



Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar

B. Gayır^{1,*}, O. Arslan²

¹ Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Jeoinformasyon Bölümü, 41380,Kocaeli, Türkiye

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41380,Kocaeli, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14 Mayıs 2018

Kabul Tarihi : 2 Temmuz 2018

*Sorumlu yazarın e-posta adresi:
berkay.gayir@gmail.com

ÖZ

1977-2016 yılları arasında kayıtlı olarak toplam 10742 adet, yıl başına ortalama 269 adet yangının rapor edildiği, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, ülkemizdeki orman bölge müdürlükleri arasında “1. Derece Yangın Hassasiyetli” bölgedir. Çalışma bölgesinin yangın hassasiyetinin yanı sıra bölgenin turizm, sosyolojik ve ekonomik

özellikleri çalışmanın önemini artırmaktadır. Çalışma bölgesinde 2011-2015 yılları arasında nedeni, konumu, zararı, zamanı, ağaç türü, yangın tipi gibi özellikleri kayıt altına alınan toplam 1618 adet orman yangınının kümelenme araştırması yapılmıştır. Yangınların sadece konumlarının kullanıldığı nokta örüntü analizleri –kuadrat analizi, Ripley’in K Fonksiyon testi, Ortalama En yakın Komşuluk Analizi- ile kümelenme araştırması yapılmıştır. Yangınların kayıt altına alınan diğer öznelik bilgilerinin kümelenme araştırmasına dahil edildiği global ve yerel mekânsal otokorelasyon teknikleri- Getis Ord G*, Moran I, Anselin Yerel Moran I- ile yangınların niteliklerine göre kümelenme araştırması yapılmıştır. Yapılan çalışmada yangınların nedenlerine göre kümelenme eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Yola ve yerleşim yerlerine yakınlıkları, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi ortak özelliklerine göre bölgenin çeşitli yerlerinde kümelenmeler görülmüştür. Çalışma sonucu elde edilen örüntü ve mekânsal dağılım verileri yangınlara müdahale çalışmaları, engelleme ve engelleyici politikalara altlık teşkil edebilecek ve hazırlanması öngörülen risk haritalarına da yardımcı olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Konumsal İstatistik, Moran I, Getis Ord, Orman, Orman Yangını, Kümelenme, Ripley

GIS Based Spatial Statistical Analysis of Forest Fires: Wildfires in Muğla Forest District Boundaries Between 2011 and 2015

ABSTRACT

Muğla Regional Directorate of Forestry is the "First Degree to Fire Sensitivity", among the regional directorates of forestry in our country, reporting a total of 1,0774 fires and an average of 269 fires per year between 1977 and 2016. In addition to the existing fire sensitivity, the region's tourism, sociological and economic characteristics have increased the significance of the study. Spatial patterns of 1618 forest fires were investigated In the study area between 2011 and 2015 in which the characteristics such as the cause, location, damage, time, type of tree, type of fire were recorded. Point pattern analyses of forest fires such as quadrat analysis, Ripley 's K function test, Average Nearest Neighbor Analysis were investigated for clustering patterns in the study. Global and local spatial autocorrelation techniques including GetisOrd G *, Moran I and Anselin Local Moran I were included in the study for the fire clustering research considering other attributes of fire. In the study conducted, it was concluded that the fires tend to cluster according to the reasons. Clusters were observed in various parts of the study area according to their common features such as proximity to the settlement, temperature, wind and humidity. The resulting patterns and spatial distribution of the data can serve as a benchmark for interference interventions, prevention and disruptive policy, and may assist in the preparation of the foreseen risk maps.

Key Words: Spatial Statistic, Moran I, Getis Ord , Forestry, Wild Fire, Cluster, Ripley

Bu makaleye atf:

Gayır, B, Arslan, O., 2018. Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 44-60.

1. Giriş

Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 285 sayılı “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları” adlı tebliğe göre orman yangını, serbest yayılma eğiliminde olan ve ormanda yaşama birliği içinde bulunan canlı ve cansız bütün varlıkları yakarak yok eden ateştir (OGM, 2008). Her yıl bu yangınlarla binlerce hektar alan yok olurken, insanlar için ücretsiz oksijen üreten alanlar da yok olmakta, ormanda yaşayan hayvanlar da barınma alanlarını kaybetmektedir. Ayrıca bu yangınlarla ormanı korumakla mükellef olan devlet ise öz kaynaklarını; orman yangınlarını önleyici tedbirler almaya, yangınları engellemeye ve yangın sonrası tahribatı azaltmaya ayırmaktadır. Devlet orman yangınlarını engelleyici politikalar, eğitimler vb. hizmetlerle orman yangınlarını engellemeye en azından insan kaynaklı orman yangınlarının önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Yangınlarla ilgili yapılan çalışmalar yangınlar öncesinde yangınların tespit edilmesi, müdahale sistemlerinin ve risk haritalarının oluşturulması ile planlamanın yapılmasını kapsarken; yangın sonrası yapılan çalışmalar ise bölgeye verdiği zararlar, yanan alanların ıslahı yönünde olmaktadır. Bu çalışma orman yangınları müdahale sistemleri ve risk haritalarının oluşturulmasına altlık teşkil edebilecek orman yangınlarının konumlarına dayalı mekânsal istatistik çıkarımını esas almaktadır.

Konumsal ya da mekansal istatistik, noktaların konum verilerini kullanarak verilere istatistiksel test uygulamayı ve mekânsal desen arayışını temsil eder (Akyürek and Arslan, 2018). Mekansal istatistiğin öncelikli adımlarından biri mekânsal dağılımın ya da kümeleşmenin ölçülmesi; verilerin kümeleşmiş, dağınık/tekdüze veya rastlantısal olduğuna karar verilmesidir. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri); konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren sistemlerin genel adıdır (Gayır ve ark., 2015; Kapluhan, 2014). CBS tabanlı konumsal istatistik analizleri; CBS yazılımlarının veri gösterimi, grafiklendirilmesi ve birçok veriyi ilişkilendirip aynı ekranda gösterilmesi gibi kolaylıklarını kullanarak aynı konumsal istatistik testlerini ifade etmektedir. Günümüzde ve geçmişte konumsal istatistik testlerinin vazgeçilmez kısmı olmuştur.

Özellikle yabancı literatürde orman yangınlarının öznitelik verilerinden yapılan birçok konumsal istatistik çalışması bulunmaktadır. Fuentes-Santos ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada İspanya'nın kuzeydoğusunda yer alan Galiçya özerk bölgesinde

yer alan ormanlık alanlarda 1961-2011 yılları arasında rapor edilen 245593 adet yangının verilerine dayanarak bir araştırma yapılmıştır. Bu yangın verileri kullanılarak kernel yoğunluk analizi ile kestirim yapılmış olup, sebeplerine göre yeniden sınıflandırılan yangınlar homoejenlik testine tabi tutularak kümelenme analizi yapılmıştır. Serra, Laura Juan ve ark. (2013) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise İspanya'nın Katalonya özerk bölgesinde 2004-2008 yılları arasında çıkan orman yangınlarının analizi yapılmıştır. Bu çalışmada öncelikle yangınlar için nedenleri kullanılarak korelasyon araştırması, devamında ise elde edilen sonuçlara göre yıllar içinde bu parametreler için benzerlik/ ilişki araştırması yapılmıştır. Guo, Futao Su ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada 2000-2008 yılları arasında Güneydoğu Çin de yer alan Fujian Eyaletinde meydana gelen orman yangınlarının konumsal örüntü araştırmaları yapılmıştır. Bu verilere Ripley'in K fonksiyon testi uygulanmış ve bölgeye ait yol, meteoroloji istasyonları, eğim bilgileri kullanılarak elde edilen regresyon modeliyle yangın risk haritası oluşturulmuştur. Chou, Yue-Hong Minnich ve ark. (1990) tarafından yapılan çalışmada ise Kaliforniya'da bulunan San Jacinto dağı Idyllwild paftasında 1911-1984 yılları arasında rapor edilen yangınlarda konumsal otokorelasyon testleri uygulanmıştır. Bölgeye ait karayolu, kamp alanları, yerleşim yerleri ve topoğrafya verileri dikkate alınarak yapılan Moran I istatistik sonuçlarına göre regresyon modeli oluşturulmuştur. Duran (2014) tarafından yapılan çalışmada 2001-2013 yılları arasında Mersin İlinde meydana gelen orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analiz çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada yangınları etkileyen meşçere tipi, yollara uzaklık, tarım alanlarına uzaklık, yükseklik, eğim ve bakı bilgileri kullanılarak öncelikle ağırlık araştırması yapılmış. Daha sonra kernel yoğunluk ve Getis Ord G* istatistiği sonuçlarına göre haritalar oluşturularak yorumlanmıştır. (Duran, 2014)

Orman yangınları ile yapılan çalışmalarda yangınlarının konumlarının yanı sıra başlama noktası, ilk tutuşma malzemesi, nedenleri verileri yangınlardan daha anlamlı veri çıkarmayı sağlayabilecek diğer verilerdir. Bir bölgede çıkan orman yangınlarının kümelenmesinin anlamlı bulunması yangın ve yangınla ilgili alınacak önleyici ve engelleyici politikaları doğrudan etkileyebilecektir. Ülkemiz gelişmekte olan bir ülke olması uzun vadeli planlarında orman alanlarını genişletmeyi öngörmektedir. Bu yüzden çalışmada seçilen bölge Türkiye'nin büyük tahribatlı orman yangınlarıyla da bilinen Muğla Orman Bölge

Müdürlüğü'dür. 2011-2015 yılları arasında Bölge Müdürlüğünce rapor edilen 1618 adet orman yangınının belirtilen yöntemler konumsal istatistik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlardan grafik haritalar üretilmiştir. Elde edilen haritalar yorumlanarak sonuç ve öneriler yapılmıştır.

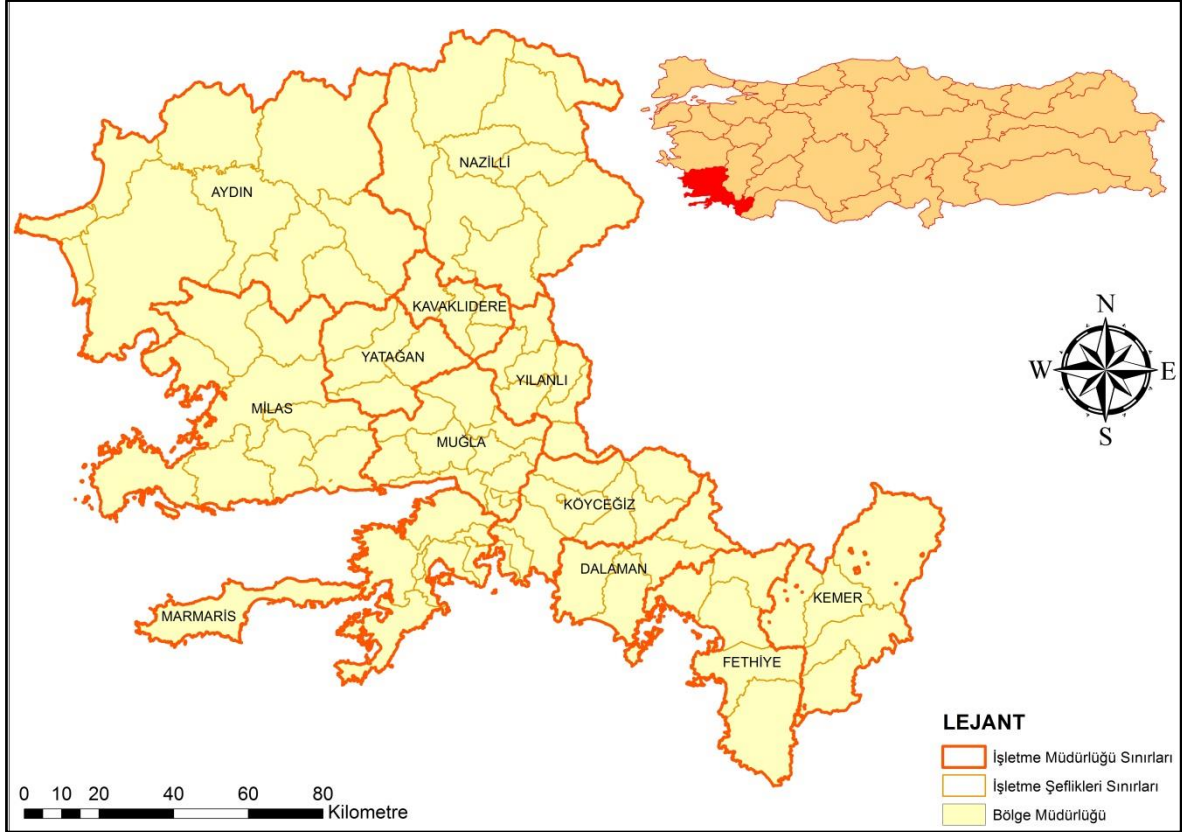
2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanını ülkemizde yer alan 28 adet Orman Bölge Müdürlüğünden biri olan Muğla Orman Bölge Müdürlüğü oluşturmaktadır. Sınırları ülkemizin batısında yer alan Aydın ve Muğla illerinin mülki idare sınırları oluşturmaktadır. Çalışma alanında iklim olarak Akdeniz iklimi hakimdir. 800 m. yüksekliğe kadar olan alanlarda "Asıl Akdeniz İklimi" ve daha yüksek alanlarda

"Akdeniz Dağ İklimi" hissedilir. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık 44.8°C ve en düşük sıcaklık -12,6°C olarak ölçülmüştür. Metrekareye ortalama yıllık 920,05 mm'den yağış almakta olup yağışların büyük çoğunluğu kış mevsiminde düşer ve yaz kuraklığı belirgindir. Bölgede ölçülen en hızlı rüzgar değeri ise 119,2 km/sa' dir. Aynı zamanda çalışma bölgesinde ülkenin turizm açısından önemli merkezleri bulunmaktadır.

Orman Bölge Müdürlükleri yönetim organizasyonuna göre bölge müdürlüklerine bağlı işletme müdürlükleri ve bu işletme müdürlüklerine bağlı işletme şefliklerinden oluşmaktadır. Çalışma bölgesinde 12 İşletme Müdürlüğü ve bu İşletme Müdürlüklerine bağlı olarak 85 adet İşletme Şefliği mevcuttur. Şekil'1 de çalışma alanı konumu, sınırları, ile çalışma alanında bulunan işletme şefliği ve işletme müdürlüklerinin sınırları görülmektedir.



Şekil 1 Muğla Orman Bölge Müdürlüğü ve sorumluluğundaki işletme müdürlükleri ve işletme şeflikleri sınırları

Çalışma alanı olan Muğla Orman Bölge Müdürlüğü; Türkiye yüzölçümünün % 2,66'lık kısmını kapsamakta ve ülkemiz coğrafyasındaki ormanların %5,45' ini barındırmaktadır. Çalışma alanında 1.156.983 ha orman varlığı bulunmaktadır. Bu miktarın 750.160 hektarı verimli orman ve 406.823 hektarı bozuk orman olmak üzere genel sahanın % 56'sı ormanlıktır. Türkiye'nin toplam

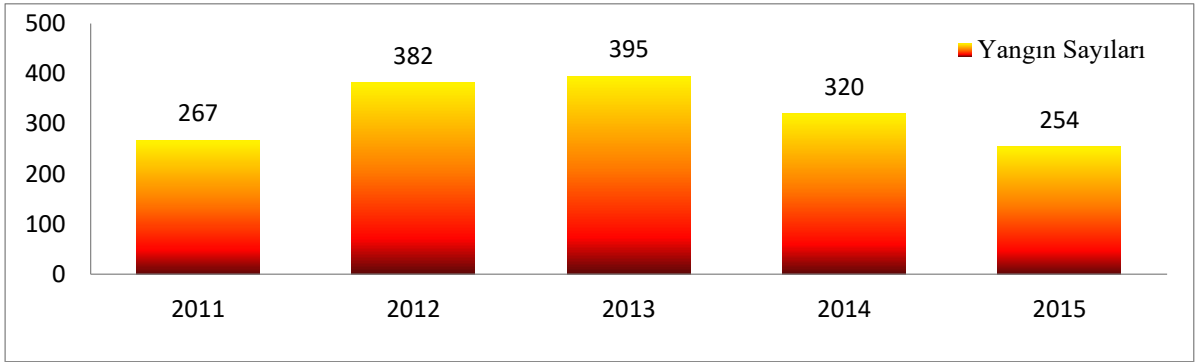
orman varlığının %28,6 olduğu düşünüldüğünde çalışma bölgesinde ülke ortalamasının neredeyse iki katı kadar orman varlığı bulunmaktadır. Ayrıca 78.013.658 m³ servet ile ülkemiz orman bölge müdürlükleri arasında en fazla servete sahip 4. bölge müdürlüğüdür. 2004-2016 yılları arasında kayıt altına alınan 105882 yangından, 10003 tanesi çalışma alanında çıkmıştır. Yangın sayısı

bakımından da ülkemizde 3. sıradadır. (Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, 2018; OGM, 2016, 2013).

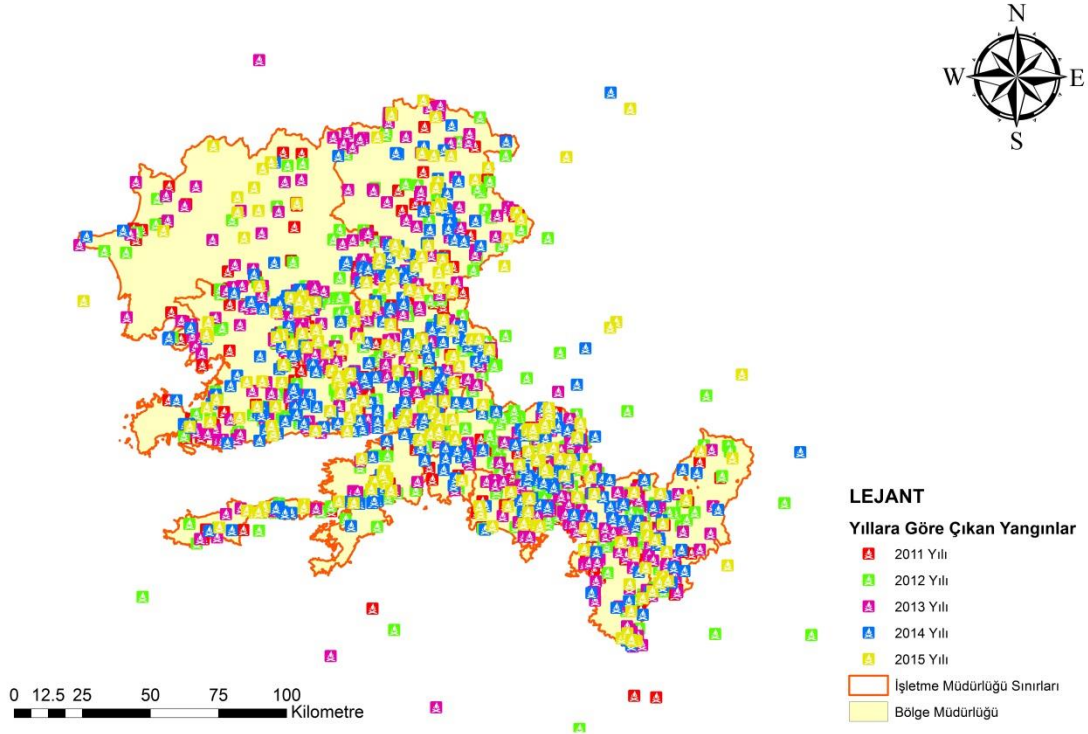
2.1. Veri seti

Çalışma alanında 2011-2015 yılları arasında kayıt altına alınmış toplam 1618 orman yangını verisi bulunmaktadır. Orman yangınlarıyla beraber yangının çıktığı, ilk müdahale edildiği ve söndürüldüğü tarih ve zamanın verisi bulunmaktadır. Yangının hangi işletme müdürlüğünün, hangi işletme şefliği sınırları içinde kaldığı, hangi bölme, bölmecik ve serilerde çıktığı, başladığı yerin koordinatları, yangının zarar verdiği meşçere

bilgileri, büyüklüğü ile ağaçlandırma zararı yer almaktadır. Ayrıca yangına müdahale ve söndürmede görev alan personel, araç-gereç listesi ile bu konularda yapılan harcamalar ayrıntılı şekilde tutulmuştur. Bunlarla birlikte yangının etkilediği bölgenin fiziki bilgileri, yangın çıktığı andaki meteorolojik bilgiler ve yangın çıkış sebepleri kayıt altına alınmıştır. Bu verilerin yanı sıra Orman Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan İşletme Müdürlükleri bazında amenajman planları, yol ve yerleşim yeri bilgileri de mevcuttur. Yıllara göre çıkan yangın sayıları Şekil 2'de; yıllara göre yangınların bölge içinde dağılımı da Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 2 2011-2015 Yılları arasında çıkan yangın sayıları



Şekil 3 2011-2015 Yılları arasında çıkan orman yangınlarının dağılımı

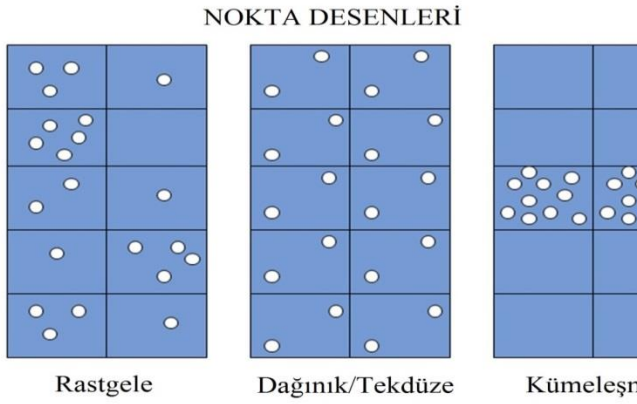
2.3. Mekansal istatistik analizleri

Konumsal analiz; noktaların konumlarına bağlı olarak noktalarla ilişkilendirilmiş öznitelik verilerini kullanarak yapılan istatistiksel çıkarımlara

denmektedir. Bu çıkarımlar noktaların konumlarını ya da aralarındaki mesafeleri kullanarak yapılabileceği gibi, bu konumsal verilerin yanında noktanın diğer öznelik verilerin bu istatistiki işlem içine dahil edilmesiyle de yapılabilir.

2.3.1.Nokta örüntü analizleri

Nokta örüntü analizlerinin en önemli konularından birisi mekânsal dağılımın ya da mekânsal kümeleşmenin ölçülmesidir. Bu alana ilişkin tekniklerde hedef, nokta veri deseninin ya da dağılımının üç farklı mekânsal dağılımdan hangisine ait olduğunun ortaya konmasıdır: Kümeleşmiş (clustred), raslantısal (random) ve dağınık veya tekdüze (dispersed/uniform) (Çubukçu, 2015).



Şekil 4 Nokta veride örüntüler: rastlantısal (random), dağınık/tekdüze (uniform) ve kümeleşmiş (clustered)

2.3.1.1.Kuadrat analizi

Kuadrat analizi nokta verinin mekânsal dağılımının incelenmesi amacı ile geliştirilmiş bir tekniktir. Teknik, çalışma alanının eşit büyüklükteki alanlara –bu alanlar kuadrat olarak adlandırılır– bölünmesine ve her kuadrat içinde bulunan nokta sayısının dağılımının, teorik ya da kurgusal dağılımlar ile karşılaştırılmasına dayanır. Kuadrat analizinin ilk aşaması çalışma alanının eşit büyüklükteki alanlara bölünmesidir. Bu alanlar yaygınlıkla kare ya da dikdörtgen formda olabildiği gibi daire, beşgen veya altıgen gibi geometrik şekillerde olabilir (Wong and Lee, 2005).

Yapılacak kuadrat analizinde tek bir kuadrat alanı:

$$K = \frac{2A}{n} \quad (1)$$

formülü ile belirlenir. Burada K, kuadrat alanı; A, toplam çalışma alanı büyüklüğü; n nokta gözlem sayısıdır. Kuadrat analizindeki amaç; kuadrların

içinde bulunan nokta sayılarına göre noktasal örüntünün kümeleşmiş, rastlantısal veya dağınık/tekdüze olup olmadığının araştırılması olduğundan yapılacak istatistik analiz ile elde edilen frekans dağılımı bilinen matematiksel bir fonksiyona bağlı olmadan da yorumlanabilir. (Çubukçu, 2015).

• Varyans/Ortalama oranının kullanılması

Bu teknik ile Poisson dağılımının önemli özelliği olan “varyans ve ortalama birbirine eşittir.” İlkesine dayanır. λ , gözlemlenen veri için kuadrat başına düşen ortalama nokta sayısı ve n, toplam nokta gözlem sayısı ve m, toplam kuadrat sayısı olmak üzere hesaplanır.

$$\lambda = \frac{n}{m} \quad (2)$$

Kuadrat analizinde nokta veri için varyans, s^2 ise

$$s^2 = \frac{\sum_i^m (x_i - \lambda)^2}{m-1} \quad (3)$$

formülü ile hesaplanır. Burada m kuadrat sayısını, x_i , i sıradaki kuadrattaki nokta sayısıdır. Bu durumda varyans/ ortalama oranı, v/o :

$$v/o = \frac{s^2}{\lambda} \quad (4)$$

olarak hesaplanır.

Hesaplanan varyans/Ortalama oranı, v/o , değerinin 1'e yakın olması gözlemlenen noktasal veri dağılımının rastlantısal olduğu, 0'a yakın olması dağınık/tekdüze dağılıma yakın olduğu ve 1 den oldukça yüksek bir değere sahip olması ise kümeleşmiş bir dağılıma sahip olduğu anlamına gelir. Kuadrat analizinde yukarıdaki değerlendirmenin gözlemlenen değerler açısından istatistiki açıdan anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için hipotez testi yapılabilir. Sıfır hipotezinin reddedildiği durumlarda verilerin rastlantısal olmadığı değerlendirilir. 1'den büyük olması durumunda kümeleşmiş, 1'den küçük olduğu durumda ise dağınık dağılıma yakın olduğu sonucuna varılır (Burt et al., 2009; Griffith, A. et al., 1990).

Sıfır hipotezinin sınanmasında t-istatistiği kullanılabilir. t değeri ve serbestlik derecesi “df” aşağıdaki şekilde hesaplanır (Burt et al., 2009; Hugget and Thomas, 1980).

$$t = \frac{\left(\frac{s^2}{\lambda}\right) - 1}{\sqrt{2/(m-1)}} \quad df = m - 1 \quad (5)$$

2.3.1.2. En yakın komşuluk analizi

En yakın komşu analizinin Clark ve Evans (1954) tarafından ortaya konan orijinal formunda, gözlemlenen her noktanın kendisine en yakın olan noktaya olan doğrusal uzaklığı dikkate alınır. (Clark and Evans, 1954)

En yakın komşu analizinde, her gözlemin kendisine en yakın gözlem tespit edilir ve tüm gözlemler için hesaplanan en kısa mesafelerin ortalaması alınarak, gözlemlenen en yakın noktaya ortalama uzaklığı \bar{D}_O bulunur:

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (6)$$

Burada d_i , i noktasının kendisine en yakın uzaklıktaki noktaya olan doğrusal uzaklığı; n ise toplam nokta sayısını ifade eder. Burada beklenen en yakın komşuya uzaklık, \bar{D}_E değeri:

$$\bar{D}_E = \frac{1}{2\sqrt{n/A}} \quad (7)$$

olarak hesaplanır. Burada, A noktaların bulunduğu toplam alanı ifade eder.

Gözlemlenen en yakın komşuya ortalama uzaklık, \bar{D}_O , beklenen en yakın komşuya uzaklık, \bar{D}_E , değerine bölünerek ortalama en yakın komşuluk oranı ANN hesaplanarak bulunur.

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \quad (8)$$

ANN 'nin 1'den büyük çıkması, mekânsal dağılımın dağınık olduğu şeklinde yorumlanır. 1'den küçük çıkması durumunda ise mekânsal dağılımın kümeleşme eğiliminde olduğu anlamına gelmektedir. 1'e yakın olduğu durumda mekânsal verinin rastlantısal olduğu sonucuna varılır. En yakın komşu analizinde, sıfır hipotezinin sınanmasında Z istatistiği kullanılabilir.

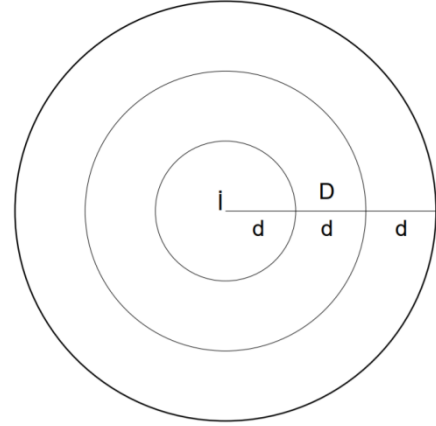
2.3.1.3. Ripley'in K fonksiyonu

Ripley'in K fonksiyonu, gözlemlenen noktalara olan farklı uzaklıklar dikkate alındığında, gözlemlenen nokta veri deseninin ya da dağılımın üç farklı mekânsal dağılımının hangisine ait olduğunun belirlenmesinde kullanılır: Kümeleşmiş, rastlantısal ve dağınık veya tekdüze. Ripley'in K fonksiyonunda, her noktadan belirli bir uzaklıktaki

diğer noktaların konumları dikkate alınır. (Ripley, 1976) Belirlenen toplam uzaklık D olarak adlandırılır ve bu uzaklık d olarak adlandırılan eşit uzaklıktaki segmentlere bölünür. Genellikle D , gözlemlenen örneklemde birbirine en uzak iki nokta arasındaki doğrusal uzaklık olarak alınır. Bu durumda segment sayısı g :

$$g = D/d \quad (9)$$

olarak bulunur.



Şekil 5. i Noktasından Alınan Toplam Uzaklık (D) ve Segment Uzaklığı (d).

Ripley'in K fonksiyonunun en basit kullanımı, gözlemlenen dağılımın Poisson dağılımı ile karşılaştırılması ile sağlanır.

$$\hat{L}(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W(i,j)}{n^2 \pi}} \quad i \neq j \quad (10)$$

Bu formülde A , gözlemlenen her yönde uç noktaların koordinatları ile hesaplanan alan büyüklüğü; n , gözlemlenen nokta sayısı; $W(i,j)$ ise gösterge fonksiyonudur. Mekansal komşuluk fonksiyonu $W(i,j)$; i noktası merkez alındığında, j noktası, dikkate alınan d sayısı kadar uzaklıktan daha yakın bir noktada ise 1; daha uzak bir noktada ise 0 değerini alır.

Poisson dağılımı ile elde edilen rastlantısal dağılım:

$$\hat{L}(d) = d \quad (11)$$

olarak ifade edilir. Elde edilen verilere göre sonuç yorumlaması grafik üzerinden ve veriler üzerinden olmak üzere 2 şekilde yapılabilir. $\hat{L}(d) > d$ olması durumunda gözlemlenen noktaların mekânsal dağılımının d mesafesine kadar kümelenme eğilimi gösterdiği; $\hat{L}(d) < d$ olması durumunda d

mesafesine kadar dağınık veya tekdüze eğilimi gösterdiği; $\hat{L}(d) \cong d$ olduğu durumda ise gözlemlenen değerler d mesafesine kadar rastlantısal olduğu değerlendirilmiştir (Fischer et al., 2010; Wong and Lee, 2005).

2.3.2. Mekansal otokorelasyon

Gerek kuadrat analizinde gerek en yakın komşu analizinde gerek Ripley'in K fonksiyon testinde noktaların diğer öznitelik bilgileri hesaplamaya katılmayıp noktaların kümeleşmiş, dağınık/tekdüze ve rastlantısal olduğu araştırılmıştır. İlk defa 1950 yılında ortaya atılan mekânsal korelasyon kavramı, en basit tanımı ile, her mekânsal gözlemin yada noktanın bir değişken değeri ile ifade edildiği bir ortamda, gözlemler arası ilişkiyi ortaya koyar. Mekansal otokorelasyon araştırması Global Mekansal Otokorelasyon ve Yerel Mekansal Otokorelasyon olmak üzere ikiye ayrılır (Çubukçu, 2015).

2.3.2.1. Global mekansal otokorelasyon

Örneklemin mekânsal dağılımına ilişkin olarak tek bir endeks değeri ya da oranı ve tek bir Z-istatistiği hesaplanır. Örneklemin bütünü için hesaplanan bu endeks değeri ve istatistiğe bağlı olarak örneklemin mekânsal dağılımına ilişkin bir değerlendirme yapılır.

- Genel Moran I endeksi

Moran I endeksi, noktaların sahip olduğu değişken değerlerin benzerliğini ve yakınlık değerini tek bir noktada birleştirir.

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (12)$$

Burada n , örneklemedeki nokta sayısını; x_i , i noktasına ait değişken değerini; x_j , j noktasına ait değişken değerini; \bar{x} , değişkene ait ortalama değeri; S_0 ise örneklem için mekânsal ağırlıklar toplamını belirtir ve:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (13)$$

olarak hesaplanır. Formülde bulunan w_{ij} , i noktası ve j noktası arasındaki yakınlık ilişkisini veren bir değerdir ve mekânsal ağırlık olarak adlandırılır. Ayrıca yapılan hesaplama da isteğe bağlı olarak eşik uzaklık değeri verilerek, bu değer üzerinde uzaklıkların hesaba katılmaması, diğer bir deyişle eşik değer üzerinde olan noktalarda w_{ij} 'nin 0

alınması sağlanabilir. Hesaplanan Moran I endeksi değeri, beklenen endek değeri, $E(I)$, ile karşılaştırılarak yorumlanır ve

$$E(I) = -1/n - 1 \quad (14)$$

olarak hesaplanır.

$I > E(I)$ olduğu durumda, gözlemlenen mekânsal nokta veride kümelenme eğiliminin bulunduğu, başka bir deyişle benzer değişken değerlerine sahip noktaların birbirlerine mekânsal olarak yakın konumlandığı sonucuna ulaşırlar. $I < E(I)$ olduğu durumda ise kümelenme eğiliminin bulunmadığı ve gözlemlenen mekânsal verinin dağınık/tekdüze dağılıma sahip olduğu anlaşılır. $I \approx E(I)$ olduğu durumda noktaların rastlantısal olarak dağıldığı ve öznitelige bağlı bir kümelenme eğiliminin gözlenmediği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin gözlemlenen veri için istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınırlanır. Sıfır hipotezinin reddedilemediği durumlarda dağılımın rastlantısal olmadığı, reddedilemediği durumlarda ise mekânsal dağılımın rastlantısal olduğu sonucuna varılır. (Cliff, 1973; Wong and Lee, 2005)

Sıfır hipotezinin belirlenmiş olan α güven düzeyinde reddedilmesi için

$$|z_1| \geq z_{\alpha} \quad (15)$$

koşulunun sağlanması gerekir. Moran I endeksi için Z istatistiği

$$z_1 = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad (16)$$

şeklinde hesaplanır. Burada I , hesaplanan Moran I endeksi değeri; $E(I)$ beklenen Moran I endeksi değeridir. $V(I)$ ise varyans değeridir.

$$V(I) = E(I^2) - [E(I)]^2 \quad (17)$$

şeklinde hesaplanır.

2.3.2.2. Yerel mekansal otokorelasyon yöntemleri

Global mekânsal otokorelasyon tekniklerinde örneklemin mekânsal dağılımı için tek bir endeks değeri ve Z istatistiği hesaplanır. Ancak bazı durumlarda örnekleme benzer değişken değerlerine sahip noktaların oluşturdukları kümelerin konumlarının tespiti önemlidir. Bu durumda örneklemin mekânsal dağılımı genel bir inceleme yerine örneklemedeki nokta gözlemlerin ayrı ayrı

değerlendirilmesine tabi tutulur. Örneklemdeki her nokta için ayrı ayrı endeks değeri ve Z istatistiği hesaplanır.

- *Getis-Ord G* istatistiği*

Getis-Ord G* istatistiği, değişken değerleri benzer noktaların kümelenme eğilimlerinin bulunup bulunmadığının ve bu mekânsal kümelerin konumlarının tespitinde kullanılır. Kümelenme konumlarının nerede oluştuğuna ilişkin sonuçlar ortaya koyar.

Örneklemdeki tüm noktalar için hesaplanan Getis-Ord G* istatistiği değeri çalışma alanındaki “sıcak noktalar (*hot spots*)” ve “soğuk noktalar (*cold spots*)” belirlenir. Sıcak noktalar, yüksek değişken değerine sahip noktaların oluşturduğu kümeleri, soğuk noktalar ise düşük değişken değere sahip noktaların oluşturduğu kümeleri ifade eder. (Getis and Ord, 1992)

Getis-Ord yerel istatistiği, G_i^* :

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{\frac{[(n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}{n-1}}} \quad (18)$$

Burada; n , örneklemdeki nokta sayısını; x_i , j noktasına ait değişken değerini; w_{ij} , i noktası ve j noktası arasındaki yakınlık ilişkisini veren mekânsal ağırlık değerini; \bar{x} , değişkene ait ortalama değeri verir ve S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (19)$$

şeklinde hesaplanır.

Hesaplanan G_i^* değeri, normal dağılıma sahiptir ve Z istatistiği değeridir. Pozitif yüksek değerler, bir arada bulunan yüksek değişken değerlere sahip noktaların, yüksek mutlak değerdeki negatif değere sahip noktalar ise bir arada bulunan düşük değişken değerlerine sahip noktaları ifade eder. Yapılan bu değerlendirmenin gözlemlenen veri için istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınanır.

- *Anselin yerel Moran I istatistiği*

Anselin Yerel Moran I İstatistiğinin, Getis-Ord Yerel G* İstatistiğinden farkı bu tekniğin, değişken değerleri benzer noktaların tespiti ile birlikte değişken değerleri çevresindeki noktalardan farklı olan noktaların tespitinde kullanılmasıdır. (Anselin, 1995; Moran, 1950)

Örneklemdeki tüm noktalar için Anselin Yerel Moran I İstatistiği, I_i :

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j \quad (20)$$

olarak hesaplanır. Burada; n , örneklemdeki nokta sayısını; w_{ij} , i noktası ve j noktası arasındaki yakınlık ilişkisine göre mekânsal ağırlık değerini; z_i ve z_j ise i ve j noktalarına ait değişken değerinin ortalamadan sapmalarını verir. i noktası için değişken değerinin ortalamadan sapması, z_i :

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s} \quad (21)$$

olarak hesaplanır. Burada x_i , i noktasına ait değişken değerini; \bar{x} , değişkene ait ortalama değeri; s , örneklemde ait değişken değerinin standart sapmasını belirtir ve:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (22)$$

şeklinde hesaplanır.

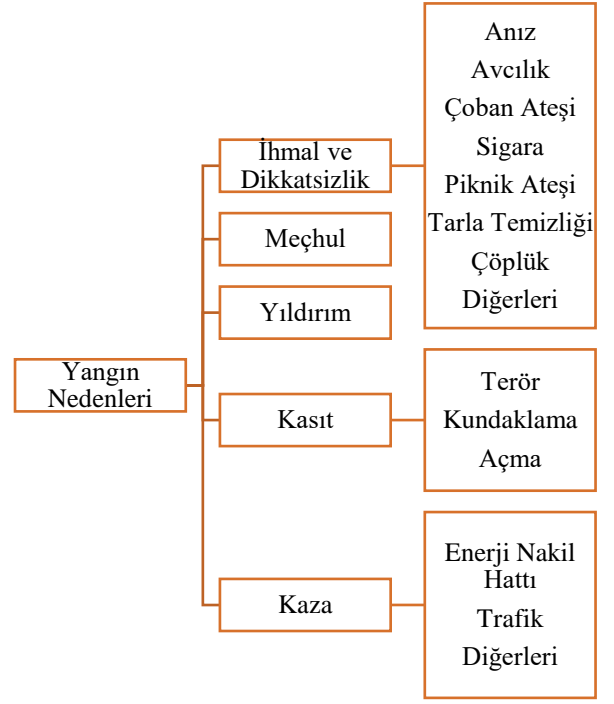
Anselin Yerel Moran I istatistiği, I_i , örneklemdeki tüm noktalar için hesaplanır. Yüksek pozitif I_i değerleri, i noktasının benzer değişken değerlerine sahip noktalardan oluşan mekânsal kümeleşmenin bir parçası olduğu şeklinde yorumlanır. Yüksek negatif I_i değerleri, i noktasının bir mekânsal uçdeğer olduğunu ifade eder. Başka bir deyişle, i noktasının etrafının değişken değerleri açısından i noktasının değişken değerlerine benzemeyen değerlere sahip noktalar ile çevrili olduğu şeklinde yorumlanır. Elde edilen değerler istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınanır. Sıfır hipotezinin reddedilebildiği durumda, incelenen nokta açısından mekânsal dağılımın rastlantısal olmadığı kabul edilir.

3. Sonuçlar

Çalışmada, Muğla Orman Bölge Müdürlüğünde 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen orman yangını verileri kullanılmıştır. 285 sayılı “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları” tebliğinin “Yangın Çıkış Nedenleri” başlıklı kısmında Nedeni Bilinen Yangınlar 4 ana başlık altında toplanmıştır. Veri setinde ise yangınlar 14 farklı başlık olarak kategorilendirilmiş, sonrasında ise adı geçen tebliğe göre 5 farklı başlık altına alınmıştır. Nedenlerine

göre kategorize edilen yangınların başlıkları Şekil 7 de verilmektedir.

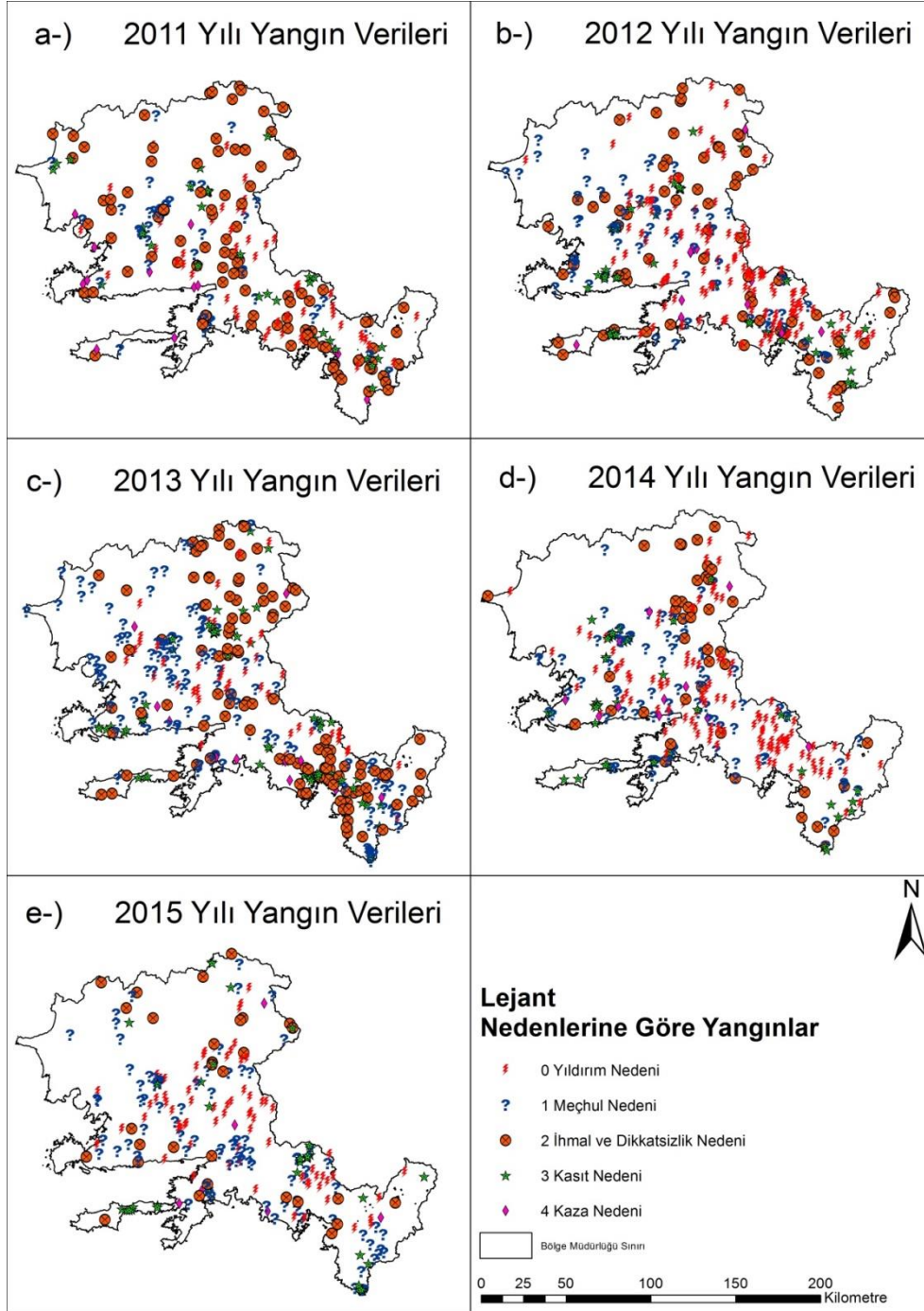
Bu tebliğe göre yıllara göre gerçekleşen 1618 adet orman yangınına ait veri setinin özet istatistik bilgileri Çizelge 1 de ve yangınların nedenlerine göre dağılımı Şekil 8 de verilmektedir.



Şekil 6 Yangın nedenlerinin alt ve üst başlıkları

Çizelge 1 2011-2015 Yılları Arasında Gerçekleşen Orman Yangınlarının Nedenlerine Göre Dağılımı

Yılı	Gerçekleşen Orman Yangını	Yıldırım	Meçhul	İhmal ve Dikkatsizlik	Kasıt	Kaza	Ağaçlandırma Zararı
2011	267	51	47	108	44	17	1,078,558 ₺
2012	382	148	70	80	71	13	1,656,947 ₺
2013	395	50	139	118	74	14	9,391,354 ₺
2014	320	126	93	41	49	11	11,175,083 ₺
2015	254	78	94	36	39	7	2,377,840 ₺
Toplam	1618	453	443	383	277	62	25,679,782 ₺



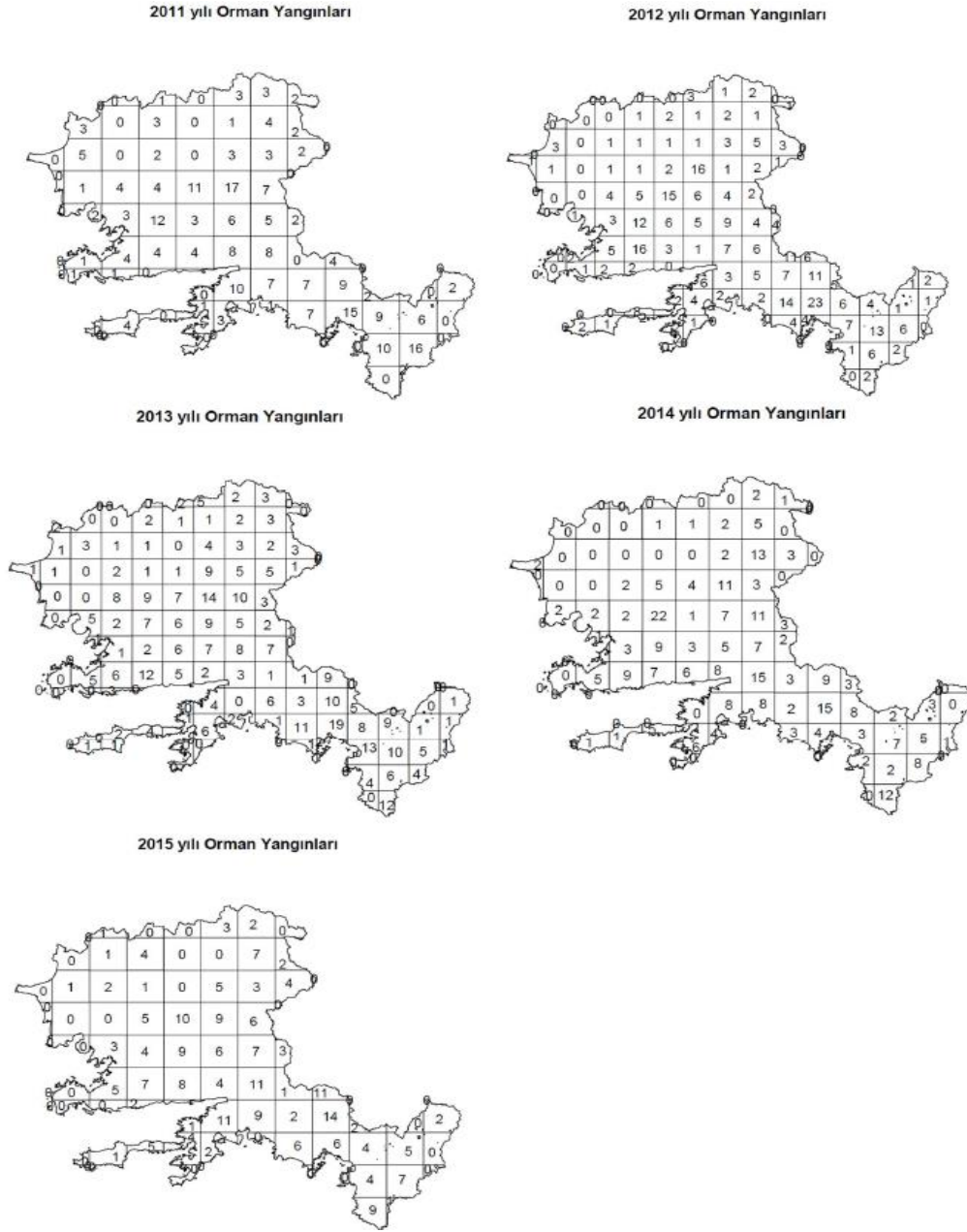
Şekil 7 Yangınların Konumlarına ve Nedenlerine göre Yıllık Olarak Dağılımı

Çalışmada yangınlara ait konumsal istatistikî çıkarımlar, düzenlemeler ve haritalandırmalar CBS ve istatistik yazılımları yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada “ArcMap 10.3” ve açık kaynak kodlu “R” yazılımı kullanılmıştır.

Noktaların konumsal verilerini kullanarak yapılan konumsal istatistikleri öncelikle nokta örüntü analizi olarak değerlendirilmiş ve yapılan kuadrat analizinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 2 de görüldüğü üzere alan içinde

düşen nokta sayılarına göre her yıl için ayrı ayrı kuadrat boyutları belirlenmiş ve kuadrat içine düşen nokta sayılarına göre analiz yapılmış, yapılan analizler çift kuyruklu Z testi ile sınanmıştır. Şekil 9 de kuadratlar ve içine düşen nokta sayıları görülmektedir.

Yukarıda yapılan kuadrat testi ve test sonuçlarına göre 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen orman yangınlarında bir kümelenme görülmüştür.



Şekil 8 Yıllara göre kuadrat testinde kuadratlar içine düşen nokta sayıları

Çizelge 2 Yıllara göre yapılan kuadrat testi ve sonuçları

Yıl	Toplam Yangın Sayısı (adet)	Bölge İçine Düşen Yangın Sayısı (adet)	Toplam Kuadrat Sayısı (adet)	Bir Kuadratın Boyutu (kmxkm)	Kuadrat Başına düşen Nokta Sayısı λ	Varyans/Ortalama Oran v/o	İstatistik Değeri t	Güven Düzeyindeki İstatistik Değeri $t_{\alpha=0,05}$	Kümelendirme Durumu
2011	267	260	120	21x21	4.9057	3.2166	11.30232	2.0072	Kümelendi
2012	382	360	180	18x17	4.2353	3.2527	14.59887	1.9888	Kümelendi
2013	395	388	195	16x17	4.4091	2.5714	10.36431	1.9879	Kümelendi
2014	320	312	154	19x18	5.1148	2.5648	8.570511	2.0000	Kümelendi
2015	254	242	120	21x21	4.8400	2.2294	6.085126	2.0100	Kümelendi

Çizelge 3 Ortalama en yakın komşu analizine sonuç istatistikleri

Yıl	Nedeni	Gözlemlenen En Yakın Komşuya Ortalama Uzaklık (km)	Beklenen En Yakın Komşuya Uzaklık (km)	Ortalama En Yakın Komşuluk Oranı	P Değeri	Z İstatistiği	Güven Düzeyindeki İstatistik Değeri $z_{\alpha=0.05}$	Kümelene Durumu
2011	Yıllık	3.5670	6.0000	0.5945	0.0000	-12.5078	1.9600	Kümelendi
2012	Yıllık	2.9220	5.3190	0.5494	0.0000	-16.3575	1.9600	Kümelendi
2013	Yıllık	2.9250	5.1740	0.5653	0.0000	-16.3735	1.9600	Kümelendi
2014	Yıllık	3.2420	5.4990	0.5896	0.0000	-13.8690	1.9600	Kümelendi
2015	Yıllık	3.7720	6.2790	0.6007	0.0000	-11.8800	1.9600	Kümelendi
2011	Yıldırım	9.1220	9.9080	0.9207	0.2334	-1.0727	1.9600	Rastlantısal
2011	Meçhul	9.8530	12.1280	0.8124	0.0149	-2.4335	1.9600	Kümelendi
2011	İhmal ve Dikkatsizlik	6.5110	9.2190	0.7063	0.0000	-5.7293	1.9600	Kümelendi
2011	Kasıt	5.9930	12.3430	0.4855	0.0000	-6.5285	1.9600	Kümelendi
2011	Kaza	14.5010	15.6310	0.9277	0.5799	-0.5535	1.9600	Rastlantısal
2012	Yıldırım	5.0830	7.0630	0.7197	0.0000	-6.3009	1.9600	Kümelendi
2012	Meçhul	6.7870	8.8210	0.7694	0.0003	-3.6120	1.9600	Kümelendi
2012	İhmal ve Dikkatsizlik	8.1530	11.1210	0.7331	0.0001	-4.3618	1.9600	Kümelendi
2012	Kasıt	3.7240	8.6740	0.4293	0.0000	-9.1344	1.9600	Kümelendi
2012	Kaza	20.0730	19.1270	1.0495	0.7428	0.3282	1.9600	Dağınık/Tekdüze
2013	Yıldırım	8.7560	10.1120	0.8659	0.0725	-1.7960	1.9600	Rastlantısal
2013	Meçhul	4.8820	7.8430	0.6225	0.0000	-8.4838	1.9600	Kümelendi
2013	İhmal ve Dikkatsizlik	5.6770	8.6680	0.6549	0.0000	-7.0799	1.9600	Kümelendi
2013	Kasıt	3.5620	9.6820	0.3679	0.0000	-10.2610	1.9600	Kümelendi
2013	Kaza	13.9820	16.2920	0.8582	0.3101	-1.0150	1.9600	Rastlantısal
2014	Yıldırım	5.4560	7.9340	0.6877	0.0000	-6.5978	1.9600	Kümelendi
2014	Meçhul	5.4580	8.2980	0.6577	0.0000	-6.2439	1.9600	Kümelendi
2014	İhmal ve Dikkatsizlik	12.7070	13.7580	0.9236	0.3492	-0.9361	1.9600	Rastlantısal
2014	Kasıt	5.5330	11.6980	0.4730	0.0000	-6.9121	1.9600	Kümelendi
2014	Kaza	24.1540	16.9730	1.4231	0.0073	2.6800	1.9600	Dağınık/Tekdüze
2015	Yıldırım	5.8960	8.3660	0.7048	0.0000	-4.8915	1.9600	Kümelendi
2015	Meçhul	6.2580	8.8230	0.7093	0.0000	-5.3062	1.9600	Kümelendi
2015	İhmal ve Dikkatsizlik	12.7310	15.6820	0.8118	0.0486	-1.9722	1.9600	Kümelendi
2015	Kasıt	6.8250	13.8790	0.4918	0.0000	-6.0724	1.9600	Kümelendi
2015	Kaza	34.7300	22.7110	1.5292	0.0074	2.6785	1.9600	Dağınık/Tekdüze

Kuadrat analizi ile birlikte yangın verilerine ortalama en yakın komşuluk analizi testi uygulanmıştır. Bu test yangınların arasındaki mesafe kullanılarak kümelene araştırması yapmaktadır. Yıllara göre yapılan istatistiki testte kümelene görülmüştür.

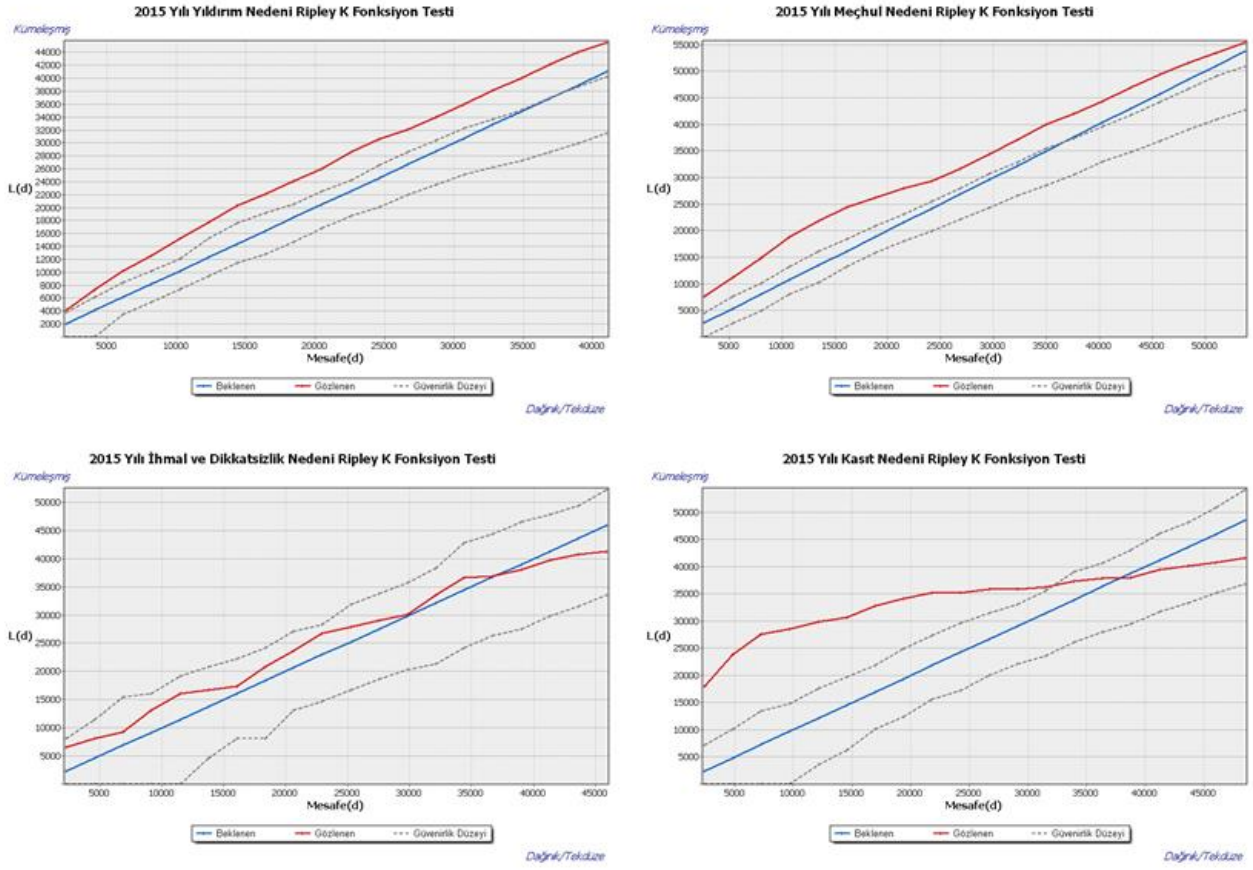
Orman yangınlarının yıllara ve nedenlerine göre kümelene olup olmadığının istatistiki analizi için Ripley'in K fonksiyon testi yapılmıştır. Kullanılan yazılımda bölge sınırları göz önünde tutulduğunda her nokta için 20 ayrı sınıf seçilerek test yapılmıştır. Ayrıca testin anlamlı çıkabilmesi için en az 30 değerin işleme sokulmasının uygun olacağından kaza nedenleri bu testin dışında bırakılmıştır.

Ripley'in K fonksiyon testinin yorumlanması bir önceki bölümde anlatıldığı üzere gözlemlenen değerlerin, beklenen değerlerin üstünde kalması kümelene eğilimde olduğu, beklenen değer

altında kalması dağınık/tek düze eğilimde olduğunu göstermektedir. Değerlerin anlamlı olması güvenilirlik çizgilerinin dışında kalması gerektiğinden yorumlamalar bu şekilde yapılmıştır. Şekil 10 da 2015 yılı için yangınların nedenlerine göre uygulanan Ripley'in K fonksiyon testi grafik sonuçları görülmektedir. Bu grafik sonuçlarına göre 2015 yılı kasıt nedeni ile ihmal ve dikkatsizlik nedeni hariç diğer tüm yıl ve nedenlerde kümelene eğilimi görülmüştür.

Çalışma alanında bulunan yangınlara ait mekansal otokorelasyon araştırmasını, örneklemedeki yangınların her seferinde tek bir öznelik verisini kullanarak Moran I endeksi sonuçlarına göre yaptık. Bu istatistiki çıkarımlarda yangınlara ait; en yüksek hava sıcaklığı, rüzgar hızı, nisbi nemi, toplam yanan alan miktarı, yangınların devam süreleri ve yangınların ana yollara yakınlığı verileri kullanarak

araştırma yapıldı. Yapılan araştırma sonuçlarına göre istatistiki çıkarımlar Çizelge 4'te verilmektedir.



Şekil 9 2015 Yılında çıkan orman yangınlarının nedenlerine göre Ripley'in K fonksiyon testi (a-Yıldırım nedeni, b-Meçhul nedeni, c- İhmal ve Dikkatsizlik nedeni, d-Kasıt nedeni)

Çizelge 4 Konularına göre yangınlar için yapılmış Moran I analizi

Sıcaklık						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.2046	-0.0030	0.2084	0.4567	0.6479	kümeleşmiş
2012	0.2347	-0.0028	0.0488	1.0753	0.2823	kümeleşmiş
2013	0.2391	-0.0026	0.0549	0.9909	0.3217	kümeleşmiş
2014	0.4246	-0.0032	0.1865	0.9908	0.3218	kümeleşmiş
2015	0.8371	-0.0041	0.3218	1.4831	0.1380	kümeleşmiş

Rüzgar Hızı						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	-0.9214	-0.0030	0.2038	-2.0323	0.0421	dağınık/tekdüze
2012	0.5662	-0.0028	0.0457	2.6623	0.0078	kümeleşmiş
2013	0.1395	-0.0026	0.0589	0.5855	0.5582	kümeleşmiş
2014	0.1920	-0.0032	0.1838	0.4553	0.6489	kümeleşmiş
2015	0.3159	-0.0041	0.2987	0.5856	0.5582	kümeleşmiş

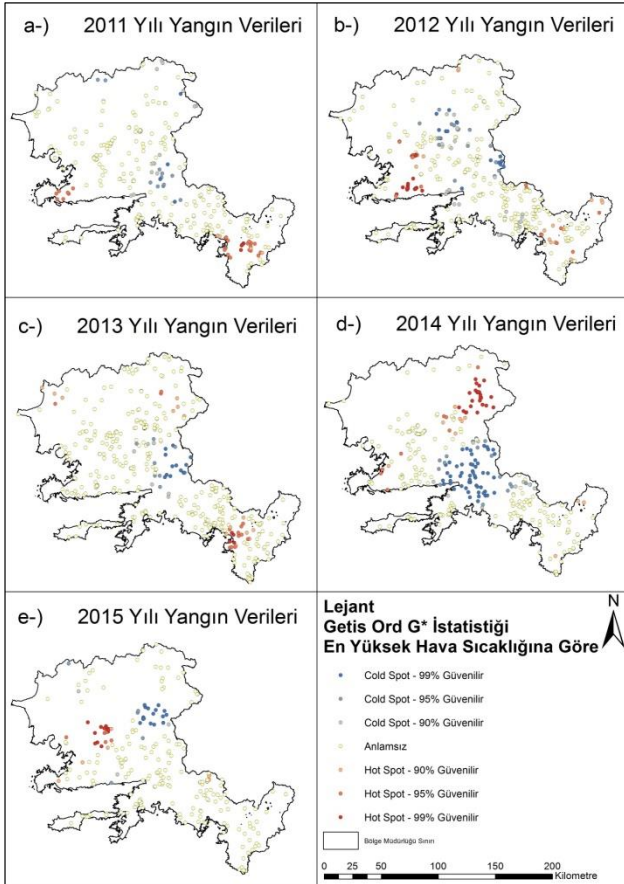
Yanan Alan Miktarı						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	-0.2536	-0.0030	0.0918	-0.8214	-0.8241	dağınık/tekdüze
2012	0.0370	-0.0028	0.0368	0.2073	0.8358	kümeleşmiş
2013	-0.0159	-0.0026	0.0375	-0.0688	0.9451	dağınık/tekdüze
2014	0.0036	-0.0032	0.0043	0.1041	0.9171	kümeleşmiş
2015	0.0255	-0.0041	0.0816	0.1038	0.9173	kümeleşmiş

Nisbi Nem						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.0345	-0.0030	0.2084	0.0841	0.0842	kümeleşmiş
2012	0.1575	-0.0028	0.0488	0.7256	0.4681	kümeleşmiş
2013	0.5294	-0.0026	0.0598	2.1762	0.0295	kümeleşmiş
2014	0.2373	-0.0032	0.1864	0.5572	0.5774	kümeleşmiş
2015	1.1174	-0.0041	0.3232	1.9727	0.0485	kümeleşmiş

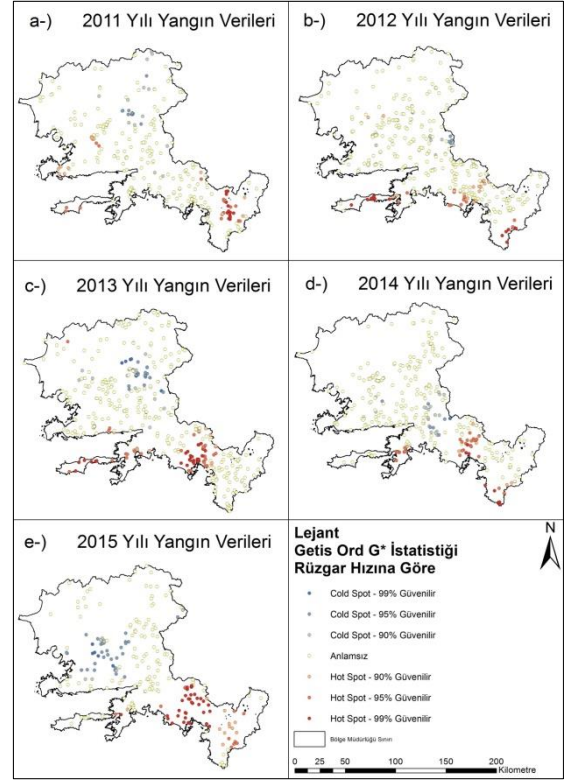
Yangın Süresi						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.2685	-0.0030	0.2028	0.6048	0.5453	kümeleşmiş
2012	1.1233	-0.0028	0.0469	5.1981	0.0000	kümeleşmiş
2013	-0.0805	-0.0026	0.0599	-0.3183	0.7502	dağınık/tekdüze
2014	0.2186	-0.0032	0.1871	0.5128	0.6081	kümeleşmiş
2015	1.1104	-0.0041	0.3247	1.9558	0.0505	kümeleşmiş

Ana Yollara Yakınlık						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.5500	-0.0039	0.2072	1.2168	0.2237	kümeleşmiş
2012	2.4687	-0.0028	0.0485	11.2178	0.0000	kümeleşmiş
2013	1.3131	-0.0026	0.0596	5.3914	0.0000	kümeleşmiş
2014	0.3731	-0.0032	0.1853	0.8743	0.3819	kümeleşmiş
2015	0.4321	-0.0041	0.3213	0.7696	0.4415	kümeleşmiş

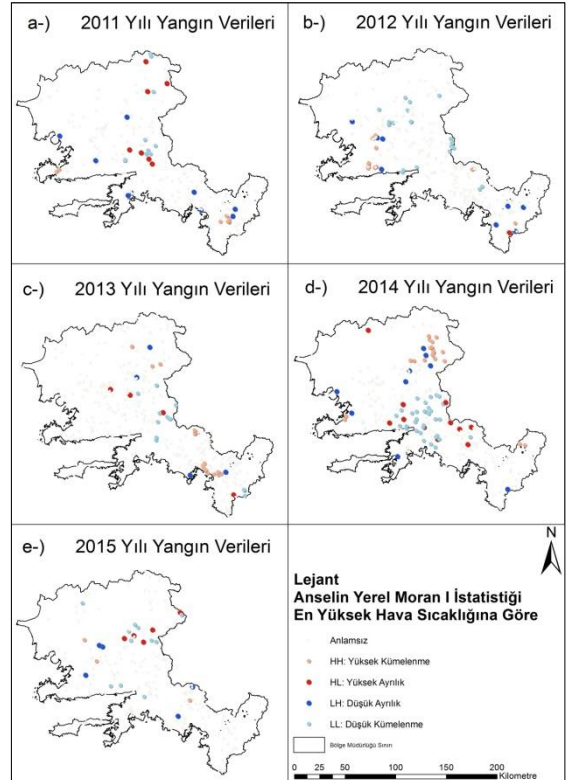
Çalışma alanında bulunan veriler arasındaki korelasyon öncelikle global mekânsal istatistik tekniklere, sonrasında yerel mekânsal otokorelasyon teknikleri uygulanmıştır. Getis Ord G^* ve Anselin Yerel Moran I istatistiği testleri yerel mekânsal otokorelasyon araştırması için kullanılmıştır. Getis Ord G^* istatistiği ile hot spot, cold spot noktalarının analizi, Anselin Yerel Moran I istatistiği ile noktalar arasında benzerliğin yüksek ve düşük olduğu yerler araştırılmıştır. Araştırma yangın nedenlerine göre yıllık bazda yapılmıştır. Sonuç haritalar Şekil 11 ve Şekil 12 de “En Yüksek Sıcaklık” ve “Rüzgar” nedenleri için Getis Ord G^* istatistiği sonuçları, Şekil 13 ve Şekil 14 de Anselin Yerel Moran I istatistiği sonuçları verilmiştir.



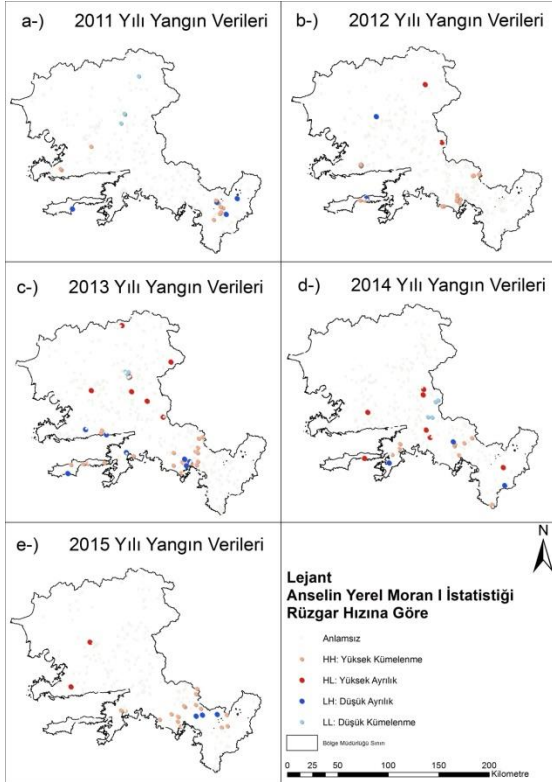
Şekil 10 En yüksek sıcaklık nedeni Getis Ord G^* istatistiği (a-2011 Yılı, b-2012 Yılı, c-2013 Yılı, d-2014 Yılı, e-2015 Yılı)



Şekil 11 Rüzgar nedeni Getis Ord G^* istatistiği a-2011 Yılı, b-2012 Yılı, c-2013 Yılı, d-2014 Yılı, e-2015 Yılı)



Şekil 12 En yüksek sıcaklık nedeni Anselin yerel Moran I istatistiği (a-2011 Yılı, b-2012 Yılı, c-2013 Yılı, d-2014 Yılı, e-2015 Yılı).



Şekil 13 Rüzgar nedeni Anselin yerel Moran I istatistiği (a-2011 Yılı, b-2012 Yılı, c-2013 Yılı, d-2014 Yılı, e-2015 Yılı).

4. Tartışma

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 2011-2015 yılları arasında çıkan orman yangınlarının incelendiği bu çalışmada, yangınların başlangıç noktaları arasında kümelenme araştırması yapılmıştır. Mekansal kümelenmenin belirlenmesi ve ölçülmesi için ilk olarak kuadrat analizi kullanılmıştır. Çizelge 2'de de görüldüğü üzere v/o oranı 1 den büyük çıkmıştır. Sonuç olarak yapılan mekansal dağılım araştırmasında yangınların yıllara göre kümelendiği belirlenmiştir. Ayrıca istatistiksel sonucun anlamlı olup olmadığı t istatistiği ile test edilmiştir. $|t| \geq t_{\alpha=0,05}$ şartı sağlanmış, sıfır hipotezi reddedildiğinden istatistiki açıdan da verilerin kümeleşmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

Kümelenme araştırmasında diğer bir yöntem ise Ortalama En Yakın Komşuluk Analizidir. Çalışmada yıllara ve yangın nedenlerine göre yangınların Ortalama En Yakın Komşuluk Analizi ve sonuçlar Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelgedeki değerlerin yorumlanması Ortalama En Yakın Komşuluk Oranının 1'e göre durumu araştırılarak sonuca varılır. Çizelge 3 deki verilere göre 2011 yılı yıldırım ve kaza nedenleri; 2013 yılı yıldırım, meçhul ve kaza nedenleri; 2014 ihmal ve dikkatsizlik nedenleri ile çıkan yangınlar rastlantısal dağılım göstermiştir. 2012, 2014 ve 2015 yıllarına ait kaza verileri de dağınık bir yayılım göstermiştir.

Diğer nedenlerden meydana gelen yangınlar ise kümelenme dağılımı göstermiştir.

Kümelenme araştırmasının diğer bir yöntemi de Ripley'in K fonksiyon testi araştırmasıdır. Bu teste göre oluşturulan kümelenme araştırmasında; 2011 yılı yıldırım nedeni ile oluşan yangınlarda yangınlar 20-45 km'lik segmentlerde kümelenme eğilimi göstermiştir. Kalan mesafelerde ise kümelenme rastlantısal eğilim göstermiştir. 2013 yılında gerçekleşen yangınlar nedenlerine göre kümelenme eğiliminde iken 2015 yılı yıldırım ve meçhul nedenleri ile oluşan yangınlar kümelenme eğilimindedir. 2015 yılı ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile oluşan yangınlar kümelenme eğilimi gösterse de istatistiksel açıdan anlamsızdır. 2015 yılı kasıt nedeni ile çıkan yangınlar da kümelenme eğilimindedir. Fakat kümelenme eğilimi ilk 30 km den sonra anlamsızdır.

Global mekansal otokorelasyon araştırması için Moran I endeksi araştırması yapılmıştır. Veri setinde bulunan yangınların sıcaklık, nem, rüzgar hızı, yanan alan miktarı, yangın süresi ve ana yollara yakınlık verileri kullanılarak test edilmiştir. Rüzgar hızı bakımından 2011 yılı güçlü dağınık/tekdüze ve 2012 yılı güçlü kümeleşme yayılımı göstermesine karşın 2013-2014-2015 zayıf kümelenme eğilimi göstermektedir. Yanan alan miktarı bakımından bütün yıllar ve Nisbi Nem bakımından 2011-2012-2014 yıllarında elde edilen sonuçlar zayıf sonuçlardır. Nisbi Nem bakımından 2013 ve 2015 yıllarında güçlü kümelenme görülmüştür. Yangın süresi olarak 2012 yılında ve ana yollara uzaklık bakımından 2012-2013 yıllarında güçlü kümelenme göstermiştir.

Getis Ord G^* istatistiği Şekil 11 de sıcaklık değişimine göre istatistik testine tabi tutulmuştur. Yıllık bakımdan her sene farklı yerde düşük ve yüksek sıcaklıklarda kümelenme tespit edilmiştir. Rüzgar hızı bakımından yangınlar Şekil 12 deki gibi değişkenlik göstermiştir. Yüksek kümelenmenin olduğu çalışma alanının Güney-Güneybatı kısımlarında çıkan yangınlarda rüzgar etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. Yangınlar neme göre Getis Ord G^* istatistiği ile incelendiğinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yangınları etkileyen faktörlerden olan nem, rüzgar etkeni bir araya geldiklerinde çalışma alanının Güney-Güneybatı kısımlarındaki yangınlarda daha çok etkileri söz konusudur. Her ne kadar tüm yıllar bakımından örüntüde aynı bölgeler görülmesede 2012-2013-2014-2015 yıllarında kasıt ve kaza nedenlerinde bölgenin batı kısımlarında benzerlik saptanmıştır. Özellikle turizm merkezlerinin olduğu bölgelerde aynı değişkenlik görülmüştür. Yangın süresi bakımından incelenen yangınlarda yıllara göre

ortak bir kümelenme tespit edilememiştir. Toplam yanan alan bakımından yıllık bazda kendi içinde benzerlik gösteren noktalar olsa da çalışma verilerinin kapsadığı yıllarda herhangi bir benzerlik tespit edilmemiştir. Yangınlar yerleşim yerlerine yakınlıklarına göre teste tabi tutulduğunda, zaman içinde bölgenin Doğu-Kuzeydoğu taraflarında yerleşim yerlerine diğer yangınlara göre daha uzak olduğundan kümelenirken, batı-güneybatı taraflarında yerleşim yerlerine diğerlerine göre yakın olduğundan kümelenme göstermiştir. Ana yollara yakınlık bakımından incelenen yangınlar bölgenin güney-batı kesimlerinde yollara yakınlık değeri düşük olduğundan benzeşirken, doğu kesimlerde yollara uzak olduğundan benzeşmiştir.

Yerel mekânsal otokorelasyon teknikleri kullanıldığında Şekil 13 de sıcaklık bakımından yapılan Anselin Yerel Moran I istatistiği sonuçlarına göre her yılda kendine göre bir kümelenme olmasına karşın genel olarak bir kümelenmeden söz edilememektedir. Şekil 14 de kümelenme yıllar içerisinde olmasına karşın, her yıl belirli bir kümelenme görülmemektedir. Kimi yangınların etrafında bulunan yangınlara yüksek aykırılık içermesi diğer koşullarında incelenmesi gerektiğini göstermektedir. 2011-2012-2013 ve 2014 yıllarında bölgenin Güneydoğu-Doğu kısımlarında kümelenme olduğu görülmektedir. Yangın için gerekli olan hava şartları sıcaklık-nem-rüzgar örüntülerinde genel olarak bir benzeşim görülmektedir. Nedenlerine göre teste tabi tutulan yangınlar, yıllık yangın verileri kendi içinde kümelenme göstermektedir. Ancak özellikle bölgenin turizm yöresinde –çalışma alanının batısında- 2012-2013-2014-2015 yıllarında yüksek kümelenme gösterdiği görülmektedir. Yangının devam süreleri incelendiğinde, belirli bir kümelenme gösterse de yangınlara müdahale ve söndürme çalışmalarının yoğunluğu örüntünün bu değerlerle incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu noktada yerleşim yerlerine uzak olan yerlerde yüksek kümelenme göze çarpmaktadır. Bölgenin Kuzeydoğu-doğusunda bu kümelenme görülmektedir. Ana yollara uzaklık özellikle bölgenin orta kısımlarında çıkan yangınlar için düşük ve yüksek kümelenme göstermiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada Muğla Orman Bölgesinde 2011-2012-2013-2014 ve 2015 yıllarında çıkan yangınların konumsal örüntü analizi ile kümelenme eğilimleri araştırılmıştır. Bu yangınların örüntü analizlerinde incelenen verilerine göre kümelenme- dağınık/tekdüze ve rastlantısal olduğu sonuçlarına varılmıştır. Global ve yerel otokorelasyon teknikleri

ile yangınların hangi nedenlerden kümelendiği ve aralarındaki aykırılıklar incelenerek haritaya aktarılmış ve yorumlanmıştır. Elde edilen veriler ülkemiz orman yangını yönetimi için önem arz etmektedir. Ayrıca bölgeler için hazırlanacak risk haritalarında bu veriler kullanılabilir. Risk haritalarının anlamlı olabilmesi için kayıt altına alınan tüm verilere bu testler uygulanmalıdır.

Kaynaklar

- Akyürek, Ö., Arslan, O., 2018. Kocaeli İli ve Çevresinde (1900-2016) Yılları Arasında Gerçekleşen Tarihsel Depremlerin Konumsal İstatistik Analizi. *Geomatik* 3, 48–62. <https://doi.org/10.29128/geomatik.333104>
- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geogr. Anal.* 27, 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Burt, J.E., Barber, G.M., Rigby, D.L., 2009. *Elementary Statistics for Geographers*, Third. ed.
- Clark, P.J., Evans, F.C., 1954. Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology* 35, 445–453. <https://doi.org/10.2307/1931034>
- Cliff, A.D., 1973. Spatial Autocorrelation, *Journal of Housing Economics*. <https://doi.org/10.1006/jhec.1998.0236>
- Çubukçu, K.M., 2015. Planlamada ve Coğrafyada Temel İstatistik ve Mekansal İstatistik. Ankara.
- Duran, D.C., 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analizi (2001-2013). *Orman. Araştırma Derg.* 1, 38. <https://doi.org/10.17568/oad.87328>
- Fischer, M.M., Getis, A., Lesage, J.P., Pace, R.K., Fischer, M.M., Getis, A., 2010. *Handbook of Applied Spatial Analysis. Methods* 3, 255–278. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>
- Gayır, B., Sipahi, M., Ögüt, E., Balaban, M., 2015. CBS Tabanlı Hava Kirliliği Analizi: Kocaeli İli Örneği. *Kocaeli Üniversitesi Lisans Bitirme Tezi*.
- Getis, A., Ord, J.K., 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geogr. Anal.* 24, 189–206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
- Griffith, A., D., Amrhein, C.G., Desloges, J.R., 1990. *Statistical Analysis for Geographers*, 1 Edition. ed.
- Hugget, R., Thomas, R., 1980. *Modelling in Geography: A Mathematical Approach*. Harper and Row.
- Kapluhan, E., 2014. Coğrafi bilgi sistemleri'nin (cbs) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara coğrafya dergisi* 34–59. <https://doi.org/10.14781/MCD.2014298120>
- Moran, P.A.P., 1950. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika* 37, 17. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, 2018. 2017 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu. Muğla.
- OGM, 2016. Türkiye Orman Varlığı 2015, Ankara.
- OGM, 2013. Orman Atlası, OGM.

OGM, 2008. 285 Sayılı Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları.

Ripley, B.D., 1976. The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes. J. Appl. Probab. 13, 255. <https://doi.org/10.2307/3212829>

Wong, D.W.S., Lee, J., 2005. Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS. John Wiley Sons 464. <https://doi.org/10.1002/esp.249>