

LS Delphini (HD 199497) YAKIN ÇIFT YILDIZININ DÖNEM ANALİZİ

Selim SELAM, Osman DEMİRCAN, İ. Ethem DERMAN

A.Ü. Fen Fak. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 06100 Beşevler, ANKARA

ÖZET

Kısa dönemde ($P= 0.3638$ gün) değişen bir çift yıldız olan LS Delphini, Ankara Üniversitesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde 1987, 1988 ve 1989 yıllarında, UBV bantlarında fotoelektrik olarak gözlenmiştir. Toplam 22 gecelik gözlem verileri indirgenmiş ve UBV bantlarında ışık eğrileri elde edilmiştir. Gözlenen 1. ve 2. minimum zamanlarından O-C analizi yapılarak, sisteme ilişkin yeni ışık elemanları belirlenmiştir.

1. GİRİŞ

LS Delphini (HD 199497 = BD+19°4574) sistemi, 1966 da prizma objektifli tayıfçeker ile elde edilmiş plaklar üzerinde gösterdiği yaygın tayıf çizgileri vasıtası ile Bond (1976) tarafından keşfedilmiştir ve Strömgren y filtresinde fotoelektrik olarak gözlenmiştir. Bond elde ettiği 28 noktalı fotometrik ışık eğrisine dayanarak sistemin yeni bir W UMa türü örtен çift olduğunu, ışık değişim genliğini 0.15 kadir ve yörüngे dönemini 0.3638 gün olarak belirlemiştir.

Sistem HD kataloğuna göre G5 tayıf türündedir. Sistemin fotoelektrik gözlemleri Bond (1976), Sezer vd. (1984), Ruyou vd. (1987), ve Wieck ve Wunder (1989) tarafından yayınlanmıştır. Fotometrik gözlemlerin analizi Sezer vd. (1985) ve Liu vd. (bkz. Leung, 1988) tarafından yapılmıştır. Çizelge 1. de verilen analiz sonuçlarına göre sistemin yörüngे eğimi ve kütle oram için çözümler aşağı yukarı aynı olurken potansiyeller ve dolayısıyla bileşen yarıçapları oldukça farklı bulunmuş, sonuçta Sezer vd. (1985) sistemi degen bir çift yıldız, Liu vd. ise "Reverse Algol" olarak belirlemiştir. Bu bakımdan iki ayrı çözümde sistemin karakteri

farklıdır. Minimum derinliklerinin çok farklı olmaması degen çift yıldız modelini desteklesse de çift yıldızların evrimi açısından önemli olması nedeniyle sistemin türünü belirlemek için gözlemlerin yeniden ve dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 1. LS Del'in fotometrik analiz sonuçları.

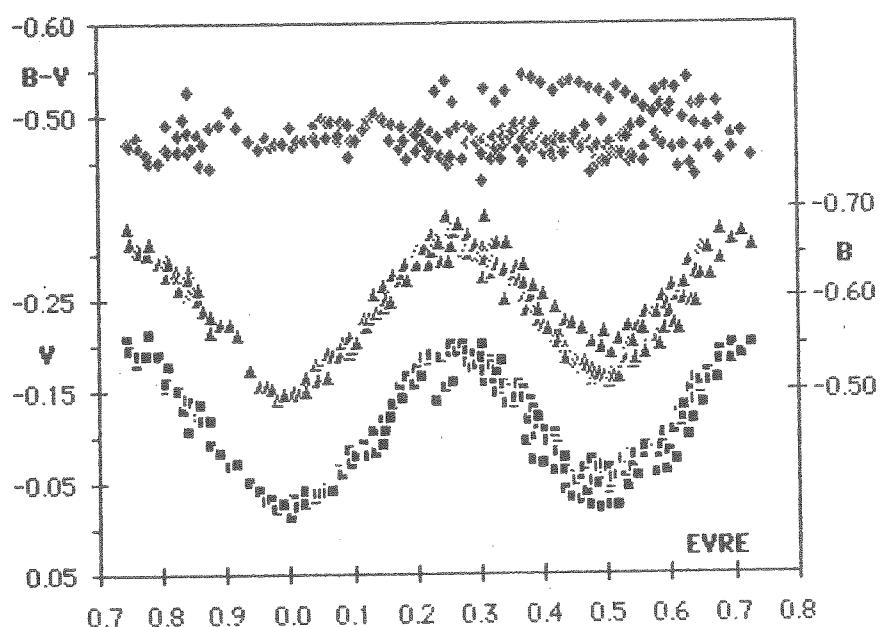
	Sezer vd. B	Y	Liu vd. Y
i	47.6	48.5	52.7
q	1.72	1.78	1.66
L _h	0.449	0.384	0.50
α	4.8555	4.9305	5.44, 4.76
T _h (°K)	5780	5780	5520
T _e (°K)	5487	5704	4718
r _h	0.331	0.328	0.267
r _e	0.427	0.429	0.422
Tür	Değen çift yıldız		"Reverse Algol"

2. YENİ GÖZLEMLER

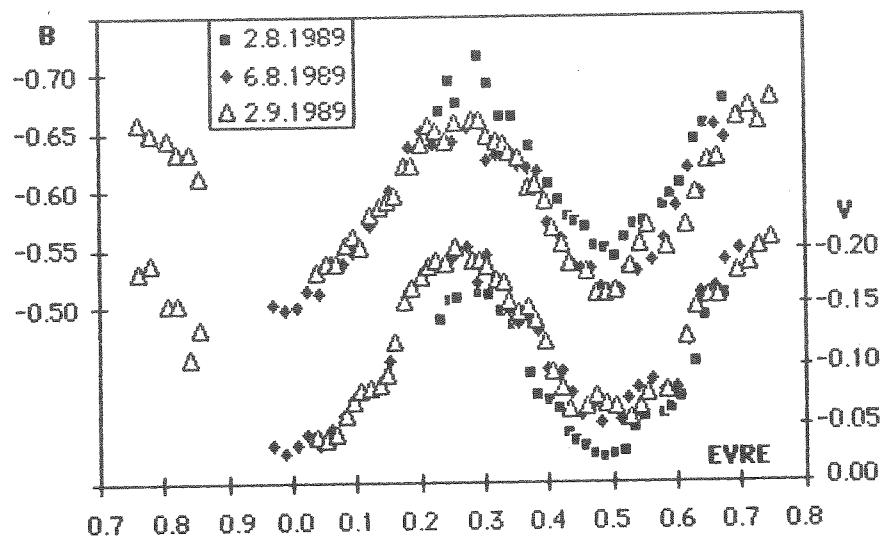
LS Delphini çift yıldız sistemi 1987, 1988, ve 1989 yıllarında toplam 22 gece A.Ü. Ahlatlıbel Gözlemevi'nde UBV bantlarında fotoelektrik olarak gözlenmiştir. Gözlemler, 30 cm Maksutov-Cassegrain teleskopu ve EMI 9789 QB fotokatlanırıcı kullanılarak yapılmıştır. Mukayese yıldızı olarak BD+19°4568 (K0), denet yıldızı olarak BD+19°4576 (K0) kullanılmıştır. Gözlem süreleri içinde mukayese yıldızının denet yıldızına oranla belirli bir değişim göstermediği görülmüştür.

1987 ve 1988 yıllarında yapılan 14 gecelik 170 gözlem noktasından ilk iki gecelik 15 gözlem noktası, kötü gözlem koşulları nedeniyle kullanılmamıştır. Sistemin U bandında ilk kez elde edilen ışık eğrileri, minimum derinliklerinin renge fazla bağlı olmadığı göstermektedir. 1987 ve 1988 yıllarında yapılan gözlemler daha kısa sürelidir ve gözlem kaliteleri 1989 gözlemlerine göre daha düşüktür. 1989 yılında alınan bir gözlem noktasının ortalı hatalı U,B ve Y renklerinde sırasıyla 0.05, 0.03 ve 0.02 kadir iken, 1987 ve 1988 yıllarında yapılan daha kısa süreli gözlemler için bu hatalar biraz daha büyüktür. U gözlemleri ışık değişiminin irdelenmesinde yararlanılamayacak durumdadır. 1989 gözlemleri B ve Y bantlarında Şekil 1'de renk eğrisi ile beraber gösterilmiştir.

Uzun süreli gecelik gözlemlerde minimum ve maksimum seviyelerinin geceden geceye 0.01 - 0.03 kadırlık değişimler gösterdiği



Şekil 1. LS Del 1989 ışık eğrileri



Şekil 2. 1989 da uzun süreli üç gecelik gözlemler.

belirlenmiştir. 1989 gözlemlerinde minimum derinliklerinin ortalama değeri B'de 0.16 ve 0.15 kadirken, Y'de 0.17 ve 0.14 kadirdir. Buna göre minimum seviyeleri arasındaki fark B'de 0.01 ve Y'de 0.03 kadirdir. 1989'da 2 ve 6 Ağustos geceleriyle 2 Eylül gecesi yapılan uzun süreli gözlemler Şekil 2. de gösterilmiştir. Bu gözlemlerde ilginç bazı noktalar dikkat çekmektedir. Öncelikle, ikinci maksimum seviyesi 6 Ağustos ve 2 Eylül gözlemlerinde her iki renkte de aynı olurken 2 Ağustos gözlemlerinde Y renginde 0.04 kadir daha sönükk, B renginde 0.03 kadir daha parlaktır. Birinci maksimumda da aynı durum gözlenmektedir. Şekle göre sistemin 2-6 Ağustos arasında, 2 Ağustos gözlemlerine göre, Y renginde en az 0.03 kadir parladığı ve B renginde de aynı miktarda sönümlendiği anlaşılmaktadır. İkinci olarak 0.14-0.18, 0.38-0.40 ve 0.56-0.64 evre aralıklarında farklı gecelere ait Y gözlemlerinin dağılımı eğri üzerinde benzer değişim göstermektedir. Bu değişimler B renginde fazla belirgin değildir. Bunların, ilgili evrelerde ek soğurma yapan soğuk bölgelerden kaynaklandığı söylenebilir.

Sistemin $\Delta(B-Y)$ rengi evreden bağımsız ve -0.46'dır. Değen çift yıldız olarak, anakol yıldızı olması gereken LS Del için G5 tayf türü kabul edilirse $(B-Y)=0.66$ olmalıdır (Popper 1980).

$$(B-Y)_{\text{değ.}} - (B-Y)_{\text{muk.}} = -0.46$$

bağıntısından mukayese olarak kullanılan ve KO tayf türünden olan BD+19°4568 yıldızı için $(B-Y)_{\text{muk.}}=1.12$ bulunur ki bu değer (Flower 1977 tablolarına göre) onun dev olmasını gerektirdiğini göstermektedir.

LS Del'in ışık eğrilerinde kısa süreli kararsız değişimlerin dışında W UMa türü ışık değişimini sağlayan etkileri belirleyebilmek için sistemin 1989 gözlemlerine

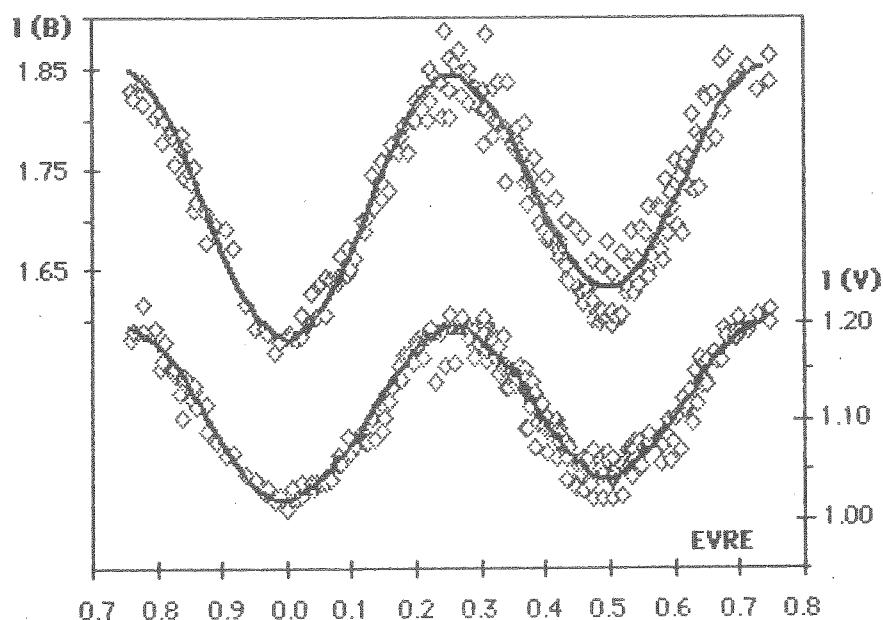
$$I = A_0 + A_1 \cos \theta + A_2 \cos 2\theta + B_1 \sin \theta$$

şeklinde bir Fourier serisi fit edilmiştir. Bu fitler Şekil 3. de gösterilmiştir. Fitleri temsil eden Fourier katsayıları Çizelge 2. de gösterilmiştir. Fourier katsayılarından A_1 yansıtma etkisinin ölçü, A_2

Çizelge 2. 1989 gözlemlerine fit edilen Fourier serilerinin katsayıları

	A_0	A_1	A_2	B_1
B Rengi :	1.7260	-0.0253	-0.1204	-0.0047
Y Rengi :	1.1105	-0.0141	-0.0795	-0.0045

basıktılık etkisinin ölçü ve B_1 de asimetri ölçü olarak bilinmektedir. Yapılan uygulamada B_1 değerleri gözlem yamılgaları mertebesinden daha



Şekil 3. 1989 gözlemlerine uygulanan Fourier fitleri

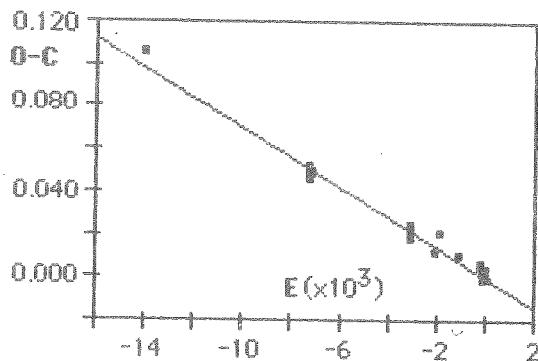
küçük bulunmuştur. A_2/A_1 ise B renginde 5 ve Y renginde 6 yöresindedir. Buradan LS Del'in ışık eğrilerinde basıkkılık etkisinin yansımaya etkisine göre 5-6 kat daha fazla olduğu söylenebilir.

3. FOTOMETRİK DÖNEM

1987 ve 1988 gözlemlerinden 2, 1989 gözlemlerinden 5 tane olmak üzere toplam 7 minimum zamanı bulunmaktadır. Bunlardan 2 tanesi I. min, 5 tanesi II. min'a aittir. 1989 gözlemlerinden elde edilen minimum zamanlarından ortalama olarak bulunan epoch ve dönem analizi ile elde edilen dönem kullanılarak tüm minimum zamanları için O-C analizi yapılmıştır. Bu analizde Bond'un minimumu Sezer vd. (1984)'nin belirttiği gibi min I değil, min II olarak ele alınmıştır. Şekil 4. de sistemin tüm minimum zamanlarına ait O-C grafiği görülmektedir. Bu verilere yapılan lineer fit sonucu, dönem ve epoch düzeltmesi yapılarak, sistemin yeni ışık elemanları;

$$\begin{aligned} \text{HJD (I. Min)} &= 2447790.4247 + 0.3638384 * E \\ &\pm .0011 \quad \pm .0000002 \end{aligned}$$

olarak belirlenmiştir. Şekil 1., 2. ve 3. de gösterilen ışık eğrileri için evre hesabı bu elemanlarla yapılmıştır.



Şekil 4. Minimum zamanlarına ilişkin O-C grafiği

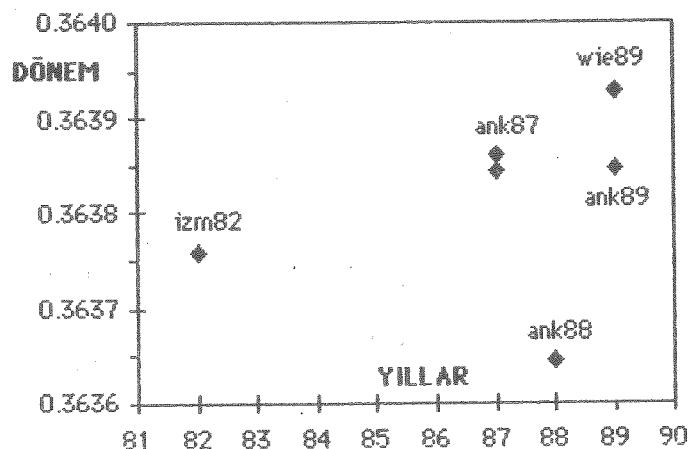
LS Del'in ışık eğrilerine ayrı ayrı dönem analizi uygulanarak, her ışık eğrisi için fotometrik dönem, minimum zamanlarını kullanmadan ayrıca bulunmuştur. Dönem analizinde Belserene (1982)'nin algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma Lafler ve Kinman (1965)'in sıralama yöntemini temel almaktadır. Bu yönteme göre, olaşı dönemin içinde yer alacağı bir dönem aralığı seçilmektedir. Bu aralık, yine seçime bağlı bir duyarlılıkla iteratif olarak taramaktadır. Arduşik gözlem noktaları arasındaki koordinat farklarının kareleri toplamı minimum olan ışık eğrisine karşılık gelen dönem, sistemin dönemi olarak alınmaktadır. Bu yöntem LS Del için elde edilebilen tüm ışık eğrilerine uygulanmıştır. Sonuçlar çizelge 3. de görülmektedir.

Çizelge 3. Farklı ışık eğrilerine uygulanan dönem analizinin sonuçları.

İşık Eğrisi	Bant	Duyarlılık	Dönem
Sezer vd.(1984)	B	0.000005	0.363760
>>	Y	>>	0.363760
A.Ü. Gözlemevi 1987	B	>>	0.363860
>>	Y	>>	0.363845
A.Ü. Gözlemevi 1988	B	>>	0.363645
>>	Y	>>	0.363645
A.Ü. Gözlemevi 1989	B	0.0000001	0.3638453
>>	Y	>>	0.3638460
Wieck ve Wunder (1989)	Y	0.000005	0.363930

Şekil 5. te elde edilen dönem değerlerinin, ait oldukları yıllara göre dağılımı görülmektedir. Şekilden de anlaşıılacağı gibi dönemin yıllara göre düzensiz bir değişim gösterdiği görülmektedir. Sistemin B bantında, 1989

gözlemlerinden, dönem analizi sonucu elde edilen değer, O-C analizinde kullanılmıştır.



Şekil 5. Dönem analizi sonuçlarının yıllara göre dağılımı.

Çizelge 3. deki dönemlerin ortalaması $P_{\text{ort}}=0.363793 \pm 0.000098$ gündür. Çizelge 3. den ve şekil 5. deki dağılımdan da anlaşılabileceği gibi fotometrik dönem çok kısa sürelerle ve büyük olasılıkla 191k eğrisindeki değişimlere bağlı olarak onbinde bir gün mertebesinde ($\Delta P = 0.0001 \text{gün} = 8.6 \text{sн.}$) değişmektedir. Ard arda yapılan uzun süreli gecelik gözlemlerin dönem analizi de bunu göstermektedir. Dönem analizi ile bulunan ortalama dönemle, O-C analizinden bulunan ortalama dönem arasındaki fark 0.000045 gündür. Sistemin yaşınlanmış fotometrik dönemleri, bu çalışmada bulunanlarla beraber çizelge 4. de verilmiştir. Çizelgede parantez içindeki sayılar son basamaklarındaki standart hataları vermektedir.

Çizelge 4. LS Del'in fotometrik dönemleri.

P (gün)	Kaynak
0.3638	Bond (1976)
0.3638368(4)	Sezer vd. (1984)
0.3639207(3)	Ruyou vd. (1987)
0.36383792(16)	Wieck ve Wunder (1989)
0.3638384(2)	O-C analizi (bu çalışma)
0.363793(98)	dönem analizi (bu çalışma)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

- a) Sistemin ışık eğrisinde kısa zaman aralıklarında 0.01 - 0.04 kadırlık düzensiz değişimler olmaktadır. Dolayısıyla minimum ve maksimum seviyeleri ve minimum derinlikleri aynı ölçüde düzensiz değişimle uğramaktadır.
- b) Işık eğrilerindeki kısa süreli değişimler ve minimum derinliklerinin çok küçük olması ($\approx 0.14\text{--}0.17$ kadır) nedeniyle ışık eğrisi analizlerinin sağılıklı sonuç vermesi beklenmemelidir. Bu nedenle Sezer vd. (1985) sistemi W-türü degen çift yıldız olarak bulurken Liu vd. (bkz. Leung 1988) sistemi "reverse algol" olarak belirlemiştir. Sistemin türü daha kısa sürede tamamlanan, sürekli ve daha duyarlı gözlemlerin analiziyle saptanabilir.
- c) Düzensiz görünen değişimlerin gerçekten düzensiz olup olmadığı ve fotometrik dönemi ne kadar etkilediği daha duyarlı ve sürekli gözlemlerle saptanabilir.
- d) Sistemin W UMa türü ışık değişiminde asıl katkının başıkkık etkisinden geldiği, ortalama eğrilerde asimetrinin boşlanacak kadar düşük olduğu Fourier analizi ile belirlenmiştir.
- e) Fourier analizine göre toplam ışık değişiminin enaz %20'si "yansıma" etkisinden kaynaklanmaktadır. W UMa türü sistemler için bu değer oldukça büyüktür. Büyüük olasılıkla bileşenler arası sıcak bir bölgenin ışınımı, ışık eğrilerinde "yansıma" etkisi olarak görülmektedir.
- f) Sistemin evreye bağlı olmayan sabit $\Delta(B-Y) = -0.46$ değeri ve GSV tayıf türüne karşılık gelen $(B-Y) = 0.66$ renk indisini kullanılarak mukayese yıldızı BD+19°4568'in KO III devi olduğu saptanmıştır.
- g) Sistemin fotometrik döneminde çok kısa sürelerde ve büyük olasılıkla ışık eğrisindeki değişimlere bağlı olarak onbinde bir gün mertebesinde değişimler olduğu saptanmıştır. Bu nedenle farklı eğrilerden bulunan dönem analizi sonuçları virgülden sonra dört basamaktan sonra farklıdır. Sistemin yeni ışık elemanları,

$$\begin{aligned} \text{HJD (I. Min)} &= 2447790.4247 + 0.3638384 * E \\ &\quad \pm 0.0011 \quad \pm 0.0000002 \end{aligned}$$

olarak bulunmuştur.

- h) Gecelik V gözlemlerinde belli evrelerde görülen sistematik değişimlerin düzenli gözlenmesi, dönem değişiminin ve sistemin fiziksel yapısının daha iyi anlaşılmasına ışık tutabilir.

KAYNAKLAR

- Belserene, E.P., 1982, IAPPP Commun., no:8, 19
 Bond, H.E., 1976, IBVS, no: 1214
 Flower, P.J., 1977, Astron. and Astrophys., 54, 31
 Lafler, J. ve Kinman, T.D., 1965, Astrophys. Jour. Suppl., 11, 216
 Leung, K.C., 1988, "Critical Observations Versus Physical Models for Close Binary Systems" Editör: Leung, K.C., Gordon & Breach: New York, sayfa:93
 Popper, D.M., 1980, Ann. Rev. Astron. and Astrophys., 18, 115
 Ruyou, W., Wenxian, L. ve Qingyuan, F., 1987, IBVS, no: 2982
 Sezer, C., Gülmen, Ö. ve Güdür, N., 1984, IBVS, no:2553
 Sezer, C., Gülmen, Ö. ve Güdür, N., 1985, Astrophys. and Sp. Sci. 115, 309
 Wieck, M. ve Wunder, E., 1989, IBVS, no:3406

C. İBANOĞLU: B ile V ters yöne gidiyor, ona hiç bir yorum getirmediniz değil mi?

S. SELAM: Onu yorumlamadım. Ölçü hatası değil, oldukça kaliteli bir gecenin gözlemi o.

Z. ASLAN: Ben, bu renk tayfına bağlı gözlemeden tayf turunu BOIII buldunuz ona takıldım biraz, onu pek anlamadım. Anlamak için şunu sormak istiyorum, yıldızın uzaklığının hakkında bir fikriniz var mı? Mukayese ile birleştirdiğinizde görünen kadiri kaç?

S. SELAM: 9.8 kadir civarı.

Z. ASLAN: Bu, aşağı yukarı ana kol yıldızı olsa GV-GIV, S. kadirden bir yıldız, uzaklık modülü nedir, şu anda hatırlamıyorum ama ben sizin burada bulduğunuz tayf turunu biraz kuşku ile karşılıyorum. Sebebini yıldızlar arası kızışma oluşturabilir. Eğer yıldız yeteri kadar uzak ise, siz sadece mukayese ile aradaki farkını alarak renk buldunuz. Mukayese ile ikisinin arasındaki uzaklık farklı olabilir. Bu durumda yıldızlar arası kızışma az bile olsa etkiler. KOIII dev bölgesindeki bir dev yıldızın renk göstergesi, Üçüncü sınıftan bir yıldız aşağı yukarı G8 civarında bir ana kol yıldızına denk. Buradaki fark bundan kaynaklanabilir.

