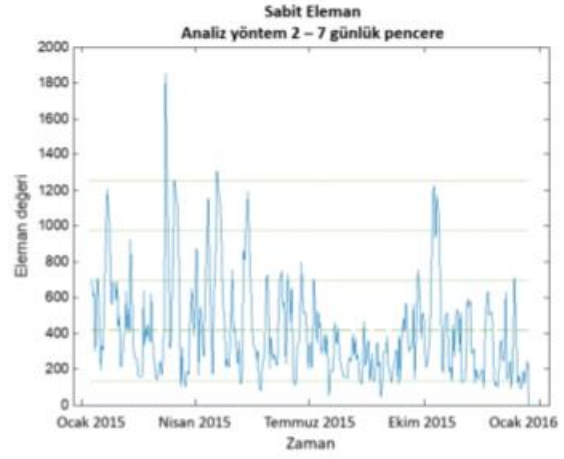
Şekil 4.4. 2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.5, 2015 yılı 15 dakikalık periyoda sahip TEİ haritalarından sırasıyla 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler ve analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit elemanlara ait değerlerin günlük olarak ortalamaları alınmış formunu göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.5 incelendiğinde grafiklerin yakın davranış sergiledikleri ve her iki grafik için de kayan pencere büyüklüğü arttıkça sabit eleman değerlerinin artış gösterdiği

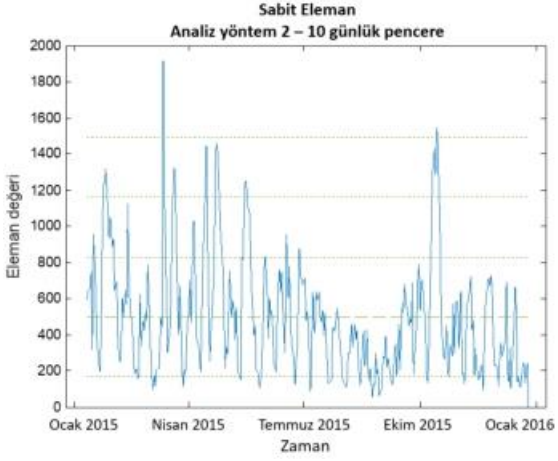
görülmektedir. Şekil 4.5'e ait grafiklerin en yüksek değerine 17 Mart 2015 günü ulaştığı görülmektedir. Belirtilen gün, Şekil 4.2(a) grafiğindeki Dst değerleri ile karşılaştırıldığında, belirtilen güne ait Dst değerinin -106 nT ile yoğun fırtınalı günü işaret ettiği gözlemlenmektedir. Aynı şekilde, Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c) incelendiğinde bahsedilen günde Ap indisi ile Kp indisinin yüksek değerler aldığı görülmektedir. Şekil 4.5'e ait yüksek değere sahip diğer günler incelendiğinde ise 4 Şubat 2015 ve 20 Ekim günlerinin de 17 Mart 2015 gününden sonra en yüksek değerler alan günler oldukları görülmektedir. Fakat, belirtilen günler Şekil 4.2(a), Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c)'de 2015 yılı günlük ortalama Dst, Ap ve Kp indisi grafikleriyle karşılaştırıldığında belirtilen günlerde herhangi bir aykırılık gözlenmemiştir. Tüm 2015 yılı üzerinden inceleme yapmak amacıyla ilerleyen bölümlerde Şekil 4.5 ile Şekil 4.2(a), Şekil 4.2(b) ve Şekil 4.2(c)'deki Dst, Ap ve Kp indisi grafikleri arasında ilinti analizi yapılacak, elde edilen ilinti katsayıları incelenecektir.



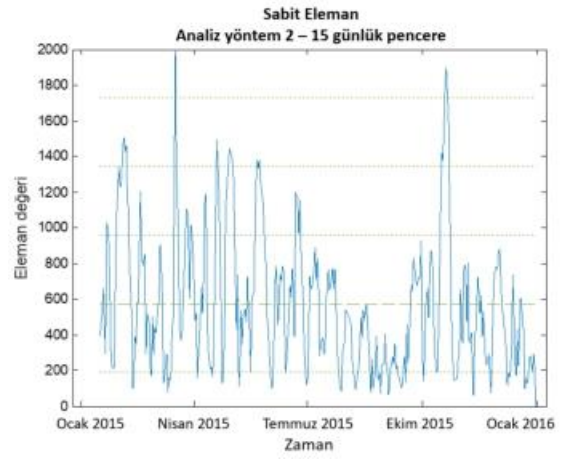
a)



b)



c)

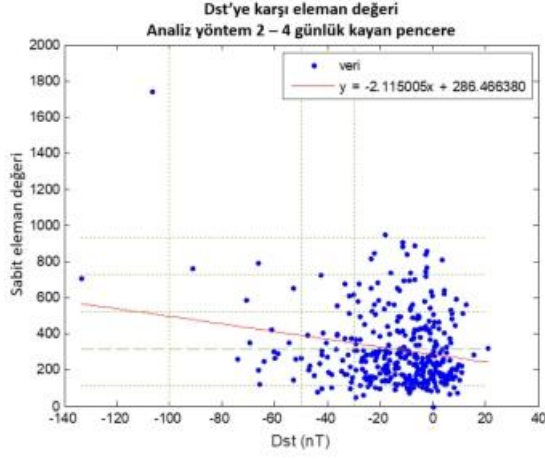


d)

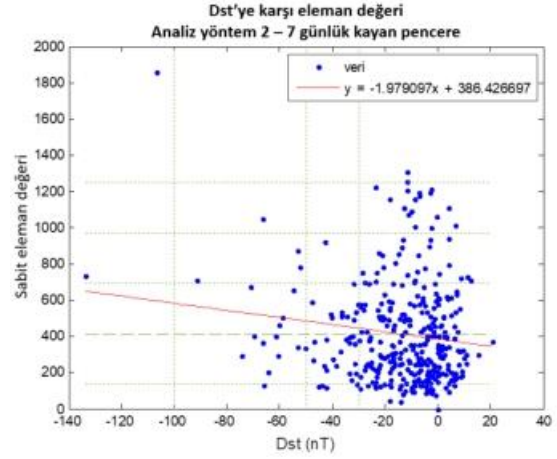
Şekil 4.5. 2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.6(a), Şekil 4.6(b), Şekil 4.6(c) ve Şekil 4.6(d) 2015 yılı için analiz yöntem 2 ve sırasıyla 4 günlük kayan pencere, 7 günlük kayan pencere, 10 günlük kayan pencere, 15 günlük kayan pencere kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiklerini göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler, grafiklere ait sabit eleman ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler sabit eleman ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir. Grafikler

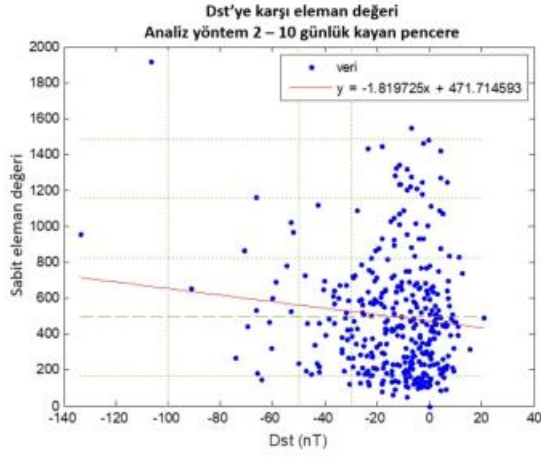
incelendiğinde verilerin belirli bir alanda kümelendiği görülmektedir. Grafiklere ait ayrılıklar incelendiğinde ise, Şekil 4.4'de olduğu gibi 22 Haziran 2015, 17 Mart 2015 ve 20 Aralık 2015 günlerinin kümelenme dışında kaldığı gözlemlenmektedir. Dst değeri -133.5 olan 22 Haziran 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.6(a)'da 709, Şekil 4.6(b)'de 731, Şekil 4.6(c)'de 957 ve Şekil 4.6(d)'de 1196 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -106.5 olan 17 Mart 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.6(a)'da 1744, Şekil 4.6(b)'de 1856, Şekil 4.6(c)'de 1916 ve Şekil 4.6(d)'de 1996 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -91.1 olan 20 Aralık 2015 gününe ait sabit eleman değerinin Şekil 4.6(a)'da 766, Şekil 4.6(b)'de 712, Şekil 4.6(c)'de 658 ve Şekil 4.6(d)'de 549 değerlerini aldığı görülmektedir. Belirtilen değerlere incelendiğinde kayan pencere boyutu arttıkça sabit eleman değerinin de arttığı görülmektedir. Dst değerindeki negatif artışla birlikte sabit eleman değerinin artışı beklenen davranışı ise 17 Mart 2015 gününde gözlemlenirken, 22 Haziran 2015 ve 20 Aralık 2015 günleri gözlemlenmemiştir.



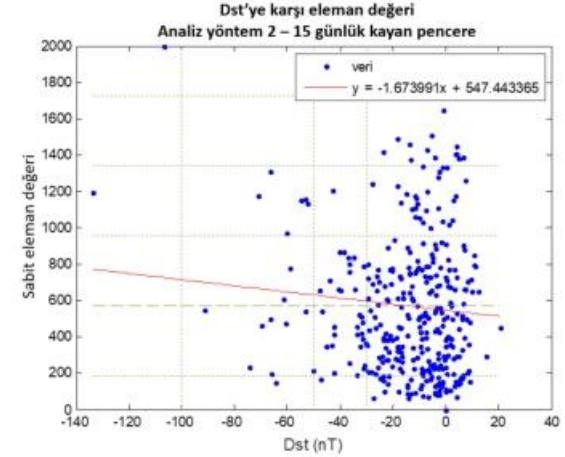
a)



b)



c)

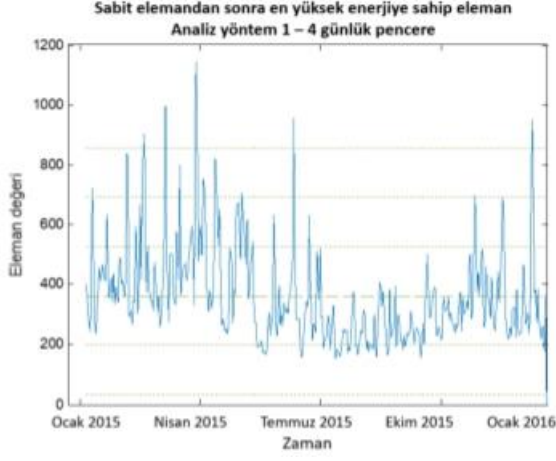


d)

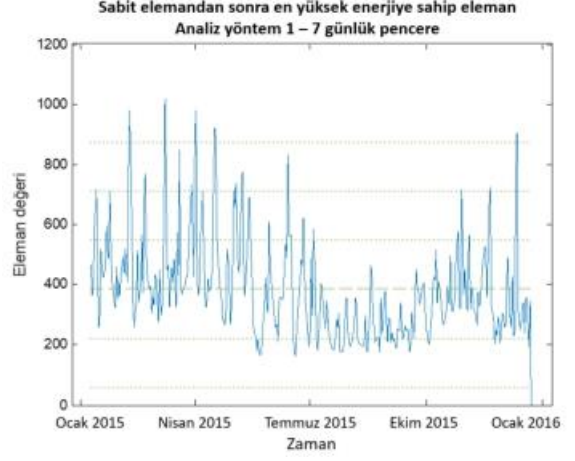
Şekil 4.6. 2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak Dst indisine karşı sabit eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.7'da 2015 yılı 15 dakikalık periyoda sahip TEİ haritalarından 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencere ve sırasıyla analiz yöntem 1 kullanılarak elde edilmiş sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman değerlerinin günlük ortalamaları alınmış formu gösterilmektedir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Şekil 4.7'daki grafikler incelendiğinde, 2015 yılına ait en yüksek değeri 4 günlük pencerede 10 Nisan 2015 günü aldığı gözlemlenmektedir.

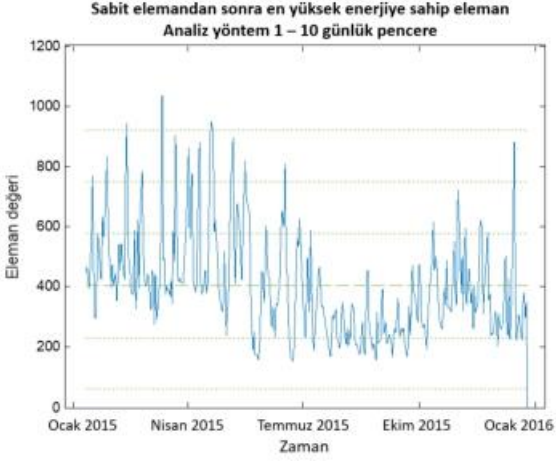
Bahsedilen gün Şekil 4.2(a)'daki 2015 yılına ait günlük ortalama Dst grafiğinde -53 nT değeri ile hafif fırtınalı bir günü ifade etmektedir. Şekil 4.7'deki grafiklere ait bir sonraki en yüksek değeri, 15 günlük pencere ile 17 Mart 2015 gününün aldığı görülmektedir. Şekil 4.2(a)'daki 2015 yılına ait günlük ortalama Dst grafiği incelendiğinde, 17 Mart 2015 gününün -106 nT değeri ile yoğun fırtınalı günü ifade ettiği görülmektedir. -133 nT ile 2015 yılına ait en düşük Dst değerine sahip olan yoğun fırtınalı 22 Haziran 2015 günü ve -91 nT ile grafiğe ait en düşük 3. değere sahip olan 20 Aralık 2015 hafif fırtınalı günü ise, Şekil 4.7 incelendiğinde ise şekillere ait tüm grafiklerin en yüksek ilk 10 değerine sahip günler olduğu görülmektedir. Bahsedilen günler, Şekil 4.2(b)'deki 2015 yılı Ap indisi ve Şekil 4.2(c)'deki Kp indisi günlük ortalama grafiklerinde incelendiğinde yüksek değerler aldıkları gözlemlenmektedir.



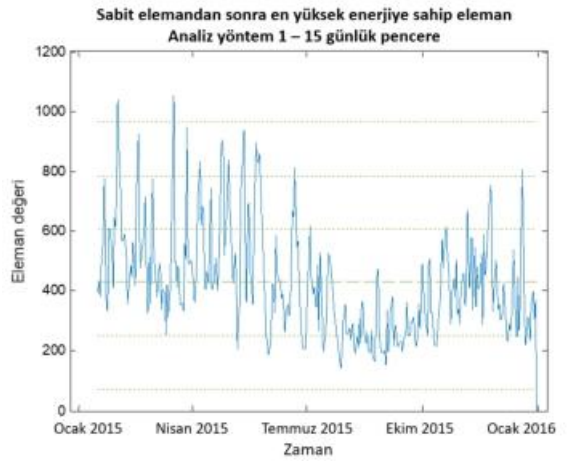
a)



b)



c)

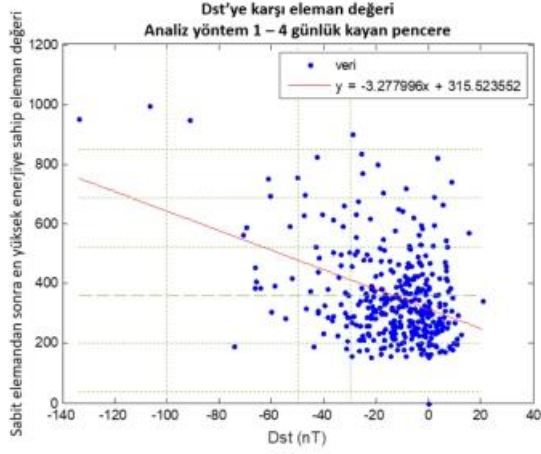


d)

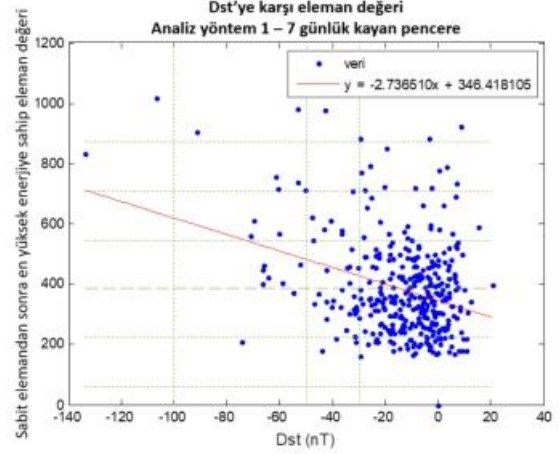
Şekil 4.7. 2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.8(a), Şekil 4.8(b), Şekil 4.8(c) ve Şekil 4.8(d) 2015 yılı için analiz yöntem 1 ve sırasıyla 4 günlük kayan pencere, 7 günlük kayan pencere, 10 günlük kayan pencere, 15 günlük kayan pencere kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiklerini göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler, grafiklere ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman ortalama

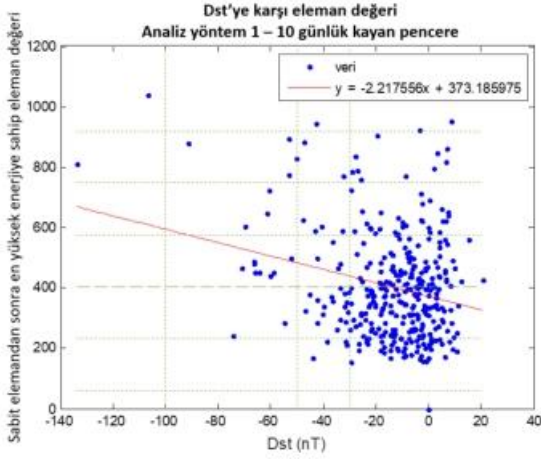
değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir. Grafikler incelendiğinde verilerin belirli bir alanda kümelendiği görülmektedir. Grafiklere ait ayrılıklar incelendiğinde ise, Şekil 4.4 ve Şekil 4.6'de olduğu gibi 22 Haziran 2015, 17 Mart 2015 ve 20 Aralık 2015 günlerinin kümelenme dışında kaldığı gözlemlenmektedir. Dst değeri -133.5 olan 22 Haziran 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.8(a)'da 953, Şekil 4.8(b)'de 830, Şekil 4.8(c)'de 811 ve Şekil 4.8(d)'de 810 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -106.5 olan 17 Mart 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.8(a)'da 994, Şekil 4.8(b)'de 1018, Şekil 4.8(c)'de 1037 ve Şekil 4.8(d)'de 1054 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -91.1 olan 20 Aralık 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.8(a)'da 949, Şekil 4.8(b)'de 905, Şekil 4.8(c)'de 880 ve Şekil 4.8(d)'de 808 değerlerini aldığı görülmektedir. Belirtilen değerler kümelenme dışında kalmasına rağmen Dst değerindeki negatif artışla birlikte sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin artışı beklenen davranışı her üç günde de gözlemlenmiştir.



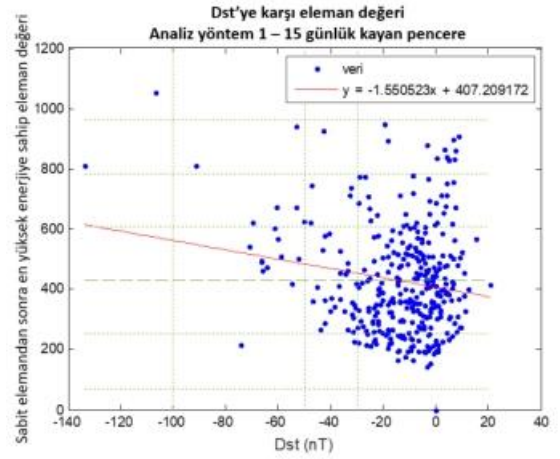
a)



b)



c)

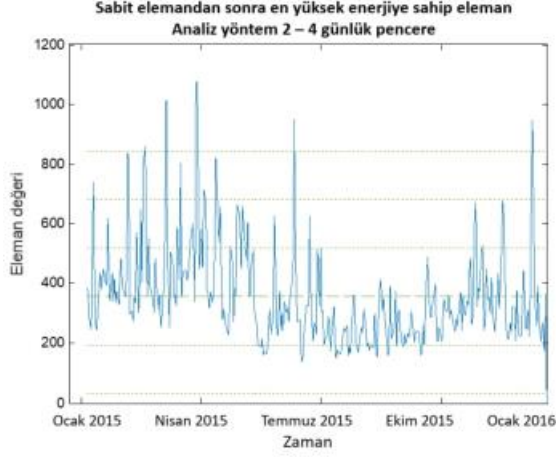


d)

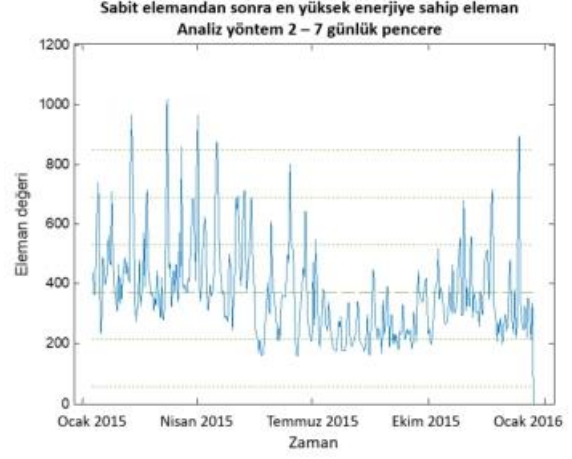
Şekil 4.8. 2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.9, 2015 yılı 15 dakikalık periyoda sahip TEİ haritalarından sırasıyla 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler ve analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman değerlerinin günlük olarak ortalamaları alınmış formunu göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen kesikli çizgiler grafiklere ait ortalama değerleri ifade ederken, noktalı çizgiler ortalama değerlerden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Şekil 4.7 ve Şekil 4.9'deki grafikler incelendiğinde, grafiklerin

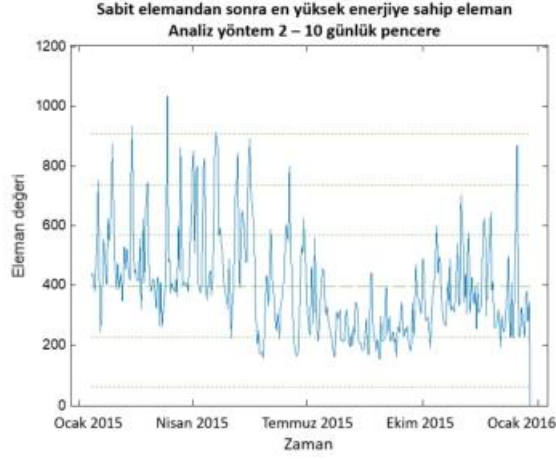
oldukça yakın davranışlara sahip oldukları ve 2015 yılına ait en yüksek değeri 4 günlük pencerede 10 Nisan 2015 günü aldıkları gözlemlenmektedir. Bahsedilen gün Şekil 4.2(a)'daki 2015 yılına ait günlük ortalama Dst grafiğinde -53 nT değeri ile hafif fırtınalı bir günü ifade etmektedir. Şekil 4.7 ve Şekil 4.9'deki grafiklere ait bir sonraki en yüksek değeri, 15 günlük pencere ile 17 Mart 2015 gününün aldığı görülmektedir. Şekil 4.2(a)'daki 2015 yılına ait günlük ortalama Dst grafiği incelendiğinde, 17 Mart 2015 gününün -106 nT değeri ile yoğun fırtınalı günü ifade ettiği görülmektedir. -133 nT ile 2015 yılına ait en düşük Dst değerine sahip olan yoğun fırtınalı 22 Haziran 2015 günü ve -91 nT ile grafiğe ait en düşük 3. değere sahip olan 20 Aralık 2015 hafif fırtınalı günü ise, Şekil 4.7 ve Şekil 4.9 incelendiğinde ise şekillere ait tüm grafiklerin en yüksek ilk 10 değerine sahip günler olduğu görülmektedir. Bahsedilen günler, Şekil 4.2(b)'deki 2015 yılı Ap indisi ve Şekil 4.2(c)'deki Kp indisi günlük ortalama grafiklerinde incelendiğinde yüksek değerler aldıkları gözlemlenmektedir.



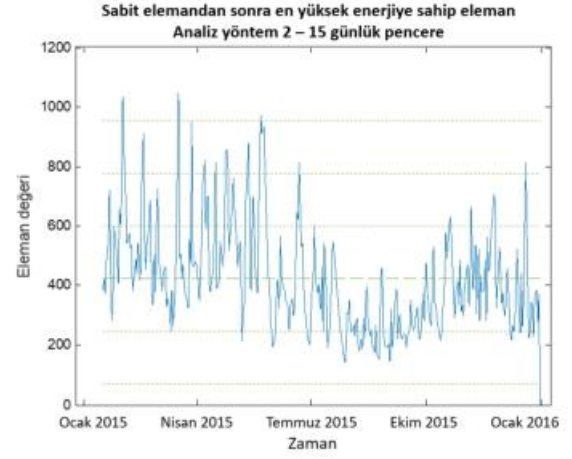
a)



b)



c)

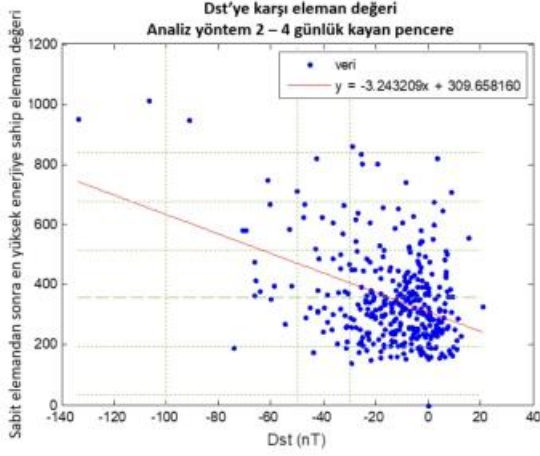


d)

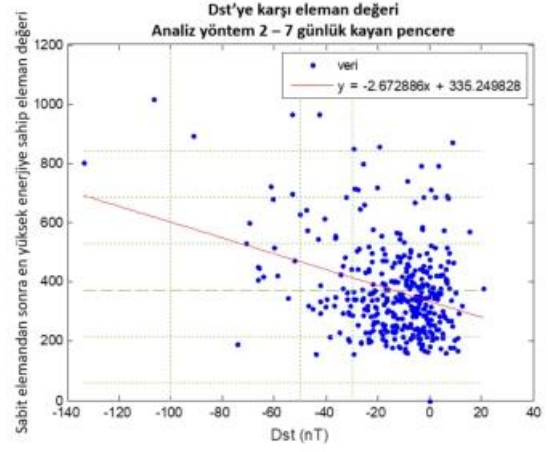
Şekil 4.9. 2015 yılı için analiz yöntem 2 kullanılarak günlük periyotta elde edilmiş sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Şekil 4.10(a), Şekil 4.10(b), Şekil 4.10(c) ve Şekil 4.10(d) 2015 yılı için analiz yöntem 2 ve sırasıyla 4 günlük kayan pencere, 7 günlük kayan pencere, 10 günlük kayan pencere, 15 günlük kayan pencere kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiklerini göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen yatay kesikli çizgiler, grafiklere ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman ortalama değerlerini ifade ederken, yatay noktalı çizgiler sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip

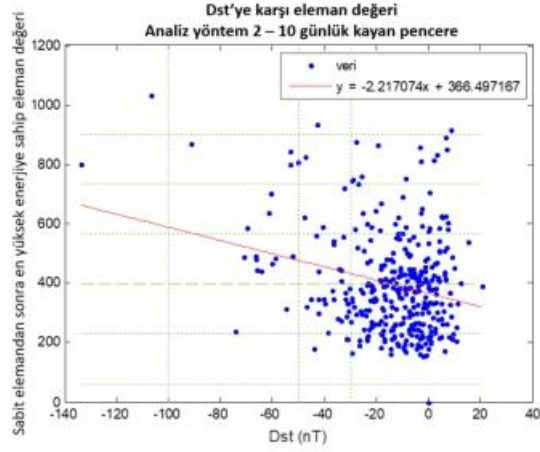
eleman ortalama değerlerinden 1 standart sapma, 2 standart sapma ve 3 standart sapma değerlerini ifade etmektedir. Yeşil renk ile gösterilen dikey noktalı çizgiler ise -100, -50 ve -30 nT değerlerini ifade etmektedir. Grafikler incelendiğinde verilerin belirli bir alanda kümelendiği görülmektedir. Grafiklere ait ayrılıklar incelendiğinde ise, Şekil 4.4, Şekil 4.6 ve Şekil 4.8'de olduğu gibi 22 Haziran 2015, 17 Mart 2015 ve 20 Aralık 2015 günlerinin kümelenme dışında kaldığı gözlemlenmektedir. Dst değeri -133.5 olan 22 Haziran 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.10(a)'da 950, Şekil 4.10(b)'de 803, Şekil 4.10(c)'de 798 ve Şekil 4.10(d)'de 812 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -106.5 olan 17 Mart 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.10(a)'da 1012, Şekil 4.10(b)'de 1016, Şekil 4.10(c)'de 1033 ve Şekil 4.10(d)'de 1048 değerlerini aldığı görülmektedir. Dst değeri -91.1 olan 20 Aralık 2015 gününe ait sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin Şekil 4.10(a)'da 948, Şekil 4.10(b)'de 893, Şekil 4.10(c)'de 869 ve Şekil 4.10(d)'de 812 değerlerini aldığı görülmektedir. Belirtilen değerler kümelenme dışında kalmasına rağmen Dst değerindeki negatif artışla birlikte sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerinin artışı beklenen davranışı her üç günde de gözlemlenmiştir.



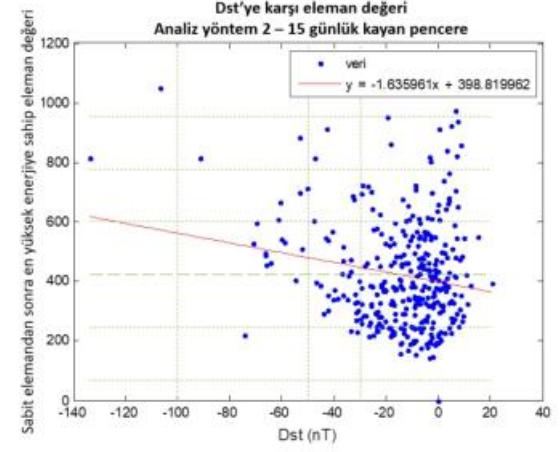
a)



b)



c)



d)

Şekil 4.10. 2015 yılı için analiz yöntem 1 kullanılarak Dst indisine karşı sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri saçılım grafiği, (a) 4 günlük kayan pencere, (b) 7 günlük kayan pencere, (c) 10 günlük kayan pencere, (d) 15 günlük kayan pencere.

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencerelerde ve analiz yöntem 1 ile analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile jeomanyetik hareketlilik indisleri arasındaki ilinti katsayıları gösterilmiştir. Bu katsayıların ilinti kuvveti ve pozitif ya da negatif ilinti açısından incelemeleri yapılmıştır. İlinti incelemesi yapılırken 2015 yılı boyunca 15 dakikalık periyotlarla

tüm dünya üzerinden elde edilmiş TEİ haritaları kullanılmış fakat jeomanyetik indis değerleriyle karşılaştırılırken günlük ortalama alınarak ilinti analizi yapılmıştır. Bunun nedeni jeomanyetik hareketlilik indisi verilerinin günlük periyotlarla elde edilmiş olmasıdır.

Çizelge 4.1'de 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencerelerde analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Dst aktivite indisi arasındaki ilinti incelemesi yapılmıştır. Çizelge incelendiğinde tüm koşullar için Dst indisi ile negatif ilinti olduğu gözlemlenmektedir. Sabit eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti katsayısı, tüm kayan pencere boyutları için analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2'de yakın değerlere sahip olup analiz yöntem 1'de 15 günlük kayan pencere hariç tüm pencere boyutları için mutlak değerce daha yüksek ilinti katsayısı gözlenmiştir. Gözlenen bu değerler çok az ya da ilinti olmayan durumu ifade etmektedir. Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti incelendiğinde ise tüm pencere boyutları için analiz yöntem 2'nin analiz yöntem 1'den mutlak değerce daha yüksek ilinti katsayısı verdiği gözlemlenmektedir. 4 ve 7 günlük kayan pencerede analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 için ilinti katsayısı değerleri yakın olup tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında yüksek ilinti gözlemlenmektedir. 10 ve 15 günlük kayan pencerede ise analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 için yine ilinti katsayısı değerleri yakın olup az ilintili durum gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, tüm pencere boyutları için, sabit eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti katsayılarının ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti katsayılarının analiz yöntem 1 ile analiz yöntem 2'de yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Sabit eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti incelendiğinde 15 günlük pencere hariç analiz yöntem 1'de daha yüksek ilinti sağlamış, sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst indisi arasındaki ilinti incelendiğinde ise yöntem 2'den elde edilen sonuçların daha yüksek ilinti sağladığı görülmüştür. Pencere boyutu büyüdükçe ilinti katsayısı değerinde mutlak değerce azalma meydana gelmiştir. Bu durum Dst değeri ile sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman arasındaki ilinti analizde daha küçük kayan pencere boyutunun daha ilintili sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1. 2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Dst indisi ilinti analizi.

Dst indisi		İlinti katsayısı			
		4 günlük kayan pencere	7 günlük kayan pencere	10 günlük kayan pencere	15 günlük kayan pencere
Analiz yöntem 1	Sabit eleman	-0.213643	-0.146574	-0.120250	-0.079463
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	-0.383343	-0.321688	-0.246843	-0.166900
Analiz yöntem 2	Sabit eleman	-0.195206	-0.135570	-0.105336	-0.083402
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	-0.384257	-0.324152	-0.251428	-0.177063

Çizelge 4.2’de 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencerede analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Ap aktivite indisi arasındaki ilinti incelemesi yapılmıştır. Çizelge incelendiğinde sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman ile Ap indisi arasında tüm koşullar için pozitif ilinti olduğu gözlemlenmektedir. Aynı zamanda pencere boyutu arttıkça ilinti katsayısı değeri azalmış ve 4 günlük pencere için tez kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında yüksek ilinti; 7, 10 ve 15 günlük pencerelerde ise orta ilinti gözlemlenmiştir. Sabit eleman ile Ap indisi arasındaki ilinti katsayısı incelendiğinde ise analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2’de yakın değerlere sahip olup bu değer az ilintiyi ifade etmektedir. Pencere boyutunun artması ile ilinti değerleri oldukça düşmüş, 10 ve 15 günlük kayan pencere boyutları için negatif değerler gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, analiz yöntem 1 ile analiz yöntem 2’nin

yakın sonuçlar vermektedir. Sabit eleman ile Ap indisi arasındaki ilinti incelendiğinde analiz yöntem 1 daha yüksek ilinti sağlarken, sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Ap indisi arasındaki ilinti incelendiğinde ise 10 günlük kayan pencere koşulu hariç analiz yöntem 2 daha yüksek ilinti sağlamaktadır. Kayan pencere boyutunun sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek eleman ile Ap indisi arasındaki ilintiye olan etkisi incelendiğinde ise daha küçük kayan pencere boyutunun daha yüksek ilinti sağladığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. 2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Ap indisi ilinti analizi.

Ap indisi		İlinti katsayısı			
		4 günlük kayan pencere	7 günlük kayan pencere	10 günlük kayan pencere	15 günlük kayan pencere
Analiz yöntem 1	Sabit eleman	0.112691	0.028485	0.006939	-0.024660
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	0.346437	0.294145	0.248451	0.187401
Analiz yöntem 2	Sabit eleman	0.105937	0.022144	-0.002077	-0.018267
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	0.351728	0.296267	0.244350	0.195247

Çizelge 4.3'de 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencerelerde analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Kp10 aktivite indisi arasındaki ilinti incelemesi yapılmıştır. Çizelge incelendiğinde tüm pencere boyutları ve iki analiz yöntemi için sabit eleman ile Kp10 aktivite indisi arasında çok az ilinti gözlemlenmektedir. İlinti

katsayısı değeri kayan pencere boyutunun artmasıyla iyice azalmış; 4, 7 ve 10 günlük pencere boyutları için pozitif değerlere sahipken 15 günlük kayan pencere boyutu için negatif değer almıştır. Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Kp indisi arasındaki ilintinin tüm kayan pencere boyutları için pozitif olup, sabit eleman ile Kp indisi arasındaki ilintiden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. 4 günlük kayan pencere boyutu için analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2'de sabit eleman ile Kp indisi arasında çalışma kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilinti gözlenirken; 7, 10 ve 15 günlük kayan pencere boyutları için orta ilinti gözlenmiştir. Sonuç olarak, sabit eleman ile Kp indisi arasındaki ilinti katsayısının ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Ap indisi arasındaki ilinti katsayısının her iki analiz metodunda yakın değerler aldığı gözlemlenmektedir. Bu durum analiz yöntem 1 ile analiz yöntem 2'nin yakın sonuçlar verdiğini kanıtlamaktadır. Her iki analiz metodu için, sabit ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Kp indisi arasındaki ilinti incelemesinde pencere boyutu arttıkça ilintinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3. 2015 yılı 7, 10 ve 15 günlük kayan pencereler kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlar ile Kp indisi ilinti analizi.

Kp indisi		İlinti katsayısı			
		4 günlük kayan pencere	7 günlük kayan pencere	10 günlük kayan pencere	15 günlük kayan pencere
Analiz yöntem 1	Sabit eleman	0.096098	0.021692	0.007785	-0.019750
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	0.306696	0.227495	0.169186	0.108585
Analiz yöntem 2	Sabit eleman	0.0902352	0.022890	0.006371	-0.000411
	Sabit elemandan sonraki en yüksek enerjili eleman	0.309877	0.228659	0.161157	0.114142

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 karşılaştırıldığında, tüm kayan pencere boyutları ve her iki analiz metodu için sabit eleman ile sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile jeomanyetik indis arasındaki en yüksek ilintiyi Dst indisi sağladığı görülmüştür. Bu nedenle iyonkürenin uzay-zaman izgesel analizinde, tüm dünya üzerinden yapılacak analizlerde farksal AKD haritaları ile bozulma seziminin Dst indisi ile birlikte kullanılması Ap ve Kp indislerine göre daha uygun olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda kayan pencere boyutunun düşük tutulması analizlerin doğruluğu açısından fayda sağlayacaktır. Analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 için yapılacak analizlerin her ikisinde de, sabit eleman yerine sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanın kullanılması anomalilerin incelenmesi açısından daha uygun olacağı görülmüştür. Yapılacak analizlerde, sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman kullanılması durumunda analiz yöntem 2'nin kullanılması ise jeomanyetik indisler ile daha yüksek ilinti sağlaması açısından daha yararlı olacağı gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

KD haberleşmesinde oldukça önemli bir yere sahip olan iyonküre, güneş ışınları ile iyonize olmuş gazlardan oluşan havaküre katmanıdır. İyonkürenin yapısı ve elektron yoğunluğu, güneşin etkinliği, zaman, konum ve jeomanyetik etkinlik gibi faktörlere bağlıdır. İyonküredeki elektron yoğunluğunu en iyi şekilde tanımlayan parametrelerden biri ise TEİ'dir. Bu çalışmada, iyonkürenin yapısının anlaşılması amacıyla TEİ haritaları incelenmiş ve analizler yapılmıştır.

Tezin ilk aşamasında, 2011 yılı boyunca 2 saatlik periyotlarla -30 ve 30 enlemleri arasında ve tüm boylam değerleri boyunca iyonküre üzerinden elde edilmiş GIM-TEİ haritaları incelenmiştir. İncelenen haritalar üzerinde AKD tekniği uygulanmıştır. Bu şekilde iyonkürenin uzay-izgel analizinin yapılması amaçlanmıştır. Elde edilen iki boyutlu AKD verileri örnek üç enerji bandına göre süzgeçlenmiştir. Enerji bandı değeri arttıkça süzgeçlenen haritalara ait en yüksek dalga sayısı değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Dst indisinin farklı jeomanyetik hareketlilik düzeyine sahip olduğu zaman dilimlerinde, süzgeçlenen AKD haritalarından en yüksek dalga sayısı değerlerinin Dst indisine ile ilintisi araştırılmıştır. Dst indisindeki düşüş, manyetik fırtına yoğunluğunda artışı işaret ederken, yüksek dalga sayısı değerleri ise iyonküredeki bir takım değişim ve anomalileri ifade etmektedir. Yüksek dalga sayısına sahip zaman dilimleri ile Dst indisine bağlı manyetik fırtına yoğunluğunun yüksek olduğu zaman dilimlerinin tutarlı olduğu gözlenmiştir. Tüm 2011 yılı verisi üzerinden analiz yapmak adına, örnek üç farklı enerji bandına (%60, %77 ve %94) göre süzgeçlenmiş AKD haritaları en yüksek dalga boyu değerlerinin günlük olarak ortalamaları alınmış ve günlük olarak ortalamaları alınmış Dst değerleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar öncelikle %77 enerji bandı için farklı jeomanyetik hareketlilik düzeylerine sahip örnek günlerde yapılmıştır. Sonrasında, Dst değerlerine karşı en yüksek dalga sayısı değerleri saçılım grafikleri, bağlanım doğruları ve ilinti değerleri, 2011 yılı boyunca günlük periyotlarla örnek üç farklı enerji bandında incelenmiştir. Yüksek ilintiye sahip günler incelendiğinde 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı günü, hafif fırtınalı 5 Ağustos 2011 ve 11 Mart 2011 günlerinin %77 enerji bandına sahip boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayısındaki artış ile birlikte Dst indisindeki negatif yükselişi desteklediği görülmektedir. %60 ve %94 enerji bandına sahip boylam eksenini ve

2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerinin 2011 yılına ait yüksek değerleri incelendiğinde Dst indisindeki negatif artışa bağlı olarak beklenen artış gözlemlenmemiştir. Enlem eksenini en yüksek dalga sayısı ile Dst indisi arasında ise %60, %77 ve %94 enerji bantlarında yüksek bir ilinti gözlemlenmemiştir. İlinti değerleri incelendiğinde ise %60 ve %94 enerji bantlarında Dst indisi ile en yüksek dalga sayısı değerleri arasında orta ilinti gözlenirken, %77 enerji bandında boylam eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerlerinde negatif ve tez kapsamında elde edilen ilinti katsayıları ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilinti gözlemlenmiştir. Çalışmanın devamında, Dst, Ap ve Kp indislerine karşılık boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı ilinti değerlerinin enerji bandı değerine göre davranışı incelenmiştir. Sonuç olarak, Kp indisi ile boylam, enlem ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı ilinti değerlerinin en yüksek büyüklüklerine %81-%85 enerji bandında ulaştığı görülmektedir. Bu değer yaklaşık 0.24 olup pozitif ve orta ilintili durumu ifade etmektedir. Ap indisi ile boylam eksenini ve Ap indisi ile 2B'deki en yüksek dalga sayıları arasındaki ilintiler incelendiğinde, 2011 yılına ait en yüksek ilinti katsayısı değerinin %78 enerji bandında yaklaşık 0.31 değerini aldığı gözlemlenmektedir. Bu pozitif ve çalışma kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilintiyi ifade etmektedir. Ap indisi ile enlem eksenini arasındaki ilinti incelendiğinde ise 0.22 değeri ile %76 enerji bandında 2011 yılına ait günlük en yüksek ilinti değerini aldığı görülür. Bu değer pozitif ve orta ilintili durumu ifade etmektedir. Dst indisi ile boylam eksenini ve Dst indisi ile 2B'deki en yüksek dalga sayıları arasındaki ilinti değerlerinin 2011 yılına ait en yüksek büyüklüklerine %77 enerji bandında ulaştıkları görülmektedir. Bu nokta, -0.3'den küçük olup negatif ilinti ve çalışma kapsamında elde edilen ilinti katsayısı değerleri ile karşılaştırıldığında görece yüksek ilintiyi işaret etmektedir. Dst indisi ile enlem eksenini en yüksek dalga sayısı arasında ise negatif ve az ilintili durum mevcuttur. Tezin ilk aşamasında son olarak, 2011 yılı tüm dünya üzerinden elde edilmiş GIM-TEİ haritalarındaki bozulmalar ve bu haritaların jeomanyetik indislerle ilintisi incelenmiştir. GIM-TEİ haritalarından elde edilen değişik enerji bandı değerlerindeki boylam eksenini, enlem eksenini ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri, aralarındaki ilintinin araştırılması amacıyla Dst, Ap ve Kp indisi değerleriyle karşılaştırılmış ve 2011 yılı için farklı enerji bantlarına ait ilinti katsayıları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlardan en yüksek büyüklüğe sahip ilinti katsayıları incelenmiştir. Sonuç olarak 2011 yılına

ait tüm dünya GIM-TEİ haritaları boylam, enlem ve 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri ile Dst indisi arasında negatif ve az ilintili durum tespit edilmiştir. Ap indisi ile boylam eksenini ve Ap indisi ile enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve az ilinti gözlemlenirken, Ap indisi ile 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve görece yüksek ilinti gözlemlenmiştir. Kp indisi ile boylam eksenini ve Kp indisi ile 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri arasında pozitif ve az ilinti görülürken, Kp indisi ile enlem eksenini en yüksek dalga sayıları arasında pozitif ve görece yüksek ilinti görülmüştür. Belirtilen ilinti değerleri, %75-%87 enerji bandı aralığında olup 2011 yılına ait mutlak değerce en yüksek ilinti değerlerini ifade etmektedir. Sonuç olarak, AKD enerji içeriği tabanlı bozulma sezimi kullanılarak 2011 yılı ekvatorial bölge üzerinden yapılan analizlerde en yüksek ilinti sonucuna, %77-%78 enerji bandı aralığında boylam eksenini en yüksek dalga sayısı ve 2B'deki en yüksek dalga sayıları ile Dst ve Ap indisleri arasındaki ilintinin incelenmesi ile ulaşılmıştır. AKD enerji içeriği tabanlı bozulma sezimi kullanılarak 2011 yılı tüm dünya üzerinden yapılan incelemelerde ise, en yüksek ilinti sonuçlarına %80 enerji bandında 2B'deki en yüksek dalga sayısı değerleri ile Ap indisi arasında ve %87 enerji bandında enlem eksenini en yüksek dalga sayısı değerleri ile Kp indisi değerleri arasında ulaşılmıştır.

Tezin ikinci aşamasında, 2015 yılı boyunca 15 dakika zaman, 1° enlem ve 1° boylam çözünürlüğünde tüm dünya üzerinden elde edilmiş TEİ haritaları incelenmiştir. İyonküre TEİ haritalarının uzay-zaman izgesel analizinin yapılması amacıyla, AKD enerji içeriği tabanlı bozulma seziminde olduğu gibi AKD tekniği kullanılmıştır. Farksal AKD haritaları ile bozulma seziminde ayrıca kayan pencere ve ortanca eleman hesapları da yapılmıştır. Analizler iki farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntem 1'de öncelikle İyonküre TEİ haritalarının AKD'leri hesaplanmış, sonrasında seçilen güne ait AKD haritası, seçilen günden önceki pencere boyutu kadar olan güne ait AKD haritalarından ortanca değere sahip AKD haritasıyla karşılaştırılmıştır. İki AKD haritası arasındaki fark matrisi bulunmuş, matrisi ait sabit eleman değeri ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman değeri incelenmiştir. Analiz yöntem 2'de ise seçilen güne ait TEİ haritası ile seçilen günden önceki pencere boyutu kadar olan güne ait TEİ haritalarından ortanca değere sahip TEİ haritası karşılaştırılmıştır. İki TEİ haritası

arasındaki fark matrisi bulunmuş, elde edilen matrise AKD tekniği uygulanmıştır. AKD tekniği sonucu elde edilen AKD matrisi içinden sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri incelenmiştir. Bu iki yöntem 15 dakikalık aralıklarla 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencerelerle tüm 2015 senesi uygulanmış, elde edilen sabit ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri vektör olarak kaydedilmiştir. Analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 uygulanarak elde edilen sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman değeri vektörlerinin; günlük Dst, Ap ve Kp indisleri ile ilinti analizinin yapılabilmesi amacıyla günlük ortalamaları alınmıştır. Sonrasında, elde edilen günlük sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman değerleri ile Dst, Ap ve Kp indisleri arasındaki saçılım grafikleri ve bağlanım doğruları oluşturulmuş, ilinti katsayıları incelenmiştir. Dst indisindeki negatif artışa bağlı olarak sabit eleman ve sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri vektörlerine ait maksimum değerler incelendiğinde, 17 Mart 2015 yoğun fırtınalı gününün; 4, 7 ve 10 günlük kayan pencere ile analiz yöntem 1 kullanılarak ve 4, 7, 10 ve 15 günlük kayan pencere ile analiz yöntem 2 kullanılarak hesaplanan sabit eleman değeri vektörlerinde en yüksek değeri aldığı görülmektedir. Belirtilen güne ait sabit eleman değeri, pencere boyutunun artışıyla birlikte azalmaktadır. Bu durum pencere boyutunun dar seçilmesinin Dst indisi ile sabit eleman değeri arasındaki ilintiyi olumlu yönde etkileyeceğini kanıtlamaktadır. Dst indisindeki negatif artışa bağlı olarak sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değeri vektörlerine ait maksimum değerler incelendiğinde ise 2015 yılına ait en yüksek değeri 4 günlük pencerede 10 Nisan 2015 hafif fırtınalı günü aldığı gözlemlenmektedir. Bir sonraki en yüksek değeri, 15 günlük pencere ile 17 Mart 2015 yoğun fırtınalı gününün aldığı görülmektedir. 22 Haziran 2015 yoğun fırtınalı günü ve 20 Aralık 2015 hafif fırtınalı günleri ise sabit elemandan sonra en yüksek enerjiye sahip eleman değerlerinin artış gösterdiği günlerdir. İlinti değerleri incelendiğinde, sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisleri arasındaki ilintinin her iki analiz metodu ve incelenen tüm kayan pencere boyutları için sabit eleman ile Dst, Ap ve Kp indisleri arasındaki ilintiden daha yüksek sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Analiz metodu 1 ve analiz metodu 2 kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst, Ap ve Kp jeomanyetik indisleri arasındaki ilinti katsayısı

değerlerinin analiz yöntem 2'de mutlak değerce daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kayan pencere boyutunun sabit ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman ile Dst, Ap ve Kp indisleri değerleri arasındaki ilintiye etkisi incelendiğinde, kayan pencere boyutu küçüldükçe ilinti katsayısı değerinin büyüdüğü yani daha yüksek ilinti gözlemlendiği görülmüştür. Jeomanyetik indisler ile sabit ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip eleman arasındaki incelemede ise Dst indisinin en yüksek ilintiye verdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak, iyonküre haritalarının uzay-zaman izgesel analizinde, tüm dünya üzerinden yapılan analizlerde farksal AKD haritaları ile bozulma seziminin düşük kayan pencere boyutu, analiz metodu 2 ve sabit elemandan sonraki en yüksek eleman değerleri kullanılarak incelenmesinin en iyi kestirim sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak TEİ haritaları kullanılarak uygulanmış AKD enerji içeriği tabanlı bozulma sezimi ve farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi yöntemlerinin yüksek fırtına seviyelerine sahip günlerde iyonküredeki değişim ve bozulmaları tespit edebildiği görülmüştür. İleriki çalışmalarda ise ilk olarak AKD enerji içeriği tabanlı bozulma sezimi ve farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi yöntemlerinde kullanılan verilerin Dst, Ap ve Kp indisleri ile karşılaştırılırken günlük ortalama almak yerine ortanca değeri kullanmak ya da saatlik olarak karşılaştırmanın daha yüksek ilinti sonuçlar vereceği öngörülmüştür. Bunun nedeni üzerinde işlem yapılan güne ait yüksek fırtına zamanlarının günlük ortalama alındığında kaybolabilmesidir. Daha dar bir pencerede daha yüksek zaman çözünürlüğünde çalışmak fırtına zamanlarını yakalamak açısından faydalı olabileceği düşünülmüştür. İkinci olarak AKD enerji içeriği bozulma sezimi yönteminde ekvatorial bölge ve yerküre incelemelerinin yanında orta enlem bölgesi ve yüksek enlem bölgelerini incelemek faydalı olacaktır. Farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi yönteminde ise yerküre üzerinden elde edilmiş TEİ haritalarını incelemenin yanında ekvatorial, orta enlem ve yüksek enlem bölgeleri olarak ayrı ayrı incelemek de ilgi çekici sonuçlar sağlayabilecektir. Üçüncü olarak AKD enerji içeriği bozulma sezimi ve farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi yöntemlerinde elde edilen sonuçları Dst, Ap ve Kp indisleri ile karşılaştırmanın yanı sıra AE indisleri ile karşılaştırmanın da faydalı olacağı öngörülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- [1] E. Erdem, F. Arıkan, M. N. Deviren, İsmail Çor, A Model Based Ray Tracing Algorithm for Anisotropic and Inhomogenous Ionosphere with GIM-TEC Assimilation, 2015 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), Haziran, **2015**.
- [2] C. Toker, KD Kanalları için TEİ Ölçümlerine Dayalı Doppler Kayması Kestirimi, 23. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU), 16-19 Mayıs, İnönü Üniversitesi, Malatya, **2015**.
- [3] S. D. Yenen, U. Sezen, F. Arıkan, Modelling the Spatial-Temporal Variability of the Ionosphere over Turkey using a GPS Network, 32nd URSI GASS, 19-26 Ağustos, Montreal, **2017**.
- [4] S. Shukurov, F. Arıkan, T. Gulyaeva, Observing ionosphere over Turkey using Correlation Coefficient for Slant Total Electron Content, 2015 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), Haziran, **2015**.
- [5] A. Komjathy, Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using the Global Positioning System, Doktora Tezi, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 188, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Kanada, **1997**.
- [6] B. Zolesi, L. R. Cander, Ionospheric Prediction and Forecasting, Springer Geophysics, Berlin Heidelberg, Chapter 2, **2014**.
- [7] M. Köroğlu, İyonosfer Dinamiğinin Analizi ve Model Tanıma Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, **2012**.
- [8] O. Çilibaş, İyonküre Kritik Parametrelerinin Bölgesel olarak Görüntülenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, **2014**.

- [9] F. A. Metallinou, I. A. Daglis, Y. Kamide, and J. H. Seiradakis, Study of the Dst – AL Correlation Correlation During Geospace Magnetic Storms, IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 32, no. 4, 1455-1458, **2004**.
- [10] R. P. Kane, Evolution of Dst and Auroral Indices During Some Severe Geomagnetic Storms, Brazilian Journal of Geophysics, 27(2), 151-163, **2009**.
- [11] M. M. F. Saba, W. D. Gonzalez, A. L. Clua de Gonzalez, Relationships between the AE, ap and Dst indices near solar minimum (1974) and at solar maximum (1979), Annales Geophysicae, European Geosciences Union, 15 (10), pp.1265-1270. <hal-00316329>, **1997**.
- [12] O. O. Alabi, B.O. Adebesein, S.O. Ikubanni, S.O. Sedara, Comparative Analysis into the Geomagnetic Indices (ap, AE, DST, Bz) During Disturbed Period and Quiet Conditions of Solar Maximum Year, Vol. 17 No. 1 Aug., pp. 155-163, **2015**.
- [13] F. He, Y. Xie, X. Ma, Time Series Modeling and Short-time Forecasting for DstIndex of Geomagnetic Storm, 2010 2nd International Workshop on Database Technology and Applications, **2010**.
- [14] E. Echer, W. D. Gonzalez, Geoeffectiveness of inplanetary shocks, magnetic clouds, sector boundary crossing and their combined occurrence, Geophysical Research Letters, vol. 31, 1-4, **2004**.
- [16] Y. Gu, H. L. Wei, R. J. Boynton, S. N. Walker, M. A. Balikhin, Prediction of Kp Index Using NARMAX Models with A Robust Model Structure Selection Method, ECAI 2017 - International Conference – 9th Edition, Electronics, Computers and Artificial Intelligence, 29 June -01 July, Targoviste, ROMÂNIA, **2017**.
- [17] A. B. Roy, D. Dey, D. Banerjee, B. Mohanty, Comparison of FFT, DCT, DWT, WHT Compression Techniques on electrocardiogram & Photoplethysmography Signals, Special Issue of International Journal of Computer Applications (0975 -

8887), International Conference on Computing, Communication and Sensor Network (CCSN), **2012**.

[18] A. Aggoun, I. Jalloh, Two Dimensional DCT/IDCT Architecture, IEE Proceedings – Computers and Digital Techniques 150(1):2, 10 February, **2003**.

[19] G. Strang, The Discrete Cosine Transform, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Review, 1(1), 135–147, **1999**.

[20] B. Denis, J. Cote, R. Laprise, Spectral Decomposition of Two-Dimensional Atmospheric Fields on Limited-Area Domains Using the Discrete Cosine Transform (DCT), Vol 130, July, (**2012**), pp. 1812-1829.

[21] A. B. Watson, Image Compression Using the Discrete Cosine Transform, Mathematica Journal, 4(1), p. 81-88, **1991**.

[22] OMNIWeb Plus, <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/>, (Erişim tarihi: Nisan, **2019**).

[23] O. Cilibas, U. Sezen, F. Arikan, T. Gulyaeva, Global Mapping of Hourly TEC and Ionospheric Critical Parameters by Using IRI-Plas Optimization, 2013 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), **2013**.

[24] O. Cilibas, U. Sezen, F. Arikan, T. Gulyaeva, IRI-Plas Optimization Based Ionospheric Tomography, 16th International Conference on Information Fusion, Istanbul, Turkey, July 9-12, **2013**.

[25] U. Sezen, T. Gulyaeva, F. Arikan, Online International Reference Ionosphere Extended to Plasmasphere (IRI-Plas) Model, 32nd URSI GASS, Montreal, 19–26 August, **2017**.

- [26] M. N. Deviren, F. Arıkan, IONOLAB-MAP: An automatic spatial interpolation algorithm for total electron Content, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 26: 1933 – 1945, **2018**.
- [27] O. Şahin, U. Sezen, F. Arıkan, O. Arıkan, İyonosfer F2 Tabakası Parametrelerinin Eniyileme Yolu ile IRI Modeli ve IONOLAB TEİ Kestirimleri Kullanılarak Belirlenmesi, 2011 IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2011), **2011**.
- [28] A. G. Asuero, A. Sayago, A. G. Gonz´alez, The Correlation Coefficient: An Overview, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 36:41–59, **2006**.
- [29] A. Rebekic, Z. Loncaric, S. Petrovic, S. Maric, Pearson’s or Spearman’s Correlation Coefficient – Which One to Use?, Poljoprivreda, 21:2015 (2) 47-54, **2015**.
- [30] N. J. Gogtay, U. M. Thatte, Principles of Correlation Analysis, Journal of the Association of Physicians of India, vol. 65, March, **2017**.
- [31] B. O. Adebessin, Investigation into the linear relationship between the AE, Dst and ap indices during different magnetic and solar activity conditions, Acta Geod Geophys (2016) 51:315–331, **2016**.
- [32] M. A. Hajjaji, S. Laajili, A. Mtibaa, E. Bourennane, A Digital Watermarking Algorithm Based on DCT: Application on Medical Image, International Conference on Embedded Systems in Telecommunications and Instrumentation (ICESTI’12), Nov., Algeria. 2012. <hal-00822694>, **2012**.
- [33] R. F. Abdel-Kader, R. M. Ramadan, R. Y. Rizk, Rotation Invariant Face Recognition Based on Hybrid LPT/DCT Features, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering Vol:2, No:8, **2008**.

[34] K. H. Kim, Y. Chung, J. Yoo, Y. M. Ro, Facial Feature Extraction Based on Private Energy Map in DCT Domain, ETRI Journal, Volume 29, Number 2, April, **2007**.

[35] E. Erdem, F. Arıkan, IONOLAB-RAY: A wave propagation algorithm for anisotropic and inhomogeneous ionosphere, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, (2017) 25: 1712-1723, **2017**.

[36] F. Arıkan, C. Toker, U. Sezen, M.N. Deviren, O. Çilibaş, O. Arıkan, IONOLAB Grubunun İyonküre Uzaktan Algılama ve 2-B Görüntüleme Çalışmaları, IEEE 22. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, **2014**.

[37] Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, <http://www.izmiran.ru/>, (Erişim tarihi: Nisan, **2019**).

[38] B. P. Singh, A. Pandeya, Sunspot Numbers in Relation with Geomagnetic Activity, Ultra Scientist Vol. 25(1)B, 47-50, **2013**.

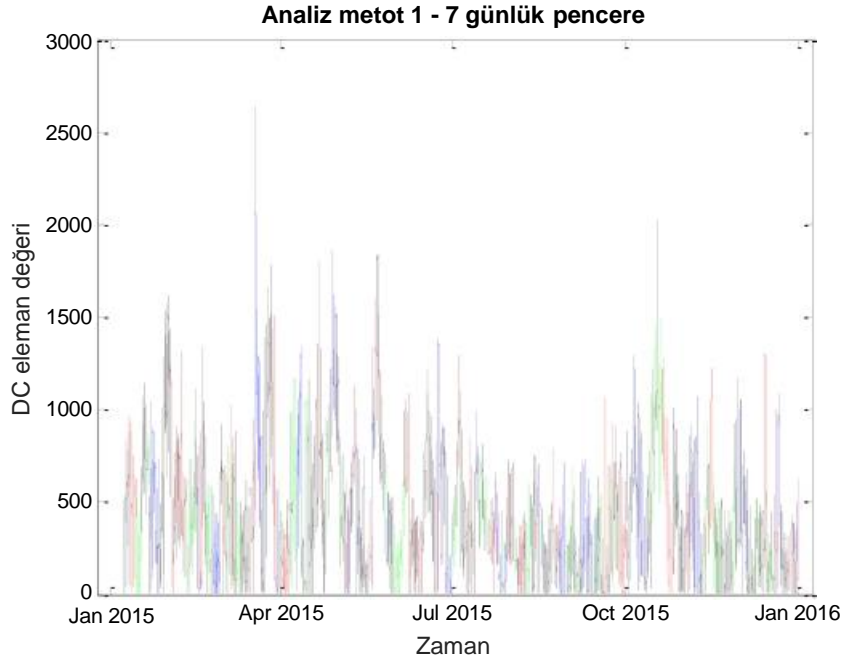
[39] B. Yılmaz, C. Toker, İyonküre TEİ Haritalarının Uzay-İzgel Analizi, 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Antalya, TURKEY, **2017**.

EKLER

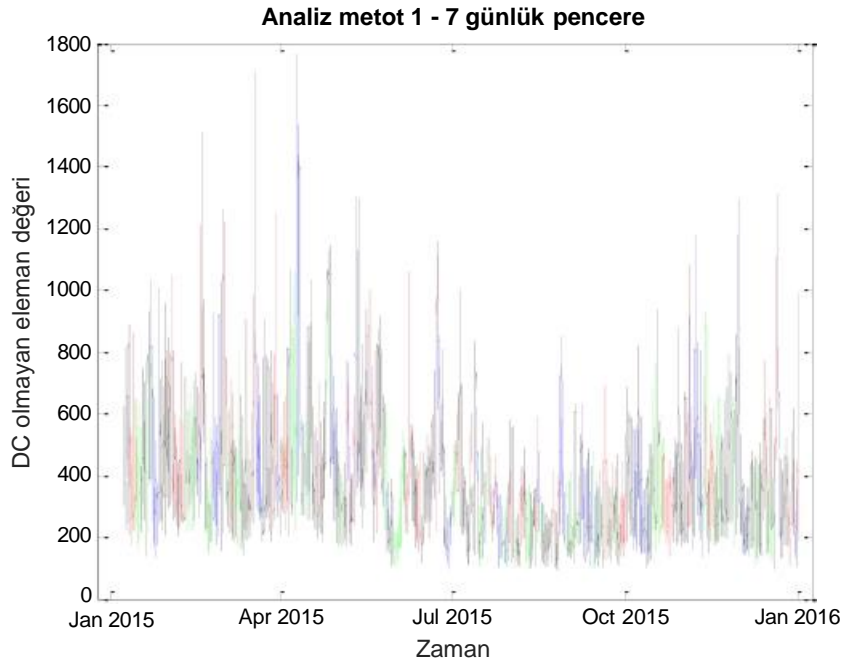
EK 1 – Farksal AKD haritaları ile bozulma sezimi – 7 Günlük Kayan Pencere Analizleri

Şekil A.1, Şekil A.2, Şekil A.3 ve Şekil A.4'te 2015 yılı 15 dakikalık periyoda sahip TEİ haritalarından analiz yöntem 1 ve analiz yöntem 2 ile 7 günlük kayan pencere kullanılarak elde edilmiş sabit eleman ve sabit elemandan sonraki en yüksek enerjiye sahip elemanlara ait değerleri gösterilmektedir. Grafikte yer alan mavi renkli veriler negatif yönde bozulmaya sahip günleri, yeşil renkli veriler sakin günleri, kırmızı renkli veriler pozitif yönde bozulmaya sahip günleri ve siyah renkli veriler ise herhangi bir tanımlamaya sahip olmayan günleri göstermektedir. 2015 yılına ait negatif yönde bozulmaya sahip, sakin ve pozitif yönde bozulmaya sahip günlerin bilgisi Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation (IZMIRAN) ² üzerinden elde edilmiştir. Grafiğe ait günler incelendiğinde IZMIRAN üzerinden elde edilen bozulmaya sahip ve sakin gün verileri ve OMNIweb üzerinden elde edilen jeomanyetik hareketlilik indisi verileri ile gözle görülür bir ilinti bulunmadığı gözlemlenmiştir. İlintinin teknik olarak incelenmesi amacıyla Bölüm 4.1'de ilinti analizleri yapılmıştır.

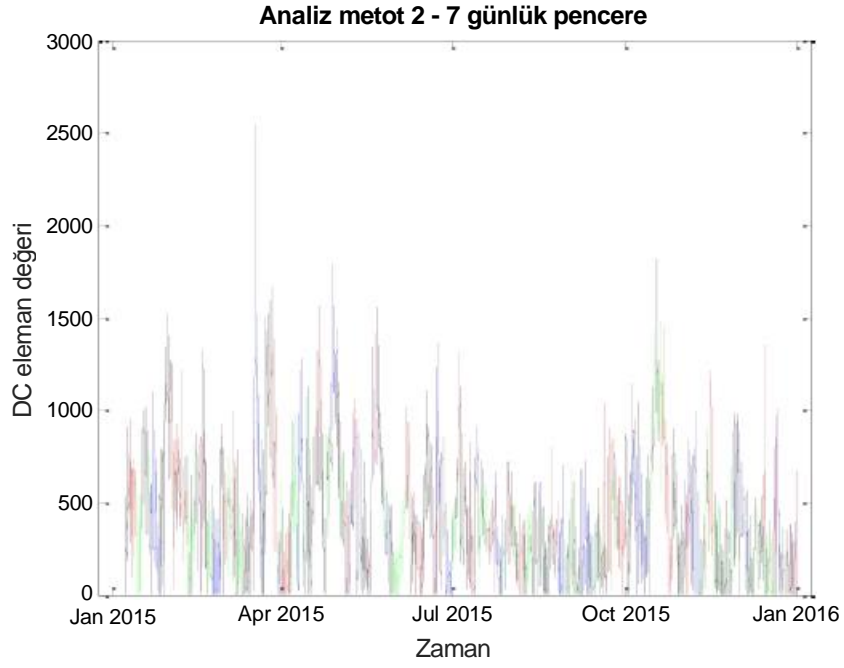
²IZMIRAN, Nikolay Vasilyevich Pushkov tarafından 1939'da kurulan bilimsel bir kuruluştur. Çalışma alanları, iyonküre ve radyo dalga yayılımı, Dünya ve gezegenlerin manyetizması, güneşsel-karasal fizik, uzay havası tahmini, uzay bilgi teknolojileri olarak sıralanabilir [37].



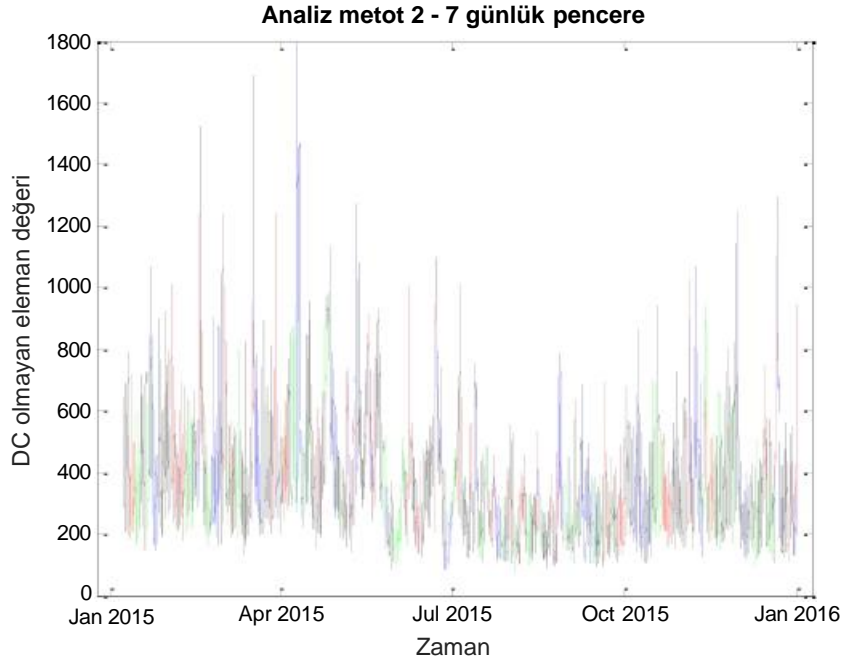
Şekil A.1. 2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit eleman değerleri



Şekil A.2. 2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit elemandan sonraki en yüksek eleman değerleri



Şekil A.3. 2015 yılı analiz yöntem 1 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit eleman değerleri



Şekil A.4. 2015 yılı analiz yöntem 2 için 7 günlük kayan pencere ve günlük periyotta sabit elemandan sonraki en yüksek eleman değerler

İyonküre TEİ Haritalarının Uzay-İzgel Analizi Spatial-Spectral Analysis of Ionospheric TEC Maps

Büşra YILMAZ, Cenk TOKER
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Hacettepe Üniversitesi
Ankara, Türkiye

busra.yilmaz09@hacettepe.edu.tr, cenk.toker@hacettepe.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada Toplam Elektron İçeriği (TEİ) haritaları kullanılarak iyonkürenin uzay-izgel analizi incelenmiştir. İyonküre üzerindeki bozulma ve değişimlerin gözlemlenmesi amacıyla orta-enlem bölgesi üzerindeki TEİ haritalarına Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) tekniği uygulanmış ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler—İyonküre, Toplam Elektron İçeriği (TEİ), Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD), Dst İndisi

Abstract—In this study, we have investigated the spatial-spectral analysis of ionosphere using Total Electron Content (TEC) maps. In order to observe the disturbances and variations on ionosphere, the Discrete Cosine Transform (DCT) is applied to TEC maps on mid-latitude region and observed results are investigated further.

Keywords—Ionosphere, Total Electron Content (TEC), Discrete Cosine Transform (DCT), Dst Index

I. GİRİŞ

İyonküre, yeryüzünden yaklaşık 60 km ile 1100 km arasında yükseklikte yer alan ve güneş ışınları ile iyonize olmuş gazlardan oluşan atmosfer tabakasıdır. İyonküre radyo dalga yayılımı açısından oldukça önemlidir. Sivil ve askeri Kısa Dalga (KD) uygulamalarında iyonküre radyo dalgalarını yansıtarak uzak bölgeler ile haberleşmenin yapılabilmesini sağlar. İyonküre, aynı zamanda uydu-yer istasyonu haberleşmesi, güdümlü, seyir ve konumlama sistemlerinde de oldukça önemli bir yere sahiptir. Güneş patlaması, iyonküre fırtınası gibi Uzay Havası (UH) olayları KD haberleşmesinin kesintiye uğramasına neden olmaktadır [1]. İyonkürenin yapısı hava olaylarına, zamana, konuma, güneş etkinliklerine ve jeomanyetik fırtınalara göre değişim göstermektedir. İyonkürenin radyo dalgalarına nasıl ve hangi miktarda etki edeceğini ortaya koyabilmek için iyonkürenin yapısını anlamak ve iyonküredeki değişim ve bozulmaları takip etmek gerekmektedir [2]. İyonküredeki bozulmalar gözlenirken kullanılan en önemli parametrelerden biri Toplam Elektron

İçeriği (TEİ) parametresidir. TEİ, uydu ve alıcı arasındaki 1m2 kesitli bir silindirin içerisinde bulunan toplam elektron miktarını ifade etmektedir. TEİ parametresinin birimi TECU olup 1 TECU, 10⁶ el/m²'dir [3].

Bu çalışma kapsamında iyonkürenin uzay-izgel analizinin yapılması amacıyla 2011 yılı boyunca 2 saatlik aralıklarla tüm iyonküre üzerinden elde edilmiş TEİ haritaları üzerinde Ayrık Kosinüs Dönüşümü uygulanmıştır. Elde edilen 2 boyutlu veriler incelenmiş ve yüksek dalga sayısı değerlerinin bulunduğu zaman dilimlerinde iyonküre üzerinde bir takım bozulma ve değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen veriler Dst indisi değerleriyle karşılaştırılmış ve ilintili sonuçlar elde edilmiştir.

A. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD)

Ayrık Kosinüs Dönüşümü için değişik yapılar tanımlanmış olmasına rağmen en sık kullanılan yapı "(1)"deki gibidir.

$$F(m, n) = \beta(m)\beta(n) \sum_{i=0}^{i=N_i-1} \sum_{j=0}^{j=N_j-1} f(i, j) \times \cos \left[\pi m \frac{(i+1/2)}{N_i} \right] \cos \left[\pi n \frac{(j+1/2)}{N_j} \right] \quad (1)$$

Ters Kosinüs Dönüşümü "(2)"deki gibi tanımlanabilir.

$$f(i, j) = \sum_{m=0}^{m=N_i-1} \sum_{n=0}^{n=N_j-1} \beta(m)\beta(n)F(m, n) \times \cos \left[\pi m \frac{(i+1/2)}{N_i} \right] \cos \left[\pi n \frac{(j+1/2)}{N_j} \right] \quad (2)$$

Burada $f(i, j)$, ilgilenilen (i, j) örnek noktasındaki girdi değeri, $F(m, n)$ ise (m, n) dalga sayısındaki spektral katsayıyı ifade eder. $f(i, j)$ girdi değerlerine 2 boyutlu AKD

uygulandığında $F(m,n)$ gerçel spektral katsayılarının N_i 'ye N_j boyutlu dizisi oluşturulur.

β katsayısı "(3)"deki gibi tanımlanabilir[4].

$$\beta(m) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N_i}} & m = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N_i}} & m = 1, 2, \dots, N_i - 1 \text{ and} \end{cases}$$

$$\beta(n) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N_j}} & n = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N_j}} & n = 1, 2, \dots, N_j - 1 \end{cases} \quad (3)$$

A. Jeomanyetik İndisler

Jeomanyetik indisler iyonküre ve manyetosferdeki değişimleri ölçmek için kullanılır.

AE İndisi: Yüksek enlemdaki jeomanyetik aktiviteyi ölçmek için kullanılır. AU ve AL sırasıyla yüksek enlemdaki en yüksek ve en düşük jeomanyetik aktivite seviyesini ifade etmek üzere, AE indisi AL ve AU indislerinin farkına eşittir.

Dst İndisi: Ekvatorial bölgedeki jeomanyetik aktiviteyi ölçmek için kullanılır. Aynı zamanda uzay iklimi koşullarının karakterize edilmesini sağlar ve nanotesla(nT) cinsinden ifade edilir. Jeomanyetik fırtınalar Dst cinsinden yoğun fırtına ($Dst < -100$ nT), hafif fırtına (-100 nT $< Dst < -50$ nT) ve zayıf fırtına ($Dst > -50$ nT) olarak sınıflandırılabilir. Fırtına başlangıcı ise -30 nT olarak kabul edilir ve bu değer üst üsakin gün olarak tanımlanır.

Ap İndisi: Belirli bir gün için dünya üzerindeki jeomanyetik aktivitenin genel seviye değişimini ölçmek için kullanılır. Ap indis değerlerini elde etmek için 3 saatlik Kp indisi değerleri kullanılır. Kp indisi orta enlemdaki jeomanyetik aktiviteyi ölçer[5].

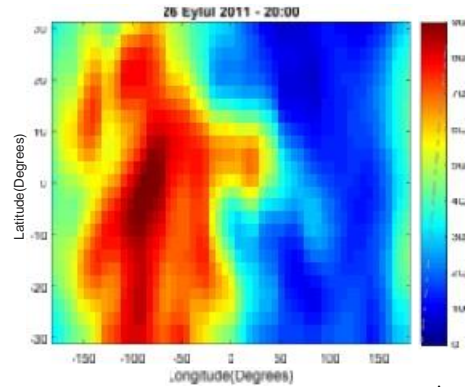
II. UYGULAMA

Şekil 1 ve Şekil 2 sırasıyla 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı gününe ait saat 20:00'da elde edilmiş bir TEİ haritası ve bunun değişik enerji bantlarına bağlı AKD haritası, Şekil 3 ve Şekil 4 sırasıyla 10 Mart 2011 hafif fırtınalı gününe ait saat 22:00'da elde edilmiş bir TEİ haritası ve bunun değişik enerji bantlarına bağlı AKD haritası, Şekil 5 ve Şekil 6 sırasıyla 30 Nisan 2011 zayıf fırtınalı gününe ait saat 10:00'da elde edilmiş bir TEİ haritası ve bunun değişik enerji bantlarına bağlı AKD haritası, Şekil 7 ve Şekil 8 ise sırasıyla 28 Nisan 2011 sakin gününe ait saat 14:00'da elde edilmiş bir TEİ haritası ve bunun

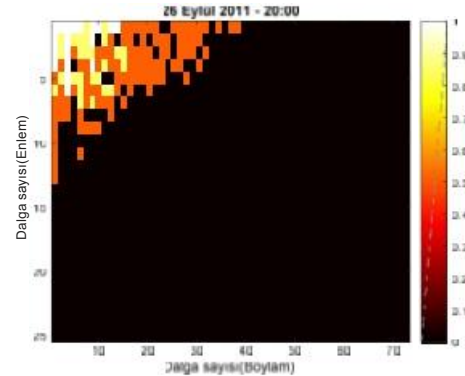
değişik enerji bantlarına bağlı AKD haritasını ifade etmektedir.

AKD haritaları hesaplanırken değişik enerji bantları ile çalışılmıştır. TEİ haritalarının AKD'leri alınmış ve elde edilen değerler i çerisinden en yüksek enerjiye sahip elemanların tüm elemanların enerjisine oranı hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak enerji oranı arttıkça AKD haritalarında bir genişleme olduğu gözlemlenmiştir.

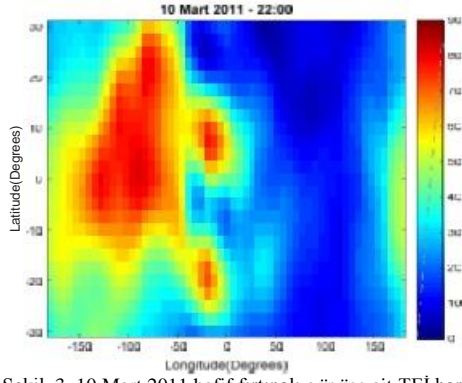
(m,n), 2-boyutlu dalga sayısı ikilisi olmak üzere, sırasıyla enlem eksenine ait dalga sayısı ve boylam eksenine ait dalga sayısını belirtir. AKD haritalarındaki beyaz noktalar yüzde 60 enerji bandına sahip dalga sayısı değerlerini; beyaz ve sarı noktalar yüzde 77 enerji bandına sahip dalga sayısı değerlerini; beyaz, sarı ve kırmızı noktaların tümüne ise yüzde 94 enerji bandına sahip dalga sayısı değerlerini göstermektedir.



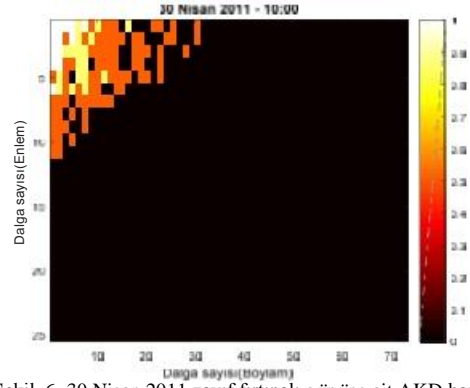
Şekil. 1. 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı gününe ait TEİ haritası



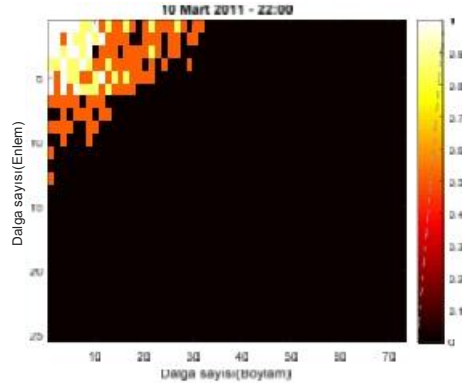
Şekil. 2. 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı gününe ait AKD haritası



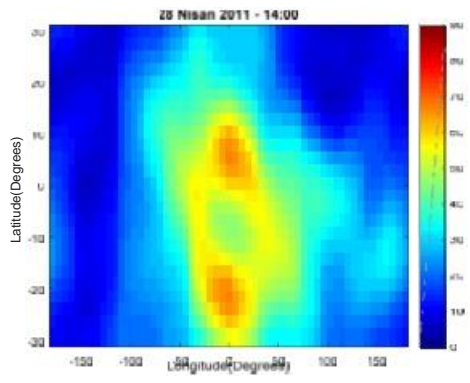
Şekil. 3. 10 Mart 2011 hafif fırtınalı gününe ait TEİ haritası



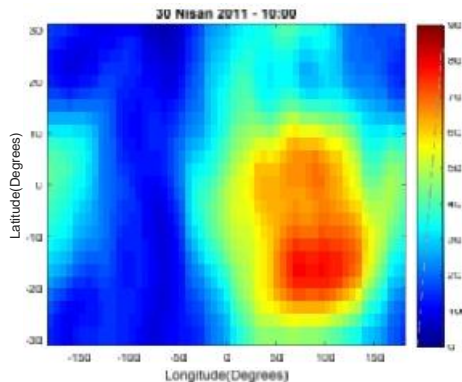
Şekil. 6. 30 Nisan 2011 zayıf fırtınalı gününe ait AKD haritası



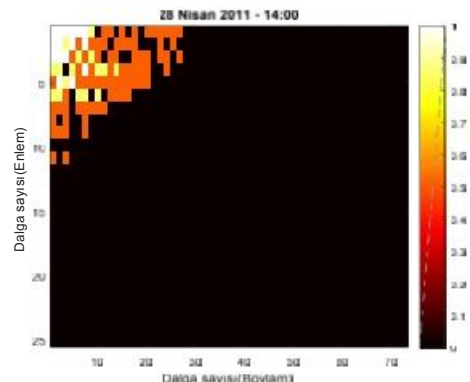
Şekil. 4. 10 Mart 2011 hafif fırtınalı gününe ait AKD haritası



Şekil. 7. 28 Nisan 2011 sakin gününe ait TEİ haritası



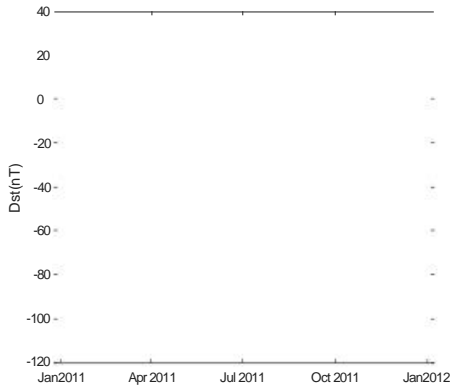
Şekil. 5. 30 Nisan 2011 zayıf fırtınalı gününe ait TEİ haritası



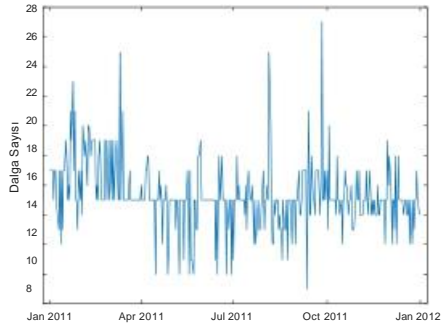
Şekil. 8. 28 Nisan 2011 sakin gününe ait AKD haritası

2011 yılı boyunca 2 saatlik periyotlarla elde edilmiş yüzde 77 enerji bandına sahip AKD haritalarından enlem ve boylam eksenleri boyunca değerleri en yüksek olan dalga sayılarının bir günlük ortalamaları alınmış ve elde edilen ortalama en yüksek dalga sayısı değerleri 2011 yılı boyunca günlük elde edilmiş Dst değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 8'de 2011 yılına ait günlük ortalamaları alınmış Dst değerleri, Şekil 9'da 2011 yılına ait ekvator bölgesi TEI haritalarından elde edilmiş boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri, Şekil 10'da ise 2011 yılına ait ekvator bölgesi TEI haritalarından elde edilmiş enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri verilmiştir.

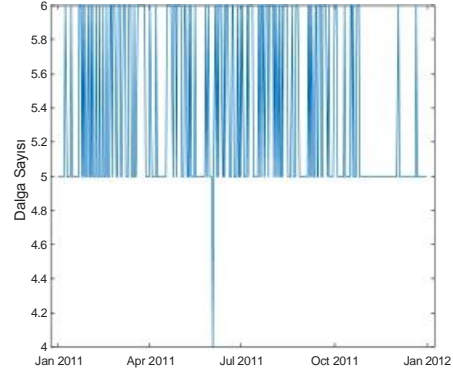
Elde edilen 2011 yılına ait günlük ortalamaları alınmış Dst değerleri, boylam eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri ve enlem eksenine ait en yüksek dalga sayısı değerleri 26 Eylül 2011 yoğun fırtınalı günü, 10 Mart 2011 hafif fırtınalı günü, 30 Nisan 2011 zayıf fırtınalı günü ve 28 Nisan 2011 sakin günü için Tablo 1'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. 2011 yılına ait günlük ortalama Dst değerleri



Şekil 10. 2011 yılına ait boylam eksenli dalga sayısı değerleri



Şekil 11. 2011 yılına ait enlem eksenli dalga sayısı değerleri

TABLO I. 2011 yılında seçilen günlere ait Dst değeri, boylam ve enlem eksenleri dalga sayıları karşılaştırması

Gün	Dst İndisi (nT)	Boylam Eksenli Dalga Sayısı	Enlem Eksenli Dalga Sayısı
26 Eylül 2011	-117	27	5
10 Mart 2011	-59	25	5
30 Nisan 2011	-40	15	6
28 Nisan 2011	-12	12	5

III. SONUÇLAR

Bu çalışmada iyonkürenin uzaysal değişiminin gözlemlenmesini sağlayacak bir muhtemel ilişki bulmak amacıyla 2011 yılına ait yerküre üzerindeki TEI haritaları incelenmiş, enlem ve boylam eksenlerine ait dalga sayıları Dst değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucu Dst değerlerindeki düşüşe bağlı olarak boylam eksenli dalga sayılarında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Dst değerleri ile enlem eksenine ait dalga sayısı değerlerinde ise gözlemlenen bir ilişki bulunmadığı kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Onur Çilibaş, "İyonküre Kritik Parametrelerinin Bölgesel Olarak Gözlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Ankara, Türkiye, 2014.
- [2] Sinem Deniz Yenen, Feza Arıkan, "Türkiye Üzerindeki İyonkürenin Uzun-Zamanda Değişiminin YKS Ağı Kullanılarak Modellenmesi", URSI-TÜRKİYE'2016 VIII. Bilimsel Kongresi, 1-3 Eylül 2016.
- [3] Muhammet Necat Deviren, "Türkiye Üzerinde Toplam Elektron İçeriği (TEI) için Uzun-Zamanlı Alan Kestirimi", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Ankara, Türkiye, 2013.
- [4] B. Denis, J. Cote, R. Laprise, "Spectral Decomposition of Two-Dimensional Atmospheric Fields on Limited-Area Domains Using the Discrete Cosine Transform (DCT)", Vol 130, July 2012, pp. 1812-829.
- [5] O.O. Alabi, B.O. Adebesein, S.O. Ikubanni, ve S.O. Sedara, "Comparative Analysis into the Geomagnetic Indices (ap, AE, DST, Bz) During Disturbed Period and Quiet Conditions of Solar Maximum Year", Vol. 17 No. 1 Aug. 2015, pp. 155-163.