



สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน EH Cnc

Physical Properties of a Deep-contact Binary System EH Cnc

สุพัตรา วงศ์ศรียา^{1*} และ นิชาภา เฉตระการ²

¹กลุ่มวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อ.เมืองบุรีรัมย์ จ.บุรีรัมย์ 31000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์ 32000

Supattra Wongsriya^{1*} and Nichapa Chetrakarn²

¹Physics Program, Department of Science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Muang Buriram, Buriram, 31000 Thailand.

²Science Program, Department of Basic Science, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Muang Surin, Surin, 32000 Thailand.

*Corresponding Author, E - mail: supattra.ws@bru.ac.th

Received: 18 June 2019 | Revised: 30 December 2019 | Accepted: 22 January 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาคาบการโคจร องค์ประกอบทางกายภาพ และสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc นอกจากนี้ยังศึกษาการมีอยู่ของวัตถุที่สามในระบบ เพื่อวิเคราะห์วิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกัน ทำการสังเกตการณ์ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ ชนิดสะท้อนแสง รุ่น PlaneWave CDK ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 นิ้ว บันทึกข้อมูลด้วยระบบซีซีดีโพโตเมตริ รุ่น Apogee U9000 ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ตามมาตรฐานระบบ UVB ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาสร้างกราฟแสง และหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเพื่อนำมาสร้างแผนภาพ ($O-C$) พบว่าจากกราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ช่วงความลึกของอุปราคาปฐมภูมิและอุปราคาทุติยภูมิมิมีค่าใกล้เคียงกัน มีคาบการโคจรของระบบเท่ากับ 0.4180267 วัน มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบลดลงในอัตรา 1.16×10^{-3} วินาทีต่อปี ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมตามทฤษฎี AML เมื่อวิเคราะห์แผนภาพ ($O-C$)₂ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรในลักษณะซ้อนทับกัน อันเป็นผลจากการมีอยู่ของวัตถุสามในระบบคำนวณระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลได้ 0.4332 หน่วยดาราศาสตร์ และกราฟแสงที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PHOEBE 0.31a พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีอัตราส่วนมวลเท่ากับ 2.85 มุมเอียงของระนาบวงโคจร 85.70 ± 0.06 องศา และอุณหภูมิพื้นผิวของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิมิมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 6,400 และ 6,350 เคลวิน ตามลำดับ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ประกอบด้วยดาวฤกษ์ชนิดสเปกตรัม FO บนแถบลำดับหลักตามแผนภาพแฮร์ตสปริง-รัสเซล และมีโครงสร้างแบบจำลองทางกายภาพเป็นแบบแตะกัน ประเภท W UMa

ABSTRACT

This study aims to study the orbital period, physical components and simulation of an eclipsing binary EH Cnc. Moreover, a closer look at an existence of the third body in this system for determined the evolution of contact binary system is also examined. The data are collected via observation at the Regional Observatory for the Public, Nakhon Ratchasima provided by National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) by using 28-inch refracting telescope (PlaneWave CDK) recorded with Apogee U9000 CCD. Two filters, Blue (B) and Yellow (V) in UVB system are also used. The collected data are used to create the light curve in order to form an (O-C) diagram, which is a time difference between the expected and observed eclipse. It is found that the eclipsing binary EH Cnc has a small residual between the primary and the secondary eclipse. The orbital period of this system is 0.4180267 days. The orbital period decreasing rate is 1.16×10^{-3} sec per year causing by momentum loss due to AML theory. Analysis of the (O-C)₂ diagram provides a clue about an existence of the third body in the system located at 0.4332 AU from the center of mass. The light curve is analyzed by using PHOBE 0.31a software. It is revealed that the mass ratio of EH Cnc is 2.85, the inclination is 85.70 ± 0.06 degree and the surface temperatures of the primary and secondary stars are 6,400 and 6,350 Kelvin, respectively. The data suggest that this system consists of F0 type star located on the Main sequence of the Hertzsprung-Russell diagram with a physical simulation structure of deep-contact binary system of W UMa type.

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc คุณสมบัติทางกายภาพ วัตถุที่สาม แบบจำลอง

Keyword: Eclipsing Binary System EH Cnc, Physical Property, Third body, Model

บทนำ

ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc (EH Cancer, NSV 4070; $\alpha_{J2000} = 08^h 26^m 18.36^s$, $\delta_{J2000} = +20^\circ 52' 49.9''$) เป็นระบบดาวคู่อยู่ในกลุ่มดาวปู (Cancer) ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1934 โดย Kulikovski (1934) จากการศึกษาระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc จัดเป็นดาวแปรแสงที่มีคาบของการโคจรยาวนาน และเป็นระบบดาวคู่อุปราคาประเภท W UMa วัดคาบการโคจรของระบบขณะนั้น 1.68 วัน ต่อมาในปี ค.ศ. 1955 Shakhovskii (1955) ได้สังเกตการณ์ระบบดาวคู่นี้อีกครั้ง และยืนยันว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc เป็นดาวแปรแสงตามที่ Kulikovski กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ และพบว่าระบบมีค่าโชติมาตรอยู่ในช่วง 11.5 - 12.4 อีกทั้งยังวิเคราะห์กราฟแสงเพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไประบบมีคาบการโคจรที่สั้นลงอย่างต่อเนื่อง จากนั้นในปี ค.ศ. 1982 ระบบดาวคู่นี้ก็ได้ถูกสังเกตการณ์ทางแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรีอีกครั้ง โดย Kukarkin et al. (1982) โดยรวบรวมข้อมูลทางแสงของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ในรายชื่อดาวแปรแสงที่ถูกค้นพบครั้งใหม่ ต่อมาไม่นานระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ก็ถูกวิเคราะห์ข้อมูลทางแสงอีกโดย Figer et al. (1985)

ซึ่งได้ยืนยันว่าระบบดาวคู่ EH Cnc เป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contacted Binary) พบคาบการโคจรระบบขณะนั้นอยู่ที่ 0.4180340 วัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเดิมที่เคยได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ อีกทั้งยังจัดให้ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีชนิดสเปกตรัมเป็น F0 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลใน SIMBAD database ที่จัดเป็นชนิดสเปกตรัมเป็น F ต่อมาในปี ค.ศ. 1996 Martignoni (1996) มีความสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคาบการโคจรระบบ โดยวิธีการบันทึกข้อมูลผ่านทางเทคนิคโฟโตอิเล็กทริก (Photoelectrical) ได้คาบการโคจรอยู่ที่ 0.4180364 วัน ในปีถัดไป Duerbeck (1997) ได้แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรสัมพันธ์กับคาบการโคจรและค่าดัชนีสี (Color indexes) เขาได้เสนอว่าการที่ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีระยะทางระหว่างสมาชิกในระบบค่อนข้างสั้นและมีผลจากสนามแม่เหล็กของดาวทั้งสองที่มีอิทธิพลต่อกันค่อนข้างสูง ส่งผลให้ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีคาบการโคจรที่สั้นลงรวดเร็ว ซึ่งเป็นไปตามวิวัฒนาการเริ่มแรกของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด (Close Binary Systems) จากนั้นในปี ค.ศ. 2004 Kreiner (2004) ได้สังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc

ผ่านซีซีดีโฟโตเมตรีซึ่งเป็นเทคนิคสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์แบบใหม่ โดยพบว่าระบบดาวคู่นี้มีการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรลดลงอย่างต่อเนื่อง มีคาบการโคจรขณะนั้น 0.4180366 วัน และเขียนสมการเส้นตรงอิมเมอร์ส ดังสมการที่ (1)

$$\text{Min } I = \text{HJD}2452500.2668 + 0.4180366E \quad (1)$$

ในปีถัดมาวัชรวิฑู (2005) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่นี้ ระบุว่า EH Cnc เป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบประกกัน ชนิดย่อย A โดยมีค่าอัตราส่วนมวลสูง จากการวิเคราะห์แผนภาพ (O-C) พบว่าคาบการโคจรของระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 20 ปีที่ผ่านมา ขณะเดียวกันก็ไม่สามารถระบุแนวโน้มที่ชัดเจนของแผนภาพ (O-C)₂ เนื่องจากการสังเกตการณ์ขาดความต่อเนื่อง จากนั้นไม่นาน Yang et al. (2011) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ผ่านทาง Wilson-Devinney Program ประกอบกับใช้แผนภาพ (O-C) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบ พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรระบบลดลง 1.01×10^{-7} วันต่อปี มีอัตราส่วนมวล เท่ากับ 2.51 โดยมีองศาการประกกัน (f) ร้อยละ 27.68 และเขายังยืนยันการมีอยู่ของวัตถุที่สาม ซึ่งมีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc โดยมีคาบการโคจรจากศูนย์กลางระบบประมาณ 16.6 ปี ห่างจากจุดศูนย์กลาง 0.5540 หน่วยดาราศาสตร์ โดยก่อนหน้านี้ก็ได้อธิบายว่ากราฟแสงที่ไม่สมมาตร อาจเป็นผลจากวัตถุที่สามหรือจุดมืดบนดาวปฐมภูมิหรือดาวทุติยภูมิ

อย่างไรก็ตามการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาข้อมูลอย่างต่อเนื่องเนื่องจากระบบดาวคู่แบบประกกัน ประเภท W UMa นั้นมีการวิวัฒนาการพร้อมทั้งยังมีปรากฏการณ์อื่นๆ ที่น่าสนใจอีกทั้งระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ยังต้องมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เข้าใจวิวัฒนาการ และข้อมูลของวัตถุที่สามในระบบ ในที่นี้ได้ทำการศึกษารายละเอียดประกอบทางกายภาพของระบบ ได้แก่ คาบ

การโคจร อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร สมบัติทางกายภาพ และวัตถุที่สาม ตลอดจนการสร้างแบบจำลองของระบบนำไปสู่ความเข้าใจวิวัฒนาการสมาชิกดาวฤกษ์ในระบบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

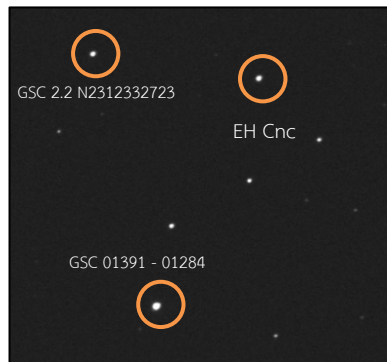
งานวิจัยนี้สังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) พิกัดที่ตั้ง $14^{\circ}52'17.16''$ องศาเหนือ, $102^{\circ}1'41.24''$ องศาตะวันออก โดยใช้ทางกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 นิ้ว ติดตั้งบนฐานตั้งกล้องระบบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial System) พร้อมทั้งระบบติดตามดาวอัตโนมัติ ผ่านโปรแกรม Plane Wave Interface (PWI) และบันทึกข้อมูลภาพถ่ายด้วยเครื่องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ รุ่น Apogee U9000 ความละเอียด $3,056 \times 3,056$ พิกเซล ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ตามระบบมาตรฐานยูบีวี (UBV System) เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บไซต์ SIMBAD Astro-nomical Database ในการหาตำแหน่งดาว และโปรแกรม MaxIm DL6 ในการถ่ายภาพในระหว่างวันที่ 24-27 มกราคม พ.ศ. 2560 รวมเวลาสังเกตการณ์ทั้งสิ้น 4 คืน

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นทั้งสอง กำจัดสัญญาณรบกวนของภาพถ่าย (Reduction Image) ด้วยโปรแกรม IRIS และวัดแสงด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรี โดยใช้โปรแกรม Aperture Photometry tool จากนั้นนำมาสร้างกราฟแสง (Light Curve) หาค่าเวลาแสงน้อยที่สุด จากนั้นหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc จากแผนภาพ (O-C) วิเคราะห์การมีอยู่ของวัตถุที่สาม (Third Body) จากแผนภาพ (O-C)₂ วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ด้วยโปรแกรม PHOEBE 0.31a

การหาคาบ และการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร

การสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ใช้เวลาเปิดหน้ากล้อง (Exposure time) ในการถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) เป็นเวลา 45 วินาที และ 15 วินาที ตามลำดับ ได้จำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,427 ข้อมูล แบ่งเป็นข้อมูลในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน 711 ข้อมูล และช่วง

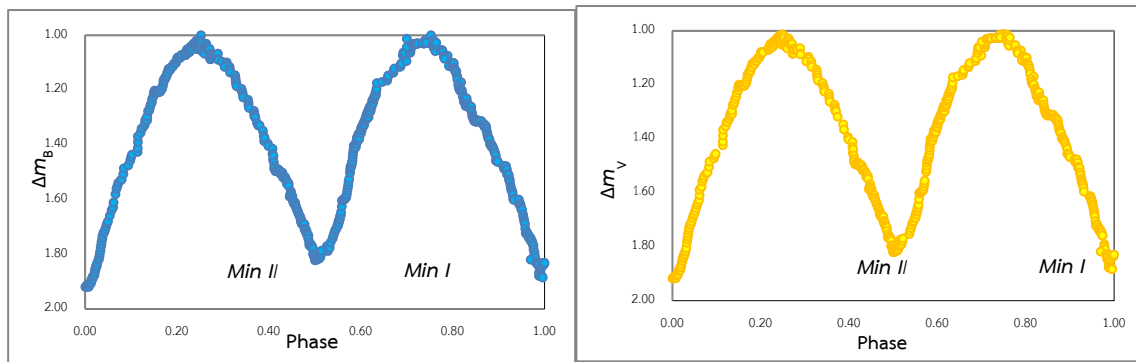
ความยาวคลื่นสีเหลือง 716 ข้อมูล โดยใช้ดาวฤกษ์ GSC 01391-01284 ($\alpha_{J2000} = 08^h26^m02.59^s, \delta_{J2000} = +20^\circ50'51.4''$) และดาว GSC 2.2 N2312332723 ($\alpha_{J2000} = 08^h26^m10.00^s, \delta_{J2000} = +20^\circ54'50.8''$) เป็นดาวเปรียบเทียบ (Comparison Star) และดาวตรวจสอบ (Check Star) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc จากการสังเกตการณ์

จากข้อมูลภาพถ่ายผ่านกระบวนการรีดักชันภาพ นำมาสร้างกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ดังรูปที่ 2 พบว่าช่วงอุปราคาปฐมภูมิใกล้เคียงกับอุปราคาทุติยภูมิ

ต่างกัน 0.10 ไซติมาตร ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc เป็นระบบดาวคู่ประเภท W UMa



รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc สังเกตการณ์ ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V)

จากกราฟแสง นำมาหาค่าเวลาแสงน้อยที่สุดปฐมภูมิ (Min I) และทุติยภูมิ (Min II) ได้จำนวน 5 ค่า ประกอบด้วย เวลา

แสงน้อยที่สุดปฐมภูมิ 2 ค่า และเวลาแสงน้อยที่สุดทุติยภูมิ 3 ค่า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเฉลี่ย และชนิดอุปราคา

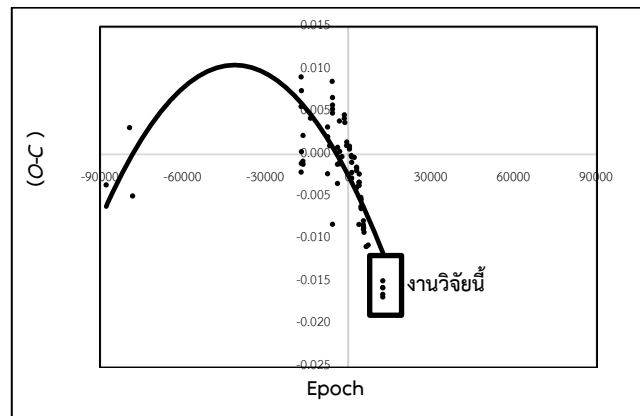
วันที่สังเกตการณ์	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเฉลี่ย (HJD)	ชนิดอุปราคา
24 ม.ค. 2017	2457778.2953	ทุติยภูมิ
25 ม.ค. 2017	2457779.1423	ปฐมภูมิ
	2457779.1644	ทุติยภูมิ
26 ม.ค. 2017	2457780.2452	ปฐมภูมิ
27 ม.ค. 2017	2457781.0892	ทุติยภูมิ

จากข้อมูลในตารางที่ 1 นำค่าเวลาแสงน้อยที่สุด ทุติยภูมิ (*Min I*) และปฐมภูมิ (*Min II*) คำนวณร่วมกับงานวิจัยของ Kreiner (2004) ในสมการที่ (1) ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้สมการเส้นตรงอิมเมอร์สใหม่ ดังสมการที่ (2)

$$Min I = HJD2452500.2668 + 0.4180267E \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีคาบการโคจรใหม่เท่ากับ 0.4180267 วัน จากนั้นนำค่า

Epoch หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (*C*) อ้างอิงจากสมการที่ (1) และค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากการสังเกตการณ์ (*O*) เพื่อหาผลต่างของข้อมูลทั้งสองได้ค่า (*O-C*) นำข้อมูลที่ได้สร้างแผนภาพร่วมกับงานวิจัยที่ผ่านมา นับจากปี ค.ศ. 1934-2017 รวมจำนวนทั้งสิ้น 72 ข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยกำหนดให้แกน Y เป็นค่า (*O-C*) และแกน X เป็นค่า Epoch ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพ (*O-C*) ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc

HJD	Epoch	Method	Min	(<i>O-C</i>) ₁	(<i>O-C</i>) ₂	อ้างอิง
2415811.45	-87764.5	pg	II	-0.0436	Discarded	1
2419366.52	-79260.5	pg	II	+0.0431	Discarded	1
2419835.29	-78139.0	pg	I	-0.0149	Discarded	1
2445385.502	-17019.5	vi	II	+0.0091	+0.0106	2
2445399.495	-16986.0	vi	I	-0.0021	-0.0006	2
2445402.429	-16979.0	vi	I	+0.0056	+0.0070	2
2445410.365	-16960.0	vi	I	-0.0011	+0.0003	2
2445438.382	-16893.0	vi	I	+0.0075	+0.0087	2
2445440.465	-16888.0	vi	I	+0.0003	+0.0015	2
2445672.6832	-16332.5	pe	II	-0.0008	-0.0009	3
2445675.6125	-16325.5	pe	II	+0.0022	+0.0021	3
2445676.6542	-16323.0	pe	I	-0.0012	-0.0013	3

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc (ต่อ)

HJD	Epoch	Method	Min	(O-C) ₁	(O-C) ₂	อ้างอิง
2446800.342	-13635.0	vi	I	+0.0042	-0.0006	4
2449393.422	-7432.0	vi	I	+0.0032	+0.0022	5
2449394.441	-7429.5	vi	II	-0.0229	Discarded	5
2449429.372	-7346.0	vi	I	+0.0021	+0.0012	5
2449722.4146	-6645.0	pe	I	+0.0010	+0.0007	6
2450097.401	-5748.0	vi	I	+0.0086	+0.0088	7
2450151.533	-5618.5	vi	II	+0.0048	+0.0050	7
2450152.346	-5616.5	vi	II	-0.0182	Discarded	7
2450153.416	-5614.0	vi	I	+0.0067	+0.0069	7
2450157.386	-5604.5	vi	II	+0.0053	+0.0055	7
2450163.448	-5590.0	vi	I	+0.0058	+0.0060	7
2450895.4231	-3839.0	CCD	I	-0.0012	-0.0012	8
2450899.3922	-3829.5	CCD	II	-0.0034	-0.0034	8
2450927.4049	-3762.5	CCD	II	+0.0008	+0.0008	8
2451193.4883	-3126.0	CCD	I	+0.0039	+0.0035	9
2451241.3499	-3011.5	CCD	II	+0.0003	-0.0002	9
24512704020	-2942.0	CCD	I	-0.0011	-0.0016	9
2451284.4064	-2908.5	CCD	II	-0.0009	-0.0014	9
2451596.4714	-2162.0	CCD	I	-0.0003	-0.0014	10
2453076.1119	17480.5	CCD	II	0.045	0.0000	11
2453076.1101	17480.5	CCD	II	0.043	-0.002	11
2453077.1563	17483.0	CCD	I	0.044	-0.001	11
2453077.1545	17483.0	CCD	I	0.042	-0.002	11
2451943.4467	-1332.0	CCD	I	+0.0047	+0.0032	12
2451957.4505	-1298.5	CCD	II	+0.0042	+0.0027	12
2452029.3523	-1126.5	CCD	II	+0.0037	+0.0021	12
2452279.5445	-528.0	CCD	I	+0.0010	-0.0008	13
2452320.5125	-430.0	CCD	I	+0.0014	-0.0004	12
2452722.4539	+531.5	CCD	II	+0.0006	-0.0010	14
2452730.3969	+550.5	CCD	II	+0.0010	-0.0006	13
2452999.8204	+1195.0	CCD	I	-0.0001	-0.0013	15
2453462.7957	+2302.5	CCD	II	-0.0004	-0.0001	16
2453801.4042	+3112.5	CCD	II	-0.0015	+0.0004	12
2453815.4060	+3146.0	CCD	I	-0.0039	-0.0020	12
2453815.4083	+3146.0	CCD	I	-0.0016	+0.0003	12
2453824.3958	+3167.5	CCD	II	-0.0019	+0.0001	12
2454150.2490	+3947.0	pe	I	-0.0083	-0.0044	17
2454167.3931	+3988.0	CCD	I	-0.0037	+0.0003	18
2454167.3931	+3988.0	CCD	I	-0.0037	+0.0003	18
2454171.3648	+3997.5	CCD	II	-0.0033	+0.0007	12

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc (ต่อ)

HJD	Epoch	Method	Min	(O-C) ₁	(O-C) ₂	อ้างอิง
2454213.3775	+4098.0	CCD	I	-0.0033	+0.0010	12
2454217.3498	+4107.5	CCD	II	-0.0023	+0.0020	12
2454441.8327	+4644.5	CCD	II	-0.0051	+0.0007	19
2454499.5207	+4782.5	CCD	II	-0.0061	+0.0001	20
2454507.4642	+4801.5	CCD	II	-0.0053	+0.0010	20
2454509.3443	+4806.0	Pe	I	-0.0064	-0.0001	21
2454509.5535	+4806.5	pe	II	-0.0062	+0.0001	21
2454831.8571	+5577.5	CCD	II	-0.0088	-0.0003	22
245833.3206	+5581.0	CCD	I	-0.0085	+0.0000	23
2454835.2024	+5585.5	CCD	II	-0.0078	+0.0007	23
2454835.4109	+5586.0	CCD	I	-0.0083	+0.0002	23
2454892.2636	+5722.0	CCD	I	-0.0086	+0.0004	18
2454936.3659	+5827.5	CCD	II	-0.0092	+0.0001	24
2455249.0556	+6575.5	CCD	II	-0.0109	+0.0005	23
2455569.2678	+7341.5	CCD	II	-0.0147	-0.0012	23
2457778.2953	+12626.0	CCD	II	-0.0149	+0.0049	25
2457779.1423	+12628.0	CCD	I	-0.0157	+0.0051	25
2457779.1644	+12629.0	CCD	II	-0.0157	+0.0051	25
2457780.2452	+12630.5	CCD	I	-0.0165	+0.0060	25
2457781.0892	+12632.5	CCD	II	-0.0168	+0.0063	25

อ้างอิง (1) Kulihovskij, 1934; (2) Figer, 1983; (3) Figer et al., 1985; (4) Maraziti, 1987; (5) Martignoni, 1994; (6) Agerer and Hübscher, 1995; (7) Vandenbroere and Dedoch, 1996; (8) Safár and Zejda, 2000; (9) Safár and Zejda, 2002; (10) Safá, 2002; (11) วัชรารุณี, 2005; (12) Brát et al., 2007; (13) Zejda, 2004; (14) Diethelm, 2003; (15) Nelson, 2004; (16) Nelson, 2006; (17) Hübscher, 2007; (18) Parimucha et al., 2009; (19) Nelson, 2008; (20) Brát et al., 2008; (21) Hübscher et al., 2009; (22) Diethelm, 2009; (23) Yang et al., 2011; (24) Brát et al., 2009, (25) งานวิจัยนี้

จากแผนภาพ (O-C) ในรูปที่ 3 พบว่ากราฟเป็นรูปพาราโบลาคว่ำ (Bell shape) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์ค่าเชิงตัวเลขด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับ 2 (Second Order Polynomial Fitting) ได้สมการที่ (3)

$$(O-C) = (-7.652 \times 10^{-12})E^2 + (-6.292 \times 10^{-7})E + (-2.432 \times 10^{-3}) \quad (3)$$

จากสมการที่ (3) หาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบโคจรของระบบจากการสังเกตการณ์ ดังสมการที่ (4)

$$\frac{dP}{dt} = -1.16 \times 10^{-3} \text{ วินาทีต่อปี} \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีคาบการโคจรลดลงอัตรา 1.16×10^{-3} วินาทีต่อปี ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลงานวิจัยของ Shakhovskii (1955), Figer et al. (1985),

Duerbeck (1997), Kreiner (2004) และ Yang et al. (2011) ที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้

ต่อไปเป็นการวิเคราะห์คาบการโคจรระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc เนื่องมาจากการมีอยู่ของวัตถุที่สามในระบบดาวคู่ตามที่ Yang et al. (2011) กล่าวไว้ ดังนั้นจึงพิจารณาจากแผนภาพ (O-C)₂ โดยสามารถคำนวณหาค่าและเขียนเป็นแผนภาพได้ข้อมูลดังสมการที่ (5) และรูปที่ 4 ตามลำดับ

$$(O-C)_2 = 1.8139 \times 10^{-3} + 0.0025 \sin(2.7616 \times 10^{-4} E - 1.8068) \quad (5)$$

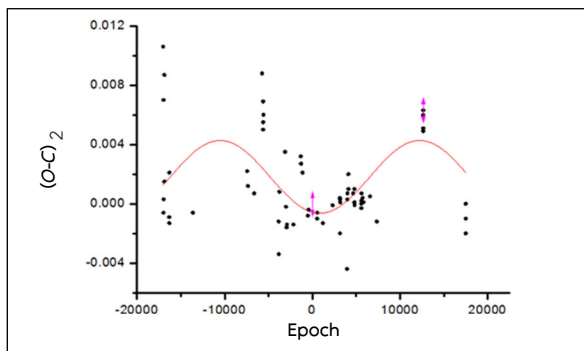
จากสมการที่ (5) พบค่า Semi-amplitude (A) ของวัตถุที่สามในระบบ เท่ากับ $0.0025 (\pm 0.0007)$ วัน และได้ระยะห่างระหว่างวัตถุที่สามจากศูนย์กลางมวลระบบดาวคู่ในแนวสังเกตการณ์ เท่ากับ 6.4800×10^{10} เมตร หรือ 0.4332 หน่วยดาราศาสตร์

พารามิเตอร์และแบบจำลองระบบ

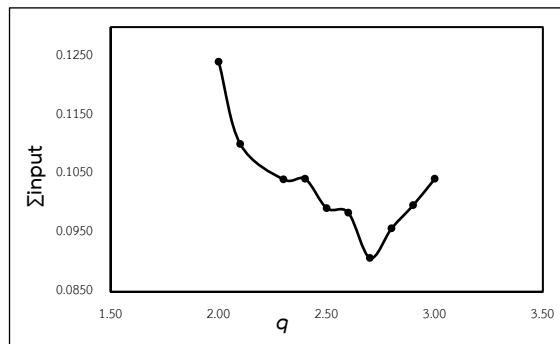
สำหรับการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc โดยการกำหนดอัตราส่วนมวล (q) เริ่มต้นจาก 2.00 - 3.00 เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของระบบ ดังรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นสมบัติทางกายภาพเนื่องจากมีค่า Σ_{input} ที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 0.8701 ดังนั้นอัตราส่วนมวลของระบบ (q) เท่ากับ 2.85 จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าว รวมทั้งข้อมูลวิเคราะห์ได้ในงานวิจัยนี้ร่วมกับพารามิเตอร์เริ่มต้นอ้างอิงจาก

งานวิจัยของ Yang et al. (2011) ดังตารางที่ 3 จากนั้นป้อนข้อมูลดังกล่าวลงในโปรแกรม PHOEBE 0.31a และเริ่มปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลดังกล่าวมาแล้วเบื้องต้น จนกระทั่งได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่า Error และค่า χ^2 ต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ผลปรากฏว่าสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc แสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 4 แผนภาพ $(O-C)_2$ ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง q กับ Σ_{input} ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc

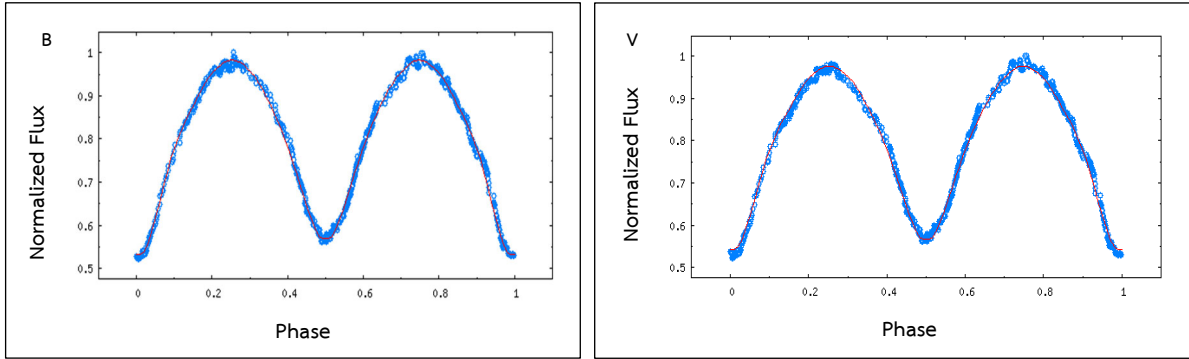
ตารางที่ 3 แสดงค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น และคุณสมบัติเฉพาะของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc และวัตถุที่สาม

พารามิเตอร์	ค่า	พารามิเตอร์	ค่า
HJD_0	2457779.5873^1	X_1, Y_1	$0.644, 0.247^2$
T (Day)	0.4180266^1	X_2, Y_2	$0.644, 0.243^2$
q (m_2/m_1)	2.85^1	A_1, A_2	$0.500, 0.500^2$
i ($^\circ$)	$81.55(\pm 0.02)^2$	g_1, g_2	$0.320, 0.320^2$
$\Omega_1 = \Omega_2$	5.7900^2	f (%)	$27.7(\pm 3.4)^2$
$\Omega_{in}, \Omega_{out}$	$5.9589, 5.3487^2$	P_{mod} (AU)	$16.6(\pm 0.4)^2$
T_1 (K), T_2 (K)	$6820, 6666^2$	A_{Third} (Day)	0.0032^2

อ้างอิง (1) งานวิจัยนี้ (2) Yang et al. (2011)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณสมบัติของระบบดาวคู่
อุปราคา EH Cnc เกิดจากการเปรียบเทียบการกราฟแสง
สังเคราะห์ (เส้นทึบ) กับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์

ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) (วงกลม)
ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแสงสังเคราะห์ที่เป็นผลการเปรียบเทียบกับสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V)

จากรูปที่ 6 แสดงกราฟแสงสังเคราะห์กับกราฟแสง
สังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc จากการวิเคราะห์
ข้อมูลส่วนใหญ่พบว่า การสังเกตการณ์และคำนวณมีความ
สอดคล้องกัน แต่ยังมีบางเฟสที่ไม่ซ้อนทับกัน (อสมมาตร) คาดว่า

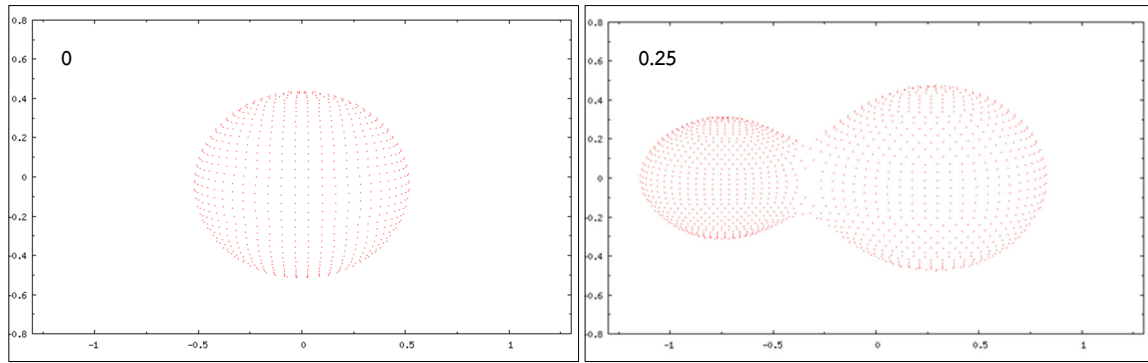
เป็นผลจากวัตถุที่สามในระบบ หรืออาจเกิดจากจุดมืดบนสมาชิก
ของดาวปฐมภูมิ (Primary star) หรือดาวทุติยภูมิ (Secondary
star) ตามที่ Yang et al. (2011) ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc

พารามิเตอร์	ค่าตอบที่ดีที่สุด	
	ดาวปฐมภูมิ	ดาวทุติยภูมิ
$i (^{\circ})$	85.70±0.06	
$q = m_2 / m_1$	2.85	
$\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega$	5.8000	
Ω_{in}	6.1578	
Ω_{out}	5.4433	
$T (K)$	6,400	6,350
$M (M_{\odot})$	0.2854	0.7795
$R (R_{\odot})$	0.8380	1.2446
Surf. Bright.	0.9948	0.8696
$A_1 = A_2$	0.50	0.50
$g_1 = g_2$	0.50	0.50
χ^2	B: 0.0810	
	V: 0.0954	

เมื่อนำข้อมูลองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่
อุปราคา EH Cnc จากตารางที่ 1 ได้ผลเฉลี่ยที่ดีที่สุด ดังตารางที่

4 กรณีไม่มีผลจากแสงที่สาม ได้แบบจำลองของระบบดาวคู่
อุปราคา EH Cnc ที่เฟส 0 และ 0.25 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แบบจำลองระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc ที่เฟส 0 และ 0.25

จากข้อมูลในตารางที่ 3 หางศาการแตะกันของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc จากสมการที่ (6)

$$f = (\Omega_{in} - \Omega) / (\Omega_{in} - \Omega_{out}) \quad (6)$$

จากผลการคำนวณหางศาการแตะกัน พบว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีองศาการแตะกันร้อยละ 50.08 นับว่าเป็นค่าที่สูงมาก เมื่อเทียบกับการศึกษาในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปสมาชิกดาวฤกษ์ในระบบดาวคู่แตะกันมากยิ่งขึ้น คาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กดาวฤกษ์ในระบบที่มีอิทธิพลค่อนข้างสูง ส่งผลให้ระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีคาบการโคจรลดลงเร็วมาก ตามที่ Duerbeck (1997) กล่าวไว้

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc พบว่ามีคาบการโคจรระบบอยู่ที่ 0.4180267 วัน สมาชิกดาวฤกษ์ในระบบมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรลดลง 1.16×10^{-3} วินาทีต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปคาบการโคจรของสมาชิกในระบบลดลงอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shakhovski (1955), Figer et al. (1985), Duerbeck (1997), Kreiner (2004) และ Yang et al. (2011) อันเป็นผลจากผลการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมของระบบตามทฤษฎี AML และจากการวิเคราะห์แผนภาพ $(O-C)_2$ และกราฟแสง พบการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรระบบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงซ้อนอยู่ อันเป็นผลจากการมีอยู่ของวัตถุที่สามตามที่ Yang et al. (2011) ได้กล่าวไว้ ในที่นี้ได้ค่า Semi-amplitude ของวัตถุที่สามในระบบเท่ากับ $0.0025(\pm 0.0007)$ วัน รวมทั้งระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของระบบดาวคู่ในแนวสังเกตการณ์เท่ากับ 0.4332 หน่วยดาราศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang et al.

(2011) เมื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc พบว่ามีอัตราส่วนมวล (q) 2.85 แสดงให้เห็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Yang et al. (2011) โดยขณะนั้นมีค่า 2.51 เกิดจากการถ่ายโอนมวลจากดาวปฐมภูมิไปยังดาวทุติยภูมิ จากการสังเกตการณ์บนโลกพบมุมเอียงระนาบวงโคจรระบบ (i) เท่ากับ 85.70 ± 0.06 องศา แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีการบังกันแบบบางส่วน (Partial eclipse) อุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ในระบบมีค่าใกล้เคียงกัน พบอุณหภูมิดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิ เท่ากับ 6,400 และ 6,350 เคลวิน ตามลำดับ โดยจัดอยู่ในชั้นสเปกตรัม F0 ตรงกับข้อมูลของ Martignoni (1996) และ SIMBAD database ที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ อีกทั้งยังพบว่าสมาชิกดาวคู่ในระบบมีศักย์พื้นผิว (Ω_1, Ω_2) ใกล้เคียงกันมาก จากภาพแบบจำลองพบว่ามวลของสมาชิกดาวทั้งสองมีวิวัฒนาการบรรจุเต็มผิวห่อหุ้มของโรช (Roche Lobe) แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา EH Cnc มีวิวัฒนาการเป็นแบบแตะกัน (Deep-contacted Binary) ประเภท W UMa ที่มีองศาการแตะกันร้อยละ 50.08

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักวิชาการประจำหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือสังเกตการณ์ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์รณกฤต รัตนมาลา นายอำพล กมฺุฑรัตน์ และนางสาวพรพรรณ รสหอม ผู้ช่วยสังเกตการณ์และวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์บุญรักษา สุนทรธรรม สำหรับข้อเสนอแนะงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 329-377.
- บุญรักษา สุนทรธรรม, Yulan Yang, Qingyao Liu, Shengba Qian, สุมิตร นิภารักษ์, อนิวัตต์ สุขสวัสดิ์ และอมรรัตน์ อังเวโรจน์-วิทย์. (2551). การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบเกือบแตะกันบางระบบ. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2551. หน้า 14-32.
- ธนวัฒน์ รุ่งสูงเนิน. (2558). วัตถุที่สามและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่โอเพนแฮด โอโรโอนิส. วารสารวิทยาศาสตร์ มช. 43(2): 333-345.
- วัชรารุณี น้อยแก้ว. (2548). สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบเกือบแตะกันอีเอช แคนครี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: 122 หน้า.
- Abhyankar, K.D. (1981). Evolution and Period Changes in Binary Stars. Bulletin of the Astronomical Society of India 9: 99-111.
- Agerer, F., and Hübscher, J. (1995). Photoelectric Maxima/Minima of Selected Variables. Information Bulletin on Variable Stars 43(4201): 4222.
- Bradley W. Carroll and Dale A. Ostlie. (2007). Binary Systems and Stellar Parameters. Utah: Weber State University. pp. 1-3.
- Brát, L., Trnka, J., Lehký, M., Šmelcer, L., Kučáková, H., Ehrenberger, R., Dřevěný, R., Lomoz, F., Marek, P., Kocián, R., Svoboda, P., Přebík, V., Urbančok, L., Poddaný, S., Dubovský, P.A., Uhlář, R., Horálek, P., Hanžl, D., Brož, M., Kalisch, T., Macek, O., Exnerová, M., Vitek. (2009). M. B.R.N.O. Contributions #36 Times of minima. Open European Journal on Variable Stars 107.
- Brát, L., Šmelcer, L., Kučáková, H., Ehrenberger, R., Kocián, R., Lomoz, F., Urbančok, L., Svoboda, P., Trnka, J., Marek, P., Dřevěný, R., Uhlář, R., Poddaný, S., Zasche, P. and Skarka, M. (2008). B.R.N.O. Times of minima. Open European Journal on Variable Stars 94.
- Brát, L., Zejda, M., and Svoboda, P. (2007). B.R.N.O. Contributions #34. Open European Journal on Variable Stars 74.
- Diethelm, R. (2003). 162-nd List of Minima Timings of Eclipsing Binaries by BBSAG Observers. Information Bulletin on Variable Stars 55(5401): 5438.
- Diethelm, R. (2009). Timings of Minima of Eclipsing Binaries. Information Bulletin on Variable Stars 59(5801): 5871.
- Duerbeck, H.W. (1997). True and Possible Contact Binaries in the Hipparcos Catalogue. Information Bulletin on Variable Stars 46(4501): 4513.
- Figer, A. (1983). GEOS Circ. 367.
- Figer, A., le Borgne, J.F. and Dumont, M. (1985). Period and Light Curve of the W UMA-TYPE Star NSV 4070. Information Bulletin on Variable Stars 28(2701): 2755.
- Hübscher, J. (2007). Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars. Information Bulletin on Variable Stars 59(5801): 5802.
- Hübscher, J., Steinbach, H.-M., and Walter, F. (2009). BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars. Information Bulletin on Variable Stars 59(5801): 5874.
- Kulikovskij, P.G. (1934). Variable Stars. 4: 294.
- Kukarkin, B.V., Kholopov, P.N., Artiukhina, N.M., Fedorovich, V.P., Frolov, M.S., Goranskij, V.P., Gorynya, N.A., Karitskaya, E.A., Kireeva, N.N., Kukarkina, N.P., Kurochkin, N.E., Medvedeva, G.I., Perova, N.B., Ponomareva, G.A., Samus, N.N., and Shugarov, S.Yu. (1982). New Catalogue of Suspected Variable Stars. Moscow: Nauka Publishing House.
- Kreiner, J.M. (2004). Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries. Acta Astronomica. 54(2): 207-210.
- Maceroni, C. and van't veer, F. (1996). The properties of W Ursae Majoris contact binaries: new results and old problems. Astronomy and Astrophysics. 311 (2): 523-531.
- Maraziti, A. (1987). 118th List of Minima of Eclipsing Binaries. BBSAG Bulletin Nr. 85: 3.
- Martignoni, M. (1994). 140th List of Minima of Eclipsing Binaries. BBSAG Bulletin Nr. 107: 4.
- Martignoni, M. (1996). 145th List of Minima of Eclipsing Binaries. BBSAG Bulletin Nr. 112: 4.
- Nelson, R.H. (2004). CCD Minima for Selected Eclipsing Binaries in 2003. Information Bulletin on Variable Stars 55(5401): 5493.
- Nelson, R.H. (2006). CCD Minima for Selected Eclipsing Binaries in 2005. Information Bulletin on Variable Stars 57(5601): 5672.
- Nelson, R.H. (2008). CCD Minima for Selected Eclipsing Binaries in 2007. Information Bulletin on Variable Stars 59(5801): 5820.

- Pribulla, T., Kreiner, J. M., and Tremko, J. (2003). Catalogue of the field contact binary stars. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* 33(1): 38-70.
- Parimucha, S., Dubovsky, P., Baludansky, D., Pribulla, T., Hambalek, L., Vanko, M. and Ogloza, W. (2009). Minima Times of Selected Eclipsing Binaries. *Information Bulletin on Variable Stars* 59(5801): 5898.
- Shakhovskij, N.M. (1955). *Astron. Tsirk.* 165: 14.
- Safár, J., and Zejda, M. (2000). CCD Times of Minima of Faint Eclipsing Binaries II. *Information Bulletin on Variable Stars* 49(4801): 4888.
- Safár, J., and Zejda, M. (2002). CCD Times of Minima of Faint Eclipsing Binaries III. *Information Bulletin on Variable Stars* 53(5201): 5263.
- Safár, J. (2002). *B.R.N.O. Contributions.* 32: 1.
- Vandenbroere, J., and Dedoch, A. (1996). 145th List of Minima of Eclipsing Binaries. *BBSAG Bulletin* Nr. 112: 3.
- Wenger, M., Ochsenbein, F., Egret, D., Dubois, P., Bonnarel, F., Borde, S., Genova, F., Jasiewicz, G., Laloë, S., Lesteven, S. and Monier, R. (2000). SIMBAD Astronomical Database [Apparatus and software]. Retrieved from <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>.
- Yang, Y.-G., Shao, Z.-Y., Pan, H.-J., Yin, X.-G. (2011). Orbital - Period Variation and Photometric Analysis for the Neglected Contacts Binary EH Cancri. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 123(906): 895-902.
- Zejda, M. (2004). CCD Times of Minima of Selected Eclipsing Binaries. *Information Bulletin on Variable Stars* 56(5501): 5583.

