

# AW UMa Örtlen Çiftinin Dönem ve Işık Eğrisi Çözümlemesi

Naci Erkan, Cengiz Sezer

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

## ÖZET

Bu çalışmada AW Uma örtlen çiftinin standart B ve V renklerindeki fotoelektrik ışık eğrileri, 2001 ve 2002 yıllarında Ege Üniversitesi Gözlemevi ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi(TUG)'nde elde edilmiştir. Toplam yedi minimum zamanı elde edilmiş ve dönem çözümlemesi için eski verilerle birleştirilmiştir. Dizgenin (O-C) değişimi, parabolik ve sinüs değişimi yaklaşımlarıyla çözümlenmiştir. Elde edilen ışık eğrileri de Wilson ve Devinney (1971) yöntemiyle çözülmüş ve dizgenin fiziksel ve geometrik öğeleri bulunmuştur.

**Anahtar Sözcükler** ; örtlen çiftler, degen çiftler, dönem değişimi, ışık eğrisi çözümlemesi, AW UMa

## 1.GİRİŞ, LİTERATÜR ÖZETİ

**AW UMa (BD +30°2163, HD 99946)**; F0-F2V tayf türünden (B-V=0.36), P=0.43873 yörünge dönemli, tam tutulma gösteren A-türü bir W UMa dizgesidir. Yörünge eğim açısı  $\approx 78^\circ$  dir. Tüm degen çiftler arasında  $q \approx 0.075$  ile en küçük kütle oranına sahip ikinci dizgedir. (SX Crv,  $q=0.066 \pm 0.003$  Rucinski, 2001)

Dizge, fotoelektriksel olarak ilk defa Paczynski(1964) tarafından yedi gece boyunca gözlemlendi ve kısa dönemli, tam tutulma gösteren bir çift olduğu belirlendi. Bu tarihten sonra da birçokları tarafından hem fotoelektrik, hem tayfsal hem de polarimetrik olarak birçok kez gözlemlendi, dönem ve ışık eğrisi çözümlenmeleri yapıldı.

Monchnacki&Daughy (1972), Rucinski (1973), Wilson&Devinney (1973), ve Lucy (1973) Paczynski' nin ışık eğrisini çözümlədiler ve tüm degen dizgeler içinde en sık tam tutulmayı gösteren çift olduğunu gösterdiler. Hesapladıkları kütle oranı ( $q=0.0716$ , Wilson & Devinney 1973) tüm degen çiftler içinde en küçük değerli olanıdır. Daha sonraki yıllarda Woodward ve ark. (1980), Hrivnak (1982), Jim & Jeong (1995), Jeong ve ark. (1997), Pribulla ve ark. (1999)' da kendi ışık eğrilerini çözümlədiler.

Farklı zamanlarda dizgenin ışık eğrisinde değişimler olduğunu bildirildi (Kalish 1965, Dworak & Kurpinska 1975, Ferland & McMillan 1976, Hrivnak 1980, Derman ve ark. 1990, Bakos ve ark. 1990). Hrivnak (1980); 1979 yılında iki tür ışık eğrisi (*sönük ve parlak*) gözledi ve bunları ayrı ayrı çözümlədii. Kendi 1979 gözlemleriyle birlikte Paczynski' nin 1963, Kalish' in 1964, Dworak ve Kurpinska' nın 1971, Woodward ve ark.' nin 1974 yıllarındaki gözlemlerini karşılaştırdı ve dönemsel bir değişim belirleyemedi. Hrivnak, bu değişimleri açıklayabilecek iki model önerdi; (1) ikinci bileşenin büyüklüğünde ve sıcaklığındaki değişim ve, Lagrange  $L_2$  noktasından dizge dışına madde akışı, (2) ikinci bileşenin arka(*back*) tarafında değişken sıcak leke.

Işık eğrilerinde ve renk ölçeklerindeki en büyük fark ( $\approx 0^m.15$ ) 1989-90 gözlemleriyle Derman ve ark.(1990) tarafından bildirildi. Bu değişimi hızlı madde aktarımı ve değişken lekeyle açıkladılar.

Bakos ve ark. (1991), dört farklı ışık eğrisinden söz ettiler; *sığ, derin, orta* ve *acayıp*. Yazarlar bu değişimi; baş bileşen etrafındaki düzensiz madde dağılımıyla açıkladılar. Bu eğriler Pribulla ve ark. (1999) tarafından çözüldü, ancak derin eğride fiziksel bir sonuca ulaşamadı. Bu değişimin nedenini; dış kritik yüzeyini dolduran dizgenin,  $L_2$ ' den dizge dışına madde atımıyla açıkladılar.

Woodward ve ark. (1980), dizgenin döneminin azaldığını buldular. Dönem değişimi; Kurpinska (1980), Hrivnak (1982), Heintze ve ark. (1990), Demircan ve ark. (1992), Pribulla ve ark. (1997), Hobart ve ark. (1998), Pribulla ve ark. (1999) tarafından çalışıldı. Kurpinska (1980), dizgenin döneminin sabit olmadığını gösterdi. Hrivnak (1982), (O-C) değişiminde birinci ve ikinci *Minimum*'lar arasında tutarlı bir farkın olmadığını belirtti. Ona göre; gözlenen dönem değişimi ani veya sürekli olabilir ve büyük kütleli bileşenden diğerine madde aktarımıyla açıklanabilir. Pribulla ve ark. (1999) da aynı durumu incelediler ve olası iki ani dönem değişim tarihini JD 2442650 $\pm$ 105 (1975.7) ve JD 2448850 $\pm$ 115 (1992.7) olarak hesapladılar.

Yine Pribulla ve ark. (1999), ikili dizgenin kütle merkezi hızının ( $V_{0,b}$  veya  $V_\gamma$ ) değişimini incelediler. Kendi gözlemleriyle birlikte, Paczynski (1964), McLean (1981), Rensing ve ark. (1985), Rucinski (1992) verilerini,  $P=398$  gün dönemli bir değişimle açıkladılar. Buna neden olarak da dizgeye dahil bir üçüncü cisim gösterdiler. Olası üçüncü cismin kütlelerini  $M_3=0.85 \pm 0.13 M_{güneş}$  olarak hesapladılar. Ancak böyle bir cismin V bandında vermesi gerek en büyük erke(enerji) çıkışını, fotometrik çözümlerinde bulamadılar. Buldukları erke dağılımını; dizgeye dahil bir beyaz cücenin varlığı ve/veya çiftin yüzeyinde tutulmalar dışında kalan sıcak kutup bölgesiyle açıkladılar.

## 2. GÖZLEMLER VE ÇÖZÜM

### 2.1 Gözlemler, Gözlem Araçları ve Yıldızlar

AW UMa örtlen çiftinin gözlemleri; 2001 yılının Şubat, Mart, Haziran ve Aralık aylarında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde (EÜG) ve 2002 yılının Şubat, Mart ve Mayıs aylarında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) ve EÜG'nde yapıldı. EÜG'nde yapılan gözlemlerde 48 cm ayna çaplı Cassegrain türü teleskop ve 30 cm ayna çaplı MEADE (LX-200) marka Schmidt-Cassegrain türü teleskop, TUG'nde yapılan gözlemlerde ise 40 cm ayna çaplı Cassegrain türü teleskop kullanıldı. Ölçüm aracı olarak her üç teleskopta da, HAMAMATSU R4457 fotokatlandırıcı tüplü SSP5 ışıkölçeri kullanılmış ve gözlemler Johnson (1959)'ın standart geniş band UBV ışıkölçüm düzeneğinin  $B(\lambda_{max}=5500\text{Å})$  ve  $V(\lambda_{max}=4320\text{Å})$  süzgeçlerinde yapılmıştır.

Gözlemlerde karşılaştırma yıldızı olarak Paczynski(1964)'den beri birçok gözlemci tarafından kullanılan  $BD +31^{\circ}2270$  ( $HD 99832$ ) ve denet yıldızı olarak da  $BD +30^{\circ}2164$  ( $SAO 62580$ ) kullanılmıştır. Birçok gözlem gecesi için denet yıldızı kullanılarak karşılaştırma yıldızının parlaklık değişimi incelenmiş ve değişime rastlanmamıştır.

### 2.2 Gözlemlerin İndirgenmesi

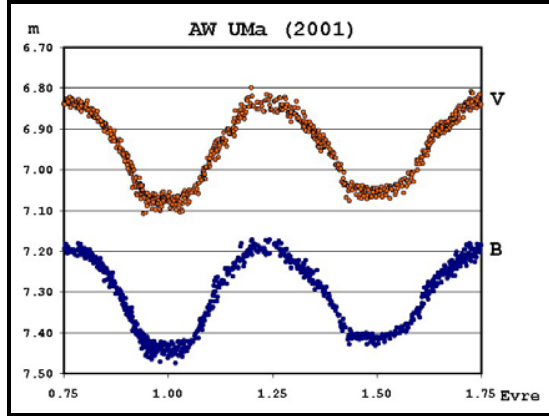
Gecelik gözlemlerin indirgenmesinde Doç. Dr. Varol Keskin tarafından yazılan Atmex33 bilgisayar programı kullanılmış ve her bir gözlem noktasına karşılık güneş merkezine indirgenmiş (heliocentric) Greenwich zamanı ve Julyen tarihi(JD), evre, değişen ( $m_V$ ) ve karşılaştırma ( $m_C$ ) yıldızlarının parlaklıkları, fark parlaklıkları ( $\Delta m = m_V - m_C$ ), değişen( $X_V$ ) ve karşılaştırma( $X_C$ ) yıldızlarının hava kütleleri ve saat açısı değerleri hesaplanmış ve o geceye ait atmosfer sönmükleştirme katsayıları( $k$ ), B ve V renkleri için ayrı ayrı bulunmuştur. Girdi parametresi olarak verilen  $T_0$  ve  $P$  değerleri Pribulla ve ark.(1999)' dan;

$$MinI = JD_{hel} 2438044.8923 + 0^s.43872596 \times E \quad (2.1)$$

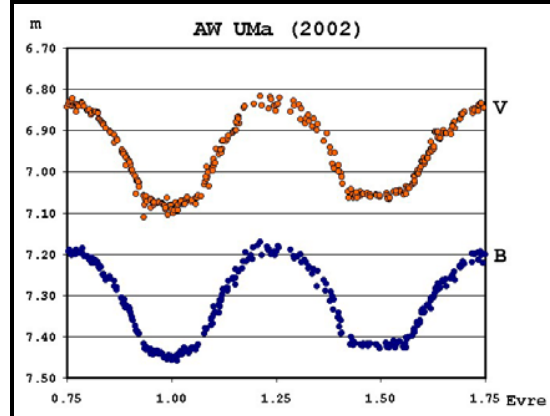
olarak alınmıştır.

Ayrıca her bir gözlem gecesi ve süzgeç için, karşılaştırma yıldızının hava kütlesi değerine karşılık parlaklığı çizilerek o geceye ait atmosferik değişimler incelenmiş, gerekli görülen gecelerde  $k$  katsayıları tekrar hesaplanarak indirgemeler bu hesaplanan  $k$  değerlerine göre tekrar yapılmıştır.

Elde edilen parlaklık farklarına, karşılaştırma yıldızının B ve V parlaklık değerlerinin eklenmesiyle, değişenin kadir biriminde parlaklık değişimi bulundu ve evreye karşı noktalanarak dizgenin ışık eğrileri elde edildi. (Buradaki evre değerleri, (2.3) eşitliğinde verilen düzeltilmiş  $T_0$  ve  $P$  değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.) Dizgenin belli dönemlerde hızlı parlaklık değişimi göstermesi nedeniyle, ışık eğrileri birbirinden ayrılmış, 2001 ve 2002 yılı gözlemleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 2001 ve 2002 yıllarına ait ışık eğrileri sırasıyla Şekil 2.1 ve Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.1 AW UMa örtlen çiftinin 2001 yılı gözlemleriyle elde edilen ışık eğrisi.



Şekil 2.2 AW UMa örtlen çiftinin 2002 yılı gözlemleriyle elde edilen ışık eğrisi.

### 2.3 Minimum Zamanları ve Dönem Değişimi

Dizgenin 2001 ve 2002 yılında yapılan gözlemlerinde, dördü *Minimum I (MinI)* ve üçü *Minimum II (MinII)* olmak üzere toplam yedi tane *Minimum (Min)* zamanı elde edilmiştir. Bu *Min* zamanlar, Kwee & van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Dizgenin bu çalışmada elde edilen *Min* zamanları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 AW UMa örtlen çiftinin bu çalışmada elde edilen *Min* zamanları.

$JD_{hel}$ (-2400000)	TARİH	ÇEVİRİM (E)	(O-C)
51947.4571	6 Şubat 2001	31688.5	-0.02504
51949.4334	8 Şubat 2001	31693.0	-0.02297
51951.4075	10 Şubat 2001	31697.5	-0.02315
51977.5109	9 Mart 2001	31757.0	-0.02418
52064.3780	3 Haziran 2001	31955.0	-0.02544
52313.5750	8 Şubat 2002	32523.0	-0.02652
52345.3822	11 Mart 2002	32595.5	-0.02718

Şekil 2.3' te literatürden alınan ve bu çalışmada dönem çözümlerinde kullanılan tüm noktalar gösterilmektedir. Bu (O-C) eğrisinin bulunmasında Pribulla ve ark.(1999) tarafından verilen;

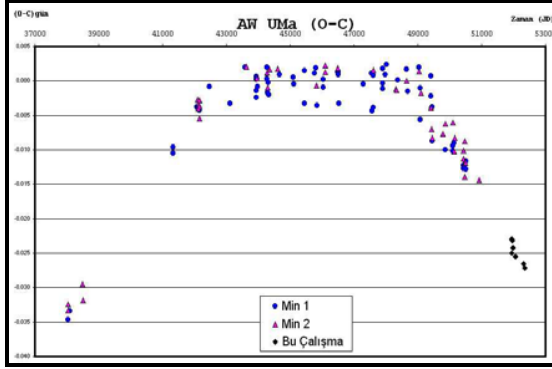
$$MinI = JD_{hel} 2438044.8150 + 0^s.43872910 \times E \quad (2.2)$$

ışık ögeleri kullanılmıştır.

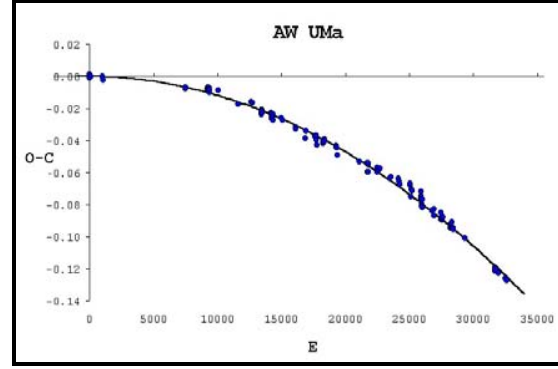
Bu çalışmada, eldeki tüm *Min* zamanları çevrim sayısına (E) göre işaretlenmiştir.  $E > 25000$  gözlemleri kullanılarak son zamanlar için geçerli olan doğrusal ışık ögeleri şöyle bulunmuştur:

$$MinI = JD_{hel} 2452313.5752 + 0^s.4387257 \times E \quad (2.3)$$

$\pm 8$   $\pm 2$   
*Min* zamanların değişimi en iyi şekilde bir parabol ve bu parabolün üzerine bindirilmiş bir sinüs eğrisiyle ifade edilebilmiştir. Şekil 2.4' te dizgenin (O-C) değişimi ve parabolik yaklaşımın kuramsal eğrisi görülmektedir.



Şekil 2.3 AW Uma örten çiftinin (O-C) değişimi.



Şekil 2.4 AW UMA örten çiftinin (O-C) değişimi. Noktalar, dizgenin gözlemsel (O-C) değerleri, çizgi ise ikinci dereceden kuramsal değişimdir (parabolik yaklaşım).

Sürekli dönem azalmasına karşılık gelen ikinci dereceden (parabolik) yaklaşım:  $T = T_0 + PE + QE^2$  denklemi ile tanımlanır. Buna göre dizgenin düzeltilmiş dönem ögeleri:

$$MinI = JD_{hel} 2438044.7814 + 0.4387332E - 1.17 \times 10^{-10} E^2 \quad (2.4)$$

$$\pm 9 \quad \pm 1 \quad \pm 1$$

olarak hesaplanmıştır. Buradaki dönem azalmasının nedeni olarak, dizgenin bileşenleri arasındaki korunumlu kütle aktarımını kabul edersek, bu aktarımın yönü büyük kütleli baş yıldızdan yoldaş yıldızda doğrudur. Şimdi bu değişim miktarını ve aktarılan madde miktarını hesaplayalım:

(2.3) denkleminin  $E'$  ye göre iki kere türevini alarak;

$$P = \frac{dT}{dE} = P_0 + 2QE \quad \text{ve} \quad \Delta P = \frac{dP}{dE} = 2Q \quad (2.5) \quad \text{buluruz. Burada:}$$

$Q > 0$  için  $P$  büyür (dönemde artma),  $Q < 0$  için  $P$  küçülür (dönemde azalma)

(2.5) eşitliği gün biriminde çevrim başına dönemdeki değişimdir. Dizgemiz için bu değer;

$$2Q = 2 \times (1.17 \times 10^{-10}) = -2.34 \times 10^{-10} \text{ gün / çevrim}$$

olarak hesaplanır. Buradan günlük ve yıllık dönem değişimi:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{2Q}{P} = \frac{2.34 \times 10^{-10}}{0.4387332} = -5.33 \times 10^{-10} \text{ gün / gün} = -1.95 \times 10^{-7} \text{ gün / yıl} \quad \text{bulunur.}$$

Korunumlu madde aktarımı durumunda, dönemdeki kısalma miktarından, büyük kütleli yıldızın birim zamanda kaybettiği madde miktarı:

$$\frac{dP}{dt} = 3P \left( \frac{M_1 - M_2}{M_1 \cdot M_2} \right) \frac{dM_1}{dt} \text{ eşitliği ile verilir. (van den Heuvel, 1994)}$$

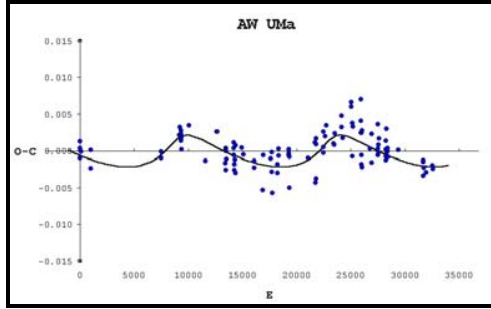
Denklemden,  $M_1$  ve  $M_2$  güneş kütlesi biriminden birinci ve ikinci bileşenin kütleleri,  $\frac{dP}{dt}$  yıllık dönem değişimi olarak alınır, baş yıldızın, yoldaş yıldızla bir yılda aktardığı kütle miktarı: ( $M_1=1.79M_{\text{güneş}}$ ,  $M_2=0.14M_{\text{güneş}}$  değerleri Pribulla ve ark.(1999)'dan alınmıştır.)

$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{(1.95 \times 10^{-7})}{\left[ 3 \times 0.4387332 \times \left( \frac{1.79 - 0.14}{1.79 \cdot 0.14} \right) \right]} = 2.25 \times 10^{-8} M_{\text{güneş}} \text{yıl}^{-1} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Parabolik yaklaşımın, dizgenin (O-C) verilerinden çıkarılmasıyla oluşan yeni farklar (Şekil 2.5), dizgeye dahil başka bir cismin ışık- zaman (*light-time*) etkisi olarak açıklanabilir. Bu durumda *Min* zamanları şöyle hesaplanır (Irwin 1959):

$$MinI = JD_0 + P \times E + Q \times E^2 + \frac{a_{12} \sin i}{c} \left[ \frac{1 - e^2}{1 + e \cos \nu} \sin(\nu + \omega) + e \sin \omega \right] \quad (2.8)$$

Burada;  $JD_0 + P \times E + Q \times E^2$  *Min* zamanlarının ikinci dereceden (parabolik) değişimi,  $a_{12} \sin i$  üçüncü cismin çevresindeki yarı-büyük eksen uzunluğu,  $e$  yörünge basıklığı,  $\omega$  enberi noktasının boyları,  $\nu$  gerçek ayrıklık,  $c$  ise ışık hızıdır. Olası üçüncü cisim için bulunan yörünge öğeleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.5 Parabolik değişim çıkarıldıktan sonra elde edilen fark (O-C) değişimi, bir sinüs eğrisiyle ifade edilebilmektedir.

Çizelge 2.2 Olası üçüncü cismin yörünge öğeleri.		
ÖGE (Birimi)	DEĞER	YANILGI
$P_3$ (yıl)	17.0	0.6
$e$	0.52	0.21
$\omega$ (derece)	397.9	21.8
$T_s$	$JD_{\text{hel}}2441889(1973.7)$	366
$a_{12} \sin i$ (AB)	0.406	0.067
$f(m_3)$ ( $M_{\text{güneş}}$ )	0.00023	0.00010
$\Sigma(O-C)^2$	0.001731	

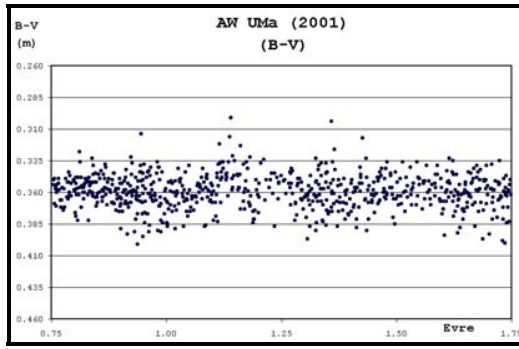
Olası üçüncü cisim için kütle fonksiyonu:  $f(m_3) = \frac{(a_{12} \sin i)^3}{P_3^2} = \frac{m_3^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2 + m_3)^2} \quad (2.9)$

eşitliği ile tanımlanır. Burada,  $a_{12} \sin i$  astronomik birim(AB),  $P_3$  yıl biriminde alınır kütle fonksiyonu ( $f(m_3)$ ), güneş kütlesi( $M_{\text{güneş}}$ ) biriminde bulunur.  $i$  yörünge eğim açılarına göre olası üçüncü cisim kütleleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Yörünge eğim açılarına göre olası üçüncü cisim kütleleri.	
Eğim Açısı( $i$ )	$M_3(M_{\text{güneş}})$
90°	0.098
80°	0.100
70°	0.105
60°	0.114
50°	0.129
40°	0.156
30°	0.203
20°	0.306
10°	0.667

## 2.4 Işık Eğrileri ve Çözümleri

AW UMa örtlen çiftinin 2001 ve 2002 yıllarında yapılan gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri, Şekil 2.1 ve Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Bu çalışmadaki çözümlerinin tümünde 2001 yılı eğrileri kullanılmıştır. Bileşenler arasındaki yarıçap farklarının büyüklüğünü ve birinci bileşenin kenar karama etkisinden dolayı *MinII*'de tam tutulma etkisi daha belirgin olarak görülmektedir. Maksimum seviyeler arasında ise çok az olmakla birlikte fark görülmektedir. Dizgenin (B-V) renk ölçeğinin evreye göre değişimi Şekil 2.6' da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, dizgenin rengi önemli bir değişim göstermemektedir.



Şekil 2.6 AW UMa örten çiftinin 2001 yılı gözlemlerinde evreye göre (B-V) renk ölçeği değişimi.

Bu çalışmada sadece dizgenin 2001 yılı ışık eğrisi çözüme sokulmuştur. Bu noktalar normalize yeğlilik(intensity) birimindedir. B süzgecinde 761 ve V süzgecinde 747 olmak üzere toplam 1508 gözlem noktası çözüme sokulmuştur.

AW UMa dizgesi, W UMa türü bir örten çift olduğu için Wilson-Devinney yöntemiyle DC programında MODE 3 kullanılmıştır. Bu MOD'da yıldızların yüzey potansiyelleri birbirine eşit alınır ( $\Omega_1=\Omega_2$ ) ve  $\Omega_2$ ,  $g_2$ ,  $A_2$ ,  $L_2$ ,  $\chi_2$  değerleri serbest öğeler olarak alınmazlar. Bu MOD'da yıldızlar değen çift olabilirler fakat oldukça farklı yüzey parlaklıklarına sahiptirler. Yani; ısıl değme olmaksızın geometrik olarak değen çifttirler.

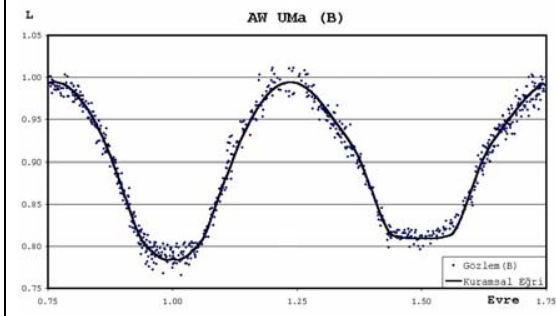
Çözümler için; kenar kararım katsayıları  $\chi_{1,2}(B)=0.663$  ve  $\chi_{1,2}(V)=0.577$  (Cordoves ve ark. (1995)), çekim kararım katsayıları  $g_{1,2}=0.45$  (Wilson & Devinney (1973)), albedolar  $A_{1,2}=1.0$ , baş yıldızın sıcaklığı  $T_1=7175K$  (Woodward ve ark. (1980)) olarak alınmış ve tüm çözümlerde bu değerler korunmuştur. Roche geometrisinin önemli öğelerinden biri de  $q$  kütle oranıdır. Literatürde, dizgenin kütle oranı fotometrik olarak; 0.0716 (Wilson&Devinney, 1973)'dan 0.08 (Mauder, 1972)'e ve tayfsal olarak; 0.07 (McLean, 1981)'den 0.086 (Pribulla ve ark, 1999)'ya kadar bir aralıkta verilmektedir.

Biz bu çalışmada ilk olarak  $q$  değerini Wilson&Devinney (1973)' den  $q=0.0716$  olarak aldık. Literatürdeki diğer WD çözümleriyle uyumlu olması açısından birinci çözümde  $i$  değerini de  $79^\circ.1'$  de değişmez(*sabit*) olarak aldık ve DC programıyla çözdük. İkinci çözümde ise  $i$  yörünge eğikliği öğesini de serbest bırakarak çözüme gittik. Bu çözüm değerleri Çizelge 2.4' te verilmiştir.

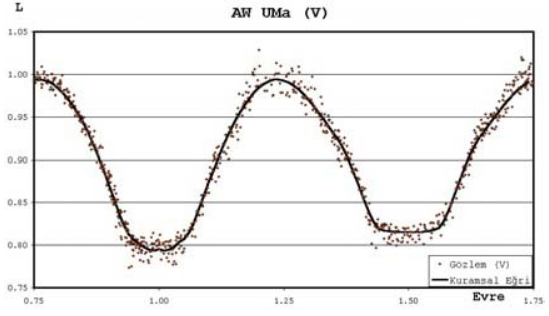
$q=0.0716$  ve  $i$  serbest öğe için LC programının kuramsal eğri çıktıları B ve V süzgeçleri için sırasıyla Şekil 2.7.a ve Şekil 2.7.b' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 $q$ değerleri değişmez <sup>(d)</sup> tutularak yapılan Wilson&Devinney çözüm sonuçları		
MODE 3	B&V(ortak çözüm)	B&V(ortak çözüm)
$i(^{\circ})$	79.1 <sup>(d)</sup>	76.65±0.34
$q$	0.0716 <sup>(d)</sup>	0.0716 <sup>(d)</sup>
$T_2(K)$	6977±14	6994±14
$\Omega_1=\Omega_2$	1.8300±0.0008	1.8280±0.0010
$L_1$	0.9134(B)	0.9118(B)
$L_1 + L_2$	0.9114(V)	0.9099(V)
$r_{1(pole)}(a)$	0.566	0.566
$r_{1(side)}(a)$	0.650	0.648
$r_{1(back)}(a)$	0.666	0.667
$r_{2(pole)}(a)$	0.187	0.188
$r_{2(side)}(a)$	0.197	0.198
$r_{2(back)}(a)$	0.259	0.264
$\Sigma(\sigma^2)$	<b>0.01804</b>	<b>0.017887</b>

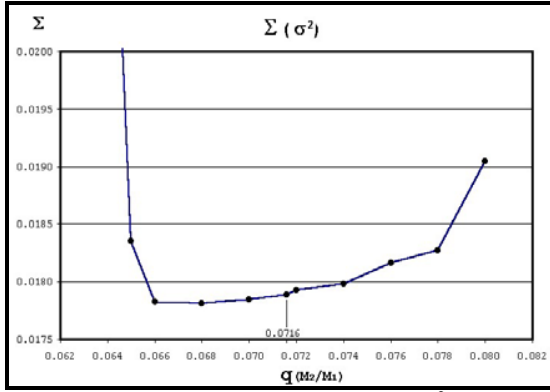
Bu çözümlerden sonra dizgenin kütle oranının 0.0716 değerine yakın kütle oranlarındaki çözümünü araştırdık. Bunun için  $q$  değerini 0.064 ile 0.080 aralığında 0.002 arttırarak, çözümün  $\Sigma(\sigma^2)$  yanılığ değerlerinin değişimini inceledik. Sapmaların karelerinin toplamı, alınan  $q$  değerlerine göre işaretlenerek Şekil 2.8' de gösterilmiştir. Kütle oranının 0.066 ile 0.072 aralığında fark karelerinin toplamı en küçük olmaktadır. Fark kareler toplamının en küçük değerine 0.068 dolayında ulaşılmaktadır.



Şekil 2.7.a  $q=0.0716$  ve  $i$  serbest öge kabulüne göre yapılan WD çözümünün B süzgecindeki kuramsal eğrisi . •'lar gözlem noktalarıdır.



Şekil 2.7.b  $q=0.0716$  ve  $i$  serbest öge kabulüne göre yapılan WD çözümünün V süzgecindeki kuramsal eğrisi . •'lar gözlem noktalarıdır.



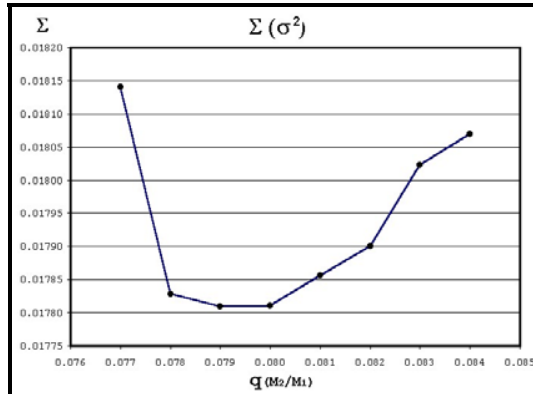
Şekil 2.8 Değişmez  $q$  değerlerine karşılık  $\Sigma(\sigma^2)$  değerlerinin değişim çizgesi.

Buraya kadar yapılan Wilson & Devinney çözümlerinde dizgemizin iki bileşenden oluştuğu kabulünü yaptık.  $L_3$ , olası bir üçüncü cismin etkisini göz önüne almadık. Ancak (O-C) değişimlerini incelediğimiz Bölüm 2.3' te de sözü edildiği gibi, kütle aktarımı yaklaşımından sonra geriye kalan değişimlerin kaynağının, çifte dinamik olarak bağlı üçüncü bir cisim olabileceğini belirtmiştik.

Bu bulgu göz önüne alınarak,  $L_3$  etkisi de dizgeye dahil edilerek yeni çözümlerin yapılması gerektiği düşünüldü. Böyle bir etkinin dizgeye dahil edilmesiyle daha önceki çözümlerde bulunan fiziksel ve geometrik ögelerin değişeceği açıktır.

Bu değerlerden özellikle  $q$  kütle oranının değeri çözüm için en önemli öge olacaktır ve en iyi çözüm,  $q$ 'nın en uygun değerinin bulunmasıyla mümkün olacaktır. Bunun için  $L_3$ , üçüncü ışık değeri, serbest bırakılarak en uygun  $q$  değeri aranmıştır. Başlangıç değeri olarak  $q=0.065$  alınmış ve her bir adımda  $0.001$ ' lik artışla en küçük yanılğı değeri aranmıştır. Çözüm sonuçlarından;  $0.077$ ' den daha küçük  $q$  değerlerinde, dizgeye dahil  $L_3$  ışığının negatif değerlere gittiği görülmüştür. Bu fiziksel olarak anlamlı olmayan bir durumdur. Anlamlı sonuçlar Çizelge 2.5'te, bu değişimin çizgesi de Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

$q$	$\Sigma(\sigma^2)$
0.077	0.018141
0.078	0.017828
0.079	0.017809
0.080	0.017811
0.081	0.017856
0.082	0.017900
0.083	0.018023
0.084	0.018070



Şekil 2.9 Çizelge 2.5'te verilen  $q$  ve  $\Sigma(\sigma^2)$  değerlerinin çizgesi.

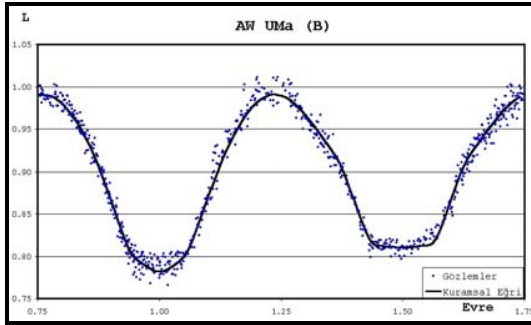


Üçüncü cismin ışık katkısı göz önüne alınarak yapılan çözümlerde, kütle oranının küçük bir aralığında fark karelerinin toplamı en küçük olmaktadır. Buna göre kütle oranı 0.079 ile 0.080 aralığında bulunmalıdır. Çizelge 2.5' ten de görüleceği gibi 0.079 ve 0.08 kütle oranı değerleri yüzbinde bir oranında aynı yanılığ değerlerini verdi. Bu iki çözüme karşılık gelen fiziksel ve geometrik öğeler Çizelge 2.6' da verilmiştir.

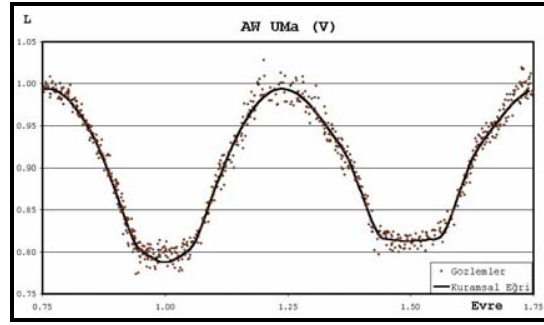
Bu son değerlere göre,  $q=0.08$  için LC programının kuramsal eğri çıktıları B ve V süzgeçleri için sırasıyla Şekil 2.10.a ve Şekil 2.10.b' de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.6** DC programında MODE 3' te  $q=0.079$  ve  $q=0.08$  değeri değişmez<sup>(d)</sup> tutularak yapılan Wilson&Devinney çözüm sonuçları. ( $L_3$  serbest öge.)

MODE 3	$q=0.079$ Çözümü	$q=0.08$ Çözümü
$i(^{\circ})$	$78.00 \pm 0.39$	$78.31 \pm 0.40$
$q$	$0.079^{(d)}$	$0.08^{(d)}$
$T_2(K)$	$6990 \pm 15$	$7003 \pm 15$
$\Omega_1 = \Omega_2$	$1.8520 \pm 0.0024$	$1.8546 \pm 0.0024$
$\frac{L_1}{L_1 + L_2}$	$0.9060(B)$	$0.9043(B)$
	$0.9040(V)$	$0.9024(V)$
$L_3$	$0.0659 \pm 0.0098(B)$ $0.0330 \pm 0.0098(V)$	$0.0781 \pm 0.0097(B)$ $0.0449 \pm 0.0096(V)$
$r_{1(pole)}(a)$	0.561	0.560
$r_{1(side)}(a)$	0.639	0.638
$r_{1(back)}(a)$	0.659	0.658
$r_{2(pole)}(a)$	0.193	0.194
$r_{2(side)}(a)$	0.203	0.204
$r_{2(back)}(a)$	0.265	0.267
$\Sigma(\sigma^2)$	<b>0.017809</b>	<b>0.017811</b>



**Şekil 2.10.a**  $q=0.08$  değerine göre yapılan WD çözümünün B süzgecindeki kuramsal eğrisi ( $L_3$  serbest öge).



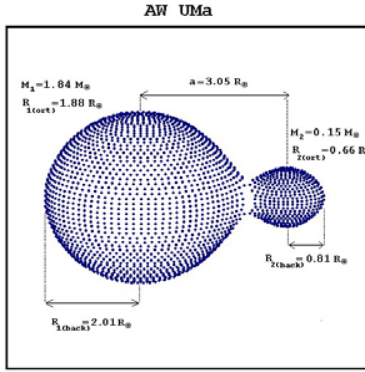
**Şekil 2.10.b**  $q=0.08$  değerine göre yapılan WD çözümünün V süzgecindeki kuramsal eğrisi ( $L_3$  serbest öge).

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

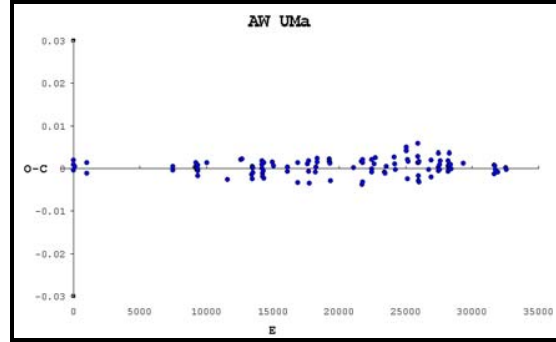
Bu çalışmada AW UMa örten çiftinin dönem ve ışık eğrisi analizi yapılmıştır.

Dizgenin 0.25 evredeki genel görünümü LC programı kullanılarak bulunmuş ve Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Girdi öğeleri  $q=0.08$  çözümünün B süzgeci sonuçlarıdır.

Dönem çalışması sonucunda; sürekli dönem azalmasının nedeni olarak baş bileşenden yoldaşa madde aktarımı (*parabolik değişim*) ve bu etkinin dışındaki değişim için de, dizgeye dahil bir üçüncü cismin ışık-zaman etkisi (*sinüoidal değişim*) en iyi yaklaşım olarak öngörülmektedir. (2.8) eşitliğiyle tanımlanan tüm bu etkilerden kalan fark (O-C) değişimi Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 AW UMa dizgesinin 0.25 evredeki genel görünümü.



Şekil 3.2 AW UMa dizgesinin parabolik ve sinüs değişimi çıkarıldıktan sonra elde edilen fark (O-C) değişimi.

2001 ve 2002 yılı gözlemleri arasında, B süzgecinde, *MinII* ortasında  $0^m.01$ 'e varan parlaklık değişimi gözlemlenmiştir. (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2) Bunu; dizgenin aktivitesinin bir göstergesi olarak yorumlayabiliriz.

Belirli kütle oranı için, iç ve dış yüzey potansiyellerine göre, dizge yüzey potansiyelinin birinci Roche şişiminden (*lobe*) taşma miktarı etkisi (*fill-out factor*);

$$f = 1 + \frac{\Omega_{inner} - \Omega}{\Omega_{inner} - \Omega_{outer}} \text{ formülüne göre: } q=0.0716 \text{ çözümü için } f=1.81, q=0.08 \text{ çözümü için } f=1.78$$

bulunur. Buradan dizgenin aşırı değen (*over-contact*) olduğunu söyleyebiliriz.

Özellikle, olası üçüncü cismin enberi geçişlerinde ikili dizgenin aktivitesini etkileyebileceği görüşü (*Pribulla ve ark. 1999*), hesapladığımız ve Çizelge 2.2'de gösterilen üçüncü cisim öğeleri dikkate alınarak kabul edilebilir. (Üçüncü cismin ikili dizgeye yakınlığı ( $a_{12} \sin i = 0.406 \pm 0.067 AB$ ) ve yörüngesinin basıklığı ( $e = 0.52 \pm 0.21$ )). Bu değerlere göre; üçüncü cisim son enberi geçişini  $1990.7(\pm 1.6)$ 'de yapmıştır. Bu da *Derman ve ark. 1990*, tarafından rapor edilen ve en büyük parlaklık değişimlerinin gözlemlendiği 1989-90 dönemi ile yaklaşık aynı tarihlere rastlamaktadır.

WD çözümlerinden bulunan ve Çizelge 2.6'da gösterilen  $L_3$  değerlerine göre, üçüncü cismin toplam parlaklığa katkısı kısa dalgalı boyalarında büyümektedir.  $q=0.08$  değeri için kaba bir hesapla üçüncü cismin (B-V) renginin -0.6 dolayında olduğu hesaplandı. Küçük kütleli, ön tayf türünden böyle bir bileşen ancak bir sıkışık cisim, büyük bir olasılıkla beyaz cüce olabilir.

#### KAYNAKLAR DİZİNİ

- Al-Naimiy, H.M.K., 1978, Ap&SS 56,219  
 Bacos, G.A., Horak, T.B., Tremko, J., 1991, BAC 42, 331.  
 Demircan, O., Derman, E., Müyesseroglu, Z., 1992, A&A 263,165.  
 Derman, E., Demircan, O., Müyesseroglu, Z., 1990, IBVS 3540.  
 Diaz-Cordoves, J., Claret, A., Gimenez, A., 1995, A&AS 110,329  
 Dworak, T.Z., Kurpinska, M., 1975, Acta Astron. 25, 7.  
 Ferland, G.J., McMillan, R.S., 1976, IBVS 1176.  
 Hart, M.K., King, K., McNamara, B.R., Seaman, R.L., Stoke, J., 1979, IBVS 1701.  
 Hobart, M.A., Pena, J.H., de la Cruz, C., 1998, Ap&SS 260,375.  
 Hrivnak, B.J., 1982, ApJ 260,744.  
 Irwin, J.B., 1959, AJ 64,149.  
 Istomin, L.F., Orlov, L.M., Kulagin, V.V., 1980, IBVS 1802.  
 Jeong, J.H., Lee, Y.S., Yim, J.R., 1997, JASS 14(2),225  
 Kalimeris, A., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., 1994, A&A 282,775  
 Kalish, M.S., 1965, PASP 77,36.  
 Kurpinska-Winiarska, M., 1980, IBVS No.1843.  
 Kwee, K.K., van Woerden, H., 1956, BAN 12,327.  
 Maceroni, C., van't Veer, F., 1996, A&A 311,523  
 Mauder, H., 1972, A&A 17,1  
 McLean, B.J., 1981, MNRAS 195,931.  
 Mikolajewski, J., Mikolajewski, M., 1980, IBVS 1812.  
 Monchnacki, S.W., Doughty, N.A., 1972, MNRAS 156,51.  
 Müyesseroglu, Z., Gürol, B., Selam, S.O., 1996, IBVS 4380



- Oschepkov, P.A.**, 1974, IBVS 884.  
**Paczynski, B.**, 1964, AJ 69, 124.  
**Pirola, V.**, 1975, IBVS 1060.  
**Pribulla, T., Chochol, D., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P.**, 1997, IBVS 4435.  
**Pribulla, T., Chochol, D., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P.**, 1999, A&A 345, 137.  
**Rensing, M.J., Monchnacki, S.W., Bolton, C.T.**, 1985, AJ 90, 776.  
**Rucinski, S.M.**, 1973, Acta Astron. 23, 79.  
**Rucinski, S.M.**, 1992, AJ 104, 1968.  
**Rucinski, S.M.**, 2001, AJ 122, 1007.  
**Srivastava, R.K., Padalia, T.D.**, 1986, Ap&SS 120, 121.  
**Srivastava, R.K.**, 1989, Ap&SS 154, 179  
**van den Heuvel, E.P.J.**, 1994, Interacting Binaries, Springer-Verlag, p:263  
**Wilson, R.E., Devinney, E.J.**, 1971, ApJ 166, 605.  
**Wilson, R.E., Devinney, E.J.**, 1973, ApJ 182, 539.  
**Wilson, R.E.**, 1998, Computing Binary Star Observables (DC&LC Programları Kullanım Kılavuzu)  
**Woodward, E.J., Koch, R.H., Eisenhardt, P.R.**, 1980, AJ 85, 50.  
**Yim, J.R., Jeong, J.H.**, 1995, Kor. JASS 12, 44.