

UV Leo

(دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۳/۱۳؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۸۸/۶/۱۵)

V B UV Leo

$$M_{rV} = / \quad M_{vV} = /$$

U-B B-V

$$A_{rV} = / \quad A_{vV} = / :$$

Uvleo

موجود در منحنیهای نوری سیستم ضمن تخمین پارامتریهای مداری و فیزیکی سیستم وجود دو لکه سرد را در عرضهای نسبتاً زیاد بر روی همدم ثانویه گزارش کردند. آنها ضمن آنالیز منحنیهای نوری سیستم در فیلترهای ذکر شده، نتایج خود را با نتایج نورسنجی قبلی که توسط مؤلفین دیگر همچون پیرک [۲]، ول من [۳]، مکالسکی [۴] و سستر و همکارانش [۵] به دست آمده بود مقایسه کرده‌اند.

پوپر [۶ و ۷ و ۸] در سالهای ۱۹۶۵، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۷ ضمن مطالعه طیف سنجی سیستم دریافت که هر دو همدم تقریباً دارای درخشندگی یکسان بوده و همدم ثانویه بر خلاف تخمینهای نورسنجی انجام شده توسط فردریک واتزل دارای تابندگی اندکی کمتر نسبت به همدم اولیه می‌باشد. پوپر بار دیگر

سیستم دو تایی UV Leo با قدر دیدگانی $V=8.9\text{mag}$ شامل دو ستاره خورشید مانند با رده طیفی G و G_۲ است. این سیستم در قسمت پایین نمودار H-R قرار دارد، یعنی ناحیه‌ای که مطالعه نسبتاً اندکی بر روی آن صورت گرفته است. مهمترین و بارزترین کارهایی که در سالهای اخیر بر روی این سیستم انجام شده است عبارتند از:

فردریک واتزل [۱] سیستم را از نظر نورسنجی فتوالکتریک در فیلترهای UBVR مورد مطالعه قرار دادند. نتایج فردریک واتزل نشان می‌داد که همدم اولیه به لحاظ اندازه کوچکتر و همدم ثانویه بزرگتر است، اما دارای جرم کمتری نسبت به همدم اولیه می‌باشد. فردریک واتزل جهت توجیه آشفتگیهای

مطالعه گردیده و بعضی از پارامترهای مهم سیستم محاسبه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

مشاهده نورسنجی سیستم UV Leo، در رصدخانه جان - پالیسا در دانشگاه فنی اُستراوای کشور چک، و توسط تلسکوپ انعکاس ۳۰ cm کاسگرین طی سالهای ۲۰۰۰-۱۹۹۹ میلادی انجام گرفته و ستاره‌های ۲۲۷۷ BD+ ۱۴ به عنوان مقایسه ۲۲۷۵ BD+ ۱۴ به عنوان چک به کار رفته‌اند. داده‌ها که توسط دکتر لوکاس کرال برای اینجانب ارسال گردیده به کمک افمری^۱ به شرح زیر (که در سال ۱۹۸۲ و توسط رافرت [۱۳] منتشر شده) به سیستم قدر- فاز تبدیل گردیده‌اند.

$$T_{\lambda} Min = 2438440 / 72633 + 0 / 60008478E \quad (1)$$

منحنیهای نوری B و V سیستم با کاربرد برنامه ویلسون دوینی نسخه ۲۰۰۳ [۱۴] مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در این تحلیل مد ۲ این برنامه که مخصوص سیستمهای جدا است به کار گرفته شده و به هنگام محاسبات برنامه کامپیوتری فوق‌الذکر بعضی از پارامتری سیستم ثابت در نظر گرفته شده‌اند که این پارامترها به همراه منابع مربوط در جدول ۱ ذکر گردیده‌اند. پارامترهای دیگر که عبارتند از: L_{λ} ، T_p ، T_1 ، i ، Ω_p ، Ω_1 و q به عنوان پارامترهای آزاد (متغیر) در نظر گرفته شده‌اند. مدل فیزیکی مورد استفاده در این مقاله (در کد ویلسون دوینی) بر مبنای مفهوم مدل روش است. در عمل این مفهوم به معنی انتخاب مدارهای دایره‌ای و همزمانی چرخش دو همدم است.

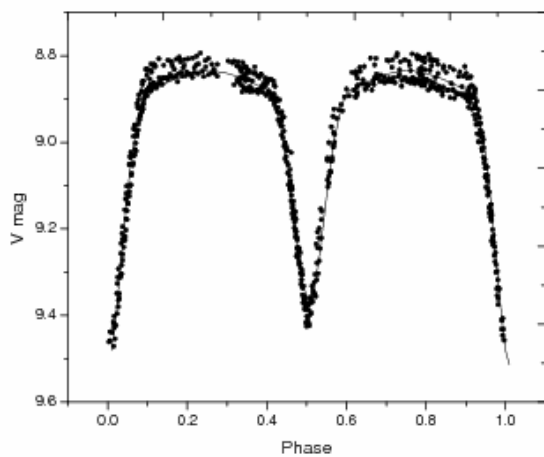
حل منحنیهای نوری به طور جداگانه در هر فیلتر و تعیین دما در فیلترهای منفرد و سپس تعیین میانگین آنها راه مناسبی برای تعیین دما نیست (مقاله ۱۹۸۴ ون هام و ویلسون [۱۴] را ببینید) زیرا حل به دست آمده با نسبتهای جرم متفاوت (در فیلترهای مختلف) معمولاً تطابق نخواهند داشت. لذا علاوه بر حل منحنیهای نوری در فیلترهای جدای B و V، در این مقاله حل همزمان در دو فیلتر یاد شده از طریق برنامه DC نیز به دست آمده است (جدول و شکل‌های ۱-۳ را ببینید).

بار در سال ۱۹۹۷ با تجزیه و تحلیل طیفهای جدید با تفکیک بالا نتایجی را به دست آورد که نشان می‌داد ستاره کم جرمتر و سردتر دارای تابندگی کمتری است. همان طور که قبلاً اشاره شد این امر در تناقض با نتایج نورسنجی بود که توسط فردریک واتزل به دست آمده بود. لذا با توجه به عدم توافق بین نتایج نورسنجی و طیف سنجی، در این مقاله آنالیز داده‌های نورسنجی در فیلترهای B و V انجام شده و نتایج در بخش دوم این مقاله آمده است. تغییرات دوره تناوب سیستم نیز توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله الماسلی [۹]، که ضمن آنالیز منحنی O-C، تغییرات دوره‌ای متناوبی را در منحنی مذکور گزارش و این تغییرات را به وجود جرم سوم نسبت داد. با وجود اینکه برگلیا [۱۰] در سال ۱۹۶۱ وجود فعالیتها و انفجارهایی ناگهانی شبیه به خورشید را بر روی سطح سیستم UV Leo گزارش کرد، اما تجزیه و تحلیل داده‌های طیف سنجی اشاره شده در بالا توسط پوپر هیچگونه خطوط نشری دارای پهن‌شدگی چرخشی مشابه با سیستمهای دارای فعالیتها کرموسفری را نشان نمی‌داد. سیدنر [۱۱] در سال ۱۹۹۸ فقط با به کارگیری داده‌های O-C به دست آمده از طریق نورسنجی و عکاسی (فتوگرافیک) منحنی O-C سیستم را مورد مطالعه قرار داد. نتایج او وجود جرم سوم را با دوره تناوب ۴۰/۱ سال در کنار سیستم نشان می‌داد. میکوز و همکارش [۱۲] در سال ۲۰۰۲ ضمن گزارش ۲۸ زمان کمینه جدید در فیلترهای B و V و با آنالیز مقادیر O-C دسترس پذیر دریافتند که تغییرات ناگهانی در پرلود سیستم به وقوع پیوسته است. به علاوه آنها امکان وجود همدم سوم با جرم اندک و غیرقابل مشاهده را رد نکرده‌اند.

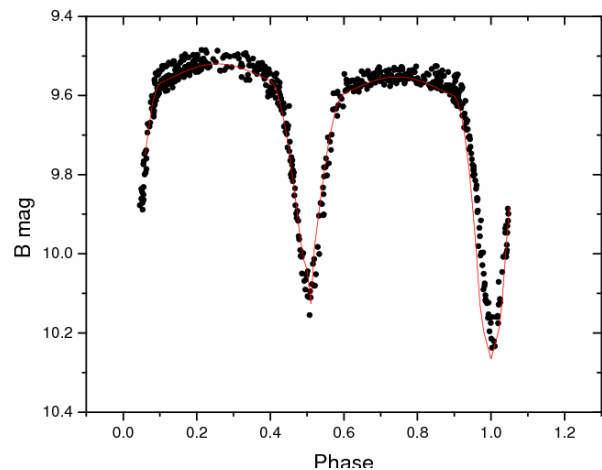
در این مقاله، منحنیهای نوری سیستم در فیلترهای B و V به صورت همزمان و جدا به روش ویلسون دوینی مورد آنالیز قرار گرفته‌اند و پارامترهای مداری و فیزیکی سیستم و همچنین پارامتریهای مطلق برای سیستم محاسبه گردیده‌اند. به علاوه منحنیهای رنگ B-V، U-B، سیستم مورد مطالعه قرار گرفته و قدر مطلق دیدگانی و ضرایب قرمز شدگی برای سیستم محاسبه شده است. به منظور بررسی صحت و سقم مکانیزم تغییرات پرلود از روش اپلیگیت، تغییرات بلند مدت تابندگی و رنگ نیز

جدول ۱. پارامترهای به دست آمده از حل منحنیهای نوری به روش ویلسون دوینی برای سیستم UV Leo.

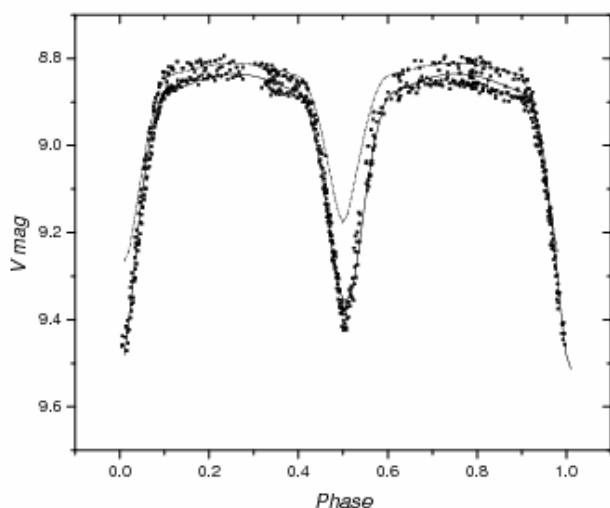
پارامترها	فیلتر B	فیلتر V	میانگین	حل همزمان
i (deg)	$84/92 \pm 5/800$	$82/40 \pm 0/03$	$83/66 \pm 0/03$	$85/46 \pm 1/57$
T_1 (K)	5850 ± 75	5800 ± 150	5825 ± 150	5960
T_2 (K)	$5400 \pm 0/64$	5500 ± 134	5450 ± 134	5850 ± 115
Ω_1	$4/602 \pm 0/003$	$4/600 \pm 0/004$	$4/601 \pm 0/004$	$4/616 \pm 0/241$
Ω_2	$4/260 \pm 0/003$	$4/254 \pm 0/004$	$4/257 \pm 0/004$	$4/264 \pm 0/154$
Q	$0/970 \pm 0/001$	$0/970 \pm 0/001$	$0/970 \pm 0/001$	$0/5665 \pm 0/077$
r_1	$0/2823 \pm 0/0003$	$0/2800 \pm 0/0003$	$0/2811 \pm 0/0003$	$0/2806$
r_2	$0/3099 \pm 0/0005$	$0/3101 \pm 0/0007$	$0/3102 \pm 0/0007$	$0/3071 \pm 0/0202$
$(L_1/L_1+L_2)_V$		$0/5100 \pm 0/0012$		$0/4769$
$(L_2/L_1+L_2)_V$		$0/5650$		$0/5231$
$(L_1/L_1+L_2)_B$	$0/4896 \pm 0/0008$			$0/4769$
$(L_2/L_1+L_2)_B$	$0/5100$			$0/5231$
x_1	$0/712$	$0/585$		
x_2	$0/742$	$0/608$		
$A_1 = A_2$	$0/56$	$0/56$	$0/56$	$0/56$
$g_1 = g_2$	$0/32$	$0/32$	$0/32$	$0/32$



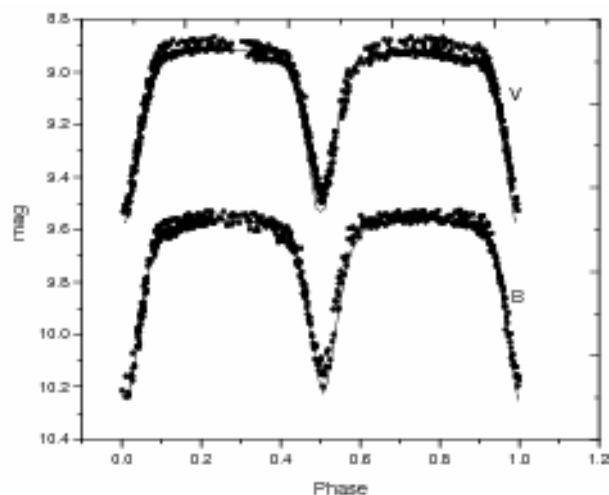
شکل ۲. مقایسه منحنی نوری رصدی (نقطه‌ها) و منحنی نوری نظری (خط ممتد) در فیلتر V برای سیستم UV Leo.



شکل ۱. مقایسه منحنی نوری رصدی (نقطه‌ها) و منحنی نوری نظری (خط ممتد) در فیلتر B برای سیستم UV Leo.



شکل ۴. منحنی نوری مشاهده‌ای (نقاط) و منحنی نوری نظری (خط پیوسته) و منحنی نوری نظری بدون لک (خط چین) برآزش شده به نقاط تجربی از روش ویلسون-دوینی.



شکل ۳. منحنیهای نوری رصدی (نقاط) و حل همزمان در فیلترهای V و B (خطوط ممتد) که از روش ویلسون دوینی به دست آمده‌اند.

جدول ۲. مقادیر مطلق به دست آمده با توجه جدول ۱.

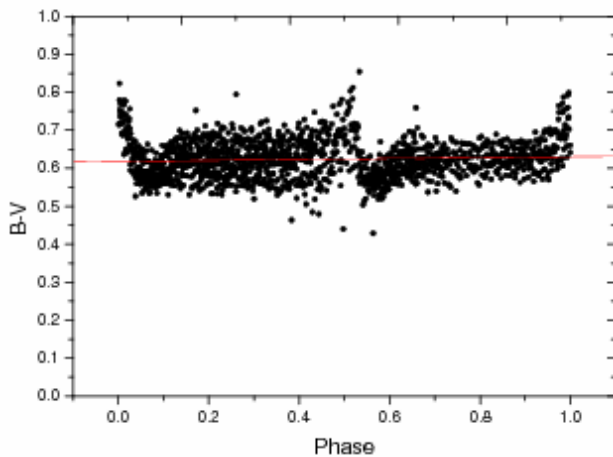
پارامتر	مقادیر مطلق
$A(R_{sun})$	$3/901 \pm 0/034$
M_V/M_{sun}	$0/9914 \pm 0/0300$
M_V/M_{sun}	$0/9616 \pm 0/0300$
R_V/R_{sun}	$1/1035 \pm 0/0112$
R_V/R_{sun}	$1/2114 \pm 0/0123$
T_V/T_{sun}	$0/5974 \pm 0/0091$
T_V/T_{sun}	$0/5600 \pm 0/0082$
L_V/L_{sun}	$0/1552 \pm 0/0128$
L_V/L_{sun}	$0/1440 \pm 0/0118$
ρ_V/ρ_{sun}	$0/0865 \pm 0/0057$
ρ_V/ρ_{sun}	$0/0618 \pm 0/0194$
$M_{bol}?$	$4/386 \pm 0/228$
$M_{bol}?$	$4/462 \pm 0/194$

ضمناً جهت مقایسه جوابها و ارزیابی حلهای جدا و همزمان آنالیز منحنیهای نوری از هر دو روش تحلیل، و مقادیر لک بر روی همدما به کمک برنامه LC ویلسون دوینی نسخه ۲۰۰۷ صورت گرفته است. در حل همزمان T_1 (دمای مؤلفه اولیه) ثابت و مدل اتمسفر کروکز [۱۶] به کار رفته است. برای ضرایب تاریکی گرانشی g_1 و g_2 ضرایب انعکاس بولومتریک A_1 و A_2 ، مؤلفه‌ها، مقادیر متناظر با رده‌های طیفی G_0 و G_2 و متناسب با لایه‌های همرفتی به کار رفته‌اند. ضرایب تاریکی لکه از جدولهای ون هام [۱۵] برای مقادیر متناظر با فراوانی نسبی $[M/H] = 0/1$ استفاده شده است. اغتشاش در منحنیهای نوری در فازهای خارج از گرفت به ویژه در فیلتر V کاملاً نمایان است. این اغتشاشها را می‌توان به وجود لکه‌ها و فعالیتهای سطحی خورشید مانند بر روی سطح مؤلفه‌ها نسبت داد. برای اینکه ایده فوق را به صورت کمی بیان کنیم، تحلیل لکه‌ها و محاسبه پارامترهای مربوطه (به لک) به کمک نرم افزار ویلسون دوینی [۲۰۰۷] انجام شد. لذا برای برآزش مناسب منحنی نوری به داده‌های مشاهداتی، بهترین برآزش، زمانی به دست می‌آید که دو لک تیره نسبتاً بزرگ بر روی همدم ثانویه و یک لک بر روی همدم اولیه با مشخصاتی به شرح جدول ۳ منظور شود. بعد از محاسبه پارامترهای مربوط به لکه‌ها و کاهش اثر آنها، منحنی نوری پاک شده (بدون لک) در شکل ۴ و نیز محل

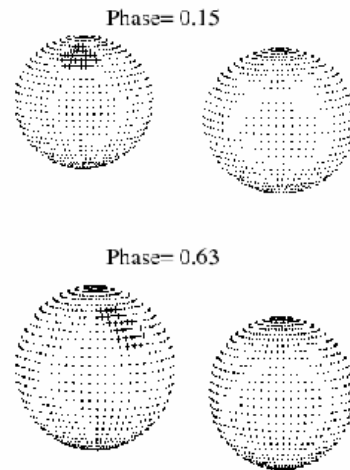
روش منطقی برای یافتن حل همزمان مناسب در فیلترهای چندگانه این است که تابندگی L_2 در هر فیلتر را از طریق قانون تابش مناسب با T_2 مرتبط کرد. در این مقاله قانون پلانک برای حل جدا و مدل اتمسفری کروکز [۱۶] برای حل همزمان به کار رفته‌اند.

جدول ۳. پارامترهای لکه‌های به دست آمده توسط برنامه LC ویلسون دوینی.

ستاره	متمم عرض	طول	اندازه زاویه	ضریب دمایی
۱	۰/۷۲۰۰	۱/۰۵۲۷	۰/۲۸۰۰	۰/۹۸۵۶
۲	۰/۰۵۹۹	۰/۲۵۴۷	۰/۲۰۰۰	۰/۹۷۵۲
۲	۰/۷۸۰۰	۰/۴۴۰۰	۰/۲۰۰۰	۰/۹۸۷۰



شکل ۶. نمایش نماد رنگ (B-V) برای سیستم UV Leo.



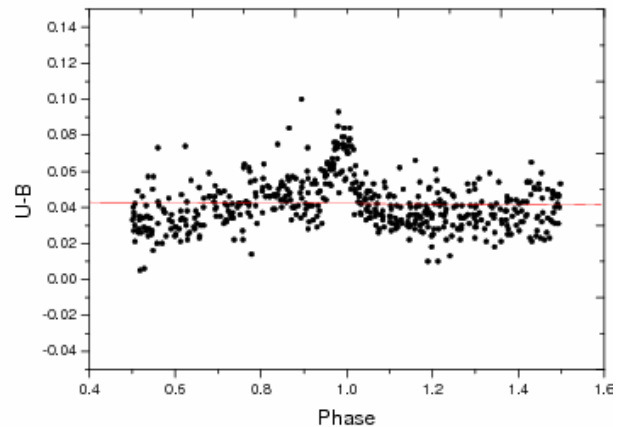
شکل ۵. نمایش نواحی لکه‌دار (نواحی تیره خط بر روی ستاره‌های همدم).

فردریک، اتزل ۱۹۹۶ استفاده شده است. منحنی رنگ B-V در شکل ۶ و U-B در شکل ۷ نشان داده شده‌اند. با بررسی منحنیهای رنگ مذکور و با استفاده از نمادهای رنگی ذاتی سیستم یعنی (B-V) و (U-B) از جدول ۳ جانسون - مورگان [۱۷] افزایش رنگ^۱ یعنی:

$$E_V = (B-V) - (B-V). \quad (1)$$

$$E_U = (U-B) - (U-B).$$

برای سیستم UV Leo محاسبه و در جدول ۴ ذکر شده است. از آنجا که دو ستاره همدم در این سیستم تشابه زیادی با یکدیگر دارند (جدول ۲ پوپر ۱۹۹۳ [۷] و پارامترهای به دست آمده در جدولهای ۱ و ۲ را برای دو مولفه مقایسه کنید) و با توجه به زاویه تمایل مداری ۸۵/۵ درجه، به هنگام گرفت اولیه (اصلی)، یعنی هنگامی که نور همدم اولیه توسط همدم ثانویه مسدود شده است، نور همدم اولیه تأثیر بسیار اندکی در نور



شکل ۷. نمایش نماد رنگ (U-B) برای سیستم UV Leo.

لکه‌ها بر روی همدمها به صورت تصویری در شکل ۵ نمایش داده شده‌اند.

UV Leo

جهت آنالیز منحنیهای رنگ سیستم نظر به اینکه داده‌ها در فیلتر U در دست نبود، لذا مقادیر U-B منحنی رنگ از داده‌های

۱. Color Excesses

جدول ۴. قدر مطلق دیدگانی M_v و اضافه رنگهای (colour excess) ضرایب قرمز شدگی A_v .

ستاره مولفه	V_0	E_v	E_u	A_v	M_v
همدم اولیه (G_0)	۹/۷۰	۰/۱۲	-۰/۰۴	۰/۳۸۴	۴/۴۱
همدم ثانویه (G_2)	۹/۸۰	۰/۱۱	-۰/۱۴	۰/۳۵۲	۴/۴۳

نمادهای رنگ ذاتی برای همدم ثانویه: $(U-B)_0 = ۰/۱۶$ و $(B-V)_0 = ۰/۶۴$

نمادهای رنگ ذاتی برای همدم اولیه: $(U-B)_0 = ۰$ و $(B-V)_0 = ۰/۶۰$

جدول ۵. مقایسه مقادیر پارامترهای به دست آمده در این مقاله با مقادیر رصد کنندگان دیگر.

پارامتر	مقادیر این مقاله	فردریک واتزل (۱۹۹۶)	پوپر (۱۹۹۷) طیف سنجی	زوویتر (۲۰۰۶)
Q	۰/۹۶۴	۰/۹۶۵		۰/۹۱۷
Ω_1	۴/۶۱۶	۴/۶۳۰۶		۵/۰۲۴۰
Ω_2	۴/۲۶۴	۴/۲۵۸۴		۴/۰۹۳
T_1	۵۹۶۰	۵۹۲۰		۶۱۲۹
T_2	۵۸۵۰	۵۸۲۱		۵۷۴۱
i	۸۵/۴۶	۸۲/۶۳	۸۳/۳	۸۳/۰۷
r_1	۰/۲۸۱	۰/۲۷۷	۰/۲۹۸	۰/۲۷۱
r_2	۰/۳۱۰	۰/۳۰۳	۰/۲۹۶	۰/۳۱
B-V	۰/۶۲	۰/۶۲۴	۰/۶۲	۰/۶۱

ستاره‌ای که در این ناحیه قرار می‌گیرند، درک بهتری را از این قسمت نمودار H-R را به دست می‌دهد.

مقادیر محاسبه شده پارامترهای فیزیکی و مداری ستاره، به خوبی با پارامتری محاسبه شده قبلی توافق دارند. جدول ۵ مقایسه این مقادیر را میسر می‌سازد.

برای مثال سه پارامتر اصلی q ، Ω_1 و Ω_2 یعنی به ترتیب نسبت جرمها و پتانسیل گرانشی مولفه‌های اولیه و ثانویه به دست آمده در این مقاله (جدول ۱) در توافقی عالی با مقادیر فردریک - اتزل [۱] هستند. همچنین اگر مقادیر محاسبه شده در جدول ۴ مقاله زویتر و همکاران [۱۸] با مقادیر جدول ۱ این مقاله مقایسه شوند توافق نسبتاً خوبی بین پارامترهای مختلف در دو حالت مشاهده می‌شود، اما با خطاهای نسبتاً کمتری در اینجا، مقایسه مقادیر به دست آمده در این مقاله با مقادیر طیف سنجی

دریافت شده از همدم ثانویه خواهد داشت که می‌توان با تقریب نسبتاً خوبی از سهم نور همدم اولیه صرف نظر کرد. بنابراین می‌توان فرض نمود که نور دریافت شده به هنگام گرفت اول عمدتاً از همدم ثانویه (G_2)، و متشابهاً در هنگام گرفت دوم (ثانویه) نور دریافت شده عمدتاً از ستاره اولیه (G_0) باشد. با در نظر گرفتن چنین وضعیتی قدر مطلقهای دیدگانی سیستم M_v ها و ضرایب قرمز شدگی A_v ها، دو ستاره همدم محاسبه و در جدول ۴ تنظیم شده است. در محاسبه پارامترهای اخیر از نمادهای رنگی ذکر شده در جدول ۴ و فاصله ۹۲ پارسک سیستم از زمین از زویتر [۱۸] استفاده شده است.

UV Leo در قسمت پایین نمودار H-R واقع شده، یعنی ناحیه‌ای که مطالعه و تحقیقات نسبتاً کمی در مورد آن صورت گرفته است. بنابراین تخمین دقیق پارامتر مربوطه به سیستمهای

جدول ۶. مقادیر ΔV ، ΔB و نماد رنگ $\Delta(B-V)$ جمع آوری شده از منابع مختلف برای دوتایی UV Leo.

HJD	ΔV	ΔB	$\Delta(B-V)$	منابع
۲۴۳۵۸۵۰/۴۷	۰/۵۹۴	۰/۲۶۱	-۰/۳۳۰	Broglia (۱۹۶۱)[۱۰]
۲۴۳۷۷۷۶/۵۸	۰/۷۶۰	۰/۳۸۳	-۰/۳۷۷	Broglia(۱۹۶۵)[۲۳]
۲۴۳۸۴۶۰/۶۸۱۹	۰/۷۵۷	۰/۳۷۳	-۰/۳۸۴	Mc Clusky(۱۹۶۶)[۴]
۲۴۴۶۱۵۵/۶۳	۰/۷۷۰	۰/۴۰۰	-۰/۳۷۰	IBVS ۲۸۰۹[۲۴]
۲۴۴۹۳۷۳/۸۴	۰/۷۵۱	۰/۳۰۶	-۰/۴۴۵	Fredrik&Etzel(۱۹۹۶)[۱]
۲۴۵۱۶۱۱/۵۳	۰/۸۰۵	۰/۴۵۷	-۰/۳۴۸	This Paper

تابع $P(E)$ پریود و مشتق آن dp/dE و نیز تحلیل فوریه این تابع که پریود متوسطی حدود ۱۲ سال را به دست می‌داد، یکی از عوامل تغییرات پریودمداری، مدولاسیون پریودمداری از طریق مکانیزم اپلیگیت [۲۰] که ذیلاً به طور بسیار مختصر بیان شده است، پیشنهاد گردید.

در ستارگان دوتایی نزدیک که حداقل یکی از همدماها از نوع ستارگان تحول یافته^۱ می‌باشد، وجود فعالیت مغناطیسی باعث تغییرات شکل هندسی سیستم به علت تغییرات در توزیع تکانه زاویه در لایه‌های خارجی ستاره فعال شده و در نتیجه گشتاور چهار قطبی گرانشی سیستم تغییر می‌یابد. این تغییرات در توزیع تکانه زاویه‌ای از طریق تغییرات میدان گرانشی به مدار سیستم منتقل شده و باعث تغییرات دوره تناوب مداری می‌شود. مدل اپلیگیت سه خصوصیت مشاهده پذیر به شرح زیر را پیش بینی می‌کند:

- ۱- چرخه تغییرات تابندگی بلند مدت با پریود مدولاسیون تغییرات پریودمداری باید یکسان باشد.
- ۲- تغییر در نور سیستم باید با رنگ سیستم هم فاز باشد، به عبارت دیگر ستاره به موازات درخشانت شدن باید آبی تر به نظر آید.
- ۳- تغییرات در تابندگی ناشی از تغییرات چهار قطبی مغناطیسی در حدود 0.1 mag است.

اکنون با الهام گرفتن از مقاله ۱۹۹۲ اپلیگیت [۲۰] وجود یا عدم وجود مکانیزم مذکور در این سیستم به دو صورت مستقل مورد بررسی قرار می‌گیرد:

در مقاله پوپر ۱۹۹۷ [۸] وجود توافقی نسبی بین دو دسته پارامتر را نمایان می‌سازد.

اما در رابطه با تابندگی دو مولفه، همان طور که قبلاً در مقدمه اشاره شد، عدم توافقی با مقادیر فتومتری توسط فردریک-اتزل و مقادیر طیف سنجی پوپر وجود دارد. مقدار نور محاسبه شده برای همدم ثانویه در این مقاله اندکی کمتر از همدم اولیه است (جدول ۲ را ببینید) این بدان مفهوم است که نتایج این مقاله نتایج پوپر را تأیید می‌کند.

بررسی دقیق و تحلیل منحنیهای رنگ شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهند که گرفت اولیه (اصلی) یعنی جایی که سیستم در کم رنگترین (کم نورترین) وضعیت قرار دارد، دچار قرمزشدگی به اندازه 0.14 mag شده است. بنابراین کاهش قابل ملاحظه‌ای در شار فیلتر B وجود دارد، که با الغولهای دیگر در توافق می‌باشد. از طرف دیگر منحنی رنگ U-B سیستم (شکل ۷) نیز کاهش اندکی در شار فیلتر U حدود $0.5/0.5 \text{ mag}$ نشان می‌دهد و این موضوع در عدم توافق با الغولهای دیگر (مانند U Sge و ... RW tau) است، زیرا در الغولها به طور سیستماتیک شار بیشتری به موازات حرکت از طول موجهای بلند به طرف طول موجهای کوتاه وجود دارد.

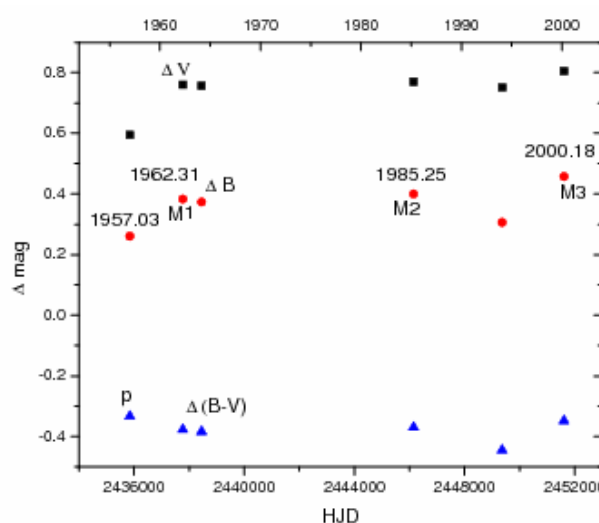
تغییرات پریود و منحنی O-C سیستم طی مقاله‌ای که در بهمن ماه ۱۳۸۶ در سندج توسط مولف [۱۹] ارائه شد، مورد بررسی قرار گرفت. در مقاله مذکور، به علت تغییرات چرخه‌ای

۱. Late type

جدول ۷. پارامتر های محاسبه شده باتوجه به روابط (۲)

پارامتر ها	همدم اولیه	همدم ثانویه
dP/dE (days/cycle)	$6/856 \times 10^{-12}$	$6/856 \times 10^{-12}$
dP/dt (sec/yr)	$3/434 \times 10^{-2}$	$3/434 \times 10^{-2}$
$\Delta J (g.cm^2 / s)$	$3/007 \times 10^{49}$	$2/274 \times 10^{49}$
$\Delta \Omega / \Omega$	0/011	0/008
$I_{eff} (g.cm^2)$	$2/388 \times 10^{54}$	$2/644 \times 10^{54}$
$\Omega (S^{-1})$	$5/711 \times 10^{-3}$	$5/711 \times 10^{-3}$
B(KG)	$1/297 \times 10^5$	$1/02 \times 10^5$
da/dE (cm/cycle)	$6/856 \times 10^{-12} \times [1/66 \times 10]^{0/33}$	$6/856 \times 10^{-12} \times [1/66 \times 10]^{0/33}$
$\Delta \dot{E} (ergs)$	$3/317 \times 10^{47}$	$3/32 \times 10^{47}$
$\Delta L_{rms} (erg/s)$	$2/760 \times 10^{39}$	$2/760 \times 10^{39}$
$\Delta Q (Kg.m^2)$	$2/330 \times 10^{23}$	$2/330 \times 10^{23}$

انجام شد. بررسی دقیق نقاط ترسیم شده ΔV و ΔB و $\Delta(B-V)$ در شکل ۸ نشان می‌دهد که به غیر از نقطه مشخص شده p یعنی اولین نقطه بر روی نمودار رنگ $\Delta(B-V)$ (علی‌رغم اینکه تعداد نقاط در فیلترهای مختلف اندک می‌باشد) بقیه نقاط هر سه دسته در نمودار، هم‌فازی نسبتاً واضح و خوبی را نمایان می‌سازد. از طرفی مقایسه دو نمودار ΔB و $\Delta(B-V)$ شکل ۸ نشان می‌دهد که به موازات درخشندگی شدن، آبی‌تر به نظر می‌آید و این یعنی تایید مورد دوم پیش بینی نظریه اپلیگیت. از سوی دیگر بررسی نمودار نقاط ΔB و ΔV ، فاصله زمانی بین بیشینه دوم یعنی نقطه M2 (سال ۱۹۸۵/۲۵) و بیشینه سوم نقطه M3 (سال ۲۰۰۰) تقریباً ۱۴/۷ yr می‌باشد. به علاوه نقطه بیشینه اول M1 (در سال ۱۹۶۲/۳۱) و نقطه بیشینه بعدی بر روی همان نمودار ΔB ، تقریباً ۲۲/۲۴ سال بعد (یعنی در سال ۱۹۸۵/۲۵) ظاهر شده است. اما همان‌طور که در شکل نمایان است در فاصله زمانی بین سال ۱۹۶۸ و ۱۹۸۵، داده مشاهده آتی وجود ندارد. متأسفانه در این فاصله هیچ‌گونه داده‌ای علی‌رغم جستجوی فراوان به دست نیامد. لذا به نظر می‌رسد یک چرخه در این فاصله زمانی مشاهده نشده است. با فرض اینکه یک نقطه بیشینه در فاصله یاد شده وجود دارد. آنگاه به احتمال زیاد چرخه‌ای تقریباً با پریود ۱۱/۵ ساله‌ای یعنی $\frac{22}{94}$ ، در این



شکل ۸. نمایش تغییرات تابندگی دیفرانسیلی بلند مدت (ΔB و ΔV) (بالا) و منحنی رنگ $\Delta(B-V)$ پایین.

الف) تغییرات تابندگی بلندمدت سیستم، این مسئله با جمع آوری منحنیهای نوری دسترس پذیر سیستم از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۸ و با تعیین مقادیر شدتهای خارج از گرفت در فازهای ۰/۲۵ و ۰/۷۵ و در فیلترهای B و V، سپس محاسبه قدرهای دیفرانسیلی ΔV و ΔB (به معنی: قدر ستاره متغیر - قدر ستاره مقایسه) و نیز منحنی رنگ $\Delta(B-V)$ و تنظیم آنها در جدول ۶، سپس ترسیم مقادیر به دست آمده بر حسب HJD در شکل ۸

گردیده‌اند. این پارامترها با مقادیر متناظری که توسط اپلیگیت [۲۰] برای سیستمهای تقریباً مشابه در مقاله ۱۹۹۲ محاسبه کرده است، مقایسه گردیده‌اند. مقایسه مقادیر پارامترهای مختلف که از طریق روابط (۲ تا ۱۰) برای این سیستم به دست آمده با مقادیر محاسبه شده توسط اپلیگیت برای سیستمهای کم و بیش مشابه، تطابق نسبی وجود دارد، به جز میدان مغناطیسی B که مقادیر نسبتاً بالایی را به دست می‌دهد. اما بالا بودن میدان مغناطیسی را به دو عامل می‌توان وابسته دانست:

- ۱- فاصله نسبتاً نزدیک دو همدم ($R_1/3.9$).
- ۲- اندرکنش نسبتاً قوی بین میدانهای مغناطیسی دو ستاره همدم. نظر به اینکه هر دو ستاره همدم (از نوع ستاره‌های G_0 و G_2) به علت دارا بودن لایه همرفتی عمیق و چرخش سریع، می‌توانند دارای میدانهای مغناطیسی سطحی باشند، و با توجه به فاصله نسبتاً کم آنها این میدانهای مغناطیسی می‌توانند با یکدیگر و نیز با پلاسمای پرتاب شده از سطح ستاره‌ها اندرکنش کرده و سبب تشدید میدان مغناطیسی شوند و از طریق ایجاد حلقه‌های خطوط نیرو بین دو ستاره که می‌توان پل مغناطیسی نامید. سبب تبادل جرم بین دو ستاره می‌گردد.

علاوه بر چرخه مغناطیسی تشریح شده در بالا (مکانیزم اپلیگیت) که سبب مدولاسیون پریود مداری می‌شود. عامل مؤثر دیگر در تغییرات پریود مداری ترمز مغناطیسی^۱ است.

عبارت است از اندرکنش پلاسمایی که به صورت بادهای ستاره‌ای مغناطیده با میدانهای مغناطیسی سطحی ستاره سبب کند شدن چرخش ستاره و از دست دادن اندازه حرکت زاویه‌ای در سیستم می‌شود [۲۱]. همان‌طور که اشاره شد، از آنجا که هر دو ستاره همدم در این سیستم فعال می‌باشند، لذا بادهای ستاره‌ای مغناطیده‌ای که به طرف بیرون از ستاره جاری می‌شوند، به علت چرخش سریع ستاره تابیده (وایپچیده)

فاصله مشاهده نگردیده است. با احتساب بحث ذکر شده، میانگین این چرخه‌های ۱۱/۵ و ۱۴/۷ سال، با پریود در مدولاسیون ۱۲ ساله به دست آمده توسط مؤلف (طی مقاله [۱۹] ۱۳۸۶ در گردهمایی نجوم سندج ارائه شده است) از منحنی O-C توافق نسبتاً خوبی دارد. بنابراین پیش بینی اول اپلیگیت برآورده شده است. با مراجعه مجدد به شکل ۸ مشخص است که دامنه متوسط نقاط ΔV و ΔB به زحمت از ۱/۰ mag تجاوز می‌کند. لذا هر سه مورد پیش بینی نظریه اپلیگیت در مورد تغییرات تابندگی و رنگ در این سیستم با تقریب خوبی صادق است. بنابراین می‌توانیم با اطمینان نسبتاً بالایی بگوییم که یکی از اساسی‌ترین علل تغییر پریود در این سیستم اثر چرخه مغناطیسی همدمها از طریق مکانیزم اپلیگیت است.

$$\Delta J = -\left(\frac{GM_{\gamma}}{R}\right)\left(\frac{a}{R}\right)^2 \frac{\Delta P}{6\pi}, \quad (2)$$

$$\Delta E' = \Delta J + \frac{(\Delta J)^2}{2J_{eff}} \Omega_{dr}, \quad (3)$$

$$\Delta L_{rms} = \pi \frac{\Delta E}{P_{mod}}, \quad (4)$$

$$\frac{\Delta \Omega}{\Omega} = \frac{GM_{\gamma}}{R^2 M_s} \left(\frac{a}{R}\right)^2 \left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 \frac{\Delta P}{P}, \quad (5)$$

$$\Delta Q = -\left(\frac{MR_{\gamma}}{9}\right)\left(\frac{a}{R}\right)^2 \frac{\Delta P}{P}, \quad (6)$$

$$N \approx \frac{B^2}{4\pi} (4\pi R^2) \Delta R \approx 0.18 B^2 R^2, \quad (7)$$

$$B^2 \approx 10 \frac{GM_{\gamma}}{R^2} \left(\frac{a}{R}\right)^2 \left(\frac{\Delta P}{P_{mod}}\right), \quad (8)$$

$$\frac{da}{dE} = \left[\frac{2G(m_1 + m_2)}{2\pi^2} \left(\frac{1}{P}\right) \right]^{\frac{1}{2}} \frac{dP}{dE}, \quad (9)$$

$$\frac{d\Omega}{dE} = \left(\frac{2\pi}{P^2}\right) \frac{dP}{dE}, \quad (10)$$

ب) به منظور تأیید بیشتر و کاملتر نظریه اپلیگیت پارامترهای مختلف این سیستم از قبیل ΔJ ، انتقال تکانه زاویه‌ای، $\Delta \Omega/\Omega$ ، تغییرات نسبی تندى زاویه‌ای و B میدان مغناطیسی سطحی و... با استفاده از روابط ۲- ۱۰ (که از مقالات اپلیگیت، کالیمریس [۲۲] و لائزا استفاده شده است) محاسبه و در جدول ۷ تنظیم

۱. Magnetic braking

برای ستاره‌های دوتایی نزدیکی که برای آنها همزمانی چرخش و گردش مداری انتظار می‌رود، ازدست دادن تکانه زاویه‌ای چرخشی، به بهای اتلاف تکانه زاویه مداری صورت می‌گیرد، ولذا گردش ستاره‌های همدم سریعتر شده و پریود مداری کاهش می‌یابد.

می‌شوند. ذرات باردار موجود در باد ستاره‌ای در میدان مغناطیسی ستاره به دام افتاده و در امتداد خطوط نیرو کشیده می‌شوند. در نتیجه تکانه زاویه‌ای از ستاره توسط میدان مغناطیسی آن به ذرات باردار منتقل می‌شود. به موازات خارج شدن بادهای ستاره از سطح آن توسط میدان مغناطیسی کشیده شده و به نوبه خود باعث کند شدن چرخش ستاره می‌گردند.

16. R L Kurucz, "in *Light Curve Modeling of Eclipsing Binary Stars*", ed. E F Milone, New York: Springer-Verlag, (1993).
17. L Johnson and W W Morgan, *APJ*. **117** (1953) 313.
18. T Zwitter, U Munari, P M Marrese, A Prsa, E F Milone, F T Boschi, and A Siviero, *Astron. & Astrophys.* **H4294** (2006).
۱۹. داود منظوری، دوازدهمین گردهمایی نجوم، سندج، ایران (۱۳۸۶).
20. J H Applegate, *APJ*. **385** (1992) 621.
21. K Stepien, *MNRAS.*, **274** (1995) 1019.
22. A Kalimeris, H R livaniou and P Rovithis, *Astron. & Astrophys.* **282** (1994) 775.
23. P Broglia, J o observatory de Marseille, **48** (1965) 124.
24. M A Solyman, M A Hamedy, H A Mahdy, *Inf. Bul. Var. Star* (1985) 2809.
1. M C G Frederik, and P B Etzel, *Astron. j.* **1111** (1996) 208.
2. N L Perek, *Contr. Astron. Inst. Brno.* No. 10(1952) 1.
3. P Wellmann, *Zs. f. Astrophys.* **34** (1954) 99.
4. Jr G E McCluskey, *Astron. j.* **71** (1966) 536.
5. B Cester, B Fedel, G Giuricin, F Mardirossian, M Mezzetti, *Astron. & Astrophys* **32** (1978) 351.
6. D M Popper, *APJ*. **141** (1965) 126 .
7. D M Popper, *APJ*. **404** (1993) L67.
8. D M Popper, *APJ*. **114** (1997) 1195.
9. A Elmasli, *O Aksu*, A Kara, B Albayrak, T Ak & S O Selam, *ASPC*. **335** (2005) 287.
10. P Broglia, *Mem.Soc.Astron Ital.* **32** (1961) 43.
11. L.F Synder, *Inf. Bul. Var. Stars*, 4624 (1998).
12. H Mikuz, B Dintinjana, A Prsa, U Munar, T Zwitter, *Inf. Bul. Var. Stars*, 5338 (2002).
13. J B Rafert, *Publ. Astron. Soc. Pacific.* **94** (1982) 485.
14. W Van Hamme, and R E Wilson, *ASP Conf. Ser. GAIA.* (2003) 298.
15. W Van Hamme, *Astron. & Astrophys.*, **141** (1984) 1.