



SS Geminorum'un Uzun Dönemli Işık Değişimleri

The Long-Term Light Changes of SS Geminorum

Cenk Kayhan, Günay Taş*

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

Özet

SS Gem, RV Tauri değişen yıldız grubunun RVa alt sınıfının (yani ortalama parlaklığı değişmeyen) bir üyesi olarak kabul edilir. 9. kadirde F8 - G8 Ib yıldızdır. Bu çalışmada AAVSO'da alınan yayınlanmamış görsel gözlem verileri kullanılarak SS Gem'in uzun ve kısa dönemli parlaklık, genlik ve dönem değişimleri araştırıldı ve birbirleriyle ilişkisi incelendi. Çalışmanın üç önemli sonucu vardır: 1) Sistemin ortalama parlaklığı değişir, dolayısıyla, ya RVa türüne yeni bir yorum getirilmeli ya da SS Gem'in değişen türü üzerine yeni tartışmalar yapılmalıdır. 2) Dönem analizinden ortalama 88 günlük değişken bir dönem belirlendi. Sistemin ışığı genellikle biri diğerinin yaklaşık yarısı olan iki dönemle değişir. 3) Işık eğrisindeki maksimum parlaklıklar zamanla değişir.

Anahtar Sözcükler: Değişen yıldızlar, Süperdevler, Zonklama, SS Gem, Dönem analizi

Abstract

SS Gem is considered as a member of the RVa subclass of the RV Tau type variable stars (i.e. its mean brightness does not change in time). It is a 9th magnitude, F8 - G8 Ib star. In this study, using unpublished data from AAVSO, the long- and short-term the brightness level, amplitude and period variations of light curves of SS Gem are investigated and possible correlations between these parameters is examined. Three important conclusions from this study are found: 1) The system's mean brightness changes. Thus, it needs either a new interpretation for RVa subclass or a new discussion on variable type of SS Gem. 2) A variable period of 88 days is found by using the period analysis. The system's light generally varies in two periods, which one of them is a half of the other. 3) The maximum brightness levels of the light vary in time.

Keywords: Variable stars, Supergiants, Pulsation, SS Gem, Period analysis

1. Giriş

SS Gem'in değişen bir yıldız olduğu A.J. Cannon tarafından keşfedildi (Pickering 1908). RV Tauri değişenlerinin RVa alt sınıfının bir üyesi olarak önerildi. Bu alt grup, ortalama parlaklığı uzun dönemli değişim göstermeyen RV Tau'ları içerir.

Sistem başlangıçta G0 - K0 tayf türünden bir yıldız olarak (Cannon and Walton 1930), daha sonraki çalışmalarda ise F8 - G8 Ib olarak sınıflandı (Preston vd. 1963). Evrim durumu ve fizik parametreleri üzerine veriler hala belirsizlikler içermektedir. Örneğin DuPuy (1973) tarafından SS Gem için renk artışı $E(B-V) = 0.40$ ve Zsoldos (1991) tarafından ise 0.42 olarak verilmiştir. SS Gem'in etkin sıcaklığı ve demir bolluğu Dawson (1979) tarafından $T_e = 4700 - 5800$ K ve $[Fe / H] = -0.39$ olarak önerilmiştir. Kütle, yarıçap ve yüzey çekimi belirsizdir.

RV Tauri yıldızları genellikle post-AGB yıldızları olarak kabul edilmelerine rağmen, SS Gem'in evrimine ilişkin yapılan tartışmalar sonucunda Zsoldos (1991), onun büyük olasılıkla post-AGB evresinde olmadığını ve daha ziyade klasik Cepheid'lerle ilişkili orta kütleli bir yıldız olduğunu önermiştir. Kızılöte (IR) artıklar da bu düşünceyi destekler; her ne kadar IR artıkların nedeni olan tozun, AGB üzerinde kütle kayıp evresinin kalıntısı olduğu düşünülse de, Klasik Cepheid'lerin de IR artıklar gösterebildiği belirlenmiştir (örn. X Pup ve RS Pup). SS Gem'in 60 mikrometrede yayımladığı akısı yoktur, daha kısa IR dalgalaboylarında IR artık gösteriyor olmalıdır. Dolayısıyla SS Gem'in büyük kütleli bir Öbek I yıldızı olmaması için de hiçbir neden yoktur (Zsoldos 1991).

SS Gem'in ışık eğrisi karakteristik bir biçimde değişir; bir derin ve bir sığ minimumu olan ışık değişimleri (Gerasimovic 1927, DuPuy 1973). Bu değişim, belli bir dönemle ($P = 88.89$ gün) ya da onun harmonikleriyle ($P =$

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: gunay.tas@ege.edu.tr

29.5 ve 27.3 gün gibi) tanımlanabilir (Takeuti ve Petersen 1983, Zsoldos 1991).

Gerasimovic (1927) ışık eğrilerinde gözlenen birinci ve ikinci minimumların yer değiştirdiğini ifade ederken, Zsoldos (1991) RV Tau türü yıldızların yer değiştirmesi olayının SS Gem'de görülmediğini savundu.

Bu tür değişimlerin belirlenebilmesi için çok uzun bir gözlem aralığına gereksinim vardır.

Bu çalışmada, AAVSO (American Association of Variable Star Observers) veri tabanında 1970-2012 yılları arasına yayılan veriyle çalışma olanağı değerlendirilerek SS Gem'in kısa ve uzun dönemli fotometrik bir incelemesi yapılmıştır.

2. Gözlemler

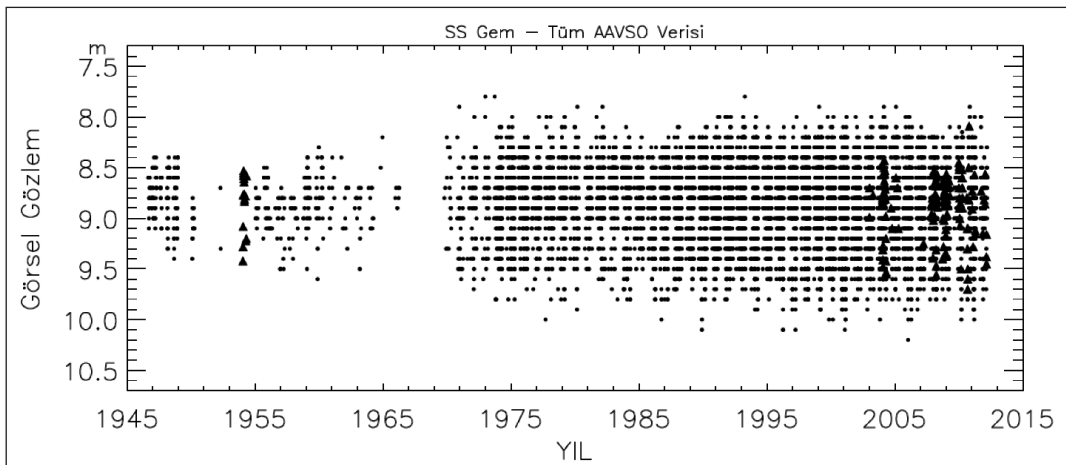
SS Gem gibi uzun dönemli değişenlerin sistematik ya da çevrimli değişimler gösterip göstermediğinin belirlenebilmesi için yıllara yayılan kesintisiz gözlemlere gereksinim duyulur. Bu yüzden, çok boylamlı gözlemler gerekir. Profesyonel kampanyalar kadar amatörlerin gözlemleri de çok değerli olur. Bu bağlamda, AAVSO (American Association of Variable Star Observers) çatısı altındaki yüzlerce gözlemci, bu kurumun sağladığı yazılım desteği ile muazzam bir veri tabanı oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. SS Gem de AAVSO'nun çok farklı boylamlardan gözlem katkısı verdiği, sürekli gözlemi yapılan yıldızlar arasındadır. Bu çalışmada yararlanılan gözlem verisi de AAVSO'nun veri tabanından alınan görsel gözlemlerdir¹.

Tüm veri Şekil 1'de yıllara göre noktalandı. Bu çalışmada tüm şekillerin çiziminde IDL (Image Data Language) programı kullanıldı. Şekil 1'de içi boş daireler görsel gözlemleri ve içi dolu üçgenler V süzgecinde elde

edilen gözlemleri göstermektedir. Olabildiğince geniş bir zaman aralığı üzerinden çalışmayı amaçladığımız için daha sınırlı bir zaman aralığına ait (2004 - 2012 yılları arası) süzgeç kullanılarak elde edilen gözlemler yerine görsel gözlemlerin kullanılması tercih edilmiştir. Neredeyse kesintisiz olarak yaklaşık 65 yıla yayılan görsel gözlemlerle V süzgecinde elde edilen gözlemlerin uyumu Şekil 1'den fark edilebilir.

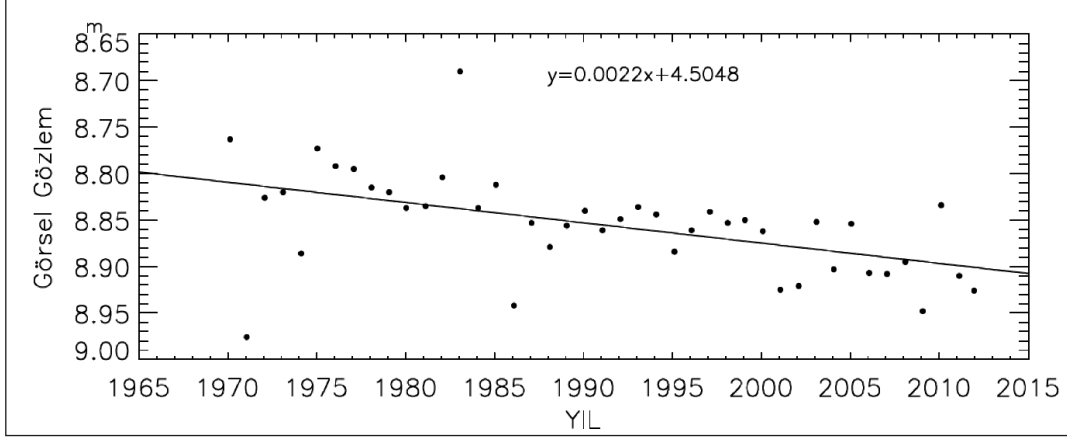
Çalışmanın hedefinde hem kısa hem de uzun dönemli parlaklık ve genlik değişimlerine yönelik amaçlar olduğu için önce beş'er ve sonrasında on'ar yıllık zaman aralıklarına ayırarak verinin genel yapısını incelediğimizde 1960 sonlarına kadar olan verinin amaçlarımıza uygun sıklık ve dağılıma sahip olmadığını gördük. Dolayısıyla verinin bu kısmını çalışma içine almadık. Tüm veriyi önce uzun dönemli değişimlerin varlığı açısından inceledik. Şekil 1'den görüleceği üzere SS Gem'in parlaklığı RVa türüne atfedilen şekilde sabit gibi görünmektedir.

Verideki değişimleri daha belirgin olarak inceleyebilmek için beşer yıllık ortalamaları elde edildi. Parlaklık ortalamaları beklenmedik bir sonuç verdi: Şekil 2'de görüleceği gibi 1970'den günümüze belirgin bir şekilde sürekli bir parlaklık azalması vardır. Bu değişimi nicel olarak ifade etmek için multi-regresyon analizi uygulayarak değişimin biçimi ve güvenilirliği test edildi. Buna göre, değişim bir doğru ile temsil edildi. Doğrunun denklemi görsel parlaklık = $0.002185 \times (\text{Yıl}) + 4.504765$ olarak belirlendi. Buradaki katsayılar kullanılarak ortalama olarak minimum ve maksimum parlaklıklar 8.9 ve 8.8 kadir olarak hesaplandı. Analizler için görsel parlaklıkların kullanılması nedeniyle, bu çalışmada parlaklık değerleri tek basamak olarak verilmiştir. Buna göre, *SS Gem'in ortalama parlaklığında 42 yıldır devam*



Şekil 1. AAVSO'dan alınan tüm görsel gözlemlerin yıllar içindeki dağılımı. İçi dolu üçgenler V süzgeciyle yapılmış gözlemlere karşılık gelmektedir.

¹http://www.aavso.org/sites/default/files/tmp/aavsoata_4fc4850b91fd9.txt



Şekil 2. SS Gem'in ortalama görsel parlaklık değişimi.

etmekte olan, yaklaşık 0.1 kadirlik bir azalma vardır. Burada $\alpha = 0.01$ için (%99 güvenilirlik) hesap yapılmıştır. Genellikle P-değeri $< \alpha = 0.05$ istatistik olarak anlamlı kabul edilir ve %95 güvenilirliğe karşılık gelir. Buradaki değişim için P-değeri 0.0005 ($< \alpha = 0.01$) olarak hesaplanmıştır. Doğrunun temsil yeteneği (R^2) 0.26'dır. Bu, noktaların temsilinin çok iyi olmadığını gösterir. Bunun nedeni, büyük olasılıkla 1971.066, 1974.134, 1983.064 ve 1986.088 yıllarına karşılık gelen, doğrudan büyük sapmalar yapan parlaklık verileridir. Bu büyük sapmaya sahip ortalama veriler olmaksızın yaptığımız doğrusal regresyon analizi %67 düzeyinde iyi bir uyum vermektedir.

Bu eğim her ne kadar istatistik olarak anlamlı ve dolayısıyla bir astrofizik sürece karşılık geliyor olsa da, 2 kadirlik parlaklık aralığına dağılmış tüm gözlem verisinden bu değişimi çıkararak ve çıkarmadan iki biçimde de yapılan dönem analizinin sonuçlarına, etki etmediği görüldü. Dolayısıyla, analizin daha sonraki kısımlarında 0.1 kadirlik eğimin düzeltilmediği orijinal veri kullanıldı. Tüm veri yıllık olarak ele alındı ve her gözlem yılı için alt veri setleri oluşturularak gözlenen değişim PERIOD04 (Lenz ve Breger 2005) dönem analiz programı yardımıyla analiz edildi.

PERIOD04 programı asimetrik görünüme sahip ışık değişimini, Fourier dönüşüm katsayılarıyla iki sinüsün toplamı şeklinde temsil etme olanağı verir. Işık eğrilerinin daha iyi temsil edilebilmesi için aynı parlaklık seviyesine sahip çok noktanın bulunduğu ya da daha sık aralıklarla gözlem noktasının elde edildiği yıllarda ışık değişiminin biçiminin belirginleşebilmesi için dört-beş günlük ortalamalar alınarak analiz işlemi yapıldı. Olası ışık eğrisi biçimi bozulmalarına yol açmamak ve orijinal değişimde neden olunacak olası bozulmalarla karşılaşmamak için ortalama nokta uygulamasına gidilmedi. Her bir gözlem sezonunda elde edilen ışık eğrileri üst üste binmiş iki farklı döneme karşılık gelen sinüslerin toplamıyla iyi bir şekilde temsil edildi (Bkz. Şekil 3). İki dönemli

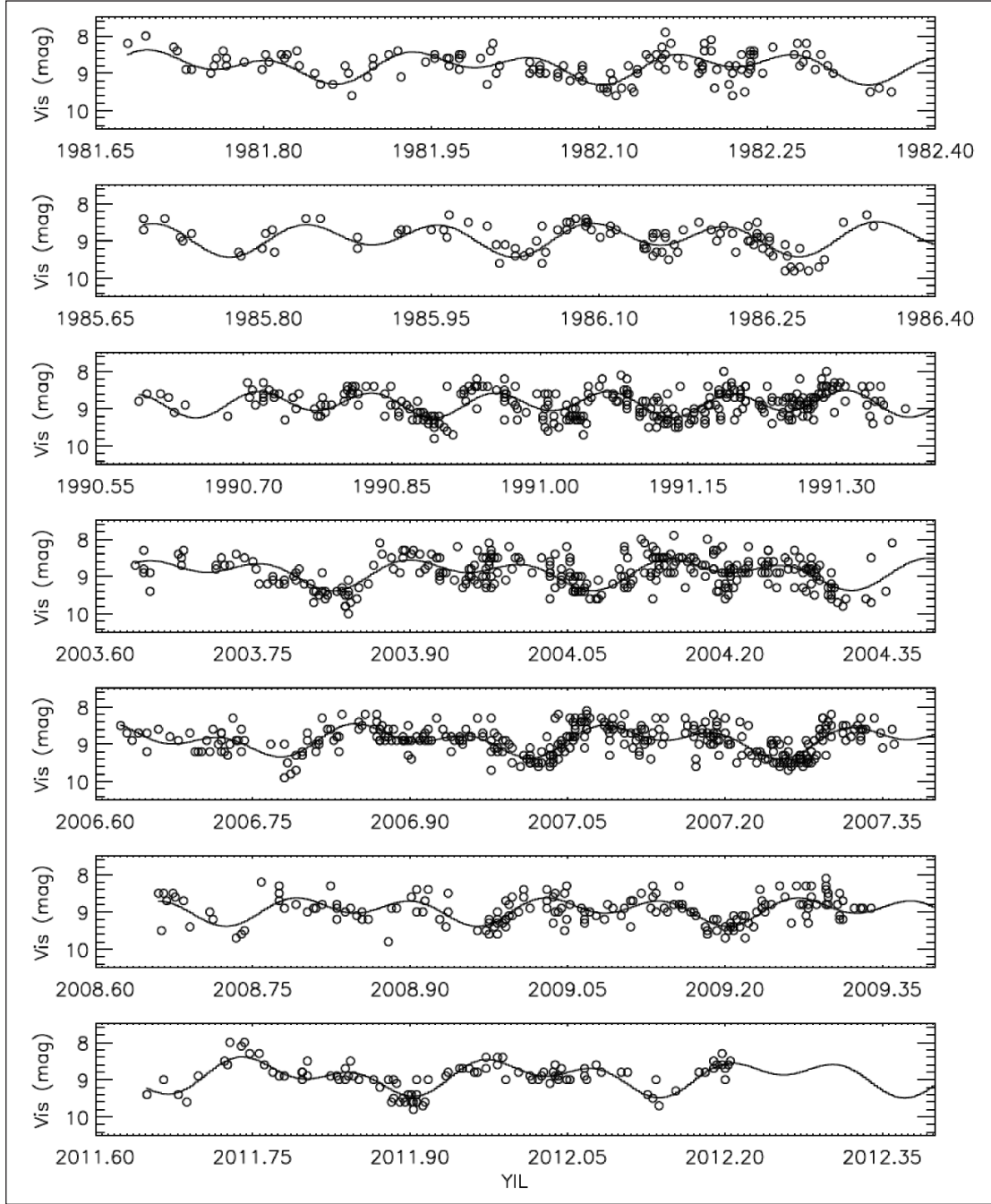
temsillerden temel dönemlerin 81 ile 95 gün arasında ve ikincil dönemlerin ise 42 ile 47 gün arasında değiştiği belirlendi. Buna göre, SS Gem'in ortalama olarak 88.0 ve 44.5 günlük dönemlerle birbirini takip eden derin ve sığ minimumlar gösterdiği bulundu. Bu dönemleri Şekil 4'de yıllara göre çizdiğimizde rastgele bir değişimden ziyade çevrimli bir değişim gösterdiği farkedildi. Birincil dönemler Şekil 4'de sol tarafta düşey eksene P1 yazılarak ikincil dönemler ise iki ile çarpılarak ve düşey eksene P2 yazılarak gösterilmiştir. Bu iki dönem hem birlikte hem de ayrı ayrı analiz edilmiştir. Buraya ayrı ayrı analizlerinin sonuçları yansıtılmıştır. Böylece, Şekil 4'de, gözlem sezonlarına uygulanan dönem analizi ile ulaşılan temsillerden belirlenen birinci ve ikinci frekanslara karşılık gelen dönemlerin değişimi görülmektedir. Analiz sonucunda hesaplanan dönem değişimine karşılık gelen dönemler Çizelge 1'de hatalarıyla beraber listelendi.

Dönem analiziyle belirlenen bu dönemler için SNR (sinyal-gürültü oranı) ~ 3 'dür. Breger et al. (1993), SNR > 4 olduğunda dönem analizi sonucunun %99.9'dan daha iyi güvenilirlikle sinyal belirlemek için iyi bir kriter olduğunu önerdi ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

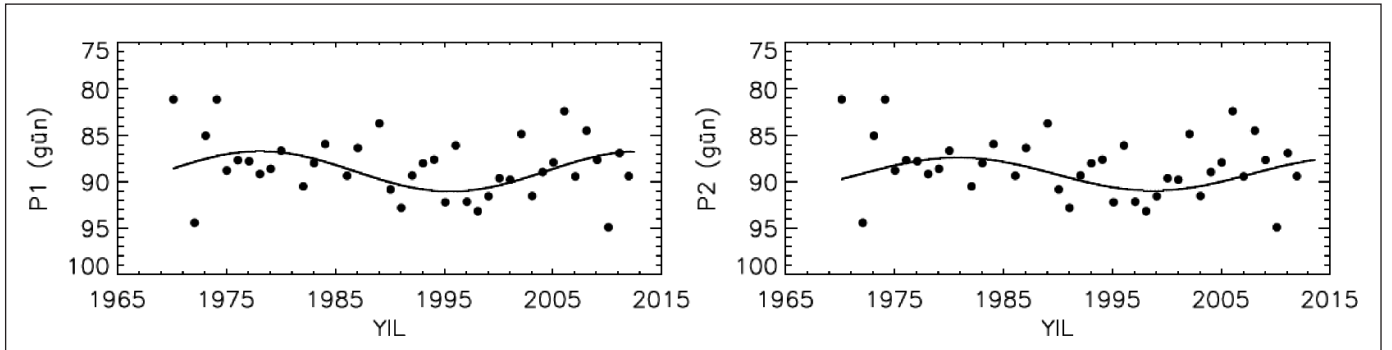
Kallinger and Weiss (2002) dönem belirlenmesinde en azından 3.25'lik bir SNR'nın %95'lik bir güvenilirlik sağlamaya olanak vereceğini gösterdi. Bu bağlamda, Çizelge 1'de her iki dönem değişimi için yapılan analizden belirlenen SNR'larından görüleceği gibi dönem değişimi için belirlenen yaklaşık 35 yıllık dönem \sim %95 güvenilirliğe sahiptir, başka bir deyişle istatistik

Çizelge 1. Sezonluk ışık değişimlerinden hesaplanan birinci ve ikinci frekanslara karşılık gelen dönemlerin değişimi

	F1'den	F2'den
P (yıl)	34.97 ± 9.06	35.83 ± 4.78
A (gün)	4.4 ± 0.6	3.6 ± 0.4
SNR	3.28	3.13



Şekil 3. SS Gem'in farklı gözlem yıllarına ait görsel parlaklık değişimi.



Şekil 4. SS Gem'in her bir gözlem sezonuna uygulanan dönem analizlerinden bulunan birinci ve ikinci frekanslara karşılık gelen dönemlerin değişimi. P1, temel ve P2 ise ikincil frekanslardan hesaplanan dönemi göstermek için kullanıldı.

açıdan anlamlıdır (önemlilik düzeyi = 0.05'e karşılık gelir). Bu, yaklaşık olarak 4 günlük bir genlikle değişen ortalama 35 yıllık dönem, hata sınırları içinde Zsoldos (1991) tarafından SS Gem'in O-C değişimlerinden belirlediği 42 yıllık çevrime çok benzemektedir.

Şekil 3'de sunulan farklı yıllara ait ışık eğrilerinden görüleceği üzere ışık eğrileri biri derin diğeri sığ birbirini takip eden ışık minimumları göstermektedir. Sığ ve derin minimumlar olarak kendini gösteren bu değişimlerin genlikleri ve biçimleri de değişmektedir. Sığ ve derin minimumlara iniş maksimum parlaklıkları bazen benzer olurken, bazı yıllarda ise derin minimumdan çıkış kolunun parlaklığı aynı seviyede kalırken, derin minimuma iniş kolu parlaklığının azaldığı belirlendi. Bu değişimin belli bir astrofizik soruna işaret edecek şekilde belli bir düzen içinde gerçekleşip gerçekleşmediğine bir kanıt bulabilmek için ışık eğri temsilleri üzerinden maksimum parlaklıklar okundu ve Şekil 5'de zamana karşı hem sığ hem derin değişimler için noktalandı. Her ikisinin birbirine zıt yönlü olarak değiştiği uygulanan parabolik fit ile net bir şekilde görüldü.

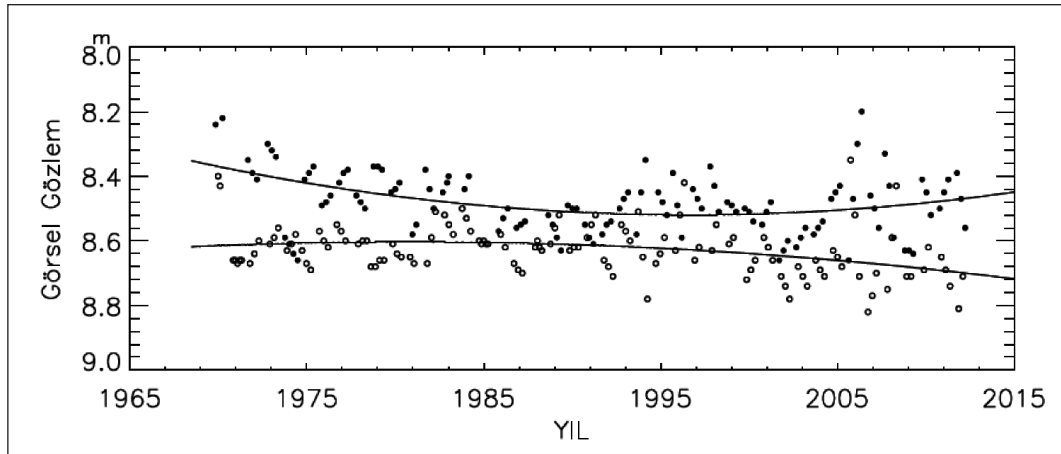
1970 ile 2012 arasında elde edilen SS Gem ışık eğrilerinin temsillerinden bulunan tüm genlikler Şekil 6'da yıllara

göre noktalandı. Şekil 6'dan görüleceği gibi SS Gem 1.4 ile 0.6 kadir arasında genlikleri olan ışık değişimlerine sahiptir. Ortalama olarak yaklaşık 1 kadir mertebesinde bir genlikle değişim göstermektedir. Genlikteki değişim, belli bir dönem ya da çevrime göre değil, rastgele bir zaman aralığında ortaya çıkıyor görünmektedir.

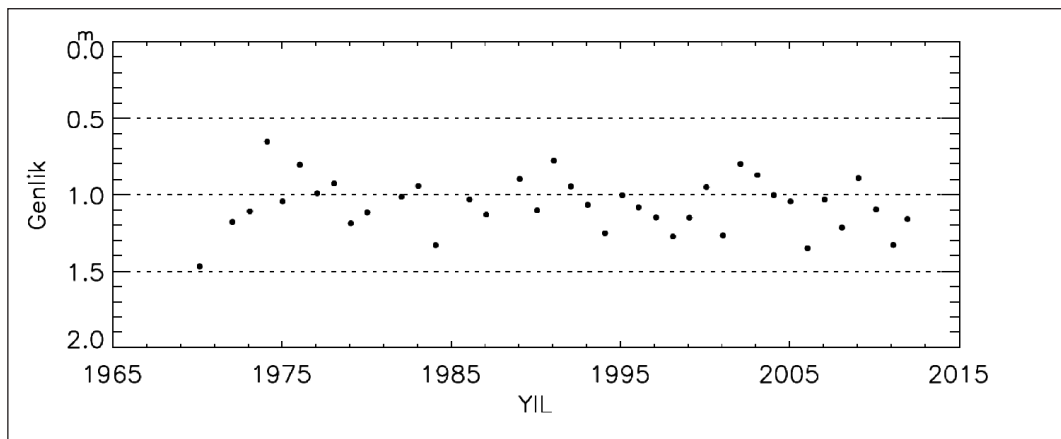
3. Sonuçlar

SS Gem en temel astrofizik parametreleri başta olmak üzere evrim durumu, fotometrik özellikleri hala tartışmalı olan bir süperdev zonklayan yıldızdır. AAVSO'dan ulaşılan uzun zaman aralığına yayılmış görsel parlaklık verisi analiz edilerek bu ilginç yıldızın fotometrik olarak gösterdiği değişimin doğasına ilişkin bazı özellikler aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarını maddeler halinde şöyle sıralayabiliriz:

1. SS Gem'in ortalama parlaklığında sürekli bir azalma vardır. 1970 ile 2012 arasında bu azalmanın mertebesi 0.1 kadir'dir.
2. Birbirini takip eden sığ ve derin minimumlar yer değiştiriyor görünmez. Diğer yandan, derin minimumdan iniş ve çıkış kollarındaki parlaklık değişmektedir: Derin minimumların maksimum parlaklıkları



Şekil 5. Hem sığ hem derin değişimler için maksimum parlaklık değerlerinin yıllar içerisindeki değişimi. İçi dolu daireler derin, içi boş olanlar ise sığ minimumlara ilişkin maksimum parlaklık değerlerini göstermektedir.



Şekil 6. SS Gem'in her bir gözlem sezonuna uygulanan dönem analizlerinden bulunan genliklerin dağılımı.

biri uzun (~54 yıl) ve diğeri daha kısa (~12 yıl) olan üst üste binmiş iki dönemle değişir. Sığ minimumların dönemli değişimine dair herhangi bir değer bulunmamıştır. Derin minimumlar için bulunan dönem, gözlem aralığından biraz daha uzun bir değere sahiptir. Bu tür bir değişimden emin olabilmek için daha uzun dönemli bir gözleme ihtiyaç vardır. Bu belirgin zıt yönlü değişimin fiziksel kökeni henüz bilinmemektedir.

3. Sığ ve derin minimumların minimum parlaklık düzeyleri ise değişmez.
4. Işık eğri genlikleri ortalama olarak 1 kadir mertebesinde ve yıllar içinde yaklaşık ± 0.5 kadir civarında sapmalarla sabit kalır.
5. Her bir gözlem sezonuna uygulanan dönem analiziyle üst üste binmiş iki dönemli temsillerden bulunan temel dönem 81 ile 95 gün arasında değişirken, ikincil dönemler 42 ile 47 gün arasında değişir. Buna göre, ortalama olarak 88.0 ve 44.5 günlük ortalama dönemler hesaplanmıştır. Bu dönemlerin çevrimli ya da rastgele bir değişim gösterip göstermediği incelendiğinde birinci ve ikinci dönemlerin ayrı ayrı Fourier analizinden genliği yaklaşık 4 gün olan 35 yıllık bir çevrimle değiştiği bulunmuştur.

Bu yeni bulgular ışığında SS Gem'in değişim doğası ve ait olduğu değişen sınıfı üzerine yeni tartışmaların yapılması gerekmektedir. Bu noktada, uzun ve/veya kısa zaman aralığına yayılmış, çok renk geniş ve ortaband gözlemler anahtar öneme sahip olacaktır. Elektromanyetik tayfın farklı dalgaboyu bölgelerinden alınacak tayflarla yıldızın enerji dağılımının elde edilmesi, bir model oluşturulabilmesi açısından gereklidir. IR gözlemler evrim durumunun ya da değişim türünün belirlenebilmesi için özellikle önemli görünmektedir.

4. Teşekkür

Bu çalışmanın yazarları, büyük bir emek ve sabırla amatör gözlemcilerin yetişmesine emek veren ve onların yarı-profesyoneller haline gelmesini sağlayan, gözlemin ve gözlemciliğin önemini altını çizen ve topladığı veriler sayesinde bu çalışmanın yapılabilmesine olanak sağlayan AAVSO'ya teşekkür eder.

Bu çalışma, 1973'den vefat ettiği 2004 yılına kadar geçen zaman aralığında AAVSO'nun yöneticiliğini yapan, ulusal ve uluslararası astronomi camiasına büyük katkılarda bulunan değerli hocamız Janet Akyüz Mattei'ye adanmıştır.

5. Kaynaklar

- Ahner, P. 1948.** Untersuchungen über den Lichtwechsel von SS Geminorum, S Vulpeculae und Z Leonis. *AN*, 276: 133.
- Ahnert, P. 1925.** Beobachtungen von SS Geminorum 1923-1925. *AN*, 226: 87.
- Beyer, M. 1937.** Beobachtungen und Untersuchungen des Lichtwechsels von 55 veränderlichen Sternen, I. *AN*, 262: 257.
- Breger, M., Stich, J., Garrido, R., Martin, B., Jiang, SY., Li, ZP., Hube, DP., Ostermann, W., Paparo, M., Scheck, M. 1993.** Nonradial Pulsation of the Delta-Scuti Star Bu-Cancri in the Praesepe Cluster. *AA*, 271: 482.
- Cannon, AJ., Walton, ML. 1930.** Spectra of Cepheids of the International Program. *Harvard Bull.*, 874: 19.
- Chudovicheva, O N. 1952.** SS Gem. *Perem. Zv.*, 9: 133.
- Dawson, DW. 1979.** A photometric investigation of RV Tauri and yellow semiregular variables. *ApJ SS*, 41: 97.
- DuPuy, DL. 1973.** New observations of RV Tauri stars. *ApJ*, 185: 597.
- Enebo, S. 1909.** Bestätigung der Veränderlichkeit einiger neu entdeckten Variablen. *AN*, 181: 47.
- Enebo, S. 1911.** Beobachtungen von langperiodischen Variablen. *AN*, 188: 311.
- Erleksova, GE. 1971.** On period instability of RV Tauri stars. *Perem Zv.*, 18: 53.
- Gerasimovic, BP. 1927.** The Variable Star SS Geminorum. *Harvard Bull.*, 846: 15.
- Giridhar, S., Rao, N., Lambert, DL. 1994.** The chemical composition of the RV Tauri variable IW Carinae, *ApJ*, 437: 476.
- Jura, M. 1986.** RV Tauri stars as post-asymptotic giant branch objects. *ApJ*, 309: 732.
- Kallinger, T., Weiss, WW. 2002.** Detecting low amplitude periodicities with HIPPARCOS. *AA*, 385: 533.
- Kholopov, PN., Samus, NN., Frolov, MS., Goranskij, V. P., Gorynya, N. A., Karitskaya, E. A., Kazarovets, EV., Kireeva, NN., Kukarkina, N. P., Kurochkin, N. E., Medvedeva, G. I., Pastukhova, General Catalogue of Variable Stars, 4th ed., Vol. I, (Moscow, Nauka) (ya da 2013 web edition - <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/iii/html/>).**
- Lenz, P., Breger, M. 2005.** Period04 User Guide. *CoAst*, 146: 53.
- Luizet, M. 1909.** Maxima, minima et éléments d'étoiles variables. *AN*, 182: 101
- Percy, JR., Bezuhly, M., Milanowski, M., Zsoldos, E. 1997.** The Nature of the Period Changes in RV Tauri Stars. *PASP*, 109: 264.
- Perova, EN., Rastorguev, NB., Shugarov, SY. 198.** The General Catalogue of Variable Stars, 4th ed. Vol. I, (Moscow, Nauka).
- Pickering, EC. 1908.** 16 new variable stars in Harvard Map, Nos. 4 and 13. *AN*, 179: 39.

- Preston, GW., Krzeminski, W., Smak, J., Williams, JA. 1963.** A Spectroscopic and Photoelectric Survey of the RV Tauri Stars. *Ap.J.*, 137: 401.
- Takeuti, M., Petersen, JO. 1983.** The resonance hypothesis applied to RV Tauri stars. *AA*, 117: 352.
- Wahlgren, GM. 1992.** The metallicity and luminosity of RV Tauri variables from medium-resolution spectra. *AJ*, 104: 1174.
- Zsoldos, E. 1991.** Photometry of yellow semi-regular variables - SS GEM. *ApJSS*, 181: 203.
- Zsoldos, E. 1993.** Photometry of yellow semiregular variables - AC Herculis, R Sagittae and V Vulpeculae. *AA*, 268: 149.
- Zsoldos, E. 1995.** Photometry of EP Lyrae and period changes in RV Tauri stars. *AA*, 296: 122.