วิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกัน : การเปลี่ยนคาบวงโคจรของดีเอฟไฮดรา

ชีวะ ทัศนา[1*] และ โชติ เนืองนันท์[1]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[*]chewa.t@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นการสังเกตการณ์ดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา โดยการถ่ายภาพด้วยซีซีดี โฟโตมิเตอร์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินและสีเหลืองต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงดริชชี-เครเทียน ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์มาทำการรีดักชันภาพเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดขณะเกิดอุปราคาปฐมภูมิ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการอ้างสมการเดิมของ Zhang et al คือ HJDMinI = 2431134.231+0.330599E และนำค่า Epoch และ HJDMinI ใหม่ของงานวิจัยนี้ไปรวมกับข้อมูลเดิมของนักวิจัยในอดีต พบว่ามีสมการ Ephemeris ใหม่เป็น HJDMinI = 2431138.2297+0.3306027 หลังจากนั้นนำข้อมูล Epoch และ HJD (Min) ไปหาสมการใหม่ได้เป็น O-C = -0.005678-4.88x10^{-7}E+6.26x10^{-11}E^{2} ซึ่งทำให้ทราบว่าวงโคจรใหม่ของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรามีคาบวงโคจรประมาณ 0.3306 วันต่อรอบ และมีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเพิ่มขึ้นเป็น 1.38×10^{-7} วันต่อปี

คำสำคัญ: ดาวคู่อุปราคม ดีเอฟไฮดรา การเปลี่ยนคาบวงโคจร

Evolution of Contact Binary-Star : Orbital Period Change of DF Hydrae

Chewa Thassana[1,*] and Chote Naungnun[1]

[1] *Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology*

Rambhai Barni Rajabhat University

**chewa.t@rbru.ac.th*

Abstract

In this research, an orbital Period change of binary system DF Hydrae was observed by CCD Photometer via a 0.5-meter Rithchey-Chertien Reflecting Telescope at Regional Observatory for the Public Nakhon Ratchasima. Images of binary star were obtained by using B and V photometric filters. Data was input through reduction processes via Iris. The time of minimum primary eclipse. The analyze Zhang et al ephemeris is from HJDMinI = 2431134.231+0.330599. The result has shown that the new ephemeris is from HJDMinI = 2431138.2297+0.33060275E. this research is obtained O-C = -0.005678-4.88x10^{-7}E+6.26x10^{-11}E^{2}. The O-C light curve has shown that the orbital period of DF Hydrae is 0.3306 day per cycle and 1.38×10^{-7} day per year.

Keywords: Eclipsing Binary Star, DF Hydrae, Orbital Period Change

1. บทนำ

การศึกษาคุณสมบัติของเอกภพและดาวฤกษ์เป็นการศึกษาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางด้านวิชาดาราศาสตร์ เนื่องจากดาวฤกษ์เป็นวัตถุบนท้องฟ้าที่มีพลังงานและแสงสว่างในตัวเอง ดาวฤกษ์ได้ถือกำเนิดเกิดขึ้นหลังจากการระเบิดครั้งยิ่งใหญ่หรือเกิดขึ้นตามทฤษฎีของบิกแบงที่ใช้อธิบายการกำเนิดเอกภพ บิกแบงเกิดจากพลังงานได้เปลี่ยนไปเป็นมวลสารก่อตัวรวมกันภายใต้แรงโน้มถ่วงจนกลายเป็นดาวฤกษและดาวเคราะห์ต่างๆ การศึกษาดาวฤกษ์แต่ละดวงสามารถอธิบายถึงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์เมื่อเวลาผ่านไป ดาวฤกษ์จะมีการวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงบนแผนภาพ HR เราอาจพบรวมตัวกันเป็นกลุ่มเช่น กระจุกดาว หรือ ระบบดาวคู่

ระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา เป็นระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซาเมเจอร์ ชนิดดับเบิลยู (W-type) อยู่ในกลุ่มดาวไฮดรา พิกัดตำแหน่ง RA เท่ากับ 08^{h} 55^{m} 02.24^{s} และ มุม DEC เท่ากับ $+06^{0}$ 05’ 37”.687 อย่างไรก็ตามต่อมา Niarchos et al ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินนี พบว่า ระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา มีวัตถุดวงที่สามซึ่งมีอัตราส่วนมวลประมาณ 0.42 เท่าดวงอาทิตย์ โดยมีอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรเพิ่มขึ้น 0.011982 วินาทีต่อปี หลังจากปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นมายังไม่ปรากฏมีรายงานวิเคราะห์ดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา อีกเลย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโครจรของระบบดาวคู่ดีเอฟรา โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์จากภาพถ่ายเพื่อวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.นำภาพถ่ายระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรามาทำรีดักชันเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

2. นำภาพถ่ายที่ทำการรีดักชันแล้วทั้งหมดมาทำการจัดเรียงให้ตำแหน่งของดาวในภาพถ่ายตรงกัน

3. นำภาพข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่า Photometry ด้วยโปรแกรม IRIS ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าความสว่างของดาวโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลโฟโตเมตรีจะต้องเลือกดาวที่ต้องการวัดค่าความสว่าง ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

4. นำค่า JD ที่ได้จากโปรแกรม Iris มาแปลงค่าเป็น HJD

5. ทำการพล็อตกราฟแสงระหว่าง Magnitude กับ HJD

6. ทำการหาตำแหน่งของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light)

7. หาสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการนำเอาค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดไปหาค่ายุค (Epoch) เพื่อนำค่ายุค (Epoch) ไปสร้างสมการ Ephemeris ใหม่ โดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง HJD กับ Epoch

8. คำนวณหาค่า HJD_C (C) โดยนำค่า HJD_O และ Epoch โดยแทนในสมการ $C = HJD_O + P_OE$

9. นำค่า HJD_0 ของช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการสังเกตการณ์ O ลบด้วยค่าช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการคำนวณ HJD_C(C) โดย $O\text{-}C = HJD_O - HJD_C$

10.นำค่า Epoch และค่า O-C ของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดราที่ได้จากการคำนวณไปรวมกับข้อมูลค่า Epoch และค่า O-C ที่คำนวณไว้ทั้งหมด แล้วนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า O-C กับ Epoch จะได้แผนภาพ O-C

11.คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรา

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด

ผลการวิเคาะห์ภาพถ่ายระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดราผ่านฟิลเตอร์สีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง ฟิลเตอร์ละจำนวน 600 ภาพ ด้วยโปรแกรม IRIS เพื่อหาค่าเวลา วันจูเลียน (J.D.) และค่าโซติมาตรปรากฏ แล้วนำค่าเวลาจูเลียนไปแปลงเป็นค่าเวลาวันจูเลียนศูนย์สุริยะ (H.J.D.) แล้วนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าโวติมาตรปรากฏกับวันจูเลียนศูนย์สุริยะเพื่อหาช่วงเวลาการเกิดอุปราคาหรือช่วงเวลาที่แสงมีความสว่างน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่ามีค่าช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุด (HJD-min) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา

ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาแสงที่น้อยที่สุดของความยาวคลื่น
สีน้ำเงิน (430 nm)	2457364.328
สีเหลือง (550 nm)	2457364.327
สีแดง (620 nm)	2457364.328
เฉลี่ย	2457364.328

4.2 การหาสมการ Ephemeris ใหม่

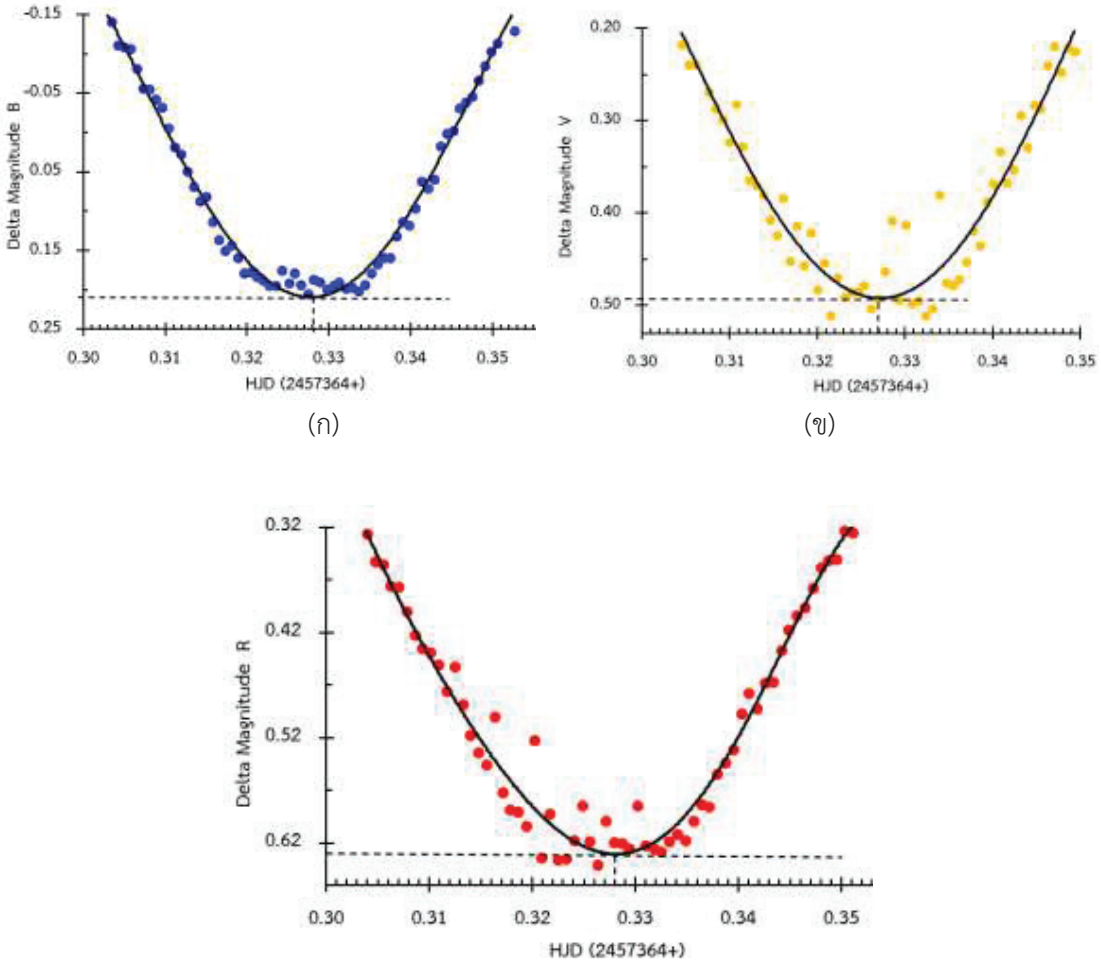
การคำนวณเพื่อหาสมการ Ephemeris ใหม่ จำเป็นต้องอ้างอิงถึงสมการ Ephemeris เดิมที่นักดาราศาสตร์ท่านอื่นๆ ได้คำนวณไว้ในอดีต เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรามีการเปลี่ยนแปลงในคาบวงโคจรไปจากเดิม สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการอ้างอิงสมการ Ephemeris เดิมของ Zhang et al นั่นคือ

$$HJDMinI = 2431134.231+0.330599E \quad (1)$$

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยเวลาที่แสงน้อยที่สุด (HJD-MinI) ดังตารางที่ 1 แล้วนำไปหาค่า O - C จากค่า Linear ephemeris ที่ Zhang โดยการแทนค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์ (HJD_0) แล้วหาผลต่างของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด O–C หลังจากที่ได้ค่ายุคใหม่ของระบบดาวคู่แล้วนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือ HJD (min) กับค่ายุค (Epoch) ที่เป็นผลจากการคำนวณ ณ เวลาปัจจุบันไปรวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (HJDMin) กับค่ายุค (Epoch) ที่นักดาราสตร์ในอดีตได้ทำการคำนวณไว้ หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง HJDMin กับ Epoch ดแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งหาสมการ Ephemeris ใหม่ได้เป็น

$$HJDMinI = 2431138.2297+0.33060275E \quad (2)$$

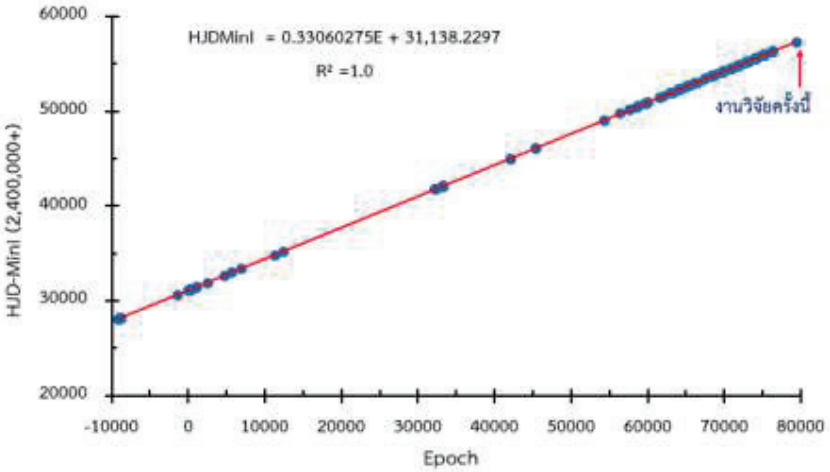
จากสมการ Ephemeris ใหม่ แสดงให้เห็นว่าดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรามีคาบวงโคจรใหม่ประมาณ 0.3306 วัน



(ก) (ข)

(ค)

ภาพที่ 1 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในช่วงความยาวคลื่น (ก) สีน้ำเงิน (ข) สีเหลือง และ (ค) สีเหลือง



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง HJDMin กับ Epoch

4.3 การหาค่า O-C และอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร

การหาค่า O-C จากแผนภาพ O - C เส้นกราฟที่ปรากฏในแผนภาพจะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ ดังนั้นการจะได้มาซึ่งแผนภาพมีความจำเป็นต้องนำข้อมูล Epoch และค่า O - C ของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดราที่นักดาราศาสตร์ในอดีตเคยคำนวณไว้ทั้งหมดเป็นข้อมูลในการเขียนกราฟความสัมพันธ์ โดยนำมารวมกับค่า Epoch และค่า O - C ของงานวิจัยนี้ซึ่งขั้นตอนในการคำนวณหาค่า O - C มีดังนี้

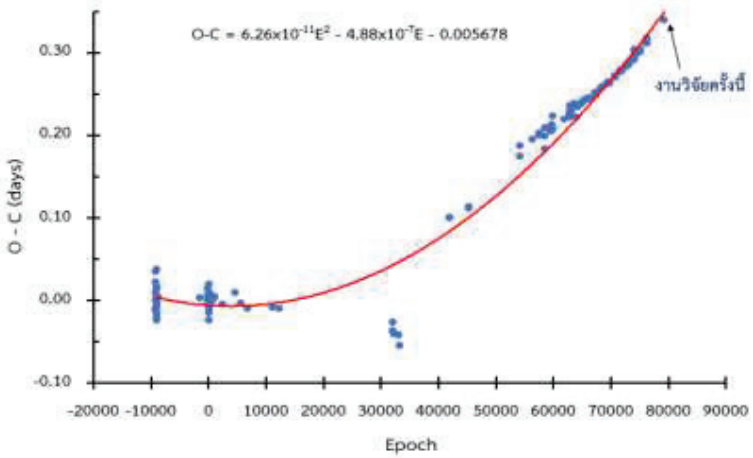
1) คำนวณค่า C โดยนำค่า HJD_0 และ Epoch ที่ได้จากการประมาณของวันที่เกิดอุปราคามาแทนในสมการ $C = HJD_0 + P_0E$ นั่นคือ

$$C = 2431138.2297 + 0.33060275(79328) = 2457364.28465 \quad (3)$$

2) นำค่า HJD_0 ของช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการสังเกตการณ์ O ลบด้วยค่าช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาที่ได้จากการคำนวณ C พบว่า

$$O - C = 2457364.3280 - 2457336.2864 = 0.3396 \quad (4)$$

3) นำค่า Epoch และค่า O - C ของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดราที่ได้จากการคำนวณไปรวมกับข้อมูลค่า Epoch และค่า O–C ของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา ที่นักดาราศาสตร์ ในอดีตเคยคำนวณไว้ทั้งหมดหลังจากนำมาเป็นข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า O - C กับ Epoch ผลปรากฏว่าได้แผนภาพ O - C ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพ O - C ของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา

ผลการคำนวณโดยวิธี Polynomial Fit Curve เส้นกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย แสดงให้เห็นว่าคาบวงโคจรของดาวคู่ดีเอฟไฮดรามีแนวโน้มว่า เพิ่มขึ้น และจากการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method จะได้

$$O-C = -0.005678 - 4.88\times10^{-7}E + 6.26\times10^{-11}E^2 \quad (5)$$

เมื่อนำมาหาอัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา จะได้

$$\frac{dP}{dE} = 2(6.26\times10^{-11}) = 1.25\times10^{-10} \text{ day / cycle} \quad (6)$$

อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา มีค่าเป็นบวก นั่นแสดงให้เห็นว่า คาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอไ ไฮดรา มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.25×10^{-10} วันต่อการเคลื่อนที่หนึ่งรอบ หรือ คาบวงโคจรเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.38×10^{-7} วันต่อปี ทั้งนี้เราจะเห็นได้ว่า คาบวงโคจรของระบบดาวคู่ ดีเอฟ ไฮดรา มีคาบเปลี่ยนแปลงเพียงน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า คาบวงโคจรที่ fuyuan และคณะได้ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2552 มีอัตราการเปลี่ยนคาบเท่ากับ 1.11×10^{-7} วันต่อปี และปี 2553 เชิดตระกูล คาบของระบบดาวคู่ว่ามีอัตราการเปลี่ยนคาบเท่ากับ 1.39×10^{-7} วันต่อปี

ตารางที่ 2 อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา

ผู้วิจัย	ปี พ.ศ. ที่สังเกตการณ์	อัตราการเปลี่ยนคาบวงโคจร (วันต่อปี)
Fuyuan et al.	2552	1.11×10^{-7}
เชิดตระกูล	2553	1.39×10^{-7}
งานวิจัยนี้	2559	1.38×10^{-7}

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการเปลี่ยนคาบวงโคจรของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา โดยการถ่ายภาพด้วยซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงินสีเหลืองและสีแดง แล้วนำภาพถ่ายมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Iris พบว่าสมการ Ephemerisn ใหม่ ของระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา คือ นั่นคือ ระบบดาวคู่จะมีคาบวงโคจร เท่ากับ 0.33060275 วัน เมื่อทำการวิเคราะห์แผนภาพ O-C สามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรว่ามีค่าเพิ่มขึ้น 1.38×10^{-7} วันต่อปี นั่นหมายถึงการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างดาวทั้งสอง จึงเป็นไปได้ว่าระบบดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา นี้มีวิวัฒนาการสอดคล้องกับทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillation และผลการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรของดาวคู่ดีเอฟไฮดราในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของนักดาราศาสตร์ก่อนหน้าพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่ดีเอฟไฮดรามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐ และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวคู่ดาวคู่ดีเอฟไฮดรา จากหอดาวดูดาวของ สถาบันดาราศาสตร์แห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา

7. เอกสารอ้างอิง

เชิดตระกูล หอมจำปา. (2553**). แบบจำลองของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด DF Hydrae**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บุณรักษา สุนทรธรรม และคณะ. (2538). **รายงานวิจัยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของ ระบบดาวคู่อุปราคาดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ โดยเทคนิคโฟโตเมตรี แบบซีซีดี.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปกิจ สังสิริ. (2552). **การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่แบบแตะกัน 5 ระบบ คือ CE Leonis, DF Hydrae, FZ Orion, YY Eridani และ FG Hydrae.** มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

เสารลักษณ์ ปัญญามี จุฬามาศ วังรัก และวิระภรณ์ ไหมทอง. (2558). **การเปลี่ยนคาบการแปรแสงของดาวคู่ XY Leonis.** โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

อัญชลี ยะกุณา. (2558). **การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและศึกษาลักษณะทางกายภาพของระบ ดาวคู่อุปราคาประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส V1853 โอไรออนิส.** มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

Fuyuan Xiang, Wenli Xie, Yongpo Tian and Xia Tao. (2009**), Period Changes of DF Hydrae : Evidence of Mass Transfer and the Presence of a Cool Tertiary Companion**, J. Publ. Astron .Soc. Japan 61, 707-711.