Received: 29 September 2021
Revised: 3 December 2021
Accepted: 12 December 2021

การคำนวณหาอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38
Determination of Age and Distance of M38 Open Cluster

วริษา ปานเจริญ[1*] สิรวิชญ์ วิเศษ[1] สิรวิชญ์ รุ่งโรจน์[1] สุกัญญา สง่าแก้ว[1] และ นิรุธ ล้ำเลิศ[1]
Warisa Pancharoen[1*]Sirawit Wiset[1] Siravit rungroj[1] Sukanya Sangakaew[1] and Niroot Lamlert[1]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[*]warisa.pan@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคำนวณหาระยะห่างจากโลก และอายุของกระจุกดาวเปิด M38 โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายถ่ายด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และเหลือง(V) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยควบคุมกล้องผ่านระบบ itelescope.net หลังจากนั้นนำภาพถ่ายกระจุกดาวเปิด M38 ที่ได้มาทำการกำจัดสัญญาณรบกวนและทำการวัดค่าความสว่างด้วยโปรแกรม IRIS versions 5.59 แล้วนำมาสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R Diagram) ของกระจุกดาวเปิด M38 วัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์จำนวน 272 ดวง นำแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R Diagram)มาซ้อนทับกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน แล้วหาจุดวกกลับเพื่อหาค่าระยะห่างจากโลก และอายุของกระจุกดาว พบว่ากระจุกดาวเปิด M38 มีระยะห่างจากโลกประมาณ 1,259 พาร์เซค หรือ 4,104 ปีแสง และมีอายุประมาณ 132 ล้านปี

คำสำคัญ: กระจุกดาวเปิด M38 อายุและระยะห่างจากโลก ซีซีดี โฟโตมิตรี

Abstract

In this research, we studied the properties of stars in M38 open cluster. Image data of the M38 open clusters were observed by using CCD photometer in the B and V filters connected to a 0.5 m reflecting telescope, which is controlled through itelescope.net website. Image

reduction of M38 was performed by eliminating interference and intensity of the images by using version 5.59 of IRIS program. The photometry techniques were used to calculate the magnitude of stars in M38 cluster. Then we plotted the graph of Hertzsprung-Russell diagram (H-R diagram) of cluster M38 and compared with standard H-R diagram. The result shown that the distance of M38 is 1,259 parsecs or 4,104 light years and the age is 132 Myrs.

Keywords: Open cluster M38, age and distance, CCD photometry

บทนำ

กระจุกดาวเปิด คือ กระจุกดาวจำนวนมากที่อยู่รวมกันด้วยแรงดึงดูดอย่างหลวมๆ ส่วนใหญ่เป็นกระจุกดาวที่เกิดใหม่ ดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันมักมีอายุใกล้เคียงกัน มีลักษณะทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน และมีลักษณะทางกายภาพที่สัมพันธ์กัน ในการศึกษาเกี่ยวกับกระจุกดาวจึงมีระยะทางสมมุติที่เท่ากันทั้งกระจุกดาว (วิระภรณ์ และคณะ, 2560) การศึกษาสมบัติต่างๆของกระจุกดาว จะทำให้เราสามารถเข้าใจถึงวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้มากขึ้น

กระจุกดาวเปิด M38 หรือ NGC 1912 เป็นกระจุกดาวเปิดอยู่ในกลุ่มดาวสารถี มีชื่อเรียกว่า Starfish Cluster มีไรส์แอสเซนชั่น(R.A.) 05^{h} 28.4^{m} เดคลิเนชั่น(DEC) +35°50' ถูกค้นพบโดย Giovanni Battista Hodierna นักดาราศาสตร์ชาวอิตาเลียน Young-Beom Jeon (2553) ได้มีการศึกษาดาวแปรแสงที่อยู่ในกระจุกดาว M38 ค้นพบและศึกษาสมบัติของดาวแปรแสงทั้งสิ้น 44 ดวง ดาวคู่อุปราคา 18 ดวง Majaess และ Tunner (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระจุกดาวเปิดและเนบิวลา โดยปรากฏข้อมูลของระยะห่างจากโลกของกระจุกดาว M38 มีค่าเป็น 1050 ±150 pc สมกรณ์ และคณะ (2560) ศึกษาเกี่ยวกับดัชนีสี และอายุและระยะทางของกระจุกดาวเปิด M 38 โดยdkiyซ้อนทับลำดับหลักซึ่งได้ค่าดัชนีสี มีค่าประมาณ -1.507 ถึง 1.587 ระยะทางของกระจุกดาวเปิด M38 มีค่าประมาณ 1258.93 พาร์เซก หรือประมาณ 4106.61 ปีแสง หาอายุของกระจุกดาวเปิด M38 มีอายุ ประมาณ 220 ล้านปี

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M38 ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์โดยการเก็บข้อมูลด้วย ซีซีดี โฟโตเมตรี และนำภาพมาวิเคราะห์ทางแสงด้วยโปรแกรม IRIS เพื่อหาอายุ และระยะทางของกระจุกดาวโดยการสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์(Hertzsprung-Russell diagram) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาด้านดาราศาสตร์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาระยะห่างจากโลกและอายุของกระจุกดาวเปิด M 38

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M38 ในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้การควบคุมกล้องผ่านเว็บไซต์ itelescope.net. ในวันที่ 18 กุมภาพันธุ์ 2564 ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และ สีเหลือง(V) นำภาพถ่ายที่ได้มากำจัดสัญญาณรบกวน (Image reduction) ด้วยโปรแกรม IRIS เพื่อให้ได้แสงดาวฤกษ์อย่างแท้จริง จากนั้นทำการวัดค่าความสว่าง (Intensity) ของดาวด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool จากนั้นหาดาวอ้างอิงโดยการเปรียบเทียบกับดาวในฐานข้อมูล Simbad แล้วคำนวณหาค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) – ของดาวสมาชิก ตามสมการที่ 1

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log\left(\frac{f_1}{f_2}\right) \qquad (1)$$

โดย m_1 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวที่ต้องการหา

m_2 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวอีกดวง หรือ ดาวอ้างอิง

f_1 คือ ฟลักซ์ของดาวที่ต้องการหา หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

f_2 คือ ฟลักซ์ของดาวอ้างอิง หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

หลังจากนั้น ทำการสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ โดยให้แกนตั้งเป็นค่าโชติมาตรปรากฏ (m) ส่วนแกนนอนเป็นค่าดัชนีสี (B-V) นำแผนภาพที่ได้วิเคราะห์หาระยะห่างจากโลกด้วยวิธีการซ้อนลำดับหลัก (Main Sequence Fitting) กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานเพื่อหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ ณ จุดวกกลับ (Turn off point) จากนั้นนำค่าโชติมาตรปรากฏและค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ที่อ่านได้จากแผนภาพมาคำนวณหาระยะห่างจากโลกถึงกระจุกดาว (d) ของกระจุกดาวเปิด M38 โดยใช้สมการที่ 2

$$d = 10^{\left(\frac{m - M + 5}{5}\right)} \qquad (2)$$

โดย m คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
M คือ โชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์
d คือ ระยะห่างจากโลกถึงกระจุกดาว หน่วยเป็น พาร์เซก *(pc)*

การวิเคราะห์หาอายุของกระจุกดาวนั้น สามารถหาอายุของกระจุกดาวในแถบลำดับหลัก (Main Sequence) ได้ดังสมการที่ 3

$$t = 10^{10}\text{years}\left[\frac{M}{M_{sun}}\right]^{-2.5} \quad (3)$$

โดย t คือ อายุของกระจุกดาว หน่วยเป็น ปีแสง (Light-year)
M_{star} คือ มวลของกระจุกดาว หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
M_{sun} คือ มวลของดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1.98892×10^{30} kg

คำนวณหาอัตราส่วนมวลของกระจุกต่อมวลดวงอาทิตย์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ ได้ดังสมการที่ 4

$$m - M_{sun} = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{d_{sun}}{d}\right)^2\right] \quad (4)$$

โดย m_1 คือ โชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์
m_2 คือ โชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์
L_1 คือ กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ หน่วยเป็น วัตต์ (W)
L_2 คือ กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ประมาณ 3.846×10^{26} วัตต์ (W)
d_1 คือ ระยะทางของดาวฤกษ์ หน่วยเป็น พาร์เซก (pc)
d_2 คือ ระยะทางของดวงอาทิตย์ ประมาณ 4.848132×10^{-6} พาร์เซก (pc)

เมื่อทราบค่าอัตราส่วนกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ นำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนมวลของกระจุกดาวต่อมวลดวงอาทิตย์ ตามสมการที่ 5 เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาอายุของกระจุกดาว ในสมการที่ 3

$$\log\left(\frac{L}{L_{sun}}\right) = 3.5\log\left(\frac{M}{M_{sun}}\right) \quad (5)$$

โดย M_{star} คือ มวลของกระจุกดาว หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
M_{sun} คือ มวลของดวงอาทิตย์ ประมาณ 1.98892×10^{30} kg
L_{star} คือ กำลังส่องสว่างของดาว หน่วยเป็น วัตต์ (W)
L_{sun} คือ กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ประมาณ 3.846×10^{26} W

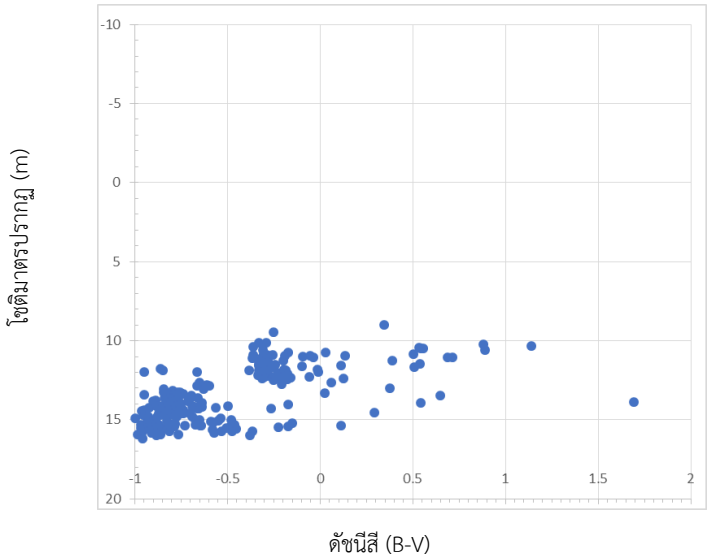
ผลการวิจัยและอภิปรายผล



รูปที่ 1 ภาพถ่ายของกระจุกดาว M 38 จากกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ณ ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้การควบคุมกล้องผ่านเว็บไซต์ itelescope.net.ในวันที่ 18 กุมภาพันธุ์ 2564

รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายของกระจุกดาว M 38 เมื่อเราทำการกำจัดสัญญาณรบกวน จากนั้นนำไปเปรียบเทียบและกำกับหมายเลขดาวในแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)และ สีเหลือง(V) ได้จำนวนทั้งหมด 272 ดวง เมื่อทำการวัดแสงด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool และคำนวณโชติมาตรของดาวโดยใช้สมการที่ 1 นำค่าที่คำนวณได้มาสร้างแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M38 โดยมีแกนตั้งเป็นค่าโชติมาตรปรากฏ (m) และแกนนอนเป็นค่าดัชนีสี (B-V) แสดงดังรูปที่ 2

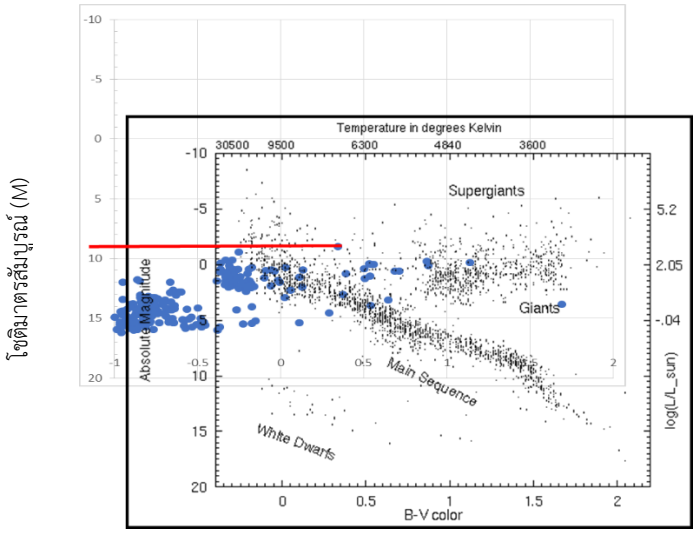
Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 4 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



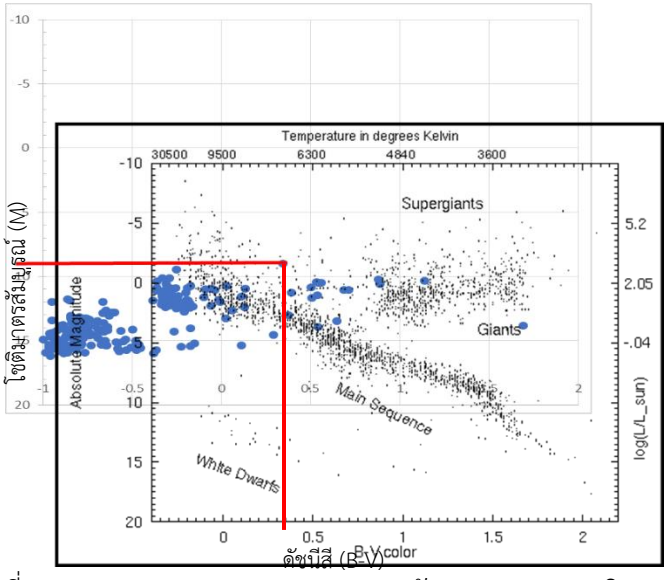
รูปที่ 2 แผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R diagram) ของกระจุกดาวเปิด M38

นำแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวเปิด M38 ไปซ้อนทับกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน เพื่อพิจารณาลำดับหลักของดาวในกระจุกดาวเปิด M38 ผลการซ้อนลำดับหลักของโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาว กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R diagram) ดังแสดงใน รูปที่ 3 เพื่อหาจุดวกกลับ (Turn off point) จะได้โชติมาตรปรากฏของดาว (m) มีค่าประมาณ 9 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน (M) มีค่าประมาณ -1.5 ดังแสดงในรูปที่ 4

ผลจากการนำค่าโชติมาตรปรากฏ และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐานแทนลงในสมการที่ 2 พบว่า กระจุกดาวเปิด M38 อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางประมาณ 1,259 พาร์เซก หรือ 4,104 ปีแสง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมกรณ์และคณะ 1258.93 พาร์เซก หรือประมาณ 4106.61 ปีแสง



รูปที่ 3 การเทียบแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิด M38 กับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน



รูปที่ 4 จุดเบนออกจากแถบกระบวนการหลักของกระจุกดาวเปิด M38

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นดาวในสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M38 เริ่มเบนออกจากแถบกระบวนหลัก (Turn of point) จะได้ค่าโชติมาตรปรากฏที่จุดวกกลับ มีค่าประมาณ 9 เนื่องจากค่าที่ได้นั้น คือ ค่าโชติมาตรปรากฏจึงต้องเปลี่ยนค่าโชติมาตรปรากฏเป็นค่ากำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ ตามสมการต่อไปนี้

$$9-\left(-26.5\right) = -2.5\log\left[\left(\frac{L}{L_{sun}}\right)\left(\frac{4.848132\times10^{-6}}{1259}\right)^{2}\right] \qquad (6)$$

เมื่อทราบค่ากำลังส่องสว่างของดาวกับดวงอาทิตย์ แล้วนำค่าที่ได้คำนวณหาอัตราส่วนมวลของดาวต่อมวลดวงอาทิตย์ จากสมการที่ 5 หลังจากนั้นคำนวณหาอายุของกระจุกดาวโดยแทนค่ามวลของดาวฤกษ์ต่อมวลดวงอาทิตย์ ลงในสมการที่ 3 พบว่าอายุของกระจุกดาวเปิด M38 มีค่าประมาณ 132.31 ล้านปี จากการศึกษาของสมกรณ์และคณะ(2560) ซึ่งใช้วิธีการซ้อนภาพกับแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานแล้วอ่านค่าอายุของกระจุกดาว M38 จากแผนภาพเฮิรตซ์ปรุง-รัสเซลล์มาตรฐานได้ค่า 220 ล้านปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระยะห่างจากโลกและอายุของกระจุกดาวเปิด M38 ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร พบว่ากระจุกดาวเปิด M38 มีระยะห่างจากโลกประมาณ 1,259 พาร์เซค หรือ 4,104 ปีแสง และมีอายุประมาณ 132 ล้านปี ทั้งนี้อาจจะต้องใช้การวิเคราะห์ในทางอื่นๆในการสมบัติของกระจุกดาวให้มากขึ้น เนื่องจากข้อมูลของกระจุกดาว M38 ยังมีการศึกษาไม่มากนัก

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). **ดาราศาสตร์ฟิสิกส์** (พิมพ์ครั้งที่1). เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มติพล ตั้งมติธรรม. (2556). **คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ** (พิมพ์ครั้งที่ 1) : สำนักบริการวิชาการและสารสนเทศทางดาราศาสตร์.

วิระภรณ์ ไหมทอง และคณะ. (2560). “ศึกษากระจุกดาวเปิดด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 20 ฉบับพิเศษ จากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 27**. 2560, 284-291.

อธิวัฒน์ ธนาไสย์ และคณะ (2559). “ โครงการศึกษาวิจัยการสร้างแผนภูมิ H-R Diagram และหาอายุ ของกระจุกดาวเปิด NGC 6705 (M11)”, **งานวิจัยและพัฒนาของ รร. นายร้อยพระจุลจอมเกล้า**

สมกรณ์ ชัยวรากรณ์และคณะ (2560) “การวิเคราะห์ภาพถ่ายของกระจุกดาวเปิด M38 โดยใช้เทคนิค ซีซีดี”,**การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ครั้งที่ 4**.2560,321-329.

สยมภู อินตาจัด และคณะ. (2557). “การคำนวณอุณหภูมิยังผลและอุณหภูมิสีของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M45”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการะดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25**. 2558 (ฉบับที่ 3), 149-153.

Daniel J. Majaess and David G. Tunner.(2007). “In search of possible association between planetary nebulae and open cluster”. **The Astronomical Society of the Pacific**.

last updated. (2007). Hertzsprung-Russell Diagram, (ออนไลน์), จาก: https://astronomy.swin.edu.au/cosmos/h/hertzsprung-russell+diagram

Messier Objects. (2021). Messier 38 : Starfish Cluster. Revised from: http://www.messier-objects.com/messier-38-starfish-cluster/(21 March 2021).

Shomnan and S.Maungkorn (2016). “The study of age and distance of open cluster by using H-R diagram” Astronomical Society of Japan

Simbad Astronomical Database. revised from: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad (21 March 2021).

Young-Beom Jeon. (2010). “New variable stars in region of the open cluster M38 (NGC1912) II.” **The Korean Astronomy Society.** 2010. 25(2).