

İLGİNÇ BİR SARI YARI-DÜZENLİ DEĞİŞEN: SS GEMİNORUM

Cenk KAYHAN, Günay TAŞ

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova – İZMİR
e-posta: cenkkayhan@gmail.com; gunay.tas@ege.edu.tr

Özet: SS Gem, RV Tauri değişen yıldız grubunun RVa türü yani ortalama parlaklığı değişmeyen alt sınıfına dahil olduğu düşünülen yaklaşık 9. kadirde F8 - G8 Ib yıldızıdır. Bu çalışmada AAVSO'da biriktirilen, ancak yayınlanmamış, görsel gözlem verileri kullanılarak SS Gem'in parlaklık, genlik ve dönem değişimi ve birbirleriyle ilişkisi araştırılıyor. Çalışmanın üç önemli sonucu vardır: ilki RVa türüne atfedilen değişmeyen ortalama parlaklığın değiştiğinin belirlenmesidir. Bu, RVa türüne yeni bir yorum getirmeyi ya da SS Gem'in değişen türü üzerine yeni tartışmalar yapmayı gerektiren bir sonuçtur. İkincisi, dönem analizinden ortalama 88 günlük değişken bir dönem belirlenmiştir. Işık değişimleri, genellikle biri diğerinin yaklaşık yarısı olan ikinci bir dönemin olduğunu göstermiştir. Üçüncüsü, ışık eğrisindeki baş ve ikinci minimumun ortaya çıkışı sırasında maksimum parlaklık değişimlerinin olduğunu belirlenmiş olmasıdır.

1. Giriş

1.1 RV Tauri Değişenleri

RV Tauri değişenleri sarı yarı-düzenli değişenlerin iyi anlaşılammış bir alt grubunu oluşturur. RV Tauri değişenlerinin evrim durumu belirsizdir (Zsoldos 1995). Genellikle *asimptotik dev kolu sonrası* (post-AGB) yıldızları olarak kabul edilmekle beraber (Jura 1986), tek başına bu yorumun yeterli olamayacağı gösterilmiştir. RV Tauri değişenleri çok heterojen bir grup oluşturur (örn. bkz. Wahlgren 1992) ve gözlemler bazen birbirini desteklemeyen sonuçlar verir (Zsoldos 1993).

RV Tauri değişenleri, F-K tayf türünden zonklayan yıldızlardır; *maksimum parlaklığa sahipken* F-G ve *minimum parlaklığa sahipken* K-M tayf türünden zonklayan süperdevler olarak görünürler. Işık eğrilerinin özelliği birbirini takip eden biri derin ve diğeri sığ iki minimuma sahip olmasıdır. Bu olay hala iyi anlaşılabilmiş değildir. Zaman içinde derinlikler, derin minimum sığ olacak şekilde değişebilir. Genlikler V'de 3-4 kadir civarına ulaşabilir. Birbirini takip eden iki derin minimumdan belirlenen dönemler 30 ile 150 gün arasında değişir. RV Tauri yıldızlarının iki alt türü vardır:

RVa – ortalama parlaklığı değişmeyenler,

RVb – ortalama parlaklıkları 600 ile 1500 gün (hatta daha fazla) arasında dönemlerle ve V'de 2 kadirde büyük genliklerle dönemli olarak değişenler (Kholopov ve ark. 1985).

Pek çok RV Tauri yıldızı iki baskın dönem gösterir: uzun dönemli (P ~ 800 gün gibi örneğin) ve büyük ya da eşit genlikli değişimler üzerine binmiş, daha küçük dönemli (P ~ 40 gün) ve genlikli değişimler. Kısa dönemli çevrim boyunca tayf türü, ışık maksimumuna yakinken en erken ve ışık minimumunda en geri olarak görünecek şekilde değişir. RV Tauri yıldızları ilginç tayfsal özelliklere de sahiptir. Dikine hızları, renk / tayf türü değişimleriyle aynı evreli olarak değişir. Kısa dönemli değişimler için fotometrik ve tayfsal özellikler zonklayan bir atmosfer olduğunu gösterir (Giridhar et al. 1994).

Bu zonklayan süperdevler, yaşlı disk ve Öbek II yıldızları arasında bulunurlar (Percy et al. 1997). AGB evresinden birkaç bin yıllık bir zaman ölçeğinde beyaz cüce evresine büzülecek olan post-AGB yıldızları olarak kabul edilirler (Jura 1986). AGB yıldızları, büyük, seyrek, hidrojen zengin konvektif bir zarf altında ince bir helyum katmanın çevrelediği yozlaşmış elektronlu C-O çekirdeğe sahiplerdir. He kabukla bu zarf arasında ortaya çıkan karışma, daha sonra bir He yanma ürünü olan karbonu ve He yanması sırasında salınan nötrinoların bir yan ürünü olan s-süreci elementlerini zenginleştirir. Bazı

RV Tauri türü yıldızları karbonca zengindir yani karbon miktarı belirgin bir şekilde oksijenden fazladır (Preston ve ark. 1963 tarafından “*b türü*” olarak adlandırıldılar). RV Tauri türü yıldızların kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi üzerine çok az çalışma vardır, dolayısıyla bu yıldızların AGB başlangıcında ya da sonunda olduğunu ayırt etmek zordur (Giridhar et al. 1994).

RV Tauri yıldızlarının O-C değişimi üzerine pek çok çalışma vardır. En çok çalışma Erleksova (1971) tarafından yapılmıştır. Buradan pozitif olduğu kadar negatif de olabilen O-C değişimlerinin, keskin değişimler gösterdiği ortaya koyulmuştur. Genellikle O-C diyagramları, verinin zaman aralığı çevrim uzunluğundan çok daha fazla olmamasına rağmen, çevrimli bir hareket var gibi görünür. AC Her gibi dönemli O-C değişimi gösterenler de vardır. Zsoldos (1995) bu çevrimlerin genliği ile renk gibi yıldızların diğer özellikleri arasında bir ilişki olduğunu buldu (RVa yıldızlarında). 2.5 kadirde büyük genliklerle zonklayan değişen AGB yıldızları olan Mira türü değişenler de yarı-çevrimli O-C değişimleri gösterir. Buradan yola çıkarak RV Tau türü yıldızların da bu tür salınımlar gösterebileceği öne sürülmüştür. Eğer bu gerçekse o zaman bu tür rastgele salınımlardan evrimsel nedenlerle olan dönem değişimlerini çıkarmak zorlaşır.

1.2 SS Geminorum

SS Gem, ortalama parlaklığı değişmeyen bir RV Tauri yıldızı yani RVa türü bir değişen olarak sınıflanmıştır. SS Gem’in parlaklığındaki değişim A. J. Cannon tarafından keşfedilmiştir (Pickering 1908). Pek çok gözlemci tarafından gözlenmiştir (kaynaklar için bkz. Zsoldos 1991). Başlangıçta G0 - K0 tayf türünden bir yıldız olarak sınıflanmış (Cannon ve Walton 1930), daha sonraki çalışmalarla tayf türü F8 - G8 Ib olarak verilmiştir (Preston ve ark. 1963).

SS Gem, RV Tauri türü yıldızların daha düzenli bir grubuna ait olmasına rağmen dönemi sabit değildir. Erleksova (1971), dönem değişimini $|\Delta P/P| = -2.17$ olarak hesapladı. DuPuy (1973) ışık eğrisinin de değiştiğini gösterdi. Zsoldos (1991), 1984 – 1990 yılları arasında sistemin UBV fotometrisini yaptı ve ulaştığı verilere uyguladığı dönem analiziyle gösterdi ki SS Gem’in ışık değişimi belli bir dönemle ($P = 88.89$ gün) ya da onun harmonikleriyle ($P = 29.5$ ve 27.3 gün gibi) ifade edilebilmektedir (Zsoldos 1991). Bu sonuç, DuPuy (1973)’un bulgularının zıttıdır. Burada söylenen dönem, iki derin minimum arasındaki süredir ve formal yani düzenli zonklama dönemine karşılık gelir (Takeuti ve Petersen 1983). Gerasimovic (1927) de ışık eğrisindeki değişimlere dikkat çekti. Literatürde ve bu çalışmada SS Gem için yapılmış dönem analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge-1. SS Gem için yapılan dönem analizlerinden ulaşılan dönemlere ilişkin çalışmalar. Literatür bilgisi Zsoldos (1991)’dan alınmıştır.

Dönem (gün)	Kaynak
92.0	Enebo (1909)
92.4	Luizet (1909)
89.2	Enebo (1911)
89.04	Ahnert (1925)
89.33	Gerasimovic (1927)
89.30	Beyer (1929)
89.31	Beyer (1937)
89.1414	Ahnert (1948)
89.31	Chudovicheva (1952)
88.89	Zsoldos (1991)
88.0	Bu çalışma

Zsoldos (1991), RV Tau türü yıldızların ışık eğrilerinde gözlenen birinci ve ikinci minimumların yer değiştirmesi olayının SS Gem’de görülmediğini ifade etmiştir. Gerasimovic (1927) ise bundan farklı olarak bu tür yer değiştirmeler görüldüğünden bahsetmiştir. Bu tür değişimlerin belirlenebilmesi için çok uzun bir gözlem aralığına gereksinim vardır.

Zsoldos (1991) tarafından SS Gem’in O-C değişimlerinin nispeten çevrimli görünümüne sahip olduğu ifade edildi. Zsoldos (1991) tarafından yapılan O-C çalışmasının bir görüntüsü Şekil 1’de fikir vermesi için verilmiştir. Şekilde dikkat çekici bir “dalga” vardır ve $\sim 15\ 400$ günlük (~ 42.2 yıl) bir çevrime sahiptir. Bu, diğer bir düzenli RV Tau değişeni olan AC Her’in davranışına oldukça benzerdir. Bu

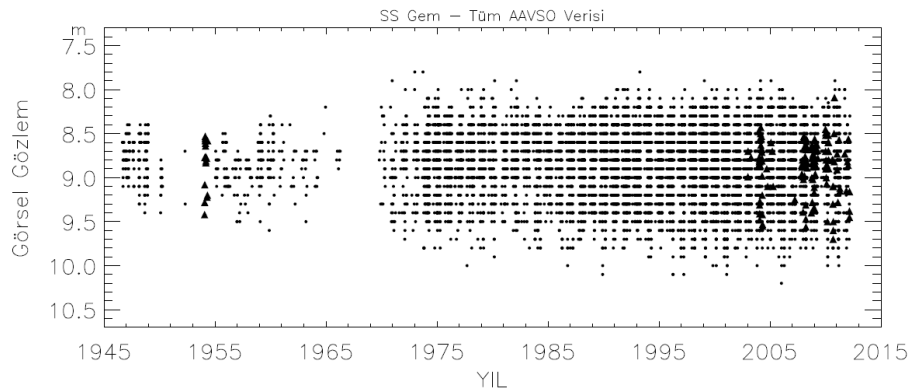
dalganın bir bileşenden dolayı olduğu düşünülemez, çünkü dönem çok uzun ve genlik çok büyüktür. Dönem değişimi olasılıklarının araştırılmasında diğer bir kullanışlı araç “geri dönüş haritasıdır (return map)”. Ama Zsoldos (1991), birbirini takip eden az sayıda birinci ve ikinci minimum olduğu için kullanmamıştır.

DuPuy (1973) tarafından SS Gem için renk artığı $E(B-V) = 0.40$ 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 verilmiştir. Maalesef kütle, yarıçap ve yüzey çekimi belirsizdir. Gonzales ve ark. (1997) aralarında SS Gem’in de bulunduğu dört RV Tau değişeninin 13 ayrı element üzerinden tayfsal sıcaklık ve yüzey çekimini inceledi. Bu belirsizlikte ortalama bir görüntü oluşturacak şekilde Giridhar (2000) M5’in H-R diyagramında SS Gem’i yerleştirdi.

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. Kıızılöte (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 dalgaboylarında IR artık gösteriyor olmalıdır. Dolayısıyla SS Gem’in büyük kütleli bir Öbek I yıldızı olmaması için de hiçbir neden yoktur (Zsoldos 1991).

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.



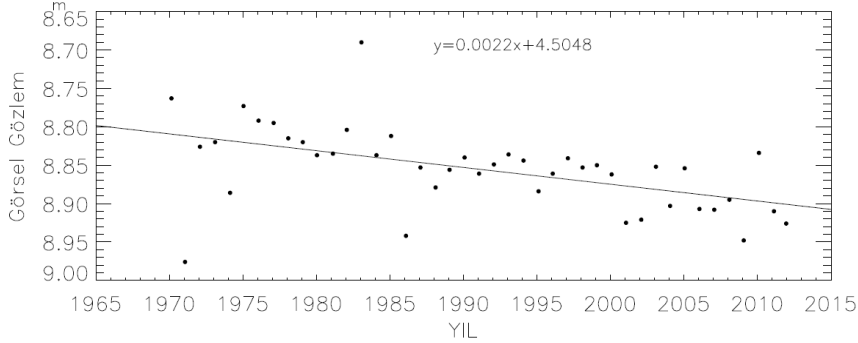
Şekil-1. AAVSO’dan alınan tüm görsel gözlemlerin yıllar içindeki dağılımı. İçi dolu üçgenler V süzgeciyle yapılmış gözlemlere karşılık gelmektedir.

Şekil 1’de tüm veri yıllara göre noktalanmıştır. İçi 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

¹http://www.aavso.org/sites/default/files/tmp/aavsoadata_4fc4850b91fd9.txt

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.



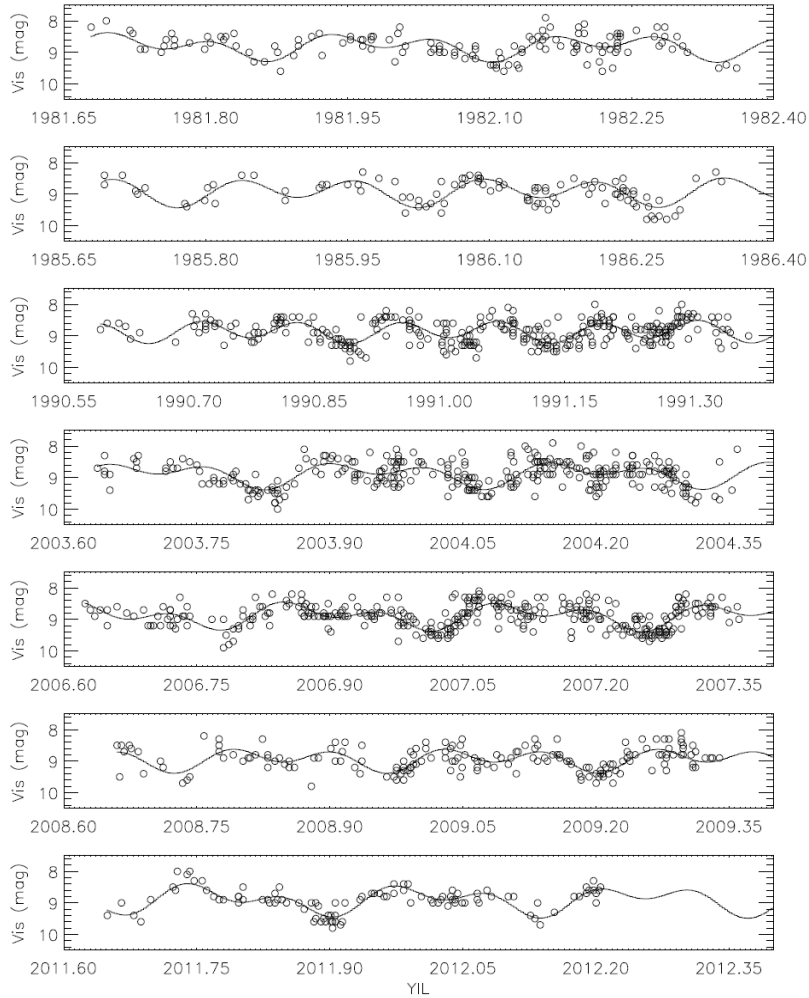
Şekil-2. SS Gem'in ortalama görsel parlaklık değişimi.

Verideki değişimleri daha belirgin olarak inceleyebilmek için beşer yıllık ortalamalarını elde ettik. 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 biçimini ve güvenilirliğini test ettik. Buna göre, değişimi bir doğru ile temsil ettik. 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, çalışma boyunca parlaklık değerleri tek basamak olarak verilecek. Buna göre, SS Gem'in ortalama parlaklığında 42 yıldır devam etmekte olan, yaklaşık 0.1 kadirlik bir azalma vardır. Burada $\alpha = 0.01$ için (%99 güvenilirlik) hesap yapılmıştır. Genellikle P-value $< \alpha = 0.05$ 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, çıkararak ve çıkarmadan iki biçimde de yapılan dönem analiz 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 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 yapılmıştır. Olası ışık eğrisi biçimi bozulmalarına yol açmamak ve orjinal değişimde neden olunacak olası bozulmalarla karşılaşmamak için ortalama nokta uygulamasına gidilmemiştir. 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 çizdirdiğimizde 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 2'de hatalarıyla beraber listelenmiştir.



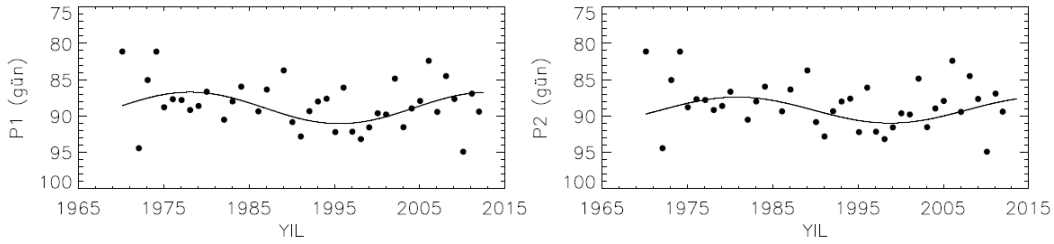
Şekil-3. SS Gem'in farklı gözlem yıllarına ait görsel parlaklık değişimi.

Dönem analiziyle belirlenen bu dönemler için SNR (sinyal-gürültü oranı) ~ 3 'dür. Breger ve ark. (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.

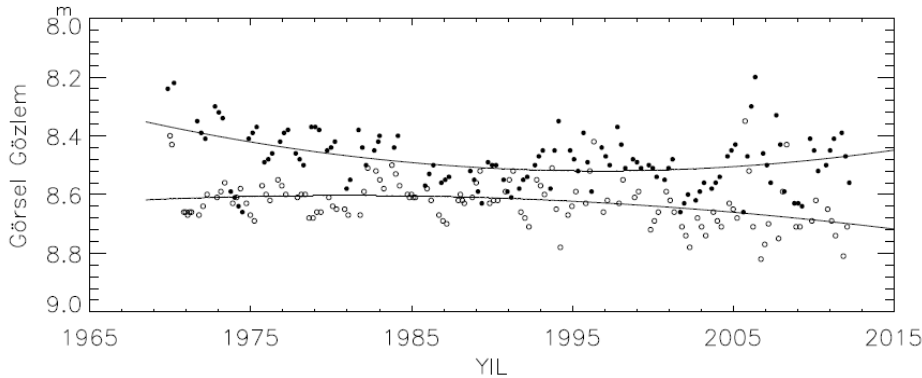
Çizelge-2. Sezonluk ışık değişimlerinden hesaplanan birinci ve ikinci frekanslara karşılık gelen dönemlerin değişimi.

	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

Kallinger & Weiss (2002) dönem belirlenmesinde en azından 3.25'lik bir SNR'nın %95'lik bir güvenilirlik sağlamaya olanak vereceğini göstermiştir. Bu bağlamda, Çizelge 2'de her iki dönem değişimi için yapılan analizden belirlenen SNR'larından görüleceği gibi dönem değişimi için belirlenen yaklaşık 35 yıllık dönem ~%95 güvenilirliğe sahiptir, başka bir deyişle istatistik 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-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.

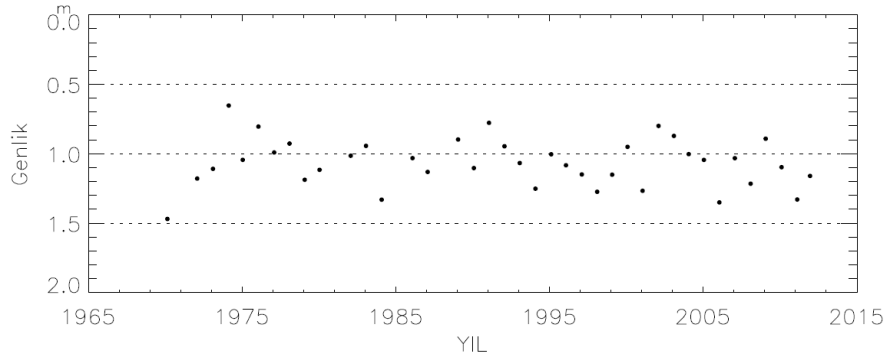


Şekil-5. Hem sığ hem derin değişimler için maksimum parlaklık değerlerinin yıllar içerisindeki değişimi. İçi dolu daireler derin, içi boş olanlar ise sığ minimumlara ilişkin maksimum parlaklık değerlerini göstermektedir.

Şekil 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 belirlenmiştir. 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 değişimin belli bir dönem ya da çevrime göre değil, rastgele olarak ortaya çıkıyor görünmektedir.



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

3. Sonuçlar

SS Gem en temel astrofizik parametreler başta olmak üzere evrim durumu, fotometrik özellikleri hala tartışmalı olan bir süperdev zonklayan yıldızdır. Elimizdeki AAVSO'dan ulaşılan uzun soluklu görsel veri analiz edilerek bu ilginç yıldızın fotometrik olarak gösterdiği değişim doğasına ilişkin bazı özelliklerin aydınlatılmasına çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarını maddeler halinde şöyle sıralayabiliriz:

1. SS Gem'in ortalama parlaklığındaki 0.1 kadirlik sürekli bir azalma olduğu yapılan multi regresyon analiziyle %99 güvenlilikle ortaya kondu.
2. Birbirini takip eden sığ ve derin minimumlar yer değiştiriyor görünmemekle beraber derin minimumdan iniş ve çıkış kollarındaki parlaklığın değiştiği belirlendi. Bu değişimin dönemli ya da çevrimli olduğuna dair bir kanıt bulmak için yapılan dönem analizi sonucunda derin minimumların maksimum parlaklık değişimi için biri uzun (~54 yıl) ve diğeri daha kısa (~12 yıl) olan üst üste binmiş dönemler hesaplanırken, sığ minimumlar için herhangi bir değer bulunamamıştır. Derin minimumlar için bulunan dönem gözlem aralığından 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 düzeylerinin ise değişmediği belirlendi.
4. Işık eğri genlikleri ortalama olarak 1 kadir mertebesinde ve yıllar içinde yaklaşık ± 0.5 kadir civarında sapmalarla sabit kalmaktadır.
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 değişmektedir. 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 tartışmalar yapılması gerekmektedir. Bu noktada, uzun ve/veya kısa zaman aralığına yayılmış, çok renk geniş ve ortaband gözlemler anahtar öneme sahip olacaktır. Elektromanyetik tayfin 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.

Teşekkür: *Bu çalışmanın yazarları, büyük bir emek ve sabırla amatör gözlemcilerin yetişmesine önem 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.

4.Kaynaklar

- Ahnert, P. 1948, AN, 276, 133
Ahnert, P., 1925, AN, 226, 87
Beyer, M., 1937, AN, 262, 257
Breger, M., Stich, J., Garrido, R., Martin, B., Jiang, S. Y., Li, Z. P., Hube, D. P., Ostermann, W., Paparo, M., Scheck, M., 1993, AA, 271, 482
Cannon, A. J., Walton, M. L., 1930, Harvard Bull., 874, 19
Chudovicheva, O. N., 1952, Perem. Zv., 9, 133
Dawson, D. W., 1979, ApJ SS, 41, 97
DuPuy, D. L., 1973, ApJ, 185, 597
Enebo, S., 1909, AN, 181, 47
Enebo, S., 1911, Beobachtungen Ver. Sterne, 5
Erleksova, G. E., 1971, Perem Zv., 18, 53
Gerasimovic, B. P., 1927, Harvard Bull., 846, 16
Giridhar, S., Rao, N. K., Lambert, D. L., 1994, ApJ, 437, 476
Jura, M., 1986, ApJ, 309, 732
Kallinger, T., Weiss, W. W., 2002, AA, 385, 533
Kholopov, P. N., Samus, N. N., Frolov, M. S., Goranskij, V. P., Gorynya, N. A., Karitskaya, E. A., Kazarovets, E. V., Kireeva, N. N., Kukarkina, N. P., Kurochkin, N. E., Medvedeva, G. I., Pastukhova, E.N., Perova, N. B., Rastorguev, A. S., Shugarov, S. Y., 1985, General Catalogue of Variable Stars, 4th ed. (Moscow, Nauka)
Luizet, M., 1909, AN, 182, 101
Percy, J. R., Bezuhly, M., Milanowski, M., Zsoldos, E., 1997, PASP, 109, 264
Preston, G. W., Krzeminski, W., Smak, J., Williams, J. A., 1963, ApJ, 137, 401
Takeuti, M., Petersen, J. O., 1983, AA, 117, 352
Wahlgren, G. M., 1992, AJ, 104, 1174
Zsoldos, E., 1991, ApJ SS, 181, 203
Zsoldos, E., 1993, AA, 268, 149
Zsoldos, E., 1995, AA, 296, 122