

Güneş Leke Çevrimi Tahmin Yöntemleri ve 25. Çevrimin Beklenen Özellikleri

Berna Ay,¹   Esin Sipahi,¹ 

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35040 İzmir, Türkiye

Accepted: December 20, 2022. Revised: November 30, 2022. Received: November 13, 2022.

Özet

Güneş leke çevrimi, güneş aktivitesinin günümüze kadar birçok bilim insanı tarafından çalışılmış özelliklerinden biridir. Bugüne kadar ~ 11 yıllık güneş çevriminin özelliklerinin belirlenmesi için güneş leke gruplarının alanları, konumları, eğim açıları vb. nicelikleri ölçülmüş ve bu parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenerek tüm çevrimler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İçinde bulunduğumuz 25. güneş leke çevriminin genliğini (rölatif sayısı) tayin etmek için literatürde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada güneş leke verileri üzerine Fourier analizi uygulanarak 25. güneş çevriminin bazı özellikleri belirlenmiştir.

Abstract

The sunspot cycle is one of the features of solar activity that has been studied by many scientists until today. In order to determine the characteristics of the ~ 11 -year solar cycle to date, the areas, positions, tilt angles, etc. of sunspot groups have been used and the relations of these parameters with each other were examined and all cycles were compared with each other. There are many methods used in the literature to predict the future sunspot cycle. In this study, some features of the 25th solar cycle were determined by applying Fourier analysis on sunspot data.

Anahtar Kelimeler: sunspots, sunspots: 25th cycle, methods: prediction

1 Giriş

Güneş gözlemlerinin en belirgin özellikleri güneş leke ve leke gruplarıdır (Moore & Rabin 1985). Çok uzun dönemlerden beri güneş lekelerinin kayıtları tutulmaktadır. Lekeler, fakülalar ve güneş parlama olayları şeklinde kendini gösteren güneş aktivitesi uzun zamandır çalışılmaktadır (Hathaway 2015). Benzer aktivite yapılarının diğer yıldızlarda da gözlenmesi güneş aktivitesi üzerine yapılan çalışmaları daha da önemli kılar.

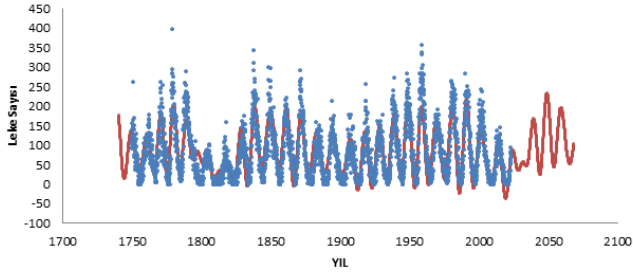
Uzun dönemlerdir çalışılan güneş lekelerinin doğaları halen tam olarak anlaşılammış olsa da güneş lekelerinin sayılarının ortalama 11 yıllık dönemler ile değiştiğini çok iyi biliyoruz (Balnuas 1985). Bu dönemli değişime güneş leke çevrimi denir. 25. güneş leke çevrimini yaşadığımız şu günlerde çevrimin maksimumuna doğru çıkışını gözlemliyoruz. 2026 yılına kadar güneş leke sayıları ile birlikte güneş parlamalarının da sayı ve şiddetlerinde artış beklenmektedir (Courillot ve diğ. 2021).

Güneş değişkenliği kısa ve uzun dönemli olmak üzere ikiye ayrılabilir. Kısa dönemli değişimler 10 yıldan kısa olan zamanları kapsar. Bunların etkileri güneş sistemindeki uzay havası ve iklim koşullarını tanımlar. Uzun dönemli değişimler ise 10 yıldan uzun süreli zaman ölçeklerinde etkilidir ve Yer iklimi üzerinde etkileri oldukça önemlidir (Brajša ve diğ. 2015). Güneş aktivitesi tahminleri uzay uçuşlarının geleceği için de önemlidir. Ayrıca kısa ve uzun dönemli değişimler Yer manyetosferinin fiziksel durumunu da etkiler (Verbanac ve diğ. 2015). Fakat güneş çevrimini tahmin etmek zor bir iştir. Çünkü bu çevrimin kendisi düzenli değildir. Genliği zamana göre değişir (Hathaway 2015). Tahmin yöntemlerinin güvenilirliği güneş aktivite çevriminin karakteristiğini anlamamıza da yardımcı olur. Böylece iyi bilinen

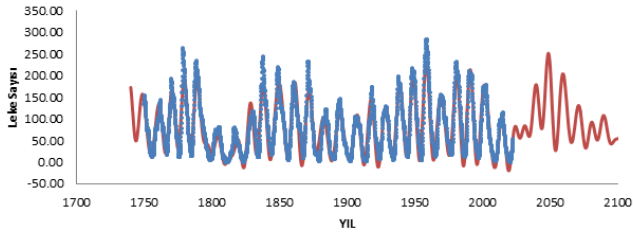
çevrimsel özelliklerinin yanında rastgele ve kaotik değişimler arasında da ayırım yapmayı kolaylaştırabilir (Wilson 1994; Letellier ve diğ. 2006; Gilmore & Letellier 2007).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde güneş çevrimi tahmin yöntemleri farklı araştırmacılar tarafından farklı şekilde gruplandırılmıştır. Schüssler (2007) çalışmasında çevrim yöntemlerini ekstrapolasyon ve öncü olmak üzere ikiye ayırır. Tahmin yöntemlerinde gelecek çevrim öngörülerinin sınırlı olduğunu fakat güneşe ilişkin geomanyetik ölçümlerin öncü olarak kullanılması ile daha iyi tahminler yapılabileceğini ifade eder. Dabas ve diğ. (2008)'de ise çevrim yöntemleri beş grupta toplanmıştır. Bu yöntemler sırasıyla eğri fit etme, öncü, tayfsal, sinir ağları ve klimatoloji şeklindedir. Pesnell (2008) ise tahmin yöntemlerini klimatoloji (leke sayılarına dayanır), son klimatoloji (çevrim genliğine dayanır), öncü, dinamo modeli, tayfsal ve sinir ağları olarak ayırmaktadır. Petrovay (2010) çalışmasında tahmin yöntemlerini model temelli yöntemler, öncü yöntemler ve ekstrapolasyon yöntemleri olarak üç gruba ayırır. Her bir yöntemin güçlü ve zayıf yönleri vardır. İlk iki yöntem güneş dinamosu ile doğrudan ilişkilidir. Konveksiyon bölgesinin doğası ve beklenenin dışındaki koşullar güneş dinamosu modeli yapmayı etkileyecektir (Yeates ve diğ. 2008). Kakad ve diğ. (2020)'de ise çevrim tahmin yöntemlerini istatistik temelli ve dinamo temelli yöntemler olarak iki gruba ayırmıştır. İstatistik yöntemler de kendi içerisinde ekstrapolasyon ve öncü yöntemler olarak ikiye ayrılır denilmiştir. Ekstrapolasyon yönteminde güneş leke sayıları ve çevrimin şekli mevcut güneş çevrimi verisi üzerinde regresyon yaparak ya da kuramsal bir eğri ile fit edilerek yapılır (McNish & Lincoln 1949; Hathaway & Wilson 1994; Kane 1999). Farklı istatistiksel teknikleri kullanarak çevrim tahmini yapan birçok çalışma da literatürde yer almaktadır (Hathaway ve diğ. 1999). Bunların

* brnay84@gmail.com



Şekil 1. Aylık ortalama güneş leke verilerinin (mavi) dönem analizinden belirlenen kuramsal temsil (kırmızı).



Şekil 2. 13 aylık düzeltilmiş ortalama güneş leke verilerinin (mavi) dönem analizinden belirlenen kuramsal temsil (kırmızı).

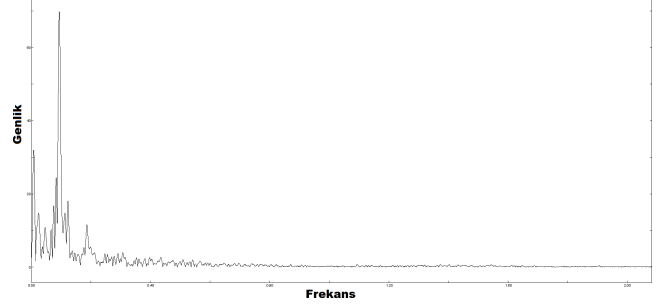
dışındaki modeller güneş dinamosuna dayandırılmıştır (Dikpati & Charbonne 1999; Dikpati ve diğ. 2006; Dikpati & Gilman 2008).

Bu çalışmada güneş leke verileri üzerinden tayfsal tahmin yöntemi olan zaman serisi analizi ile 25. çevrimin bazı özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada belirlenen parametreler literatürde farklı yöntemler ile bulunan değerler ile karşılaştırılarak sonuç bölümünde verilmiştir.

2 Materyal ve Yöntem

Güneş leke verileri kullanılarak günümüzde devam etmekte olan 25. güneş çevriminin genel özellikleri için tahminler yapılmıştır. Tahminler için tayfsal yöntemlerden biri olan zaman serisi analizi seçilmiştir. Güneş leke verileri SILSO veri tabanından alınmıştır. Zaman serisi analizinde tercih edilen en verimli yöntem Fourier analizidir. Bu yöntemde analiz için kullanılacak tüm verinin sıfır noktasının çok dikkatli belirlenmesi ve veri setinin büyük boşluklar içermemesi gerekir. Sıfır noktası, genelde 13 ay üzerinden düzeltme (*smoothing*) yapılarak bulunur, çevrimin minimum zamanına (ay cinsinden verilir, örneğin 24. çevrimin minimumu Aralık 2008'de $R=2.2$ olarak belirlenmiştir) karşılık gelen rölaf sayıdır. Programın avantajı birden fazla frekans içeren değişimler için gözlem verileri üzerine kuramsal temsil yapabilesidir. Fourier analizi için PERIOD04 (Lenz & Breger 2005) programı kullanılmıştır. Kuramsal temsil 1 ifadesi ile belirlenmektedir. Bu ifadede $f(t)$ hesaplanan leke sayısını, Z değişiminin sıfır noktasını, A_i çevrimin şiddetini, ω_i frekansı ve ϕ_i evreyi temsil eder. Breger ve diğ. (1993) tarafından duyarlılık sınırı için S/N (sinyal/gürültü) oranı (güç) 4 ve üstünde olan frekansların kabul edilmesinin daha güvenilir olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada bu kabul ile analizlere devam edilmiştir.

$$f(t) = Z + \sum A_i \sin(2\pi(\omega t + \phi_i)) \quad (1)$$



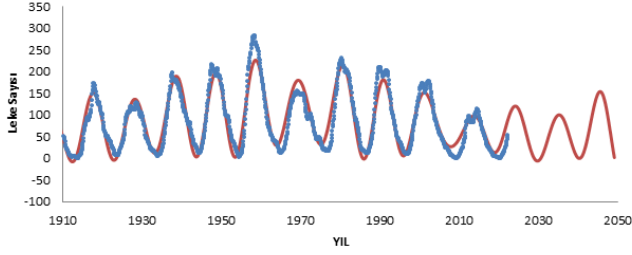
Şekil 3. 12-24. çevrim güneş leke verilerinin dönem analizi sonucu elde edilen genlik tayfı (power spectrum).

3 Bulgular

SILSO veri arşivinden alınan aylık ortalama güneş leke verileri Şekil 1'de görülmektedir. Bu veriler incelendiğinde her bir çevrimin şeklinin birbirinden farklı olduğu görülür. Bu veriler üzerine dönem analizi yapılmıştır. Şekil 1'de aylık ortalama güneş leke verileri üzerine çizilmiş dönem analizinden belirlenen parametreler ile oluşturulan kuramsal temsil görülmektedir. Gelecekteki çevrimleri tahmin etmek amacı ile kuramsal temsil 2068 yılına kadar uzatılmıştır. Bu verinin dönem analizinde tüm çevrimlerin iyi bir şekilde temsil edilemediği görülmüştür. Analiz sonucunda 10 adet frekans belirlenmiştir. Bu frekanslara karşılık gelen dönemler incelendiğinde baskın dönemin 11 yıllık leke çevrim dönemi olduğu görülür. Diğer frekanslar bu dönemin harmonikleridir. Ayrıca analizde yaklaşık 100 günlük bir dönemin varlığı da görülmüştür.

SILSO güneş verilerinde aynı zamanda 13 aylık ortalamalar ile düzeltilmiş veriler de yer almaktadır (bkz. Şekil 2). Bu veriler incelendiğinde çevrimlerin bazılarında görülen çift maksimumlar daha iyi görünür. Dönem analizi sonucunda elde edilen temsillerin daha iyi olabileceği düşüncesi ile bu veriler üzerinden dönem analizi yapılmıştır. Şekil 2'de görüldüğü üzere kuramsal temsil gözlenen çevrimler ile çok daha uyumludur. Fakat gelecek çevrim tahminlerine bakıldığında önceki analizden daha iyi bir görüntü olduğunu söylemek mümkün değildir. Analizin 13 aylık düzeltilmiş ortalama veri üzerinden yapılması sadece çevrim zamanlarının belirlenmesinde bir iyileştirme sağlamıştır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle bazı yöntemlerde sadece son çevrimlerin analize dahil edildiği görülmüştür. Bunun nedeni güneş çevriminde Dalton minimumu gibi çevrimlerin görülmesidir. Bu düşünce ile analizlerimizde 12-24. çevrim verilerini kullanma kararı aldık. Bu dönem analizi sonucunda 7 adet frekans belirlenmiştir. Bu analize ilişkin genlik tayfı (power spectrum) Şekil 3'te verilmiştir. Bu frekanslara karşılık gelen dönemler incelendiğinde baskın dönemin 11 yıllık leke çevrim dönemi olduğu görülmektedir. Diğer frekanslar bu dönemin harmonikleridir. Ayrıca analizde yaklaşık 130 günlük dönemin varlığı da görülmüştür. Bu çevrim verileri üzerinden yapılan dönem analizi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 4'te 12-24. çevrimlere ait leke verileri üzerine çizilmiş dönem analizinden belirlenen parametreler ile oluşturulan kuramsal temsil görülmektedir. Gelecekteki çevrim tahminlerini de görmek amacı ile kuramsal temsil 2050 yılına kadar uzatılmıştır. Bu verinin dönem analizinde tüm çevrimleri daha iyi bir şekilde



Şekil 4. 12-24. çevrim güneş leke verilerinin (mavi) dönem analizinden belirlenen kuramsal temsil (kırmızı).

Çizelge 1. 12-24. güneş çevrimi leke verilerinin dönem analizinden belirlenen parametreler.

Frekans	Rölatif Sayı	Evre	S/N	Dönem (Yıl)
0.09376 (4)	73.6 (7)	0.545 (2)	24.90	10.665 (9)
0.0077 (1)	30.8 (7)	0.121 (4)	10.42	129.9 (3)
0.1029 (1)	26.6 (7)	0.767 (4)	9.02	9.72 (2)
0.1217 (2)	13.3 (7)	0.927 (9)	4.50	8.21 (3)
0.0476 (2)	12.4 (7)	0.03 (1)	4.18	21.0 (2)
0.0839 (2)	13.0 (7)	0.003 (9)	4.40	11.91 (6)
0.1109 (2)	12.6 (7)	0.357 (9)	4.28	9.02 (3)

temsil ettiği ve gelecek çevrimler için de daha duyarlı tahminler yapılabileceği görülmüştür.

4 Sonuç

Bu çalışmada 25. güneş çevriminin genel özelliklerini belirlemek amacı ile SILSO veri tabanından alınan güneş leke verileri kullanılarak dönem analizleri yapılmıştır. Aylık ortalama güneş verileri ve 13 aylık düzeltilmiş ortalama güneş verileri için yapılan analizler sonraki çevrimlerin tahmini için iyi temsiller vermemiştir. 12-24. çevrimler arasındaki leke verilerini kullanarak yapılan analizler sonucunda gözlemler ile daha uyumlu temsiller elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçları bu analizlere dayanmaktadır ve bu analizde elde edilen dönemler Çizelge 1'de yer almaktadır. Bu analiz sonuçlarından belirlenen 25. çevrim maksimum leke sayısı 120, maksimum zamanı ise 2024 yılı Mart ayı görünmektedir. Çevrim uzunluğu ise 10.9 yıl olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre 25. güneş çevrimin 24. çevrime benzer etkinlikte olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar ile literatürde yer alan bazı tahminler uyumlu görünmektedir. [Ivanov \(2022\)](#) çalışmasında 25. çevrim için maksimum leke sayısını 181 çevrim maksimum zamanını ise 2024 yılı Mart ayı olarak tahmin etmiştir. [Xiong ve diğ. \(2021\)](#) ise maksimum leke sayısını 140 çevrim maksimum zamanını ise 2024 yılı Mart ayı olarak belirlemiştir. 25. çevrimin özelliklerinin tahmin edildiği çalışmalar incelendiğinde bazılarında sadece maksimum leke sayısı verilirken diğer yöntemler ile çevrim uzunluğu ve maksimum yıl da belirlenebilmektedir. Kullanılan yöntemlere göre tahmin edilen parametre sayısının değiştiği görülmektedir. Güneş leke çevrimleri için daha iyi tahminler yapabilmek tüm çevrimleri iyi temsil edebilen modellerin üretilmesi ile sağlanacaktır. Bu nedenle yeni leke gözlemleri bu alandaki çalışmalar için önemlidir.

Kaynaklar

- Balinas, S., 1985, *Ann.Rev.Astron.Astrophys.*, 23, 239.
 Brajša, R., Verbanac, G., Sudar, D., et al., 2015, *Central European Astrophysical Bulletin*, Vol. 39, p. 135-144.
 Breger, M., Stich, J., Garrido, R., et al., 1993, *Astronomy and Astrophysics*, 271, 482.
 Courtillot, V., Lopes, F., Le Mouel, J.L., 2021, *Solar Physics*, 296, 1, 21.
 Dabas, R.S., Sharma, K., Das, R.M., Pillai, K.G.M., Chopra, P., Sethi, N.K., 2008, *Solar Phys.*, 250, 171.
 Dikpati, M., Charbonneau, P., 1999, *Astrophys. J.*, 518, 508.
 Dikpati, M., de Toma, G., Gilman, P., 2006, *Geophys. Res. Lett.* 33, L05102.
 Dikpati, M., Gilman, P.A., 2008, *J. Astrophys. Astron.*, 29, 29.
 Gilmore, R., Letellier, C., 2007, *The symmetry of chaos*, Oxford University Press.
 Hathaway, D.H., Wilson, R.M., Reichmann, E.J., 1994, *Solar Phys.* 151, 177.
 Hathaway, D.H., Wilson, R.M., Reichmann, E.J., 1999, *J. Geophys. Res.* 104(A10), 22375.
 Hathaway, D.H., 2015, *Living Reviews in Solar Physics*, Volume 12, article id. 4, DOI 10.1007/lrsp-2015-4.
 Ivanov, V.G., 2022., eprint arXiv:2203.02028.
 Kakad, B., Kumar, R., Kakad, A., 2020, *Solar Physics*, 295, 6.
 Kane, R.P., 1999, *Solar Phys.*, 189, 217.
 Lenz, P., ve Breger, M. 2005, *Communications in Asteroseismology*, 146, 53-136.
 Letellier, C., Aguirre, L.A., Maquet, J., et al., 2006, *Astron. Astrophys.* 449, 379.
 McNish, A.G., Lincoln, J.V., 1949, *Eos Trans. AGU* 30, 673.
 Moore, R., Rabin, D., 1985, *Ann.Rev.Astron.Astrophys.*, 23, 239.
 Pesnell, W.D., 2008, *Solar Phys.*, 252, 209.
 Petrovay, K., 2010, *Living Rev. Solar Phys.*, 7, 6.
 Schüssler, M., 2007, *Astronomische Nachrichten*, 328, 1087
 Verbanac, G., Manda, M., Bandić, M., et al., 2015, *Solid Earth* 6, 775.
 Wilson, P.R., 1994, *Solar and Stellar activity cycles*, Cambridge Astrophysics Series, Cambridge, MA: Cambridge University Press.
 Xiong, Y., Lu, J., Zhao, K., et al., 2021, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 505, 1046-1052.
 Yeates, A.R., Nandy, D., Mackay, D.H., 2008, *The Astrophysical Journal*, 673, 544.

Access:

M23-0353: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.