

การศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด

นางสาวสุทธิดา เชื้อนแก้ว

e-mail: 27597suttida.chiangkham.ac.th

อาจารย์ที่ปรึกษา

คุณครูศักดิ์ดาวดี เมืองก้อน

โรงเรียนเชิงคำวิทยาคม

บทคัดย่อ

การศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหา function ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิด หาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ และเพื่อศึกษาการยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งได้ทำการศึกษากระจุกดาวเปิด M23, M46, IC4651, M11 และ M93 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 หอดูดาว Cerro Tololo Inter-American Observatory โดยนำค่า Apparent magnitude ใน filter B และค่า B-V มาสร้างแผนภาพ H-R เพื่อหามวลของดาวในลำดับหลัก โดยใช้ความสัมพันธ์ Mass – Luminosity และทำการวิเคราะห์ในกระบวนการ IMF ในรูปแบบสมการ power law คือ $y = Ax^n$ จากผลการศึกษาพบว่า จากค่า A และ n ที่ได้จากการสมการ โดยกำหนดให้ค่า A และ n แทนค่าคงที่ ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล สามารถนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิดของแต่ละกระจุกดาวได้ และพบว่ากาวยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : initial mass function, power law, กระจุกดาวเปิด

บทนำ

กระจุกดาวเปิด คือ กลุ่มดาวจำนวนมากที่รวมกลุ่มกันอยู่ในเมฆ โมเลกุลชุดเดียวกัน มีแรงโน้มถ่วงดึงดูดกันและกันอย่างหลวม ๆ ไม่แน่นเท่ากับกระจุกดาวทรงกลม เป็นกระจุกดาวที่ส่วนใหญ่เป็นกระจุกดาวเกิดใหม่กว่าร้อยล้านปี ดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเดียวกันจะมีอายุใกล้เคียงกันและมีลักษณะทางเคมีคล้ายคลึงกัน มีความสัมพันธ์กันในทางกายภาพ และด้วยเหตุนี้ระยะทางจึงสมมติให้เท่ากันทั้งกระจุกดาว ข้อแตกต่างคือ Apparent Magnitude ของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิด ซึ่งสามารถประมาณถึงมวลของดาวจากความสัมพันธ์ Mass – Luminosity และจากความสัมพันธ์ Mass – Luminosity ได้กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $0.43M_{\odot} - 2M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 4$ และ กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $2M_{\odot} - 20M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 3.5$ การศึกษาของนักดาราศาสตร์พบว่าดาวฤกษ์เกิดจากการยุบตัวของเมฆโมเลกุล จึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงลักษณะการยุบตัวของเมฆโมเลกุล จากการศึกษา Initial Mass Function ของกระจุกดาวเปิด ในรูปแบบสมการ Power - law คือ $y = Ax^n$ โดยกำหนดให้ค่า A และ n แทนค่าคงที่ ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล เพื่อนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิดและเพื่อนำเปรียบเทียบกับลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันหรือไม่

ขั้นตอนการศึกษา

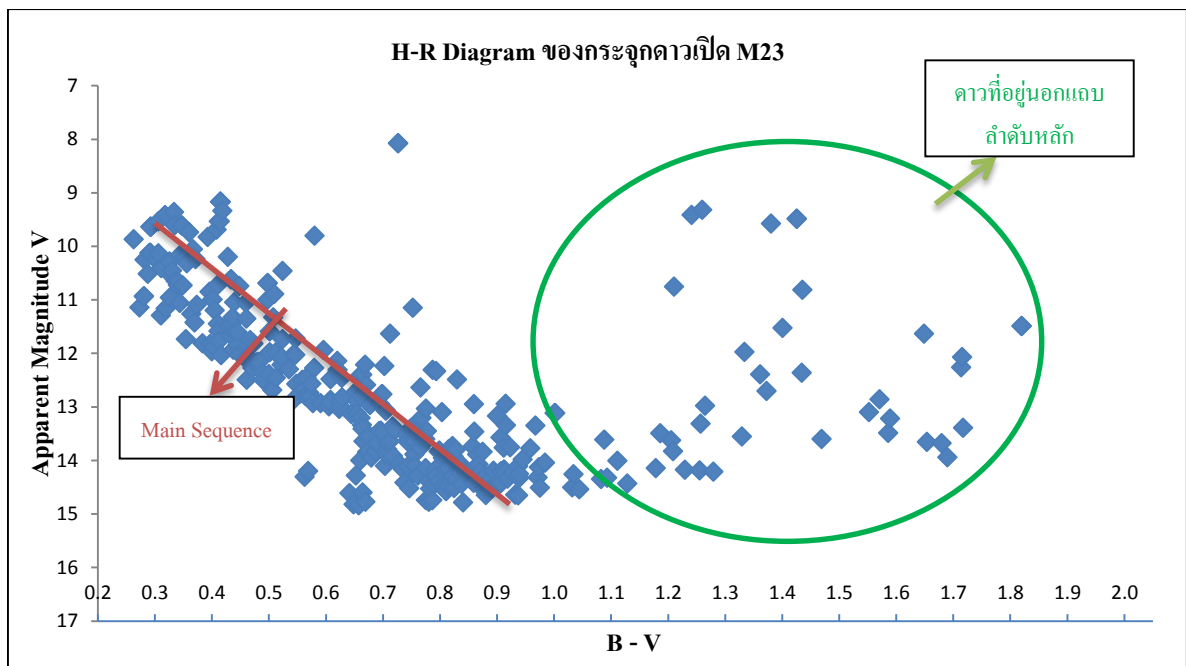
1.) ถ่ายภาพกระจุกดาวเปิด

ถ่ายภาพกระจุกดาวเปิดที่ต้องการศึกษา โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ PROMPT 8 ซึ่งใช้กล้องผ่านทางเว็บไซด์ skynet.unc.edu ตั้งถ่ายกระจุกดาวละ 2 filter คือ filter B และ filter V

2.) การสร้าง H-R Diagram

สร้าง H-R Diagram ในแต่ละกระจุกดาวเปิด เพื่อต้องการที่จะทราบว่าดาวดวงไหน ของทั้ง FilterB และ FilterV อยู่ในแถบลำดับหลัก เพราะเราต้องนำข้อมูลไปเทียบกับตาราง stellar Data โดยใช้ข้อมูล Apparent magnitude จากภาพของ FilterB และ FilterV

จากที่เราทราบค่า แล้ว Apparent magnitude ของทั้ง FilterB และ FilterV เราก็สามารถสร้างแผนภูมิ H-R Diagram โดยที่ แกน X แทนด้วยค่า B - V และแกน Y แทนด้วย Apparent Magnitude V



กราฟที่ 1 ตัวอย่างกราฟ H-R Diagram ของกระจุกดาวเปิด M23 ที่แสดงให้เห็นถึงการเลือกดาวในลำดับหลัก

3.) ขั้นตอน Initial mass function

ขั้นตอนแรกคือการหามวลของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิด ซึ่งหาได้จาก Mass - Luminosity Relation โดยต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้

1. ทำการเปลี่ยน Apparent Magnitude (m) ให้เป็น Absolute magnitude (M) จากใช้สมการ

$$m - M = 5 \log \left(\frac{R}{10} \right)$$

โดย

M คือ Absolute Magnitude ของดาวแต่ละดวง

m คือ Apparent Magnitude ของดาวแต่ละดวงใน Filter B

R คือ ระยะทางจากโลกถึงดาวที่เราต้องการหา Absolute magnitude ซึ่งเราสมมติให้ดาวทุกดวงในกระจุกดาวมีระยะทางจากโลกถึงดาวที่ต้องการหาเท่ากัน

2. ทำการเปลี่ยน Absolute Magnitude (M) ให้เป็น Luminosity จากสมการ

$$M - M_{\odot} = -2.5 \log \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right)$$

โดย $\frac{L}{L_{\odot}}$ คือ กำลังส่องสว่างของดาวแต่ละดวงส่วนด้วยกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์

M คือ Absolute Magnitude ของดาวแต่ละดวง

M_{\odot} คือ Absolute mag ของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีค่า = 4.83

3. หามวลของดาวแต่ละดวงจากสมการ $\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{\alpha}$

โดย $\frac{L}{L_{\odot}}$ คือกำลังส่องสว่างของดาวแต่ละดวงส่วนด้วยกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์

$\frac{M}{M_{\odot}}$ คือ มวลของดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวเปิดต่อมวลดวงอาทิตย์

α คือค่าที่ ที่ขึ้นอยู่กับว่ากระจุกดาวเปิดนั้นๆมีมวลอยู่ในช่วงใด

4. การเลือกใช้ค่า α ให้เหมาะกับแต่ละกระจุกดาวเปิด โดยเราก็นำค่า $B - V$ ไปเทียบในตาราง stellar data เพื่อที่เราจะได้ทราบมวลของกระจุกดาวเปิดแต่ละกระจุกดาวว่าอยู่ในช่วงใด ควรที่จะใช้ ค่า α เท่าไรโดยกรองข้อมูลเฉพาะดาวฤกษ์ที่อยู่ในลำดับหลัก โดยที่ความสัมพันธ์ Mass - Luminosity ได้กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $0.43M_{\odot} - 2M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 4$ และ กำหนดให้กระจุกดาวที่มีมวลอยู่ในช่วง $2M_{\odot} - 20M_{\odot}$ ใช้ค่า $\alpha = 3.5$

5. ทำการแบ่งช่วงมวล โดยในหนึ่งกระจุกดาว เราได้แบ่งมวลอยู่ 3 ช่วง คือ

กระจุกดาวเปิด	ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3
M23	0.40 - 0.68	0.68 - 0.96	0.96 - 1.24
M46	8.1×10^{-5} - 0.28	0.28 - 0.56	0.56 - 0.84
M11	0.19 - 0.44	0.44 - 0.68	0.68 - 0.93
IC4651	0.40 - 0.68	0.68 - 0.96	0.95 - 1.24
M93	4.9×10^{-5} - 0.02	0.02 - 0.05	0.05 - 0.07

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งช่วงมวลแต่ละช่วงในแต่ละกระจุกดาว

6. นับจำนวนของดาวที่มีมวลอยู่ในทั้ง 3 ช่วง

7. หาค่าเฉลี่ยของมวลดาวในทั้ง 3 ช่วง

8. หาค่าคงที่ A และ n จากสมการ Power law คือ $y = Ax^n$ โดยที่ค่า y แทนจำนวนของดาวที่เป็นฟังก์ชันของมวล ค่า x แทนมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวล ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ Power law ระหว่างมวลและจำนวนของดาวที่มีมวลอยู่ในแต่ละช่วงมวล คือ

$$\log y = n \log x + \log A$$

ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น $y = mx + c$

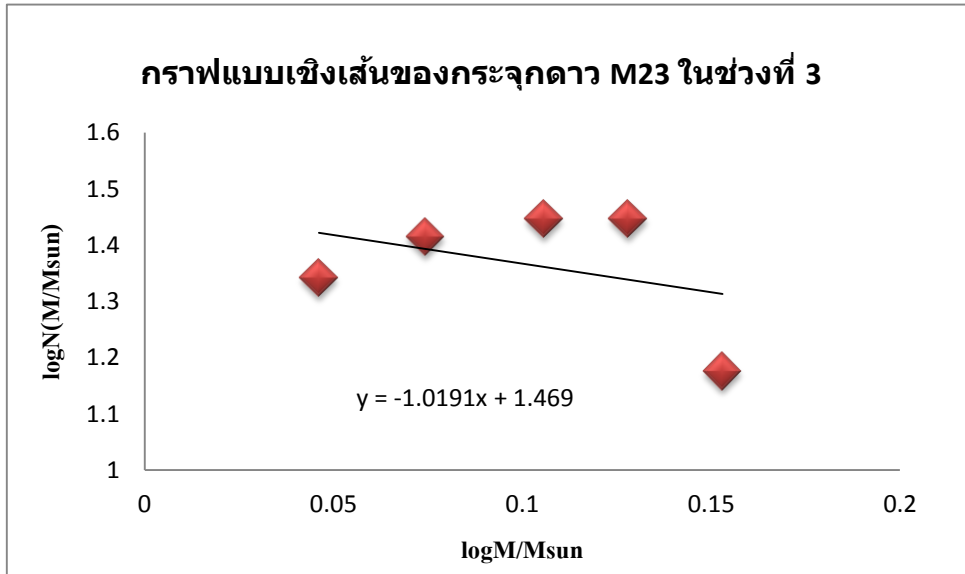
โดยที่ y แทนค่า $\log y$

m แทนค่า n

x แทนค่า $\log x$

c แทนค่า $\log A$

9. พล็อตค่าลงในกราฟแบบเชิงเส้น โดยให้แกน x คือลอกของมวลเฉลี่ยของดาวในแต่ละช่วงมวลต่อมวลดวงอาทิตย์ และให้แกน y คือลอกของจำนวนที่เป็นฟังก์ชันมวล



กราฟที่ 2 แสดงกราฟแบบเชิงเส้นของกระจุกดาว M23 ในช่วงที่ 3

สมการเส้นตรงของกระจุกดาวเปิด M23 ในช่วงที่ 3 จึงได้สมการเส้นตรง คือ $y = -1.0191x + 1.469$
 จากกราฟที่ได้ มีค่า $m = -1.0191$ มีค่า $c = 1.469$

ดังนั้นค่า n ของกระจุกดาวเปิด M23 = -1.0191 และ $\log A = 1.47$ เราจึงได้ A ของกระจุกดาวเปิด M23 เท่ากับ 29.4 สมการของ Power-law ของกระจุกดาวเปิด IC4651 ได้แก่ $y = 29.4x^{1.47}$

10. ทำกระบวนการเดียวกันในข้อที่ 1 - 10 แต่เปลี่ยนจากมวลในช่วงที่ 3 เป็นมวลในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2

11. เมื่อได้ Initial Mass Function ของแต่ละช่วงมาแล้ว ต่อมาจึงนำค่าคงที่ A และค่าคงที่ n ของแต่ละช่วงมวลมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาสร้าง Initial Mass Function ของทั้งกระจุกดาว

4.) ทำกระบวนการเดิมในข้อที่ 1 - 3 แต่เปลี่ยนจากกระจุกดาวเปิด M23 เป็นกระจุกดาวเปิด M46 , M11 , IC4651 และ M93

5.) ทำการวิเคราะห์ค่า A และ ค่า n ของแต่ละกระจุกดาวเปิด M46 , M11 , IC4651 และ M93 ว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่

5.) การหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ ของทุกกระจุกดาว

หาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่าง ๆ เพื่อให้ทราบจำนวนดาวที่อยู่ในแต่ละช่วงมวล คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของดาวทั้งหมดของดาวในลำดับหลัก ที่อยู่ในกระจุกดาวนั้น ๆ

อภิปรายผลการศึกษา

จากวิเคราะห์ค่าคงที่ A และ ค่าคงที่ n ของแต่ละกระจุกดาวเปิด สามารถเปรียบเทียบลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆโมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน เพราะค่าคงที่ A และ n ในสมการมีค่าต่างกัน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาจากผลการศึกษาพบว่าผลการศึกษาลักษณะการยุบตัวของกลุ่มเมฆ โมเลกุลจนกลายเป็นดาวฤกษ์ ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละกระจุกดาวในเอกภพมีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษา Initial mass function ในรูปแบบสมการ Power-law สามารถหา function ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในกระจุกดาวเปิด คือ

กระจุกดาวเปิด	IMF
M23	$y = 24.4x^{-0.4}$
M46	$y = 36.4x^{-1.6}$
M11	$y = 1.14 \times 10^2 x^{8.4}$
IC4651	$y = 2.6 \times 10^2 x^{1.2}$
M93	$y = 1.2x^{-4.7}$

ตารางที่ 2 แสดง IMF ที่จะนำมาอธิบายการกระจายของจำนวนของดาวฤกษ์ที่มีมวลขนาดต่าง ๆ ในแต่ละกระจุกดาวเปิด จากการหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่างๆ ได้ดังนี้คือ

กระจุกดาวเปิด	มวลช่วงที่ 1	มวลช่วงที่ 2	มวลช่วงที่ 3
M23	33%	31%	35%
M46	77%	19%	4%
M11	1%	17%	82%
IC4651	23%	38%	39%
M93	91%	5%	4%

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนดาวที่อยู่ในช่วงมวลต่าง ๆ ของทุกกระจุกดาวเปิด

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่ศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ผล การจัดทำรายงาน จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดระยะเวลาดังกล่าวผู้จัดทำได้รับการสนับสนุนจากโครงการอบรมครูเชิงปฏิบัติการด้านดาราศาสตร์ขั้นสูง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ณ โอกาสนี้ขอขอบคุณทุกท่านดังนี้

กราบขอบพระคุณ คุณมณฑิลา ตั้งมดิธรรม ผู้ให้คำแนะนำทางด้านข้อมูลช่วยเหลือในด้านต่างๆและเสียสละเวลา มาช่วยฝึกฝนในการทำโครงการเรื่องนี้

กราบขอบพระคุณ คุณประณิตา เสพปั้นคำ ผู้ให้คำแนะนำในและช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนทำให้เกิดงานวิจัยเรื่องนี้ขึ้น

กราบขอบพระคุณ คุณครูศักดิ์ดา วัฒนเมืองก้อน คุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียน เชียงคำวิทยาคม ที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

"Initial Mass Function." 2011. 13 Dec. 2014

<<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Courses/Stars/Initial%20Mass%20Function.pdf>>

Adamic, LA. "Zipf, Power-law, Pareto - a ranking tutorial - HP Labs." 2004.

<<http://www.hpl.hp.com/research/idl/papers/ranking/ranking.html>>

"Power law - Wikipedia, the free encyclopedia." 2004. 13 Dec. 2014

<http://en.wikipedia.org/wiki/Power_law>

"OC = Open Clusters (กระจุกดาวเปิด)." 2010. 13 Dec. 2014

<http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/messier_object/html/link_index/oc.html>