การศึกษาระยะทาง อายุ อุณหภูมิยังผล และชนิดสเปกตรัมของกระจุกดาวเปิด M67

An Investigation into the Distance, Age, Surface Temperature, and Spectral

ณัฐชยา เพชรเกตุ ปวริสา สาราช

รัชดาภรณ์ บัณฑิต

[1]โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง อำเภอ.เมืองตรัง จังหวัดตรัง 92000

**อีเมลล์: E-mail: radchadaporn@pcshstrg.ac.th*

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาระยะทาง อายุ อุณหภูมิยังผล และชนิดสเปกตรัมของกระจุกดาว M67 โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ถ่ายภาพกระจุกดาวผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (Filter B) และแผ่นกรองแสงสีเขียวอมเหลือง (Filter V) แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ผ่านระบบด้วยโปรแกรม AstrolmageJ ระบุพิกัดตำแหน่งดาวคู่กับผลดาวฤกษ์ในเว็บไซต์ nova.astrometry.net นำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT) เพื่อหาค่าแมกนิจูดปรากฏของดาวฤกษ์ ทำการดึงข้อมูล Apparent Magnitude ของดาวทั้งหมดจากโปรแกรม DS9 และนำไปสร้าง H-R Diagram ผลการศึกษาพบว่า กระจุกดาวเปิด M67 มีระยะทางจากโลกประมาณ 794.32 พาร์เซก หรือ 2,590.75 ปีแสง และมีอายุประมาณ 4,332.91 ล้านปี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarajedini et al. (2009) ซึ่งได้ศึกษากระจุกดาวเปิด M67 มีระยะทางประมาณ 855 พาร์เซก หรือประมาณ 2,790 ปีแสง มีอายุ 4,000 ล้านปี โดยวิจัยของชิ้นนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางเท่ากับ 7.13 % และอายุเท่ากับ 7.68 % มีค่าดัชนีสี (B-V) อยู่ในช่วง +0.2 ถึง +1.15 อุณหภูมิยังผลอยู่ในช่วง 4,038-8,215 เคลวิน สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นดาวฤกษ์ที่มีสเปกตรัมอยู่ในช่วงสเปกตรัม K ถึง สเปกตรัม A สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chewa Thassana และ Wiraporn Maithong (2017) ที่ทำการศึกษาเรื่อง AGE AND TEMPERATURE OF GLOBULAR-OPEN STAR CLUSTERS CASE STUDY : M3 M35 AND M67 พบว่าอุณหภูมิยังผลอยู่ในช่วง 4,400-6,400 เคลวิน โดยวิจัยชิ้นนี้มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงสเปกตรัม K เท่ากับ 8.22% และช่วงสเปกตรัม A เท่ากับ 28.35% และเมื่อใช้เทคนิค Isochrones Fitting พบว่ากระจุกดาว M67 มีอายุ 3,992 ล้านปี

คำสำคัญ: H-R Diagram ,กระจุกดาว M67 , Isochrones Fitting

บทนำ

กระจุกดาว M67 (NGC 2682) เป็นหนึ่งในกระจุกดาวเปิดที่มีความสำคัญอย่างยิ่งทางดาราศาสตร์ เนื่องจากถือเป็นกระจุกดาวที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดกลุ่มหนึ่งซึ่งยังสามารถสังเกตได้จากโลกอย่างชัดเจน กระจุกดาวนี้ตั้งอยู่ในกลุ่มดาวปู (Cancer) ณ พิกัด R.A. 8h 51m, Dec. +11° 49′ และถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1779 โดยนักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Johann Gottfried Koehler ซึ่งนับว่าเป็นการค้นพบที่มีคุณูปการต่อการศึกษาดาราศาสตร์ยุคแรกเริ่ม

กระจุกดาว M67 ประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน มีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกับดวงอาทิตย์อย่างน่าทึ่ง และลักษณะทางสเปกตรัมหลากหลาย ครอบคลุมตั้งแต่กลุ่มดาวร้อนอุณหภูมิสูงไปจนถึงดาวเย็นอุณหภูมิต่ำ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ M67 จึงกลายเป็น “ห้องปฏิบัติการธรรมชาติ”

สำหรับการศึกษาวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ของเรามากที่สุด

ข้อมูลจากการศึกษาต่างประเทศและฐานข้อมูลดาราศาสตร์ระบุว่า M67 อยู่ห่างจากโลกประมาณ 830 พาร์เซก หรือราว 2,800 ปีแสง และมีอายุประมาณ 4,000 ล้านปี ซึ่งเทียบได้ใกล้เคียงกับอายุของระบบสุริยะของเราการศึกษา M67 จึงเป็นกุญแจสำคัญในการเข้าใจลำดับชั้นวิวัฒนาการของดาว และสามารถเปรียบเทียบกับทฤษฎีต่าง ๆ เช่น Main Sequence Evolution, Turn-off Point และ Red Giant Branch ได้อย่างเป็นระบบอีกทั้ง M67 ยังเป็นกระจุกดาวที่มีจำนวนดาวฤกษ์อยู่ในระดับหลายร้อยดวง ทำให้สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือและเทคนิคทางดาราศาสตร์ เช่น H-R Diagram และ Isochrones Fitting ได้อย่างแม่นยำและให้ผลที่มีนัยสำคัญทางวิชาการ นอกจากนี้ การศึกษาค่าดัชนีสี (Color Index) และอุณหภูมิยังผล (Effective Temperature) ยังสามารถนำไปใช้จำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวในกระจุกได้อีกด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำความเข้าใจองค์ประกอบของเอกภพ

จากเหตุผลที่กล่าวมา ผู้จัดทำโครงงานจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษากระจุกดาว M67 ทั้งในด้านตำแหน่งทางดาราศาสตร์ องค์ประกอบทางกายภาพ และบทบาทเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสากล การศึกษานี้ไม่เพียงแต่จะเพิ่มพูนความรู้ด้านดาราศาสตร์เชิงลึกให้กับผู้เรียน แต่ยังเป็นการฝึกกระบวนการวิจัยที่อิงกับข้อมูลจริงผ่านการสังเกต การคำนวณ และการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับงานวิจัยระดับโลกอีกด้วย

วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวแห่งชาติ (Thai National Observatory) จังหวัดเชียงใหม่ ถ่ายภาพกระจุกดาวเปิด M67 ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (Filter B) และ แผ่นกรองแสงสีที่ตามองเห็น (Filter V)
ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร โดยใช้เวลารับแสง 70 วินาทีต่อภาพ

2. นำภาพทั้ง 2 ฟิลเตอร์ ไปลบสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม AstroImageJ และระบุพิกัดให้กับดาวฤกษ์แต่ละดวงด้วยเว็บไซต์ nova.astrometry.net แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT)

3. ทำการดึงข้อมูล Apparent Magnitude ของดาวอ้างอิงจากโปรแกรม DS9

4. หาค่าดัชนีสี B-V โดยนำค่าโชติมาตรปรากฏของฟิลเตอร์ B มาลบกับ โชติมาตรปรากฏของฟิลเตอร์ V

5. สร้างกราฟ H-R Diagram โดยให้แกน x เป็นค่าดัชนีสี B-V และ แกน y เป็นโชติมาตรปรากฏของฟิลเตอร์ V ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกดาว NGC 2682 155 เป็นดาวอ้างอิง มีค่า RA=132.861 ,Dec=+11.811 ,FLUX_B=11.10 ,FLUX_V=10.51 ,OTYE_S=star

6. นำกราฟที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแผนภาพ H-R Diagram มาตรฐาน จากนั้นทำการหาจุดวกกลับ (turn off Point) เพื่อหาค่า m-M

7. คำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M67 จากสมการ

$$d = 10\left(\frac{m-M+5}{5}\right)$$

เมื่อ d คือ ระยะทางของกระจุกดาว
m คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
M คือ โชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์

8. คำนวณหาอายุของกระจุกดาวเปิด M67 โดยใช้สมการ ดังนี้

2.8.1 หากำลังส่องสว่างของกระจุกดาว (L) จากสมการ

$$m - m_{sun} = -2.5\,log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{d_{sun}}{d}\right)^2\right]$$

เมื่อ m คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
m_{sun} คือ โชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์ (-26.8)
L คือ กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์
L_{sun} คือ กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ (3.8×10^{26}w)

d คือ ระยะทางของกระจุกดาวฤกษ์

d_{sun} คือ ระยะห่างของดวงอาทิตย์ (4.85×10^{-6}pc)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของกำลังส่องสว่าง (L) กับมวลของกระจุกดาว (M) สามารถวิเคราะห์ได้ดังสมการ

$$\frac{L}{L_{sun}} = \left(\frac{M}{M_{sun}}\right)^{3.5}$$

9. คำนวณหาอายุของกระจุกดาวจากสมการ

$$T_{MS} = 10^{10}\left[\frac{M}{M_{sun}}\right]^{-2.5}$$

เมื่อ T_{MS} คือ อายุของกระจุกดาว (ปีแสง)

M คือ มวลของกระจุกดาว

M_{sun} คือ มวลของดวงอาทิตย์ ($\approx2\times10^{30}$kg)

10. ศึกษาค่าดัชนีสี (color index) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างโชติมาตรของดาวในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) กับสีที่ตามองเห็น จากสมการ I = B-V

เมื่อ I คือ ดัชนีสี

B คือ โชติมาตรในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน

V คือ โชติมาตรในช่วงความยาวคลื่นสีที่ตามองเห็น

11. ศึกษาอุณหภูมิยังผล (Effective Temperature) สามารถหาได้โดยการหาค่าดัชนีสีดาวฤกษ์ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างโชติมาตรของดาวในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) กับสีที่ตามองเห็นตามความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\frac{1}{T_{eff}} = 9.52307 \times 10^{-5} + (1.32488 \times 10^{-5})(B\text{-}V)$$

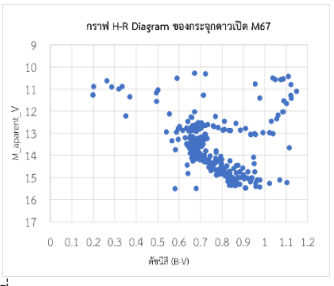
เมื่อ T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล (เคลวิน)

(B-V) คือ ดัชนีสีดาวฤกษ์

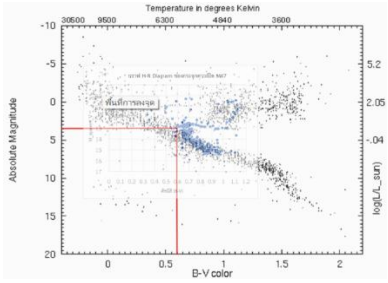
ผลและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาการสร้างกราฟ H-R Diagram ของกระจุกดาวเปิด M67

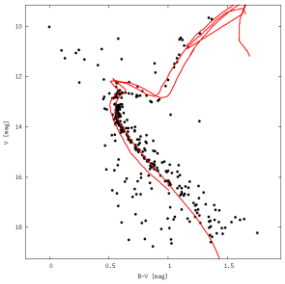
แล้วนำกราฟที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแผนภาพ H-R Diagram มาตรฐาน และการใช้เทคนิค Isochrones Fitting ได้กราฟดังภาพ



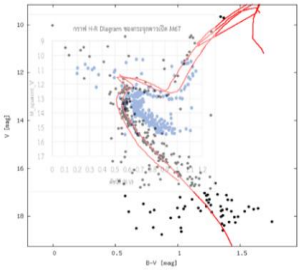
ภาพที่ 1 กราฟแสดง H-R Diagram ของกระจุกดาวเปิด M67



ภาพที่ 2 กราฟแสดง H-R Diagram ของกระจุกดาวเปิด M67 เปรียบเทียบกับแผนภาพ H-R Diagram มาตรฐาน



ภาพที่ 3 กราฟแสดง Isochrones M67 จากฐานข้อมูล



ภาพที่ 4 กราฟแสดง Isochrones Fitting M67

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาระยะทาง อายุ ของกระจุกดาวเปิด M67

H-R Diagram Fitting		Isochrones Fitting
ระยะทาง(pc)	**อายุ (ล้านปี)**	**อายุ (ล้านปี)**
794.32	4,332.91	3,992

2. ผลศึกษาอุณหภูมิยังผล ชนิดสเปกตรัม และดัชนีสีของกระจุกดาวเปิด M67

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาณหภูมิยังผล ดัชนีสี และชนิดสเปกตรัม ของกระจุกดาวเปิด M67

H-R Diagram Fitting		
อุณหภูมิยังผล (K)	**ค่าดัชนีสี (B-V)**	**ชนิดสเปกตรัม**
4,038-8,215	+0.2 ถึง +1.15	K ถึง A

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะทาง อายุ อุณหภูมิยังผลและชนิดสเปกตรัมของกระจุกดาวเปิด M67 จากการสร้างกราฟ H-R Diagram กับงานวิจัยอื่น

ผู้ทำวิจัย	ปี ค.ศ	ระยะทาง (pc)	**อายุ (ล้านปี)**	อุณหภูมิยังผล(K)	ค่าดัชนีสี	ชนิดสเปกตรัม
Sarajedini et al.	2019	855	4000	-	-	-
Chewa Thassana et al.	2017	-	-	4400-6400	-	K ถึง A
ฐานข้อมูล WEBDA	-	908	2564.48	-	-	-
งานวิจัยฉบับนี้	2025	794.32	4332.91	4038-8215	+0.2 ถึง+1.15	KถึงA

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษากระจุกดาวเปิด M67 พบว่าการใช้ภาพถ่ายผ่านฟิลเตอร์ B และ V ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วย H-R Diagram และเทคนิค Isochrones Fitting สามารถนำมาใช้ประมาณค่าระยะทาง อายุ และคุณสมบัติของดาวฤกษ์ภายในกระจุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าระยะทางที่ได้เท่ากับ 794.32 พาร์เซก และค่าอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 3,992–4,332.91 ล้านปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากระจุกดาว M67 เป็นกระจุกดาวที่มีอายุค่อนข้างมาก ส่งผลให้ดาวฤกษ์มวลมากที่มีอุณหภูมิสูงได้วิวัฒนาการออกจากลำดับหลักไปแล้ว เหลือดาวส่วนใหญ่ในช่วงอุณหภูมิ 4,038–8,215 เคลวิน ซึ่งจัดอยู่ในสเปกตรัม K ถึง A ทั้งนี้ การที่อายุจากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้สร้างแผนภาพ H-R Diagram มีความน่าเชื่อถือ และสามารถสะท้อนลักษณะวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ภายในกระจุกได้อย่างเหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานของ Sarajedini et al. (2009) ซึ่งรายงานว่ากระจุกดาว M67 มีระยะทางประมาณ 855 พาร์เซก และมีอายุประมาณ 4,000 ล้านปี โดยค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีความคลาดเคลื่อนของระยะทางเพียง 7.13% และอายุอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ผลการคำนวณอุณหภูมิยังผลยังมีแนวโน้มสอดคล้องกับงานของ Chewa Thassana และ Wiraporn Maithong (2017) ที่ระบุว่าอุณหภูมิของดาวใน M67 อยู่ในช่วง 4,400–6,400 K โดยแม้การศึกษาครั้งนี้จะได้ช่วงอุณหภูมิกว้างกว่า แต่สามารถอธิบายได้จากความแตกต่างของกลุ่มดาวตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ รวมถึงข้อจำกัดของการใช้ฟิลเตอร์เพียง 2 ชนิด ซึ่งอาจทำให้ค่าที่คำนวณได้ในช่วงสเปกตรัม A มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าช่วงสเปกตรัมอื่น อย่างไรก็ตาม ภาพรวมของผลลัพธ์ยังคงสอดคล้องกับแนวโน้มจากงานวิจัยเดิม และยืนยันได้ว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถใช้ศึกษากระจุกดาวเปิดได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากคุณศวัสกมล ปิจดี เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ที่ให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนการใช้กล้องโทรทรรศน์และอุปกรณ์ในการสังเกตการณ์ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ขอขอบคุณคุณครูรัชดาภรณ์ บัณฑิต ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการจัดทำโครงงาน ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปทิต จตุพจน์, (2564), *แผนภาพ H-R วิวัฒนาการของดาวฤกษ์*

NASA. (n.d.). Messier 67. NASA Science. Retrieved April 24, 2025,

Ata Sarajedini, Aaron Dotter, and Allison Kirkpatrick.(2009). *DEEP 2MASS PHOTOMETRY OF M67 AND CALIBRATION OF THE MAIN-SEQUENCE J – KS COLOR DIFFERENCE AS AN AGE INDICATOR.Department of A stronomy*, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA

Chewa Thassana และ Wiraporn Maithong.(2017). *AGE AND TEMPERATURE OF GLOBULAR-OPEN STAR CLUSTERS CASE STUDY : M3 M35 AND M67*. J. Sains Dasar