

Received: November 6, 2025

Revised: January 31, 2026

Accepted: February 2, 2026

Published: June 21, 2026

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis A Study for Orbital Period Variation of Eclipsing Binary System V2821 Orionis

รณชัย หล้าคอม^{1*} ณัฐริกา หมดเหรีม² และ นรากรณ์ แก้วขาว²
Ronnachai Lakhom^{1*} Nattarika Madrem² and Narakorn Kaewkhao²

¹ ศูนย์ปฏิบัติการหอดูดาวแห่งชาติและวิศวกรรม สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

² สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹ Centre of Observatory Operation and Engineering, National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)

² Division of Physical Science (Physics), Faculty of Science, Prince of Songkla University

*ronnachai@narit.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา วี 2821 โอไรออนิส ซึ่งจัดอยู่ในประเภท บีตา ไลรี (β Lyrae-type) เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน (Semi-Detached System) ที่มีลักษณะกราฟแสงโค้งอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงการโคจรรอบกันของดาวฤกษ์ทั้งสองดวง การสังเกตการณ์ดำเนินการโดยใช้กล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร เชื่อมต่อกับ กล้องถ่ายภาพซีซีดี Andor iKon-L ขนาด 2048 × 2048 พิกเซล ผ่านแผ่นกรองแสง (Filters) ในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (Rc) ข้อมูลถูกเก็บรวบรวม ณ หอดูดาวแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ ในวันที่ 10–11 ธันวาคม พ.ศ. 2567, 17 มกราคม พ.ศ. 2568 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 ภาพถ่ายทั้งหมดได้รับการปรับปรุงสู่ค่ามาตรฐาน และวัดค่าโชติมาตร ด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี (Differential Photometry) โดยใช้โปรแกรม MaxIm DL Pro Version 6 ผลการวิเคราะห์คาบการโคจรด้วย แผนภาพ O–C พบว่ากราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำ ซึ่งบ่งชี้ถึงการลดลงของคาบการโคจร จากผลการคำนวณพบว่าระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis มีคาบการโคจรเท่ากับ 0.377661 ± 0.0000007 วัน หรือประมาณ 9.0639 ชั่วโมง และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบการโคจรลดลง $(-7.23 \pm 0.0013) \times 10^{-2}$ วินาทีต่อปี ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสองดวง เมื่อดาวหนึ่งขยายตัวจนเต็มเต็มพื้นผิวของโรช (Roche Lobe) หรือการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านกลไก Magnetic Braking ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระบบดาวคู่ ผลการศึกษานี้จึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มพูนความเข้าใจด้านการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ในระยะยาว

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจร, ระบบดาวคู่อุปราคา, กราฟแสง, วี 2821 โอไรออนิส

Abstract

This research aims to investigate the orbital period variation of the eclipsing binary system V2821 Orionis, which is classified as a β Lyrae-type semi-detached system. The light curve of the system exhibits continuous variations, indicating that both stellar components are orbiting around a common center of mass. The observations were carried out using a 1-meter reflecting telescope equipped with an Andor iKon-L CCD camera (2048 $\times$ 2048 pixels) through B, V, and Rc filters based. Data were collected at the National Observatory, Chiang Mai, on December 10–11, 2024, January 17, 2025, and January 19, 2025. All CCD images were calibrated and analyzed using the Differential Photometry technique with MaxIm DL Pro Version 6 to obtain the standard magnitudes. The orbital period analysis was performed using an Observed minus Calculated ($O-C$) diagram, which revealed a downward parabolic trend, indicating a decrease in the orbital period. The results show that V2821 Orionis has an orbital period of 0.377661 ± 0.0000007 days approximately 9.0639 hours and an orbital period decrease rate of $(-7.23 \pm 0.0013) \times 10^{-2}$ seconds per year. This decrease may be attributed to mass transfer between the two stars when one component expands to fill its Roche lobe, or to angular momentum loss through magnetic braking-both of which play crucial roles in the evolution of close binary systems. Therefore, the findings of this study provide valuable insights into the long-term orbital period evolution of eclipsing binary systems.

Keywords: Orbital Period Variation, Eclipsing Binary, Light Curve, V2821 Orionis

บทนำ

ระบบดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binaries) สามารถจำแนกได้เป็นสามประเภทตามรูปร่างของเส้นโค้งแสง ได้แก่ ประเภท EA (Algol Type) เป็นระบบดาวคู่แยกกัน (Detached System) ประเภท EB (β Lyrae Type) เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน (Semi-Detached System) และประเภท EW (W UMa Type) เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน (Contact System) ซึ่งแต่ละประเภทสะท้อนถึงระดับของการถ่ายเทมวลและโครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่ไปยังดาวอีกดวงผ่านจุดลากรานจ์ L_1 ซึ่งเป็นจุดสมดุลแรงโน้มถ่วงและแรงศูนย์กลางของระบบดาวคู่ ปรากฏการณ์นี้พบได้บ่อยในระบบประเภท EB หรือ β Lyrae-Type มีลักษณะเด่นคือการถ่ายเทมวล (Mass Transfer Mechanism) ระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสอง ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรและวิวัฒนาการของระบบในระยะยาว การศึกษาทฤษฎีจึงมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ การสำรวจท้องฟ้าแบบทราเนเซียนต์ของ Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS) (Zola et al., 2017) ได้ตรวจพบระบบดาวคู่อุปราคาจำนวนมาก ช่วยเพิ่มข้อมูลสำคัญต่อการศึกษาความแปรผันของแสงและวิวัฒนาการของระบบเหล่านี้ เช่น สุพัตรา วงศ์ศรียา (2556) ได้ทำการศึกษาระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน GW Carina พบว่า

คาบการเปลี่ยนแปลงการโคจรเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เปรียบเทียบลักษณะของระบบดาวคู่ประเภท EB กับระบบดาวคู่ดวงอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกันยังมีไม่มากนักซึ่งเป็นช่องว่างที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

ระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis เป็นประเภท EB ที่อยู่ในกลุ่มดาวนายพราน (Orion) ถูกค้นพบและบันทึกไว้ในฐานข้อมูลดาวแปรแสงหลายแห่ง เช่น AAVSO, SIMBAD และฐานข้อมูลของ Czech Astronomical Society (2007) อย่างไรก็ตาม สมการวงโคจรเชิงเส้น (Linear Ephemeris) และแผนภาพ $O-C$ ของระบบนี้ยังไม่ได้มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ทำให้ข้อมูลคาบการโคจรอาจมีความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับค่าจากการสังเกตการณ์ล่าสุด ถ้าวิเคราะห์แผนภาพ $O-C$ กับ Epoch แสดงลักษณะเป็นกราฟพาราโบลาคว่ำ นั้นหมายความว่าระบบดาวคู่นี้มีการลดลงของคาบวงโคจรอย่างต่อเนื่อง (รณชัย หล้าคอม และปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์, 2568)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แผนภาพ $O-C$ และปรับปรุงสมการวงโคจรเชิงเส้นของดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ให้เป็นข้อมูลล่าสุด โดยอาศัยข้อมูลเวลาแสงเกิดการบังกันของดาวทั้งสองดวง (Times of Minima) จากฐานข้อมูลสากล เช่น $O-C$ Gateway, AAVSO และ Czech Astronomical Society (2007) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรในช่วงปี 2007–2025 และประเมินแนวโน้มที่อาจบ่งบอกถึงกระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสองดวง ผลลัพธ์จากการศึกษานี้คาดว่าจะช่วยปรับปรุงคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ให้มีความถูกต้องมากขึ้น และสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสังเกตการณ์ทางโฟโตเมตริก (Photometric Variation) และสเปกโตรสโกปี (Spectroscopic Variation) ในอนาคต อันจะช่วยเสริมความเข้าใจในกลไกวิวัฒนาการของระบบดาวคู่อุปราคาได้ดียิ่งขึ้น

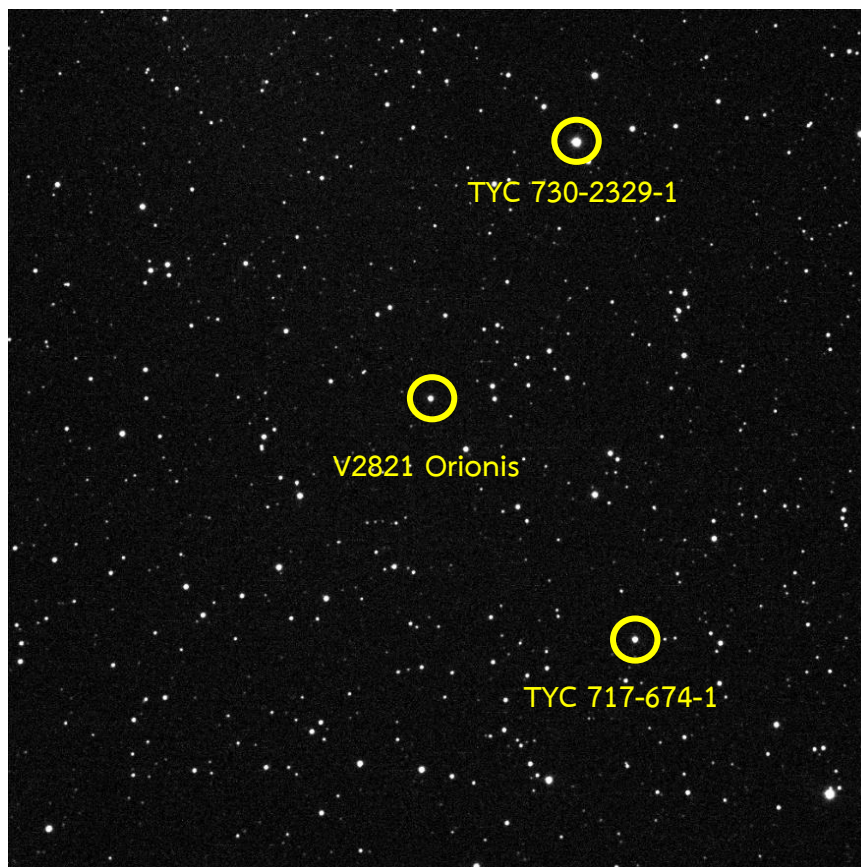
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis โดยการเขียนแผนภาพ $O-C$ ที่ได้จากการคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร เชื่อมต่อกับกล้องซีซีดี รุ่น Andor iKon-L ขนาด 2048 x 2048 พิกเซล ผ่านแผ่นกรองแสง (Filters) ในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (Rc) ณ หอดูดาวแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ สังเกตการณ์ในวันที่ 10-11 ธันวาคม พ.ศ. 2567, 17 มกราคม พ.ศ. 2568 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 4 คืน เพื่อพื่อต่อการสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis เนื่องจากมีคาบการโคจรเริ่มต้น 0.377664 วัน แสดงใน American Association of Variable Star Observers (AAVSO) วัดค่าความสว่างด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นการวัดความสว่างสัมพัทธ์ของดาวสังเกตการณ์เทียบกับดาวเปรียบเทียบ (Comparison Star) แทนการวัดค่าความสว่างเชิงสัมบูรณ์โดยตรง สามารถช่วยลดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ค่าความสว่างเชิงปริมาณหาได้จากผลต่างระหว่างค่าความสว่างของระบบดาวคู่เปรียบเทียบกับดาวเทียบเคียงสำหรับสามช่วงความยาวคลื่นในงานวิจัยนี้ใช้ TYC 730-2329-1 เป็นดาวเปรียบเทียบ และ TYC 717-674-1 เป็นดาวตรวจสอบ (SIMBAD

Astronomical Database, 2025) โดยทั้งสองดวงต้องไม่เป็นดาวแปรแสง และอยู่ไม่ห่างจากระบบดาวคู่ไม่เกิน 1 องศา โดยมีพิกัดตำแหน่งของระบบดาวคู่อุปราคา ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ ดังแสดงรูปที่ 1 และในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลพิกัดของระบบดาวคู่ ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ ตาม Epoch ค.ศ. 2000

Star	Right Ascension (R.A.)	Declination (Dec)	Magnitude (Mag)
V2821 Orionis (ดาวสังเกตการณ์)	06 ^h 07 ^m 42.866 ^s	+08° 44' 38.26"	13.92
TYC 730-2329-1 (ดาวเปรียบเทียบ)	06 ^h 07 ^m 53.013 ^s	+08° 39' 12.34"	10.83
TYC 717-674-1 (ดาวตรวจสอบ)	06 ^h 07 ^m 23.973 ^s	+08° 44' 56.73"	12.53

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงแสง (Photometric Data Acquisition) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis โดยใช้กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ติดตั้งบนฐานตั้งกล้องแบบอัลตัสซิมุธ (Altazimuth) เชื่อมต่อกับกล้องถ่ายภาพซีซีดี รุ่น Andor iKon-L ซึ่งมีขนาดความละเอียด 2048×2048 พิกเซล

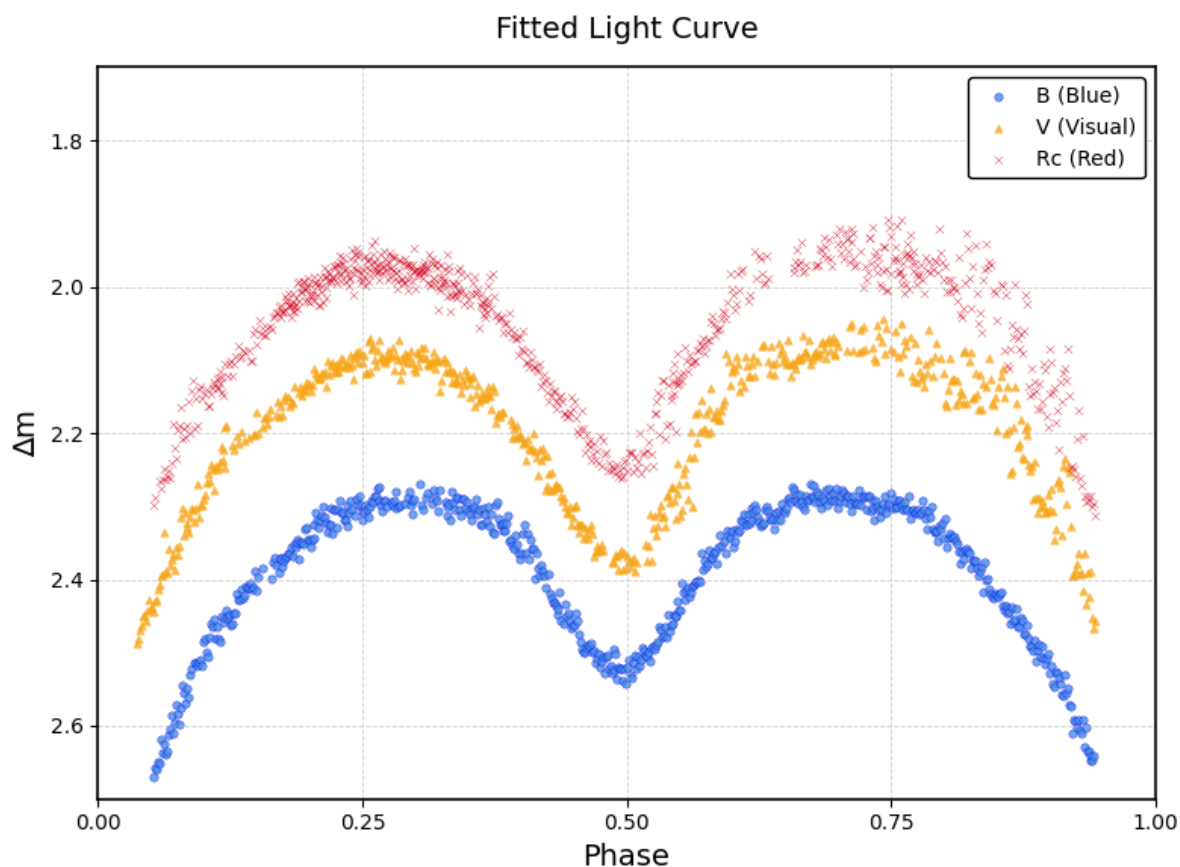
การสังเกตการณ์ครั้งนี้ ใช้แผ่นกรองแสง (Filters) ในช่วงความยาวคลื่นของแสง สีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (Rc) ซึ่งเป็น Filters ที่อยู่ในระบบ Johnson-Cousins Photometric System การใช้ Filters ดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อจำกัดช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ผ่านเข้าสู่กล้อง CCD เพื่อให้สามารถวัดค่าความสว่างของวัตถุในแต่ละย่านของสเปกตรัมได้อย่างแม่นยำและเป็นมาตรฐาน การสังเกตการณ์ได้ดำเนินการทั้งหมดเป็นระยะเวลา 4 คืน ได้รับข้อมูลภาพถ่ายรวมทั้งสิ้น 5,139 ภาพ โดยรายละเอียดของการสังเกตการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำนวนภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์เชิงแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis

วัน/เดือน/ปี	จำนวนข้อมูลภาพถ่ายในแต่ละช่วงความยาวคลื่น		
	สีน้ำเงิน (B)	สีเหลือง (V)	สีแดง (Rc)
10/12/2567	502	502	502
11/12/2567	303	303	303
17/01/2568	590	590	589
19/01/2568	318	318	318

2. การประมวลผลและการวัดค่าโชติมาตร (Magnitude) โดยดำเนินการปรับปรุงภาพถ่ายจากการสังเกตการณ์ให้เข้าสู่ค่ามาตรฐาน และทำการวัดค่าโชติมาตรโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรีด้วยโปรแกรม MaxIm DL Pro Version 6 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตการณ์แผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (Rc)

ภาพถ่ายทั้งหมดถูกนำไปผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ (Image Reduction) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลและกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ไม่ต้องการให้เหลือเพียงข้อมูลที่เป็นมาตรฐาน (Calibration) ได้แก่ การลบค่า Bias, Dark และ Flat Field โดยใช้โปรแกรม MaxIm DL Pro Version 6 จากนั้นได้ทำการวัดค่าความสว่างเชิงโฟโตเมตรี (Photometry Measurement) ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis และดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการสังเกตการณ์เชิงเปรียบเทียบ (Differential Observation) เพื่อหาผลต่างของค่าความสว่างปรากฏระหว่างระบบดาวคู่กับดาวเปรียบเทียบในแต่ละช่วงความยาวคลื่น (B, V และ Rc) ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างกราฟแสง (Light Curve) ของระบบดาวคู่อุปราคาในแต่ละช่วงความยาวคลื่น แสดงดังรูปที่ 2



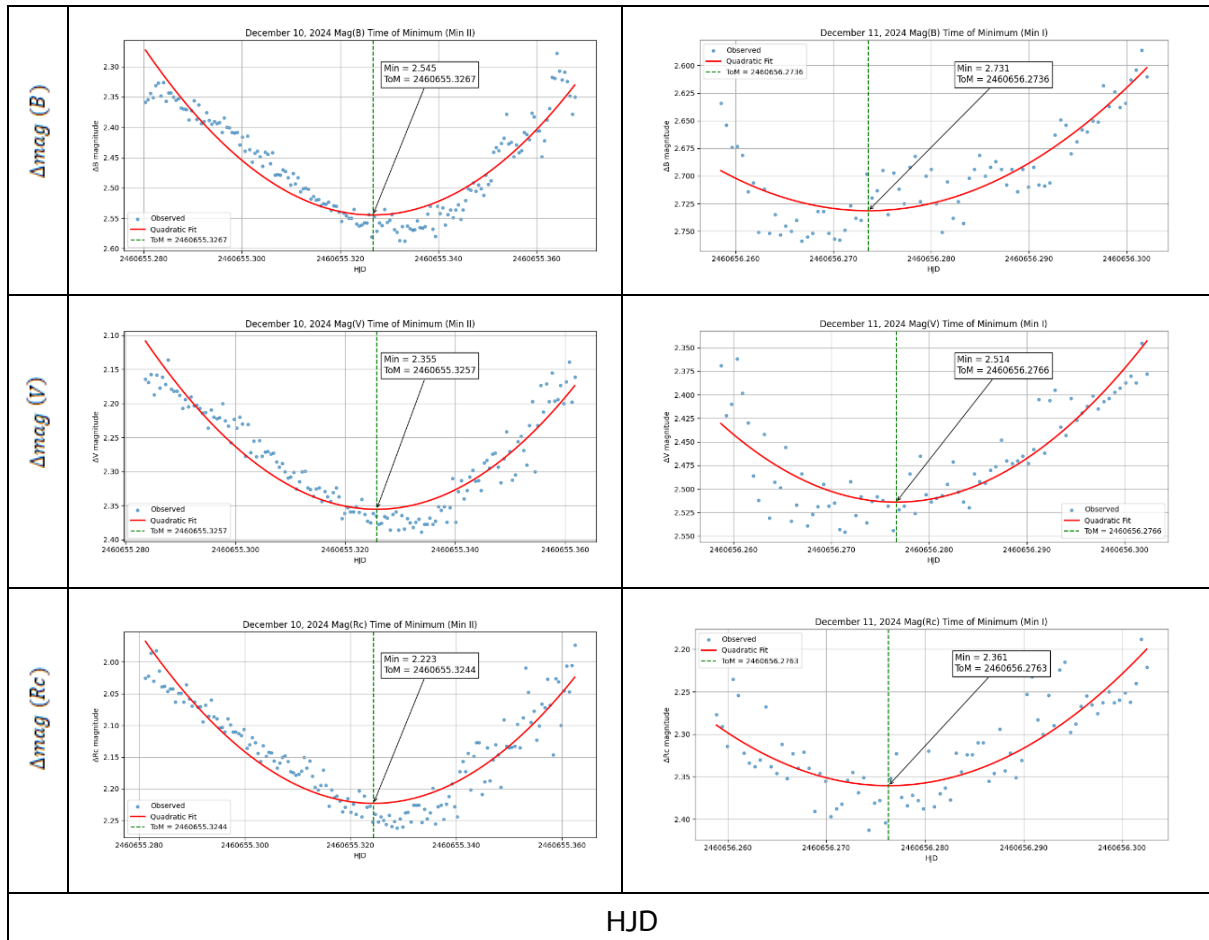
รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ช่วงความยาวคลื่น (B, V และ Rc)

3. คำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light) โดยทำการแปลงค่าของวันจูเลียน (Julian Date; JD) ให้เป็นค่าของวันจูเลียนศูนย์กลางสุริยะ (Heliocentric Julian Date; HJD) (Stephen, 2018) เพื่อปรับการอ้างอิงเวลาจากตำแหน่งของโลกให้เป็นค่าที่อ้างอิงกับจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ ซึ่งช่วยลดผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของโลกในวงโคจรที่มีต่อการบันทึกเวลาในกระบวนการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

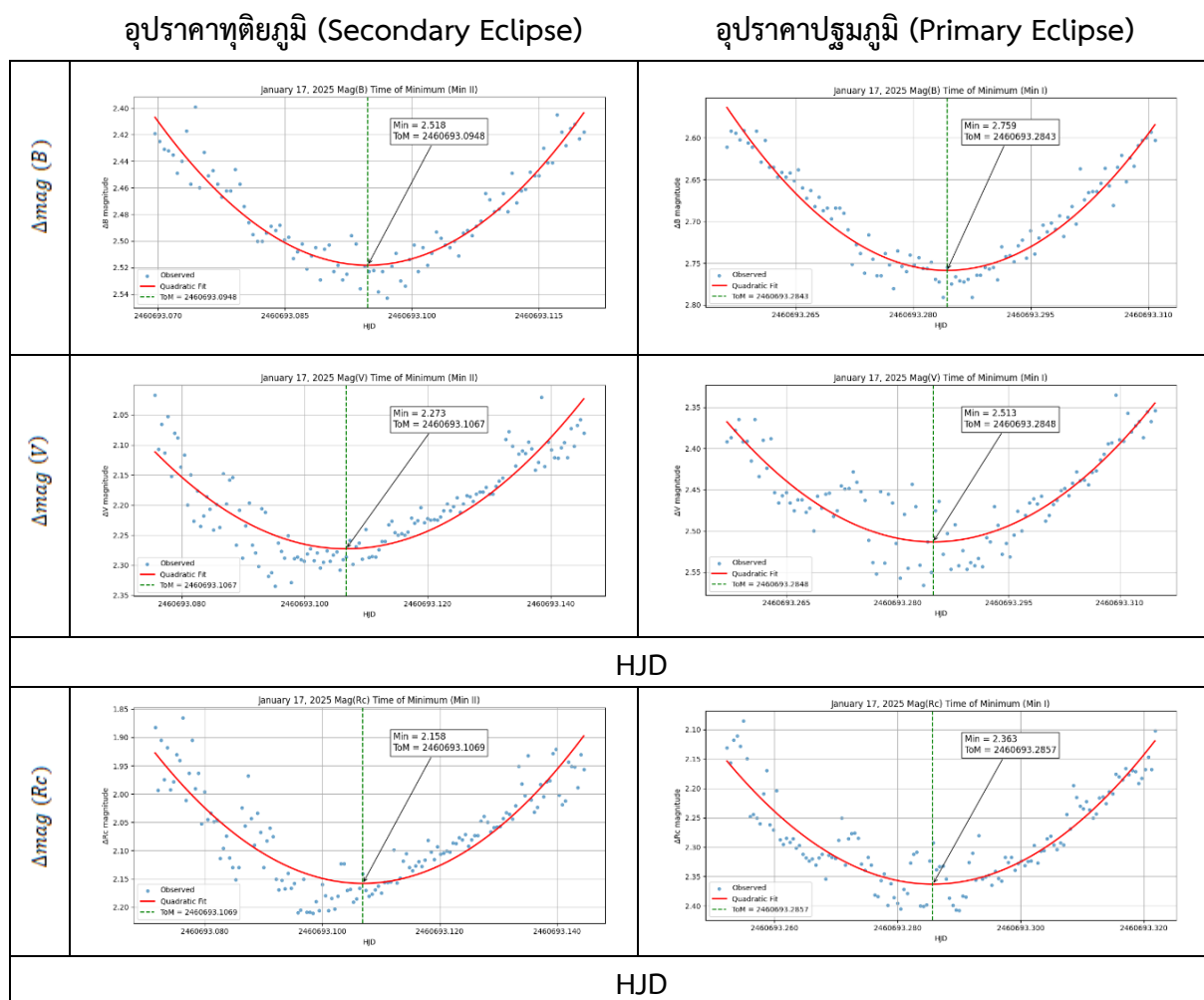
จากนั้นทำการฟิตกราฟด้วยวิธี Quadratic Equation ในบริเวณรอบ ๆ จุดต่ำสุดของแสง (Minima) ซึ่งเป็นช่วงข้อมูลที่ใกล้เคียงกับค่าความสว่างปรากฏต่ำสุดในกราฟแสง โดยพล็อตกราฟระหว่าง ค่า HJD กับ ค่า Δm ของแต่ละ Filters ทั้งนี้ค่าแมกนิจูด (Magnitude) มากที่สุดจะสอดคล้องกับช่วงเวลาที่แสงของระบบดาวคู่มืดที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3 - 5 แสดงวิธีการวิเคราะห์และคำนวณหาค่า ToM ช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่สังเกตการณ์ในแต่ละวันของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis

อุปราคาทุติยภูมิ (Secondary Eclipse)

อุปราคาปฐมภูมิ (Primary Eclipse)

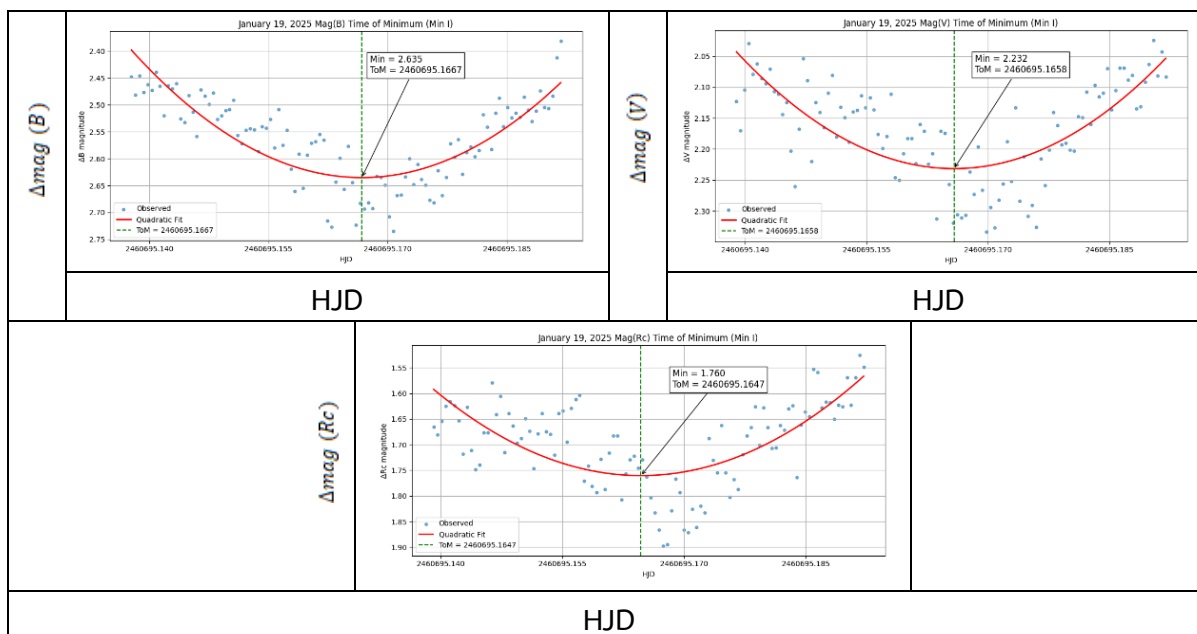


รูปที่ 3 การวิเคราะห์และคำนวณหาค่า ToM ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis
ในช่วงวันที่ 10-11 ธันวาคม พ.ศ.2567



รูปที่ 4 การวิเคราะห์และคำนวณหาค่า ToM ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis
 ในช่วงวันที่ 17 มกราคม พ.ศ.2568

อุปราคาปฐมภูมิ (Primary Eclipse)



รูปที่ 5 การวิเคราะห์และคำนวณหาค่า ToM ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis
ในช่วงวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2568

4. คำนวณค่าความแตกต่างระหว่างเวลาที่สังเกตได้และเวลาที่คำนวณได้ (O-C) เป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์พฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงคาบ (Period Variation) ของระบบดาวคู่อุปราคา หลังจากได้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (ToM) จากการฟิตกราฟแบบพาราโบลา (Quadratic Fit) แล้วนำค่า (Observed Time; O) ลบกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณ (Calculated Time; C) ดังสมการที่ (3) (Bradstreet, 2009)

$$O = \text{HJD}_0 + P(E) \times E \quad (1)$$

$$C = \text{HJD}_0 + P_0 \times E \quad (2)$$

$$(O-C) = P(E)E - P_0 \times E \quad (3)$$

- เมื่อ O คือ ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์
C คือ ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณ
HJD₀ คือ เวลาที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิที่ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในหน่วยวันจูเลียนศูนย์สุริยะ
P₀ คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ ณ เวลาที่ใช้อ้างอิง
E คือ Epoch หรือจำนวนคาบที่ผ่านไปเมื่อพิจารณาจาก HJD₀ โดยที่ HJD₀ มีค่า Epoch เท่ากับ 0
P(E) คือ คาบที่วัดได้จากการสังเกตการณ์

โดยค่า $O-C$ ที่ได้จะใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคาบการโคจร $O-C$ Diagram หากข้อมูลมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง หมายถึงคาบการโคจรคงที่ แต่ถ้าข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นกราฟ โค้งพาราโบลาคว่ำ แสดงว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่มีการเปลี่ยนแปลง นั้นหมายความว่าระบบดาวคู่ มีการลดลงของคาบการโคจรอย่างต่อเนื่อง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณสมการเชิงเส้น (Linear Ephemeris) ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis โดยอ้างอิงจากสมการเชิงเส้นเดิมที่นักดาราศาสตร์ได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ ดังแสดงในสมการที่ (4) AAVSO และ Czech Astronomical Society (2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้ดำเนินการสร้างกราฟโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า HJD และค่า Δm กราฟที่ได้จะใช้ในการวิเคราะห์หาเวลาที่แสงน้อยที่สุด ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยค่า ToM เป็นค่าพารามิเตอร์สำคัญในการศึกษาคาบการโคจรของระบบ ดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis

$$\text{MIN I} = \text{HJD}2454133.659 + 0^d.377664 \times E \quad (4)$$

จากการวิเคราะห์กราฟระหว่างค่า HJD และค่า Δm ดังแสดงใน รูปที่ 3 - 5 พบว่า ข้อมูล การสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis แสดงให้เห็นการเกิดอุปราคาของระบบดาวคู่ทั้งสอง ช่วง ได้แก่ อุปราคาปฐมภูมิ (Primary Eclipse) และอุปราคาทุติยภูมิ (Secondary Eclipse) การวิเคราะห์หา ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดทั้งหมด ดังตารางที่ 3 เพื่อหาดำแหน่งของค่าต่ำสุด (Minima) ได้อย่างแม่นยำเพียงพอ สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงคาบ (Period Analysis) ในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 3 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากการสังเกตการณ์ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น (B, V และ Rc) ของระบบ ดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis

วันที่สังเกตการณ์	ช่วงความยาวคลื่น	ชนิดของอุปราคา	ค่าเวลาที่แสงน้อยสุด
10 ธันวาคม พ.ศ.2567	สีน้ำเงิน (B)	II	2460655.3267
	สีเหลือง (V)	II	2460655.3257
	สีแดง (Rc)	II	2460655.3244
	ค่าเฉลี่ย	II	2460655.3254
11 ธันวาคม พ.ศ.2567	สีน้ำเงิน (B)	I	2460656.2736
	สีเหลือง (V)	I	2460656.2766
	สีแดง (Rc)	I	2460656.2763
	ค่าเฉลี่ย	I	2460656.2756

17 มกราคม พ.ศ.2568	สีน้ำเงิน (B)	II	2460693.0948
	สีเหลือง (V)	II	2460693.1067
	สีแดง (Rc)	II	2460693.1069
	ค่าเฉลี่ย	II	2460693.1028
	สีน้ำเงิน (B)	I	2460693.2843
	สีเหลือง (V)	I	2460693.2848
	สีแดง (Rc)	I	2460693.2857
	ค่าเฉลี่ย	I	2460693.2847
19 มกราคม พ.ศ.2568	สีน้ำเงิน (B)	I	2460695.1667
	สีเหลือง (V)	I	2460695.1658
	สีแดง (Rc)	I	2460695.1647
	ค่าเฉลี่ย	I	2460695.1664

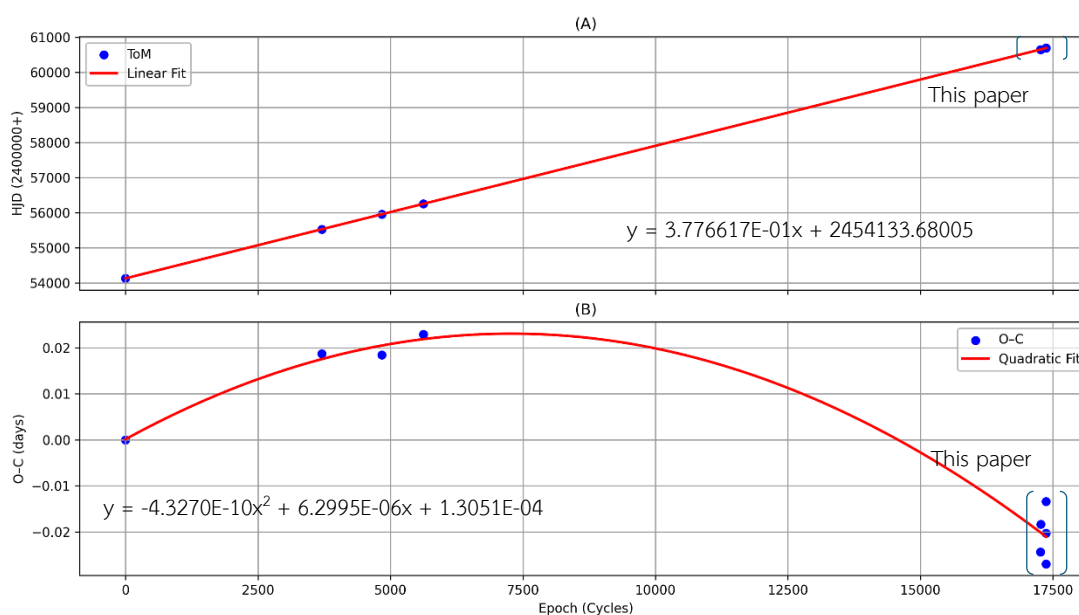
จากนั้นนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light; ToM) แสดงในตารางที่ 3 โดยนำค่าเฉลี่ยของแต่ละชนิดของอุปราคาในแต่ละวันไปใช้คำนวณหาค่าผลต่างระหว่างเวลาที่สังเกตการณ์ได้ และเวลาที่คำนวณได้ (Observed Minus Calculated) เพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis จากการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007-2025

HJD(O) (2400000+)	Epoch	HJD(C) (2400000+)	O-C (days)	Type	Reference
54133.6590	0.0000	54133.6590	0.0000	I	Diethelm (2011)
55532.9228	3705.0	55532.9041	0.0186	I	Diethelm (2011)
55959.6829	4835.0	55959.6644	0.0185	I	Diethelm (2012)
56256.9089	5622.0	56256.8860	0.0229	I	Diethelm (2013)
60655.3254	17268.5	60655.3498	-0.0243	II	This paper 10/12/2024
60656.2756	17271.0	60656.2939	-0.0183	I	This paper 11/12/2024

60693.1028	17368.5	60693.1162	-0.0134	II	This paper 17/01/2025
60693.2847	17369.0	60693.3050	-0.0203	I	This paper 17/01/2025
60695.1664	17374.0	60695.1933	-0.0269	I	This paper 19/01/2025

เมื่อนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด จากการสังเกตการณ์ในงานวิจัยนี้ไปรวมกับข้อมูลในอดีตตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2007 - 2025 ดังแสดงในตารางที่ 4 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า HJD_{Min} กับ Epoch (E) ดังแสดงในรูปที่ 6(A) สามารถนำมาคำนวณหาสมการเชิงเส้นใหม่ (Linear Ephemeris) ได้อย่างมีความแม่นยำสูงขึ้น ซึ่งยืนยันได้ว่าค่าที่สังเกตการณ์ได้ (Observed Time of Minima) มีความสอดคล้องกับค่าที่คำนวณได้ ตามสมการอ้างอิง เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าผลต่าง ($O-C$) ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่สังเกตและค่าที่คำนวณตามสมการที่ (3) พบว่า กราฟ $O-C$ Diagram มีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำ ดังแสดงในรูปที่ 6(B) ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis มีแนวโน้มคาบการโคจรลดลงตามเวลา



รูปที่ 6 (A) ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่า HJD_{Min} กับ Epoch

(B) แผนภาพ $O-C$ ของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007-2025

พิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $O-C$ กับ Epoch (E) แสดงดังรูปที่ 6(B) พบว่าเส้นกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำแนวโน้มของคาบลดลง แสดงให้เห็นว่าคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ด้วยสมการพหุนามอันดับที่ 2 (Second Order)

Polynomial Fitting) และใช้วิธีการฟิตกราฟด้วยสมการพหุนามกำลังสอง (Quadratic Polynomial Fitting Method) ดังสมการที่ (5) (Bradstreet, 2009) ซึ่ง Fitting ได้จากรูปที่ 6(B) ดังนี้

$$(O-C) = aE^2 + bE + c \quad (5)$$

$$(O-C) = -4.3270 \times 10^{-10} \times E^2 + 6.2995 \times 10^{-06} \times E + 1.3051 \times 10^{-04} \quad (6)$$

$$dP/dE = 2(-4.3270 \times 10^{-10}) \quad (7)$$

$$dP/dE = -8.6540 \times 10^{-10} \quad (8)$$

สามารถคำนวณหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจร ดังสมการที่ (8) ในหน่วยวันต่อรอบ (days/cycle) แล้วทำการแปลงหน่วยให้เป็น วินาทีต่อปี (sec/year) พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรมีค่าเป็น $(-7.23 \pm 0.0013) \times 10^{-2}$ วินาทีต่อปี ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสองดวง เมื่อดาวหนึ่งขยายตัวจนเต็มเต็มพื้นผิวของโรหรือการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านกลไก Angular Momentum Loss; AML ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระบบดาวคู่ ผลการศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มพูนความเข้าใจด้านการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis โดยทำการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ติดตั้งบนฐานตั้งกล้องแบบอัลติซิมุส (Altazimuth) เชื่อมต่อกับกล้องถ่ายภาพซีซีดี รุ่น Andor iKon-L ขนาดความละเอียด 2048×2048 พิกเซล ในวันที่ 10-11 ธันวาคม พ.ศ. 2567, 17 มกราคม พ.ศ. 2568 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 4 คืน วัดค่าความสว่างด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี ซึ่งเป็นการวัดความสว่างสัมพัทธ์ของดาวสังเกตการณ์เทียบกับดาวเปรียบเทียบ เป็นเทคนิคการวัดค่าความสว่างของระบบดาวคู่ที่สามารถลดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ โดยใช้แผนภาพ $O-C$ ที่ได้จากค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรลดลงด้วยอัตราเฉลี่ย $(-7.23 \pm 0.0013) \times 10^{-2}$ วินาทีต่อปี และมีคาบการโคจร 0.377661 ± 0.0000007 วัน หรือประมาณ 9.0639 ชั่วโมง ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสองดวงภายในระบบ หรือการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุม (Angular Momentum Loss; AML) จนกระทั่งดาวทั้งสองดวงเริ่มมีอุณหภูมิพื้นผิวที่เท่ากันกลายเป็นระบบดาวคู่แบบประกกัน

ผลการวิเคราะห์แผนภาพ $O-C$ พบว่า ระบบดาวคู่อุปราคา V2821 Orionis มีแนวโน้มคาบการโคจรลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน ประเภท บีตา ไลรี โดยกลไกสำคัญที่อธิบายปรากฏการณ์นี้ได้คือ กระบวนการถ่ายเทมวลระหว่างดาวฤกษ์ทั้งสองดวงภายในระบบ ผลจากกระบวนการถ่ายเทมวลในระบบดาวคู่อุปราคาเช่นนี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางโฟโตเมตริก ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ต่อไปในอนาคต โดยการสร้างแบบจำลอง

เชิงกายภาพที่มีความละเอียดสูงร่วมกับการประเมินค่าสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น มวล รัศมี อุณหภูมิ และ มุมเอียงของระนาบวงโคจร รวมทั้งการวิเคราะห์แสงจากวัตถุที่สามซึ่งอาจเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนใน กราฟแสง ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรที่ลดลงซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการหน่วงของแม่เหล็ก ของดาวฤกษ์และการถ่ายเทมวลระหว่างดาวสมาชิกทั้งสองดวง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หอดูดาวแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล ในงานวิจัย และเอื้อเฟื้อการใช้โปรแกรม MaxIm DL Pro Version 6 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์, รณชัย หล้าคอม และวิจิตร เชาว์วันกลาง. (2561). การศึกษาโฟโตเมตริกและสมบัติทาง กายภาพของระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตกต่างกัน วี 1799 โอโรนิส. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 46(3), 526–534.
<https://ph01.tcithaijo.org/index.php/KKUSciJ/article/view/249922/169499>
- รณกฤต รัตนมาลา. (2552). *การเปลี่ยนคาบของวงโคจรและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไม นอริส* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
<https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:111202>
- รณชัย หล้าคอม และปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์. (2568). การวิเคราะห์เวลาแสงต่ำสุดและการเปลี่ยนแปลงคาบวง โคจรของระบบดาวคู่อุปราคา PV Comae Berenices. *Journal of Science, Engineering, and Technology Rajabhat Maha Sarakham University*, 4(1), 1–11. <https://ph03.tcithaijo.org/index.php/jsetRMU/article/view/3936/2904>
- วนิดา ปิงสุแสน. (2551). *การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่แบบแตกต่างกัน จี ดับเบิลยู ทอริ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
<https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:109970>
- สุภาณี ใหม่จันทร์ดี, ตอริก เอ็งปียา และวิรัช ปานเจริญ. (2565). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร ของระบบดาวคู่ V415 Vir. *วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ*, 5(1), 59–65.
<https://www.atsse.org/article/1/61/790861036>
- สุพัตรา วงศ์ศรียา. (2556). *สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน จีดับเบิลยู คารินา* (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2556/phys40656sw_abs.pdf
- อรดี พิลาสอม, เชิดตระกูล หอมจำปา, อธิชา ศรีมหา และสมานชาญ จันทร์เอี่ยม. (2561). การศึกษาการ เปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae. *วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และ อวกาศ*, 1(1), 47–54. <https://www.atsse.org/article/1/9/6841048>
- AAVSO. *The International Variable Star Index*. Retrieved December 1, 2024, from <https://vsx.aavso.org/index.php?view=detail.top&oid=79014>

- Bradstreet, D. H. (2009). *Ephemerides of variable stars* [Lecture notes]. Eastern University. Retrieved December 3, 2024, from https://templeton.eastern.edu/sites/default/files/inline-files/ephemerides_of_variable_stars.pdf
- Breinhorst, R. A., Kallrath, J., & Kämpfer, B. C. (1989). Light curve analysis and parameter study of the EB-type eclipsing binary V 836 Cygni. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 241(3), 559–573. <https://doi.org/10.1093/mnras/241.3.559>
- Czech Astronomical Society. (2007). V2821 Ori – Eclipsing binary. Variable Star and Exoplanet Section. Retrieved February 1, 2025, from <https://var.astro.cz/en/Stars/17650>
- Diethelm, R. (2011). Timings of minima of eclipsing binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5960(1), 1–11. <https://ibvs.konkoly.hu/pub/ibvs/5901/5960.pdf>
- Diethelm, R. (2012). Timings of minima of eclipsing binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*, 6029(1), 1–22. <https://ibvs.konkoly.hu/pub/ibvs/6001/6029.pdf>
- Diethelm, R. (2013). Timings of minima of eclipsing binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*, 6042(1), 1–10. <https://ibvs.konkoly.hu/pub/ibvs/6001/6042.pdf>
- Kreiner, J. M. (2004). *O–C diagrams and up-to-date linear elements of eclipsing binaries*. Mt. Suhora Observatory. Retrieved February 1, 2025, from <https://www.as.up.krakow.pl/minicalc/ORIV2821.HTM>
- Reed, P. A. (2013). *Mass transfer between stars: Photometric studies*. In Mass transfer: Advanced aspects (pp. 1–16). Retrieved from https://cdn.intechopen.com/pdfs/23511/InTech-Mass_transfer_between_stars_photometric_studies.pdf
- SIMBAD Astronomical Database. (2025). TYC 730-2329-1 and TYC 717-674-1. Centre de Données astronomiques de Strasbourg. Retrieved February 1, 2025, from <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/sim-fbasic>
- Stephen, F. (2018). *Heliocentric Julian Date calculator*. Retrieved February 1, 2025, from <https://astronomy.sfasu.edu/astro/hjd.html>
- Yang, Y. G., Li, Q., Li, H. L., & Dai, H. F. (2016). Period studies and photometric models for two EB-type binaries EU Hya and AW Vul. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 16(2), 1-8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-4527/16/2/035>
- Zhao, M., Gies, D., Monnier, J. D., Thureau, N., Pedrett, E., Baron, F., ... Goldfinger, P. J. (2008). First resolved images of the eclipsing and interacting binary β Lyrae. *The Astrophysical Journal*, 684(2), L95–L98. <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/592146/pdf>

Zola, S., Szkody, P., Ciprini, S., Verrecchia, F., Debski, B., Ogloza, W., ... Hoette, V. L. (2017).
Observational study of an unusual cataclysmic binary 2MASS J16211735+4412541.
The Astronomical Journal, 154(6), 1-11.
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/aa9565>