T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ'NDE YANGIN TEHLİKESİNİN MODELLENMESİ VE HARİTALANMASI

Turgay AKYÜZ

Danışman	**Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Gonca Ece ÖZCAN**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Mertol ERTUĞRUL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Turgay AKYÜZ tarafından hazırlanan "**Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nde Yangın Tehlikesinin Modellenmesi ve Haritalanması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Gonca Ece ÖZCAN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Mertol ERTUĞRUL Bartın Üniversitesi	.....

03/10/2019

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Nur BELKAYALI .....

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nde Yangın Tehlikesinin Modellenmesi ve Haritalanması

Turgay AKYÜZ
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK

Orman ekosistemlerini etkileyen yangınların önceden tahmin edilmesine yönelik çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Yangın tehlikesinin tahmin edilmesinde farklı metodlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Bursa Orman Bölge Müdürlüğünde 2013-2017 yılları arsında çıkan yangın verileri kullanılarak Maxent programında yangın tehlikesinin modellenmesi ve haritalanması yapılmıştır. Bunun için çıkan yangınlara ait yanıcı madde verileri topoğrafik veriler ve meteorolojik veriler kullanılmıştır. Yangın çıkma olasılığı haritası oluşturulurken toplam 366 adet orman yangın verisi kullanılmıştır. Jackknife testinin sonuçlarına göre yangın çıkma olasılığı tahmin modelini etkileyen önemli değişkenler bio1, bio15, bio5, bio2, bio10 olarak tespit edilmiştir. Yangın çıkma olasılığını tahmin etmek için geliştirilen uygunluk modeli oluşturulurken katkısı bulunan her bir değişken için en yüksek katkıyı sağladığı tespit edilen aralıkları içeren marjinal cevaplandırıcı eğriler grafikler halinde verilmiştir. Çalışma sonucunda; yangın çıkma olasılığı haritasının oluşturulmasında modeldeki en etkili parametrelerin iklim parametreleri içerisinde sıcaklık, yağış ve nisbi nem parametreleri olmuştur. Yangın çıkma olasılığını tahmin etmek için geliştirilen uygunluk modelinin ROC değeri=0,629 olarak tespit edilmiştir. Orman yangını oluşumu verilerine ve bazı etkili değişkenlere dayanarak, MaxEnt'in Türkiye'nin batı ormanlık alanlarındaki orman yangını duyarlılığını modelleme konusunda yüksek doğrulukta performansa sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Orman yangını, Maxent, Yangın tehlikesi modellemesi, Bursa

2019, 30 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

Fire Hazard Modeling and Mapping in Bursa Forest Directorate

Turgay AKYÜZ
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK

Studies on the prediction of fires affecting forest ecosystems are becoming increasingly important. Different methods are used to estimate the forest fire hazard. In this study, modeling and mapping of fire hazard in Maxent program was performed by using fire data obtained from Bursa Regional Directorate of Forestry between 2013-2017. For this purpose, fuel, topographic and meteorological data were used. A total of 366 forest fire data were used to create a fire probability map. According to the results of Jackknife test, the most important variables affecting the fire probability estimation model were determined as bio1, bio15, bio5, bio2, bio10. In constructing the conformity model developed to estimate the probability of fire, marginal responder curves containing the intervals determined to provide the highest contribution for each variable contributing are given in graphs. As a result; air temperature, precipitation and relative humidity parameters were the most effective parameters in the model for the creation of fire probability map. The ROC value of the suitability model developed to estimate the probability of a fire = 0.629. Forest fire occurrence data and based on some effective variables, MaxEnt the sensitivity of Turkey's western forest fires in forest areas were found to have high accuracy in modeling performance.

Key Words: Forest fire, Maxent, Fire hazard modeling, Bursa

2019, 30 pages
Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

"Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nde Yangın Tehlikesinin Modellenmesi ve Haritalanması" isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmalarım boyunca destek ve yardımlarını gördüğüm danışmanım Sayın Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK'e teşekkürü bir borç bilirim. Arazi çalışmaları ve tezin bu hale gelmesinde büyük katkısı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özkan EVCİN'e çok teşekkür ederim. Çalışmamda bana yardımcı olan Bursa Mustafakemalpaşa Orman İşletme Müdürü Ahmet Er'e ve Arş. Gör. Abdullah UGIŞ'a teşekkür ederim.

Turgay AKYÜZ
Kastamonu, Haziran, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI ……..	ii
TAAHHÜTNAME ……	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ.....	ix
HARİTALAR DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. Orman Yangınlarının Modellenmesinde Mekansal Teknikler.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Çalışma Alanı	10
3.3. Yöntem	12
3.3.1. Verilerin Düzenlenmesi	13
3.3.2. Modelin Oluşturulması ve Model Parametreleri	14
3.3.3. Model Doğruluğunun Denetlenmesi ve Testi.....	15
4. BULGULAR.....	16
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	23
KAYNAKLAR	25
ÖZGEÇMİŞ	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MaxEnt	Maksimum Entropi
ROC	Receiver Operating Characteristic
AUC	Area Under Curve

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Genel Bilgileri.....	10
Tablo 3.2. Modelleme İçin Kullanılan Ekolojik Değişkenleri.....	14
Tablo 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğüne Ait Meşcere Çağı ve Yangın Risk Sınıfı Tablosu	22

HARİTALAR DİZİNİ

Sayfa

Harita 3.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Orman Varlığı Haritası..... 11
Harita 3.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Hassasiyet Derecesi Haritası 11
Harita 3.3. Yangın Çıkan Alanları Gösteren Harita (Google Earth)..... 13
Harita 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nün Yangın Çıkma Olasılığı Haritası 21
Harita 4.2. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Risk Sınıfları Haritası 22

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Çıkma Olasılığı Model Perfomansı 16
Grafik 4.2. Modellemenin Performansını Gösteren ROC Eğrisini İçeren Grafik 17
Grafik 4.3. Modeli Yapılandıran Değişkenlerinin Marjinal Cevaplandırıcı Eğrileri..... 17
Grafik 4.4. Modelin Jackknife Analizi Sonucu Çıkan AUC Değerleri..... 20

1. GİRİŞ

Ormanlar özellikle sıcak ve kurak mevsimlerde yangın tehlikesi ile karşı karşıya bulunmaktadır. Ülkemiz Akdeniz coğrafyası ve iklim kuşağında yer alması sebebiyle özellikle yaz aylarında yangın tehdidi altında bulunmakta, buna bağlı olarak her yıl çıkan çeşitli sayıdaki orman yangınları sonucu önemli miktarda orman alanı zarar görmektedir (Bilgili ve Küçük 2000).

Orman yangınları ile karşı karşıya bulunan birçok ülkede, yangın çıkmasını önlemek, yangın öncesi ve yangınla mücadele planları yaparak yangın zararlarını en az seviyede tutmak için yangın organizasyonları oluşturulmuştur. Bu organizasyonların başarısı hiç kuşkusuz yangın potansiyelinin doğru ve zamanlı bir şekilde önceden tahmin edilmesine bağlıdır. Yangın potansiyeli değişken ve sabit çevre faktörlerine bağlı olarak değişmekte olup, bu değişimlerin hızlı bir şekilde analiz edilerek yangın organizasyonlarının hizmetine sunulması yangın organizasyonlarının başarısını etkilemektedir (Bilgili ve Küçük 2001; Durmaz 2004; Saglam vd., 2008; Arienti vd., 2009; Guettouche vd. 2011; Küçük vd., 2015). Yangın potansiyelinin belirlenebilmesi için, yangının ilk olarak başladığı ölü örtü tabakasına ait her türlü bilginin önceden bir araya getirilerek çok yönlü olarak değerlendirilebilmesi, yangın açısından potansiyel alanların ve bu alanlara ait tehlike kategorilerinin belirlenmesi, alternatif çözümlerin geliştirilebilmesi için önemli olmaktadır (Küçük vd., 2005).

Akdeniz ve Ege kıyıları boyunca yayılış gösteren saf kızılçam ve karaçam ormanları ile maki formasyonlarından oluşan alanlar yangına bağımlı alanlar olarak değerlendirilmekte ve en çok yangınların görüldüğü alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Bilgili vd., 2010). Akdeniz kuşağında Orman yangınla birinci derece hassas 7.182.051 ha alan, ikinci derece hassas 5.091.788 ha alan bulunmaktadır. Bir başka değişle ülkemizde ormanların yaklaşık % 60'ına tekabül eden 12 milyon hektarlık alan yangına çok hassas bölgelerde bulunmaktadır.

Orman yangınlarının her yönüyle iyi bir şekilde analiz edilmesi, yapılacak yangın söndürme organizasyonlarının etkinliği açısından oldukça önemlidir. Yangın çıkma ihtimalini haritaları geliştirmek ve bu bağlamda herhangi bir raster veri türü için

anahtar faktörleri tanımlamak kullanılabilecek bir yöntem için faydalı olacaktır. Orman yangınları açısından değerlendirildiğinde LANDFIRE verileri yalnızca Amerika Birleşik Devletleri için mevcut olduğu ifade edilmektedir. Bu sebeple herhangi bir raster veriyle çalışan basit bir yöntem/model, diğer ülkeler için, özellikle de önemli bir orman yangını izleme organizasyonu sahip finansal kaynakları olmayan ülkeler için de faydalı olacaktır. Orman yangınlarının çıkış sebepleri farklı olduklarından, farklı yangın sebeplerine dayalı olasılık haritalarını sağlayan bir yöntem de yararlı olabilir (Polk, 2017).

Doğal yangın çıkma olasılığı haritaları ve doğal olarak oluşan orman yangınları için etkili olan faktörler, iklim değişikliği bağlamında orman yangınlarını anlamada yararlı olabilir. Diğer taraftan herhangi bir raster veriyle eşleştirilebilecek bir bayesian yaklaşımı da faydalı olabilir. Aşırı karmaşık modeller, çoğu zaman özelleşmiş yetenekler ve birçok yerel kurumun sahip olmadığı ek kaynaklar gerektirir. Maxent bu özelliği (kolay uygulanabilir, maliyet gerektirmez) ile de, yangın yönetim organizasyonlarının önemli gördüğü şartlara dayanarak kendi tahmin haritalarını geliştirebilmesi için temel olacaktır.

Geman 2015'in belirttiği gibi, "Varlık getirilerinin ortak dağılımı g (~ x) çok değişkenli Gauss N (μ, Σ) 'dir. Normalliğin varsayılması, g (~ x) 'in verilen birinci ve ikinci dereceden istatistik μ ve Σ ile tüm çok değişkenli dağılımlar arasında maksimum (Shannon) entropiye sahip olduğunu varsaymakla eşdeğerdir. Son araştırmalar, MaxEnt yazılımının Logistic regresyon (LR) dahil diğer modellerle karşılaştırıldığında çok etkili bir araç olduğunu göstermiştir. Nitekim orman yangını ile ilgili yapılan iki çalışmada MaxEnt'in logistic regresyona karşı çok iyi bir performans sergilediği tespit edilmiştir (Massada ve Stewart, 2012; De Angelis vd., 2015).

Maxent'in diğer modelleme mantıkları ile karşılaştırması yapıldığında ortaya çıkan bir diğer önemli fark; sonuca etki eden etkili değişkenler arasındaki çoklu bağlantı kurabilmesi ile ilgilidir. Çok kutupluluk, MaxEnt'de model performansını engellemez, ancak model yorumlamasını engeller (Estrada-Pena ve ark 2013).

Maksimum entropi ilkesi, kesin olarak önceden belirtilen verilere bağlı olarak, mevcut bilgiyi en iyi temsil eden olasılık dağılımının en büyük entropiye sahip olan olduğunu belirtir. MaxEnt, Steven Phillips tarafından geliştirilen ve olay verilerini (x ve y koordinat bilgisine sahip basit bir csv dosyası) ve arka plan verilerini (herhangi bir sürekli veya kesikli değişken türü kullanarak) kullanarak coğrafi olayların olasılık dağılımlarını hesaplamak için Jayne'nin maksimum entropi ilkesini kullanan yazılımı ifade eder (Jaynes, E.T. 1957. "Information Theory and Statistical Mechanics". The Physical Review. 106(4):620-630; Phillips, S, R. Anderson and R. Schapire. 2006. "Maximum entropy modeling of species geographic distributions". Ecological Modelling. 190(3-4):231-259).

Orman yangınları ormanlık alanlarını ve tarım alanlarını, tahrip edebilmekte ciddi hasarlara neden olabilmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak orman yangınlarının sıklığının daha da artabileceği öngörülmektedir. Bu sebeple, yangına neden olan temel faktörleri tanımlamak ve bunların oluşumunu modellemek ve/veya tahmin etmek için hızlı, basit ve doğru bir yöntem geliştirmek çok önemli ve acil ihtiyaç haline gelmektedir. Bu amaçla çeşitli modelleme yöntemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Mevcut orman yangını ile ilgili çeşitli uygulamaların ve modellemelerin olmasına rağmen, hızlı ve kolay bir şekilde orman yangını dağılımları doğru olarak tahmin etmek için özel olarak tasarlanmış bir uygulama yoktur. Bu sebeple birçok planlamacı, genel çıkarım için tasarlanmış teknikleri kullanmıştır. Bu yüzden, LR gibi niş modelleme teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatür taramasında sonra niş modelleme tekniklerinin hızlı ve basit olasılık haritaları üretmek için iyi bir seçim olduğu sonucuna varılmıştır. Her ne kadar orman yangını simülasyon modelleri, orman yangını davranışının dağılımının anlaşılmasında anahtar rol oynar ise de, modelleme teknikleri, özellikle tür dağıtım yazılımı, yangın potansiyelinin arazi üzerindeki dağılımının tahmin edilmesine de yardımcı olur.

Bu çalışmanın amacı, yangın üzerinde etkili olan temel faktörlere bağlı olarak Bursa Orman Bölge Müdürlüğündeki doğal orman yangını oluşumunu modellemek ve tahmin etmektir. Bu tez çalışmasında, çeşitli bitki örtüsü, topografik ve iklim

değişkenleri incelenmiş ve mekansal dağılımlarına dayanarak ve doğal orman yangını oluşumu ile korelasyonlarını kullanarak kilit faktörler belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Orman yangınları tipik olarak coğrafi bilgi sistemi (GIS) adı verilen verileri analiz etmek için dijital bilgiler kullanılarak modellenir. Bu amaçla, bilgi sistemlerinin nasıl geliştiğinin anlaşılması faydalı olacaktır. Entropi, bir termodinamik sistem içindeki makroskopik bir durumu tarif eden atomların kombinasyonunun günlüğünü tarif etmek için kullanılabilir, ancak bir bilgi sistemi içindeki belirsizliğin ağırlığını tanımlamak için de kullanılabilir. Her ikisi de sistemde meydana gelen bilinmeyen süreçlere atıfta bulunur. Sistem ne kadar verimsiz olursa (veya bilgi sistemi hakkında ne kadar az bilgiye sahipsek) o kadar fazla entropi üretilir (Grander 2001, Jaynes, 1957).

Niş modellemesi, orman yangını uygunluğunu modellemek için uygun bir yaklaşım mıdır? Çünkü; dünyadaki orman yangınlarını modellemek için değişik yöntemler bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir simülatör PHOENIX RapidFire yazılımıdır. PHOENIX RapidFire, Avustralya'daki büyük, hızlı hareket eden yangınlar için yanıcı madde türlerini, topografyayı ve hava hallerini içeren sonuçlar üretmek için tasarlanmış bir orman yangını simülatörüdür. Model ayrıca, Fransa'nın güneyinde başarıyla uygulanmıştır (Pugnet 2013).

Regresyon modelleri birçok farklı ülkede kullanılmıştır. Dokuz farklı meteorolojik değişkenin dikkate alındığı Çin'de Daxing'an Dağları'nın Tahe orman bölgesinde yapılan bir çalışmada, üç tip regresyon modeli (çoklu doğrusal regresyon, log-doğrusal regresyon ve gama genelleştirilmiş doğrusal regresyon) karşılaştırmıştır (Guo vd. 2016).

Yakın geçmişte, orman yangını çıkma ihtimalini tahmin için makine öğrenme algoritmaları kullanılmış ve makine öğrenme teknikleri de bir tür niş modelleme tekniği olarak kabul edilmiştir. İspanya'da ormanlık sahalarda yapılan bir çalışmada LR'ye karşı üç tip makine öğrenme algoritması (Rastgele Orman (RF), Destek Vektör Makineleri ve Artırılmış Regresyon Ağaçları) karşılaştırılmıştır (Rodrigues ve De La Riva., 2014). Sonuçlar, düşünülen makine öğrenme algoritmalarının üçünün de LR'den daha yüksek puanlar ürettiğini göstermiştir.

Orman yangınlarının farklı yönlerinin modellenmesinde birçok CBS uygulaması vardır. Bunlardan birisi olan FARSITE, ABD Orman Servisi, Ulusal Park Servisi ve orman yangınlarının yayılmasını simüle etmek için diğer federal ve devlet kurumları tarafından yaygın olarak kullanılmakta; topografya, yanıcı madde ve meteorolojik değişkenlere dayalı orman yangını büyümesini simüle etmektedir (Finney 2004).

Yangın modelleme özelliklerine genel bir bakış olarak açıklanan FlamMap, ABD Orman Servisi ve Ulusal Park Servisi dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından da kullanılır. FlamMap, FARSITE'a tamamlayıcı bir uygulamadır. Çevre şartlarını statik varsayarak yangınları modellediği için, zamansal projeksiyonlar yapamaz. FlamMap, FARSITE'ten biraz daha az karmaşık olmasına rağmen, yine de oldukça karmaşık bir yazılımdır. FARSITE gibi, yangın ve arazi yönetimi kararlarını almak için yalnızca uygun yangın eğitimi ve tecrübesi olan yetkililere FlamMap kullanılması önerilir (Finney 2006).

Başka tür orman yangını modellemesi olan FOFEM (First Order Fire Effects Model) ağaç ölümlerinin, yanıcı madde tüketiminin, duman üretiminin ve orman yangınlarının sebep olduğu toprak ısınmasının öngörülmesi için tasarlanmıştır. Orman yangını etkilerinin modellenmesinin arazi kullanım planlamasında kullanıldığı durumlarda FOFEM şu anda mevcut olan en uygun yazılım olarak tercih edilebilir (Lutes 2014).

2.1. Orman Yangınlarının Modellenmesinde Mekansal Teknikler

Coğrafi teknolojilerle birleşmiş coğrafi veriler, önceki çalışmalarda orman yangını davranışının ve orman yangını olasılık dağılımının tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Erken yangın simülasyon modelleri, yarı-ampirik denklemleri ve veri tabanı kullanılarak yangın şiddeti, yayılma oranı ve yangın çevresi orman yangınının bazı özellikleri belirlenebilmektedir (Rothermel 1972; FCFDG 1992; Noble ve diğ. 1980; Cheney ve diğ. 1993). Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, orman yangını büyümesi FARSITE ve Prometheus gibi modeller ile tahmin edilmiştir (Finney 1998; Tymstra 2009; Finney vd., 2011).

MaxEnt, Bilgi Teorisi'nde güçlü köklere sahiptir ve bilginin evrimi ile ilgili temel bir kavram olan maksimum entropi ilkesine dayanmaktadır. 2004 yılında, Steven Phillips, makine öğrenmesi perspektifinden MaxEnt denilen tür dağılımlarını tahmin etmek için GIS yazılımını geliştirmiştir (Phillips 2006). MaxEnt ilk olarak tür dağıtım modellerine uygulandığından ve makine öğrenme teknikleri çoğu zaman ekolojistlerin dışında kaldığından, MaxEnt'i istatistiksel bir bakış açısıyla tanımlamak için birkaç yazarla birlikte çalıştı (Elith vd., 2011). Yazılım, doğruluğu ve verimliliği nedeniyle hızla en popüler tür dağıtım modellerinden biri haline geldi. Merow vd., (2013), 2006 ve 2013 yılları arasında MaxEnt ve tür dağıtım modelleriyle ilgili 1000'den fazla makale bulunduğunu ve popülerliğinin sebebinin tipik olarak diğer modellerden daha iyi performans gösterdiğini ve kullanımının çok kolay olduğunu söyledi.

MaxEnt ikili bir sınıflandırma tekniği olduğundan, yazılım tür dağılımlarından ziyade diğer coğrafi olay biçimlerini modellemek için başarıyla kullanılmıştır. Toprak kaymaları, viral ve bakteri salgınları ve orman yangınları gibi farklı doğal afet türleri için olasılık dağılımlarını elde etmek amacıyla MaxEnt kullanan birçok yeni çalışma vardır. MaxEnt ayrıca arazi kullanım planlaması ve insan yerleşimi, arazi sınıflandırması ve akıntı erozyonu potansiyeline de uygulanmıştır. Örneğin bir çalışmada, Qinghai-Tibet Platosu'ndaki insan yerleşimi için irtifa nedeniyle optimal geçiş bölgelerini değerlendirmek için MaxEnt kullanıldı (Cao 2013).

MaxEnt yazılımı dünyanın birçok yerindeki orman yangını dağıtımlarına başarıyla uygulanmıştır. Arpaci vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada, MaxEnt, Alp dağlarının bir bölümünde yangın havası endekslerini elde etmek için çoklu meteorolojik değişkenler kullanan RF'deki diğer makine öğrenme algoritması RF ile karşılaştırılmıştır. MaxEnt'in RF ile karşılaştırıldığında oldukça iyi performans gösterdiği gösterilmiştir. Sonuçlar ayrıca her iki modelin de en önemli sürücüler konusunda hemfikir olma eğiliminde olduğunu, ancak daha az önem taşıyan faktörler dikkate alındığında ayrıldığını gösterdi.

Peters (2013) çalışmasında, Wildland Urban Interface (WUI), Modifiye Palmer Kuraklık Endeksi (PMDI) ve entegre nem endeksi, bir MaxEnt modelini kullanarak

orman yangını oluşumlarını tahmin etme potansiyelleri açısından incelenmiş WUI ve PMDI etkili değişkenler olarak tespit edilmiştir.

Batllori vd., (2013), BIOCLIM değişkenlerini kullanarak orman yangınlarını modellemek için MaxEnt kullanmıştır, ancak çalışma, modeli LR gibi başka bir modelle karşılaştırmamıştır. Makale ayrıca, nem içeriğinde marjinal artış gösteren bölgelerin daha büyük bir risk gösterebileceğini öne süren önemli bir bulgu tartışılmıştır.

Massada (2012), tutuşma kaynaklarını, yanıcı bitki örtüsünü (yani yakıtlar), iklim ve topografyayı karakterize eden bir dizi açıklayıcı değişken ile orman yangınlarının değişkenliğini modellemek için MaxEnt'i kullandı. Tam bir model ve antropojenik olmayan orman yangınlarını temsil eden bir model oluşturulmuştur.

Benzer bir çalışmada Chen vd., (2015), Kuzeydoğu Çin'deki orman yangınlarında en etkili olan faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada, yangının başlangıcından önceki son üç gün boyunca hava durumu (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, yağış), yanıcı madde, yangın kaynağı ve topografya (yükseklik, eğim ve görünüm) analiz edildi. Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) de değişkenler arasındaki korelasyonu belirlemek ve yüksek korelasyonlu değişkenleri kaldırmak için kullanılmıştır. Çalışmada, düşünülen değişkenler arasında tutuşma günündeki tutuşturmaya sebep olan sebep sayısı, önceki 3 gün içinde yağış miktarı ve yıldırım şiddeti en önemli gibi görünüyordu. Bu üç değişkenin, yıldırım kaynaklı yangınların ana itici güçleri olması, uzun vadeli arazi kullanım planlamasında yardımcı olmasalar da şaşırtıcı olmamalıdır. Ortalama rüzgar hızı, eğim ve yüksekliğin, çalışma alanında fazla bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Genel olarak, devamsızlık hakkında yeterli bilgi mevcutsa, bir varlık / devamsızlık tekniği önerilir (Elith 2012). Orman yangını verileri, birçok gerçek veri gibi, genellikle devamsızlık hakkında bilgi içermez, bu nedenle sadece bir varlığın kullanılması faydalı olabilir.

Maksimum entropinin prensibi, maksimum entropinin olasılık dağılımını tahmin etmektir. Maxent (Maximum Entropy Models), değerler arasındaki kontrastları

yinelemeli olarak değerlendirir. Bu gözlemlerin ve genelin tamamındaki ortalama gözlemlerden oluşan bir arka plandakilerin çok sayıda noktadan örneklendiği gibi çalışma alanıdır. Maxent'in en önemli özelliklerinden birisi, birkaç fonksiyon tipini birleştirerek oldukça karmaşık fonksiyonlarına uyacak kapasite cevap verebilmesidir (Chen vd., 2015).

Çevre ile orman yangını olayları arasındaki ilişki çok iyi incelense de, orman yangını olasılık dağılımının modellenmesi, temelde devam eden sebeplerden dolayı sürekli yapılmaktadır. Tür dağıtım modellemesi, belirli bir coğrafi alanda potansiyel dağılımla ilgili bilgileri sağlayabilen önemli bir araçtır. Pek çok araştırmada çok çeşitli çevresel değişkenler kullanarak belirli bir yerde doğal orman yangını olasılığı modellenmeye çalışıldı (Gedalof ve ark. 2005; Parisien ve Moritz 2009; Parisien ve ark. 2006, 2012; Krawchuck ve ark. 2009; Bradstock 2010; Ziesler vd., 2013; Peterson 2006; Phillips ve ark. 2006).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın materyalini Bursa Orman Bölge Müdürlüğünde 2013-2017 yılları arasında çıkmış olan orman yangınlarının verileri oluşturmaktadır.

3.2. Çalışma Alanı

Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Cumhuriyet döneminde kurulan "Bursa Orman Müstakil Müdürlüğü" ile faaliyete başlamıştır. Bölge müdürlüğü 7 işletme müdürlüğünden oluşmakta olup toplam alanı 1.574.946 ha'dır (Tablo 1).

Tablo 3.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Genel Bilgileri

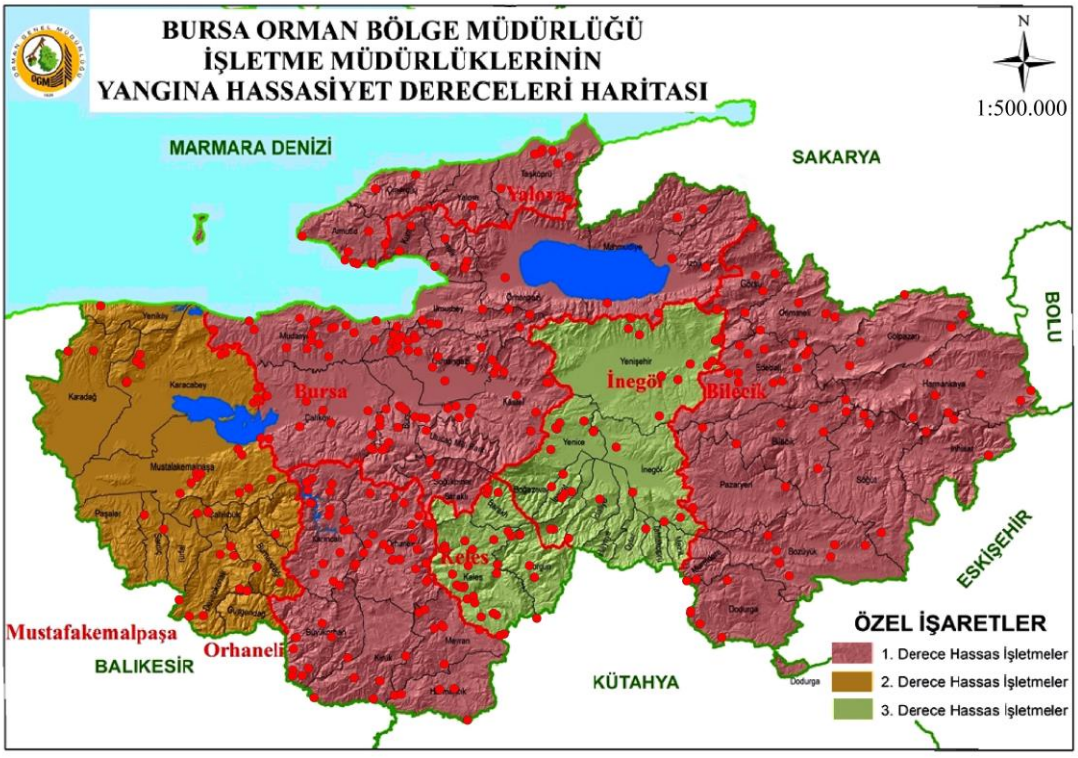
İşletme Müdürlüğü Sayısı	İşletme Şefliği Sayısı	Diğer Şeflik Sayısı	Orman Alanı (Ha)	Açıklık Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
7	66	10	759.292,6	815.653,7	1.574.946,3

Bölge müdürlüğü sınırları içerisindeki genel sahanın % 46'sını yakın platolar, % 34'ünü dağlık alanlar, % 16'sını ovalar, %4'ünüde yüksek yaylalar oluşturmaktadır. Genellikle Akdeniz iklim tipinin egemen olduğu bölge, aynı zamanda Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında geçiş yeridir. Hakim ağaç türleri ise; Kızılçam, Karaçam, Sarıçam, Fıstıkçamı, Göknar, Ardıç, Meşe, Kayın, Kestane, Ihlamur, Dişbudak ve Kızılağaç doğal yayılış göstermektedir. Endüstriyel Plantasyon sahalarından ise Sahil çamı, Fıstıkçamı ve Kavak ağaç türleri mevcuttur (Harita 3.1).



Harita 3.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Orman Varlığı Haritası

Bölge müdürlüğünün yangın hassasiyet derecesine bakıldığında genel olarak I. Sınıf yangına hassas bölgelere sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanında II. Ve III. Derece yangına hassas bölgeler de yer almaktadır (Harita 3.2).

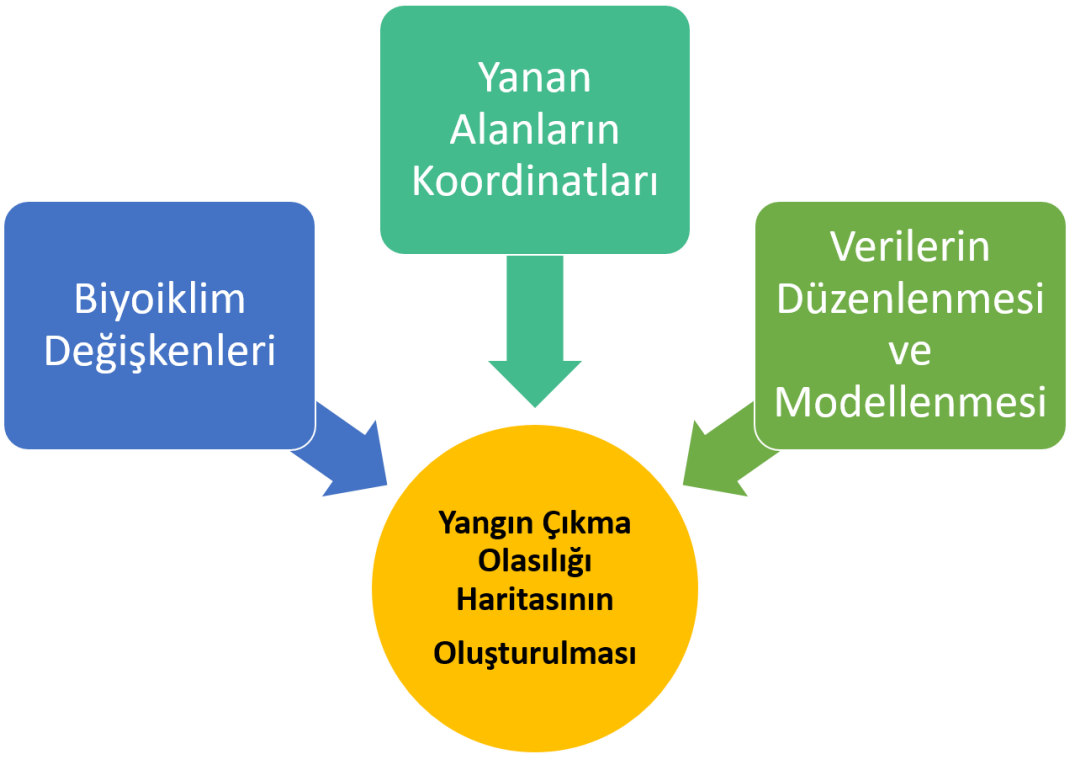


Harita 3.2. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Hassasiyet Derecesi Haritası

3.3. Yöntem

Çalışmanın yönteminde Bursa Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 2013-2017 yılları arasında çıkmış olan orman yangınlarının verileri kullanarak maksimum entropi yöntemi ile yangın çıkma potansiyeli olan alanlar belirlenmiş ve yangın risk haritası oluşturulmuştur.

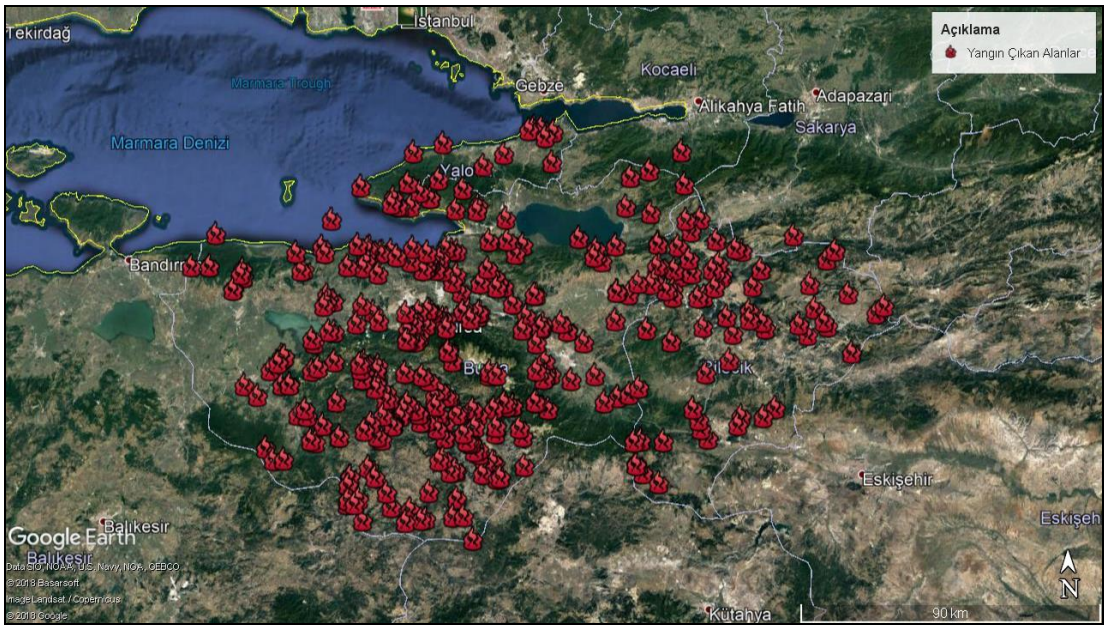
Bu amaçla literatür çalışmalarının incelenmiş, coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak yangın çıkan alanların koordinatları belirlenmiş, veriler modellemeye girebilecek şekilde düzenlenmiş ve modelleme yapılmıştır (Grafik 3.1).



Grafik 3.1. Çalışmanın Yöntemini Gösteren Diyagram

3.3.1. Verilerin Düzenlenmesi

Bursa Orman Bölge Müdürlüğünde 2013-2017 yılları arasında çıkmış olan orman yangınlarının koordinatları Google Earth programıyla eklenmiş, veriler KML formatına dönüştürülmüştür (Harita 3.1). Daha sonra bu veriler ArcMap programı yardımıyla programın okuyabileceği csv formatına dönüştürülmüştür.



Harita 3.3 Yangın Çıkan Alanları Gösteren Harita (Google Earth)

Tablo 3.2. Modelleme için kullanılan ekolojik değişkenler

Değişken	Rumuz	Açıklaması
Bioiklim Değişkenleri	Bio1	Yıllık ortalama sıcaklık
	Bio2	Ortalama Gündüz Sıcaklık
	Bio3	Eş ısı
	Bio4	Mevsimsel Sıcaklık
	Bio5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı
	Bio6	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı
	Bio7	Yıllık sıcaklık
	Bio8	En nemli ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
	Bio9	En kurak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
	Bio10	En sıcak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
	Bio11	En soğuk ilk üç ayın ortalama sıcaklığı
	Bio12	Yıllık yağış
	Bio13	En nemli ayın yağışı
	Bio14	En kurak ayın yağışı
	Bio15	Mevsimsel yağış
	Bio16	En nemli ilk üç ayın yağışı
	Bio17	En kuru ilk üç ayın yağışı
	Bio18	En sıcak ilk üç ayın yağışı
	Bio19	En soğuk ilk üç ayın yağışı

3.2.2. Modelin Oluşturulması ve Model Parametreleri

Modelin oluşturulması için veriler csv formatında programın Örnekler (Samples) kısmına eklenmiştir. Daha sonrasında değişkenlere ait altlık haritalar, çevresel katmanlar (Environmental Layers) kısmına eklenmiştir.

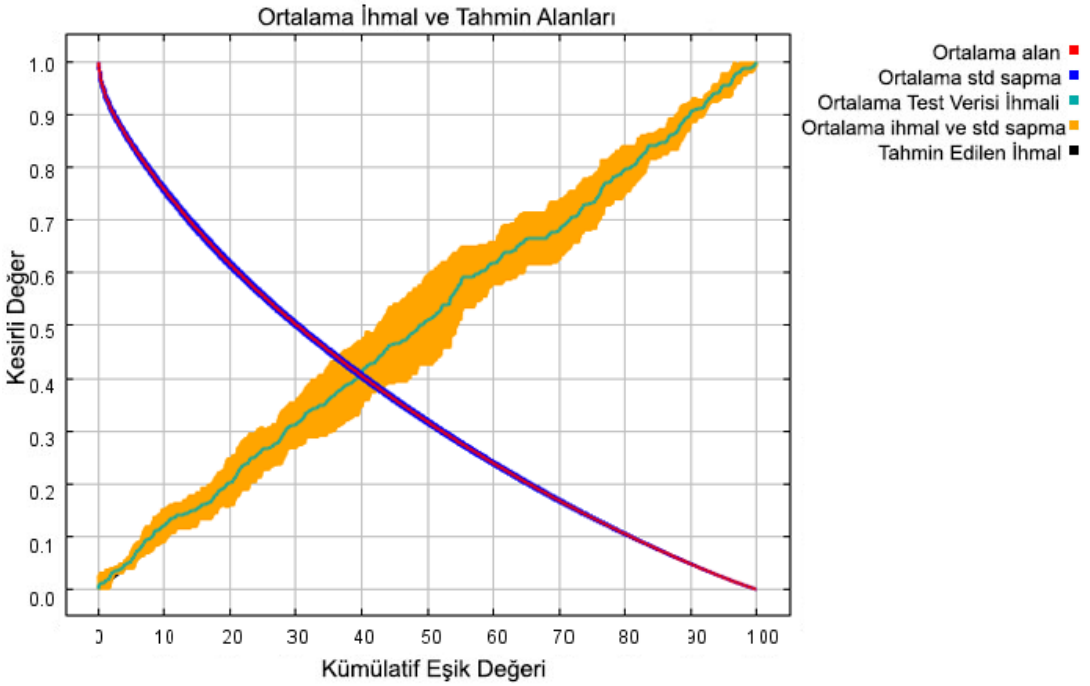
Modelleme yapılırken çıktı formatı olarak lojistik format kullanılmış, rastgele noktalama kullanılmış (random seed), 10 tekerrürde çalıştırılmış, Regularizasyon çarpanı 1 olarak alınmıştır (Philips vd., 2006).

3.2.3. Model Doğruluğunun Denetlenmesi ve Testi

Ekolojik modellemelerin doğruluğunun denetlenmesi ile ilgili olarak çeşitli yöntemler bulunmaktadır. MaxEnt modelleme uygunluk haritalarının denetlenme yöntemlerinden biri de Reciever Operating Characteristic (ROC) eğrilerinin değerlendirilmesidir (Philips vd., 2006, Evcin, 2018). Oluşturulan ROC eğrilerinin anlamlılığı Area Under Curve (AUC) ile yani eğri altında kalan alanın büyüklüğüyle ölçülür. AUC değeri 0,5 ila 1 arasında değerler almaktadır. AUC değerinin 1 sayısına yakınlığı oluşturulan modelin başarılı olduğunu gösterir. Diğer bir ölçüt ise Uygulama ve Test çizgilerinin değerlendirilmesidir. Bu çizgilerin ortadaki doğrusal çizgilere yakın olması gerekmektedir (Philips vd., 2006; Baldwin, 2009; Elith vd., 2011; Süel, 2014; Evcin, 2018). Modelleri etkileyen değişkenlerin sorgulanması ve değerlendirilmesi aşamasında ise jackknife yöntemi kullanılmaktadır (Krebs, 1998; Phillips, 2006).

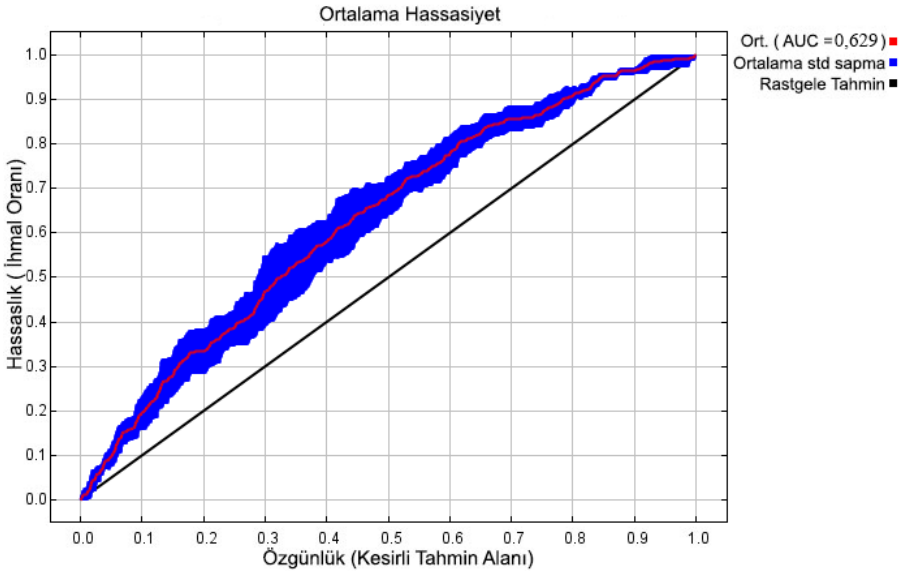
4. BULGULAR

Maxent 3.4.1 yazılımında Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki alanlara ait yangın çıkma potansiyel modeli belirlenmiş ve çevresel değişkenlerle ilişkileri analiz edilmiştir.



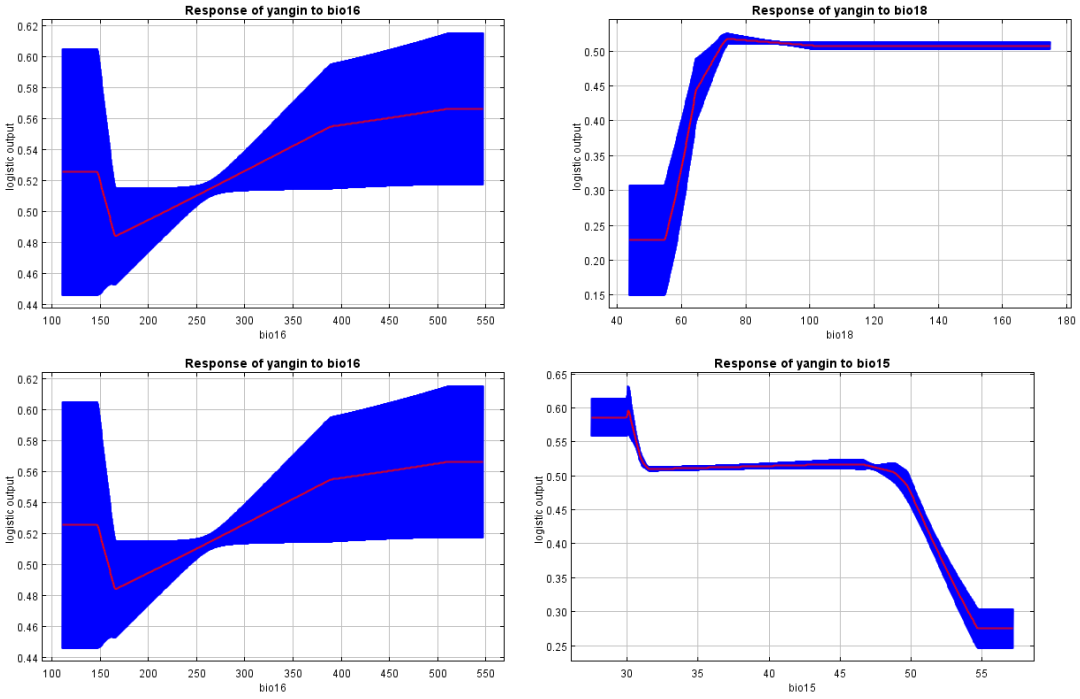
Grafik 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Çıkma Olasılığı Model Performansı

Alınan sonuçlar değerlendirildiğinde yangın çıkma ihtimalini tahmin eden modelin performansı güvenilir bulunmuştur (Grafik 4.1). Yangın çıkma olasılığını tahmin etmek için geliştirilen uygunluk modelinin ROC değeri=0,629 olarak tespit edilmiştir (Grafik 4.2).

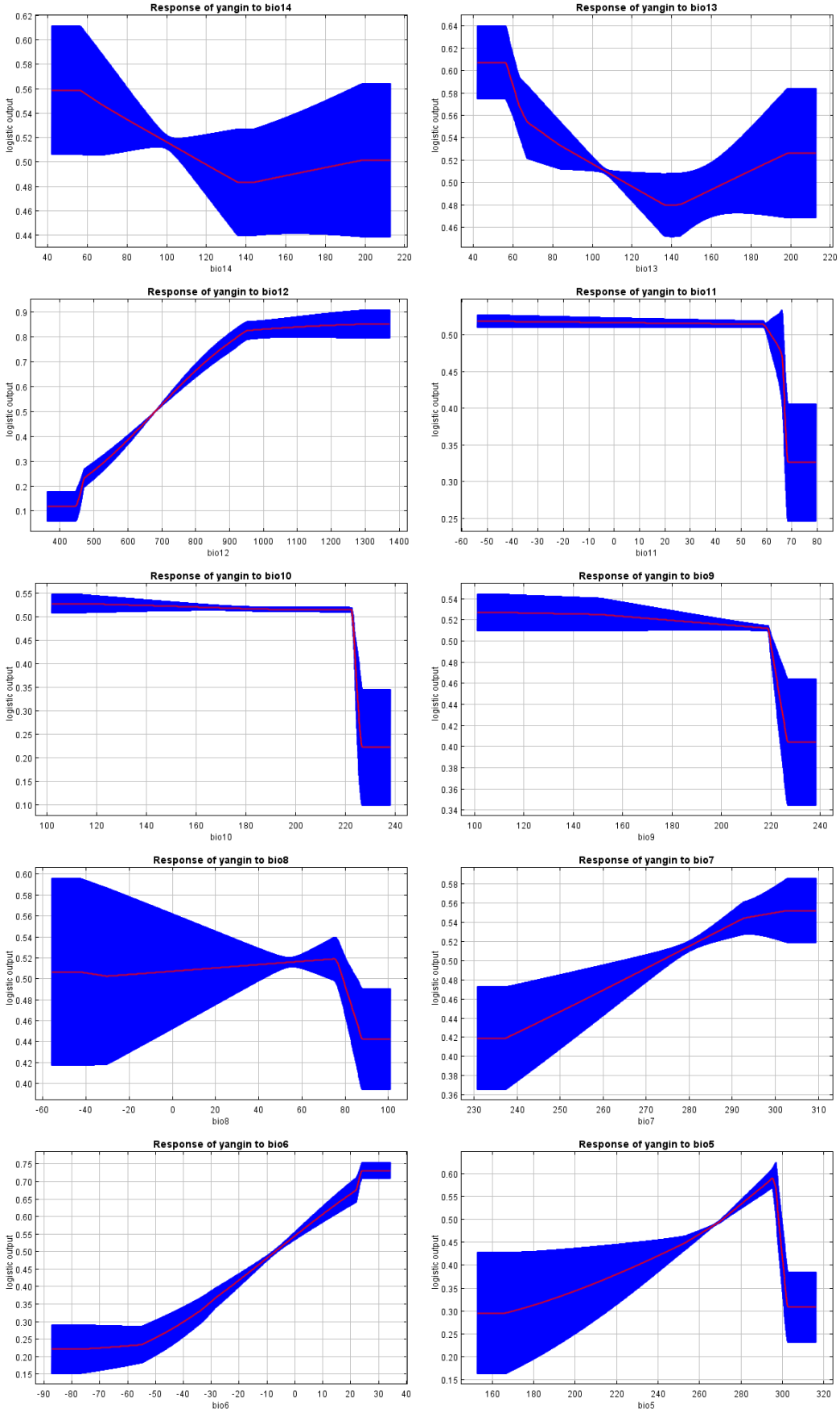


Grafik 4.2. Modellemenin performansını gösteren ROC eğrisini içeren grafik

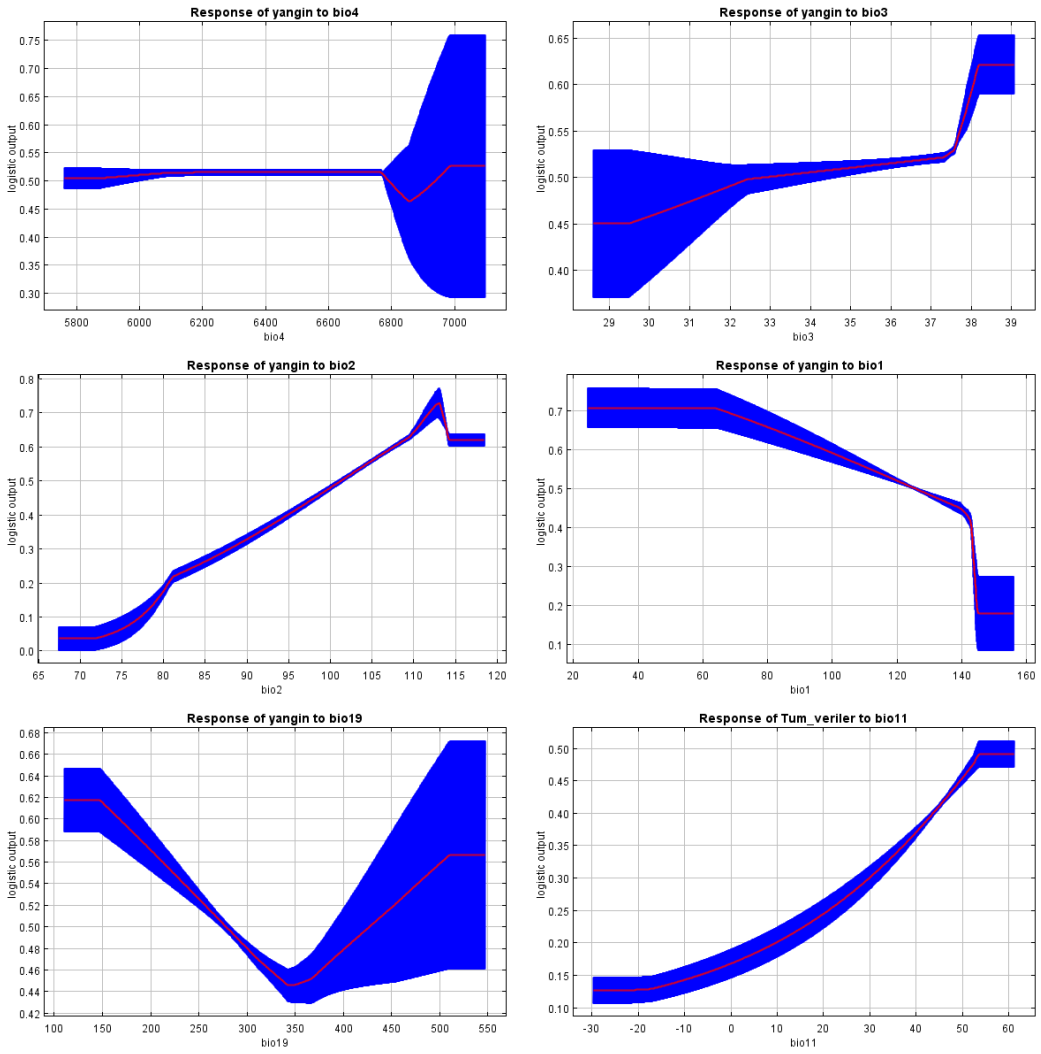
Yangın çıkma olasılığını tahmin etmek için geliştirilen uygunluk modeli oluşturulurken katkısı bulunan her bir değişken için en yüksek katkıyı sağladığı tespit edilen aralıkları içeren marjinal cevaplandırıcı eğrileri grafikler halinde aşağıda belirtilmiştir (Grafik 4.3).



Grafik 4.3. Modeli Yapılandıran Değişkenlerinin Marjinal Cevaplandırıcı Eğrileri

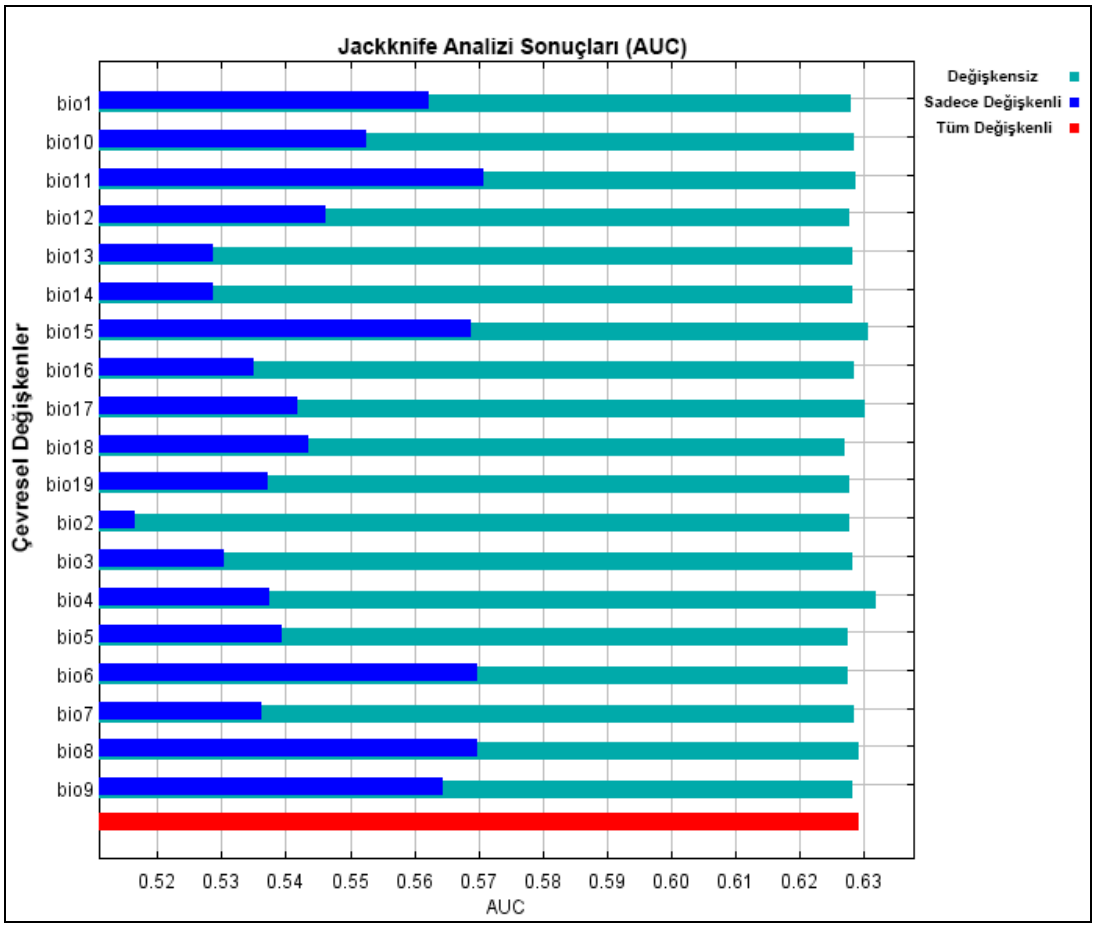


Grafik 4.3'ün devamı. Modeli Yapılandıran Değişkenlerinin Marjinal Cevaplandırıcı Eğrileri



Grafik 4.3'ün devamı. Modeli Yapılandıran Değişkenlerinin Marjinal Cevaplandırıcı Eğrileri

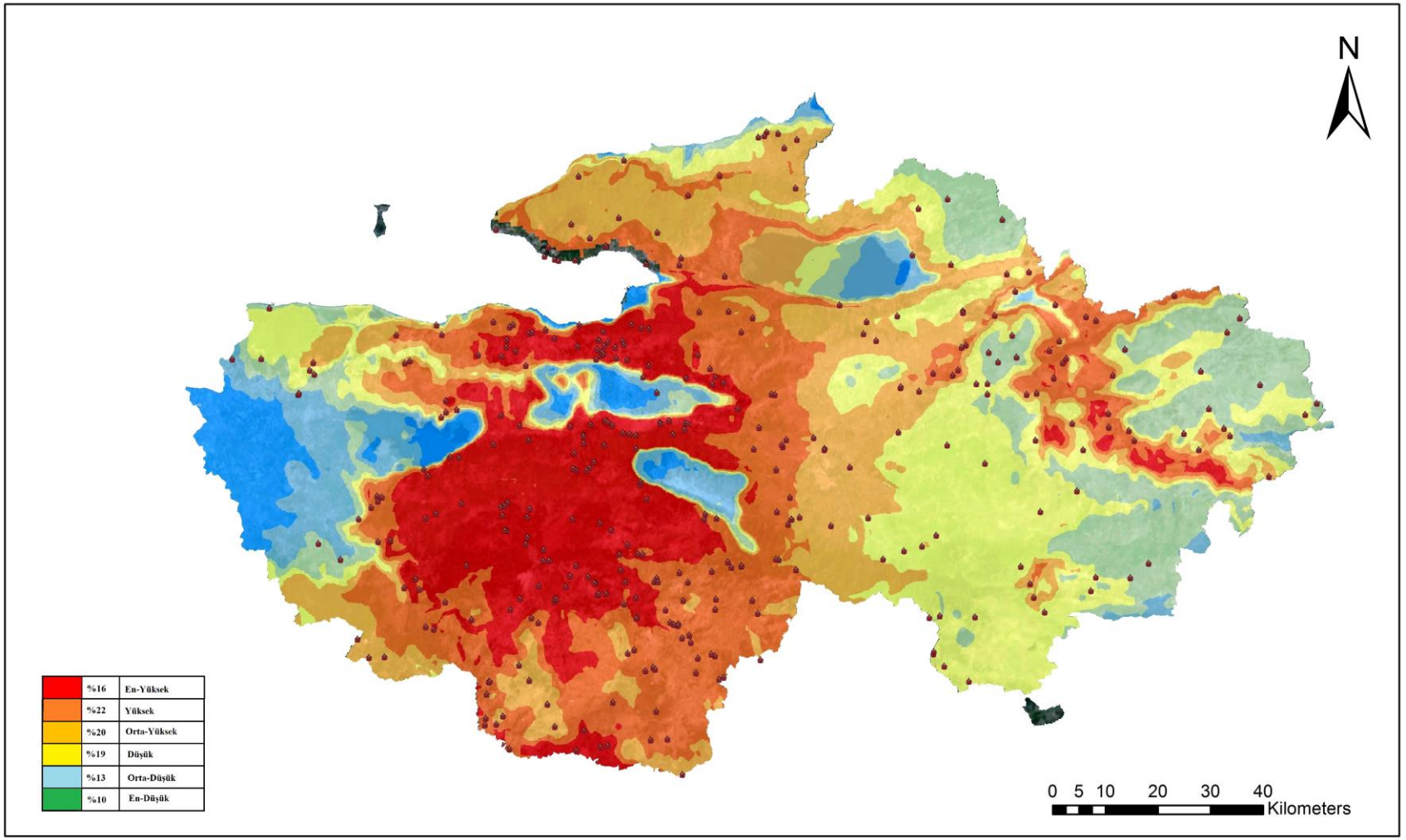
Jackknife testinin sonuçlarına göre yangın çıkma olasılığı tahmin modelini etkileyen önemli değişkenler bio1, bio15, bio5, bio2, bio10 olarak tespit edilmiştir. Zira orman yangınlarının çıkış sebepleri ağırlıklı olarak insan faktörüne bağlı olsa da meteorolojik şartlar yangının başlama ve gelişmesi aşamasında son derece önemlidir. Diğer taraftan yangın çıkma ihtimalini tahmin ederken ağırlıklı olarak meteorolojik parametreler kullanılmaktadır. Meteorolojik parametreleri oluşturan bu değişkenlerin en yüksek değerleri Yıllık ortalama sıcaklık, Mevsimsel yağış, En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı, Ortalama Gündüz Sıcaklık, En ılık ilk üç ayın ortalama sıcaklığı olarak bulunmuştur. Gösterilen değerler, tekerrürlerden elde edilen ortalamalardır (Grafik 4.4).



Grafik 4.4. Modelin Jackknife Analizi Sonucu Çıkan AUC Değerleri

Yapılan analizler sonucunda Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nün yangın çıkma olasılığı haritası oluşturulmuştur (Harita 4.1).

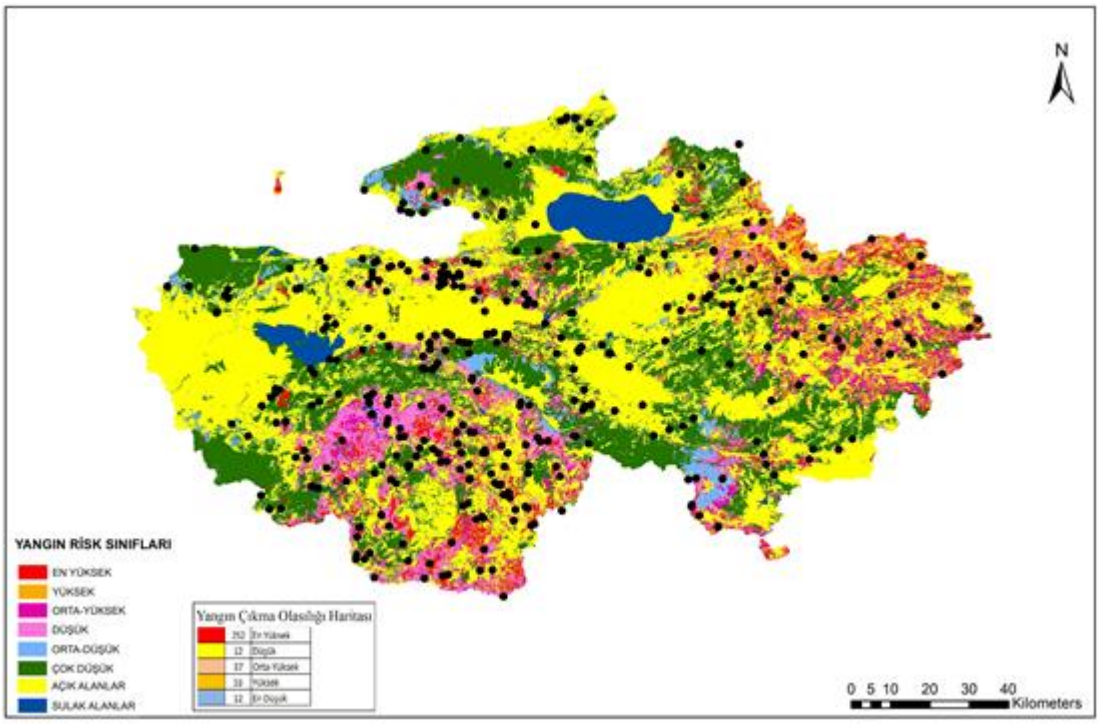
Yapılan analizler sonucunda Bursa Orman Bölge Müdürlüğünün meşcere çağları ile yangın risk sınıfları tablosu oluşturulmuş (Tablo 4.1) ve bu tablodan yola çıkarak yangın risk sınıfı haritaları oluşturulmuştur (Harita 4.2).



Harita 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nün Yangın Çıkma Olasılığı Haritası

Tablo 4.1. Bursa Orman Bölge Müdürlüğüne Ait Meşcere Çağı ve Yangın Risk Sınıfı Tablosu

Ağaç Türleri	Meşcere Çağı-Kapalılık	Yangın Risk Sınıfı
Çk	a-a0-a1-d1-d2-d3	Düşük
Çz		
Çk	a2-b2-ab2-bc2-c2	Yüksek
Çz		
Çk	a3-b3-ab3-bc3	En Yüksek
Çz		
Çk	Bozuk	Orta-Yüksek
Çz	Bozuk	
Tüm Yapraklılar	Hepsi	En-Düşük
Diğer Tüm İbrelier	Hepsi	Orta-Düşük
Açık Alanlar	Z-İs-Ts-OT-Ku-Dp	
Su Alanları	Su-Sa	



Harita 4.2. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yangın Risk Sınıfları Haritası

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bursa orman bölge müdürlüğünde 2013-2017 yılları arası çıkan orman yangınları veri tabanı kullanılarak bölge müdürlüğünün yangın çıkma olasılığı maxent modellemesi ile belirlenmiştir. Yangın çıkma olasılığı haritası oluşturulurken toplam 366 adet orman yangın verisinden faydalanılmıştır. Yangın çıkma olasılığı haritasının oluşturulmasında modeldeki en etkili parametreler iklim parametreleri olmuştur. Günümüzde de yangın çıkmadan önce yangın tehlike potansiyeli ağırlıklı olarak meteorolojik parametrelere göre tahmin edilmektedir (Kaynak). Bu çalışma sonuçlarına göre de maxent kullanılarak üretilen yangın çıkma olasılığı haritalarında da en etkili parametreler iklim parametreleri olmuştur. Geliştirilen modelin ROC değeri 0,629 olarak bulunmuştur. Benzer bir sonuca Ebrahimy vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada ulaşılmıştır. ROC değeri yanıcı madde, meteoroloji ve topoğrafik parametreler bağlı olarak 0,909 olarak bulunmuştur. Modelin hassasiyetini artırmak için çok geniş aralıklarda bu çalışmanın metodu uygulanabilir.

Modelde test edilen faktörler içerisinde iklim parametrelerinden bio1, bio15, bio5, bio2, bio10'un en etkili faktör olduğu tespit edilmiştir. Yangın potansiyelini belirlemek için farklı yaklaşımlar kullanılarak yapılan çalışmalarda da benzer parametrelerin etkili olduğu görülmektedir (Sağlam 2002; Kucuk vd., 2017; Coşkuner 2018; Bilgili vd., 2019). Bu model parametrelerine göre özellikle sıcak periyotlarda yangın çıkma ihtimalinin olacağı dikkate alınarak gözetleme faaliyetleri planlanabilir, yangın ekiplerine gerekli ikazlar yapılabilir, böylece çıkabilecek yangına en kısa sürede müdahale edilebilir.

Çıkmış yangın verileri ile maxent modellemesi yapılarak yangın çıkma olasılığı haritasının çakıştırılma işlemi yapılarak modelin test performansı gözlemlenmeye çalışılmıştır. Maxent modellemesinde alanın %38'i en yüksek ve yüksek yangın tehlike sınıfında yer aldığı görülmüştür. Bölgede çalışmanın yapıldığı dönemlerde çıkan yangınların başlangıç noktaları aynı haritanın üzerine aktarıldığında toplam 366 yangının 252'si en yüksek yangın tehlike alanında yer aldığı görülmüştür. Diğer bir ifade ile çıkan yangınların %69'u haritada çok yüksek yangın tehlike alanı olarak

belirlenen kısımda yer aldığı görülmektedir. Bu sonuç modelin söz konusu alan için uygulanabilir olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Geliştirilen modele göre yangın çıkma olasılığının yüksek olduğu yerlerin yangın hassasiyet haritasına göre yangına I. Derece hassas yerler olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma sonuçlarına göre bu modelleme mantığıyla yangın hassasiyet derecesi haritaları güncellenebilir. Diğer taraftan yangın çıkma olasılığı sadece meteorolojik parametrelere göre değil, aynı zamanda vejetasyon yapısı yol ağı, yerleşim yerleri ve tarım alanlarının ormanlık alanlara olan komşuluk ilişkileri de dikkate alınarak tespit edilebilir.

Orman yangını riskinin artması ve küresel iklim değişikliğine bağlı olarak beklenmeyen yangınların meydana gelmesi, orman yangını yönetiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir eylem haline gelmektedir. Bu durumda, gelişmiş yöntem ve web tabanlı CBS'nin birleşimi, etkin yönetimde, zararlı etkinliklerin önlenmesinde ve ayrıca yerel topluluklardaki katılımlarını kullanmak için farkındalık oluşturmada çok yararlı ve etkileyici bir role sahiptir. Orman yangını oluşumu verilerine ve bazı etkili değişkenlere dayanarak, MaxEnt'in Türkiye'nin batı ormanlık alanlarındaki orman yangını duyarlılığını modelleme konusunda yüksek doğrulukta performansa sahip olduğu görüldü. Benzer şekilde bir çok araştırmada da çeşitli çevresel değişkenler kullanarak belirli bir yerde orman yangını çıkma olasılığı modellenmiştir (Parisien ve Moritz 2009; Parisien ve ark. 2006, 2012; Krawchuck ve ark. 2009; Bradstock 2010; Ziesler 2013; Phillips ve ark. 2006).

Her ne kadar orman yangını simülasyon modelleri, orman yangını davranışının dağılımının anlaşılmasında anahtar rol oynar ise de, modelleme teknikleri, özellikle tür dağıtım yazılımı, yangın potansiyelinin arazi üzerindeki dağılımının tahmin edilmesine de yardımcı olur.

KAYNAKLAR

Arpaci, A., Malowerschnig, B., Sass, O., & Vacik, H. (2014). Using multi variate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. *Applied Geography*, *53*, 258-270.

Baldwin, R. A. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, *11*(4), 854-866.

Batllori, E., Parisien, M. A., Krawchuk, M. A., & Moritz, M. A. (2013). Climate change-induced shifts in fire for Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, *22*(10), 1118-1129.

Bilgili E., Coşkuner K.A., Usta Y., Sağlam B., Küçük Ö., Berber T., et al., "Diurnal surface fuel moisture prediction model for Calabrian pine stands in Turkey", IFOREST-BIOGEOSCIENCES AND FORESTRY, vol.12, pp.262-271, 2019

Bilgili, E., & Küçük, Ö. (2001). Yanıcı Madde Durumunun Yangın Hassasiyet Sınıflarının Belirlenmesindeki Önemi, I Ulusal Ormancılık Kongresi, 19-20 Mart 2001.

Bilgili, E., Baysal, İ., Dinç Durmaz, B., Sağlam, B., Küçük, Ö., 2010. Doğu Karadeniz ormanlarında orman yangınları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, 2010, Artvin.

Bradstock, R. A. (2010). A biogeographic model of fire regimes in Australia: current and future implications. *Global Ecology and Biogeography*, *19*(2), 145-158.

Chen, F., Du, Y., Niu, S., & Zhao, J. (2015). Modeling forest lightning fire occurrence in the Daxinganling Mountains of Northeastern China with MAXENT. *Forests*, *6*(5), 1422-1438.

Cheney, N. P., Gould, J. S., & Catchpole, W. R. (1993). The influence of fuel, weather and fire shape variables on fire-spread in grasslands. *International Journal of Wildland Fire*, *3*(1), 31-44.

Çoşkuner K,A. 2019.Türkiye Orman Yangın Tehlike Oranları Karar Destek Sistemi (TOYTOS)", Karadeniz Teknik Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı* Ocak, 2019

De Angelis, A., Ricotta, C., Conedera, M., & Pezzatti, G. B. (2015). Modelling the meteorological forest fire niche in heterogeneous pyrologic conditions. *PloS one*, *10*(2), e0116875.

Deblauwe V, Barbier N, Couteron P. The global biogeography of semiarid periodic vegetation patterns. Global Ecol Biogeogr. 2008; 17: 715-723.

Durmaz, B., D., (2004). "Meşçere özelliklerinin yangın potansiyeli üzerine etkileri" Yüksek lisans tezi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Ebrahimy, H., Rasuly A, Mokhtari D., 2017. Development of a Web GIS System Based on the MaxEnt Approach for Wildfire Management: A Case Study of East Azerbaijan. *Ecopersia*, 5 (3):1859-1873

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, *17*(1), 43-57.

Estrada-Peña, A., Estrada-Sánchez, A., & Estrada-Sánchez, D. (2015). Methodological caveats in the environmental modelling and projections of climate niche for ticks, with examples for Ixodes ricinus (Ixodidae). *Veterinary parasitology*, *208*(1-2), 14-25.

Evcin, (2018). "Kastamonu ve Sinop'ta Karacanın *(Capreolus capreolus*) Popülasyon Ekolojisi" *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*

Finney, M. A. (1998). FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation. *Res. Pap. RMRS-RP-4, Revised 2004. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 47 p., 4*.

Finney, M. A. (2004). FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation. *Res. Pap. RMRS-RP-4, Revised 2004. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 47 p., 4*.

Finney, M. A. (2006). An overview of FlamMap fire modeling capabilities. In *In: Andrews, Patricia L.; Butler, Bret W., comps. 2006. Fuels Management-How to Measure Success: Conference Proceedings. 28-30 March 2006; Portland, OR. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 213-220* (Vol. 41).

Finney, M. A., Grenfell, I. C., McHugh, C. W., Seli, R. C., Trethewey, D., Stratton, R. D., & Brittain, S. (2011). A method for ensemble wildland fire simulation. *Environmental Modeling & Assessment*, *16*(2), 153-167.

Forestry Canada Fire Danger Group, Canada. Forestry Canada. Science, & Sustainable Development Directorate. (1992). *Development and structure of the Canadian forest fire behavior prediction system* (Vol. 3). Forestry Canada, Science and Sustainable Development Directorate.

Gedalof, Z. E., Peterson, D. L., & Mantua, N. J. (2005). Atmospheric, climatic, and ecological controls on extreme wildfire years in the northwestern United States. *Ecological Applications*, *15*(1), 154-174.

Geman, D., Geman, H., & Taleb, N. (2015). Tail risk constraints and maximum entropy. *Entropy*, *17*(6), 3724-3737.

Guettouche, M. S., Derias, A., Boutiba, M., Guendouz, M., & Boudella, A. (2011). A fire risk modelling and spatialization by GIS. *Journal of Geographic Information System*, *3*(03), 254.

Guo, F., Wang, G., Innes, J. L., Ma, Z., Liu, A., & Lin, Y. (2016). Comparison of six generalized linear models for occurrence of lightning-induced fires in northern Daxing'an Mountains, China. *Journal of forestry research*, *27*(2), 379-388.

Hamid Ebrahimy, Aliakbar Rasuly, Davoud Mokhtari; Development of a Web GIS System Based on the MaxEnt Approach for Wildfire Management: A Case Study of East Azerbaijan. Ecopersia 2017, 5 (3):1859-1873

Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. *Physical review*, *106*(4), 620.

Krawchuk, M. A., Moritz, M. A., Parisien, M. A., Van Dorn, J., & Hayhoe, K. (2009). Global pyrogeography: the current and future distribution of wildfire. *PloS one*, *4*(4), e5102.

Krebs CJ (1998) Ecological Methodology. University of British Columbia. Benjamin/Cumming 2725 Sand Hill Road, Menlo Park.

Küçük, Ö., Bilgili, E., & Durmaz, B. D. (2005). Yangın Potansiyelinin Belirlenmesinde Yanıcı Madde Haritalarının Önemi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, *6*(1), 104-116.

Küçük, Ö., Bilgili, E., & Fernandes, P. M. (2015). Fuel modelling and potential fire behavior in Turkey. *Šumarski list*, *139*(11-12), 553-560.

Lutes, D. C. (2014). FOFEM 6.1 First Order Fire Effects Model user guide. *Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO*.

Massada A, Syphard AD, Stewart S. Wildfire ignition-distribution modelling: a comparative study in the Huron e Manistee National Forest. Int J Wildfire. 2012; 22(2): 174-183.

Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, *36*(10), 1058-1069.

Moreno R, Zamora R, Molina JR, Vasquez A, Herrera MA. Predictive modeling of microhabitats for endemic birds in South Chilean temperate forests using maximum entropy (maxent). Ecol Infor, 2011; 6: 364-370.

Noble, I. R., Gill, A. M., & Bary, G. A. V. (1980). McArthur's fire-danger meters expressed as equations. *Australian Journal of Ecology*, *5*(2), 201-203.

Oliveira S, Oehler F, San-Miguel-Ayanz J, Camia A, Pereira JM. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Fores. Forest Ecol Manag. 2012; 275: 117-129.

Omer Kucuk &Ozer Topaloglu &Arif Oguz Altunel &Mehmet Cetin, 2017. Visibility analysis of fire lookout towers in the Boyabat State Forest Enterprise in Turkey. *Environ Monit Assess* (2017) 189: 329

Parisien MA, Snetsinger S, Greenberg J, Nelson C, Schoennagel T, Dobrowski S. et al. Spatial variability in wildfire probability across the western United States. Int. J. Wildfire., 2012; 21: 313-327.

Parisien, M. A., & Moritz, M. A. (2009). Environmental controls on the distribution of wildfire at multiple spatial scales. *Ecological Monographs*, *79*(1), 127-154.

Parisien, M. A., Peters, V. S., Wang, Y., Little, J. M., Bosch, E. M., & Stocks, B. J. (2006). Spatial patterns of forest fires in Canada, 1980–1999. *International Journal of Wildland Fire*, *15*(3), 361-374.

Peters, M. P., Iverson, L. R., Matthews, S. N., & Prasad, A. M. (2013). Wildfire hazard mapping: exploring site conditions in eastern US wildland–urban interfaces. *International Journal of Wildland Fire*, *22*(5), 567-578.

Peterson, A. T. (2006). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models.

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol Model, 2006; 190: 231-259.

Polk, B. (2017). *Modeling Naturally Occurring Wildfires Across the US Using Niche Modeling* (Doctoral dissertation, Southern Illinois University Carbondale).

Pugnet, L., Chong, D., Duff, T., & Tolhurst, K. (2013, December). Wildland–urban interface (WUI) fire modelling using PHOENIX Rapidfire: A case study in Cavaillon, France. In *Proceedings of the 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia* (pp. 1-6).

Renard Q, Pélissier R, Ramesh BR, Kodandapani N. Environmental susceptibility model for predicting forest fire occurrence in the Western Ghats of India. Int J Wildland Fire., 2012; 21: 368-379.

Rodrigues, M., & De La Riva, J. (2014). An insight into machine-learning algorithms to model human-caused wildfire occurrence. *Environmental Modelling & Software*, *57*, 192-201.

Rothermel, R. C. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. *Res. Pap. INT-115. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 40 p., 115*.

Sağlam, B. 2002. Meteorolojik Faktörlere Bağlı Yanıcı Madde Nem İçerikleri ve Maki Tipi Yanıcı Maddelerde Yangın Davranışı. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon.*

Sağlam, B., Küçük, Ö., Bilgili, E., Durmaz, B. D., & Baysal, İ. (2008). Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *32*(4), 349-356.

Süel, 2014. Isparta-Sütçüler Yöresinde Av Türlerinin Habitat Uygunluk Modellemesi, 2014. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı*, Doktora Tezi, 151s., Isparta.

Tymstra, C. (2009). *Development and structure of Prometheus: the Canadian wildland fire growth simulation model*. Northern Forestry Centre.

Ziesler, P. S., Rideout, D. B., & Reich, R. (2013). Modelling conditional burn probability patterns for large wildland fires. *International journal of wildland fire*, *22*(5), 579-587.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Turgay AKYÜZ

Doğum Yeri ve Yılı : Akçabat 1981

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : aktur61@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Affan Kitapçıoğlu Lisesi

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi

Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri : İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş 2005-2010

İş Yeri : OGM-Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü 2010-2013

İş Yeri : OGM-Bursa Orman Bölge Müdürlüğü 2013-Devam etmekte