

KROMOSFERİK AKTİF TEK DEV V390 AUR VE FLARE ARAŞTIRMASI

Tahir ERGENÇOĞLU¹, Serdar EVREN¹

Özet

Geri tayf türünden yıldızlarda, dinamo mekanizmalarıyla açıklanan kromosferik aktif yapılar ve bu yapılardan biri olan flareler sıkça gözlenmektedir. G8 III tayf türünden tek dev yıldız olan, Li bolluğu yüksek ve hızlı dönen ($v \sin i = 29$ km/s), V390 Aurigae'nın saniyeler mertebesindeki ani ve sık parlamalar göstermesi (microflare) bu yıldızı diğerlerinden farklı kılar. 2005-2006 gözlem sezonunda bir gecelik bir gözlem içinde elde ettiğimiz ışık değişimlerinde olası çok küçük genlikli ani flareler saptadık.

Anahtar Kelimeler: Geri tür yıldızlar, mikro flare, aktivite

Abstract

In late type stars, it is frequently observed chromospherical activity structures and flares, those are explained with dynamo mechanism. V390 Aur is a single star which is classified as G8 III type, lithium-rich and rapidly rotating giant ($v \sin i = 29$ km/s) and it also differs from the other giant stars in terms of abrupt microflares which is in seconds scale. In 2005-2006 observation season we obtained light curve of star for one night and determined possible low amplitude abrupt flares.

Key words: Late type stars, microflare, activity

Giriş

V390 Aur, [1] tarafından hızlı dönen, lityumca zengin, G8 III tayf türünden, 7 kadirde tek dev yıldız olarak belirlendi. Bunun üzerine [1] bu yıldızın, kısmen güçlü Ca II H&K salma çizgilerine, dönemselsel fotometrik değişimine ($P = 9.825$ gün) ve hızlı dönmesine ($v \sin i = 29$ km/s) dikkat çekmişlerdir. *ROSAT* ve *XMM – Newton* gözlemleri [2, 3] V390 Aur'un X-ışınım gücünün ($\approx 10^{30}$ erg/s) kırmızı bir deve göre olağanüstü yüksek oluşuna işaret ettiler [4]. Bulgaristan'da Belogradchik Gözlemevi'nde yapılan gözlemlerde $0^m.06$ ile $0^m.29$ genlik aralığında kısa süreli flareler saptanmıştır [5]. V390 Aur'un aslında $0^m.358$ daha ayırık, V bandında $1^m.85$ daha sönük bir görsel çifti olduğu ve fotometre diyafrağına beraber girdikleri için beraber gözlenildiği, bir yıldızın olduğu ve yapılan araştırmalardaki değişimlerin bu yıldızdan da kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür. Yapılan hesaplamalarda yoldaşın $1.3 M_{\odot}$ 'lik orta F sınıfı bir yıldız olduğu ve bu değişimlerin onda olması durumunda değişim genliğinin gerçek değeri $\geq 1^m.5$ olması gerektiği ve orta F yıldızları için bunun pek

¹ Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova, İzmir, ergencoglu@yahoo.com, serdar.evren@ege.edu.tr

olası olmadığı belirtilmiştir [6]. Gözlemlerde kullanılan yıldızlar ve kimlikleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Gözlenen yıldızların kimlikleri

Değişen	Mukayese
V* V390 Aur	...
** A 1031AB	...
ADS 3812 AB	...
AG+47 517	AG+46 478
BD+47 1117	BD+46 993
CCDM J05153+4710AB	...
GC 6397	...
GSC 03362-01371	GSC 03362-01767
HD 33798	HD 34248
HIC 24488	HIC 24748
HIP 24488	HIP 24748
IDS 05078+4703	...
IRAS 05115+4706	IRAS 05146+4659
PPM 47894	PPM 47959
SAO 40158	SAO 40213
SKY# 8287	SKY# 8394
TYC 3362- 1371-1	TYC 3362- 1767-1
uvby98 100033798 ABV	uvby98 100034248
com HIC 24488 incl	GEN# +1.00034248
CCDM J05153+4710AB	

3. Kromosferik Aktif Tek Dev Yıldız V390 Aurigae

V390 Aur, [1] tarafından G8 III tayf türünden, 7. kadirde, aktif tek dev yıldız olarak tanımlandı. Bilinen çoğu geri tür yıldızın, kromosferinin ve koronasının manyetik aktivite gösterdiği bilinir. Buna neden olarak birincil yaygın kabul dinamo mekanizmasıdır. Flareler bu aktivitenin göstergelerinden biridir. Bütün kanıtlar da eklenince bu olayın, dış atmosfer katmanlarının ısıtılmasına neden olduğu ortaya çıkmaktadır [7]. Flare, devler üstünde optik bantta nadiren rastlandığından [5] V390 Aur'un kendine özgü flare gözlemi, özel bir ilgi alanı oluşturmuştur. [1] bu yıldızın, kısmen güçlü Ca II H&K salma çizgilerine, dönemsel fotometrik değişimine ($P = 9.825$ gün) ve hızlı dönmesine ($v \sin i = 29$ km/s) dikkat çekmişlerdi. Bazı geri tür dev yıldızlarda flare olayları, aktiviteye kanıt olarak X-ışınlarından da elde edilmişti [8, 9]. ROSAT ve XMM – Newton gözlemleri [2, 3] V390 Aur'un X-ışınım gücünün ($\approx 10^{30}$ erg/s) kırmızı bir deve göre olağanüstü yüksek oluşuna işaret ettiler [4]. İlk olarak V390 Aur'un flare aktivitesi, Bulgaristan'da Belogradchik Gözlemevi'nde 60 cm. ayna çaplı teleskopla Aralık 1997 ile Mart 1999 arasında U bandında 1 saniyelik poz süresi verilerek gözlenmiştir. $0^m.06$ ile $0^m.29$ genlik aralığında kısa süreli flarelar saptanmıştır [5]. ROSHEN'deki Bulgaristan Ulusal Astronomi Gözlemevi'nde 2000 yılından 2003 yılına kadar, 2 m. ayna çaplı RCC teleskopuna bağlı yüksek hızlı, tek kanallı fotometre ile yapılan gözlemlerde ise, U bandında 0.1 s'lik poz süreleriyle veri elde edilmiştir. Gözlem çok iyi hava koşullarında yapılmış olmasından standart sapması (σ) $0^m.01 - 0^m.015$ arasındadır. 1974'te Van Biesbroeck, V 390 Aur'dan $3^m.3$ daha sönük ve $0".358$ kadar ayrık ikinci bir yıldızın daha olduğunu rapor etmiştir. V390 Aur, ADS 3812 görsel çiftinin bir üyesidir. Hipparcos uydusunun ölçümlerine göre yoldaş yıldız, V bandında $1^m.85$ daha sönüktür. Bileşenler arası ayrıklık çok küçük ($0".358$) olduğundan, fotometre diyaframına beraber girmişler ve bu yüzden beraber gözlenmek zorunda kalmıştır. Bu da flare olaylarının yoldaş yıldız üzerinde de olabilme olasılığının göz ardı edilememesine yol açmıştır.

V390 Aur, Aralık 1997'den Mart 2003'e kadar toplam $63^s 24^d 48^s$ gözlenmiştir. Bu altı yıllık dönem içinde 13 flare saptanmıştır. Ortalama flare sıklığı 0.205 flare/saat tir. Ancak V390 Aur üzerindeki flareler, 6 yıllık dönem içinde çok kısa bir sürede saptanmıştır (Ocak –

Şubat 1998, Ekim 2000 – Şubat 2002). Ayrıca bu gruplarda kısa süreli flareler de görülmüş, bu olaylara tam bir açıklama getirilememiştir. V390 Aur'un flare aktivitesini diğer aktif yıldızlarla karşılaştırmak için, iyi bilinen aktif cüceler AD Leo ve EV Lac kullanılmıştır. Bu yıldızların flare sıklık tanımlamasında kullanılan gözlemlerin bazıları aynı gözleminde yapılmıştır. Örneğin; 1990 – 1994 döneminde AD Leo'nun flare aktivitesi 0.33 – 0.70 flare/saat aralığında değişir. EV Lac'ın flare aktivitesi ise, 1995 yılında 0.10 flare/saat, 1994'te 0.58 flare/saat ve 1998'de 0.29 flare/saattir [10]. Görüldüğü gibi V390 Aur'un flare aktivitesi, EV Lac'ın aktivite çevriminin minimumuna yakın bir değerindedir ve AD Leo'nun aktivite düzeyinden daha az aktiftir. Eğer, her bir olay ayrı bir flare olayı olarak düşünülürse, o zaman V390 Aur'un flare aktivitesi, EV Lac'ınkine benzer ve, V390 Aur iyi bilinen bir flare yıldızı olur. Ancak, unutmamak gerekir ki, gözlenen olaylara, yakın görsel bileşenin katkısı olabilir. Eğer ADS 3812 bir fiziksel çift sistem ise Hipparcos'un bulduğu iraksınımı ($0^{\circ}.008947$) ve iki bileşen arasındaki parlaklık farkını kullanarak yoldaş yıldızın kütleini ve evrim durumunu tahmin edebiliriz. Hesaplar yoldaşın F tayf türünden bir cüce veya anakol evrimini yeni tamamlamış bir alt dev olduğunu gösterir. F cücelerinde bilinen bir optik flare yoktur [11]. Ancak çok nadiren X-ışın flareleri saptanmıştır. Bu gibi olaylar F5 cüce yıldız 36 Dra [12] ve 47 Her (F05) [13] üstünde saptanmıştır. Bunların süreleri sırasıyla ≈ 1000 s. veya ≈ 90 dak. uzunluğundadır. Anakol yıldızlarından, evrimleşmiş, tek F tayf türü alt devlerin görsel tayf bölgesinde saptanmış herhangi bir flaresi yoktur.

Öte yandan yakındaki yoldaşın varlığı V390 Aur'un aktivite özelliklerinin çoğuyla açıklanabilir. Bileşenler arasındaki açısal ayrıklık ve iraksınım esas alınarak, bileşenler arası uzaklığı 40 AB olarak belirleyebiliriz. Eğer yoldaşı 1.3 M_{\odot} 'lik bir orta F sınıfı yıldızı ve dairesel yörüngede dolanıyor kabul edersek [6], yörünge dönemi 139 yıl olmaktadır. V390 Aur'un dönme dönemiyle (1.44 gün) karşılaştırıldığında, eş zamanlı dönme etkisinin olmaması, yıldızının ileri düzeydeki aktivitesinde önemli bir rol oynamaz. Eğer bu, flare sonucu genlikteki değişimlerin ikinci yıldız tarafından üretildiğini düşünürsek bu genliklerin gerçek değeri $\geq 1^m.5$ olmak zorundadır. Aktif kırmızı cüceler üzerinde U genliği yaklaşık $1^m.5$ olan ve 10^5 süren flarelere rastlanmıştır. Ancak, benzer olayların meydana gelmesi çok az görülmektedir. Bunun sonucunda V390 Aur'un aktivite özelliği ve saptanan flarelerin dev yıldızdan kaynaklandığı sonucu çıkartılmaktadır. Buna rağmen, ikinci yıldızda bunların olması olanaksız da diyemeyiz. Eğer, kromosferik dev yıldızlardaki flareyi kromosferik aktiviteyi açıklayan olay olarak düşünürsek, onların özelliklerini dev yıldız atmosferi ile aktif cüce yıldızların atmosferleri arasındaki farkları inceleyerek açıklayabiliriz. Genel farklılıkları irdeleyecek olursak; aynı kütle çekimde, dev yıldız atmosferi daha az yoğundur ve bu bize dev yıldızlardaki aktif alanların daha geniş ve düşük yoğunluklu olmaları gerektiğini söyler. [14] ile 26 Ağustos 1996 ve 18 Şubat 1998 tarihleri arasında 6 gecelik dönemde, ROZHEN Gözlemevi'nde Coude tayfçekirli CCD monte edilmiş 2 m lik RCC teleskobu tarafından alınmış yüksek çözünürlüklü (0.2 \AA) $H\alpha$ gözlemlerinde bahsedilmiş olan iddialarla uyduğu gözlenmiştir. $H\alpha$ normal soğurma çizgisi cüce yıldızlardaki baskın çarpışma kaynaklı çizgilere benzememektedir [15, 16]. Günümüzdeki geçerli güneş modelinde sert X-ışını salmalarının dikkate alınması gerekmektedir [17, 18].

[19] güneş flaresindeki sanki kuantlanmış enerji boşalmalarını vermiştir. Milimetre radyo akısındaki tanımlanan hızlı değişimleri, patlama tabanındaki 0.05 s 'deki üst üste bindirmenin sonucu olarak yorumladılar. Dermendjiev 1989'da bu gözlem sonuçlarına dayanarak güneş flare patlaması başlangıcı için bir manyetohidrodinamik model önermiştir. Modeldeki ana varsayım; girdap halkaları gibi şekillenen akım tüpünde ivmelendirilen yüksek enerjili elektronların böyle bir olayı sağlayabileceğidir.

[20], patlamanın başlangıcındaki gibi atmalı yıldız flareleri düşündüler. Buna rağmen gaz dinamiği modellerinin temel varsayımlarından biri; flare süreci esnasında, kromosferde oluşan sıcaklık yoğunlaşmasının, tayfta optik süreklilikte salma göstermesi gerektiğiydi. Bu

katmandaki karakteristik gaz dinamiği zamanına bağlı olan flare süresi ve dev yıldız V390 Aur göz önüne alındığında; 100 saniyeden daha kısa süreli optik spike'lar kuram ile kolayca açıklanamayacak türdendir. Gözlenen olayların olası bir açıklaması da üst fotosferik ve daha yoğun kromosferik katmanlardaki ivmelenmiş parçacıkların akılarının sisteme etkisi olarak gösterilmektedir. Bu parçacıklar manyetik ilmiklerin bir ayak ucundan diğerine çoğalabilirler ve bir yada bir çok üst ilmikten optik esnemeye neden olabilirler denilmiştir.

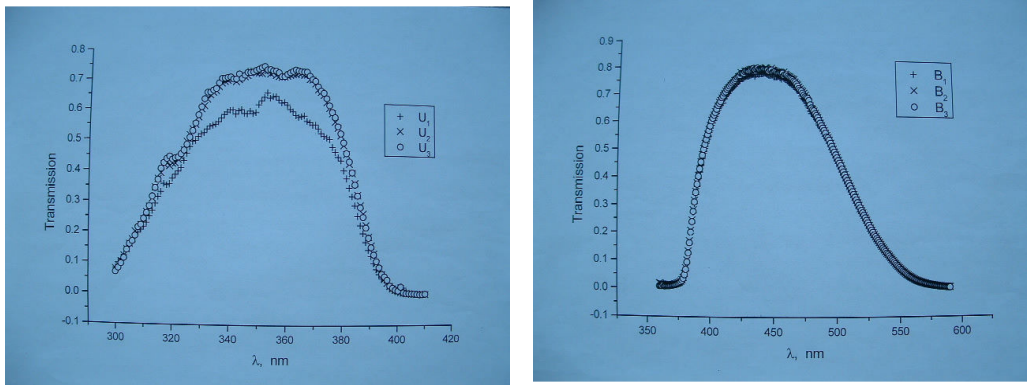
4. Gözlemler Ve İndirgemeler :

Gözlemler 08 Ekim 2005 tarihinde Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm çaplı Cassegrain türü teleskopuna bağlı Vilnius yüksek hızlı üç kanallı ışıkölçeri (HSTCP)'in tek kanalı, Johnson'un geniş band standart U ve B süzgeçleri ve soğutulmuş Hamamatsu R1463P fotokatlandırıcı tübü (PMT) kullanılarak yapılmıştır. Gözlemlerde kullanılan fotokatlandırıcı tübün özellikleri Çizelge 2'de ve kullanılan U ve B süzgeçlerinin duyarlılık eğrileri de Şekil 1'de verilmiştir. Gözlenen yıldızlara ait bazı bilgiler de Çizelge 3'te verilmiştir.

Gözlemlerde kullanılmak üzere değişen yıldızına yakın, tayf türü, parlaklığı uygun bir mukayese yıldızı seçilmiştir. Bu yıldız daha önce de [14] tarafından mukayese olarak kullanılmıştır.


Çizelge 2. Gözlemlerde kullanılan fotokatlandırıcı tübün özellikleri


Model	R1463P
Tür	PMT
Boyut	13 mm
Aktif alan çapı	10 mm
Mil dalgaboyu	185 nm
Max dalgaboyu	850 nm
Max geçirgenlik dalgaboyu	420 nm
Pencere	UV Glass
Katod Türü	multialkali
Kara akım sayısı	900 sec ⁻¹



Şekil 1. UBVR süzgeçlerinin duyarlılık eğrileri

Çizelge 3. Gözlenen yıldızlara ait bilgiler

	Yıldız	Sağaçıklık 2006(FK5)	Dikaçıklık 2006(FK5)	Tayf Türü
Değişen	V390 Aur	05 ^{sa} 15 ^{dk} 42 ^s .45	+47°10' 37".2	G5 III
Mukayese	HD 34248	05 ^{sa} 18 ^{dk} 51 ^s .23	+47°03' 15".1	G5

	Parlaklık (B)	Parlaklık (V)	Öz hareketi (mas)
Değişen	7 ^m .89	6 ^m .92	92.05 -105.73
Mukayese	8 ^m .80	7 ^m .74	0.74 -1.29

Gözlemlerde değişen yıldızın flarelerini gözleyebilmek hızlı ışıkölçüm gerekiyordu. Bu yüzden ancak her 15 – 20 dakikada bir mukayese yıldızından ölçüm yapabildik. Değişenin bu sayım alma süresinin uzun olmasından dolayı, yıldızın diyaframdan çıkmasını engellemek için kullanılmayan diğer bir kanala bir yıldız ortalayarak onu takip yıldızı olarak kullandık. Takip yapılan diyaframın içinde, takip yıldızını sürekli olarak ortada tutup, diğer kanalda değişenin diyafram içinde kalmasını sağladık.

Gözlemler, U filtresinde 2 s'lik B filtresinde ise 1 s'lik poz süreleri verilerek yapılmıştır. Gözlemlerde aşağıdaki yıldız sırası izlenmiştir: G (gök), C1 (mukayese) ve V (değişen) olmak üzere,

GGGGG - C1C1C1C1C1 - VVVVVV...VVVVV - GGGGG - C1C1C1C1C1 ...

Gözlem sırasında arka arkaya 5'er sayım gökyüzü ve mukayese aldıktan sonra yaklaşık 20 dakika boyunca değişenden sayım alınmıştır.

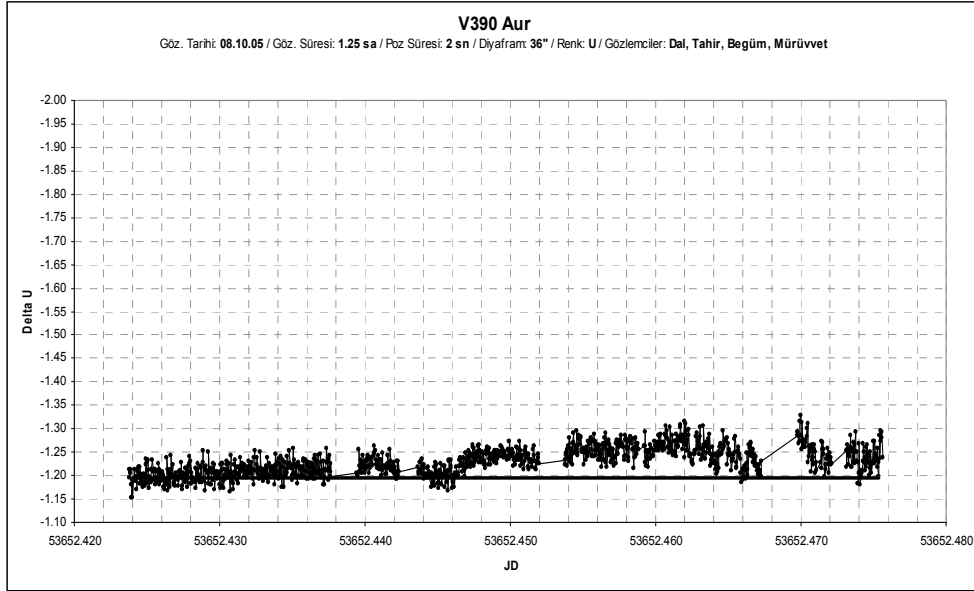
Mukayese ve gökyüzünden aldığımız sayımlar, ard arda gelen ikili gruplar halinde alındı, daha sonra bu ikili grupların ve onlara karşılık gelen zamanların aritmetik ortalamalarını hesapladık.

Elde edilen ortalamalara ara değer hesabı uygulayarak her değişen sayımına karşılık gelen mukayese ve gökyüzü sayımlarını elde ettik. İndirgeme işlemlerinden önceki tüm ara değer hesaplarında bu aritmetik ortalamaları kullandık. Değişenin, mukayeseye göre ölçülen parlaklık farklarını $\Delta m = m(\text{değişen}) - m(\text{mukayese})$ eşitliğine göre hesapladık. Gözlemin yapıldığı gece başı hava durumu iyi iken zaman içinde tullenmeler başladı ve gözlemi yarıda bırakmak zorunda kaldık. Gözlem bu hava koşulları yüzünden 1^{sa} 14^{dk} 24^s sürmüştür. Gözlemin kısa yapılmış olmasından dolayı atmosfer sönükleştirme katsayıları için ortalama değerleri kullandık. Bu sönükleştirme katsayılarını kullanarak değişenin ve mukayesenin parlaklığını:

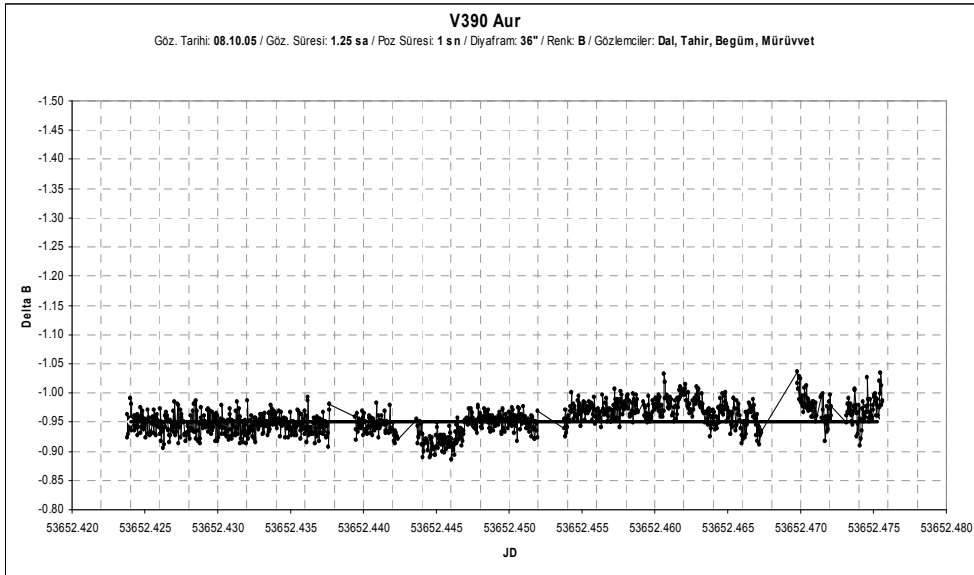
$\Delta m = \Delta m_0 + k \cdot \Delta M$ bağıntısı ile atmosferik sönükleştirme etkisinden arındırdık. Burada ΔM , değişenin ve mukayesenin bakış doğrultumuzdaki hava kütleleri farkı, k ilgili süzgeçteki sönükleştirme katsayısı, Δm_0 ise yıldızların atmosfer dışı parlaklıklarının farkını belirtmektedir.

5. Işık Eğrileri :

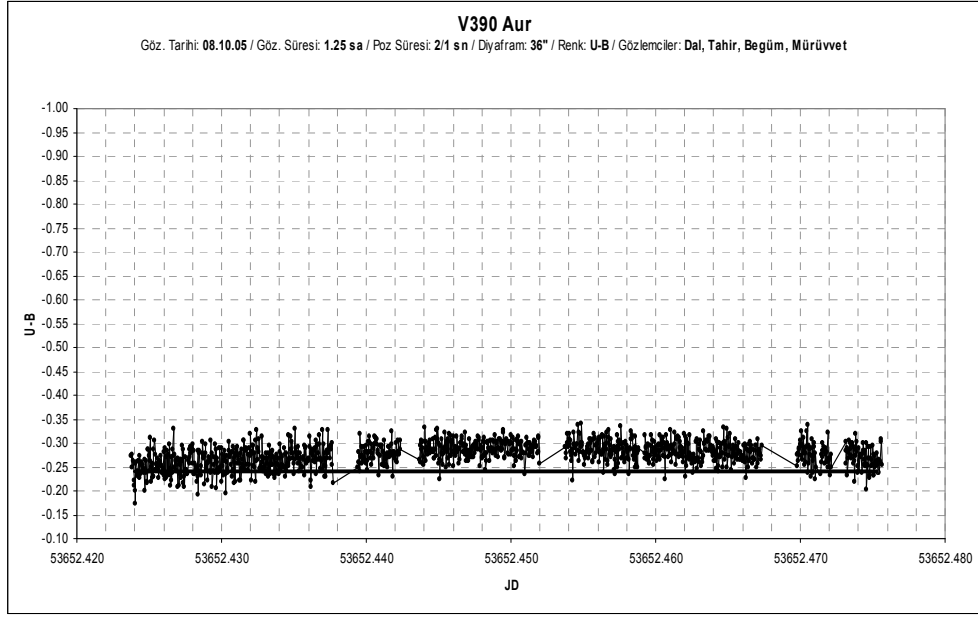
2005 yılında V390 Aur'un Ege Üniversitesi Gözleminde elde edilen iki renk (U,B) ışık eğrileri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. 2005 yılında V390 Aur'un Ege Üniversitesi Gözleminde elde edilen iki renk (U,B) ışık eğrileri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



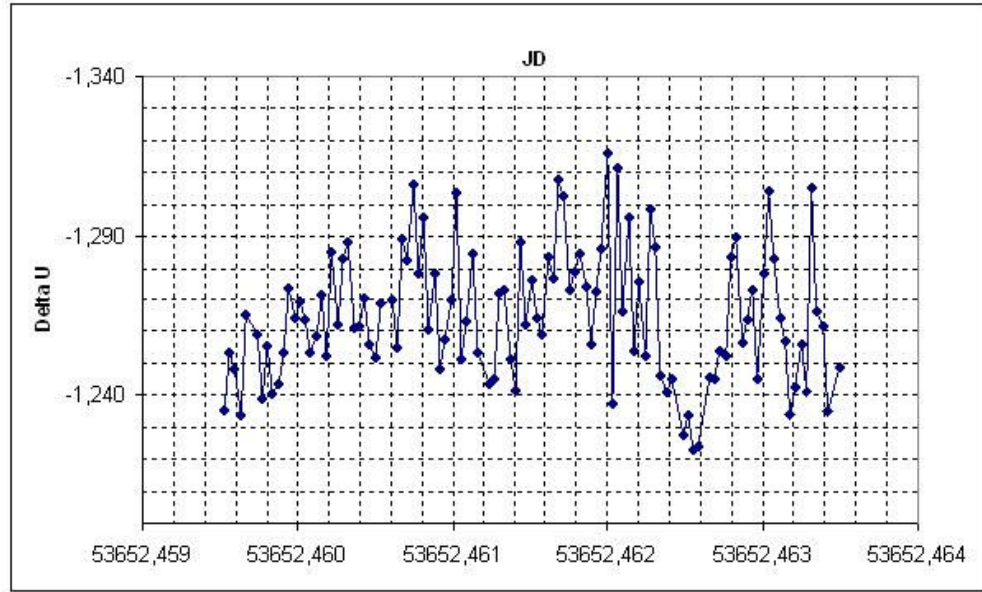
şekil 2. 8 Ekim 2005 de elde edilen U eğrisindeki dalgalanmalar. Gece başı seviyesinden yaklaşık $0^m.05$ lik bir dalgalanma görölmektedir.



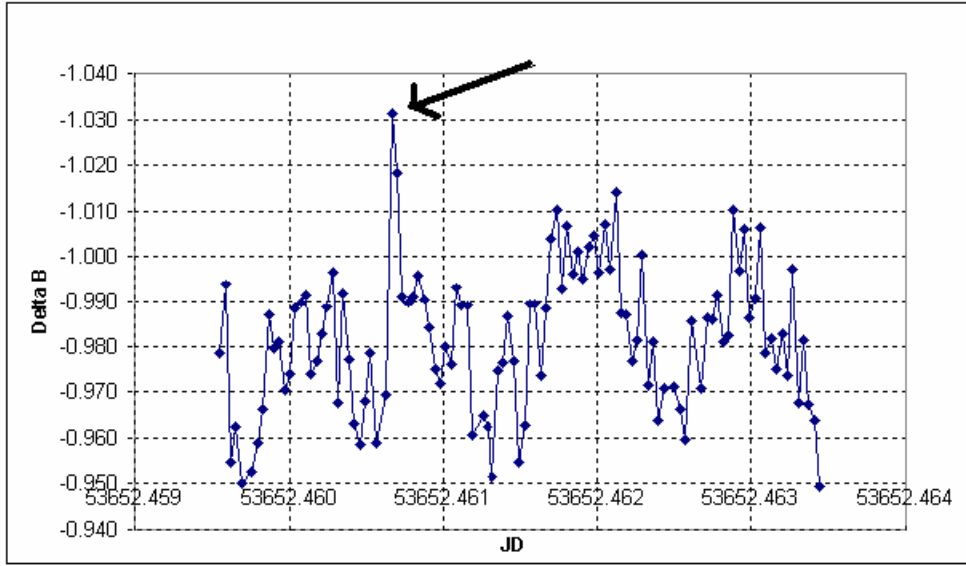
şekil 3. 8 Ekim 2005 de elde edilen B eğrisindeki gözlem başı ve sonu arasında seviyedeki dalgalanmalar.



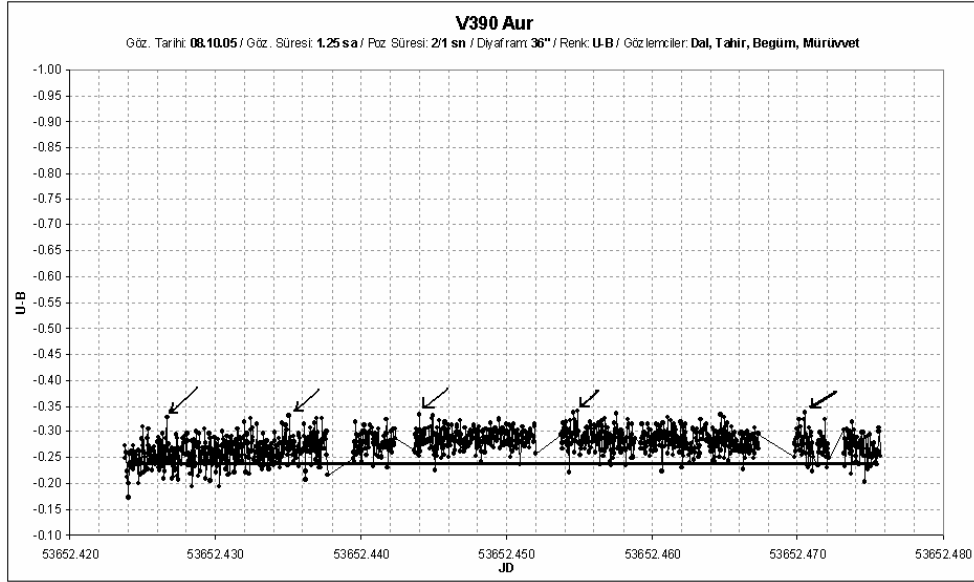
Şekil 4. 8 Ekim 2005 de elde edilen U-B eğrisindeki gözlem başı ve sonu arasındaki dalgalanmalar.



Şekil 5. 8 Ekim 2005 de elde edilen U eğrisindeki 53652.460 ile 53652.463 arasındaki ani parlama gösteren kısım.



Şekil 6. 8 Ekim 2005 de elde edilen B eğrisinden 53652.460 ile 53652.463 arasındaki ani parlama.



Şekil 7. Işık değişimlerinde saptanan olası micro flareler.

Çizelge 4. Şekil 7' deki olası micro flarelerin JD'lerine karşılık ortalama Renge (delta (U-B)) göre mavileşme miktarları.

HJD	$\Delta(U-B)$ mavileşme miktarı
53652.427	0 ^m .066
53652.435	0 ^m .053
53652.444	0 ^m .050
53652.455	0 ^m .054
53652.471	0 ^m .050

6. Tartışma

V390 Aur'un bir gecelik gözlemlerine baktığımızda; Şekil 2, 3 ve 4' de düz çizgiyle temsil ettiğimiz parlaklık değişimi, gözlem başı parlaklık seviyesini göstermektedir. Görüldüğü gibi gözlem ortasına doğru eğride bir tümsek yani parlama göze çarpmaktadır. Bunun dışında Şekil 5 ve 6 da gösterilen HJD aralığındaki ışık değişimlerine bakılırsa; yalnız B filtresinde bir ani parlama saptanmıştır. U'da bunun görülmemesi iki nedene bağlı olabilir: Birincisi, bu tamamı ile bir gözlem saçılmasıdır. Onun için U'da görülmemektedir. İkincisi, flare yıldızlarında araştırılan micro flareler çok kısa zaman aralıklarında olup bittiği için, tam B filtresinde gözlem yaparken aynı zamanda U'da da gözlem yapılabilseydi belki de çok daha parlak bir değer elde edilebilecekti. Bu ikinci olasılık daha açıklayıcıdır. Çünkü, Şekil 5 incelendiğinde B'deki 0.07 kadrlık artışın oluşum biçimi zaman içinde sürekli ani artma ve yavaş azalma şeklindedir. Bu da tipik bir flare göstergesidir.

Şekil 7'de işaretlenen, Çizelge 4'deki U-B grafiğinde listelenen olası micro flare mavileşme genlikleri yaklaşık $0^m.05$ e yakın değerlerdedir. Belirlenen olası 5 mikro flare daha önceki araştırmalarda yakalanan flarelere göre daha küçük genlikli olsa da yıldızın kısa zaman aralıklarında bile enerjik faaliyetler içinde olduğu söylenebilir.

V390 Aur yıldızının daha uzun süreyle gözlenmesi, bu yıldızın kendine özgü flarelerine ait soru işaretlerinin açıklanmasına yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- [1] Fekel, F.C., Marshall, L.A., 1991, AJ, 102, 1439
- [2] Hunsch, M., Schmeets, J.H.M.M., Voges, W.: 1998, A&AS 127, 251
- [3] Gondoin, P.: 2003 A&A 404, 355
- [4] Gondoin, P.: 1999 A&A 352, 217
- [5] Konstantinova – Antova, R.K., Antov, A.P., Bachev, R.S.: 2000, IBVS 4867
- [6] Schroeder, K. - P.: 1998, A&A 334, 901
- [7] Kashyap, V.L., Drake, J.J.: 2002, ApJ 580, 1118
- [8] Haisch, B., Schmeets, J.H.M.M.: 1994, ApJ 426, 716
- [9] Hunsch, M., Reimers, D.: 1995, A&A 296, 509
- [10] Alexiev, I.Yu., Antov, A., Avgoloupis, S.J., Beskin, G.M., Borisov, V.N., Calenko, V.E., Contadakis, M.E., Gersberg, R.E., et al.: 2001, KFNT 17, 147
- [11] Gersberg R.E., Katsova M.M., Lovkaya M.N. ve ark., 1999, A & A Suppl. Ser., 139, 555
- [12] Schmett, J.H.M.M.: 1994, ApJS 90, 735
- [13] Guedel, M., Schmett, J.H.M.M.: 1995, A&A 293, L49
- [14] Strassmeier, K.G., Fekel, F.C., Bopp, B.W. et al., 1990, ApJS, 72, 191
- [15] Cram, L.E., Mullan, D.J., 1985, ApJ, 294, 626
- [16] Houdebine, E.R., Stempels, H.C., 1997, A&A, 326, 1143
- [17] VanBeek, H.F., DeFeiter, L.D., DeJager, C., 1974, Space Res., 14, 447
- [18] DeJager, C., Kuperus, M., Rosenberg, H., 1976, Phil. Trans. Roy. Soc. London, A281, 507
- [19] Kaufman, P., Strauss, F.M., Opher, J., Laporte, C., 1980, A&A, 87, 58
- [20] Katsova, M.M., Boiko, A. Ya., Livshits, M.A., 1997, A&A, 321, 549
<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad>
http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

