





Güneş'teki Aktif Bölgelerin Öbeklenme Eğilimi

Nurdan Karapınar¹  , Emre Işık² , Hakan Volkan Şenavcı¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Çankaya 06680, Ankara, Türkiye

² Türk-Alman Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Beykoz 34820, İstanbul, Türkiye

Accepted: December 20, 2022. Revised: December 14, 2022. Received: November 13, 2022.

Özet

Güneş'teki aktif bölgeler, belli bir oranda birbirine yakın zamanlarda ve konumlarda oluşma eğilimi gösterirler. Bunun sonucu olarak, herhangi bir anda birbirine yakın zamanlarda doğmuş birden fazla aktif bölge öbeklenmiş olarak görülebilir. Güneş'te leke bölgelerinin öbeklenme oranının yüzde 30-50 aralığında olduğu bildirilmiştir. Öbeklenme eğiliminin nicelenmesi ve uzaysal ölçeklerin belirlenmesi, bu olaya neden olan süreçleri araştırmak açısından önemlidir. Bu çalışmada, leke grubu öbeklerinin enlemsel ve boylamsal uzanımları ile birlikte leke gruplarının öbeklenme oranı, Kislovodsk Dağı Astronomik İstasyonu (KMAS) Güneş lekesi grubu verileri üzerinden kümeleme yöntemleriyle saptanmış ve literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmamız, daha büyük ve uzun süreli veri setlerine uygulanabilecektir.

Abstract

Active regions on the Sun tend to emerge at close times and locations, to a certain degree. Thus, more than one active region emerged close to each other at any time can be seen in the form of nests or complexes. It is known that the nesting degree of sunspot groups is in the range of 30-50%. Quantifying the nesting tendency and determining spatial scales is essential in investigating the processes that cause this phenomenon. In this study, we determine the latitudinal and longitudinal extents of sunspot-group nests, and the degree of nesting, using clustering techniques on Kislovodsk Mountain Astronomical Station (KMAS) Sunspot Group Data and compared with the results in the literature. Our unsupervised learning approach can be applied to larger datasets over longer time scales.

Anahtar Kelimeler: sunspot; nesting; machine learning

1 Giriş

Bilinen en büyük karanlık fotosferik yapı olan güneş lekeleri, güneş aktivitesinin en çok tanınan tezahürüdür. Güneş aktivitesi, manyetik alanın konveksiyon ile etkileşimi ile yönlendirilir ve şekillendirilir. Güneş lekeleri, günümüzde de en yaygın olarak kullanılan güneş aktivitesinin en eskiden beri bilinen göstergelerinden biridir. Bu nedenle, güneş leke alanı kayıtları, Güneş'in manyetik aktivitesinin ve değişkenliğinin uzun dönemli davranışını anlamamızda önemli bir rol oynamaktadır.

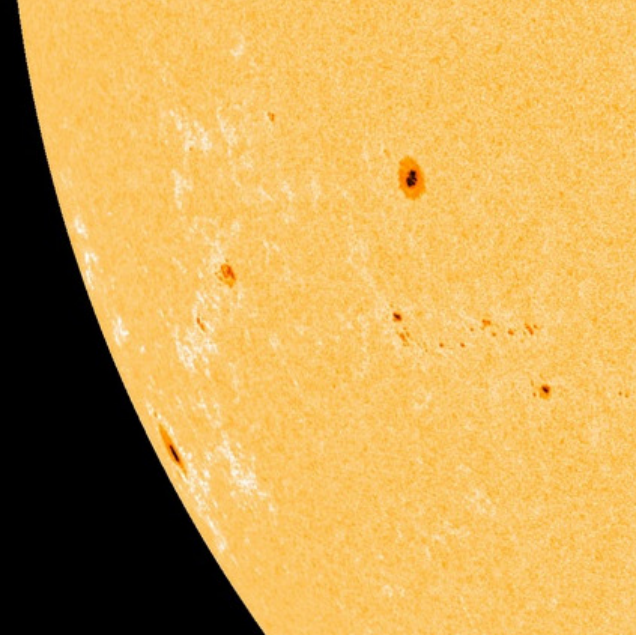
Güneş aktivitesi, Yer'in yakın alanını birçok farklı şekilde etkiler. Kısa zaman ölçeklerinde güneş koşullarındaki değişim, örneğin birkaç saniyeden günlere kadar uzay havası ile ilgiliyen, birkaç aydan bir güneş döngüsüne ve daha uzun olan uzun vadeli koşullar uzay iklimi ile ilişkilidir. Uzay havası etkilerine ani güneş olayları, yani güneş parlamaları ve koronal kütle atımları vb. olaylar neden olur. Güneş plazması sürekli hareket halindedir ve büyük ölçekli akışlar, Güneş'in global manyetik alanını üretir. Güneş lekelerinin etrafında biçimlenen aktif bölgeler, yüzeydeki konveksiyon akışlarının etkisi altında, üst atmosferdeki enerjik olaylara kaynaklık ederler. Bir güneş parlaması, burulmuş (twisted) manyetik alanlarda depolanan enerjinin (genellikle güneş lekelerinin oluşturduğu aktif bölgelerde) aniden serbest bırakıldığında oluşmaktadır. Manyetik alanlar burulma veya çarpışma nedeniyle kırıldığında ise oluşan yeniden birleşme, radyasyon ve plazma salınımına

neden olur. Bu da bazı durumlarda koronal kütle atımlarına neden olmaktadır. Bu şekilde gerçekleşen güneş patlamaları radyo sistemlerimizi bozabilirken, koronal kütle atımları ise yaygın elektrik kesintilerine neden olabilmektedir.

Güneş'te leke bölgelerinin istatistikleri ayrıntılı olarak çok sayıda Güneş çevrimi için belirlenmiştir (güncel ve kapsamlı bir örnek için bkz. [Jiang ve diğ. 2011](#)). Bu tür çalışmalarda yer verilen istatistiklerden farklı olarak, leke gruplarının yuvalanma özellikleri konusunda ilk kapsamlı çalışmalar [Gaizauskas ve diğ. \(1983\)](#), [Castenmiller ve diğ. \(1986\)](#) ve [Brouwer & Zwaan \(1990\)](#) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Kislovodsk Dağı Astronomik İstasyonu (KMAS) güneş leke grubu verileri kullanılarak 1973-1975 yılları arasında, 20. güneş çevrimini iniş kolunda doğan leke gruplarının öbeklenme oranı belirlenmiştir.

Güneş aktivitesinin enlemsel dağılımı ve güneş çevriminin genel özellikleri üzerinde ayrıntılı çalışılmış olsa da, Güneş'te aktif boylamların varlığı henüz net olarak ortaya konmamıştır ([Usoskin ve diğ. 2005](#); [Pelt ve diğ. 2006](#); [Zhang, L. ve diğ. 2011](#)). Asıl soru, güneş aktivitesinin boylamsal dağılımının sistematik olarak asimetrikler gösterip göstermediği ve bunun olası kaynaklarıdır. Aktif boylamların varlığı, farklı analiz teknikleri ve farklı güneş aktivitesi parametreleri kullanılarak araştırılmıştır. Aktif bölgelerin sistematik olarak tekdüze olmayan boylamsal dağılımı, eksen-simetrik olmayan dinamo modelleriyle açıklanmaya çalışılmış ve uzun dönemli sinoptik gözlemlerle ortaya konmuştur ([Benevolenskaya ve diğ. 2001](#); [Usoskin ve diğ. 2005](#); [Zhang, L. ve diğ. 2011](#)). Güneş aktivitesinin boylamsal asimetrisi, tercih edilen veya aktif boylamların varlığı ile bağlantılıdır. Özellikle, güneş aktivitesinin

* nkarapinar@ankara.edu.tr



Şekil 1. SOHO/HMI'dan alınmış NOAA 1772 VE NOAA 1775 aktif bölgeleri. Birbirine yakın enlem ve boylamlarda gözlenen güneş lekesi grupları (NASA/SDO).

diğer boylamlara göre daha sık meydana geldiği nispeten dar (20–60 °) boylam aralıklarında bu etkiyi görebilmekteyiz.

1.1 Leke gruplarının öbeklenme koşulları

Aktif bölgeler, yakın zaman önce bir ya da daha çok kez aktif bölgenin ortaya çıktığı bölgede oluşma eğilimi gösterirler (Becker 1955; Gaizauskas ve diğ. 1983; Castenmiller ve diğ. 1986; Pojoga & Cudnik 2002). Böylece, herhangi bir anda bakıldığında birbirine yakın zamanlarda doğmuş birden fazla aktif bölge öbeklenmiş olarak görülebilir. Şekil 1'de SOHO/MDI'dan alınmış bir görüntüde aktif bölgelerin öbeklenmesi görülmektedir. Öbeklenme oranının Güneş'te %40-50 civarında olduğu rapor edilmiştir. Castenmiller ve diğ. (1986); Brouwer & Zwaan (1990); Pojoga & Cudnik (2002) tarafından yapılan kapsamlı çalışmalarda aktif bölge öbeklenmesinin genel özellikleri şöyle bulunmuştur:

- Etkin bölge öbekleri, yüzeyde ard arda leke alanlarının sıkışık formda görüldüğü küçük bir alandır.
- Öbeklenmeler belirli uzaklıklarda ve bölgelerdedir.
- Leke bölgelerini içeren öbeklenmeler, iki tam dönme yakın bir sürede kaybolurlar.
- Yoğun öbeklenmelerin üçte birinden fazlası daha büyük ölçeklerdeki öbeklenmelerin birer parçasıdır.
- Öbeklenmelerdeki bileşenler zaman içerisinde birbiriyle çakışabilir, öbeklenme içerisindeki leke gruplarının görünüşü farklılaşır.

2 Veriler ve Yöntem

2.1 Makine Öğrenmesi ile Öbeklenme Analizi

Güneş aktivitesinin boylamsal dağılımını ve uzun dönemli değişimi, güneş lekesi dağılımının boylamsal asimetrisinin nicel bir ölçüsü olarak dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada,

20. güneş çevriminin iniş kolundaki her bir güneş lekesi grubunun ilk ortaya çıktığı Carrington boylamı ve enlemi kullanıldı. Gözetimsiz makine öğrenimi teknikleri sayesinde önceki çalışmalara göre daha genelleştirilebilir, daha büyük veri setlerinden daha çabuk ve kararlı sonuçlar çıkarabilmeyi amaçlıyoruz.

2.1.1 Gauss Çekirdek Yoğunluk Fonksiyonu

Çekirdek yoğunluğu tahmini (Kernel Density Estimation; KDE), bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunu tahmin etmek amacıyla kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Bağımsız, özdeş olarak dağılmış x_1, x_2, \dots, x_n gözlemlerinden oluşan, bilinmeyen bir kaynak dağılımından çekilmiş rastgele bir değişkenin çekirdek yoğunluğu tahmini şu şekilde verilir:

$$p(x) = \frac{1}{nh} \sum_{j=1}^n K\left(\frac{x - x_j}{h}\right). \quad (1)$$

Burada K , çekirdek fonksiyonudur ve h , bant genişliği olarak da adlandırılan düzgünleştirme (smoothing) parametresidir. Yoğunluk tahmini fonksiyonları, bir veri kümesi oluşturan olasılık dağılımını modellemek için kullanılır. En basit yoğunluk tahmini olarak histogram kullanılır. Ancak histogramlar köşeli yapılarından dolayı kaba bir yaklaşım sunarlar; çünkü örneğin iki boyutta dikdörtgensel çekirdek alanları kullanılır. Onun yerine Gauss fonksiyonu kullanılarak KDE yapıldığında daha yumuşak, gerçek verinin dağılımını daha duyarlı yansıtan dağılımlar elde edilir ve bu dağılımlardan yapay veri üretilebilir. Bu çalışmada scikit-learn makine öğrenmesi kütüphanesi kullanılmıştır (Pedregosa ve diğ. 2011). KDE'yi istenilen sayıda boyutta yapabilen `sklearn.neighbors.KernelDensity` yoğunluk tahmini olarak uygulanmıştır.

KDE'de kullanılan bant genişliği parametresi için dengeli bir değer seçmek önemlidir. Bant genişliğini artırmak daha büyük ölçekli, azaltmak daha küçük ölçekli yoğunlaşmaları ortaya çıkarır. Yapılan denemelerde, leke grubu öbeklerini saptamak için örnek bir uygun değeri 0.15 olarak belirledik. Şekil 2'de bu değerlerin veri üzerinde uygulanmış sonucunu görmekteyiz. Burada "carea" olarak verilen değerler, düzeltilmiş alan (*corrected area*; $A_{düz}$) değerleridir. Bu değer, gözlenen izdüşümsel leke alanının güneş diski merkezine indirgenmiş halidir.

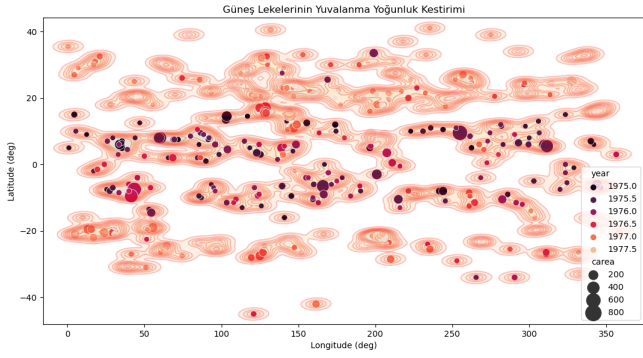
Bu çalışmada, Gauss çekirdek fonksiyonu kullanarak güneş leke gruplarının öbeklendiği bölgelerin yoğunluk dağılımını belirledik.

2.2 Leke grubu öbeklerinin belirlenmesi

scikit-learn kütüphanesi içerisinde `sklearn.cluster.DBSCAN` (Density-Based Spatial Clustering) yöntemi ile bu aşamada gözetimsiz öğrenme uygulanmıştır. DBSCAN algoritması, ilk önce yüksek yoğunluklu "çekirdek" örnekleri bulur ve kümeleme yapan bu fonksiyon benzer yoğunlukta kümeler içeren veriler için en ideal yöntemdir. DBSCAN fonksiyonunda veriye en uygun belirlenmesi gereken iki parametre vardır. Bunlar;

- eps, iki verinin komşu kabul edilmesi için iki örnek arasındaki maksimum mesafe.
- min_samples, bir nokta için bir komşuluktaki numune sayısı (veya toplam ağırlık).

20.çevrimin iniş kolunda uygulanan bu yöntem ile leke grubu çıkışları ve bunlardan hesaplanan KDE yoğunluk fonksiyonunun



Şekil 2. KDE uygulanmış 20. çevrim sonundaki minimumda, 1975.0-1977.5 aralığındaki leke grubu çıkışları (noktalar) ve bunlardan hesaplanan KDE yoğunluk fonksiyonu (konturlar).

sonucu ile karşılaştırmalı olarak gösterilen DBSCAN kümeleme sonucu, Şekil 3'de görülmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere güneş leke grupları aktivite düzeyi düşük olduğu durumda bile öbeklenme eğilimi göstermektedir.

3 Sonuçlar ve Tartışma

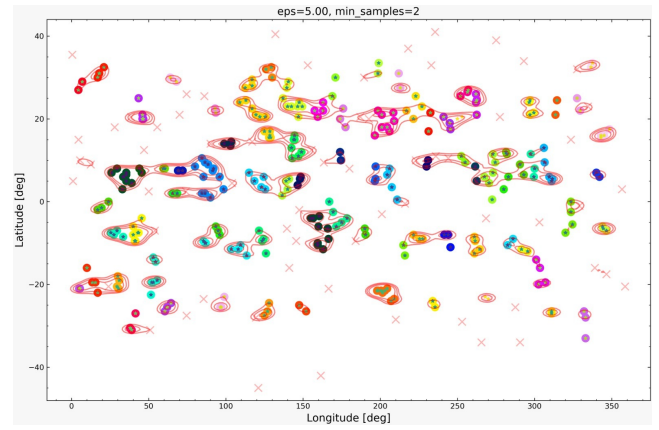
Güneş çevriminin ilk yarısı üzerinden yaptıkları analizde [Pojoga & Cudnik \(2002\)](#), öbeklenme eğilimi gösteren leke gruplarının oranının %40-50 yöresinde olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda öncelikle KDE ile olasılık yoğunluk tahmini kullanarak leke bölgesi öbeklerinin bulunduğu yerler belirlenmiştir. Daha sonra DBSCAN kullanılarak kümeleme yapılmış, öbeklenme oranı %57-%64 aralığında bulunmuştur. İleride yapmayı planladığımız çalışmada iki boyutlu parametre uzayından üç boyutlu enlem-boylam-zaman uzayına geçerek yuvalanmaların ömürlerini de hesaplayabilmeyi planlıyoruz.

Bu çalışmada kullanılan KDE yoğunluk tahmini modelimizde yapılabilecek bazı iyileştirmeler de bulunmaktadır:

- Farklı zaman aralıklarında bant genişliğinin bağımsız olarak değişmesine izin verebilir.
- Bu bant genişliklerini tahmin puanlarına göre değil, her zaman aralığı için üretici olasılık yoğunluğundan elde edilecek verilerin gözlemlerle uyumuna göre optimize edebilir.

Kaynaklar

- Becker U., 1955, *Z. Astrophys.*, 37, 47, [ADS](#)
- Benevolenskaya E. E., Kosovichev A. G., Scherrer P. H., 2001, in Brekke P., Fleck B., Gurman J. B., eds, *Proceedings of IAU Symposium 203 Vol. 203, Recent Insights into the Physics of the Sun and Heliosphere: Highlights from SOHO and Other Space Missions*. p. 251
- Brouwer M. P., Zwaan C., 1990, *Sol. Phys.*, 129, 221
- Castenmiller M. J. M., Zwaan C., van der Zalm E. B. J., 1986, *Sol. Phys.*, 105, 237
- Gaizauskas V., Harvey K. L., Harvey J. W., Zwaan C., 1983, *ApJ*, 265, 1056
- Jiang J., Cameron R. H., Schmitt D., Schüssler M., 2011, *A&A*, 528, A82
- Pedregosa F., ve diğ., 2011, *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825
- Pelt J., Brooke J. M., Korpi M. J., Tuominen I., 2006, *A&A*, 460, 875
- Pojoga S., Cudnik B., 2002, *Sol. Phys.*, 208, 17



Şekil 3. Şekil 1'deki KDE dağılımı üzerine DBSCAN kümelemesi. Leke gruplarının renkleri, farklı öbeklere karşılık gelmektedir.

Usoskin I. G., Berdyugina S. V., Poutanen J., 2005, *A&A*, 441, 347

Zhang, L. Mursula, K. Usoskin, I. Wang, H. 2011, *A&A*, 529, A23

Access:

M23-0338: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.