GS-2014-F101

แบบขออนุมัติหัวข้อและโครงร่างฯ
Request Form for Dissertation/Thesis/I.S. Title and Proposal Approval

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
The Graduate School, Chiang Mai University

วันที่ 24 เดือน สิหาคม พ.ศ. 2562
Date Month Year (BE)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) นาย พลวัต ย้อยฝอย รหัสนักศึกษา 610531098
I am (Mr/Mrs/Ms) (Name in English) Ponlawat Yoifoi Student Code

นักศึกษาระดับ ☐ ปริญญาเอก ☑ ปริญญาโท ☐ อื่นๆ ..... หมายเลขโทรศัพท์ 086-5154650
studying in Doctoral Degree Master's Degree Other Telephone No.

หลักสูตร ☑ ปกติ ☐ นานาชาติ ☐ อื่นๆ ..... Email: ponlawat.yoi@gmail.com
Program: Regular International Other

สาขาวิชา ดาราศาสตร์ แบบ/แผน 2 / คณะ วิทยาศาสตร์ มีความประสงค์
Major/Field of Specialization Type/Plan Faculty of would like to request for

ขอเสนอหัวข้อและโครงร่างเพื่อทำ ☑ วิทยานิพนธ์ ☐ การค้นคว้าแบบอิสระ ในหัวข้อเรื่อง
approval of the Title and Proposal for doing Dissertation/Thesis Independent Study with the Title shown below

(Title in Thai) วิวัฒนาการของกาแล็กซีในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันภายในเอกภพเรดชิฟท์ z~0.8

(Title in English) Galaxy Evolution in Different Environments Within Redshift z~0.8 Universe

โดยได้ ☑ ผ่านเงื่อนไขภาษาต่างประเทศ CMU-eTEGs คะแนน 62 และ การสอบวัดคุณสมบัติ เมื่อ 14/10/2019
has passed Foreign Language Test (TOEFL/IELTS/TEGS, etc - Specify with Score) and Qualifying Examination on DD/MM/YYYY (BE)

และขอให้ 1. รองศาสตร์จารย์ ดร. วิเชียร ไกรวัฒนวงศ์ เป็น ☑ อาจารย์ที่ปรึกษา ☐ ประธานกรรมการฯ
Under the advice of as the Advisor Advisory Committee Chair

และ 2. ..... 3. ..... เป็นกรรมการฯ
and as Committee Members/Co-advisors

ตามข้อเสนอโครงร่างฯ ที่แนบ จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุมัติและแต่งตั้งคณะอาจารย์ที่ปรึกษาต่อไป
Details shown in the attached proposal and please appoint the proposed Advisor/Advisory Committee

(ลงนาม) ..... นักศึกษา
(Signature) พลวัต ย้อยฝอย Student

พลวัต โยอฝอย
.....
(ลงนาม) ..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(Signature) Dissertation/Thesis/I.S. Advisor
(รองศาสตร์จารย์ ดร. วิเชียร ไกรวัฒนวงศ์)
24 / 10 / 2562

☑ เห็นชอบโดย กก. ประจำฯ ในการประชุม 13/2562 เมื่อ
Consented by Executive Program Committee on 12/10/2562
ความเห็นอื่น .....
Other comments
(ลงนาม) ..... ประธานฯ บ.ศ. คณะ/บว.
(Signature) Executive Program Chair
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฏฐ์ แสนทน)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำคณะวิทยาศาสตร์

☑ เห็นชอบโดย กก. สาขาฯ ในการประชุม 8/2562 เมื่อ
Consented by Academic Program Committee on 15/11/62
ความเห็นอื่น .....
Other comments
(ลงนาม) ..... ประธานฯ หลักสูตร/สาขา
(Signature) Academic Program Chair
(ผศ.ดร.ศิราวุฒิ รักสกจิตา)
20 / 12 / 62

☐ ทราบ
Acknowledged
(ลงนาม) ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(Signature) Dean of the Graduate School
(.....)
..... / ..... / .....

แบบเสนอหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์/ปริญญานิพนธ์/การค้นคว้าอิสระ

1. ชื่อ-สกุล นายพลวัต ย้อยฝอย **รหัสนักศึกษา** 610531098

Name and Surname Mr. Ponlawat Yoifoi **Student Code:** 610531098

2. ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์/ปริญญา/การค้นคว้าอิสระ

(ภาษาไทย) วิวัฒนาการของกาแล็กซีในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันภายในเอกภพเรดชิฟท์ z~0.8

(ภาษาอังกฤษ) Galaxy Evolution in Different Environments Within Redshift z~0.8 Universe

3. ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์/ปริญญานิพนธ์/การค้นคว้าอิสระ

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ไกรวัฒนวงศ์

4. หลักการ ทฤษฎี เหตุผล และ/หรือสมมุติฐาน

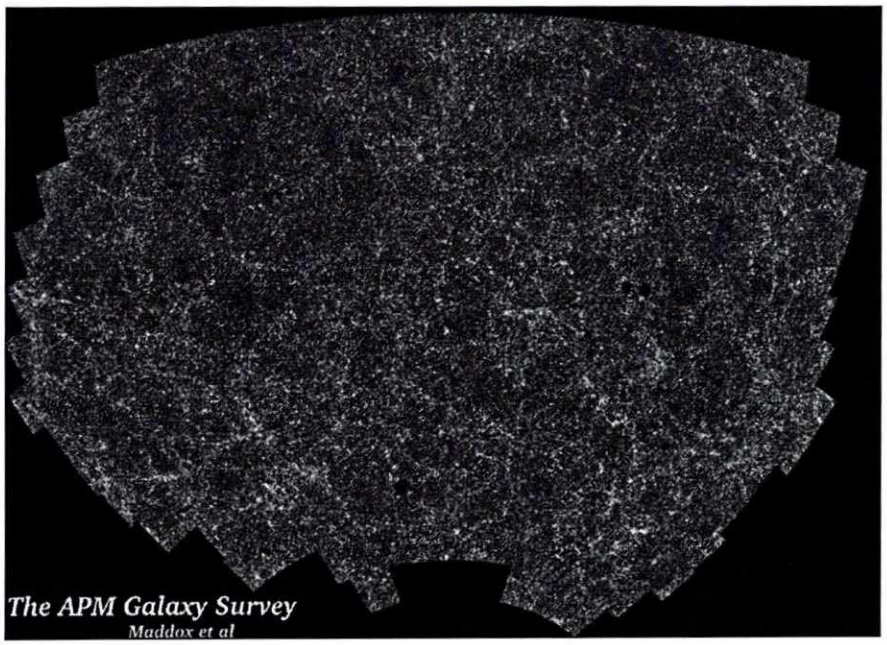
4.1 กาแล็กซีสนาม, กลุ่มกาแล็กซี, กระจุกกาแล็กซี และ ซุปเปอร์กระจุกกาแล็กซี

เอกภพเป็นบริเวณที่มีขนาดกว้างใหญ่ไพศาลที่ประกอบไปด้วยสรรพสิ่งต่าง ๆ มากมายทั้งที่สามารถมองเห็นได้และไม่สามารถมองเห็นได้ ส่วนประกอบที่สำคัญและน่าสนใจอย่างหนึ่งของเอกภพคือกาแล็กซี เนื่องจากกาแล็กซีในเอกภพนั้นมีจำนวนมากมายหลายล้านกาแล็กซีที่เชื่อม โยงกันอยู่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ว่างต่างๆ ในเอกภพถึงแม้ว่าจะมีระยะทางห่างจากโลกไม่เท่ากันซึ่งบางกาแล็กซีอยู่ในระยะใกล้เพียงแค่ 2 ล้านปีแสง แต่บางกาแล็กซีอาจจะอยู่ไกลจนเกือบสุดขอบเขตของเอกภพ จากการสำรวจในบริเวณที่อยู่นอกกาแล็กซีทางช้างเผือกแสดงให้เห็นว่ามีกาแล็กซีมากมายอยู่รายล้อมรอบกาแล็กซีของเรา โดย Hubble Deep Field พบว่ามีกาแล็กซีจำนวนมากที่มีระยะทางห่างไกลจากโลกมากๆ ซึ่งกาแล็กซีเหล่านี้จะไม่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแต่จะมีลักษณะเป็นโครงสร้างปรากฏอยู่ที่สเกลระยะทางใหญ่มากๆ กาแล็กซีที่มีอยู่มากมายในเอกภพจะมีอันตรกิริยาระหว่างกันซึ่งจากการศึกษาพบว่ากาแล็กซีส่วนใหญ่จะมีอันตรกิริยาต่อกันแต่จะมีกาแล็กซีบางประเภทที่ไม่มีอันตรกิริยากับกาแล็กซีอื่นๆรอบข้าง โดยเรียกกาแล็กซีประเภทนี้ว่า กาแล็กซีสนาม (Field galaxy) แต่ถ้าหากมีอันตรกริยาจากกาแล็กซีข้างเคียงมาเกี่ยวข้อง จะสามารถแบ่งย่อยออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ กลุ่มกาแล็กซี (Galaxy group) จะเป็นระบบของกาแล็กซีที่ประกอบไปด้วย กาแล็กซีสมาชิกไม่มากนักอยู่ในระดับหลักสิบ โดยขนาดของกลุ่มกาแล็กซีจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.2 เมกะพาร์เซค โดยถ้าหากว่าในบริเวณหนึ่งนั้นมีจำนวนกาแล็กซีสมาชิกมากกว่า 50 ถึงประมาณหลายร้อย กาแล็กซีเรียกระบบนี้ว่า กระจุกกาแล็กซี (Galaxy cluster) เส้นผ่านศูนย์กลางของกระจุกกาแล็กซีอาจจะมีค่าประมาณ 2 ~ 5 เมกะพาร์เซค ในระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถทำการพิจารณาอันตรกิริยา

ระหว่างกระจุกกาแล็กซีที่มีผลต่อกระจุกกาแล็กซีอื่น เรียกระบบนี้ว่า ซุปเปอร์กระจุกกาแล็กซี (Super cluster) ซึ่งเป็นระบบที่ใหญ่ที่สุดประกอบไปด้วยหลายๆ กระจุกกาแล็กซีรวมกัน

4.2 การกระจายตัวของกาแล็กซีในระดับสเกลใหญ่ (Large-Scale Distributions)

ลักษณะการกระจายตัวของกาแล็กซีในเอกภพทำให้เราเข้าใจถึงโครงสร้างของเอกภพ ถ้าหากพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของกาแล็กซีที่ใกล้เรามากที่สุดนั่นคือ กาแล็กซีในกลุ่มกาแล็กซีท้องถิ่น (Local Group) โดยมีกาแล็กซีทางช้างเผือกและกาแล็กซีแอนโดรเมดาที่อยู่ห่างออกไป 0.8 เมกะพาร์เซค เป็นสมาชิกที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่ม และมีกาแล็กซีที่มีขนาดเล็กโคจรอยู่รอบๆ ซึ่งเมื่อมองลักษณะการกระจายตัวของกาแล็กซีในระดับกลุ่มกาแล็กซีอื่น หรือแม้แต่ระดับกระจุกกาแล็กซีที่มีจำนวนสมาชิกหลักสิบถึงหลักพัน โดยในระดับกระจุกกาแล็กซีที่ทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 2 เมกะพาร์เซคอาจจะไม่พบว่ามีลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างใดๆ ปรากฏอยู่แต่เมื่อพิจารณาในสเกลที่กว้างใหญ่ขึ้นในระดับซุปเปอร์กระจุกกาแล็กซี ซึ่งมีขนาดกว้างใหญ่ถึงหลายสิบเมกะพาร์เซค สสารในเอกภพดูจะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับโครงข่ายสามมิติ (Hudson, 1993) ในบริเวณที่มีความหนาแน่นของกาแล็กซีสูงที่เชื่อมต่อกันด้วยเส้นใย (filament) ล้อมรอบบริเวณว่างเปล่าขนาดใหญ่ในเอกภพ (void) ที่พบกาแล็กซี เล็กน้อย



ภาพ 1 การกระจายของกาแล็กซีในระดับสเกลใหญ่

(credit: Automatic Plate Measuring (APM) map, http://voi.iucaa.in/2df/Survey/apm.html)

ซึ่งจากการสังเกตการณ์ของ APM ดังภาพ 1 ถึงแม้ว่าจะเป็นลักษณะการกระจายตัวของกาแล็กซีหรือกระจุกกาแล็กซีที่ฉายลงบนแผ่นทรงกลมท้องฟ้าในระนาบ 2 มิติ ถ้าปรียบเทียบกับลักษณะของกลุ่มดาวที่เราสังเกตเห็นบนทรงกลมท้องฟ้า สายตาของมนุษย์จะไม่สามารถแยกระยะทางของดาวแต่ละดวงในกลุ่มดาวได้ ดังนั้นกลุ่มดาวจึงปรากฏเห็นเป็นกลุ่มของดาวฤกษ์ที่เหมือนระยะทางที่ใกล้กัน ซึ่งในกรณีนี้เป็นเช่นเดียวกันกับการกระจายของกาแล็กซีในระดับสเกลใหญ่ที่เมื่อเห็นลักษณะการกระจายตัวแบบเป็นโครงสร้าง โครงสร้างนั้นอาจจะเกิดจากการซ้อนทับกันของมุมมองทั้งๆ ที่กาแล็กซีนั้นอาจจะไม่ได้อยู่ในระยะทางที่ใกล้กันเลย ซึ่งปัญหานี้จะสามารถแก้ไขได้โดยการทราบระยะทางที่แน่นอนของกาแล็กซีถ้าหากกาแล็กซีอยู่ในกระจุกกาแล็กซีเดียวกันย่อมมีค่าระยะทางที่ใกล้เคียงกัน ในทางปฏิบัติแล้วกาแล็กซีที่อยู่ห่างไกลจะสามารถหาค่าระยะทางได้โดยใช้ปรากฏการทาง ฟิสิกส์ที่เรียกว่าการเลื่อนทางแดง (Redshift) ของแต่ละกาแล็กซี

4.3 การเลื่อนทางแดงและระยะทาง (Redshift and Distance)

ในอดีตการวัดค่าระยะทางจากโลกไปจนถึงวัตถุท้องฟ้าเป็นเรื่องที่ทำได้ยากนักดาราศาสตร์ในยุคสมัยโบราณได้ทำการสังเกตการณ์ขึ้นไปบนท้องฟ้าและได้พบกับกลุ่มแก๊สมากมายที่มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปโดยในช่วงยุคก่อนศตวรรษที่ 18 มีความเชื่อว่ากลุ่มแก๊สที่สว่างไสวอยู่ในท้องฟ้ายามค่ำคืนนั้นเป็นวัตถุที่อยู่ในกาแล็กซีทางช้างเผือกเพียงเท่านั้น เมื่อเอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) ได้ทำการพิสูจน์และยืนยันว่ากลุ่มแก๊สเหล่านั้นไม่ได้เป็นสมาชิกอยู่ในกาแล็กซีทางเผือกจึงทราบว่าเป็นกาแล็กซีอื่นๆที่อยู่นอกเหนือจากสิ่งที่เรารู้จัก การวัดระยะทางดาราศาสตร์ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง การอธิบายระยะของวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ในระยะทางที่ไกลมากๆ จะสามารถทำได้โดยการใช้ค่าการสังเกตเส้นสเปกตรัมของธาตุหนึ่งว่ามีการเลื่อนไปในทิศทางใดจากปรากฏการณ์ดอพเพลอร์ ซึ่งจากการศึกษาของฮับเบิลพบว่ายิ่งกาแล็กซีอยู่ไกลออกไปเรื่อยๆ เส้นสเปกตรัมจะมีการเลื่อนไปทางสี แดงมากยิ่งขึ้นเทียบกับความยาวคลื่นในกรอบเฉื่อยดังสมการ (1)

$$z = \frac{\lambda_{emitted} - \lambda_0}{\lambda_0} \tag{1}$$

โดยค่า z ในสมการเป็นค่าของการเลื่อนทางแดงซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะทางตามการศึกษาของฮับเบิลดังสมการที่ (2)

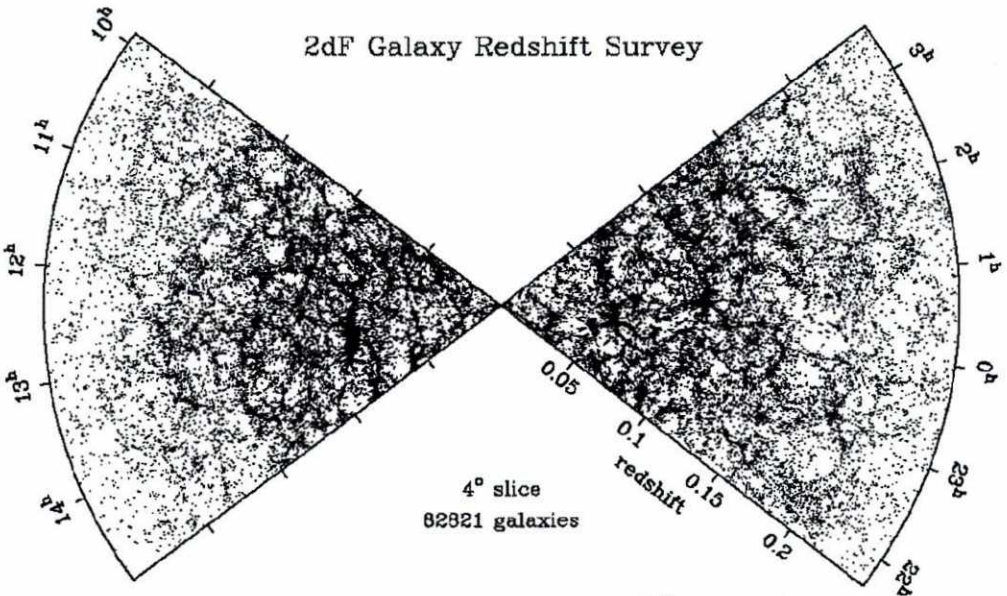
$$z = (H_0/c)d \tag{2}$$

เมื่อ H_0 เป็นค่าคงที่ของฮับเบิล

c เป็นค่าความเร็วแสงในสุญญากาศ

แต่การเก็บข้อมูลกาแล็กซีในอดีตพร้อมทั้งหาค่าของการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในคราวเดียวกันนั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากหากปริมาณกาแล็กซีที่ต้องการจะวัดมีปริมาณมากมายมหาศาล ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดถ่ายภาพพร้อมทั้งทำการหาค่าของการเลื่อนทางแดง แต่

ปัญหาสำหรับค่าของการเลื่อนทางแดงจะสามารถใช้หาค่าระยะทางที่แม่นยำตามกฎของฮับเบิลได้เพียงแค่ในระดับที่มีการเลื่อนทางแดงเพียง $z \approx 0.2$ โดยที่ค่าการเลื่อนทางแดงนั้นจะสัมพันธ์กับการขยายตัวของเอกภพที่ระยะทางที่ไกลมากๆแตกต่างออกไป โดยค่าระยะทางจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการเพิ่มขึ้นของระยะทางตามสมการที่ (2) ยกตัวอย่างเช่นกาแล็กซีที่มีค่าการเลื่อนทางแดงเท่ากับ 2 จะไม่ได้หมายความว่ามีระยะทางเป็นสองเท่าของกาแล็กซีที่มีค่าการเลื่อนทางแดงเท่ากับ 1 ซึ่งค่าระยะทางจะขึ้นอยู่กับตัวแปรทางเอกภพวิทยา (cosmological parameters) โดยขึ้นอยู่กับอัตราการขยายตัวของเอกภพ ซึ่งถ้าหากนำค่าการเลื่อนทางแดงมารวมกับการสังเกตการณ์ที่ฉายลงบนแผ่นทรงกลมท้องฟ้าในระนาบ 2 มิติจากหัวข้อที่แล้วจะทำให้ทราบการกระจายตัวของกาแล็กซีในระดับสเกลใหญ่ที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมุมมอง แต่จะเป็นโครงสร้างที่มีการกระจายตัวของกาแล็กซีที่ปรากฏเป็นโครงสร้างสามมิติที่แท้จริง



ภาพ 2 การกระจายโครงสร้างของสเกลขนาดใหญ่ที่ขึ้นกับการเลื่อนทางแดง

(credit: 2dF Galaxy Redshift Survey, https://www.researchgate.net/publication/284029679_Galaxy_Power-Spectrum_Analysis_A_Monte-Carlo_Approach, October 31, 2019)

4.4 อันดับความสว่างและสี (Magnitude and Color)

การสังเกตการณ์ด้านดาราศาสตร์ส่วนใหญ่จะทำการสังเกตวัตถุท้องฟ้าที่มีความสว่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปลดปล่อยมาทุกทิศทุกทางจากวัตถุนั้นๆ สามารถทำได้โดยการถ่ายภาพวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งการที่แสงจากวัตถุผ่านกล้องโทรทรรศน์ไปตกกระทบลงบนพื้นที่ของอุปกรณ์ถ่ายเทประจุ (Charge-Coupled Device หรือ CCD) ทำให้ในบริเวณภาพถ่ายเกิดเป็นบริเวณที่มีความสว่างแตกต่างจากบริเวณรอบข้าง โดยค่าความสว่างที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวนั้นจะเป็นค่าความสว่างของวัตถุ

ที่ทำการวัดได้ต่อพื้นที่ ถ้าหากต้องการทราบค่ากำลังส่องสว่างของวัตถุที่ทรงกลมรัศมี r จะสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของค่าฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผ่านพื้นผิวทรงกลมนี้ทั้งหมดดังสมการ

$$L = 4\pi r^2 f \tag{3}$$

เมื่อ f คือ ฟลักซ์การแผ่รังสีบนพื้นผิวหนึ่ง ๆ ของทรงกลมรัศมี r

จากสมการจะเห็นได้ว่าค่าความสว่างที่ระยะห่างใดๆ จะขึ้นอยู่กับสมบัติภายในของวัตถุนั้นว่ามีกำลังส่องสว่างมากน้อยเพียงใด แต่การที่จะทราบค่าระยะห่างของวัตถุกับผู้สังเกตที่อยู่บนโลกจากค่าความสว่างซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่จะหาค่าระยะทางเมื่อทราบค่าอันดับความสว่างโดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าอันดับความสว่างปรากฏและค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์ของวัตถุนั้น

ค่าอันดับความสว่างเป็นค่าที่แสดงถึงลำดับของความสว่างของวัตถุท้องฟ้า โดยวัตถุที่มีค่าความสว่างมากจะมีอันดับความสว่างน้อยกว่าวัตถุที่มีความสว่างน้อย ซึ่งความสว่างของวัตถุที่สังเกตการณ์บนโลกจะสัมพันธ์กับค่าอันดับความสว่างดังสมการ (4)

$$m = -2.5\log f + c \tag{4}$$

โดยจะเรียก m ว่าอันดับความสว่างปรากฏ และค่า cเป็นค่าคงที่ แต่การที่จะบอกว่าวัตถุท้องฟ้าหนึ่งมีกำลังส่องกว่าวัตถุท้องฟ้าอีกวัตถุหนึ่งจากค่าอันดับความสว่างปรากฏของแต่ละวัตถุนั้นไม่ สามารถทำได้ เนื่องจากอันดับความสว่างปรากฏจะขึ้นอยู่กับระยะทางของวัตถุท้องฟ้านั้น ดังนั้นนักดาราศาสตร์จึงได้ทำการนิยามค่าอันดับความสว่างที่ระยะทางคงที่ 10 pc เพื่อบอกค่าอันดับความสว่างแท้จริงของวัตถุท้องฟ้าโดยจะเรียกค่าอันดับความสว่างนี้ว่า อันดับความสว่างสัมบูรณ์ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$M = m - 5\log d + 5 \tag{5}$$

เมื่อ M คือ ค่าลำดับความสว่างสัมบูรณ์

d คือค่าระยะทางของวัตถุนั้น

ในทางปฏิบัติค่าอันดับความสว่างปรากฏและค่าอันดับความสว่างสัมบูรณ์จะเป็นค่าที่ทำการวัดการแผ่รังสีของวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่แน่นอนค่าใดค่าหนึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับสัญญาณนั้นๆ ซึ่งจะแตกต่างจากสมการที่ (4) และ สมการที่ (5) เนื่องจากทั้งสองสมการเป็นการวัดค่าอันดับความสว่างในทุกช่วงความยาวคลื่นที่เรียกว่า อันดับความสว่างโบโลเมตริก (bolometric magnitude) โดยการวัดค่าอันดับความสว่างที่มาจากแต่ละช่วงความยาวคลื่นจะสามารถนิยามตัวแปรตามความยาวคลื่นที่ทำการสังเกตุการณ์ว่าเป็นชนิดใดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรอันดับความสว่างในบางความยาวคลื่น

Apparent Magnitude	Absolute Magnitude	EM wave range
U	M_U	Ultra Violet
B	M_B	Blue
V	M_V	Visible

เมื่อนำค่าอันดับความสว่างปรากฏมาทำการลบกันเพื่อดูว่าวัตถุ้องฟ้าแต่ละวัตถุมีสีเป็นอย่างไรและเมื่อเทียบกับอีกวัตถุ วัตถุใดจะมีอุณหภูมิสูงกว่ายกตัวอย่างเช่น ดาวที่มีค่า $B-V$ น้อยจะมีสีออกไปทางสีน้ำเงินมากกว่าดาวที่มีค่า $B-V$ มาก โดยผลต่างของอันดับความสว่างระหว่างสองฟิลเตอร์นั้นเรียกว่าดัชนีสีของวัตถุท้องฟ้า (Color index)

4.5 อัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีและความกว้างเทียบเท่าของเส้นไฮโดเจนแอลฟา (The Star Formation and Equivalent Width of $H\alpha$ (EW($H\alpha$)))

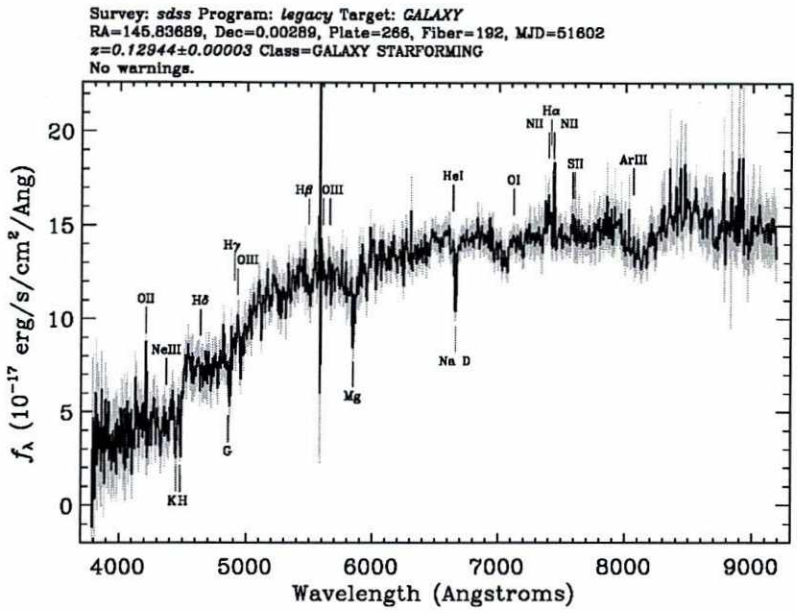
กาแล็กซีเป็นระบบขนาดใหญ่ที่ถูกประกอบเข้าด้วยกันจาก ดาวฤกษ์ ดาวเคราะห์ แก๊ส หรือแม้กระทั่งสสารระหว่างดาวที่เป็นต้นกำเนิดของดาวฤกษ์ใหม่ที่กำลังก่อตัวขึ้นมาจากสสารของดาวฤกษ์ดวงเก่าที่ผลิตมาก่อนหน้าแล้วได้ตายลงและกลายเป็นสสารระหว่างดาว ซึ่งแต่ละกาแล็กซีก็มีอัตราการเกิดของดาวใหม่ที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสสารตั้งต้นที่อยู่ในกาแล็กซีนั้น โดยอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซี (Star formation rate) เป็นอัตราที่กาแล็กซีได้ทำการผลิตดาวฤกษ์ในหนึ่งหน่วยเวลา การศึกษาอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีจะสามารถทำได้หลากหลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการศึกษาโดยใช้รังสีอุลตร้าไวโอเล็ต การแผ่รังสีของธาตุไฮโดรเจนแอลฟา และ ช่วงอินฟาเรดย่านไกล ซึ่งการศึกษาด้วยวิธีการเหล่านี้จะเป็นการตรวจหาดาวฤกษ์มวลมากที่มีอายุน้อยกว่า 10^8 ปีที่อยู่ในกาแล็กซี โดยการแปลงค่ากำลังส่องสว่างของธาตุไฮโดรเจนแอลฟาเป็นอัตราการผลิตดาวฤกษ์จะสามารถทำได้ดังสมการ (6) (James et al., 2004)

$$SFR\left(M_{\odot}yr^{-1}\right)=7.94\times10^{-35}L_{H\alpha} \qquad (6)$$

เมื่อ $L_{H\alpha}$ เป็นกำลังส่องสว่างในหน่วย วัตต์:watt

โดยค่ากำลังส่องสว่างของไฮโดรเจนแอลฟาจะสามารถหาได้จากสมการ (1) ซึ่งฟลักซ์การแผ่รังสีของไฮโดรเจนแอลฟาจะสัมพันธ์กับค่า ความกว้างเทียบเท่า (Equivalent width) ของเส้นแผ่รังสีไฮโดรเจนแอลฟาที่เกิดจากแก๊สรอบๆดาวเกิดใหม่ที่มีชนิดสเปกตรัมเป็น O และ B ซึ่งเป็นดาวมวลมากและมีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูง ดาวมวลมากที่เกิดใหม่เหล่านี้จะทำการปลดปล่อยรังสีออกมาในช่วงความยาวคลื่นอุลตร้าไวโอเลตซึ่งจะไปกระตุ้นแก๊สและฝุ่นที่อยู่รอบ ๆ ทำให้แก๊สไฮโดรเจน (H_2) ถูกไอออ

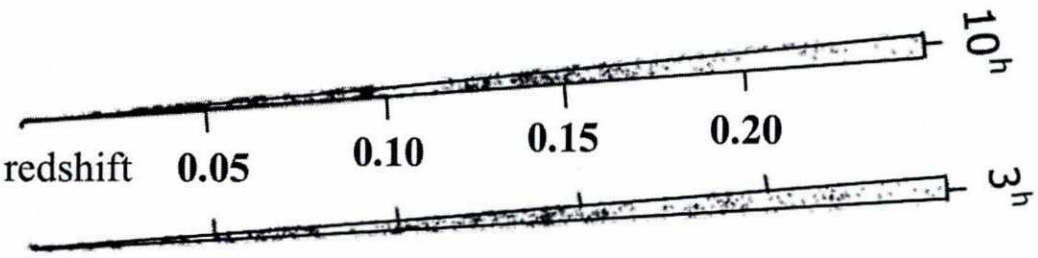
ไนซ์และทำการปลดปล่อย $H\alpha$ ที่มีค่าความยาวคลื่นเท่ากับ 6563 Å ซึ่งบริเวณที่มีการ ก่อกำเนิดดาว และมีการปลดปล่อย $H\alpha$ จะเรียกบริเวณนี้ว่าบริเวณไฮโดรเจนไอออไนซ์ ($\left[\mathrm{HII}\right]$ regions)



ภาพ 3 สเปกตรัมของกาแล็กซีตัวอย่างSDSJ094323.78+000131.4

(credit: Sloan Digital Sky Survey, http://skyserver.sdss.org/dr12/en/tools/getimg/spectra.aspx, October 31, 2019)

แม้ว่าในภาพใหญ่ของโครงสร้างเอกภพจะถือว่ามีการกระจายของมวลสารค่อนข้างสม่ำเสมอ (Matthew Colless et al., 2001) มาตั้งแต่ในอดีต แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนย่อยๆบางบริเวณพบว่ากระจายมวลสารไม่เท่ากันในบางบริเวณ โดยเฉพาะในบริเวณเอกภพปัจจุบันไปจนถึงภายในระยะเรดชิฟท์ต่ำกว่า z~0.8 ซึ่งเอกภพได้ผ่านการขยายตัวออกมานานแล้ว ดังเช่นในทิศทาง RA. ~ 3 hr กับ RA. ~ 10 hr ดังแสดงในภาพที่ 5 และเมื่อความหนาแน่นมวลสารต่างกัน ย่อมส่งผลให้วิวัฒนาการของกาแล็กซี รวมถึงการก่อกำเนิดดาวฤกษ์ภายในกาแล็กซี อุณหภูมิ และกำลังส่องสว่างของกาแล็กซีให้แตกต่างกันไปด้วย



ภาพ 4 ความหนาแน่นมวลสารในกลุ่มตัวอย่างแรกและกลุ่มตัวตัวอย่างที่สอง

เพื่อจะศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นมวลสารที่แตกต่างกันต่อวิวัฒนาการของกาแล็กซีในเอกภพเรดชิฟท์ต่ำ การศึกษานี้เลือกกลุ่มตัวอย่างจากฐานข้อมูล the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) ที่มีค่าเรดชิฟท์ต่ำกว่า 0.8 ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในเอกภพเรดชิฟท์ต่ำ มีกลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่อยู่ในยุคปัจจุบันและที่มีอายุย้อนหลังไปไม่เกินประมาณ 7,000 ล้านปี (คำนวณด้วยค่า $H_0 = 67.8$ km s^{-1} Mpc^{-1} (Plank Coolaboration et al., 2014)) และเลือกเฉพาะกลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่มีค่า RA. 2h 59m 30s – 3h 0m 30s เป็นกลุ่มตัวอย่างแรกสำหรับกลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า และกลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่มีค่า RA. 9h 59m 30s – 10h 0m 30s เป็นกลุ่มตัวอย่างที่สองสำหรับกลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นสูงกว่า โดยมีสมมุติฐานว่า กาแล็กซีที่มีวิวัฒนาการในความหนาแน่นที่สูงกว่า (กลุ่มตัวอย่างที่สอง) จะมีอัตราการก่อกำเนิดดาวฤกษ์มากในอดีตแล้วลดลงตามเวลาหรือเรดชิฟท์เร็วกว่าการลดลงของอัตราการก่อกำเนิดดาวฤกษ์ในกาแล็กซีที่มีวิวัฒนาการในความหนาแน่นที่ต่ำกว่า (กลุ่มตัวอย่างแรก) และดังนั้นอุณหภูมิของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างที่สองจะลดลงตามเวลาหรือเรดชิฟท์เร็วกว่าการลดลงของอุณหภูมิของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างแรกด้วย

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brinchmann et al. (2004) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกาแล็กซีประมาณ 10^5 กาแล็กซี โดยใช้การวิเคราะห์ค่าอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีที่ได้จากข้อมูลการสังเกตการณ์ข้อมูลสเปกตรัมของกาแล็กซีในการสังเกตการณ์จากแคตตาล็อกการสำรวจท้องฟ้าจากกล้องสโลนรีลีส 7 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลทางกายภาพที่คัดเลือกมาจากเส้นสเปกตรัมแผ่รังสี เพื่อที่จะทราบว่าอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีสำหรับกาแล็กซีที่มีการเลื่อนทางแดงน้อยกว่า 0.2 จะประพฤติตัวอย่างไร ซึ่งจากการศึกษาฟังก์ชันการกระจายตัวของค่าอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีที่เป็นฟังก์ชันของตัวแปรทางกายภาพหลายตัวพบว่า อัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีในเอกภพเรดชิพท์ต่ำส่วนใหญ่แล้วจะเกิดกับกาแล็กซีที่มีมวลปานกลางในช่วง ซึ่งมีค่าความสว่างพื้นผิว (surface brightness) สูงในบริเวณจานของกาแล็กซี และประมาณ 15% ของความหนาแน่นประชากร

กาแล็กซีที่มีอัตราการผลิตดาวฤกษ์สูง จะเกิดขึ้นในกาแล็กซีที่มีแนวโน้มว่าเป็นกาแล็กซีกัมมันต์ และอีกประมาณ 20% ปรากฏในรูปของสตาร์เบริซ์ทกาแล็กซี (starburst galaxy) แต่เป็นสตาร์เบริซ์ทกาแล็กซีที่มีกิจกรรมที่ไม่รุนแรงนัก ซึ่งค่าในเชิงปริมาณของจำนวนประชากรทั้งหมดพบว่า 28 % ของความหนาแน่นประชากรมาจากกาแล็กซีที่มีค่า และ 50 % ของความหนาแน่นประชากรทั้งหมดมาจากกาแล็กซีที่มีแต่จะมีประชากรเพียง 3 % มาจากกาแล็กซีที่มี

Matthew Colless et al. (2001) ได้ทำการสำรวจการกระจายตัวของกาแล็กซีซึ่งใช้ข้อมูลโครงการสำรวจการเลื่อนทางแดงโดยใช้ขอบเขตภาพที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 องศา (The 2dF Galaxy Redshift Survey) ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ทำการการวัดค่าการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีประมาณ 250,000 กาแล็กซี ซึ่งในงานวิจัยของ Matthew Colless et al. (2001) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจาก 2 บริเวณที่มีค่าเดคลิเนชัน 2 ช่วงพื้นที่คือบริเวณซีกกาแล็กติกใต้ที่มีเดคลิเนชันอยู่ในช่วงพื้นที่ 80° x 15° รอบ ๆ ขั้วกาแล็กติกใต้ และบริเวณซีกกาแล็กติกเหนือที่มีค่าเดคลิเนชันอยู่ในช่วงพื้นที่ 75° x 10° ตามแนวเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า และยังมีอีก 99 บริเวณย่อยที่กระจายตัวรอบขั้วกาแล็กติกใต้ กินพื้นที่โดยรวมประมาณ 2000 ตารางองศา และมีค่าความลึกเฉลี่ยของการสำรวจกาแล็กซีจากค่าการเลื่อนทางแดงอยู่ที่ 0.11 โดยค่าการเลื่อนทางแดงจะทำการวิเคราะห์จากการถ่ายภาพเส้นสเปกตรัมที่ครอบคลุมในช่วงความยาวคลื่น 3600 - 8000 และมีค่าความละเอียดสูงถึง 9 โดยประสิทธิภาพสูงที่สุดของการสำรวจด้านลึกจะสูงไปถึงการเลื่อนทางแดงที่มีค่าประมาณ 0.3 ผลการสำรวจจะทำการแบ่งประเภทของกาแล็กซีที่พบในการสำรวจครั้งนี้เป็น 4 ประเภทจากการคำนวณ โดยจะเรียงจากกาแล็กซีชนิดต้นไปจนถึงกาแล็กซีชนิดปลายเมื่อทำการพล็อตกระจายตัวของของกาแล็กซีตามไรต์แอสเซนชันต่างๆ กับค่าการเลื่อนทางแดงพบว่ามีลักษณะโครงสร้างในระดับสเกลขนาดใหญ่ของกาแล็กซีชนิดต้นซึ่งคล้ายกับกาแล็กซีชนิดปลายแต่กาแล็กซีชนิดปลายจะมีโครงสร้างที่อยู่กันอย่างหลวม ๆ มากกว่ากาแล็กซีชนิดต้น

Kennicutt (1998) ได้ทำการสังเกตการณ์ค่าอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีเป็นกุญแจสำคัญที่ใช้ในการตอบปัญหาการวิวัฒนาการของกาแล็กซี ซึ่งการหาอัตราการผลิตดาวฤกษ์ในกาแล็กซีนั้นจะ สามารถตรวจจับได้จากหลากหลายวิธีในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุลตร้าไวโอเลตอินฟาเรดไกล หรือจากเส้นสเปกตรัมที่เกิดจากการรีคอมพ์บายเนชัน (Recombination) ซึ่งการตรวจจับเหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่ประชากรของดาวที่มีอายุน้อยเพิ่งก่อกำเนิดได้ไม่นานโดยในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้เส้นสเปกตรัมไฮโดรเจนแอลฟาในการตรวจวัดเนื่องจากทำการตรวจจับได้ง่ายและการตรวจจับเส้นไฮโดรเจนแอลฟาจะสื่อถึงบริเวณที่มีการแผ่รังสีโดยตรงของเนบิวลาที่มีอัตราการผลิตดาวฤกษ์มวลมาก โดยถ้าหากเป็นกาแล็กซีที่อยู่ใกล้เราจะสามารถทำการตรวจหาบริเวณที่มีอัตราการผลิตดาวฤกษ์ได้อย่างละเอียดที่แม้จะใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีขนาดเล็กในการตรวจจับก็ตาม และยังสามารถใช้เส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนแอลฟานี้จากการตรวจจับโดยการเลื่อนทางแดงของสตาร์เบิซทกาแล็กซีซึ่งใช้สำหรับกาแล็กซีที่มีการเลื่อนทางแดงที่สูงได้ แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือการวัดเส้นสเปกตรัมไฮโดรเจนแอลฟานั้นจะมีความไม่แน่นอนสูงซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าการบดบังแสงและฟังก์ชันมวลตั้งต้น (initial mass function) ของกาแล็กซีนั้น ๆ

6. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

6.1 เพื่อศึกษาการวิวัฒนาการของกาแล็กซีภายในระยะเรดชิฟท์ต่ำกว่า z~0.8

6.2 เพื่อศึกษาการวิวัฒนาการของกาแล็กซีในสองบริเวณที่มีความหนาแน่นมวลสารแตกต่างกัน

7. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

การศึกษาในครั้งนี้จะสามารถเพิ่มความเข้าใจในเรื่องการวิวัฒนาการของกาแล็กซีที่อยู่ในระยะเรดชิฟท์ต่ำกว่า z~0.8 ว่ามีวิวัฒนาการสัมพันธ์กับเรดชิฟท์อย่างไร นอกจากนี้ยังทำให้เห็นถึงวิวัฒนาการของกาแล็กซีในสองบริเวณที่มีความหนาแน่นมวลสารแตกต่างกัน

8. ขอบเขต วิธีการวิจัย และแผนการดำเนินการ

8.1 ขอบเขต

งานวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นมวลสารที่แตกต่างกันต่อวิวัฒนาการของกาแล็กซีในเอกภพเรดชิฟท์ต่ำกว่า 0.8 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างกาแล็กซีที่มีค่าไรต์แอสเซนชันประมาณ 10 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง

8.2 วิธีการวิจัย

8.2.1 ทบทวนวรรณกรรม

8.2.1.1 ค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.2.1.2 ศึกษาอัตราการผลิตดาวในกาแล็กซีตัวอย่างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.2.2 รวบรวมข้อมูล

8.2.2.1 รวบรวมข้อมูลกาแล็กซีในการสังเกตการณ์ทางแสงจากแคตตาล็อกการสำรวจท้องฟ้าจากกล้องสโลนรีลีส 12
(Sloan Digital Sky Survey DR 12)
(http://vizier.u-strasbg.fr)

8.2.2.2 รวบรวมข้อมูลสเปกตรัมของกาแล็กซีในการสังเกตการณ์จากแคตตาล็อกการสำรวจท้องฟ้าจากกล้องสโลนรีลีส 7
(Sloan Digital Sky Survey DR 7)
(https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/SDSS/DR7)

8.2.3 คัดแยกข้อมูล

8.2.3.1 สำรวจข้อมูลที่ทำการดาวน์โหลดมาจากฐานข้อมูลทั้งสอง

8.2.3.2 รวมข้อมูลของกาแล็กซีที่ตรงกันจากฐานข้อมูลการสังเกตการณ์ทางแสงและข้อมูลสเปกตรัมทั้งสองแคตตาล็อก

8.2.4 วิเคราะห์ข้อมูล

8.2.4.1 ศึกษาการกระจายความหนาแน่นจำนวนของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าไรต์แอสเซนชัน 3 ชั่วโมง (กลุ่มตัวอย่างแรก) และกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าไรต์แอสเซนชัน 10 ชั่วโมง (กลุ่มตัวอย่างที่สอง)

8.2.4.2 ศึกษาสมบัติความสว่างและอุณหภูมิของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง

8.2.4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและอุณหภูมิกับค่าการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง

8.2.4.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการก่อกำเนิดดาวฤกษ์กับค่าการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง

8.2.5 สรุปผลและวิจารณ์ผล

8.2.5.1 เปรียบเทียบผลระหว่างสองบริเวณที่มีไรต์แอสเซนชันต่างกันในประเด็นผลกระทบของความหนาแน่นมวลสารต่างกันที่มีต่อสมบัติและวิวัฒนาการของกาแล็กซี และสรุปผลที่ได้

8.2.5.2 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้กับงานวิจัยเทียบเคียงและวิจารณ์ผลที่ได้

8.2.6 เขียนวิทยานิพนธ์

แผนการดำเนินงาน

แผนการทำวิทยานิพนธ์	12 เดือน			
	1-3	4-6	7-9	10-12
ทบทวนวรรณกรรม				
รวบรวมข้อมูล				
คัดแยกข้อมูล ศึกษาการกระจายความหนาแน่นจำนวนของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง				
ศึกษาสมบัติความสว่างและอุณหภูมิของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง				
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและอุณหภูมิกับค่าการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง				
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการก่อกำเนิดดาวฤกษ์กับค่าการเลื่อนทางแดงของกาแล็กซีในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง				
สรุปผลและวิจารณ์ผล				
เขียนวิทยานิพนธ์				

9. สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

10. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

12 เดือน

11. เอกสารอ้างอิง

Elmegreen, D. M. (1998). *Galaxies and galactic structure.* Upper Saddle River (N.J.): Prentice Hall.

Mark H. Jones & Robert j.A. Lambourne. (2003). An introduction to *Galaxies and cosmology.* Milton Keynes.

Sparke, L. S., & Gallagher, J. S. (2010). *Galaxies in the universe: an introduction.* Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Colless, M. (n.d.). The 2dF Galaxy Redshift Survey. *The Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics.* doi: 10.1888/0333750888/5485

Brinchmann, J., Charlot, S., White, S. D. M., Tremonti, C., Kauffmann, G., Heckman, T., & Brinkmann, J. (2004). The physical properties of star-forming galaxies in the low-redshift Universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 351*(4), 1151–1179. doi: 10.1111/j.1365-2966.2004.07881.x

Kennicutt, R. C. (1998). Star Formation In Galaxies Along The Hubble Sequence. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 36*(1), 189–231. doi: 10.1146/annurev.astro.36.1.189

Anon, (2019). [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/284029679_Galaxy_Power-Spectrum_Analysis_A_Monte-Carlo_Approach.

Sloan Digital Sky Survey (2019), "SkyServerDR12 (Online)" Available: http://skyserver.sdss.org/dr12/en/tools/getimg/spectra.aspx (2019, October 31)

Max-Planck-Institut fu ̈r Astrophysik, "The MPA-JHU DR7 release of spectrum measurements" Available: https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/SDSS/DR7/#raw (2019, October 20)

Planck Collaboration et al. (2014), Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters, \aap, 571, A16.

Hudson, 1993, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 265, 43, Blackwell Publishing, Oxford.

James et al., 2004, "The H_α galaxy survey. I. The galaxy sample, $H\alpha$ narrow-band observations and star formation parameters for 334 galaxies," *A&A,* Vol 441, January 2004, PP.23-43

12. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์/ปริญญานิพนธ์/การค้นคว้าอิสระ

ได้ตรวจสอบแบบเสนอฯ นี้แล้ว จึงเสนอเพื่อพิจารณา

(ลงนาม)..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ไกรวัฒวงศ์)

หนังสือยินยอมมอบทรัพย์สินทางปัญญา
Letter of Consent to Consign Intellectual Properties

ที่ ..... / .....
Ref. No. (issued by the Graduate School)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
The Graduate School, Chiang Mai University

วันที่ .... เดือน ..... พ.ศ. .....
Date Month Year (BE)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) พลวัต ย้อยฝอย รหัสนักศึกษา 610531098
I am (Mr/Mrs/Ms) Student Code

นักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระดับ ☐ ปริญญาเอก ☒ ปริญญาโท ☐ อื่นๆ .....
Student of Chiang Mai University studying in Doctoral Degree Master's Degree Other

☒ หลักสูตรปกติ ☐ หลักสูตรนานาชาติ ☐ อื่นๆ ..... หมายเลขโทรศัพท์ 086-5154650
Regular Program International Program Other Telephone No.

สาขาวิชา ดาราศาสตร์ แบบ/แผน 2/.....
Major/Field of Specialization Type/Plan

ตกลงยินยอมมอบ ลิขสิทธิ์ สิทธิบัตร อนุสิทธิบัตร สิทธิในงานประดิษฐ์ ความลับทางการค้า และทรัพย์สินทางปัญญาอื่นๆ ในวิทยานิพนธ์หรือการค้นคว้าแบบอิสระที่ได้รับอนุมัติตามหัวข้อเรื่องดังนี้ (ภาษาไทยและอังกฤษ)
agree to consign Copyright, Patent, Petty Patent, Patent of Invention, Trade Secret and other Intellectual Properties in the approved Dissertation/Thesis/Independent Study as specified in the following Title (in Thai and English)

(Title in Thai) วิวัฒนาการของกาแล็กซีในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันภายในเอกภพเรดชิฟท์ z~0.8

(Title in English) Galaxy Evolution in Different Environments Within Redshift z~0.8 Universe

ให้แก่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ตลอดอายุการคุ้มครองตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับทรัพย์สินทางปัญญา
to Chiang Mai University throughout the Legal Protection of any involved Intellectual Property Law

(ลงนาม) ..... นักศึกษา
(Signature) Student
(พลวัต ย้อยฝอย)

(ลงนาม) ..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(Signature) Dissertation/Thesis/I.S. Advisor
(รศ.ดร.ปรีชา กาวีวงศ์)

(ลงนาม) ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(Signature) Dean of the Graduate School
(.....)

Language Institute
Chiang Mai University

Chiang Mai University
Electronic Test of English for Graduate Studies
(CMU-eTEGS) Score Report

Test Taker	:	Mr. Ponlawat Yoifoi
CMU Student ID. No.	:	610531098
Registration Number	:	62090158
Test Date	:	September 14, 2019
Test Time	:	09:00-12:00 a.m.
Test Location	:	Language Institute, Chiang Mai University

(CMU-eTEGS) Test Result

Test Content	Maximum Score	Test Results
Section I : Listening	20 Points	13 points
Section II : Structure & Written Expression	30 Points	9 points
Section III : Vocabulary	20 Points	18 points
Section IV : Reading	30 Points	22 points
Total	**100**	**62**

CMU-eTEGS final result is valid for a period of two years after the testing date through to September 14, 2021

Sompong Wito

(Professor Sompong Witayasakpan, Ph.D.)

Director

สถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์ 0 5394 3751-3 โทรสาร 0 5394 3754
www.li.cmu.ac.th e-mail : li@cmu.ac.th

Language Institute, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Rd., Suthep, Mueang, Chiang Mai 50200 Tel : +66 5394 3751-3, Fax : +66 5394 3
www.li.cmu.ac.th e-mail : li@cmu.ac.th

สถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะและศักยภาพในการใช้ภาษาต่างประเทศสำหรับนักศึกษาและบุคลากร ทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนประชาชนทั่วไป