



**MEKANSAL İSTATİSTİKSEL METOTLARLA ELEKTROMANYETİK
YAYILIMIN TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kaan KAYA

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2020

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MEKANSAL İSTATİSTİKSEL METOTLARLA
ELEKTROMANYETİK YAYILIMIN TAHMİNİ**

Kaan KAYA

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2020

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

20/07/2020



Kaan KAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MEKANSAL İSTATİSTİKSEL METOTLARLA ELEKTROMANYETİK YAYILIMIN TAHMİNİ

Kaan KAYA

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN

Elektromanyetik (EM) yayılım denizsel çevrelerde sürekli değişen atmosferik koşullardan etkilenmektedir. RADAR performans tahmini, kablosuz iletişim, GPS vb. alanlar için deniz ortamında EM dalgaların yayılımının modellenmesi büyük önem taşımaktadır fakat atmosferik koşulların homojen bir yapıda olmamasından dolayı bu etkileri modellemek oldukça zor ve karmaşıktır. Bu kapsamda yayılım kaybını modellemek amacıyla yapılan çalışmada zamansal ve mekansal olarak toplanan EM ve atmosferik verilere CBS tabanlı mekânsal istatistiksel metotlar uygulanmıştır. Keşifsel regresyon analizi ile tüm frekanslar (2.69 GHz, 4.5 GHz, 8.45 GHz, 12.21 GHz, 18.10 GHz) için en iyi modelin rüzgar hızı, deniz yüzey sıcaklığı, basınç, bağıl nem ve serbest uzay kaybı parametrelerine sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak mekansal regresyon analizi ile beş farklı frekans için EM yayılımının tahminini yapan modeller oluşturulmuş ve değişen atmosferik koşullar altında EM yayılıma etki eden parametrelerin katsayıları belirlenmiştir. Çalışmanın, bölgelerdeki EM yayılım uygulamaları için yeni bir ufuk sağlayarak, EM yayılım karakteristikleri ve benzer problemler için çözüm yolu olabileceği öngörülmektedir.

2020, viii + 77 sayfa

Anahtar Kelimeler: Mekansal regresyon, Elektromanyetik yayılım, CBS, Coğrafi bilgi sistemleri, Yayılma kaybı.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC PROPAGATION WITH SPATIAL STATISTICAL METHODS

Kaan KAYA

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Mustafa YALÇIN

Electromagnetic (EM) propagation is affected by constantly changing atmospheric conditions in marine environments. RADAR performance prediction, wireless communication, GPS etc. Modeling the propagation of EM waves in marine environment for areas is of great importance, but modeling these effects is quite difficult and complex due to the fact that atmospheric conditions are not homogeneous. In this context, GIS based spatial statistical methods were applied to electromagnetic and atmospheric data collected temporally and spatially in the study conducted to model the propagation loss. With the exploratory regression analysis, the best model for all frequencies (2.69 GHz, 4.5 GHz, 8.45 GHz, 12.21 GHz, 18.10 GHz) was predicted to have parameters of wind speed, sea surface temperature, pressure, relative humidity and loss of free space. As a result, models that predict EM propagation for five different frequencies were created by spatial regression analysis and coefficients of parameters affecting EM propagation under varying atmospheric conditions were determined. It is anticipated that the study may be a solution for EM propagation characteristics and similar problems by providing a new horizon for EM propagation applications in the regions.

2020, viii + 77 pages

Keywords: Spatial regression, Electromagnetic propagation, GIS, Geographic information systems, Propagation loss

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, her daim bana inanan ve hiçbir desteğini esirgemedi yanımda olan annem Hülya KAYA'ya, babam Kubilay KAYA'ya ve kardeşim Atakan KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kaan KAYA
Afyonkarahisar 2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	6
2.1 Elektromanyetik Yayılm.....	6
2.2 Yayımla Kaybı.....	7
2.2.1 Sıcaklık.....	8
2.2.2 Nem.....	8
2.2.3 Basınç.....	8
2.2.4 Rüzgar	9
2.2.5 Deniz Yüzey Sıcaklığı.....	9
2.2.6 Serbest Uzay Kaybı.....	10
2.3 CBS ve Mekansal İstatistik.....	10
2.4 Kıyı ve Açık Deniz Alanlarındaki Atmosferik Durum.....	11
3. MATERYAL ve METOT	13
3.1 Çalışma Alanı	13
3.2 Veriler	14
3.2.1 Verinin Özellikleri	14
3.2.1.1 EM Yayılm Ölçümleri.....	14
3.2.1.2 Atmosferik Ölçümler.....	15
3.2.2 Verinin İçeriği	15
3.2.2.1 EM Yayılm Veriseti	16
3.2.2.2 Atmosferik Veriseti	17
3.3 CBS Tabanlı Analizler.....	20
3.3.1 CBS İle Veri Madenciliği	20
3.3.2 Regresyon Analizi.....	22
3.3.2.1 Keşifsel Regresyon.....	22

3.3.2.2 Mekansal Regresyon	22
3.3.2.3 İstatistiksel Testler.....	23
4. BULGULAR	26
4.1 Mekansal-Zamansal Veri Madenciliği.....	26
4.2 Keşifsel Regresyon	28
4.3 En Küçük Kareler Regresyonu (OLS)	28
4.3.1 2.69 GHz	28
4.3.2 4.5 GHz	32
4.3.2 8.45 GHz	35
4.3.2 12.21 GHz	38
4.3.2 18.01 GHz	41
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	44
6. KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	56

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AICc	Akaike Bilgi Kriteri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DAST	Denizsel Atmosferik Sınır Tabakası
EM	Elektromanyetik
GHz	Gigahertz
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
RADAR	Radio Detection And Ranging
TLS	Karasal Lazer Tarayıcı
UHF	Ultra Yüksek Frekans
VIF	Varyans Şişirme Faktörü



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Çalışma alanı.....	13
Şekil 3.2 Çalışma alanı.....	14
Şekil 3.3 8.45 GHz için atmosferik parametrelerin CBS ortamında gösterimi.	19
Şekil 4.1 Mekansal ilişkilendirme ile EM ve atmosferik verilerin birleştirilmesi.	26
Şekil 4.2 Birleştirme aracı ile aynı frekansa sahip verilerin birleştirilmesi.	27
Şekil 4.3 2.69 GHz için oluşturulan EM yayılım verisi.	27
Şekil 4.4 2.69 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.	31
Şekil 4.5 4.5 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.	34
Şekil 4.6 8.45 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.	37
Şekil 4.7 12.21 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.	40
Şekil 4.8 18.01 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Proje kapsamında yapılan ölçümlerin tarih ve saati.....	16
Çizelge 3.2 Zamansal-mekansal veri madenciliği içeriği.	21
Çizelge 4.1 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (2.69 GHz).	30
Çizelge 4.2 OLS modeli istatistiksel değerleri (2.69 GHz).....	30
Çizelge 4.3 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (4.5 GHz).	33
Çizelge 4.4 OLS modeli istatistiksel değerleri (4.5 GHz).....	33
Çizelge 4.5 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (8.45 GHz).	36
Çizelge 4.6 OLS modeli istatistiksel değerleri (8.45 GHz).....	36
Çizelge 4.7 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (12.21 GHz).	39
Çizelge 4.8 OLS modeli istatistiksel değerleri (12.21 GHz).....	39
Çizelge 4.9 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (18.01 GHz).	42
Çizelge 4.10 OLS modeli istatistiksel değerleri (18.01 GHz).....	42

1. GİRİŞ

Elektromanyetik (EM) dalgalar atmosferik koşullarda, yansıma, dağılma, kırılma ve zayıflama durumlarında bulunmaktadır (Freeman 2000, Qing 2005, Sekmen 2014). EM dalgaların uğradığı bu durumlar, sıcaklık, basınç, nem, bulut, rüzgar, yağış gibi meteorolojik değişkenlerle yakından ilişkili olabilmektedir (Ford 1996, Karimian vd. 2011, Şeker 2015). Atmosferik etkilerin şiddeti temel olarak, frekans, sinyal gücü ve EM dalgaların yayılım yaptığı alçak atmosfer katmanı yani troposfer şartlarına bağlıdır. Bunun nedeni insan faaliyetleri ve diğer yaşamsal koşulların etkileşiminin alçak atmosferde meydana gelmesidir (Ali vd. 2012).

EM dalgaların yayılımı verici ve alıcı arasında hareket ederken değişen atmosferik koşullara göre etkilenmektedir (Tepecik 2018). Atmosferik koşulların homojen bir yapıda olmamasından dolayı bu etkiyi modellemek oldukça zor ve karmaşıktır (Craigie 1993). Atmosferik koşullar temelde zaman ve mekana göre değişim göstermekte olup, EM dalgaların yayılım karakteristiklerinin belirlenmesi için önemli rol oynamaktadır (Türk 2010). EM dalgalarının deniz ortamında yayılmasının modellenmesi, kablosuz iletişim, radar algılama, GPS ve benzeri alanlarda büyük öneme sahiptir (Ding vd. 2016).

Denizsel atmosferik sınır tabakası (DAST), genellikle sahil kenarlarında, çeşitli mekansal ölçeklerde doğası gereği heterojendir ve sıklıkla süreksizlik içermektedir (Craigie 1993, Danklmayer vd. 2015). DAST fonksiyonları profillerinden açık sapmalar vardır ve EM yayılımın DAST için değerlendirilen yeterli çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Benzer çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Dockery (1988), Helmholtz dalga denkleminin parabolik yaklaşımı kullanılarak troposferdeki elektromanyetik dalga yayılımını tahmin etmek için hesaplamalı bir yöntem tarif edilmiştir. Model küresel, son derece iletken bir Dünya üzerinde yayılım gösterir ve frekans, polarizasyon, anten modeli, anten rakımı ve yükseklik açısının tanımlanmasına izin verir.

Garcia vd. (2003), çalışmalarında kablosuz iletişim sistemleri için UHF (300 MHz-3 GHz) bandındaki dağlık arazinin etkisini göz önünde bulunduran bir elektromanyetik yayılım algoritmasının geliştirilmesine yönelik bir araştırma projesinin bazı sonuçlarını bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan COST231-Walfisch-Ikegami (1988, 1991) modeli, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve mobil yayılım için tahmin araçları ile birlikte, çoğaltma çalışmaları, kapsama analizi ve mobil sistemlerdeki hücre planlaması için ana faktörlerin analizini kolaylaştırmak için gösterilmiştir. Algoritmayı tasarlamak için kullanılan temel kavramlar, hücresel kapsama tahmininde uygulanabilirliğini doğrulamak için ölçümlerde kullanılan parametreler ve sonuç analizi açıklanmaktadır.

Karimian vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada, atmosferdeki standart olmayan EM dalga yayılımının olağan dışı değişimine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Son yıllarda, EM yayılımındaki kargaşanın çevresel parametrelerin direkt olarak algılanmasına dayanan denizsel çevrede kırılabilirlik profili ölçümünün, bütün geleneksel yollarla araştırılması için araştırma alanı olduğunu ifade etmişlerdir. Kırılabilirlik profilinin yüksek mekânsal-zamansal çözünürlük ve elverişli uygulamalarla birlikte ideal faktörler belirlenerek yapıldığını bildirmişlerdir. Son olarak konunun önemine vurgu yapıp gelecek çalışmalarda daha fazla tartışılması ve önem verilmesi gerektiğine dikkat çekmişlerdir.

Zuo vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada, atmosferik kırılabilirlik profili ile RADAR'ın denizden gelen parazit yansıması arasındaki ilişkiyi elde etmek için, genetik algoritması ve yapay bağışıklık algoritmasını kullanmışlardır. Bu algoritmalar ile kırılma profili oluşturmak için gerekli optimizasyon parametrelerini araştırmışlardır. Ölçülen RADAR verileri, hava sondaj verisi ve gemi üzerindeki otomatik hava durumu verilerini evrilme hesaplamasının performansını analiz etmek için kullanmışlardır. Sonuç olarak, klasik yöntemlerden genetik algoritmasının kayıp çeşitliliği ve erken olgunlaşma gibi dezavantajlarından dolayı, yapay bağışıklık algoritmasının daha uygun olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ali vd. (2012), Pakistan Lahora Punjab'da karasal alan üzerinde yapmış oldukları çalışmada, değişen atmosferik koşullar ve konum yüksekliği troposferdeki radyo

dalgalarının kırılabilirliğini tahmin etmeye çalışmışlardır. Nem, sıcaklık ve basınç veri setlerini kullanarak, istatistiki ölçümler ile radyo dalgalarının kırılabilirliğinin hassasiyet analizini yapmışlardır. 2000 ile 2009 yılları arasındaki on yıllık periyotta incelenen verilerde, kırılmanın 2005 ve 2007 yıllarının temmuz ve ağustos aylarında zirve yaptığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi araştırıldığında, bahsedilen ayların gözlem periyodu içinde en sıcak aylar olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ayekomilogbon vd. (2013), Nijerya'da öne çıkan iki mevsim için UHF bandı radyo dalgalarının ormanlık bir ortamda yayılımını araştırmıştır. Anten yükseklikleri gibi birçok faktörün; depolarizasyon vb. ormanlık bir kanal içindeki radyo dalgası yayılımını etkileyebilmektedir. Ancak, yol kaybı tahmini için kablosuz bir Matlab tabanlı bir GUI ampirik modeli geliştirilmiş ve kablosuz ağ planlamasında ana faktör olan gücü almıştır. Bu araştırma çalışmasının sonuçları, orman ortamlarında güvenilir bir iletişim bağlantısının planlanmasında yararlıdır.

Tepecik ve Navruz (2014), deniz yüzeyi karmaşık ortamında RADAR etkileşimini analiz etmiştir. 20-70 km aralığında, MATLAB yazılımı kullanılarak iki farklı RADAR kapsama alanına sahip hedef grubu için optimum RADAR parametreleri belirlenmeye çalışılmış ve konuş yüksekliğinin RADAR performansına etkileri araştırılmıştır. Hedef arka zemini deniz yüzeyi olduğu durumda, RADAR konuş yüksekliğinin ikincil öneme sahip olduğu, yüksek frekans, dar darbe ve huzme genişliğine sahip RADAR'lar ile daha iyi verim alınabileceği, rüzgar şiddetinin arttığı durumlarda söz konusu RADAR parametrelerinin değiştirilmesinin RADAR'ın izleme performansına önemli katkıların olabileceği görülmüştür.

Wright vd. (2018), Burada, alınan GPS sinyallerinin sinyal-gürültü oranındaki değişikliklerin farklı gölgelikler altında gözlemlenen kanopi kapatılması kullanılarak, ormanlardaki GPS sinyallerinin zayıflamasının belirlenmesi için yapılan bir çalışmanın sonuçları rapor etmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, sinyal kaybının ormanın yerel yapısı ve yoğunluğu ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu doğrulamaktadır ve hesaplanan kanopi kapanmasının GPS sinyallerinin zayıflamasını daha iyi tahmin etmek için nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

Amanzio vd. (2019), çalışmalarında Mont de la Saxe bölgesindeki (Aosta Vadisi bölgesi, İtalya) kitle hareketlerini ve heyelan olaylarını doğru bir şekilde değerlendirmek amacıyla 3 yıllık (2012–2014) gözlem süresince zaman serileri veri setini toplamak için karasal bir lazer tarayıcı (TLS) kullanmıştır. TLS ile elde edilen nokta bulutlarından başlayarak, dijital yüzey modelleri elde edildi ve CBS’de heyelanın morfolojik özelliklerini ve fenomenlerin yer değiştirmesini tanımlamak için çok yönlü bir analiz yapmıştır. Analiz, 2012-2014 döneminde heyelan gövdesinin ortasında ve altında meydana gelen ana yükseklik değişiminin yüksek hassasiyetle ölçülmesini sağlar. Bu çalışma sonuçları, hacim tahmininin gelecekteki heyelan acil durumlarının planlanması ve meydana gelen olaylara dayalı olarak erken uyarı sisteminin kalibre edilmesi için çok önemli olduğunu göstermiştir.

Hu vd. (2019), Güney Çin Denizi’nde bir elektromanyetik dalga yayılma modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilmiş model, denizdeki elektromanyetik dalga yayılımının özelliklerine göre, açık zeminin Standart yayılma modeline dayanmaktadır, yansıma kaybının ve yağmurun zayıflamasının etkileri yayılma modeline eklenmektedir. Model parametrelerini düzeltmek için Güney Çin Denizi’nin ölçülen dalga test verileri kullanılmaktadır. Simülasyon sonuçları, önerilen geliştirilmiş modelin, elektromanyetik dalganın iletim kaybını doğru şekilde simüle edebilen deniz yüzeyi test verileri ile tutarlı olduğunu göstermiştir.

Kıyı bölgelerde EM yayılımının karakteristiğinin tahmini için gözlemlere dayalı uygulamalar yapmak bu nedenle büyük önem kazanmıştır (Danklmayer vd. 2015). Bu kapsamda nadiren yapılan çalışmalarda, veriler yetersiz kalmış ayrıca eş zamanlı yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır (Moys 2003). Çünkü denizsel çevrelerde homojen bir yapı yoktur, birçok atmosferik parametre durumu etkilemektedir (Zhao ve Huang 2012). Bu yüzden bu heterojenliğe etki eden birçok parametrenin eş zamanlı olarak, zaman serileri şeklinde toplanması ancak doğru sonuçlar üretebilecektir.

Bu kapsamda standart olmayan atmosferik koşullarda okyanus kıyısında yapılan bu gözlemler neticesinde ortaya zamansal ve mekansal çeşitliği olan yığın veri topluluğu

oluşmuştur. Zamansal ve mekansal olarak toplanan bu yığın verilerin mekansal altlıklar üzerinden CBS ortamında değerlendirilmesi, gözlemlerin doğru zeminde incelenip doğru sonuçlara ulaşmak için çalışmaya önemli bir ortam olacaktır.

Bu tez çalışmasının temel amacı alçak atmosferik şartlarda, kıyı DAST'ta standart olmayan atmosferik koşullarda EM yayılımına ait kapsamlı bilgi ve EM yayılım kayıplarının tahmini için bir model geliştirilmesi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, Amerika'nın Duck sahilinde yapılan atmosferik şartların meteorolojik ve elektromanyetik eş zamanlı ve hassas ölçümleri kullanılarak, CBS tabanlı mekânsal istatistiksel metotlarla EM yayılımın tahminini yapan bir model oluşturulmuş ve bu modelle birlikte değişen atmosferik şartlar altında EM yayılıma etki eden parametrelerin katsayıları belirlenmiştir.

Bu tez çalışması EM yayılımın kıyı bölgelerdeki heterojen yapısının yoğun gözlemlerle incelenip CBS tabanlı değerlendirildiği, ender çalışmalardan birisidir. Çalışma ile kıyı bölgelerdeki EM yayılımın karakteristiği ile ilgili sonuçlar ortaya çıkmıştır. Zaman-mekansal analizler neticesinde EM yayılım davranışları ile ilgili önemli bilgiler sunulmuştur. Bu bilgilerin sonraki akademik çalışmalar için önem taşıyacağı beklenmektedir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Elektromanyetik Yayılım

EM yayılım temel olarak Dünya'nın verici ile alıcı arasındaki atmosferi ile ilgilidir (Sekmen 2014). EM dalgalar atmosferde uzaydaki gibi düz bir hatta ilerlemez ve ilerledikleri ortam boyunca çeşitli engellerle karşılaşır (Yaman 2011, Şeker 2015). EM dalgalar bu engellerle karşılaşmalarına rağmen hareketlerini sürdürme eğilimi gösterirler ancak engeller ile etkileşimlerine göre durumları değişir. Bunlar saçılma, kırınım, yansıma ve kırılmadır. Alıcıya ulaşan sinyal bu durumların etkileri ile beklenenden daha güçlü veya zayıf olabilir (Uygunol 2009, Yaman 2011).

Saçılma, yayılma yolunda boyutları dalga boyuyla karşılaştırılabilen engeller olması durumunda meydana gelir. Bir dalga saçıldığında ortaya çıkan yansımalar her yöne rastgeledir ve bu özellik kırınım olayı ile arasındaki en büyük farktır (Neskovic vd. 2000, Özdemir 2016). Vericiden çıkan ile alıcıya ulaşan sinyal şiddeti arasında farklılıklar meydana gelir (Yaman 2011). Saçılma tüm etkiler arasında tahmin edilmesi en zor olanıdır (Qing 2005).

Yansıma, EM dalgaların yayılma yolunda kendi dalga boyundan daha büyük bir yüzeye çarpması durumunda meydana gelir (Özdemir 2016). Yansıtılan kısmın geliş açısı ile yansıma açısı eşittir (Seybold 2005, Sekmen 2014). Yansıyan bir dalga alım noktasındaki sinyal seviyesini azaltabilir veya artırabilir. Yansıyan birçok dalganın olduğu durumlarda, alınan sinyal seviyesi çok kararsız olma eğilimindedir (Neskovic vd. 2000).

Kırınım, verici ve alıcı arasındaki doğrudan görüş hattında bulunan ve dalga boyundan daha büyük engellerin olması durumunda meydana gelir (Qing 2005, Özdemir 2016). EM dalgalar bu engellere çarptığında, karşılaşılan engelin özelliklerine göre belirli oranlarda güç kaybederek kırınıma uğrar ve ilerlemeye devam eder (Yaman 2011, Yemenoğlu 2018).

Kırılma, EM dalgaların ilerlerken bulunduğu ortamın yoğunluğunun değişmesi nedeniyle dalgaların bükülmesidir (Şeker 2015). Boş alanın aksine, atmosfer eşit değildir (Turk 2010). EM dalgalar havada, yüzeye paralel olarak ilerleyerek daha fazla yol katetme eğilimindedir. Fakat atmosferin tutarsız kırılma indisi nedeniyle paralellik durumundan sapmaktadır (Neskovic vd. 2000, Yemenoğlu 2018). Yüzeye doğru bir kırılma radar ufkunu uzatabilir ve radarın kapsama alanını arttırabilirken, tam tersi tarafa bir kırılma aralıkların azalmasına neden olur. Kırılma aynı zamanda hedef yükseklik açısının ölçümünde bir hata oluşturabilir; tespit edilen bir hedefin görünen konumu, gerçek konumundan farklıdır (Turk 2010). Kırılma olayı yüksek frekansta fazla iken düşük frekansta azdır (Yemenoğlu 2018).

2.2 Yayılma Kaybı

Yayılma mekanizmaları çok karmaşık ve çeşitlidir (Qing 2005). Yayılma fiziği sürekli değişen atmosfer koşullarından ve deniz yüzeyindeki karmaşık özelliklerden etkilenir (Yan vd. 2006, Turk 2010). Radar performanslarının tahmini, deniz ortamında elektromanyetik dalgaların yayılım modellemesi ile ilgilidir ve kıyı izleme alanında, radar sistemi parametrelendirmesi için özellikle önemlidir (Levy 2000, Benhmammouch vd. 2009). Atmosferik koşullar, deniz üzerinde anormal yayılmaya neden olabilmektedir. Deniz üzerindeki üst hava meteorolojik verilerinin azlığı ise bu tür durumları belirlemeye ve tahmin etmeye çalışırken zorluklar yaratmaktadır. (Moys 2003, Douvenot vd. 2006). Gerçek atmosferde olup bitenleri doğru bir şekilde karakterize ederek, gerçek dünya verileriyle iyi ilişkili ampirik bir formül elde etme potansiyeli vardır. Bu da atmosferin EM dalgalar üzerindeki etkilerini daha doğru bir şekilde modellemek için kullanılabilir (Mason 2010).

Yayılım kaybı, EM dalgaların verici ile alıcı arasında ilerlerken izlediği yolda meydana gelen enerji kaybıdır (Özdemir 2016). EM dalgalar atmosferde frekans ve atmosferik etkilerden dolayı farklı davranırlar (Turk 2010). Atmosfer parametrelerindeki dalgalanmaların bir sonucu olarak, alınan sinyal gücü seviyesi de dalgalanmaktadır (Neskovic vd. 2000). Yayılma kaybının nedenleri arasında serbest uzay kaybı, kırılma etkileri, kırınım, emilim, saçılma ve yansıma bulunur (Cherrett 2015). Bu tez

alışmasında kullanılan ve sinyal kaybına neden olan atmosferik parametreler (Sıcaklık, nem, basınç, rüzgar ve deniz yüzey sıcaklığı) ve serbest uzay kaybı aşığıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.2.1 Sıcaklık

EM dalgaların yayılımını etkileyen atmosferik faktörlerden biri olan sıcaklık atmosferde yatay ve dikey olarak değişir (Murphy 2005, Bleidorn 2008, Sekmen 2014). Bu da atmosferik yoğunlukta değişikliğe neden olarak EM dalgaların hem yatay hem de dikey hızında farklılıklara neden olur. Hızdaki bu değişimler sinyalin lokal kırılmasına neden olarak sinyal kaybına yol açar (Thayer 1974, Ford 1996). Sıcaklık etkilerinin basit kuralı, daha yüksek sıcaklıkların daha az kırılma anlamına gelmesidir (Ford 1996). Radar modellerini doğrulamak için özellikle sıcaklık ve nem profillerinin yatay homojenliği varsayımının en çok başarısız olduğu kıyı bölgelerinde, ilgili atmosferik parametrelerin gerçek zemin ölçümleri gereklidir (Danklmayer vd. 2015).

2.2.2 Nem

Nem, havadaki su veya su buharının başka bir referansıdır. Havada her zaman nem vardır fakat atmosferde her zaman aynı miktarda değildir (Altinel 2012). Troposfer tipik olarak yer şekilleri ve yüksek nem içeriğinden etkilenmektedir (Şeker 2015). EM dalgaların yayılımını etkileyen atmosferik faktörlerden bir diğeri olan nem, sıcaklık ile benzer özellikler göstermektedir. Nem de sıcaklık gibi atmosferde dikey ve yatay olarak değişir (Murphy 2005, Bleidorn 2008). Bunun sonucunda EM dalgaların yatay ve dikey hızlarında değişikliğe sebep olur. Hızdaki bu değişimler ise sinyallerin lokal kırılmasına sebep olarak sinyal kaybına yol açar (Thayer 1974, Ford 1996). Nemin EM dalgaların kırılma değişkenliğine diğer atmosferik faktörlerden daha büyük etkisi vardır. Nem etkilerinin basit kuralı, daha fazla nem miktarının daha fazla kırılma anlamına gelmesidir (Bean ve Dutton 1966, Ford 1996).

2.2.3 Basınç

Atmosfer basıncı, dünya atmosferinin ağırlığı tarafından uygulanan basınçtır. EM

dalgalarının yayılımını etkileyen meteorolojik unsurlardan biri olmasına rağmen, etkileri diğer faktörlere göre daha küçüktür (Ford 1996, Altınel 2012). Atmosferik basınçtaki artış havanın moleküler yoğunluğunda bir artışa ve dolayısıyla nispi geçirgenlikte bir artışa neden olur. Bu da EM dalgaların hızında yatay ve dikey olarak değişiklikler meydana getirir. Bu değişiklikler sinyallerin lokal olarak kırılmasına neden olarak sinyal kayıplarına yol açar (Thayer 1974, Tawfik 1991, Ford 1996).

2.2.4 Rüzgar

Kıyı bölgesinde, açık denizde esen rüzgarlar kırılmalılığı etkileme eğilimindedir. Bu sebeple EM dalgaların yayılımı için hava sıcaklığı ve nemin yanı sıra rüzgar yönü ve hızı da oldukça önemli faktörlerdir. (Danklmayer vd. 2015). Dikey sıcaklık ve nem gradyanları, yüzdürme ve rüzgar etkileriyle birlikte, yayılma koşullarının daha kısa sürelerde ve normalden daha küçük alanlarda değişmesine neden olabilir. Bu değişiklikler, kırılmaya neden olur ve dalga yayılımını etkiler (Murphy 2005, Bleidorn 2008). EM yayılım ile ilgili olarak, nem değişimleri deniz yüzeyinde en önemli kütle değişimidir. Nem değişimleri için birincil mekanizma, atmosfere buhar formunda su ekleyen buharlaşmadır. Daha yüksek rüzgar hızı, doymuş havayı yüzeyden uzaklaştıracak ve böylece yüzeydeki nemi etkili bir şekilde düşürecek türbülanslı hareketle buharlaşma oranını artırabilir (Cherrett 2015). Ayrıca 6 m / s' den daha hızlı rüzgarlar, su yüzeyinde dalga tepelerinin bozulmasına ve bol köpüklenmeye neden olur. Köpük su yüzeyinin geçirgenliğini büyük ölçüde değiştirir ve EM dalgalarının yayılması üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (Bubukin ve Kogan 1999).

2.2.5 Deniz Yüzey Sıcaklığı

Deniz seviyesine yakın yüksekliklerde, hava yüksek su buharı içerdiğinden kırılma indisi atmosferdeki üst katmanlara kıyasla daha fazladır (Ergüden 2018). EM yayılımı en çok etkisi bulunan nem parametresinin değişimleri içinde birincil faktör buharlaşmadır. Yüksek hava ve deniz yüzeyi sıcaklığı ile düşük nem buharlaşma oranını artırır (Cherrett 2015). Kara ve okyanus yüzeylerinin farklı ısıtılması, su buharını troposfer boyunca dağıtan dikey ve yatay rüzgar sirkülasyonları üretir (Patterson 1998). Ortamda, hava ve deniz yüzeyi arasındaki sıcaklık farkındaki mekansal ve zamansal

değişimler ise kırılma indisi gradyanlarına yol açar ve atmosferik kanallara neden olur. Bu atmosferik kanallar düşük troposferdeki radar kapsamını önemli ölçüde değiştirir (Essen vd. 2012).

2.2.6 Serbest Uzay Kaybı

EM dalga yayılımının en basit örneği olan serbest uzay kaybı, bir verici ile bir alıcı arasında hiçbir engel bulunmadığı halde meydana gelen sinyal kaybıdır. Serbest uzay, homojen ve kayıpsız yani dünya atmosferinin etkilerinden uzak bir bölge olarak tanımlanır (Patterson 1998, Özdemir 2016). EM dalgalar serbest uzayda ışık hızında yayılırken atmosferde ise ışık hızından daha yavaş bir hızda yayılır (Ford 1996, Sekmen 2014). EM dalgalar serbest uzayda ilerlerken mesafe ve frekansa bağlı sinyal kaybına uğrarlar (Özdemir 2016). Serbest uzay kaybı;

$$20 \log_{10}(R) + 20 \log_{10}(f) + 32.44 \quad (2.1)$$

R = Verici ile alıcı arasındaki mesafe (km)

f = Frekans (Mhz)

değerine eşittir.

2.3 CBS ve Mekansal İstatistik

Mekansal verilerde, klasik istatistikteki gibi verilerin birbirinden bağımsız olma özelliği bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle mekansal verilerde mekansal bağımlılık yada mekansal otokorelasyon bulunması sebebiyle analizlerinde klasik istatistiksel yöntemler kullanılamamaktadır. Bu nedenle mekansal veriler istatistiksel olarak analiz edilirken kendine özgü metot ve teknikler geliştirilmiştir. Mekânsal istatistiksel yöntemler, mekânsal bilgileri içeren ve konumların gözlemler üzerindeki etkilerini dikkate alarak oluşturulan mekânsal modelleri içerir (Basar 2009, Başbozkurt 2015).

CBS'nin değeri, geniş bir disiplin dizisinde araştırmacılar ve uygulayıcılar için daha belirgin hale geldikçe, mekansal analiz, mekansal modelleme ve mekansal istatistiklere

yönelik talep önemli bir büyümeye sahne olmuştur. CBS'nin ilk faydaları öncelikle mekansal bilgileri saklama, alma ve görüntüleme yeteneklerinden kaynaklansa da, CBS artık mekansal verilerin analizinde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Rogerson 2004).

CBS, istatistiksel metotlarla entegrasyonu sonucunda mekansal verilerin analiz edilmesi, görüntülenmesini ve yönetimini sağlayacak etkili araçlar sağlamaktadır (Anselin 2003, Krivoruchko vd. 2003, Wong ve Lee, 2005). Mekansal istatistik yöntemler, değişkenlerin mekansal dağılımının belirlenmesi, paterninin tespit edilmesi, mekansal kümelenmelerin belirlenmesi ve değişkenler arasındaki ilişkinin test edilmesi gibi teknikleri kapsamaktadır (Özgür ve Aydın 2011). En çok kullanılan metotlardan biri mekansal olguların nedenlerini araştırmak ve bu olgulara ait mekansal tahminlerde bulunulmasında etkili olan mekansal regresyon analizidir (Kemeç ve Düzgün 2006, Başbozkurt 2015).

2.4 Kıyı ve Açık Deniz Alanlarındaki Atmosferik Durum

Dünya yüzeyinin hemen üstünde troposfer, ardından stratosfer ve son olarak iyonosfer bulunur. Atmosferin insan yaşamıyla en yakın ilişkili kısmı troposferdir. Troposfer dünyanın yüzeyinden kutup enlemlerinde 8 ila 10 kilometre, orta enlemlerde 10 ila 12 kilometre ve ekvator da 18 kilometreye kadar uzanır. Troposfer, nispeten yüksek nem içeriği ile karakterize edilir ve yüzey topografisinden etkilenir. Neredeyse tüm hava olayları troposferde gerçekleşir ve bu bölgede sıcaklık yükseklikle birlikte azalır (Patterson 1998, Türk 2010, Ali vd. 2012). Troposferde su buharı dışındaki gaz bileşenlerinin konsantrasyonları yükseklikle birlikte çok az değişir. Troposferin su buharı içeriği suyun okyanuslardan, göllerden, nehirlerden ve diğer su rezervuarlarından buharlaşmasından kaynaklanır. Kara ve okyanus yüzeylerinin farklı ısıtılması, su buharını troposfer boyunca dağıtan dikey ve yatay rüzgar sirkülasyonları üretir. Troposferin su buharı içeriği yükseklikle birlikte hızla azalır (Patterson 1998). Kıyı ve deniz alanları, hava sıcaklığı ve su buharı basıncındaki keskin değişimlerden dolayı standart olmayan yayılım koşullarına özellikle eğilimlidir ve troposferik kırılma indeksinin gradyanında mekansal ve zamansal değişikliklere neden olmaktadır (Bean ve

Dutton 1966, Kerr 1987, Brooks 2001, Atkinson ve Zhu 2006).

Kıyı bölgesindeki atmosfer genellikle dikey veya yatay olarak homojen değildir. Kıyı ortamında kara-deniz arayüzü nedeniyle anormal yayılım yaygındır. EM yayılımı etkileyen kanal koşulları, kıyı arayüzünden ciddi şekilde etkilenir. Orada meydana gelen ani geçiş nedeniyle, okyanus üzerindeki yüzey bazlı kanallar kıyıya uzanmaz (Craigie 1993). Ayrıca kırılma koşulları, kıyı alanlarının bir başka özelliği olan kara-deniz meltemleri gibi bazı yerel meteorolojik olaylarla değişmektedir (Bean ve Dutton 1966, Reddy ve Reddy 2007, Garrett vd. 2011). Arazi ve su arasındaki büyük sıcaklık farkının basınca yaptığı etki, mezo ölçekli dolaşıma neden olur. Bu diferansiyel, su üzerindeki nispeten sabit sıcaklığa kıyasla, kara bölgelerinin denizlere göre daha hızlı ısınıp ve soğuması durumuna bağlanabilir. Havanın günlük yanal hareketi, gündüz deniz meltemi ve gece kara meltemidir (Craigie 1993). Gündüz, karalar denizlere kıyasla daha çabuk ısınırlar ve bu ısınan hava yukarı doğru yükselir. Bunun sonucunda kara üzerindeki hava basıncı düşer ve alçak basınç alanı oluşur. Denizler, karalar kadar kolay ısınamazlar, o yüzden üzerlerinde bulunan hava nispeten yüksek basınç alanı olarak kalır. Bu durum sonucunda, yüksek basınçlı hava, alçak basınca doğru akmaya başlayacaktır, Bu duruma deniz meltemi denmektedir. Deniz melteminin tam ters hareketine kara meltemi denir. Güneş battığında ve güneşin ısıtıcı etkisi kaybolduğunda, karalar denizlere kıyasla daha hızlı soğumaya başlarlar. Bunun sonucunda karaların üzerindeki hava daha yoğun kalır yani yüksek basınç alanı oluşur. Denizin üzerinde ise nispeten sıcak kalan hava ısınmaya başlar. Bunun sonucunda denizin üstündeki hava alçak basınç cephesine döner. Hava yüksek basınca sahip karalardan, alçak basınca sahip denize doğru akmaya başlayacaktır. Bu duruma da kara meltemi denir ve etkisini geceleri gösterir (İnt. Kyn. 1).

Açık denizde, su yüzeyine yakın bölgelerdeki atmosferin yapısı normale göre daha fazla nem içerdiği için su yüzeyine çok yakın irtifalardaki nem miktarı da çok daha hızlı azalabilmektedir. Bu duruma nem boşluğu adı verilmektedir. Nem boşluğu, ilk birkaç yüz metrelik yüksekliklerde kırılma koşullarını büyük ölçüde değiştirerek buradan geçen EM dalgaların normalden daha fazla bükülmesine neden olur (Şeker 2015).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Amerika'nın North Carolina eyaletinin Duck kasabası açıklarında, olup bölge Orta Atlantik Körfezinde yer almaktadır. Çalışma alanının Duck kıyılarında seçilmesinin nedeni beklenen mekânsal çeşitliliği göstermesidir. Ayrıca Duck sahilinin stratejik avantajı, 550 metre uzunluğunda bir iskeleye ve uluslararası tanınmış kıyı gözlem platformuna sahip olmasıdır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1 Çalışma alanı.



Şekil 3.2 Çalışma alanı.

3.2 Veriler

Bu tez çalışmasında kullanılacak olan veriler, 12.10.2015-07.11.2015 tarihleri arasında 27 gün süre ile yürütülmüştür. Bu süre boyunca iki gemi, botlar, sahil istasyonu, su altı planörü, yüzer platform ve hava aracı ile EM ve meteorolojik ölçümler yapılmıştır. Eşzamanlı olarak, EM yayılım, meteorolojik, deniz yüzeyi ve türbülans ölçümleri yapılmıştır. Veriler geniş bant teknolojisi kapsamında olup 2–18 GHz aralığında toplanmıştır. Veriler .csv (virgülle ayrılmış) formatında elde edilmiştir.

3.2.1 Verinin Özellikleri

3.2.1.1 EM Yayılım Ölçümleri

Ultra Geniş Bant ölçüm sistemi, 2-18 GHz çoklu frekanslar üzerinden, standart olmayan yayılım şartları altında, S Bantlarından KA bantlarına EM yayılımı keşfetmek için tasarlanmıştır.

Ölçüm sisteminde, verici ve alıcı frekansı eşzamanlı süpürecek şekilde senkronize edilir. Bunun nedeni sistemin açık okyanuslarda kurulabilecek şekilde tasarlanması ve dolayısıyla alıcı ve verici arasında 100km ve daha fazlası olabileceğinden kaynaklanmaktadır. Yayılım kaybı, frekans ve aralığın fonksiyonu olarak ölçülmektedir. Parabolik eşitlik, yayılım modeli homojen olmayan kırılma ile DAST içindeki EM yayılım için kullanılmaktadır.

Verici Duct sahilindeki iskelede ortalama deniz seviyesinden yaklaşık 7.62m yukarıda konuşlandırılmıştır. Anten yüksekliği sırasıyla 98.42cm ve 107.95cm'dir. Alıcı 7.2m yüksekliğindeki anteni ile iki araştırma gemisi üzerine konuşlandırılmıştır. Bu iki gemide her gün 2-3 kere batı yönünde yani iskeleye doğru hareket etmektedir. Alıcı sistem yayılım kaybını çoklu frekanslarda aralığın fonksiyonu olarak kaydetmektedir.

3.2.1.2 Atmosferik Ölçümler

Atmosferik ölçümler, yüksek frekanslı türbülans ölçümleri, rüzgar, sıcaklık ve özgül nem ölçümleri ortalaması, deniz seviyesinden 12 m yukarıda, gemi direkleri üzerinden 9 m, 11 m ve 14 m deniz seviyesinden yukarıda ve diğer tüm platformlardaki cihazlar ile ölçülmüştür.

Koordine edilmiş gemiler ve iskeleye yerleştirilmiş ravinsonde cihazları ile yayılım linki üzerindeki çevresel yayılım profilleri sağlanmaktadır. LİDAR ölçümleri, yeni dizayn edilmiş platform kullanılarak, gemi üzerinden yapılmıştır. Ayrıca gemiler üzerine bağlanmış balon sistemi ile birkaç yüz metre deniz seviyesinden yüksekliğe kadar, sıcaklık, nem ve rüzgar ölçümleri yapılmıştır.

3.2.2 Verinin İçeriği

Çalışmada kullanılan 21 ölçüm verisinin tarih ve saatleri çizelge 3.1' de gösterilmiştir. Verilerin %70'i katsayıları tahmin etmek için kullanılacaktır. Kalan veriler (13 Ekim S1, 14 Ekim S2, 15 Ekim S2, 18 Ekim S1, 19 Ekim S1 ve 20 Ekim S1) katsayıları kontrol etmek için kullanılacaktır.

Çizelge 3.1 Proje kapsamında yapılan ölçümlerin tarih ve saati.

İndeks	Gün + Sefer	UTCsaati
1	13 Ekim S1	15:07-19:06
2	13 Ekim S2	22:10-24:33
3	14 Ekim S1	14:07-17:52
4	14 Ekim S2	19:00-20:51
5	14 Ekim S3	20:52-22:44
6	15 Ekim S1	14:03-16:28
7	15 Ekim S2	17:20-19:20
8	16 Ekim S1	14:17-17:25
9	17 Ekim S1	13:15-16:31
10	18 Ekim S1	12:50-16:20
11	19 Ekim S1	13:39-16:34
12	19 Ekim S3	19:42-21:20
13	19 Ekim S4	00:46-2:40(20)
14	20 Ekim S1	15:05-18:42
15	20 Ekim S4	2:12-6:31(21)
16	21 Ekim S1	12:52-16:29
17	25 Ekim S1	15:37-20:13
18	26 Ekim S1	16:33-20:38
19	26 Ekim S2	00:12-1:36(27)
20	27 Ekim S1	13:46-16:53
21	29 Ekim S1	14:34-17:13

3.2.2.1 EM Yayılım Veriseti

Bu veri seti düşük atmosferik yayılım ultra geniş bant (LATPROP-UWB) sistemi ile ölçülen ve kalibre edilen yayılma kaybıdır. Alıcı gemi üzerine yerleştirildi ve verici iskeleye kuruldu. 2 GHz ila 18 GHz aralığında 25 frekans noktasında PL dahil edilmiştir. 21 ölçüm Çizelge 3.1'de listelenmiştir. Her dosya aşağıda listelenen 6 sütun içerir;

- Yayılım Kaybı = dB cinsinden yayılma kaybı
- Mesafe = metre cinsinden alıcı ve verici arasındaki mesafe
- UTC = UTC saati
- Frekans = Hertz cinsinden akım frekansı
- Enlem = Derece cinsinden enlem
- Boylam = Derece cinsinden boylam

Yayılma kaybı kalibrasyonunda, kablolar, antenler ve amplifikatörler gibi sistem kayıpları ve kazançları alınan sinyallerden çıkarılır. Oksijene ve su buharına bağlı gaz zayıflaması ve yağmur zayıflaması da hesaplama eklenir.

Her değişken için tüm veriler CSV formatında dışa aktarılmıştır. Her birinde enlem-boylam bilgisi olan veriler, "XY verilerini görüntüle" işlevi ve dışa aktarılan Shapefile formatı ile CBS ortamına aktarılmıştır. Verilerin %70'i katsayıları tahmin etmek için kullanılacaktır. Kalan veriler (13 Ekim S1, 14 Ekim S2, 15 Ekim S2, 18 Ekim S1, 19 Ekim S1 ve 20 Ekim S1) katsayıları kontrol etmek için kullanılmıştır.

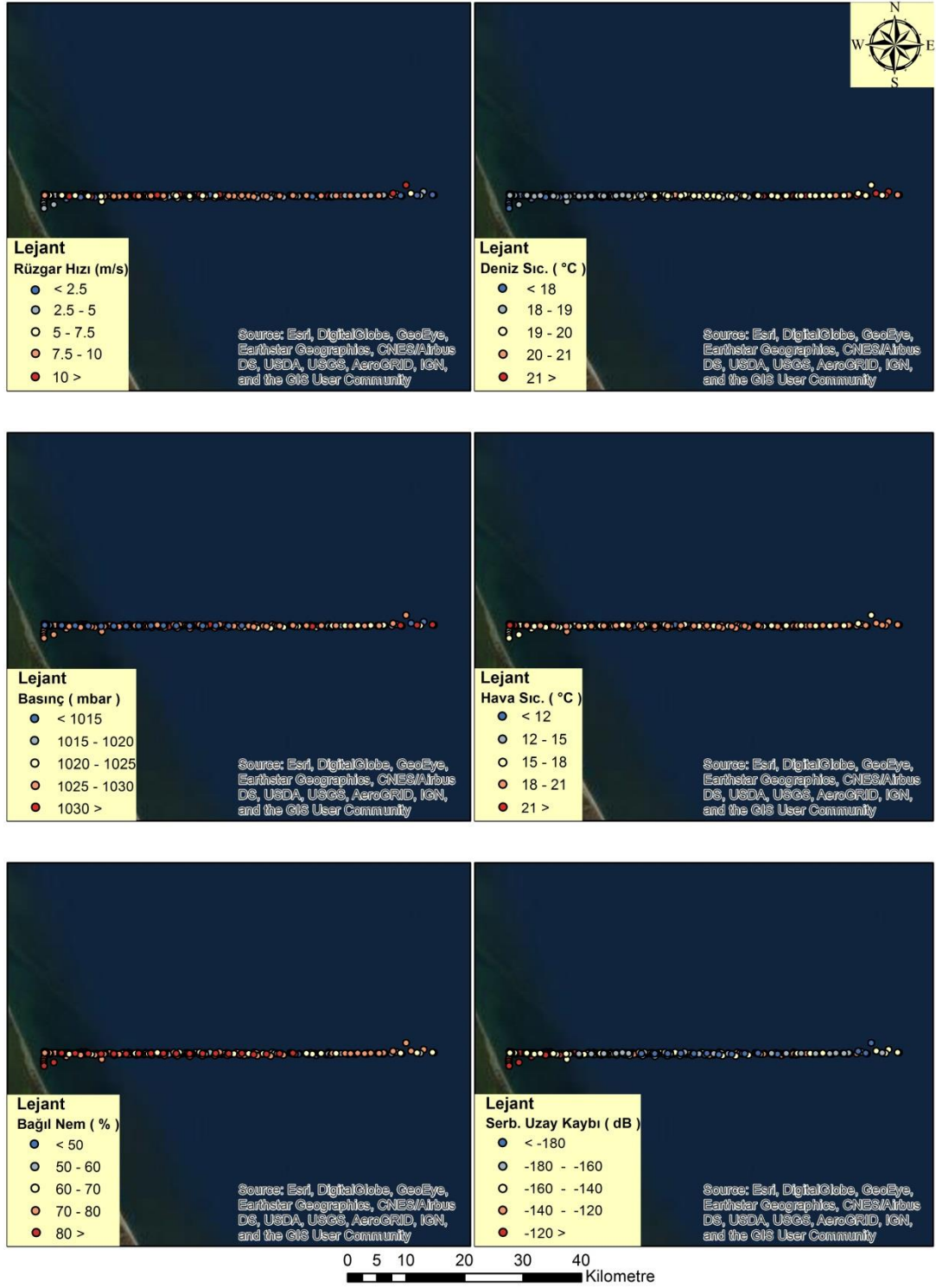
3.2.2.2 Atmosferik Veriseti

Atmosferik veri seti, Çizelge 3.1'de gösterilen 21 ölçüm için ölçüm rotasında 10 dakikada bir meteorolojik verileri içermektedir. Parametreler;

- UTC: UTC saati
- Enlem: Derece cinsinden enlem
- Boylam: Derece cinsinden boylam
- Rüzgar Hızı: Deniz seviyesinden 13.8 m yükseklikte ölçülen m/s cinsinden rüzgar hızı
- Deniz Yüzey Sıcaklığı: °C cinsinden ölçülen deniz yüzey sıcaklığı
- Basınç: Milibar cinsinden ölçülen basınç
- Sıcaklık: Deniz seviyesinden 8.86 m yükseklikte ölçülen °C cinsinden hava sıcaklığı
- Bağıl Nem: Deniz seviyesinden 8.86 m yükseklikte ölçülen % cinsi bağıl nem

Her değişken için tüm veriler CSV formatında dışa aktarılmıştır. Her birinde enlem-boylam bilgisi olan veriler, "XY verilerini görüntüle" işlevi ve dışa aktarılan Shapefile formatı ile CBS ortamına aktarılmıştır (şekil 3.3). Verilerin %70'i katsayıları tahmin etmek için kullanılacaktır. Kalan veriler (13 Ekim S1, 14 Ekim S2, 15 Ekim S2, 18 Ekim S1, 19 Ekim S1 ve 20 Ekim S1) katsayıları kontrol etmek için kullanılmıştır. Her bir EM lm değeri, kendi lm oturumunda mekansal ilişkilendirme fonksiyonu ile en yakın atmosferik lm noktasındaki değerlerle birleştirilecektir.





Şekil 3.3 8.45 GHz için atmosferik parametrelerin CBS ortamında gösterimi.

3.3 CBS Tabanlı Analizler

Çalışma kapsamında, mekânsal istatistiksel metotlar kullanılarak, standart olmayan atmosferik koşullarda, EM sinyal kayıplarına etki eden kriterler belirlenerek, bu kriterler ile EM yayılımın karakteristiği ortaya çıkarılacaktır. Çalışmada zamansal ve mekânsal çok sayıda veri alınmış olup, bu verilerin süzülmesi, işlenmesi ve CBS ortamına aktarılması, zaman - mekânsal veri madenciliği olarak ayrı bir çalışma konusu olacaktır. EM yayılım karakteristiğine etki eden parametrelerin ağırlıklarının belirlenmesinde subjektifliği ortadan kaldırabilmek için son yıllarda oldukça popüler olan ve önemli sonuçlar elde edilen mekansal istatistiksel yöntemlerden birisi olan mekânsal regresyon yöntemi kullanılacaktır. CBS kullanımı için seçilen yazılım ArcGIS 10.5 yazılımıdır. Çalışmadaki tüm uygulamalar ArcGIS 10.5 yazılımı üzerinden yapılacaktır. ArcGIS dünyada çok yaygın kullanımı olan, kapsamlı mekânsal analiz araçları ile en çok tercih edilen yazılımlardan birisidir. Mekansal regresyon yönteminde, EM yayılım verisi bağımlı değişken, belirlenen ölçütler (sıcaklık, basınç, rüzgar hızı, deniz yüzey sıcaklığı, bağıl nem, serbest uzay kaybı) ise EM yayılımına etki eden parametreler olarak, bağımsız değişkenler olarak işleme alınacaktır. Sonuç olarak, mekansal regresyon analizi yöntemleri ile belirlenen ağırlıklar ile EM yayılım etki haritası ortaya çıkarılacaktır. Buradan EM yayılımın davranışları belirlenerek, EM yayılım karakteristiği belirlenecektir. Ayrıca mekansal regresyon analizi sonucu elde edilen katsayılar ve diğer istatistiksel sonuçlar rapor edilecektir.

3.3.1 CBS İle Veri Madenciliği

Uzaktan algılama vb. verilerine ulaşımın hızlanması sonucunda artan mekansal ürünler ile oluşan çok yüksek kapasiteli mekânsal veriler, veri tabanlarında depolanma gereksinimi oluşturmıştır (Han vd. 1997, Roddick vd. 2000). Ayrıyetten insanların yeteneklerini fazlasıyla aşan bu yüksek kapasiteli veriler ile işlem yapmak olabildiğince zor ve kompleks bir duruma dönüşebilmektedir (Han vd. 1997, Yang vd. 2000).

Mekansal veri madenciliği bu kompleks durumu ve devasa kapasiteyi gidermek amacıyla veriyi özetleme, sınıflandırma, benzerlik ve bağımlılıkların karakterize

edilmesi vb. sonuçlar için mekânsal verilere uygulanmaktadır (Han vd. 1997). Mekansal veri madenciliğinin temel amacı, mekânsal veri üzerinden bilgi çıkarma, mekânsal etkileşim ve beklenen özelliklerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktır. Mekansal veri madenciliği CBS'nin önemli bir parçası olup mekansal verilerin çok yüksek kapasitelerinin kaydedilmesi ve yönetilmesi CBS ile yapılmaktadır (Roddick ve Spiliopoulou 1999).

EM ölçümlerden elde edilen verilerin CBS ortamına aktarılıp, işlenmesi ve amaca göre oluşturulması veri madenciliği ve çeşitli zamansal ve mekânsal analizler gerektirmektedir. Özellikle uzaktan algılama ağırlıklı, çok platformlu ve çok çeşitli zamansal ve mekânsal verilerin elde edildiği bu çalışmada, toplanan yığın veriler için yoğun olarak veri madenciliği yapılacaktır. Kampanya kapsamında elde edilen zamansal ve mekânsal veri setleri, zaman-mekansal veri madenciliği ile değerlendirilip, belirlenen ölçütler için gereksinim duyulan verilerin özellikleri belirlenerek CBS ortamına aktırılması için gereken prosedürler uygulanacaktır. Çalışmada zaman-mekansal veri madenciliği kullanılarak yapılması planlanan işlemler Çizelge 3.2' de verilmektedir.

Çizelge 3.2 Zamansal-mekansal veri madenciliği içeriği.

İş Adımı	Açıklamalar
1- Excel ortamında veri ayıklama düzenleme	-Çalışmada kullanılacak ve kullanılmayacak verilerin tespit edilmesi ve düzenlenmesi
2- CBS ortamında konumlandırma - koordinat bilgileri ile	-Excel ortamındaki EM ve meteorolojik verilerin CBS ortamında konumlandırılması -Konumlandırılan verilerin shapefile (.shp) formatında kaydedilmesi
3- Mekansal ilişkilendirme	-Aynı ölçüm günü ve sefere ait her EM ve atmosferik verinin mekansal ilişkiler dikkate alınarak birleştirilmesi
4- Birleştirme	-Aynı frekansa sahip tüm verilerin birleştirilerek her frekans için analize uygun tek bir veriseti oluşturulması

3.3.2 Regresyon Analizi

3.3.2.1 Keşifsel Regresyon

En Küçük Kareler (OLS) regresyon modeline dahil edilecek açıklayıcı değişkenlerin en iyi kombinasyonunu bulmak oldukça zor ve sıkıcı olabilir (Baguio 2018). Keşifsel Regresyon kullanıcı tarafından belirlenen kriterler bağlamında bağımlı değişkeni en iyi açıklayan uygun bir model bulmak için açıklayıcı değişkenlerin tüm olası kombinasyonlarını deneyen bir veri madenciliği aracıdır (Kauhl vd. 2015, Hagar 2018, Malcheva vd. 2020). Kullanıcı tarafından belirlenen kriterler, model katsayılarının p ve VIF değerleri, düzeltilmiş R^2 değeri, Jarque-Bera p değeri ve mekansal otokorelasyon p değeridir (Feng ve Tong 2017). Kullanıcı her kriter için kabul edilebilir minimum veya maksimum değerleri belirler (Fox-Christensen 2018). Bu veri madenciliği aracı uygulama sonunda bu değerleri sağlayan en yüksek düzeltilmiş R^2 değerlerine sahip modellerin bir raporunu oluşturur (Baguio 2018).

3.3.2.2 Mekansal Regresyon

Regresyon analizi, sebep sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılabilir (Sakarya ve İbişoğlu 2015, Blachowski 2016). Mekansal regresyon yöntemleri ise bu ilişkilerin coğrafi olarak tutarlı olduğunu veya özelliklerin mekansal konumlarını dikkate alarak, dolayısıyla bağımlı ve bağımsız (açıklayıcı) değişkenler arasındaki mekansal olarak değişen ilişkileri daha iyi yansıtarak varsayabilir (Kemeç ve Düzgün 2006, Blachowski 2016). Bu çalışmada EM yayılım karakteristiğine etki eden parametrelerin ağırlıkları tahmini için ilişkilerin coğrafi olarak tutarlı olduğunu varsayan ilk örneklerden biri olan en küçük kareler (OLS) yöntemi kullanılacaktır.

En Küçük Kareler Regresyonu (OLS)

Mekânsal istatistiksel yöntemeye dayanan global regresyon analizlerinden olan en küçük kareler (OLS) regresyonu tartışmasız doğrusal istatistiksel modellerin oluşturulmasında en yaygın kullanılan yöntemdir (Hayes ve Cai 2007). OLS analizinde, tahmin edilen denklem, veri noktaları ile o noktalarda denklem tarafından öngörülen değerler

arasındaki kare uzaklıkların toplamını en aza indiren denklem olacak şekilde hesaplanır (Farahania vd. 2010). OLS, bir çalışma bölgesinden eşit ağırlıklı verilerle kalibre edilen ve global parametre tahminlerini veren bir modeldir. OLS denklemleri gibi global istatistikler, bir çalışma bölgesinin tüm kısımlarının tek bir denklem ile doğru bir şekilde temsil edebilirler (Cardozo vd. 2012). Global doğrusal regresyon modeli olarak da adlandırılan OLS modeli, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki durağan ilişkileri varsayar. OLS modeli şu şekilde ifade edilebilir (Kupfer ve Farris 2007):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots \beta_n * X_n + \varepsilon \quad (3.1)$$

Y = Bağımlı Değişken

X = Bağımsız Değişkenler

β = Regresyon Katsayıları

ε = Hata Terimi

3.3.2.3 İstatistiksel Testler

Olasılık Değerleri (P ve Robust_P)

Her bir açıklayıcı değişken için hesaplanan regresyon katsayıları, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve türünü (pozitif veya negatif) temsil eder (Łukawska-Matuszewska ve Urbański 2014). Her bağımsız değişkenle ilişkili katsayıların istatistiksel önemi p ve robust_p değeri ile değerlendirilir (Nyangueso vd. 2018). Koenker (BP) testi istatistiksel olarak anlamlıysa, bağımsız değişkenin istatistiksel önemini değerlendirmek için sağlam olasılık değeri (Robust_P) kullanılmalıdır (Erkuş 2014). Düşük olasılık değerlerine (P veya Robust_P) sahip olan katsayılar regresyon modeli için önemlidir. Aksine, yüksek olasılık değerlerine sahip katsayıları olan bağımsız değişkenler regresyon denkleminde çıkarılmalıdır (Ortolano vd. 2018).

Belirlilik Katsayısı (Çoklu R^2 ve Düzeltilmiş R^2)

Bir model gerçeği asla tam olarak taklit edemez. Ampirik verilere dayanarak, sadece

gerçeğe yakın bir şekilde yaklaşmak mümkündür. Çoklu R^2 ve düzeltilmiş R^2 , her ikisi de 0 ile 1 arasında değer alan genel model performansı ölçüleridir (Łukawska-Matuszewska ve Urbański 2014). Düzeltilmiş R^2 , çoklu R^2 nin serbestlik derecesine göre düzeltilmiş şekli olup model karmaşıklığını yansıtır ve model performansının daha doğru bir ölçüsü olarak kabul edilir (Şahinler 2000, Staub vd. 2014). Yüksek R^2 değerleri, bağımlı değişkendeki varyasyonu açıklamakta daha güvenilirdir (Erdoğan 2010). Eğer çoklu R^2 ile düzeltilmiş R^2 değerleri birbirine yakınsa basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu, tersi durumda ise modele anlamlı katkıları olmayan değişkenlerin eklendiği anlamını taşımaktadır (Şahinler 2000).

Varyans Şişirme Faktörü (VIF)

Bağımsız değişkenler arasında doğrusal ya da doğrusala yakın ilişkiler olması durumuna çoklu doğrusal bağımlılık adı verilir (Karabulut ve Şeker 2018). Varyans Şişirme Faktörü, çoklu doğrusallığın varyans değerlerini ne kadar etkilediğini ölçen bir endekstir (Ortolano vd. 2018). İncelenen modeldeki bağımsız değişken sayısı kadar VIF değeri hesaplanacaktır (Dizdarlar 2006). Bağımsız değişkenlerin 7.5'ten büyük VIF değerleri varsa, doğrusallık nedeniyle varyans artar ve model doğru değildir. Bu durumda, bağımsız değişkenler regresyon modelinden çıkarılmalıdır (Khosravi vd. 2017, Ortolano vd.2018).

Düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICc)

Akaike Bilgi Kriteri (AICc) model performansını ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir matematik istatistiğidir (Switzer 2016). AICc, aynı bağımlı değişken için farklı modelleri karşılaştırmak için kullanılır (Ortolano vd. 2018). Model karmaşıklığını dikkate alarak, daha küçük AICc'ye sahip olan model, gözlemlenen verilerle daha iyi uyum sağlar (Fraser vd. 2012). Başka bir ifadeyle en iyi model, en küçük AICc değerine sahip olan modeldir (Kupfer ve Farris 2007, Switzer 2016).

Joint-F ve Joint-Wald İstatistiği

Hem Joint-F İstatistiği hem de Joint-Wald İstatistiği, regresyon katsayısı ilişkilerini

değerlendiren genel model istatistiksel öneminin ölçüleridir (Akinwumiju ve Olorunfemi 2018, Majid vd. 2018, Hajiloo vd. 2018). Joint-F İstatistiği sadece Koenker (BP) istatistiği istatistiksel olarak anlamlı olmadığında güvenilirdir. Koenker (BP) istatistiği anlamlı ise, genel model önemini belirlemek için Joint-Wald İstatistiğine başvurulmalıdır (Wei vd. 2016, Nyangueso vd. 2018). Yüzde 95 güven düzeyi için, 0.05'ten küçük bir p değeri (olasılık) istatistiksel olarak anlamlı bir modeli gösterir (Majid vd. 2018).

Koenker (BP) İstatistiği

Koenker (BP) İstatistiği, modeldeki bağımsız değişkenlerin hem coğrafi alanda hem de veri alanında bağımlı değişkenle tutarlı bir ilişkiye sahip olup olmadığını belirleyen bir testtir (Park vd. 2015, Hajiloo vd. 2018). Model coğrafi alanda tutarlı olduğunda, bağımsız değişkenler tarafından temsil edilen mekansal süreçler çalışma alanının her yerinde aynı şekilde davranır (süreçler durağandır). Model veri uzayında tutarlı olduğunda, tahmin edilen değerler ile her bir bağımsız değişken arasındaki ilişkide varyasyon, bağımsız değişken büyüklüklerindeki değişikliklerle değişmez (modelde herhangi bir hetero-esneklik yoktur) (Erdoğan 2010). Yüzde 95 güven düzeyi için, 0.05'ten küçük bir p değeri (olasılık), istatistiksel olarak anlamlı bir hetero-esneklik ve / veya durağanlık olmadığını gösterir (Łukawska-Matuszewska ve Urbański 2014, Park vd. 2015).

Jarque-Bera İstatistiği

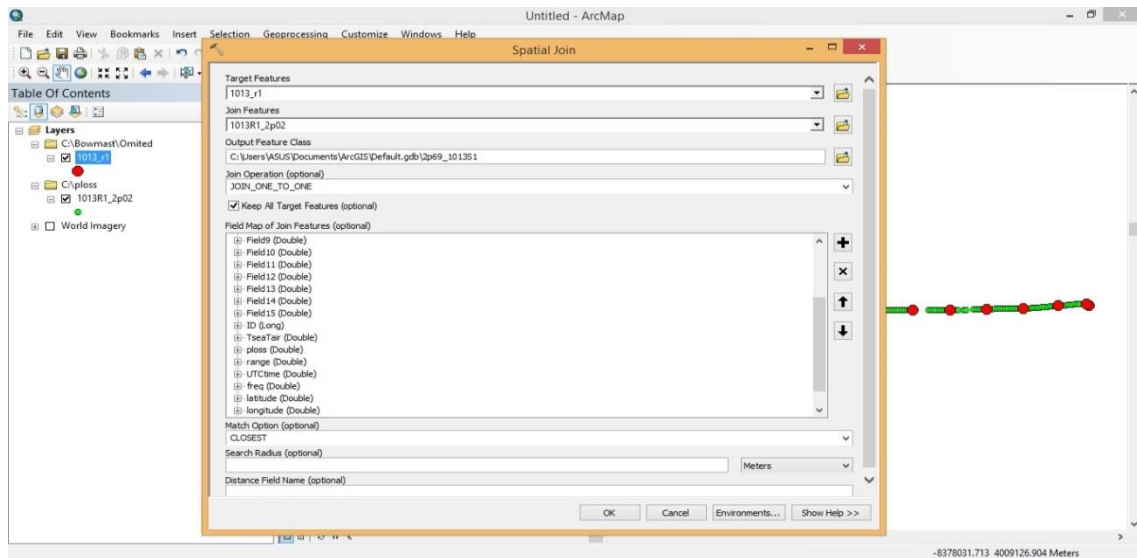
Jarque – Bera Testi en küçük kareler yöntemi artıklarına dayanan ve veri setinin normal dağılım gösterip göstermediğini test etmek için kullanılan bir istatistiktir (Dizdarlar 2006, Keskin 2019). Jarque – Bera testinde, artıkların çarpıklık ve basıklık değerleri ile hesaplanan test istatistiğinin, chi-kare (X^2) dağılımı ile karşılaştırılması sonucunda normal dağılım varsayımının geçerli olup olmadığı incelenmektedir (Dizdarlar 2006, Sopacı 2013). Yüzde 95 güven düzeyi için 0,05'ten büyük bir p değeri (olasılık), artıkların normal dağılımda olduğunu gösterir. Ters durumda ise artıklar normal olarak dağıtılmadığı sonucuna varılır (Sopacı 2013).

4. BULGULAR

4.1 Mekansal-Zamansal Veri Madenciliği

EM ölçümlerden elde edilen .csv (virgülle ayrılmış) uzantılı EM ve atmosferik veriler excel ortamında açılmıştır. Aynı hücelere bölünen veriler daha sonra excel dosyası formatında (.xls) kaydedilmiştir. Kaydedilen excel dosyaları CBS ortamına aktarılmıştır. CBS ortamına aktarılan excel verisi mekansal niteliklere sahip bir veri değildir. Bu verileri mekansal verilere dönüştürmek için veride bulunan enlem ve boylam sütunları kullanılarak veri içerisindeki her satır bir nokta verisine dönüştürülmüştür. Ayrıca verilerin CBS ortamında kullanılabilmesi için uygun koordinat sistemi GCS_WGS_1984 seçilmiştir.

Shapefile formatına dönüştürülmüş aynı gün ve sefere ait EM ve atmosferik ölçüm verileri mekansal ilişkilendirme yöntemi ile mekansal özelliklerine göre ilişkilendirilerek tek bir veri haline getirilmiştir (Şekil 4.1). Mekansal ilişkilendirme işlemi uygulanırken hedef özellik atmosferik veri seti, eklenecek özellik ise EM veri seti seçilmiştir. Eşleştirme yöntemi olarak bire bir ve en yakın özellik ile eşleşme seçenekleri belirlenmiştir. Bu işlem sonucunda her bir atmosferik veri kendisine en yakın mesafede bulunan EM verisinin özellikleriyle eşleştirilerek her ölçüm için tek bir veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 4.1 Mekansal ilişkilendirme ile EM ve atmosferik verilerin birleştirilmesi.

4.2 Keşifsel Regresyon

En iyi modellerin belirlenmesi için keşifsel regresyon analizi öncesinde istatistiksel değerlerin kabul edilebilir maksimum yada minimum değerleri, ArcGIS yazılımının opsiyonel değerleri kabul edilmiştir. Bu durumda; minimum düzeltilmiş R^2 değeri 0.5, katsayıların maksimum p değeri 0.05, maksimum VIF değeri 7.5, minimum Jarque-Bera p değeri 0.1 ve minimum mekansal otokorelasyon p değeri ise 0.1 seçilmiştir.

Her frekans için yapılan keşifsel regresyon analizi sonuçları Ekler bölümünde verilmiştir. Sonuçlara göre, 2.69 GHz, 4.5 GHz, 8.45 GHz, 12.21 GHz ve 18.01 GHz frekansların hepsi için en iyi modeller rüzgar hızı, deniz yüzey sıcaklığı, basınç, bağıl nem ve serbest uzay kaybı parametreleri kullanılarak oluşturulan modellerdir. Modeller oluşturulurken sıcaklık parametresi hiçbir modelde anlamlı değildir ve çıkartılmıştır. Bunun sebebi sıcaklığın basınç ile doğru orantılı olması ve keşifsel regresyon analizi sonuçlarına bakıldığında basıncın EM yayılımına sıcaklıktan daha fazla etkisinin olduğunun görülmesidir.

4.3 En Küçük Kareler Regresyonu (OLS)

4.3.1 2.69 GHz

Çizelge 4.1' e göre 2.69 GHz frekans için bağımsız değişkenlerle ilişkili katsayıların olasılık değerlerine (p ve Robust_p) bakıldığında modeldeki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Serbest uzay kaybı değişkeni en yüksek katsayı değerine ve bu sebeple sinyal kaybı ile en güçlü ilişkiye sahiptir. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri, eşik değer olan 7,5 değerinden küçük olduğu için modelde çoklu doğrusallık sorunu bulunmamaktadır. Model performansı iyidir.

Çizelge 4.2' ye göre 2.69 Ghz frekans için 275 gözlemin bulunduğu modelde AICc değeri 1188.23 dir . Bu değer uygulanan exploratory regresyon sonuçlarına bakıldığında denenen tüm modeller arasındaki en düşük AICc değeridir. Bu durum bu modelin en iyi model olduğunu gösterir. Düzeltilmiş R^2 değeri 0.987611'dir. Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık yüzde 99' unu açıkladığını gösterir. Çoklu ve

Düzeltilmiş R^2 değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

Koenker (BP) testi, olasılık değerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu yüzden OLS modelin istatistiksel öneminin ölçütü olarak Joint-Wald test dikkate alınmıştır. Joint-Wald testinin olasılık değeri kullanılan modelin istatistiksel olarak anlamlı bir model olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Ayrıca Koenker (BP) testinin anlamlı olması modelde istatistiksel olarak anlamlı bir durağanlık olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera testi olasılık değeri ise modelde artıkların normal olarak dağılmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

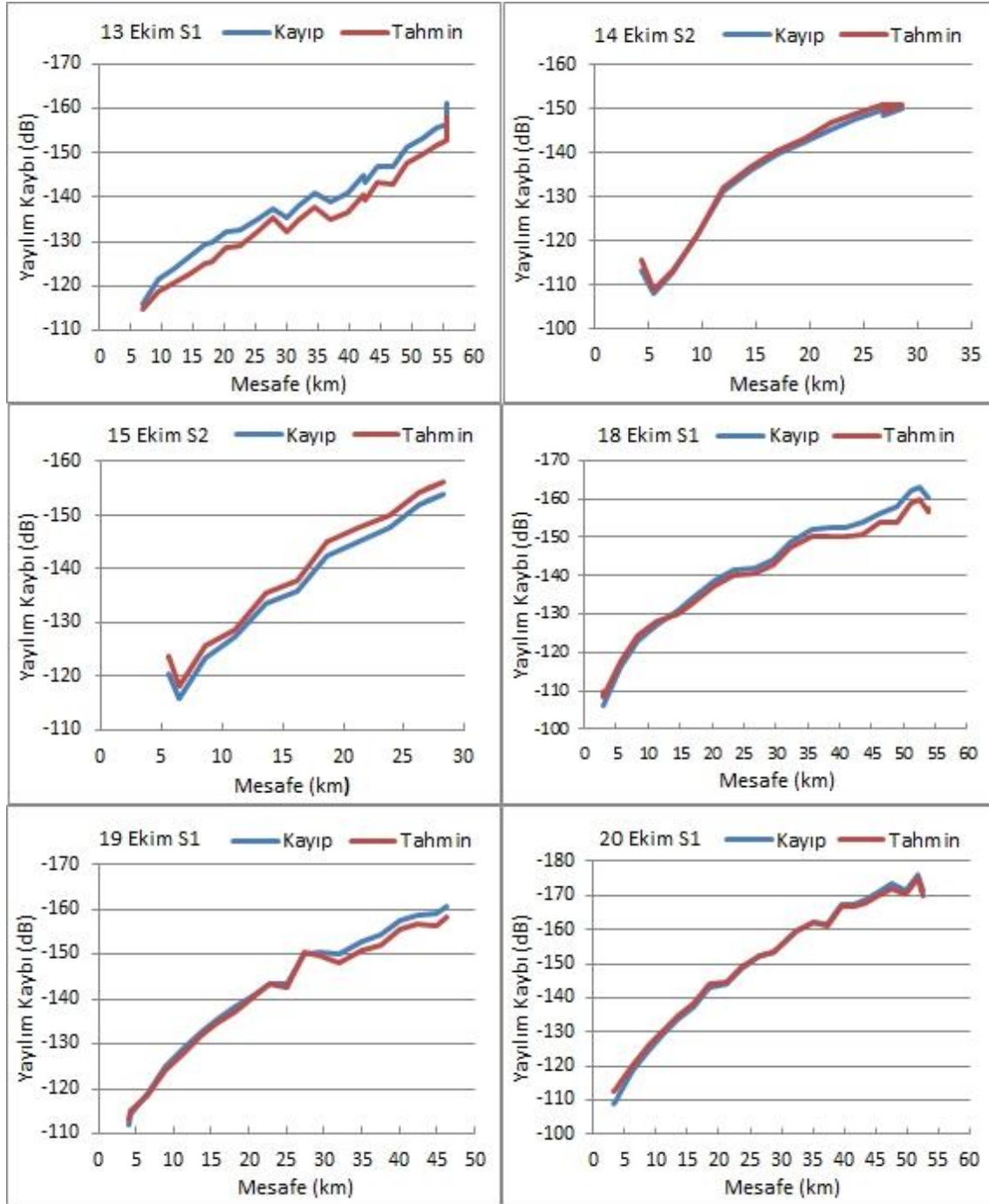


Çizelge 4.1 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (2.69 GHz).

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-test	Olasılık	Robust Std.Hata	Robust_t	Robust_Pr	VIF
Sabit Terim	219.106513	29.861084	7.337527	0.000000*	57.519155	3.809279	0.000182*	-----
Rüzgar Hızı	0.209423	0.048352	4.331199	0.000024*	0.050240	4.168459	0.000046*	1.293665
Deniz Yüzey Sıcaklığı	-2.211068	0.184741	-11.968478	0.000000*	0.328912	-6.722364	0.000000*	3.581297
Basınç	-0.219726	0.025866	-8.494648	0.000000*	0.049953	-4.398653	0.000019*	2.817605
Bağıl Nem	-0.091906	0.017545	-5.238310	0.000001*	0.025363	-3.623616	0.000359*	2.512280
Serbest Uzay Kaybı	0.552459	0.004774	115.719029	0.000000*	0.009911	55.740781	0.000000*	1.546999

Çizelge 4.2 OLS modeli istatistiksel değerleri (2.69 GHz).

Bağımlı Değişken		Yayılım Kaybı	
Gözlem Sayısı	275	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	1188.225981
Çoklu R ²	0.987837	Düzeltilmiş R ²	0.987611
Joint-F İstatistiği	4369.547557	Olasılık (>F), (5,269) serbestlik derecesi:	0.000000*
Joint-Wald İstatistiği	24761.944684	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:	0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	34.239537	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:	0.000002*
Jarque-Bera İstatistiği	185.389371	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.000000*



Şekil 4.4 2.69 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.

OLS sonuçları, EM ölçüm verilerinin %70'i kullanılarak yayılım kaybı değişkenine bağlı olarak üretildi. Geri kalan EM ölçüm verisi (%30), elde edilen OLS modelinin tutarlılığını sağlamak için kontrol amacıyla kullanılmıştır.

Şekil 4.4' te, 2.69 GHz frekans için, üretilen model kalan EM ölçüm verisine

uygulandığında OLS yöntemi ile EM verilerinden elde edilen katsayıların mevcut yöntemle tutarlı olduğu görülmektedir. Yayılma kaybı tutarlılığı ortalama 1.61 dB'dir. Diğer ölçümlere kıyasla en yüksek tutarlılığa 20 Ekim S1 ölçümü sahipken en az tutarlılık 13 Ekim S1 ölçümüne aittir.

4.3.2 4.5 GHz

Çizelge 4.3' e göre 4.5 GHz frekans için bağımsız değişkenlerle ilişkili katsayıların olasılık değerlerine (p ve Robust_p) bakıldığında modeldeki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Serbest uzay kaybı değişkeni en yüksek katsayı değerine ve bu sebeple sinyal kaybı ile en güçlü ilişkiye sahiptir. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri, eşik değer olan 7,5 değerinden küçük olduğu için modelde çoklu doğrusallık sorunu bulunmamaktadır. Model performansı iyidir.

Çizelge 4.4' e göre 4.5 Ghz frekans için 275 gözlemin bulunduğu modelde AICc değeri 1199.89 dur. Bu değer uygulanan exploratory regresyon sonuçlarına bakıldığında denenen tüm modeller arasındaki en düşük AICc değeridir. Bu durum bu modelin en iyi model olduğunu gösterir. Düzeltilmiş R^2 değeri 0.983995'dir. Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık yüzde 99'unu açıkladığını gösterir. Çoklu ve Düzeltilmiş R^2 değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

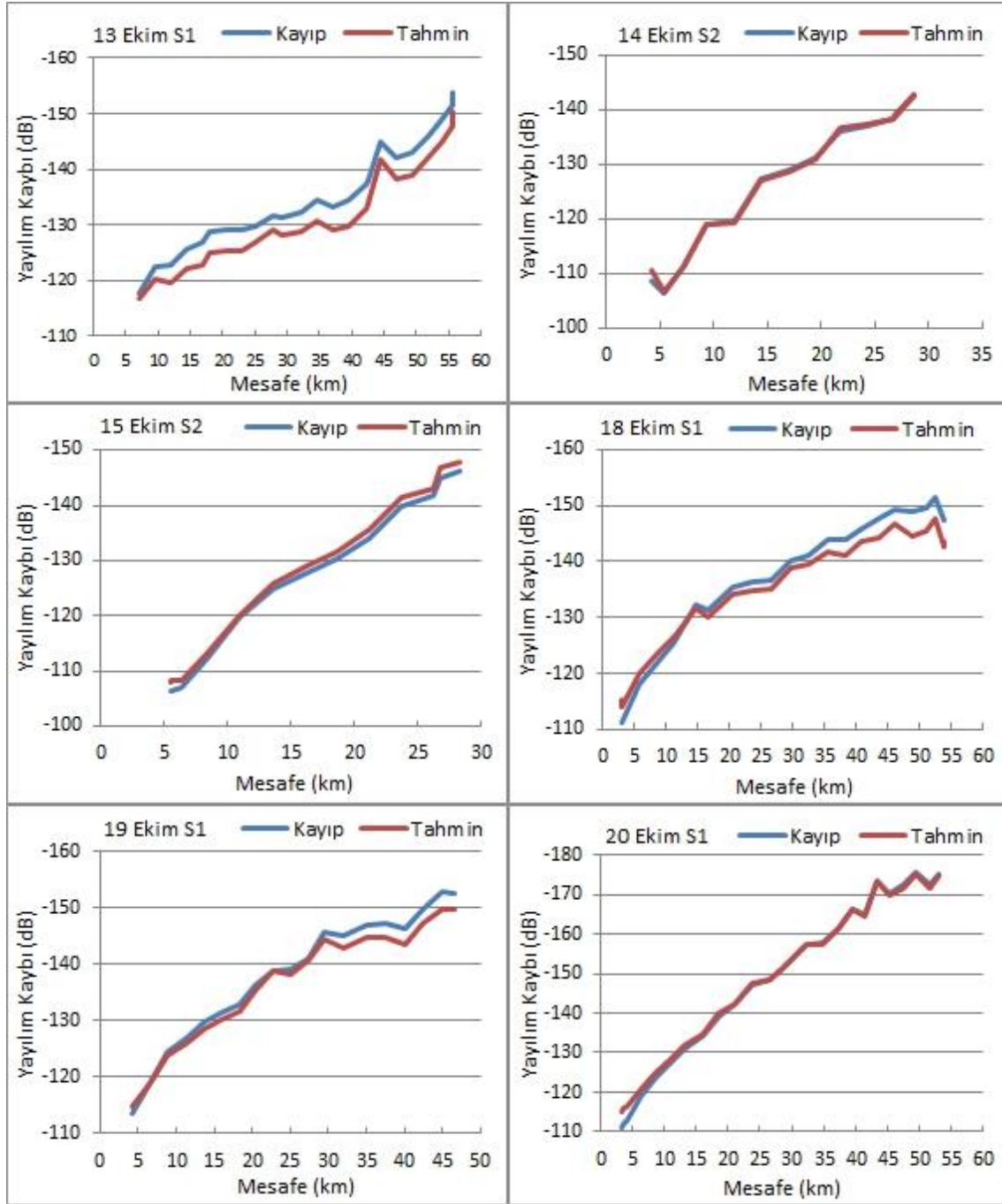
Koenker (BP) testi, olasılık değerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu yüzden OLS modelin istatistiksel öneminin ölçütü olarak Joint-Wald test dikkate alınmıştır. Joint-Wald testinin olasılık değeri kullanılan modelin istatistiksel olarak anlamlı bir model olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Ayrıca Koenker (BP) testinin anlamlı olması modelde istatistiksel olarak anlamlı bir durağanlık olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera testi olasılık değeri ise modelde artıkların normal olarak dağıtılmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (4.5 GHz).

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-test	Olasılık	Robust Std.Hata	Robust_t	Robust_Pr	VIF
Sabit Terim	195.349620	31.731092	6.156410	0.000000*	33.871784	5.767326	0.000000*	-----
Rüzgar Hızı	0.163450	0.048204	3.390796	0.000814*	0.052044	3.140625	0.001885*	1.232359
Deniz Yüzey Sıcaklığı	-2.129514	0.193411	-11.010315	0.000000*	0.201397	-10.573719	0.000000*	3.762352
Basınç	-0.200606	0.027533	-7.286129	0.000000*	0.029410	-6.821066	0.000000*	3.059745
Bağıl Nem	-0.073892	0.018754	-3.940093	0.000111*	0.018522	-3.989510	0.000092*	2.751212
Serbest Uzay Kaybı	0.559082	0.005668	98.644816	0.000000*	0.006084	91.901415	0.000000*	1.629546

Çizelge 4.4 OLS modeli istatistiksel değerleri (4.5 GHz).

Bağımlı Değişken		Yayılm Kaybı
Gözlem Sayısı	275	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)
Çoklu R ²	0.984287	Düzeltilmiş R ²
Joint-F İstatistiği	3370.219518	Olasılık (>F), (5,269) serbestlik derecesi:
Joint-Wald İstatistiği	28406.934305	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Koenker (BP) İstatistiği	43.365618	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Jarque-Bera İstatistiği	80.597110	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:



Şekil 4.5 4.5 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.

OLS sonuçları, EM ölçüm verilerinin %70'i kullanılarak yayılım kaybı değişkenine bağlı olarak üretildi. Geri kalan EM ölçüm verisi (%30), elde edilen OLS modelinin tutarlılığını sağlamak için kontrol amacıyla kullanılmıştır.

Şekil 4.5' te, 4.5 GHz frekans için, üretilen model kalan EM ölçüm verisine

uygulandığında OLS yöntemi ile EM verilerinden elde edilen katsayıların mevcut yöntemle tutarlı olduğu görülmektedir. Yayılma kaybı tutarlılığı ortalama 1.43 dB'dir. Diğer ölçümlere kıyasla en yüksek tutarlılığa 14 Ekim S2 ölçümü sahipken en az tutarlılık 13 Ekim S1 ölçümüne aittir.

4.3.2 8.45 GHz

Çizelge 4.5' e göre 8.45 GHz frekans için bağımsız değişkenlerle ilişkili katsayıların olasılık değerlerine (p ve Robust_p) bakıldığında modeldeki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Serbest uzay kaybı değişkeni en yüksek katsayı değerine ve bu sebeple sinyal kaybı ile en güçlü ilişkiye sahiptir. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri, eşik değer olan 7,5 değerinden küçük olduğu için modelde çoklu doğrusallık sorunu bulunmamaktadır. Model performansı iyidir.

Çizelge 4.6' ya göre 8.45 Ghz frekans için 275 gözlemin bulunduğu modelde AICc değeri 1239.44 dür. Bu değer uygulanan exploratory regresyon sonuçlarına bakıldığında denenen tüm modeller arasındaki en düşük AICc değeridir. Bu durum bu modelin en iyi model olduğunu gösterir. Düzeltilmiş R^2 değeri 0.975249'dur. Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık yüzde 98' ini açıkladığını gösterir. Çoklu ve Düzeltilmiş R^2 değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

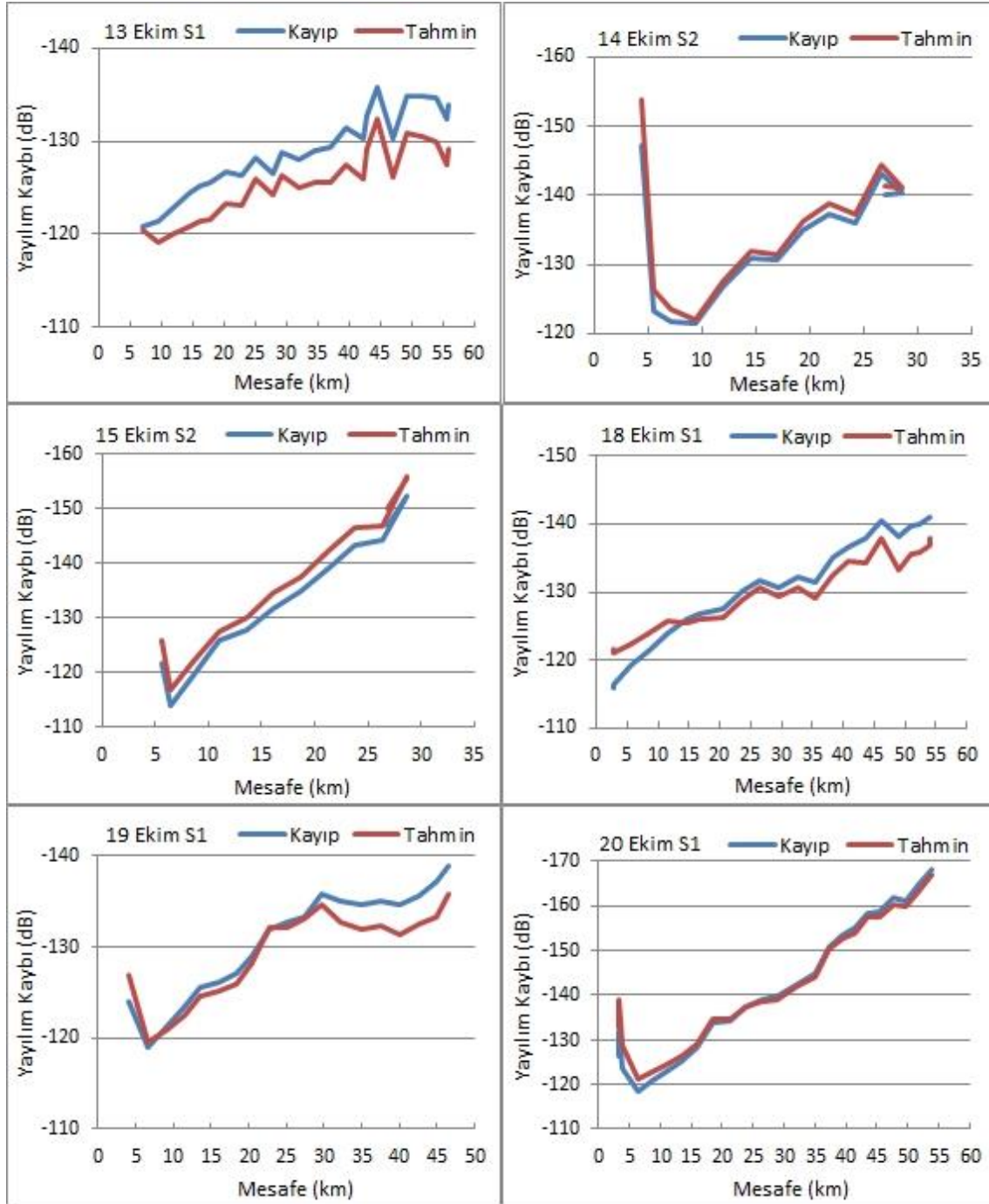
Koenker (BP) testi, olasılık değerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu yüzden OLS modelin istatistiksel öneminin ölçütü olarak Joint-Wald test dikkate alınmıştır. Joint-Wald testinin olasılık değeri kullanılan modelin istatistiksel olarak anlamlı bir model olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Ayrıca Koenker (BP) testinin anlamlı olması modelde istatistiksel olarak anlamlı bir durağanlık olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera testi olasılık değeri ise modelde artıkların normal olarak dağıtılmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (8.45 GHz).

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-test	Olasılık	Robust Std.Hata	Robust_t	Robust_Pr	VIF
Sabit Terim	246.628215	33.070664	7.457613	0.000000*	33.928671	7.269021	0.000000*	-----
Rüzgar Hızı	0.149999	0.052583	2.852609	0.004676*	0.050778	2.953993	0.003421*	1.270000
Deniz Yüzey Sıcaklığı	-2.540858	0.197023	-12.896223	0.000000*	0.184793	-13.749772	0.000000*	3.381225
Basınç	-0.246036	0.028801	-8.542724	0.000000*	0.029752	-8.269450	0.000000*	2.899581
Bağıl Nem	-0.090158	0.020439	-4.411121	0.000018*	0.019457	-4.633697	0.000007*	2.830072
Serbest Uzay Kaybı	0.553743	0.007136	77.600485	0.000000*	0.006237	88.781990	0.000000*	1.708959

Çizelge 4.6 OLS modeli istatistiksel değerleri (8.45 GHz).

Bağımlı Değişken		Yayılm Kaybı
Gözlem Sayısı	275	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)
Çoklu R ²	0.975701	Düzeltilmiş R ²
Joint-F İstatistiği	2160.244610	Olasılık (>F), (5,269) serbestlik derecesi:
Joint-Wald İstatistiği	16417.709492	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Koenker (BP) İstatistiği	31.548755	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Jarque-Bera İstatistiği	80.922017	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:



Şekil 4.6 8.45 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.

OLS sonuçları, EM ölçüm verilerinin %70'i kullanılarak yayılım kaybı değişkenine bağlı olarak üretildi. Geri kalan EM ölçüm verisi (%30), elde edilen OLS modelinin tutarlılığını sağlamak için kontrol amacıyla kullanılmıştır.

Şekil 4.6' da, 8.45 GHz frekans için, üretilen model kalan EM ölçüm verisine

uygulandığında OLS yöntemi ile EM verilerinden elde edilen katsayıların mevcut yöntemle tutarlı olduğu görülmektedir. Yayılma kaybı tutarlılığı ortalama 2.39 dB'dir. Diğer ölçümlere kıyasla en yüksek tutarlılığa 20 Ekim S1 ölçümü sahipken en az tutarlılık 13 Ekim S1 ölçümüne aittir.

4.3.2 12.21 GHz

Çizelge 4.7' ye göre 12.21 GHz frekans için bağımsız değişkenlerle ilişkili katsayıların olasılık değerlerine (p ve Robust_p) bakıldığında modeldeki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Serbest uzay kaybı değişkeni en yüksek katsayı değerine ve bu sebeple sinyal kaybı ile en güçlü ilişkiye sahiptir. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri, eşik değer olan 7,5 değerinden küçük olduğu için modelde çoklu doğrusallık sorunu bulunmamaktadır. Model performansı iyidir.

Çizelge 4.8' e göre 12.21 Ghz frekans için 259 gözlemin bulunduğu modelde AICc değeri 1159.23 dür. Bu değer uygulanan exploratory regresyon sonuçlarına bakıldığında denenen tüm modeller arasındaki en düşük AICc değeridir. Bu durum bu modelin en iyi model olduğunu gösterir. Düzeltilmiş R^2 değeri 0.970697'dir. Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık yüzde 97' sini açıkladığını gösterir. Çoklu ve Düzeltilmiş R^2 değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

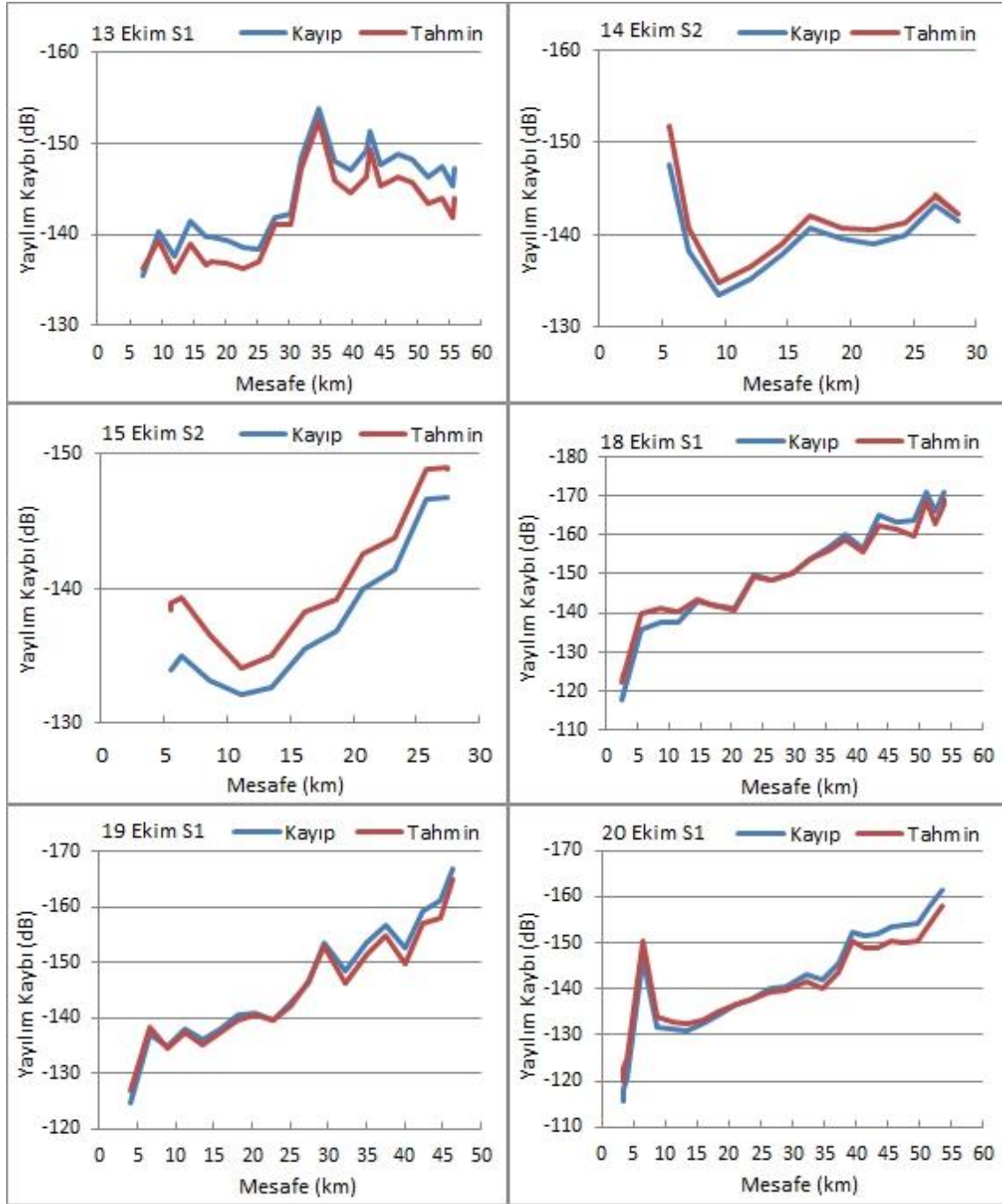
Koenker (BP) testi, olasılık değerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu yüzden OLS modelin istatistiksel öneminin ölçütü olarak Joint-Wald test dikkate alınmıştır. Joint-Wald testinin olasılık değeri kullanılan modelin istatistiksel olarak anlamlı bir model olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Ayrıca Koenker (BP) testinin anlamlı olması modelde istatistiksel olarak anlamlı bir durağanlık olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera testi olasılık değeri ise modelde artıkların normal olarak dağıtılmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.7 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (12.21 GHz).

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-test	Olasılık	Robust Std.Hata	Robust_t	Robust_Pr	VIF
Sabit Terim	266.433044	32.133164	8.291528	0.000000*	33.401871	7.976590	0.000000*	-----
Rüzgar Hızı	0.170688	0.058795	2.903088	0.004025*	0.055938	3.051397	0.002529*	1.615819
Deniz Yüzey Sıcaklığı	-2.755262	0.196960	-13.988913	0.000000*	0.180320	-15.279811	0.000000*	3.359874
Basınç	-0.261919	0.028132	-9.310365	0.000000*	0.029314	-8.934786	0.000000*	2.204850
Bağıl Nem	-0.138658	0.020378	-6.804347	0.000000*	0.018433	-7.522279	0.000000*	2.709663
Serbest Uzay Kaybı	0.536344	0.008688	61.737131	0.000000*	0.007489	71.613717	0.000000*	2.073192

Çizelge 4.8 OLS modeli istatistiksel değerleri (12.21 GHz).

Bağımlı Değişken		Yayılım Kaybı
Gözlem Sayısı	259	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)
Çoklu R ²	0.971265	Düzeltilmiş R ²
Joint-F İstatistiği	1710.328655	Olasılık (>F), (5,269) serbestlik derecesi:
Joint-Wald İstatistiği	12116.307255	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Koenker (BP) İstatistiği	21.888152	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Jarque-Bera İstatistiği	77.820379	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:



Şekil 4.7 12.21 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.

OLS sonuçları, EM ölçüm verilerinin %70'i kullanılarak yayılım kaybı değişkenine bağlı olarak üretildi. Geri kalan EM ölçüm verisi (%30), elde edilen OLS modelinin tutarlılığını sağlamak için kontrol amacıyla kullanılmıştır.

Şekil 4.7' de, 12.21 GHz frekans için, üretilen model kalan EM ölçüm verisine

uygulandığında OLS yöntemi ile EM verilerinden elde edilen katsayıların mevcut yöntemle tutarlı olduğu görülmektedir. Yayılma kaybı tutarlılığı ortalama 2.10 dB'dir. Diğer ölçümlere kıyasla en yüksek tutarlılığa 19 Ekim S1 ölçümü sahipken en az tutarlılık 15 Ekim S2 ölçümüne aittir.

4.3.2 18.01 GHz

Çizelge 4.9' a göre 18.01 GHz frekans için bağımsız değişkenlerle ilişkili katsayıların olasılık değerlerine (p ve Robust_p) bakıldığında modeldeki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Serbest uzay kaybı değişkeni en yüksek katsayı değerine ve bu sebeple sinyal kaybı ile en güçlü ilişkiye sahiptir. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri, eşik değer olan 7,5 değerinden küçük olduğu için modelde çoklu doğrusallık sorunu bulunmamaktadır. Model performansı iyidir.

Çizelge 4.10' a göre 18.01 Ghz frekans için 275 gözlemin bulunduğu modelde AICc değeri 1273.69 dur. Bu değer uygulanan exploratory regresyon sonuçlarına bakıldığında denenen tüm modeller arasındaki en düşük AICc değeridir. Bu durum bu modelin en iyi model olduğunu gösterir. Düzeltilmiş R^2 değeri 0.948172'dir. Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık yüzde 95'ini açıkladığını gösterir. Çoklu ve Düzeltilmiş R^2 değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

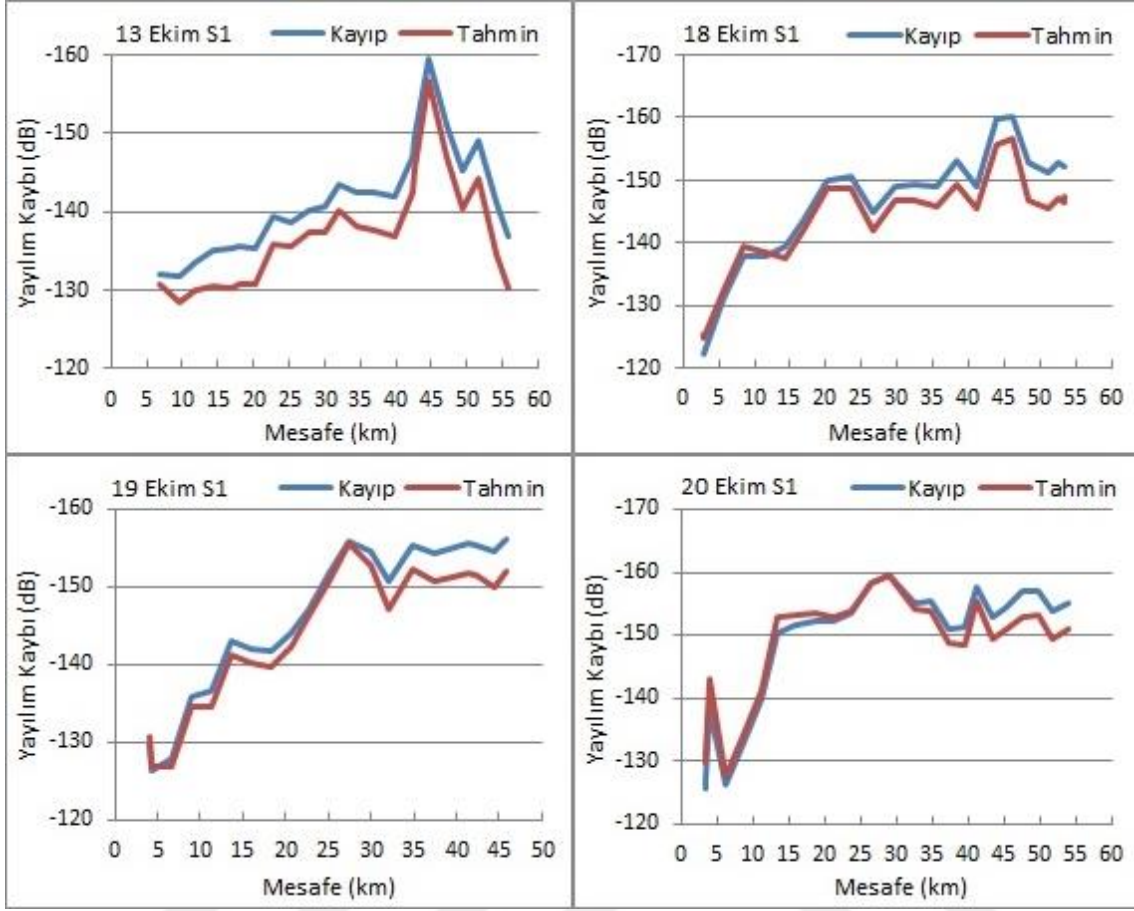
Koenker (BP) testi, olasılık değerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu yüzden OLS modelin istatistiksel öneminin ölçütü olarak Joint-Wald test dikkate alınmıştır. Joint-Wald testinin olasılık değeri kullanılan modelin istatistiksel olarak anlamlı bir model olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Ayrıca Koenker (BP) testinin anlamlı olması modelde istatistiksel olarak anlamlı bir durağanlık olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera testi olasılık değeri ise modelde artıkların normal olarak dağıtılmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.9 OLS sonuçlarının özeti – Model değişkenleri (18.01 GHz).

Değişken	Katsayı	Std.Hata	t-test	Olasılık	Robust Std.Hata	Robust_t	Robust_Pr	VIF
Sabit Terim	218.590607	34.048462	6.419985	0.000000*	34.503226	6.335367	0.000000*	-----
Rüzgar Hızı	0.324843	0.055924	5.808607	0.000000*	0.055624	5.839953	0.000000*	1.268295
Deniz Yüzey Sıcaklığı	-2.473535	0.209519	-11.805762	0.000000*	0.204193	-12.113727	0.000000*	3.375914
Basınç	-0.220700	0.029773	-7.412722	0.000000*	0.030448	-7.248514	0.000000*	2.735802
Bağıl Nem	-0.108270	0.020796	-5.206358	0.000001*	0.018608	-5.818606	0.000000*	2.586651
Serbest Uzaklık Kaybı	0.559012	0.010063	55.550509	0.000000*	0.011849	47.179365	0.000000*	1.519100

Çizelge 4.10 OLS modeli istatistiksel değerleri (18.01 GHz).

Bağımlı Değişken		Yayılm Kaybı
Gözlem Sayısı	275	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)
Çoklu R ²	0.949118	Düzeltilmiş R ²
Joint-F İstatistiği	1003.547507	Olasılık (>F), (5,269) serbestlik derecesi:
Joint-Wald İstatistiği	6434.087237	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Koenker (BP) İstatistiği	48.231581	Olasılık (>chi-squared), (5) serbestlik derecesi:
Jarque-Bera İstatistiği	17.316876	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:



Şekil 4.8 18.01 GHz için yayılım kaybı ve tahmin değerleri grafikleri.

OLS sonuçları, EM ölçüm verilerinin %70'i kullanılarak yayılım kaybı değişkenine bağlı olarak üretildi. Geri kalan EM ölçüm verisi (%30), elde edilen OLS modelinin tutarlılığını sağlamak için kontrol amacıyla kullanılmıştır. 18.01 GHz frekans için 14 Ekim S2 ve 15 Ekim S2 ölçüm verileri teknik sebeplerden dolayı kaydedilememiştir. Bu frekansın model tutarlılığı değerlendirilirken bu iki ölçüm dışında geriye kalan 4 EM ölçüm verisi kullanılmıştır.

Şekil 4.8' de, 18.01 GHz frekans için, üretilen model kalan EM ölçüm verisine uygulandığında OLS yöntemi ile EM verilerinden elde edilen katsayıların mevcut yöntemle tutarlı olduğu görülmektedir. Yayılma kaybı tutarlılığı ortalama 3.07 dB'dir. Diğer ölçümlere kıyasla en yüksek tutarlılığa 19 Ekim S1 ölçümü sahipken en az tutarlılık 13 Ekim S1 ölçümüne aittir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Atmosfer homojen bir yapıda olmadığı için oldukça karmaşıktır. (Craigie 1993, Şeker 2015). Atmosfer parametrelerindeki dalgalanmaların sonucunda alınan sinyal gücü seviyesi de dalgalanmaktadır (Neskovic vd. 2000). Sürekli değişen atmosfer koşulları yayılma fiziğini etkiler ve anormal yayılmaya neden olmaktadır. (Douvenot vd. 2006, Yan vd. 2006). Bu tez çalışmasında yapılan uygulamalar gerçek atmosfer özelliklerini gerçekçi bir şekilde karakterize ederek EM yayılımının doğru bir şekilde modellenmesi hedefine odaklanmıştır.

Radar performanslarının tahmini, deniz ortamında elektromanyetik dalgaların yayılım modellemesi ile ilgilidir ve bu nedenle atmosferik parametrelerin eş zamanlı ölçümünü gerektirir (Levy 2000, Danklmayer vd. 2015). Bu bağlamda çalışmalar nadiren araştırılmıştır, veriler yetersizdir ve eşzamanlı bir çalışma yoktur. Birçok atmosferik parametre yayılım durumunu etkiler. Deniz ortamlarında homojen bir yapı bulunmadığından, bu heterojenliği etkileyen birçok parametrenin zaman serilerinde birleştirilmesi doğru sonuçlar verebilir. Bu bağlamda, ölçümlerde gözlemlenen mekansal-zamansal atmosferik veriler CBS ortamındaki mekansal temeller üzerinde mekansal ve zamansal olarak toplanmıştır. CBS, toplanan bu gözlemleri incelemek ve doğru sonuçları elde etmek için önemli bir çalışma ortamı oluşturmuştur.

Çalışmada kullanılan veriler geniş bant teknolojisi kapsamında olup 2-18 GHz aralığındadır. Geniş bant teknolojisi kapsamında verileri toplamak ve değerlendirmek oldukça zor ve çok maliyetlidir. Çalışmayı yürütmek ciddi bir iş yükü gerektirir. Bu geniş bant teknolojisinde toplanan zamansal ve mekânsal çok sayıdaki verinin süzülmesi, işlenmesi ve CBS kullanımı ile mekânsal veri madenciliği yapılarak geniş bant verilerinin işlenmesine katkı sağlayacaktır.

Değişkenlere ait katsayılar için mevcut verilere mekansal regresyon analizi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu, çalışmanın özgün değerlerinden biridir. Araştırmada, EM yayılımını etkileyen çevresel faktörleri tahmin etmek için 2.69 GHz, 4.5 GHz, 8.45 GHz, 12.21 GHz ve 18.01 GHz frekanslarına ait CBS tabanlı modeller oluşturulmuştur.

Modeller oluşturulurken kullanılan parametreler tüm frekanslar için aynıdır. Bunlar rüzgar hızı, deniz yüzey sıcaklığı, basınç, bağıl nem ve serbest uzay kaybı parametreleridir.

Basınç, EM yayılımını etkileyen atmosferik unsurlardan biri olmasına rağmen, etkileri küçüktür. Sadece basınç değişimleri, yayılımda önemli bir değişiklik sağlamaz (Ford 1996). Çalışmadaki tüm frekanslar için mekansal regresyon analizinde kullanılacak değişkenleri belirlemek amacıyla uygulanan Keşifsel Regresyon sonuçlarına bakıldığında doğru orantılı olan basınç ve sıcaklık parametrelerinden basıncın, yayılım kaybına etkisinin sıcaklıktan daha fazla olduğu görülmüş ve modeller oluşturulurken bu iki parametreden sadece basınç kullanılmıştır.

Atmosferik çevresel değişikliklerin etkisini göstermek için EM modellemesine yeni bir yaklaşım keşfedilmiştir. Şu anda çok popüler olan ve birçok alanda önemli sonuçları olan CBS tabanlı OLS'nin EM yayılımındaki başarısı test edilmiştir. EM yayılımını etkileyen çevresel faktörlerin önemini belirlemek için mekansal regresyon analizinin katsayıları hesaplanmıştır.

Yapılan uygulamaların ana sonucu meteorolojik parametrelerle yayılım kaybını tahmin etmek için üretilen modellerdir. Ölçümlerin %65 ila %70'i yayılım kaybı bağımsız değişkenleri için modeller oluşturmak üzere birleştirilmiştir ve kalan ölçümler OLS yöntemi ile belirlenen modelleri test etmek için kullanılmıştır. EM ve atmosferik verilerin birleştirilmesiyle üretilen yayılma kaybı verileri ortalama 2 dB ile hesaplanmıştır.

Bu çalışma, kıyı bölgelerindeki EM yayılımının heterojen yapısının yoğun gözlemler ve CBS tabanlı değerlendirme ile incelendiği ender çalışmalardan biridir. Bu nedenle EM yayılımı için CBS tabanlı analizlere yeni bir boyut kazandıracaktır. Ayrıca mekansal istatistiksel yöntemlerin uygulanması çalışmayı zenginleştirmiştir. Elde edilen bulgular, bölgelerdeki EM yayılım çalışmaları için yeni bir ufuk sağlayarak, üç tarafı denizlerle kaplı olan ülkemizde RADAR ve iletişim ağlarının kıyı bölgelerindeki atmosferik heterojenlikten kaynaklanan problemlerinin çözümüne rehberlik edeceğine inanılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akinwumiju A S, Olorunfemi M O, 2018, A GIS-based Aquifer Vulnerability Assessment In The Basement Complex Terrain of Southwestern Nigeria, Sustainable Water Resources Management, 4, 715-734.
- Ali S, Malik S A, Alimgeer K S, Khan S A, Ali R L, 2012, Statistical Estimation of Tropospheric Radio Refractivity Derived From 10 Years Meteorological Data, Journal of Atmospheric And Solar-Terrestrial Physics, 77, 96-103.
- Altinel M, 2012, Modeling of Water Level in Mogan Lake (Ankara) using GIS and Regression Analysis, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 80s, İzmir.
- Amanzio G, Tiwari A K, Lavy M, De Maio M, 2019, Integration of Terrestrial Laser Scanning and GIS Analysis for Multi-Temporal Landslide Monitoring: A Case Study of The Mont de La Saxe (Aosta Valley, NW Italy), Landslides: Theory, Practice and Modelling, 50, 267-282.
- Anselin L, 2003, Spatial Externalities, Spatial Multipliers, and Spatial Econometrics, International Regional Science Review, 26, 153-166.
- Atkinson B W, Zhu M, 2006, Coastal Effects on Radar Propagation In Atmospheric Ducting Conditions, Meteorological Applications, 13, 53-62.
- Ayekomilogbon O T, Famoriji J O, Olasoji Y O, 2013. Evaluation and Modelling of UHF Radiowave Propagation In A Forested Environment, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2.
- Baguio C J I, 2018, Spatial Analysis of Hotspots and Coldspots Of poverty Incidence In Davao City, Philippines, International Journal of Applied Mathematics Statistical Sciences (IJAMSS), 7, 1-8.
- Basar Ö D, 2009, Uzamsal Regresyon Analizi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 133s, İstanbul.
- Başbozkurt H, 2015, Mekansal Regresyon Metotları Kullanımı İle Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Analizi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri

- Enstitüsü, Doktora Tezi, 124s, Konya.
- Bean B R, Dutton E J, 1966, Radio Meteorology – Vol 92, US Government Printing Office, 423p, Washington.
- Benhmammouch O, Caouren N, Khenchaf A, 2009, Modeling of Roughness Effects on Electromagnetic Waves Propagation Above Sea Surface Using 3D Parabolic Equation, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2009, Cape Town.
- Blachowski J, 2016, Application of GIS Spatial Regression Methods In Assessment of Land Subsidence In Complicated Mining Conditions: Case Study Of The Walbrzych Coal Mine (SW Poland), Natural Hazards, 84, 997-1014.
- Bleidorn A, 2008, Modeling Atmospheric Effects on Wireless Networks, Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 79p, Monterey Ca.
- Brooks I M, 2001, Air-Sea Interaction and Spatial Variability of The Surface Evaporation Duct In A Coastal Environment, Geophysical Research Letters, 28, 2009-2012.
- Bubukin I T, Kogan L P, 1999, Propagation of Electromagnetic Waves Over A Foamed Sea Surface, Radiophysics and Quantum Electronics, 42, 388-400.
- Cardozo O D, García-Palomares J C, Gutiérrez J, 2012, Application of Geographically Weighted Regression To The Direct Forecasting of Transit Ridership at Station-Level, Applied Geography, 34, 548-558.
- Cherrett R C, 2015, Capturing Characteristics of Atmospheric Refractivity Using Observations and Modeling Approaches. Naval Postgraduate School, Ph.D. Thesis, 207p, Monterey Ca.
- Craigie K M, 1993, Assessment of Atmospheric Influence on Surveillance Radar Performance In Littoral Zones, Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 87p, Monterey Ca.
- Danklmayer A, Biegel G, Brehm T, Sieger S, Förster J, 2015, Millimeter Wave Propagation Above The Sea Surface During The Squirrel Campaign, 16th International Radar Symposium (IRS), Dresden, 300-304.

- Ding W, Wang K, Long Y, 2016, Study of The Electromagnetic Waves Propagation Over The Improved Fractal Sea Surface Based on Parabolic Equation Method, International Journal of Antennas and Propagation, 2016, Article number 8235752.
- Dizdarlar H I, 2006, Uluslararası Finansal Piyasalarda Euro Tahvillerin Risk Primini Belirleyen Faktörler Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 276s, İstanbul.
- Dockery G D, 1988, Modeling Electromagnetic Wave Propagation In The Troposphere Using The Parabolic Equation. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 36, 1464-1470.
- Douvenot R, Fabbro V, Bourlier C, Saillard J, 2006, Radar Coverage Prediction Over Ocean: Duct Mapping Using Least Squares Support Vector Machines, First European Conference on Antennas and Propagation, Nice, 1-6.
- Edson J B, Zappa C J, Ware J A, McGillis W R, Hare J E, 2004, Scalar Flux Profile Relationships Over The Open Ocean, Journal of Geophysical Research: Oceans, 109, C8.
- Erdoğan S, 2010, Modelling The Spatial Distribution of DEM Error With Geographically Weighted Regression: An Experimental Study, Computers & Geosciences, 36, 34-43.
- Ergüden M E, 2018, Elektromanyetik Dalga Yayılımının Çift Yönlü Parabolik Dalga Modellemesi İçin Buharlaştırma Oluk Algoritmalarının Geliştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 412s, Ankara.
- Erkuş İ, 2014, Using Spatial Statistics Techniques To Determine The User Profiles of Social Media, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, İstanbul.
- Essen H, Danklmayer A, Förster J, Behn M, Hurtaud Y, Fabbro V, vd., 2012, Joint French-German Radar Measurements For The Determination of The Refractive Index In The Maritime Boundary Layer, In Optics in Atmospheric Propagation and Adaptive Systems XV, 8535, 853505.
- Farahania H A, Rahiminezhadb A, Samec L, İmmannezhadd K, (2010). A Comparison

- of Partial Least Squares (PLS) and Ordinary Least Squares (OLS) Regressions In Predicting of Couples Mental Health Based on Their Communicational Patterns, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5, 1459-1463.
- Feng Y, Tong X, 2017, Using Exploratory Regression To Identify Optimal Driving Factors For Cellular Automaton Modeling of Land Use Change, *Environmental Monitoring And Assessment*, 189, 515.
- Ford B W, 1996, *Atmospheric Refraction: How Electromagnetic Waves Bend in the Atmosphere and Why It Matters*, US Navy.
- Fox-Christensen M, 2018, Analysis of The Relationship Between Demographic Values, Opiate Treatment Programs, Opiate Related Deaths, And Population Using Geographic Information Systems And Exploratory Regression For The Year 2015, Saint Mary's University of Minnesota University Central Service Press, 21, 15.
- Fraser L K, Clarke G P, Cade J E, Edwards K L, 2012, Fast Food And Obesity: A Spatial Analysis In A Large United Kingdom Population of Children Aged 13–15, *American Journal of Preventive Medicine*, 42, e77-e85.
- Freeman R L, 2000, *Radio System Design for Telecommunications*, 2nd Edition, ISBN 0-471-16260-4.
- Garcia A P, Ortega H, Navarro A, Rodriguez A H, 2003, Effect of Terrain on Electromagnetic Propagation In Urban Environments on The Andean Region, Using The COST231-Walfisch-Ikegami Model and GIS Planning Tools, Twelfth International Conference on Antennas and Propagation (ICAP 2003), Exeter, 270 – 275.
- Garrett S A, Cook D E, Marshall R E, 2011, The Seabreeze 2009 Experiment: Investigating The Impact of Ocean And Atmospheric Processes on Radar Performance In The Bay of Plenty, New Zealand, *Weather Clim*, 31, 82–100.
- Hagar C, 2018, Gender Wage Gap Trends Among Continental United States Nations, Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press, 2, 16.
- Hajiloo F, Hamzeh S, Gheysari M, 2018, Impact Assessment of Meteorological and Environmental Parameters on PM 2.5 Concentrations Using Remote Sensing

- Data and GWR Analysis, *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 24331-24345.
- Han J, Koperski K, Stefanovic N, 1997, GeoMiner: A System Prototype For Spatial Data Mining, *ACM SIGMOD Record*, 26, 553-556.
- Hayes A F, Cai L, 2007, Using Heteroskedasticity-Consistent Standard Error Estimators In OLS Regression: An Introduction and Software Implementation, *Behavior Research Methods*, 39, 709-722.
- Hu Z, Chen B, Wang T, Wang L, 2019, Improved Electromagnetic Wave Propagation Model on The South China Sea, *Fifth Symposium on Novel Optoelectronic Detection Technology and Application*, 12 march, Xi'an, China,
- Karabulut R, Şeker K, 2018, Belirlenmiş Değişkenlerin Vergi Gelirleri Üzerindeki Etkisi: Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1049-1070.
- Karimian A, Yardim C, Gerstoft P, Hodgkiss W S, Barrios A E, 2011, Refractivity Estimation From Sea Clutter: An Invited Review, *Radio Science*, 46, 1-16.
- Kauhl B, Heil J, Hoebe C J, Schweikart J, Krafft T, Dukers-Muijrs N H, 2015, The Spatial Distribution of Hepatitis C Virus Infections and Associated Determinants—An Application of A Geographically Weighted Poisson Regression For Evidence-Based Screening Interventions In Hotspots, *PLOS ONE*, 10, e0135656.
- Kemeç S, Düzgün Ş, 2006, Sosyo-Demografik Yapıdaki Mekansal Değişimlerin, Mekansal Regresyon Teknikleri ile Analizi: Eskişehir 2002 Genel Seçim Örneği, *İstanbul Teknik Üniversitesi 1. Ulusal Uzaktan Algılama – CBS Çalıştay ve Paneli*, İstanbul, Türkiye.
- Kerr D E, 1987, Propagation of short radio waves, *IEE Electromagnetic Waves Series*, 24, ISBN 0-86341-099-5.
- Keskin A, 2019, CO2 Emisyonunu Etkileyen Faktörler: Avrupa Birliği Örneği, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6, 361-370.
- Khosravi Y, Lashkari H, Asakereh H, 2017, Spatial Variability of Water Vapour In

South and Southwest of Iran, *Mausam*, 68, 9-22.

Krivoruchko K, Gotway C, Zhigimont A, 2003, Statistical Tools for Regional Data Analysis Using GIS, In Proceedings of The 11th ACM International Symposium on Advances In Geographic Information Systems, November, New Orleans, Louisiana, 41-48.

Kupfer J A, Farris C A, 2007, Incorporating Spatial Non-Stationarity of Regression Coefficients Into Predictive Vegetation Models, *Landscape Ecology*, 22, 837-852.

Levy M, 2000, Parabolic Equation Methods For Electromagnetic Wave Propagation, IEE Electromagnetic Waves Series, 45, ISBN 0-85296-764-0.

Łukawska-Matuszewska K, Urbański J A, 2014, Prediction of Near-Bottom Water Salinity In The Baltic Sea Using Ordinary Least Squares and Geographically Weighted Regression Models, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 255-263.

Majid M R, Zaman M, Halim N, 2018, GIS-Based Regression Analysis of The Relationship Between Ecological Footprint And Economic Development of Selected Countries, *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 16, 221-232.

Malcheva K, Bocheva L, Marinova T, 2020, Mapping Temperature and Precipitation Climate Normals Over Bulgaria by Using ArcGIS Pro 2.4, *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, 23, 61-77.

Mason S P, 2010, Atmospheric Effects on Radio Frequency (RF) Wave Propagation In A Humid, Near-Surface Environment, Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 87p, Monterey Ca.

Moys A J, 2003, Evaluation of EM Propagation Models Using Data From Wallops Island Experiment (2000), Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 162p, Monterey Ca.

Murphy R M, 2005, Analysis Of High-Resolution Coampstm With Observed Metoc Data To Demonstrate Atmospheric Impact on Em Propagation, Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 94p, Monterey Ca.

- Neskovic A, Neskovic N, Paunovic G, 2000, Modern Approaches In Modeling of Mobile Radio Systems Propagation Environment, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 3, 2-12.
- Nyangueso S O, Hayombe P, Owino F, 2018, Spatial Equity In Devolved Healthcare: Geospatially Exploring Local Disparities In Maternal Healthcare Uptake After Devolution In Kenya, European Scientific Journal September 2018 edition, 14, ISSN: 1857 – 7881.
- Ortolano G, Visalli R, Godard G, Cirrincione R, 2018, Quantitative X-ray Map Analyser (Q-XRMA): A New GIS-Based Statistical Approach to Mineral Image Analysis, Computers & Geosciences, 115, 56-65.
- Özdemir A R, 2016, Elektromanyetik Dalga Yayılım Modellemesinin (Epstein-Peterson) Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanılarak Analiz Edilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 113s, Ankara.
- Özgür E M, Aydın O, 2011, Türkiye’de Evlilik Göçünün Mekânsal Veri Analizi Teknikleriyle Değerlendirilmesi, Coğrafi Bilimler Dergisi, 9, 29-40.
- Park S H, Jang K, Kim D K, Kho S Y, Kang S, 2015, Spatial Analysis Methods For Identifying Hazardous Locations on Expressways In Korea, Scientia Iranica, 22, 1594-1603.
- Patterson W L, 1998, Advanced Refractive Effects Prediction System (AREPS): User’s Manual, NASA, 19980218248.
- Qing L, 2005, GIS Aided Radio Wave Propagation Modeling and Analysis, Virginia Polytechnic Institute and State University, M.Sc Thesis, 43p, Blacksburg.
- Reddy L R G, Reddy B M, 2007, Sea Breeze Signatures on Line-Of-Sight Microwave Links In Tropical Coastal Areas, Radio Science, 42, 1-13.
- Roddick J F, Hornsby K, Spiliopoulou M, 2000, An Updated Bibliography of Temporal, Spatial, and Spatio-Temporal Data Mining Research, In International Workshop on Temporal, Spatial, and Spatio-Temporal Data Mining, Berlin, 147-163.
- Roddick J F, Spiliopoulou M, 1999, A Bibliography of Temporal, Spatial and Spatio-Temporal Data Mining Research, ACM SIGKDD Explorations Newsletter, 1,

34-38.

- Rogerson P, 2004, The Application of New Spatial Statistical Methods To The Detection of Geographical Patterns of Crime, Applied GIS And Spatial Analysis, 151-168, Hoboken, New Jersey.
- Sakarya A, İbişoğlu Ç, 2015, Türkiye’de İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeksinin Coğrafi Ağırlıklı Regresyon Modeli İle Analizi, Marmara Coğrafya Dergisi, 32, 211-238.
- Sekmen S, 2014, Modeling of Split Step Parabolic Wave Equation Using The Graphics Processing Unit, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Ankara.
- Seybold J S, 2005, Introduction to RF propagation, John Wiley & Sons, 349p, Hoboken, New Jersey.
- Sopacı E, 2013, Jeodezik Amaçlı Uyum İyiliği Testleri Uygulanması: VLBI/GPS Ortak Yerleşkeleri Sıcaklık Verileri Analizi Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Trabzon.
- Staub C G, Stevens F R, Waylen P R, 2014, The Geography of Rainfall In Mauritius: Modelling The Relationship Between Annual and Monthly Rainfall and Landscape Characteristics on A Small Volcanic Island, Applied Geography, 54, 222-234.
- Switzer J, 2016, Understanding Water Quality In City Water Systems Using ArcGIS, MGIS Capstone Project, Penn State University, 2-3.
- Şahinler S, 2000, En Küçük Kareler Yöntemi İle Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5, 57-73.
- Şeker S, 2015, Atmosferik Oluklama ve Radar Menziline Sayısal Analizi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Balıkesir.
- Tawfik A N, 1991, Experimental and Statistical Studies of X-Band Transhorizon Radio Links Over The Sea, Portsmouth University, Ph.D Thesis, Portsmouth.
- Tepecik C, Navruz İ, 2014, The Effects of Frequency and Altitude on RADAR

Performance With Surface Ducting, 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 23-25 April, Trabzon, 2202-2205.

Tepecik C, 2018, Deniz Yüzeyi Radar Yansımalarından Atmosferik Kırılmanın Belirlenmesinde Hibrit Algoritmalarla Dayalı Yeni Bir Tahmin Modelinin Geliştirilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 113s, Ankara.

Thayer G D, 1974, An Improved Equation For The Radio Refractive Index of Air, Radio Science, 9, 803-807.

Turk S, 2010, Atmospheric Effects on Communication and Electronic Warfare Systems within Turkey and Surrounding Areas, Naval Postgraduate School, M.Sc Thesis, 91p, Monterey Ca.

Uygunol O, 2009, Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla GSM Baz İstasyonlarında Elektromanyetik Alan Kirliliğinin Tespiti ve Konya Örneği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Konya.

Wang Q, Alappattu D P, Billingsley S, Blomquist B, Burkholder R J, Christman A J, vd., 2018, CASPER: Coupled Air–Sea Processes and Electromagnetic Ducting Research, Bulletin of the American Meteorological Society, 99, 1449-1471.

Wei W, Yuan-Yuan J, Ci Y, Ahan A, Ming-Qin C, 2016, Local Spatial Variations Analysis of Smear-Positive Tuberculosis In Xinjiang Using Geographically Weighted Regression Model, BMC Public Health, 16, 1058.

Wong A D, Lee J, 2005, Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView and ArcGIS, John Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.

Wright W C, Wilkinson B E, Cropper Jr W P, Oxendine C E, 2018, Classifying Terrestrial Based Forest Photography with Geographic Information Systems to Model Signal Loss, IGARSS 2018 – 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 22-27 July, Valencia.

Yaman E, 2011, Hastane Ortamında Elektromanyetik Alan Etkilerinin Ölçüm Yoluyla Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Trabzon.

- Yan H J, Fu Y, Hong Z J, 2006, Introduction to Modern Atmospheric Refraction, Science and Educational Press, Shanghai.
- Yang R, Yang K S, Kafatos M, Wang X S, 2000, Value Range Queries on Earth Science Data Via Histogram Clustering, In International Workshop on Temporal, Spatial, and Spatio-Temporal Data Mining, Berlin, 62-76.
- Yemenoğlu İ H, 2018, GSM–900MHz Frekans Bandında Propagasyon Yol Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s, Yozgat.
- Zhao X, Huang S, 2012, Estimation of Atmospheric Duct Structure Using Radar Sea Clutter, Journal of The Atmospheric Sciences, 69, 2808-2818.
- Zuo L, Yao C, Men L, 2011, Two Optimization Algorithms for Inversing Atmosphere Refractivity Profile from RADAR Sea Clutter, Procedia Engineering, 15, 2180-2185.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://yelkenokulu.com/meteoroloji-bilgileri/meltem-nedir/>, 14.04.2020
- 2- https://met.nps.edu/~qwang/casper/research/casper_east.php, 30.03.2020

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kaan KAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : Aydın – 22.11.1996
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon / e-posta) : 5079156444 / kaankay4@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Aydın Anadolu Lisesi (2010 – 2014)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği
Bölümü (2014–2018)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2018 – 2020)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Yeşilirmak Proje (2019 – 2020)
: 0905 Nolu Efeler LİHKAB (2020 – Devam Ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer)

: Yalçın M, Kaya K, 2019, Türkiye’de Solunum Sistemine
Bağlı Ölüm Oranlarının Mekansal Kümelenmelerinin
İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve
Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19, 750-761.

EKLER

EK 1. 2.69 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1335.16 0.00 0.02 1.00 0.00 +Fspace***

0.13 2351.85 0.04 0.97 1.00 0.00 -Ruzgar***

0.02 2386.32 0.04 0.60 1.00 0.00 -Basinc**

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1268.95 0.00 0.05 1.01 0.00 -Denizsic*** +Fspace***

0.98 1311.16 0.00 0.04 1.03 0.00 +Bnem*** +Fspace***

0.98 1319.93 0.00 0.01 1.20 0.00 + Ruzgar*** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.99 1222.54 0.00 0.00 1.57 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.98 1249.44 0.00 0.20 1.21 0.00 + Ruzgar*** - Denizsic *** +Fspace***

0.98 1259.16 0.00 0.00 1.27 0.00 - Denizsic *** +Havasic*** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.99 1204.66 0.00 0.00 3.58 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.99 1212.83 0.00 0.00 1.66 0.00 + Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.99 1221.64 0.00 0.00 2.95 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic ** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

EK 1. (Devam) 2.69 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 5 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.99 1188.23 0.00 0.00 3.58 0.00 + Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.99 1205.64 0.00 0.00 4.67 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem *** +Fspace***

0.99 1209.88 0.00 0.00 2.97 0.00 + Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic ***
+Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.99 1189.63 0.00 0.00 4.67 0.00 + Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem ***

+Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

***** Exploratory Regression Global Summary (PLOSS) *****

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 63 32 50.79

Max Coefficient p-value < 0.05 63 34 53.97

Max VIF Value < 7.50 63 63 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 63 8 12.70

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 19 0 0.00

Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

Ruzgar 100.00 50.00 50.00

Denizsic 100.00 100.00 0.00

Fspace 100.00 0.00 100.00

Basinc 75.00 90.62 9.38

Bnem 65.62 65.62 34.38

EK 1. (Devam) 2.69 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Havasic 59.38 56.25 43.75

Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

Ruzgar 1.30 0 -----

Denizsic 4.67 0 -----

Basinc 3.23 0 -----

Havasic 3.61 0 -----

Bnem 3.75 0 -----

Fspace 1.56 0 -----

Summary of Residual Normality (JB)

JB AdjR2 AICc K(BP) VIF SA Model

0.459698 0.223937 2324.936534 0.000399 3.352956 0.000000 -Ruzgar*** - Denizsic *** +
Havasic*** - Bnem ***

0.330737 0.130253 2355.203978 0.000097 3.298290 0.000000 - Denizsic *** + Havasic *** -
Bnem***

0.277547 0.249856 2314.521431 0.000000 1.501099 0.000000 -Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc ***

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA AdjR2 AICc JB K(BP) VIF Model

0.000000 0.987611 1188.225981 0.000000 0.000002 3.581297 +Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc***
- Bnem *** +Fspace***

0.000000 0.987597 1189.633846 0.000000 0.000000 4.669683 +Ruzgar*** - Denizsic *** - Basinc***
+ Havasic - Bnem *** +Fspace***

0.000000 0.986801 1205.637488 0.000000 0.000000 4.668560 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic -
Bnem *** +Fspace***

EK 1. (Devam) 2.69 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (* = 0.10, ** = 0.05, *** = 0.01)

EK 2. 4.5 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1338.65 0.00 0.04 1.00 0.00 +Fspace***

0.10 2303.15 0.00 0.86 1.00 0.00 -Ruzgar***

0.03 2323.42 0.02 0.15 1.00 0.00 - Basinc ***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1260.39 0.00 0.00 1.00 0.00 - Denizsic *** + Fspace ***

0.98 1305.34 0.00 0.00 1.06 0.00 + Bnem *** + Fspace ***

0.97 1329.87 0.00 0.00 1.15 0.00 +Ruzgar*** + Fspace ***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1218.96 0.00 0.00 1.59 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.98 1246.68 0.00 0.00 1.15 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** +Fspace***

0.98 1248.67 0.00 0.00 1.27 0.00 - Denizsic *** + Havasic *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1209.29 0.00 0.00 3.76 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.98 1213.21 0.00 0.00 1.67 0.00 + Ruzgar ** - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.98 1219.85 0.00 0.00 3.06 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 5 of 6 Summary

EK 2. (Devam) 4.5 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1199.89 0.00 0.00 3.76 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.98 1210.33 0.00 0.00 4.86 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem *** +Fspace***

0.98 1213.16 0.00 0.00 3.08 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic * +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1201.24 0.00 0.00 4.86 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem ***

+Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

***** Exploratory Regression Global Summary (PLOSS) *****

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 63 32 50.79

Max Coefficient p-value < 0.05 63 32 50.79

Max VIF Value < 7.50 63 63 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 63 5 7.94

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 19 0 0.00

Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

Fspace 100.00 0.00 100.00

Ruzgar 96.88 50.00 50.00

Denizsic 93.75 100.00 0.00

Basinc 78.12 87.50 12.50

Bnem 75.00 68.75 31.25

Havasic 50.00 56.25 43.75

EK 2. (Devam) 4.5 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

Ruzgar	1.24	0	-----
Denizsic	4.86	0	-----
Basinc	3.46	0	-----
Havasic	3.61	0	-----
Bnem	4.01	0	-----
Fspace	1.64	0	-----

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.416155	0.370355	2208.679151	0.000000	3.780204	0.000000	- Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem ***
0.396777	0.368965	2208.211620	0.000000	2.816635	0.000000	- Denizsic *** - Basinc *** - Bnem ***
0.305162	0.407250	2192.073841	0.000000	2.929736	0.000000	- Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** - Bnem ***

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.000000	0.983995	1199.887418	0.000000	0.000000	3.762352	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** - Bnem *** +Fspace***
0.000000	0.983981	1201.237172	0.000000	0.000000	4.860504	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** + Havasic - Bnem *** +Fspace***
0.000000	0.983376	1210.328660	0.000000	0.000000	4.860484	- Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem *** +Fspace***

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

EK 2. (Devam) 4.5 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (* = 0.10, ** = 0.05, *** = 0.01)

EK 3. 8.45 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.95 1405.30 0.00 0.26 1.00 0.00 +Fspace***

0.13 2212.66 0.00 0.13 1.00 0.00 - Ruzgar ***

0.08 2228.65 0.06 0.00 1.00 0.00 - Bnem ***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1314.15 0.00 0.04 1.02 0.00 - Denizsic *** +Fspace***

0.96 1370.91 0.00 0.01 1.16 0.00 + Bnem *** +Fspace***

0.95 1402.66 0.00 0.00 1.20 0.00 + Ruzgar * +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1259.92 0.00 0.00 1.53 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.97 1296.40 0.00 0.00 1.31 0.00 - Denizsic *** + Havasic *** +Fspace***

0.97 1303.81 0.00 0.00 1.23 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1245.53 0.00 0.00 3.37 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.97 1256.54 0.00 0.00 1.59 0.00 + Ruzgar ** - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.97 1261.08 0.00 0.00 3.00 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 5 of 6 Summary

EK 3. (Devam) 8.45 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1239.44 0.00 0.00 3.38 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.97 1245.41 0.00 0.00 4.36 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic * - Bnem *** +Fspace***

0.97 1257.24 0.00 0.00 3.02 0.00 + Ruzgar ** - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.98 1239.57 0.00 0.00 4.36 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic * - Bnem ***

Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

***** Exploratory Regression Global Summary (PLOSS) *****

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 63 32 50.79

Max Coefficient p-value < 0.05 63 34 53.97

Max VIF Value < 7.50 63 63 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 63 6 9.52

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 19 0 0.00

Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

Fspace 100.00 0.00 100.00

Bnem 93.75 68.75 31.25

Ruzgar 87.50 50.00 50.00

Denizsic 81.25 87.50 12.50

Basinc 78.12 90.62 9.38

Havasic 53.12 56.25 43.75

EK 3. (Devam) 8.45 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

Ruzgar 1.27 0 -----

Denizsic 4.36 0 -----

Basinc 3.37 0 -----

Havasic 3.59 0 -----

Bnem 3.99 0 -----

Fspace 1.71 0 -----

Summary of Residual Normality (JB)

JB AdjR2 AICc K(BP) VIF SA Model

0.504761 0.190927 2196.208593 0.000000 2.668239 0.000000 - Basinc *** - Havasic *** - Bnem ***

0.468317 0.369760 2128.590660 0.000000 3.780204 0.000000 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic -

Bnem ***

0.372923 0.155412 2208.022743 0.000000 3.298290 0.000000 - Denizsic *** + Havasic *** -

Bnem***

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA AdjR2 AICc JB K(BP) VIF Model

0.000000 0.975335 1239.574640 0.000000 0.000007 4.359630 + Ruzgar *** - Denizsic *** -

Basinc*** + Havasic * - Bnem *** +Fspace***

0.000000 0.975249 1239.437554 0.000000 0.000007 3.381225 + Ruzgar *** - Denizsic *** -

Basinc*** - Bnem *** +Fspace***

0.000000 0.974706 1245.407993 0.000000 0.000010 4.356306 - Denizsic *** - Basinc*** + Havasic *

- Bnem *** +Fspace***

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

EK 3. (Devam) 8.45 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (* = 0.10, ** = 0.05, *** = 0.01)

EK 4. 12.21 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.94 1325.34 0.00 0.97 1.00 0.00 + Fspace ***

0.31 1974.76 0.00 0.04 1.00 0.00 - Ruzgar ***

0.10 2040.89 0.21 0.00 1.00 0.00 - Bnem ***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.96 1244.48 0.00 0.02 1.00 0.00 - Denizsic *** +Fspace***

0.95 1310.19 0.00 0.71 1.18 0.00 + Bnem *** +Fspace***

0.94 1319.38 0.00 0.01 1.58 0.00 + Ruzgar *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.96 1206.85 0.00 0.00 1.47 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.96 1233.98 0.00 0.01 1.58 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** +Fspace***

0.96 1239.95 0.00 0.00 1.31 0.00 - Denizsic *** + Havasic *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1165.61 0.00 0.00 3.34 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.97 1200.65 0.00 0.00 1.61 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.96 1205.23 0.00 0.00 2.51 0.00 - Denizsic *** -F Basinc *** - Havasic ** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 5 of 6 Summary

EK 4. (Devam) 12.21 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1159.23 0.00 0.00 3.36 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.97 1163.67 0.00 0.00 4.33 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic ** - Bnem *** +Fspace***

0.97 1198.91 0.00 0.00 2.55 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic ** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.97 1157.45 0.00 0.00 4.35 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic ** - Bnem***

+Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

***** Exploratory Regression Global Summary (PLOSS) *****

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 63 34 53.97

Max Coefficient p-value < 0.05 63 43 68.25

Max VIF Value < 7.50 63 63 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 63 7 11.11

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 19 0 0.00

Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

Ruzgar 100.00 50.00 50.00

Fspace 100.00 0.00 100.00

Denizsic 93.75 96.88 3.12

Bnem 90.62 75.00 25.00

Basinc 84.38 68.75 31.25

Havasic 65.62 87.50 12.50

EK 4. (Devam) 12.21 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

Ruzgar	1.62	0	-----
Denizsic	4.35	0	-----
Basinc	2.66	0	-----
Havasic	3.21	0	-----
Bnem	3.87	0	-----
Fspace	2.07	0	-----

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.434579	0.171737	2022.552590	0.000000	2.343357	0.000000	- Basinc *** - Havasic *** - Bnem ***
0.374846	0.369985	1951.693704	0.000000	2.770095	0.000000	- Denizsic *** - Basinc *** - Bnem ***
0.374443	0.367506	1953.789061	0.000000	3.794099	0.000000	- Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem ***

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.000000	0.971022	1157.449620	0.000000	0.000101	4.351108	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** + Havasic ** - Bnem *** +Fspace***
0.000000	0.970697	1159.234832	0.000000	0.000550	3.359874	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** - Bnem *** +Fspace***
0.000000	0.970191	1163.671726	0.000000	0.000151	4.329800	- Denizsic *** - Basinc*** + Havasic** - Bnem *** +Fspace***

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

EK 4. (Devam) 12.21 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (* = 0.10, ** = 0.05, *** = 0.01)

EK 5. 18.01 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.91 1421.93 0.00 0.85 1.00 0.00 + Fspace ***

0.09 2056.94 0.00 0.00 1.00 0.00 - Ruzgar ***

0.03 2075.22 0.00 0.22 1.00 0.00 - Bnem ***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.93 1350.49 0.00 0.00 1.00 0.00 - Denizsic *** +Fspace***

0.92 1402.23 0.00 0.00 1.08 0.00 + Bnem *** +Fspace***

0.92 1403.32 0.03 0.00 1.19 0.00 + Ruzgar *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.94 1319.17 0.02 0.00 1.53 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.94 1320.86 0.00 0.00 1.19 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** +Fspace***

0.93 1345.15 0.01 0.00 1.29 0.00 - Denizsic *** + Havasic *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.94 1297.99 0.19 0.00 1.59 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** +Fspace***

0.94 1304.08 0.00 0.00 3.37 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.94 1317.91 0.00 0.00 3.01 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic ** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

EK 5. (Devam) 18.01 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Choose 5 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.95 1273.69 0.00 0.00 3.38 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Bnem *** +Fspace***

0.94 1294.50 0.03 0.00 3.03 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** - Havasic ***

+Fspace***

0.94 1305.95 0.00 0.00 4.26 0.00 - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem *** +Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.95 1275.62 0.00 0.00 4.27 0.00 + Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc *** + Havasic - Bnem ***

+Fspace***

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

***** Exploratory Regression Global Summary (PLOSS) *****

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 63 32 50.79

Max Coefficient p-value < 0.05 63 39 61.90

Max VIF Value < 7.50 63 63 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 63 4 6.35

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 18 0 0.00

Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

Ruzgar 100.00 50.00 50.00

Fspace 100.00 0.00 100.00

Denizsic 93.75 100.00 0.00

Basinc 81.25 87.50 12.50

Bnem 81.25 71.88 28.12

Havasic 62.50 75.00 25.00

EK 5. (Devam) 18.01 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

Ruzgar	1.27	0	-----
Denizsic	4.27	0	-----
Basinc	3.28	0	-----
Havasic	3.59	0	-----
Bnem	3.65	0	-----
Fspace	1.52	0	-----

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.192294	0.943161	1297.986814	0.000000	1.594283	0.000000	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** +Fspace***
0.167720	0.920464	1389.308045	0.000000	1.234209	0.000000	+ Ruzgar *** + Bnem *** +Fspace***
0.138455	0.324594	1977.563042	0.000000	2.816635	0.000000	- Denizsic *** - Basinc *** - Bnem ***

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.000000	0.324594	1977.563042	0.138455	0.000000	2.816635	- Denizsic *** - Basinc *** -Bnem***
0.000000	0.948172	1273.691017	0.000174	0.000000	3.375914	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** - Bnem *** + Fspace ***
0.000000	0.948015	1275.619494	0.000268	0.000000	4.265689	+ Ruzgar *** - Denizsic *** - Basinc*** + Havasic - Bnem *** + Fspace ***

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

EK 5. (Devam) 18.01 GHz için keşifsel regresyon sonuçları.

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (* = 0.10, ** = 0.05, *** = 0.01)

EK 6. Veriler.

Çalışmada kullanılan veriler CASPER-East kampanyası kapsamında toplanmıştır. Veri temini için Çağlar Yardım’a teşekkür ederiz.

