บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการถ่ายภาพกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M44 ด้วยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมทรี แล้วนำภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาดำเนินการทาง Reduction Images คือ การกำจัดสัญญาณรบกวน การหาโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีหาซีซีดีโฟโตเมทรี การสร้างแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M44 ตลอดจนถึงการซ้อนทับแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวกับแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์มาตรฐานเพื่อหาอายุ และระยะทางของกระจุกดาว และนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบผลกับผลการศึกษาการหาอายุระยะทางของกระจุกดาวอื่น ๆ ประกอบด้วยกระจุกดาวเปิด M35 M67 ตามรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวทรงกลม M3

4.1.1 การหาค่าโชติมาตรของกระจุกดาวทรงกลม M3 ด้วยเทคนิคทางโฟโตเมทรี

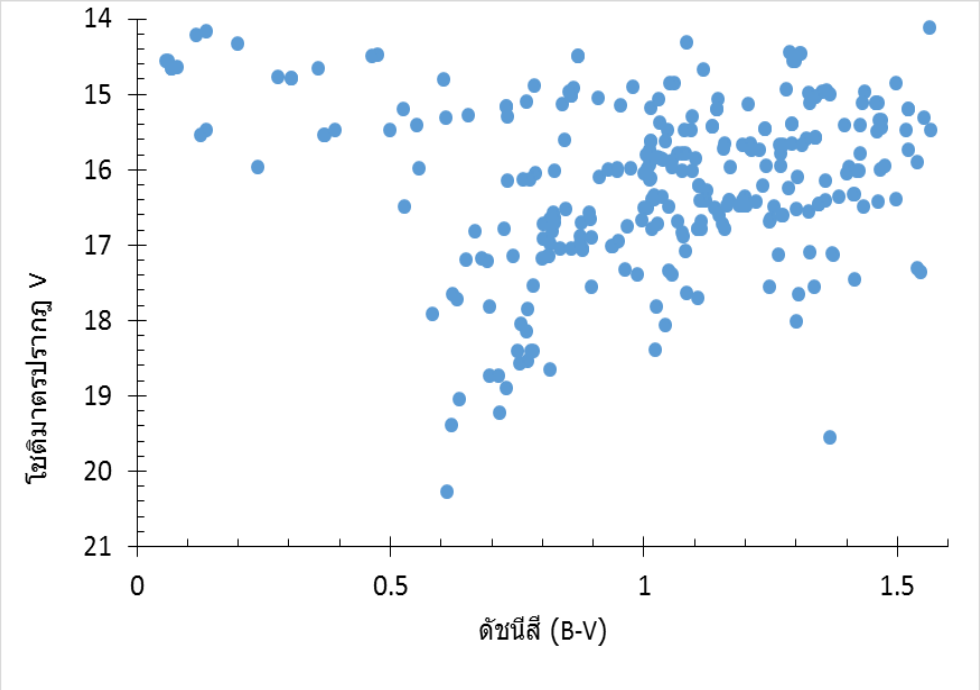
จากการกำจัดสัญญาณรบกวน Reduction Images ด้วยโปรแกรม Iris แล้วจะทำให้ได้ภาพของกระจุกดาว เพื่อที่จะนำไปสู่การหาค่าโชติมาตรปรากฏของดาวในกระจุกดาวทรงกลม M3 ซึ่งได้ค่าโชติมาตรดังแสดงในตารางภาคผนวก ง.1

จากตารางภาคผนวกที่ ง.1 ภาพถ่ายของดาวในกระจุกดาวทรงกลม M3 เมื่อทำภาพ Reduction Images แล้วทำการวัดโชติมาตรปรากฏของดาวมีข้อมูลทั้งสิ้น 350 ดวง โดยมีค่าโชติมาตรปรากฏของกลุ่มดาวอยู่ในช่วงระหว่าง 16-22 และมีค่าดัชนีสี (B-V) อยู่ในช่วงระหว่าง 0–1.6 ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปดำเนินการสร้างแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวต่อไป ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ข้อควรระมัดระวังในกระบวนการนี้คือการเรียงลำดับของดาว Centreid x และ Centreid y ตัดทำข้อมูลมาเรียงให้เป็นข้อมูลของดาวดวงเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.1.2 การสร้างแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3

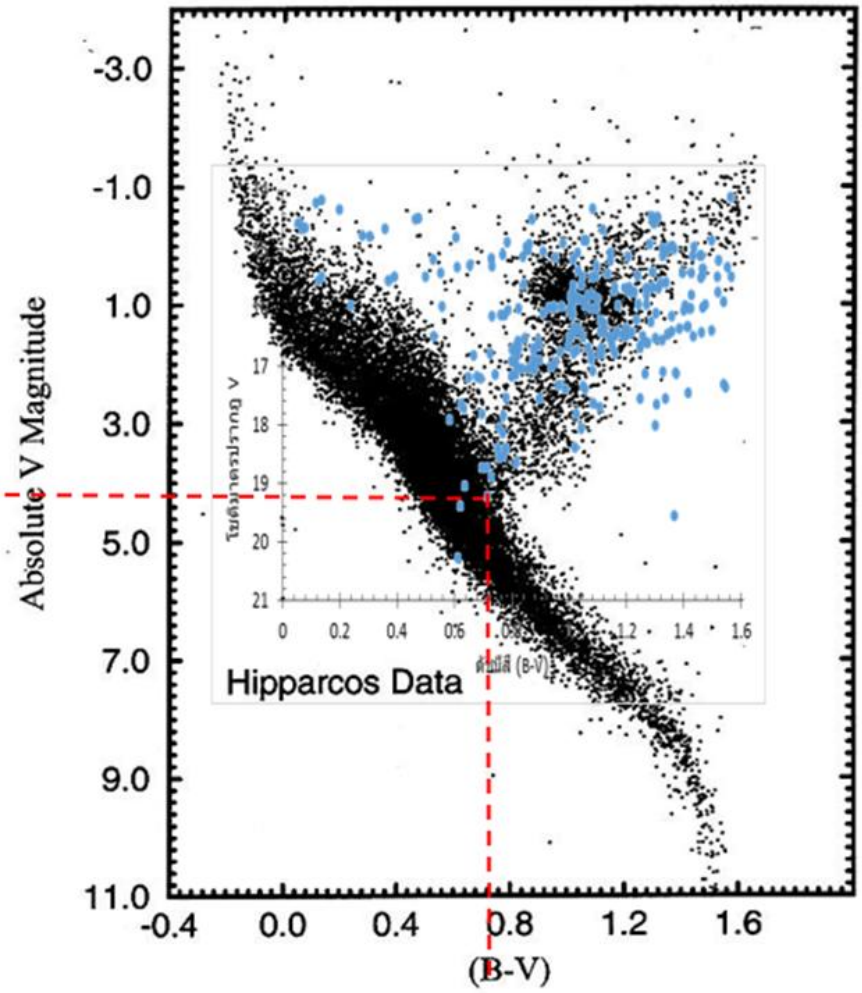
จากตารางภาคผนวกที่ ง.1 ภาพถ่ายของดาวในกระจุกดาวทรงกลม M3 และค่าดัชนีสีของดาว ดังนั้น สามารถทำข้อมูลมาสร้างแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ระหว่างค่าดัชนีสี (B - V) กับค่าโชติมาตรปรากฏ (V) จะได้เห็นภาพขยายของกระจุกดาวทรงกลม M3 แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3

เมื่อสร้างแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 เรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ 4.1 จากนั้นนำแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ที่ได้มาซ้อนทับกับแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์มาตรฐานและเมื่อเทียบภาพซ้อนทับกัน จะทำให้สามารถทราบจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (Main sequence turn off point) ของกระจุกดาว M3 รายละเอียดแสดงดังแผนภาพที่ 4.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

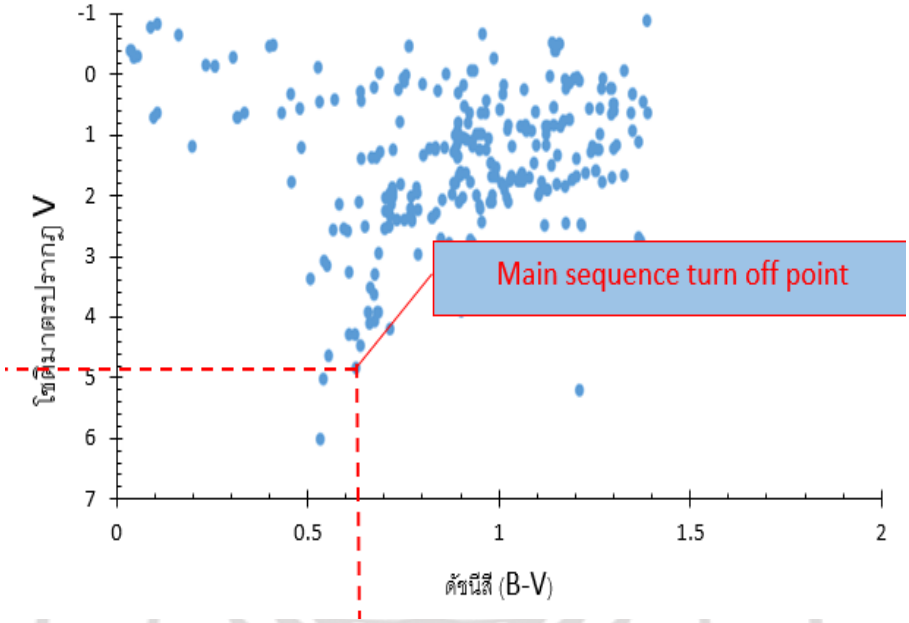


ภาพที่ 4.2 การซ้อนทับแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์มาตรฐาน

ภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นผลการซ้อนทับของโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน จะได้โชติมาตรปรากฏของดาว (m) มีค่าประมาณ 19.2 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน (M) มีค่าประมาณ 4.2 ซึ่งค่าที่ได้นี้สามารถนำมาหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 ต่อไป

แผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 โดยให้แกนแนวนอนแทนค่าดัชนีสี (B – V) และแกนแนวตั้งแทนโชติมาตรสัมบูรณ์ M_V แสดงดังภาพที่ 4.3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์



ภาพที่ 4.3 จุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลักของกระจุกดาวทรงกลม M3

จากภาพที่ 4.3 ที่ตำแหน่งดัชนีสี $(B-V)$ มีค่าประมาณ 0.66 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาว (M_v) มีค่าประมาณ 4.6 เมื่อพิจารณาความสอดคล้องกับภาพที่ 4.2 จะพบว่ามีจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักที่ตรงกับภาพที่ 4.3 จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (m) มีค่าประมาณ 19.2 ภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าดาวในสมาชิกของกระจุกดาวทรงกลม M3 มีดาวบางดวงยังอยู่ในกระบวนการหลักและดาวส่วนใหญ่เริ่มเบนออกจากแถบกระบวนการหลัก (Main Sequence Turn off point)

4.1.3 ระยะทางจากโลกของกระจุกดาวทรงกลม M3

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเทียบแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับแผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์มาตรฐาน เพื่อให้ได้ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์และขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาระยะทางโดยคำนวณได้จากสมการ (2.4) คือ

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

ซึ่งในทั้งนี้ m คือ โชติมาตรปรากฏ

M คือ โชติมาตรสัมบูรณ์

การคำนวณอายุและระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3

$$m = 19.2$$

$$M = 4.2$$

$$m - M = 19.2 - 4.2$$

$$= 15$$

$$B - V = 6.6$$

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 จะได้

จากสมการ

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

$$d = 10^{\left(\frac{15+5}{5}\right)}$$

$$= 10^{4}$$

$$= 10,000\text{pc} \text{ หรือ } 32615.64\text{ly}$$

4.1.4 อายุของกระจุกดาวทรงกลม M3

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1 จะพบว่าจุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลักของกระจุกดาวทรงกลม M3 ตรงกับภาพที่ 4.3 จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (m) มีค่าประมาณ 19.2 พิจารณาภาพที่ 4.2 โดยสามารถคำนวณหาอายุได้จากสมการ (2.8) เนื่องจากค่าที่ได้นี้ คือค่าโชติมาตรปรากฏของดาวจึงต้องเปลี่ยนค่าโชติมาตรปรากฏให้เป็นมวลของดาวโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับกำลังส่องสว่างได้จากสมการ (2.7) ซึ่งผลการคำนวณหาค่าของกระจุกดาวทรงกลม M3 มีค่าเท่ากับ 1.26 เมื่อคำนวณอัตราส่วนมวลของดาวกับดวงอาทิตย์ได้แล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปหาอายุของกระจุกดาวทรงกลม M3 ได้จากสมการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จากผลการคำนวณพบว่ากระจุกดาวทรงกลม M3 มีอายุประมาณ 5.6 พันล้านปี

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

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$19.2 - (-26.5) = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{d_{sun}}{d}\right)^{2}\right]$$

$$45.7 = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{4.848132\times10^{-6}}{10000}\right)^{2}\right]$$

$$-18.28 = \log\left(\frac{L}{L_2}\right)\left(4.85\times10^{-10}\right)$$

$$-18.28 = \log\left(\frac{L}{L_s}\right)23.52\times10^{-20}$$

$$10^{-18.28} = \left(\frac{L}{L_s}\right)2.3528\times10^{-13}$$

$$5.25\times10^{-19} = \frac{L}{L_s}\left(2.352\times10^{-19}\right)$$

$$\frac{L}{L_s} = \frac{5.25\times10^{-19}}{2.35\times10^{-19}}$$

$$= 2.23$$

เมื่อนำค่ากำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์มาคำนวณหามวลของดาวฤกษ์ต่อมวลดวงอาทิตย์จากสมการที่ (2.9)

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

$$\log\left(2.23\right) = 3.5\log\left(\frac{M}{M_{sun}}\right)$$

$$0.35 = 3.5\log\left(\frac{M}{M_{sun}}\right)$$

$$0.1 = \log\left(\frac{M}{M_{sun}}\right)$$

$$10^{0.1} = \frac{M}{M_{sun}}$$

$$\frac{M}{M_{sun}} = 1.26$$

หลังจากนั้นคำนวณหาอายุของกระจุกดาวโดยแทนค่ามวลของดาวฤกษ์ต่อมวลดวงอาทิตย์ลงในสมการที่ (2.8) จะได้

$$t = 10^{10}\,\text{years}\left(\frac{M}{M_{sun}}\right)^{-2.5}$$

$$= 10^{10}\,years\left(1.26\right)^{-2.5}$$

$$= 5.6\times10^{9}\,years$$

ดังนั้นกระจุกดาวทรงกลม M3 มีอายุประมาณ 5.6 พันล้านปี และระยะทางจากโลกประมาณ 10,000 พาร์เซก หรือ 32615.64 ปีแสง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวเปิด M44

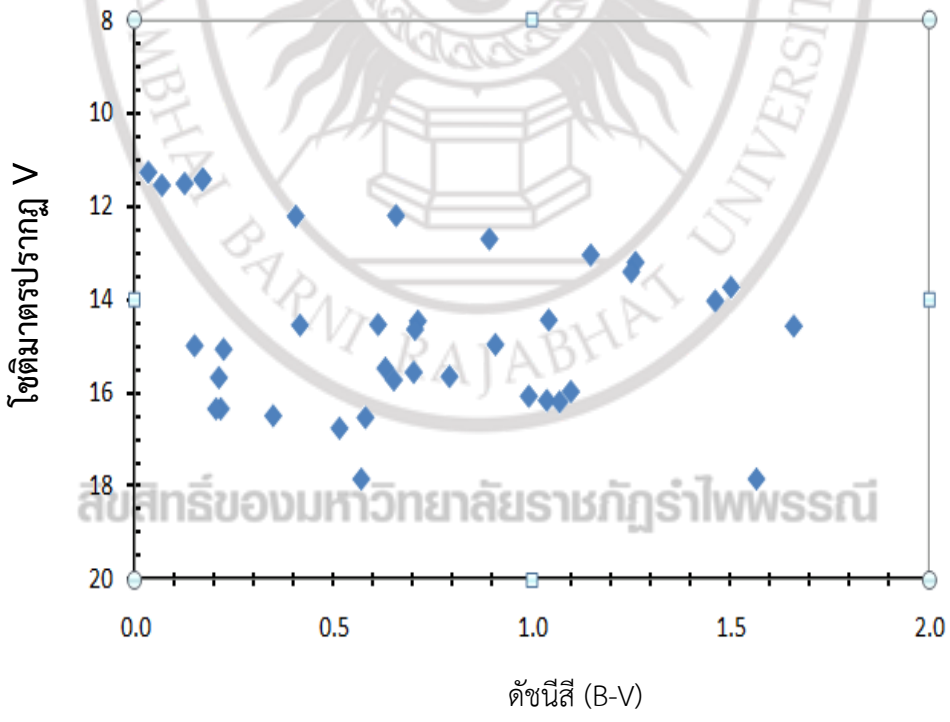
4.2.1 การหาค่าโชติมาตรของกระจุกดาวเปิด M44 ด้วยเทคนิคทางโฟโตเมทรี

จากการกำจัดสัญญาณรบกวน Reduction Images ด้วยโปรแกรม Iris แล้วจะทำให้ได้ภาพของกระจุกดาว เพื่อที่จะนำไปสู่การหาค่าโชติมาตรปรากฏของดาวในกระจุกดาวเปิด M44 ซึ่งได้ค่าโชติมาตรดังแสดงในตารางภาคผนวก ง.2

จากตารางภาคผนวกที่ ง.2 ภาพถ่ายของดาวในกระจุกดาวทรงกลม M3 เมื่อทำภาพ Reduction Images แล้วทำการวัดโชติมาตรปรากฏของดาวมีข้อมูลทั้งสิ้น 42 ดวง โดยมีค่าโชติมาตรปรากฏของกลุ่มดาวอยู่ในช่วงระหว่าง 11-18 และมีค่าดัชนีสี (B-V) อยู่ในช่วงระหว่าง 0–1.6 ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปดำเนินการสร้างแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวต่อไป

4.2.2 การสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M44

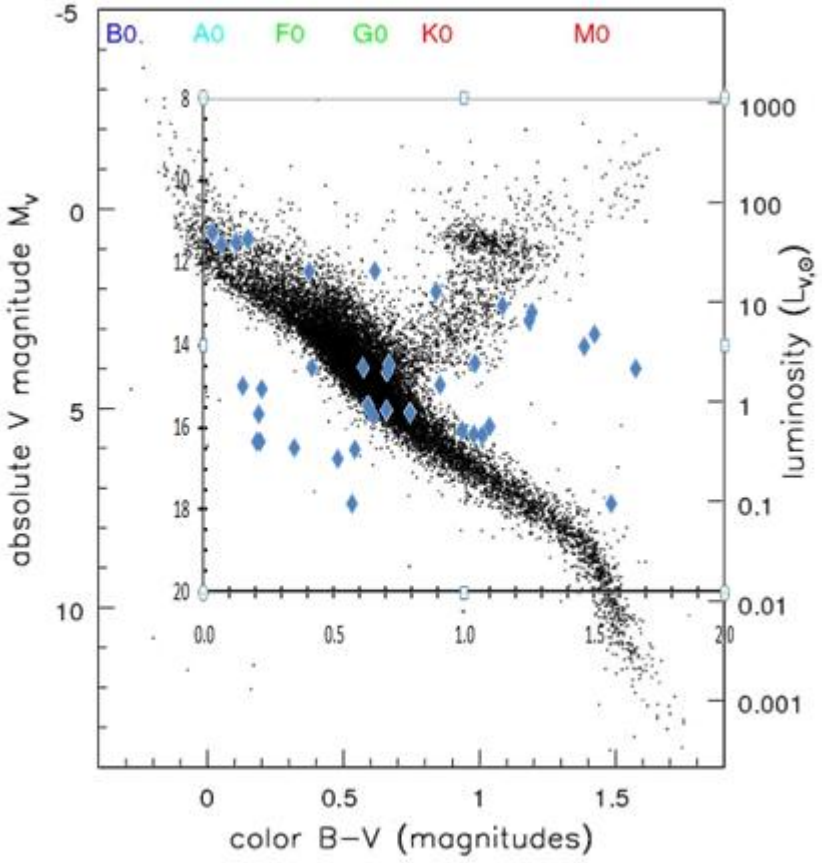
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวเปิดทั้งสองกระจุก แล้วนำมาผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกเปิดทั้งสองกระจุก โดยแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ที่สร้างขึ้นมานั้น จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสี (B-V) กับโชติมาตรปรากฏ (V) จะได้แผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิด M44 ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แผนภาพเฮิรตซ์ปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M44

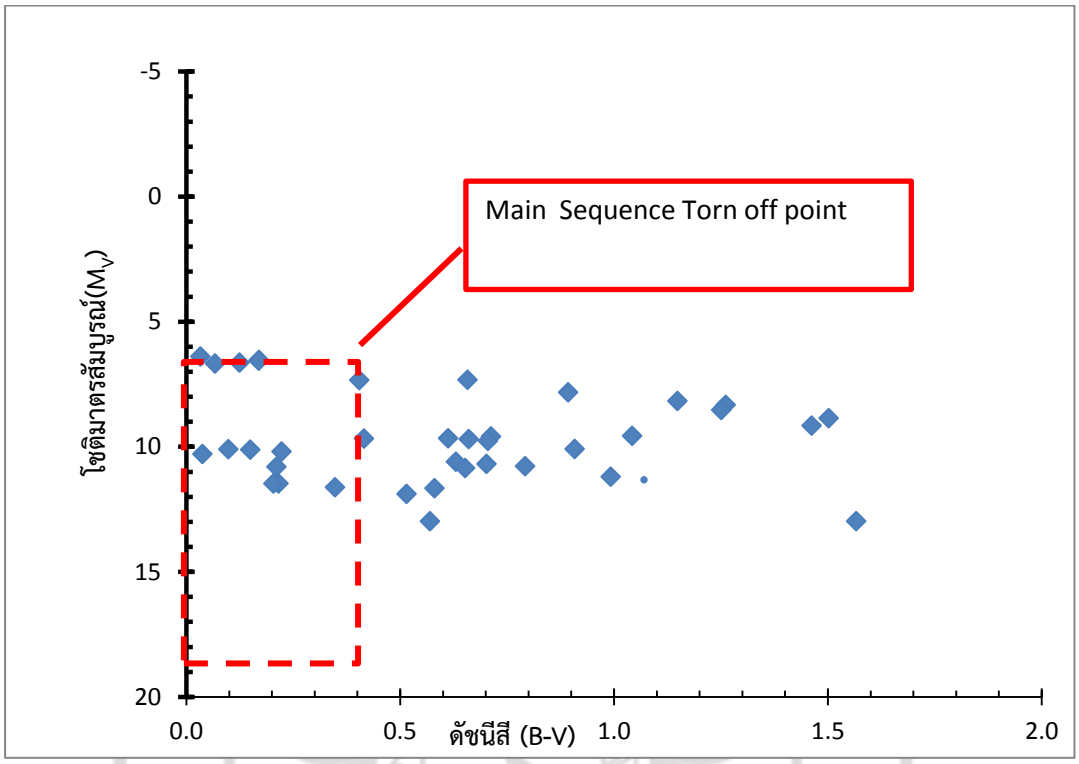
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เมื่อสร้างแผนเฮิรตซ์ปรุง –เฮิรตซ์ปรุงของกระจุกดาวเปิดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ที่ได้มาซ้อนทับกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน และเมื่อเทียบภาพซ้อนทับแล้วจะสามารถทราบจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักของกระจุกดาว ผลที่ได้เป็นไปดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การซ้อนทับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M44 กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน

ภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นผลการซ้อนทับของโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาวเปิด M44 กับค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน ซึ่งสามารถทำให้ทราบจุดที่กระจุกดาวเปิด M44 เบนออกจากแถบกระบวนหลัก จากนั้นสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง–รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิด M44 โดยให้แกนแนวนอนแทนดัชนีสี (B-V) และแกนแนวตั้งแทนค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ M_V แสดงดังภาพที่ 4.6 จะได้โชติมาตรปรากฏของดาว (m) มีค่าประมาณ 7 และค่า โชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน (M) มีค่าประมาณ 0.5 สามารถนำมาคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M44



ภาพที่ 4.6 จุดเบนออกจากแถบกระบวกหลักของกระจุกดาวเปิด M44

ภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าดาวในสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M44 มีดาวบางดวงยังอยู่ในแถบกระบวนหลักและมีดาวเริ่มเบนออกจากกระบวกหลัก (Main Sequence Turn off point) ซึ่งมีตำแหน่งดัชนีสี (B-V)

พิจารณาภาพที่ 4.4 จะพบว่ามีจุดเบนออกจากแถบหลักตรงกับภาพที่ 4.6 จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (m) มีค่าประมาณ 9.8

4.2.3 ระยะทางจากโลกของกระจุกดาว M44

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิด M44 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเทียบแผนภาพเฮิร์ทปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิด M44 กับครั้งนี้ใช้วิธีการเทียบแผนภาพเฮิร์ทปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานเพื่อให้ได้ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ การคำนวณหาระยะทางคำนวณได้จากสมการ (2.4) คือ

$$m = 7$$

$$M = 0.5$$

$$m - M = 7 - 0.5$$

$$= 6.5$$

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M44 จะได้

จากสมการ

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

$$d = 10^{\left(\frac{6.5+5}{5}\right)}$$

$$= 10^{2.3}$$

$$= 199.52\text{pc} \text{ หรือ } 648.7\text{ly}$$

ดังนั้นกระจุกดาวเปิด M44 ระยะทางจากโลกประมาณ 199.5 พาร์เซก หรือ 648.72 ปีแสง

4.2.4 อายุของกระจุกดาวเปิด M44

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4 จะพบว่าจุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลักของกระจุกดาวเปิด M44 ตรงกับภาพที่ 4.6 จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลัก (m) มีค่าประมาณ 7 พิจารณาจากภาพที่ 4.5 โดยสามารถคำนวณหาอายุของได้จากสมการที่ (2.8) เนื่องจากค่าที่ได้นี้ คือค่าโชติมาตรปรากฏของดาวจึงต้องเปลี่ยนค่าโชติมาตรปรากฏให้เป็นมวลของดาวโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับกำลังส่องสว่างได้จากสมการที่ (2.7) ซึ่งผลการคำนวณหาค่าของกระจุกดาวเปิด M44 มีอายุ ประมาณ 5.5 ร้อยล้านปี ดังรายละเอียดดังนี้

คำนวณหาอัตราส่วนส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์

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

$$7 - (-26.5) = -2.5 \log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{d_{sun}}{d}\right)^2\right]$$

$$33.5 = -2.5 \log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{4.848132x10^{-6}}{199.5}\right)^2\right]$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$-13.4 = \log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{2.350438x10^{-11}}{39800.25}\right)^2\right]$$

$$-13.4 = \log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right) + \log\left(5.905586x10^{-16}\right)\right]$$

$$\log\frac{L}{L_{sun}} = 15.2 - 13.4$$

$$\log\frac{L}{L_{sun}} = 1.8$$

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

$$3.5\log\left(\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{M_{sun}}}\right) = 1.8$$

$$\log\left(\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{M_{sun}}}\right) = 0.$$

= 3.2

จากสมการ $t = 10^{10} years\left(\frac{M}{M_{sun}}\right)^{-2.5}$

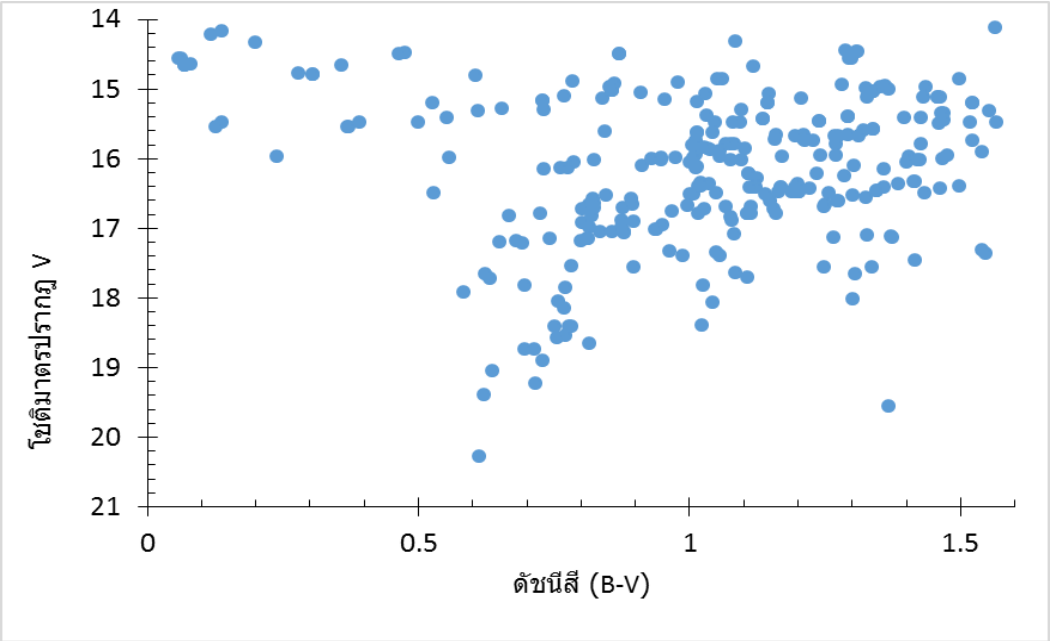
$$t = 10^{10} years[3.2]^{-2.5}$$

t=5.5 ร้อยล้านปี

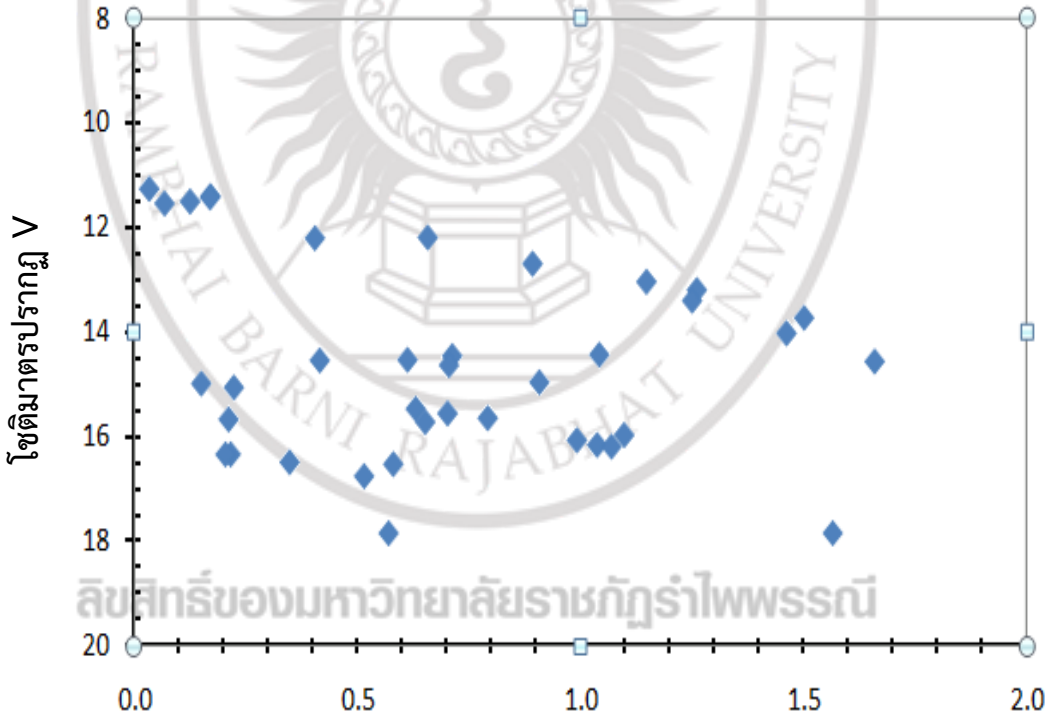
4.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล การคำนวณอายุของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับการจุกดาวเปิด M35 M44 และ M67

จากการดำเนินวิจัยการศึกษาหาอายุ และระยะทางจากโลกของกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M44 ด้วยเทคนิคทางซีซีดี โฟโตเมทรี เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลงานวิจัยของการหาอายุและระยะห่างจากโลกของกระจุกดาวเปิด M35 และกระจุกดาวเปิด M67 แผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M35 M44 และ M67 แสดงดังภาพที่ 4.7 และเมื่อทำแผนภาพที่ 4.7 มาซ้อนทับแผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์มาตรฐานเพื่อหาจุดเบนออกจากแกนระนาบหลักของดาวนั้นผลการวิจัยแสดงดังแผนภาพที่ 4.8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

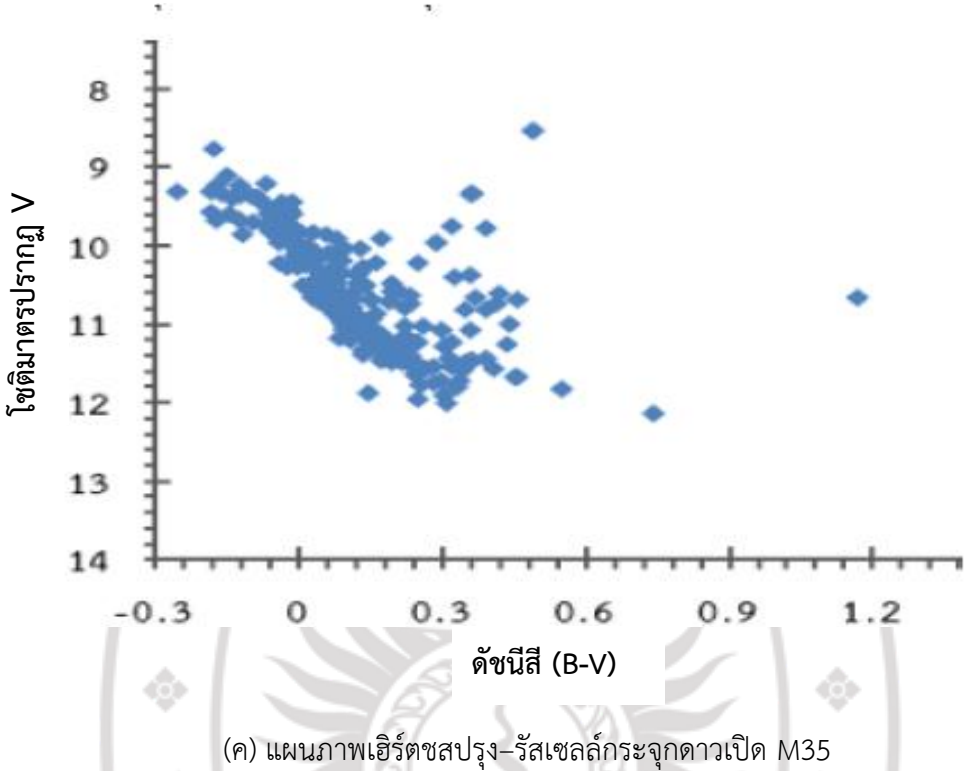


(ก) แผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์กระจุกดาวทรงกลม M3

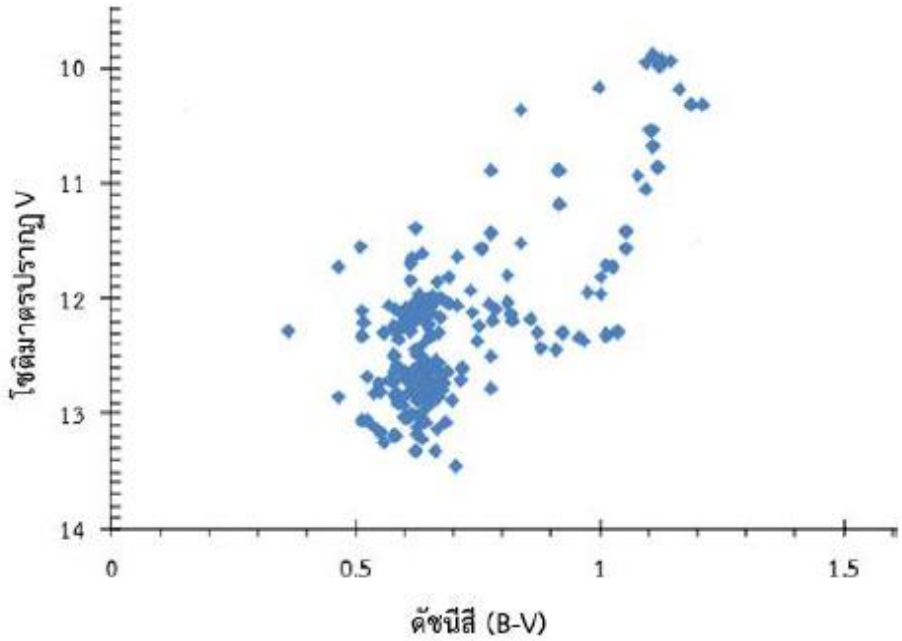


(ข) แผนภาพเฮิร์ตซสปรุง–รัสเซลล์กระจุกดาวเปิด M44

RAMKHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

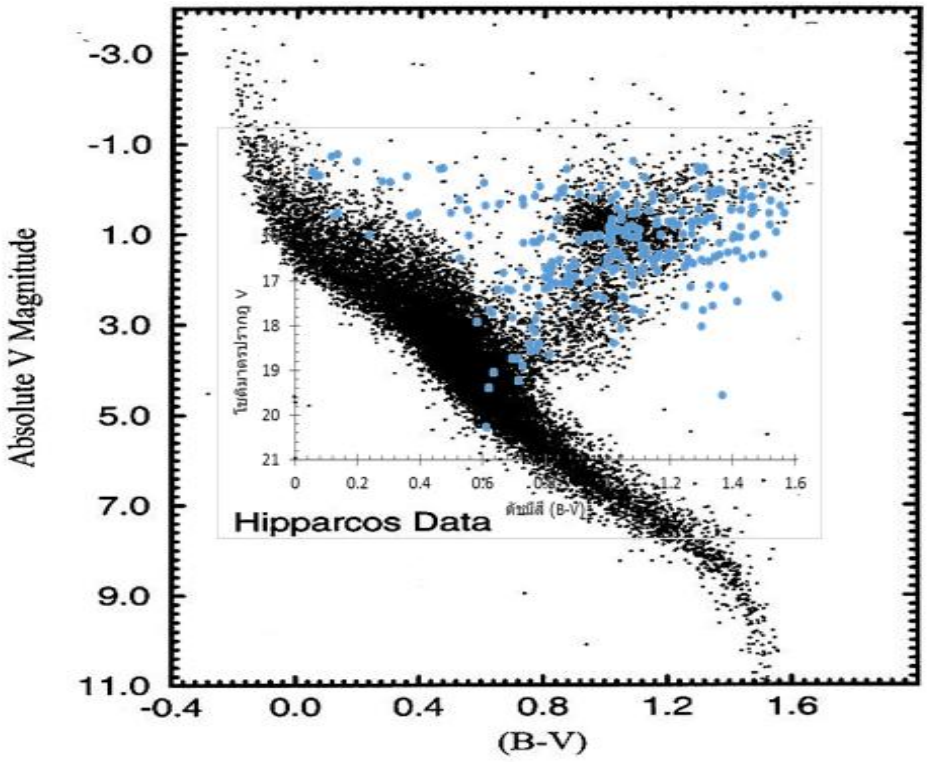


(ค) แผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์กระจุกดาวเปิด M35

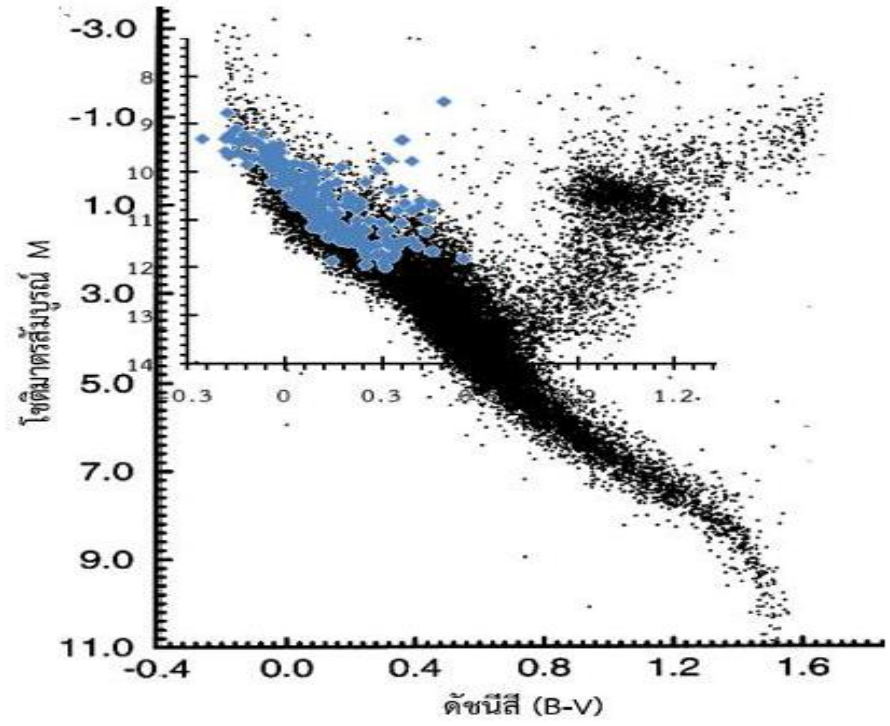


(ง) แผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์กระจุกดาวเปิด M67

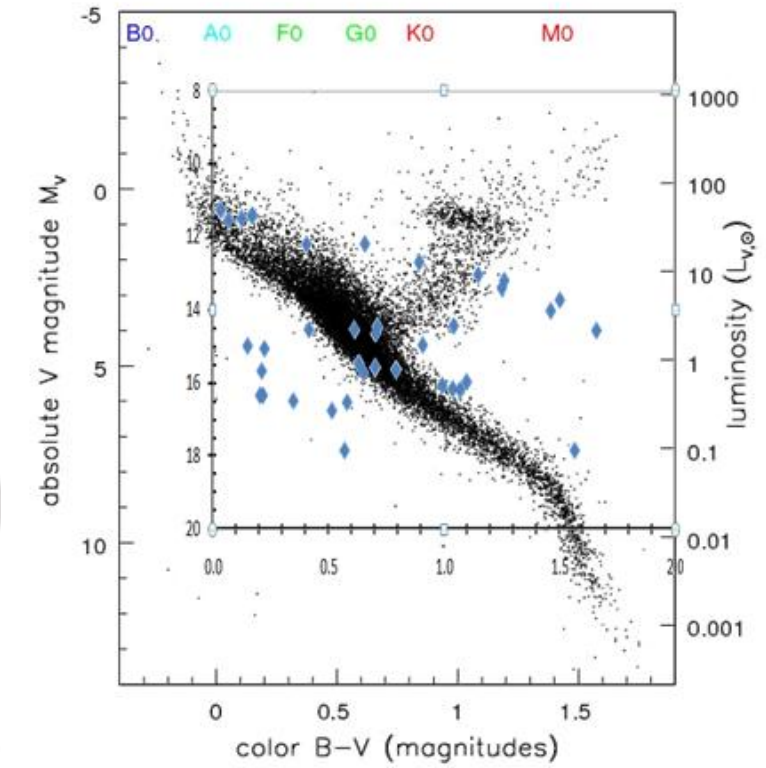
ภาพที่ 4.7 แผนภาพเฮิร์ตชสปรุง–รัสเซลล์ของ (ก) กระจุกดาวทรงกลม M3 (ข) กระจุกดาวเปิด M44 (ค) กระจุกดาวเปิด M35 (ง) กระจุกดาวเปิด M67


Absolute V Magnitude
-3.0
-1.0
1.0
3.0
5.0
7.0
9.0
11.0
-0.4
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
(B-V)
Hipparcos Data

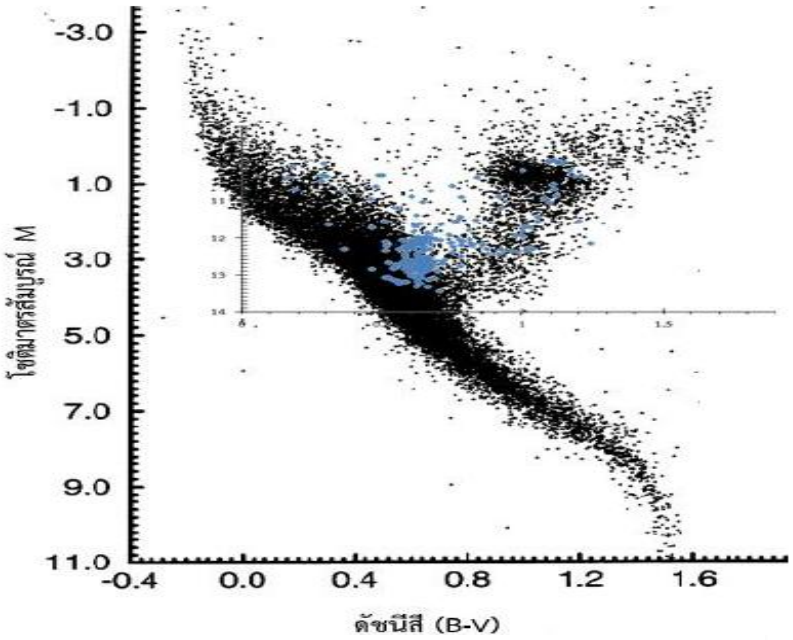
(ก) M3


โชติมาตรสัมบูรณ์ M
-3.0
-1.0
1.0
3.0
5.0
7.0
9.0
11.0
-0.4
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
ดัชนีสี (B-V)

(ข) M35



(ค) M44



(ง) M67

ภาพที่ 4.8 การซ้อนทับแผนภาพแฮรท์สชปรุง–รัสเซลล์ของ (ก) กระจุกดาวทรงกลม M3 (ข) กระจุกดาวเปิด M35 (ค) กระจุกดาวเปิด M44 และ (ค) กระจุกดาวเปิด M67

จากภาพที่ 4.8 สามารถทำให้เห็นผลการซ้อนทับของโชติมาตรของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับกระจุกดาวเปิด M35 กระจุกดาวเปิด M44 และกระจุกดาวเปิด M67 จะทำให้ได้ค่าโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาวทั้งสามแสดงตารางที่ 4.1 และจะพบว่า กระจุกดาวทรงกลม M3 เป็นกระจุกดาวที่ดาวส่วนมาก อยู่เลยแถบกระบวนหลักขึ้นไป กระจุกดาวเปิด M35 พบว่าดาวส่วนมากอยู่ในแถบกระบวนหลัก มีเพียงเล็กน้อยที่อยู่เลยแถบกระบวนหลัก กระจุกดาวเปิด M44 มีทั้งดาวที่อยู่ในแถบกระบวนหลักและเบนออกนอกแถบกระบวนหลัก ส่วนกระจุกดาว M67 นั้นมีดาวบางส่วนมีอยู่ในแถบกระบวนหลักและดาวบางส่วนเบนออกจากแถบกระบวนหลัก โดยสามารถแสดงค่าดัชนีสี $(B-V)$ และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของกระจุกดาวดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าโชติมาตรปรากฏและโชติมาตรสัมบูรณ์

กระจุกดาว	ค่าโชติมาตรปรากฏ	โชติมาตรสัมบูรณ์
กระจุกดาวทรงกลม M3	19.2	4.2
กระจุกดาวเปิด M35	9.8	0.0
กระจุกดาวเปิด M44	7.0	0.5
กระจุกดาวเปิด M67	12.8	3.2

ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีสี $(B-V)$ และ ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์

กระจุกดาว	ค่าดัชนีสี $(B-V)$	ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์
กระจุกดาวทรงกลม M3	6.6	4.2
กระจุกดาวเปิด M35	0.32	0.0
กระจุกดาวเปิด M44	0.40	0.5
กระจุกดาวเปิด M67	0.64	3.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

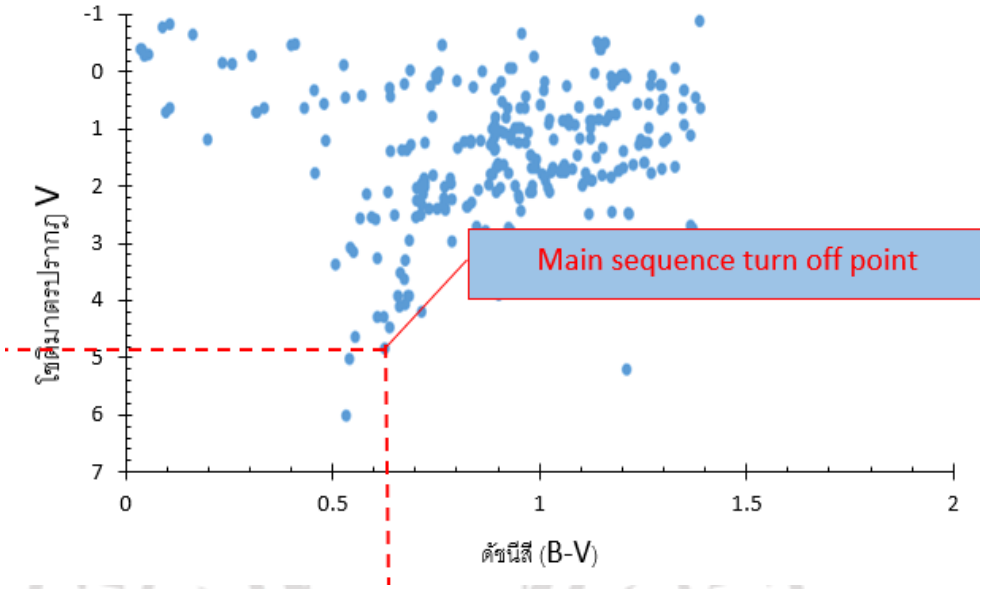
จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดของกระจุกดาวทรงกลม M3 และกระจุกดาวเปิด M35 M44 และ M67 นั้นนำไปสู่การคำนวณหาระยะห่างจากโลก โดยใช้สมการ (2.4) และคำนวณหาอายุของกระจุกดาวได้จากสมการ (2.8) ผลจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระยะห่างจากโลก (pc) และอายุของกระจุกดาว M3, M35 และM67

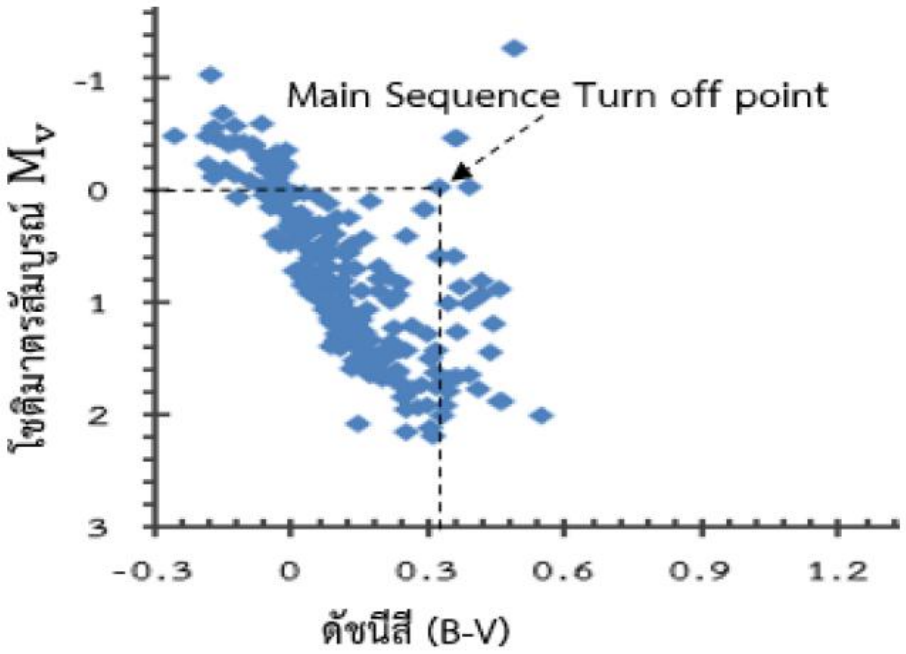
กระจุกดาว	ระยะห่างจากโลก (pc)	อายุของกระจุกดาว (พันล้านปี)
กระจุกดาวทรงกลม M3	10,000	6.6
กระจุกดาวเปิด M35	912	0.178
กระจุกดาวเปิด M44	199.5	5.5
กระจุกดาวเปิด M67	831	3.0

ตารางที่ 4.3 พบว่า กระจุกดาวที่มีระยะห่างจากโลกค่าจากมากไปน้อย คือ กระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M35 กระจุกดาวเปิด M44 และกระจุกดาวเปิด M67 ตามลำดับ และกระจุกดาวที่มีอายุมากสุดคือกระจุกดาวทรงกลม M3 และกระจุกดาวที่มีอายุน้อยสุดคือกระจุกดาวเปิด M35 เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนำมาสร้างกราฟระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์ M_V กับดัชนีสี $(B-V)$ ของกระจุกดาวทรงกลม M3 และกระจุกดาวเปิด M35 M44 และM67 เพื่อสามารถทำให้มองเห็นถึงจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักของกระจุกดาวทั้ง 4 สามารถแสดงได้ดังภาพ 4.6

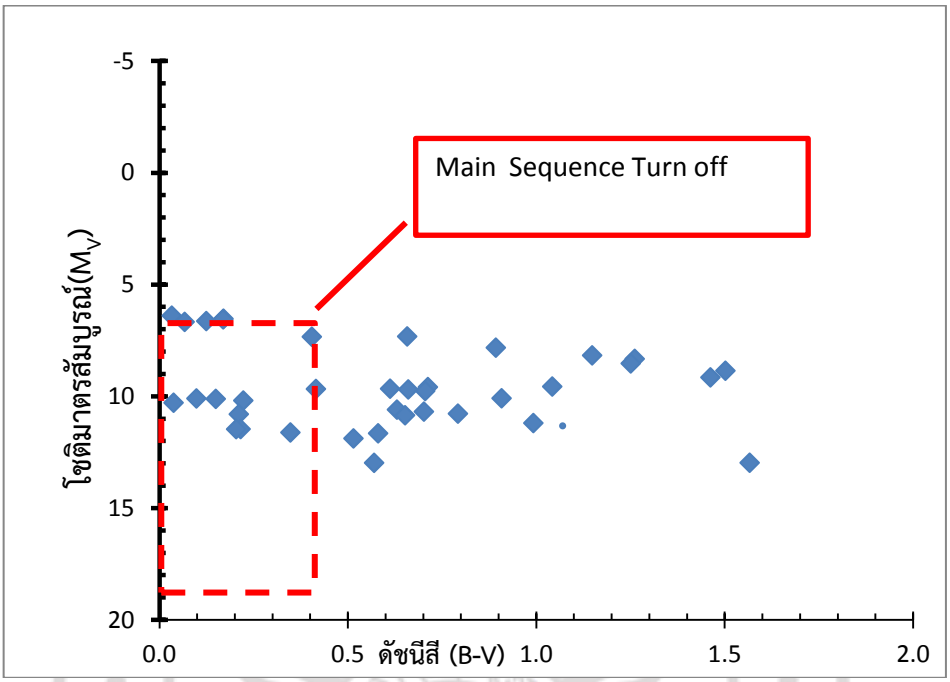
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี


Main sequence turn off point
โชติมาตรปรากฏ V
ดัชนีสี (B-V)
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
0
0.5
1
1.5
2

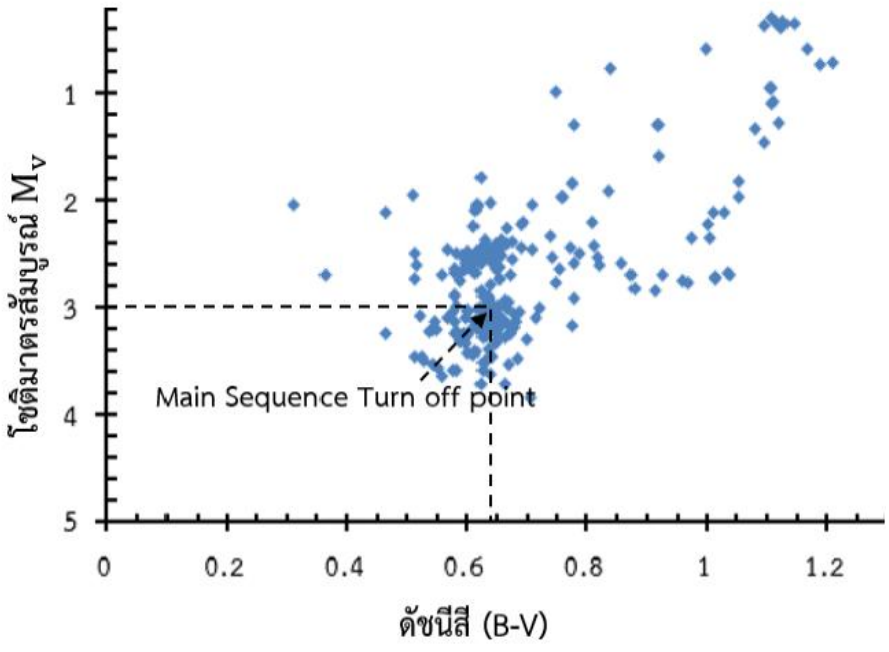
(ก) M3


Main Sequence Turn off point
โชติมาตรสัมบูรณ์ M_V
ดัชนีสี (B-V)
-1
0
1
2
3
-0.3
0
0.3
0.6
0.9
1.2

(ข) M35



(ค) M44



(ง) M67

จากภาพที่ 4.9 จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักของกระจุกดาว (ก) กระจุกดาวทรงกลม M3 (ข) กระจุกดาวเปิด M35 (ค) กระจุกดาวเปิด M44 และ (ง) กระจุกดาวเปิด M67

4.4 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณหาอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M35 M44 และ M67 กับผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ในการผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณหาอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M35 M44 และ M67 เมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบอายุและระยะห่างจากโลกระหว่างกระจุกดาวปิด M3 กับข้อมูลมาตรฐานงานวิจัยที่ผ่านมา

ผู้วิจัย	ปีที่สังเกต	อายุ (พันล้านปี)	ระยะห่างจากโลก	
			ปีแสง (ly)	พาร์เซก (pc)
Yuan.A	2009	-	34,000	10,426
Kumar.S	2010	5-10	-	-
Refredier.A	2014	4.9	-	-
ผู้ทำวิจัย	2018	5.6	32615.64	10,000
ค่ามาตรฐาน	-	-	33,900	10,395

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการเปรียบเทียบอายุและระยะห่างจากโลกกระจุกดาวทรงกลม M3 กับข้อมูลทางการวิจัยที่ผ่านมา พบว่าข้อมูลที่ได้งานวิจัยปัจจุบันมีค่าความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นอย่างดี โดยอายุของกระจุกดาวทรงกลม M3 มีค่าความสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kumar.S ส่วนระยะห่างจากโลกผลงานวิจัยปัจจุบัน มีค่าความสอดคล้องกับผลวิจัยของ Yuan.A และค่ามาตรฐานของกระจุกดาวทรงกลม M3

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวเปิด M35 กับงานวิจัยที่ผ่านมาและข้อมูลมาตรฐาน

ผู้วิจัย	ปีที่สังเกต	อายุ (ล้านปี)	ระยะห่างจากโลก	
			pc	ปีแสง
ไพบูลย์ ทองเชื้อ	2549	113	-	-
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ	2556	-	858	2,800
พัชริฎา เพชรางกูร และศิริขวัญ กรกฎ	2558	178	912	2,974

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการเปรียบเทียบอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวเปิด M35 กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลงานวิจัยของพัชริฎา เพชรางกูร และ ศิริขวัญ กรกฎ (2558) ได้ผลการวิเคราะห์อายุของกระจุกดาวเปิด M35 มีค่าประมาณ 178 ล้านปี และมีระยะทางประมาณ 912 พาร์เซก หรือ 2,974 ปีแสง เมื่อเทียบกับข้อมูลมาตรฐานพบว่าระยะทางของกระจุกดาวเปิด M35 นั้นมีอายุมากกว่างานวิจัยของ ไพบูลย์ ทองเชื้อ และระยะห่างจากโลกมีค่า 912 พาร์เซก ใกล้เคียงกับค่าของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติซึ่งกระจุกดาวเปิด M35 เป็นกระจุกดาวที่มีอายุน้อยและเป็นดาวสีฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงมาก

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบอายุและระยะห่างจากโลกระหว่างกระจุกดาวเปิด M44 กับ ข้อมูลวิจัยที่ผ่านมา

ผู้วิจัย	ปีที่สังเกต	อายุ (พันล้านปี)	ระยะห่างจากโลก	
			ปีแสง (ly)	พาร์เซก(pc)
Refregier.A	2014	6.0	600	183.96
นาถทิวา และคณะ	2016	3.8	386.953	142.68
พงษ์เทพ เพียรทำ	2017	3.4	344.06	145.69
ผู้วิจัย	2018	5.5	648.7	199.5

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการเปรียบเทียบอายุและระยะห่างจากโลกของกระจุกดาวเปิด M44 กับข้อมูลทางการวิจัยที่ผ่านมา พบว่าข้อมูลงานวิจัยในปัจจุบันมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นอย่างดี โดยอายุของกระจุกดาวเปิด M44 มีค่าความสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นาถทิวา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Refregier.A

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวเปิด M67 กับงานวิจัยที่ผ่านมาและข้อมูลมาตรฐาน

ผู้วิจัย	ปีที่สังเกต	อายุ (ล้านปี)	ระยะห่างจากโลก	
			pc	ปีแสง
รณกฤต รัตนมาลา	2556	0.75 – 2.79	-	-
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ	2556	-	858	2,800
พัชริฎา เพชรางกูร และ ศิริขวัญ กรกฎ	2558	3.00	831	2,710

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการเปรียบเทียบอายุและระยะทางระหว่างกระจุกดาวเปิด M67 กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลงานวิจัยของพัชริฎา เพชรางกูร และ ศิริขวัญ กรกฎ (2558) โดยได้ผลการวิเคราะห์อายุของกระจุกดาวเปิด M67 มีค่าประมาณ 3 ล้านปี และมีระยะทางประมาณ 831 พาร์เซก หรือ 2,710 ปีแสง เมื่อเทียบกับข้อมูลมาตรฐานพบว่าอายุระยะทางของกระจุกดาวเปิด M67 นั้นมีระยะทางใกล้เคียงกับค่าของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน) และอายุของกระจุกดาวเปิด M67 มีค่าใกล้เคียงกับค่าของ รณกฤต รัตนมาลา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี