

## UV Lyncis Sisteminin Dönem Problemi

Nalan Özbek<sup>1</sup>, Gonca Salman<sup>1</sup> ve Birol Gürol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 06100 Tandoğan, Ankara  
nozbe@science.ankara.edu.tr, salman@science.ankara.edu.tr, birol@astro1.science.ankara.edu.tr

**Özet:** W UMA türü örten değişen bir sistem olan UV Lyncis'in dönem analizi literatürde bulunan minimum zamanları toplanarak gerçekleştirilmiştir. 1900 yıllarına kadar uzanan fotoğrafik minimum zamanlarının analizlerde dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Sistemde dönem değişiminin temel nedeni bileşen yıldızlar arasında kütle aktarımı ve manyetik etkinlik veya üçüncü cisim atfedilebilecek çevrimsel bir yapı göstermektedir. Hangi nedenle çevrimsel yapının gerçekleştiği gelecekte yapılacak ışık eğrisi gözlemleri ile ortaya çıkarılabilir.

**Anahtar kelimeler:** yıldızlar: W UMA türü: UV Lyn – yörünge değişimi

### 1. Giriş

UV Lyn (BD+38°1992, HIP44455, GSC02983-01870) ilk defa Kippenhahn (Geyer ve ark. 1955) tarafından değişen yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Kuklin (1961) ve Strohmeier ve ark. (1964) ışık değişim döneminin 1.2 gün olduğunu kabul etmelerine rağmen Strohmeier (1968) yörünge döneminin 0.4 gün civarında olabileceğini belirtmiştir. Daha sonra Bossen (1973) sistemi güçlü O'Connell etkisi gösteren ve 0.415 gün yörünge dönemine sahip W UMA türü bir sistem olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca sistemin uzaklığını  $d=176$  pc olarak hesaplamıştır. Markworth ve Michaels (1982), UBV filtrelerinde yapılan fotoelektrik gözlemlerin analizi sonucunda yörünge eğim açısı  $i=67.7\pm 0.9$  ve kütle oranı  $q=m_2/m_1=0.526\pm 0.05$  olan değen bir sistem olduğunu hesaplamıştır. Zhang ve ark. (1995) tarafından yayınlanan BV filtrelerindeki ışık eğrilerinden birinci maksimumun, ikinci maksimumdan sırasıyla B ve V bandları için 0.05 ve 0.03 kadar daha parlak olduğunu göstermiştir. Ve sistemin yörünge döneminin küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene aktarılan madde nedeniyle yavaş bir artma gösterdiği belirtilmiştir. Daha sonra Lu & Rucinski (1999) sistemin ilk dikine hız eğrisini elde etmiş ve kütle oranı için  $q=0.367\pm 0.007$  olarak hesaplamışlardır. Son olarak Vanko (2001) UV Lyn sisteminin dönem analizini yapmış ve sadece 1968 yılından sonraki fotoelektrik ve CCD yöntemleri ile elde edilen minimum zamanlarını kullanarak parabol fit'i gerçekleştirerek sistemin kütle aktarımı nedeniyle dönem değişimi

gösterdiğini belirtmiştir. Vanko, dönem değişimi için  $\Delta P/P=(4.88\pm 0.47)10^{-7}$  yıl<sup>-1</sup> değerini hesaplamıştır. Tablo 1'de UV Lyn sistemi için literatürde mevcut karakteristik parametreleri listelenmiştir.

Parametre	Değer	Referans
d(pc)=	122±25	1
V <sub>maks</sub> ve V <sub>min</sub>	9 <sup>m</sup> .60 - 10 <sup>m</sup> .00	1
B-V=	0.636±0.036	1
P(gün)=	0.414985	1
Tayf türü=	F6 V	2
E <sub>(B-V)</sub> =	0.17	3
M <sub>v</sub> (maks.)=	4 <sup>m</sup> .16±0 <sup>m</sup> .33	3
A <sub>v</sub> =	0.58	3
T <sub>1</sub> (°K)=	6709	3
T <sub>2</sub> (°K)=	6371	3
M <sub>1</sub> (M <sub>☉</sub> )=	1.412	3
M <sub>2</sub> (M <sub>☉</sub> )=	0.5231	3
R <sub>1</sub> (R <sub>☉</sub> )=	1.386	3
R <sub>2</sub> (R <sub>☉</sub> )=	0.889	3

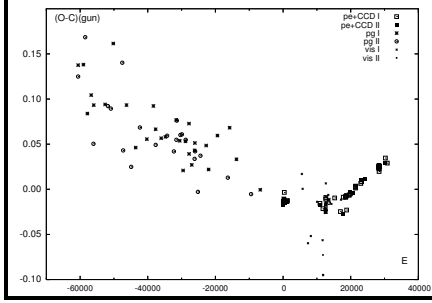
**Tablo 1.** UV Lyn sistemine ait karakteristik parametreler. Ref. (1) Hipparchos Kataloğu, ESA 1997. (2) Lu ve Rucinski (1999), (3) Vanko (2001).

### 2. Dönem değişimi

Bu çalışmada W UMA türü örten değişen bir sistem olan UV Lyn'nin 1900 yılı ile 2003 yılı arasında alınmış toplam 148 adet (65 adet fotoelektrik ve CCD, 63 adet fotoğrafik ve 20 adet görsel) minimum zamanı kullanılarak bilinen yöntemlerle dönem analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de (1) no'lu denklemde verilen ışık elemanları kullanılarak hesaplanan (O-C) değişimi verilmiştir.

$$\text{HJD}(\text{MinI})=2440165.6957+0^{\text{e}}.414981138x\text{E} \quad (1)$$

Poster tam metni için : Nalan ÖZBEK  
e-mektup : nozbek@science.ankara.edu.tr



Şekil 10. UV Lyncis sistemi için elde edilen (O-C) grafiği.

UV Lyn sistemi, gözlemsel ışık eğrilerinde güçlü O'Connell etkisi görülen bir sistemdir ve bunun muhtemel nedeni bileşen yıldızlardan biri veya her ikisinde leke aktivitesinin bulunmasıdır. Şekil 1'de görülen dönem değişimi, manyetik alan kökenli olamayacak kadar büyüktür, bu nedenle dönem değişimine neden olabilecek temel neden bileşen yıldızlar arasında olabilecek kütle aktarımı veya üçüncü bir cisim olmalıdır. Değişimin temel nedeni üçüncü cisim ise bu durumda yörünge dönemi yaklaşık 98.96 yıl olan ve kütlesi  $0.79 M_{\odot}$  olan bir cismin ortak kütle merkezi etrafından dolanması gerekmektedir. Bu boyutta bir kütle, sistemin toplam kütlelerinin %40'ını oluşturur ki sistemin ışık eğrisi analizlerinde üçüncü ışık etkisi kaçınılmaz olarak görülmesi gerekmektedir. Böyle bir cismin varolması durumunda kabaca hesaplanan üçüncü bileşen ile örten değişen sistem arasındaki uzaklık yaklaşık  $a=30$  AB kadardır. Sistemin uzaklığıda dikkate alındığında üçüncü cismin UV Lyn'den olan açısal uzaklığı yaklaşık 0.25 yay saniyesi kadar olacaktır. UV Lyn'nin bu boyutta üçüncü bir bileşene sahip olması durumunda (normal bir yıldız olması kabulüyle), bileşenlerin ayrı ayrı görülebilmesi gerekir. Bu nedenle O-C grafiğinde görülen büyük boyutlu değişimin temel nedeni olarak bileşen yıldızlar arasındaki kütle aktarımı olduğu kabul edilmiştir.

Şekil 2'de minimum zamanları için ağırlıklandırma yapılarak (pe ve CCD için 10, pg için 5 ve görsel minimumlar için 1) en küçük kareler yöntemi ile elde edilmiş parabol fit'i görülmektedir (kesikli çizgi). Şekil incelendiğinde tek başına parabolik fit'in UV Lyn sisteminde görülen dönem değişimini temsil edemediği görülmektedir. Aynı şeklin orta panelinde parabolik fit ile O-C değişimi arasındaki artıkların değişimi gösterilmiştir. Dikkate edilirse bu değişim çevrimsel bir yapıya sahiptir ve nedeni manyetik aktivite olabileceği gibi sisteme bağlı

görülmeyen üçüncü bir bileşenden de kaynaklanabilir. Bu nedenle her iki olasılık bu sistem için ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Eğer UV Lyn sistemi ile birlikte görülemeyen üçüncü bir cisim bulunuyorsa, bu durumda bu üçlü sistem kütle merkezi etrafında dolanım hareketi yapmalı ve bu etki ışık-zaman etkisi olarak O-C eğrisine yansımalıdır. Çevrimsel yapının üçüncü bir cisimden kaynaklandığı kabul edildiğinde parabol+sinüsel değişimi temsil edebilecek ışık elemanlarını hesaplamak mümkündür. Bu durumda O-C analizi için kullanabileceğimiz denkleminiz (2) şeklinde olacaktır.

$$t_{cc}=t_0+EP+QE^2+\Delta T \quad (2)$$

Burada  $t_0$  ve  $P$  sırasıyla başlangıç zamanını ve dönemi göstermektedir.  $E$  ise çevrim sayısıdır.  $Q$  parabolik terimin katsayısı ve  $\Delta T$  ise üçüncü bir cismin varlığı nedeniyle gözlenen minimum zamanlarında meydana gelen zaman gecikmesini veya artmasını temsil etmektedir. Bu etki matematiksel olarak;

$$\Delta T = \frac{a \sin i}{c} \left[ \frac{(1-e^2)}{(1+e \cos v)} \sin(v+\omega) + e \sin \omega \right] \quad (3)$$

şeklinde Irwin (1952, 1959) tarafından verilmiştir.

Dönem değişiminin bu şekilde parabolik bir yapıya sahip olması sistemde küçük kütleli bileşen yıldızdan büyük kütleli bileşene kütle aktarımı veya sistemin dışına atılan madde ile açıklanabilir.

Madde aktarımının korunumlu bir şekilde gerçekleştiğini kabul ettiğimizde, madde aktarım miktarını (manyetik alan etkisi yok ise) hesaplayabiliriz. Korunumlu madde aktarımı ve manyetik alan etkisinin olmaması durumunda Kwee (1958) tarafından verildiği gibi kütle aktarım miktarını hesaplamak mümkündür,

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \left( \frac{m_2}{m_1} - 1 \right) \frac{\Delta m_2}{m_2} \quad (4)$$

burada  $\Delta m_2=dm_2/dt$  ve  $\Delta P=dP/dt$  şeklinde sırasıyla zamana bağlı olarak kütle aktarım miktarını ve dönem değişimini göstermektedir.

Sinüsel değişimin sisteme bağlı üçüncü bir cisimden kaynaklandığı kabul edilirse, bu cismin yörünge eğim açısına bağlı olarak kütlelerini, üçüncü dereceden bir fonksiyon yardımıyla hesaplamak mümkündür.

$$m_3^3 \sin^3 i - m_3^2 f(m_3) - 2m_3 m_{12} f(m_3) - m_{12}^2 f(m_3) = 0 \quad (5)$$

Burada  $m_{12}$  ve  $m_3$  sırasıyla örten değişen ve üçüncü cisme ilişkin Güneş kütle biriminde yıldızların kütlelerini göstermektedir.  $f(m_3)$  ise üçüncü cisme ilişkin yörünge parametrelerinden hesaplanan kütle

fonsiyonudur ve ifadesi denklem (6) ile verilmiştir.

$$f(m_3) = \frac{(m_3 \sin i)^3}{(m_{12} + m_3)^3} = \frac{1}{P^2} \left[ \frac{173.15A}{\sqrt{1-e^2 \cos^2 \omega}} \right]^3 \quad (6)$$

Burada  $A$  gün biriminde sinüsel değişimin yarıgenliği ve  $P$  ise (O-C) eğrisinden hesaplanan yıl biriminde üçüncü cisme ilişkin yörünge dönemidir.

Eğer çevrimsel değişim, sistemde mevcut manyetik aktivite nedeniyle gerçekleşiyor ise bu durumda Applegate (1992) tarafından verilen ifadeler kullanılarak dönem değişimi nedeniyle açılal momentumdaki değişim ve bu değişimi ortaya çıkaracak manyetik alan şiddeti hakkında bilgiye ulaşılabilir (denklem 7);

$$\Delta J = -G \frac{M^2}{R} \left( \frac{a}{R} \right)^2 \frac{\Delta P}{6\pi} \quad B^2 = 10 \frac{GM^2}{R^4} \left( \frac{a}{R} \right)^2 \frac{\Delta P}{P_{\text{mod}}} \quad (7)$$

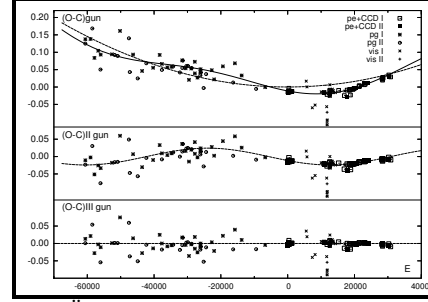
### 3. Sonuç

Parabolik değişimi temsil eden kareli terimin katsayısından sürekli bir dönem artmasının gerçekleştiği ve bu değişimin  $dP/dE=8.08 \times 10^{-11}$  gün/çevrim ( $\approx 0.00615$  sn/yıl) boyutunda olduğu hesaplanmıştır. Bu durumda kütle aktarım miktarı  $\Delta m_2=4.75 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  kadardır.

Şekil 2'de (O-C)<sub>III</sub> ile verilen şeklin dönem değişiminin parabol+sinüsel değişim kabul edildiğinde artıkları göstermektedir ve bu fit'in hangi oranda dönem değişimini temsil edebildiğini göstermektedir. Uygulanan parabol ve sinüsel fit'lere ilişkin parametreler ve bu parametrelerden üçüncü cisim ve manyetik aktiviteye ilişkin bilgiler Tablo 2'de verilmiştir. Yapılan fit için elde edilen  $\sum w(O-C)^2$  değeri tüm minimum zamanları dikkate alındığında 0.223 olarak hesaplanmıştır.

0.016 gün'lük bir ışık-zaman etkisi için degen sistemin üçüncü cisimle birlikte oluşturdukları ortak kütle merkezine olan uzaklığı 4.1941AB kadardır. Bu uzaklık değerinin hesaplanan dönem değeri ile birlikte kullanılması durumunda (83.1 yıl), üçüncü cisim için hesaplan minimum kütle değeri  $0.42M_{\odot}$  ve kütle merkezine uzaklığı ise 25.37AB olduğu ortaya çıkar. Sistemin hatası ile birlikte uzaklığı dikkate alındığında üçüncü bileşenin açılal olarak 0.17 ile 0.26 yay saniyesi uzaklıkta olması gerekmektedir. Fakat hesaplanan parlaklık farkının  $4^m.17$  olması, sistemin

ayırtılemeyeceğini göstermektedir. Tüm bu hesaplamalarda üçüncü bileşenin yörüngesinin, çift sisteminki ile aynı düzlemde bulunduğu varsayılmıştır.



**Şekil 2.** Üst Panel: Sürekli eğri parabol+sinüsel değişime ilişkin fit'i, kesikli çizgi parabol fit'ini göstermektedir. Orta Panel: Parabol fit'inden olan artıkların değişimini göstermektedir ve kesikli çizgi ile sinüsel fit gösterilmiştir. Alt Panel: Parabol ve Sinüsel fit'in birlikte uygulanması sonucu ortaya çıkan artıkların değişimi görülmektedir.

**Tablo 2.** Kütle aktarımı, manyetik etkinlik ve üçüncü bileşene ait parametreler.

$dP/dE(\text{gün}/\text{çev})=$	$8.08 \times 10^{-11}$	$a_3(\text{AB})=$	25.37
$\Delta P/P(\text{yıl}^{-1})=$	$1.71 \times 10^{-7}$	$M_{v3}(\text{kadir})=$	8.93
$\Delta m (M_{\odot}/\text{yıl})=$	$4.74 \times 10^{-8}$	$L_3(L_{\odot})=$	0.24
$A(\text{gün})=$	0.0242	$m_3(V)=$	$14^m.29$
$P_3(\text{yıl})=$	83.09	$\Delta m=$	4.7
$a_{12}(\text{AB})=$	4.19	$\Delta P(\text{sn}/\text{çev.})=$	0.179
$f(m_3)(M_{\odot})=$	0.01066	$\Delta J(\text{cgs})=$	$-5.81 \times 10^{+35}$
$m_3(M_{\odot})=$	0.42	$B(\text{gauss})=$	5941
$\Sigma w(O-C)^2=$	0.223		

UV Lyn sisteminde meydana gelen dönem değişiminin temel nedeni kütle aktarımı ve manyetik etkinlik olarak kabul edilmektedir. Üçüncü cismin varlığı bu sistem üzerinde yapılacak ayrıntılı ışık eğrisi analizleri sonucunda ortaya konabilir. UV Lyn'de mevcut O'Connell etkisinin çevrimli bir yapıya sahip olup olmadığı henüz bilinmemektedir ve literatürde mevcut ışık eğrilerin (az sayıda) bunun çıkarılması henüz mümkün değildir. Gelecekte yapılacak ışık eğrileri gözlemleri sonucunda dönem değişiminde görülen çevrimsel yapının nedeni daha açık bir şekilde ortaya konabilecektir. Vanko (2001) tarafından yapılan dönem analizinin sadece fotoelektrik ve CCD verilerine uygulanmasının gözlemsel verilerin 1900'lü yıllara kadar geri gitmesi nedeniyle hatalı olduğunu düşünmekteyiz.

#### 4. Kaynaklar

Applegate, J.H. 1992, ApJ, 385, 621.

Bossen, H. 1973, A&AS, 10, 217.

Geyer, E., Kippenhahn, R., Strohmeier, W. 1955, BamKV, 9.

Irwin, J. B. 1952, ApJ, 116, 211.

Kuklin, G. 1961, ATsir, 225, 25.

Kwee K.K., van Woerden, H. 1956, BAN, 12, 327.

Markworth, N. L.; Michaels, E. J., Jr. 1982, PASP, 94, 350.

Strohmeier, W. Knigge, R., Ott, H. 1964, BamKV, 5.

Rucinski, S. M., Lu, W. 1999, AJ, 118, 515.

Vanko, M.; Pribulla, T.; Chochol, D.; Parimucha, S.; Kim, C. H.; Lee, J. W.; Han, J. Y. 2001, CoSka, 31, 129.

Zhang; X., Zhang; R., Zhai, D., Fang. M. 1995, IBVS No: 4240.