# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม Iris

ภาคผนวก ข การวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีซีซีดี โฟโตเมทรีโดยใช้โปรแกรมอะเพอร์เจอร์ (Aperture Photometry Tool)

ภาคผนวก ค การสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์

ภาคผนวก ง การหาอายุ ระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M44 ด้วยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมทรี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

# ภาคผนวก ก
# การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม Iris

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

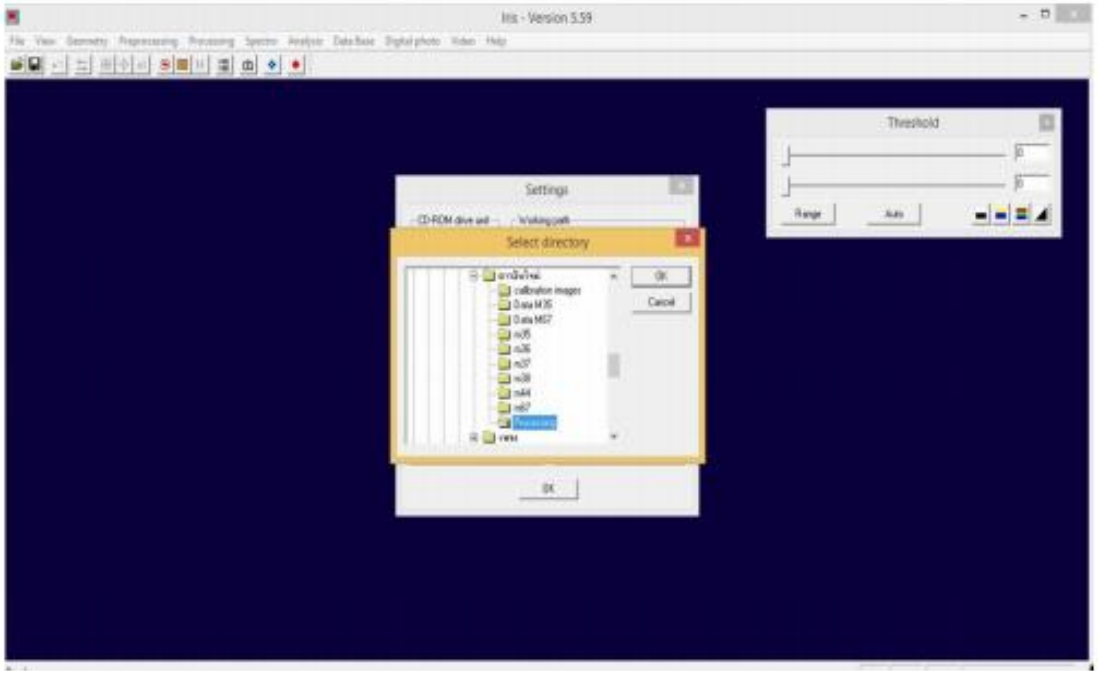
## การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม Iris

ภาพที่ได้จากการถ่ายด้วยเทคนิคซีซีดี โฟโตเมทรีในตอนแรกนั้น ไม่ได้เป็นภาพที่มาจาก โฟตอนของ ดาวที่ทำการสังเกตเพียงอย่างเดียว แต่ประกอบไปด้วยสัญญาณรบกวน (noise) และสัญญาณอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการอีกมาก ซึ่งก่อนจะนำภาพที่ไปวิเคราะห์ทางดาราศาสตร์ต่อไปนั้น เราจึงจำเป็นต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction Images) ออกก่อน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

## 1.การเปลี่ยนไฟล์ให้อยู่ในรูปที่โปรแกรม Iris พร้อมที่จะนำไปใช้วิเคราะห์

1.1 สร้างโฟลเดอร์ที่ต้องการใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการกำจัดสัญญาณรบกวน เช่น Processing

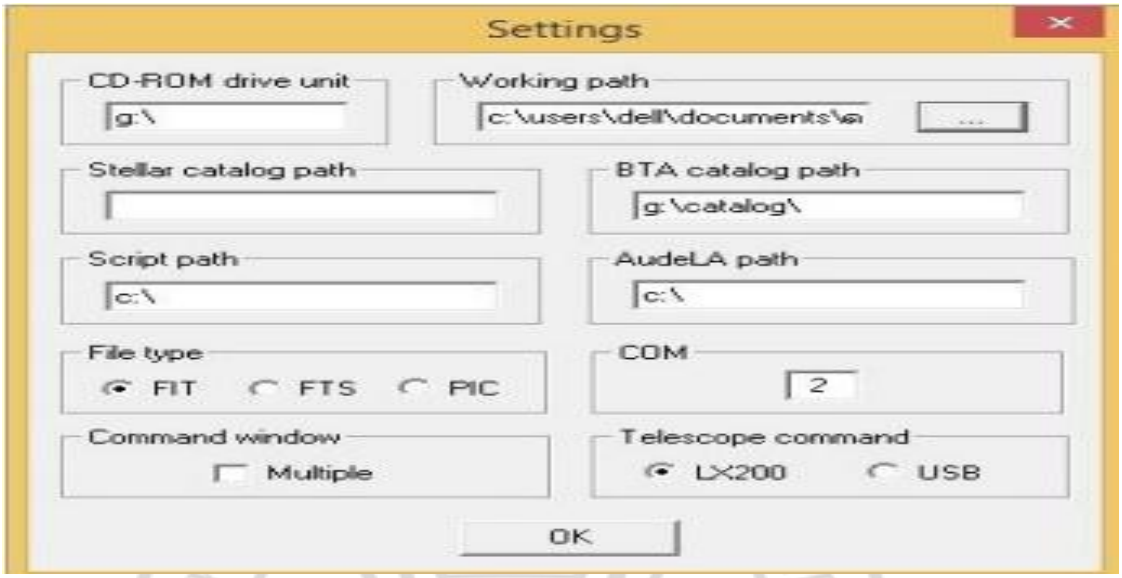
1.2 ทำการเปลี่ยน Working Directory ไปสู่ Directory ที่มีไฟล์อยู่ก่อน โดยเข้าไปที่ File คลิกที่ Setting แล้วเปลี่ยน Working path เป็น Directory ที่ต้องการเก็บข้อมูล แล้วคลิก Ok ดังภาพที่ ก.1 เพื่อรวมข้อมูลที่ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Iris




ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

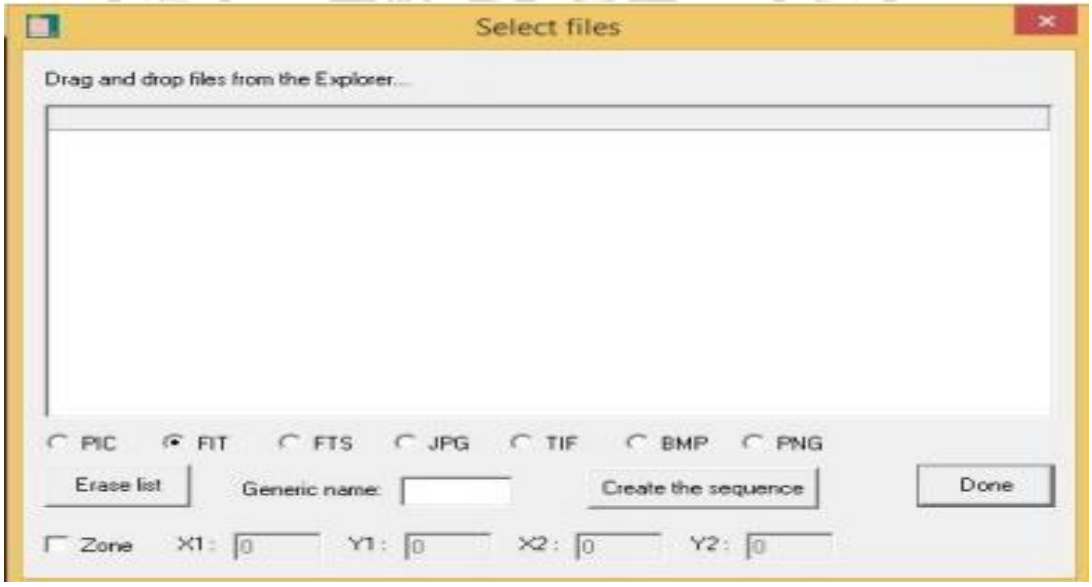
**ภาพที่ ก.1** ตัวอย่างหน้าต่างการเปลี่ยน Working Directory ไปสู่ Directory

1.3 เปลี่ยนชื่อไฟล์จาก filename.fits เป็น filename.fit เนื่องจากโปรแกรม Iris ไม่สามารถอ่านไฟล์ FITS ได้ แต่อ่านไฟล์ FIT ได้โดยเลือก File type เป็น FIT ดังภาพที่ ก.2



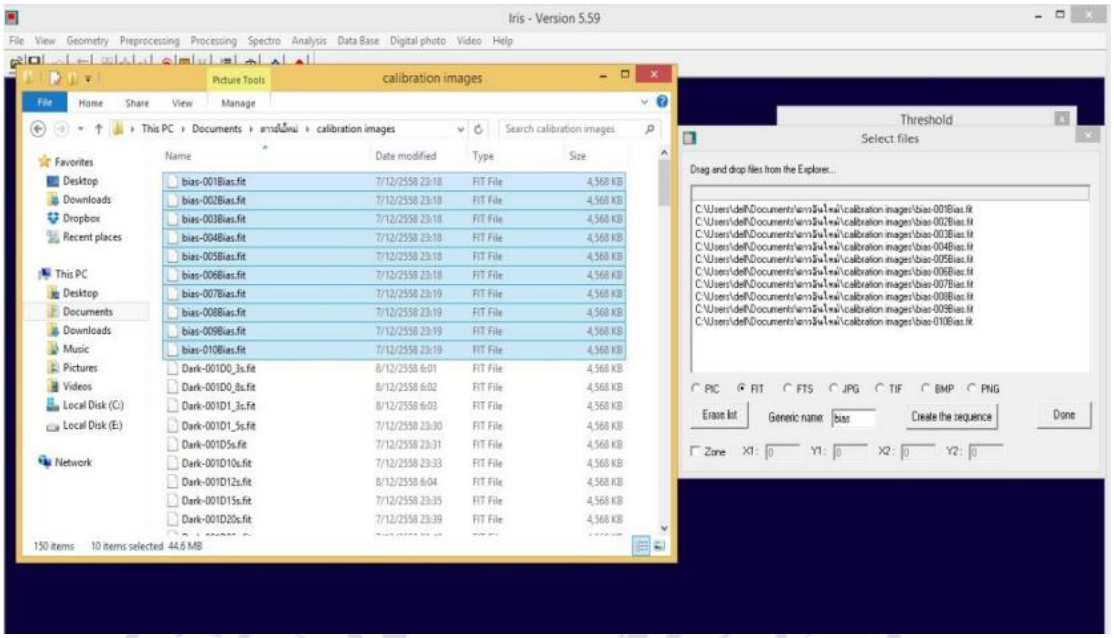

**ภาพที่ ก.2** ตัวอย่างหน้าต่างการเลือก File type เป็น FIT

1.4 คลิกที่ File เลือก Select files และคลิกเลือก FIT เพื่อเลือกภาพที่จะใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนดังภาพที่ ก.3




**ภาพที่ ก.3** ตัวอย่างหน้าต่าง Select files

1.5 เปิดโฟลเดอร์ที่เก็บภาพไว้ โดยเลือกภาพที่ต้องการนำมาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน ในที่นี้ทำการเลือกภาพของ bias จำนวน 10 รูป แล้วลากมาใส่ในหน้าต่าง Select files แล้วตั้งชื่อไฟล์ใน Generic name เป็น bias จากนั้นคลิก Create the sequence ดังภาพที่ ก.4




**ภาพที่ ก.4** ตัวอย่างการนำภาพมาใส่ในหน้าต่าง Select files

1.6 เลือกภาพที่ต้องการนำมาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนตามขั้นตอน 1.5 โดยเปลี่ยนเป็นภาพของ dark - b, flat - b, dark flat - b และ m35 - b แล้วตั้งชื่อไฟล์ใน Generic name เป็น dark - b, flat - b, darkflat - b และ m35 - b ตามลำดับ

1.7 ทำการเปลี่ยนไฟล์ให้อยู่ในรูปที่โปรแกรม Iris พร้อมที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ของกระจุกดาวปิด M3 ในฟิลเตอร์ B และกระจุกดาวเปิด M44 ในทั้งสองฟิลเตอร์ด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน (อาจจัดเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ในโฟลเดอร์เดียวกัน หรือสร้างโฟลเดอร์แยกเป็นของแต่ละอันก็ได้ แล้วแต่ความสะดวก)

## 2. การทำ Master Bias

2.1 เปิดภาพ bias คลิกที่ Preprocessing คลิกที่ Make an offset

2.2 ใน Make an offset ดังภาพที่ ก.5

- เลือก Generic name เป็น bias (จะต้องใส่ชื่อให้ตรงกับที่เราตั้งไว้ในข้างต้น)
- เลือก Number เป็นจำนวนรูป 10 รูป (ใส่ตามจำนวนรูปที่มี)
- คลิก Ok

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

**ภาพที่ ก.5** ตัวอย่างการทำ Master Bias

2.3 บันทึกภาพโดยการคลิกที่ Save เลือก File name เป็น master-bias แล้วคลิก Save

2.4 ทำ Master Bias ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน

## 3. การทำ Master Dark

เป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการที่อุณหภูมิของซีซีดี มีผลต่ออิเล็กตรอนใน ซีซีดีชิพ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.1 การทำ Master Dark ของดาว

1) เปิดภาพ dark-b คลิกที่ Preprocessing คลิกที่ Make a dark

2) ใน Make a dark box ดังภาพที่ ก.6

- เลือก Generic name เป็น dark-b
- เลือก Offset image เป็น master-bias
- เลือก Method เป็น Median
- เลือก Number เป็น จำนวนรูป 10 รูป
- คลิก Ok

**ภาพที่ ก.6** ตัวอย่างการทำ Master Dark ของดาว

3) บันทึกภาพโดยการคลิกที่ Save เลือก File name เป็น master-dark แล้วคลิก Save

4) ทำ Master Dark ของดาว ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน

3.2 การทำ Master Dark ของ Flat

1) เปิดภาพ darkflat - b คลิกที่ Preprocessing คลิกที่ Make a dark

2) ใน Make a dark box ดังภาพที่ ก.7

- เลือก Generic name เป็น darkflat-b
- เลือก Offset image เป็น master-bias
- เลือก Method เป็น Median
- เลือก Number เป็น จำนวนรูป 10 รูป
- คลิก Ok

**ภาพที่ ก.7** ตัวอย่างการทำ Master Dark ของ Flat

3) บันทึกภาพโดยการคลิกที่ Save เลือก File name เป็น master – darkflat - b แล้วคลิก Save

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4) ทำ Master Dark ของ Flat ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน

## 4. การทำ Remove Dark

เป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนของ Dark ออกจาก Flat Frame ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.1 เปิดภาพ flat - b คลิกที่ Preprocessing คลิกที่ Remove dark

4.2 ใน Remove dark box ดังภาพที่ ก.8

- เลือก Input generic name เป็น flat-b

- เลือก Dark frame เป็น master – darkflat - b
- เลือก Cosmetic file เป็น ไม่ได้ใส่
- เลือก Output generic name เป็น flat – b - rd
- เลือก Number เป็น จำนวนรูป 10 รูป
- ไม่เลือก Optimization
- คลิก Ok

**ภาพที่ ก.8** ตัวอย่างการทำ Remove Dark

4.3 บันทึกภาพโดยการคลิกที่ Save เลือก File name เป็น master-flat-b-rd แล้วคลิก Save

4.4 ทำ Remove Dark ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน

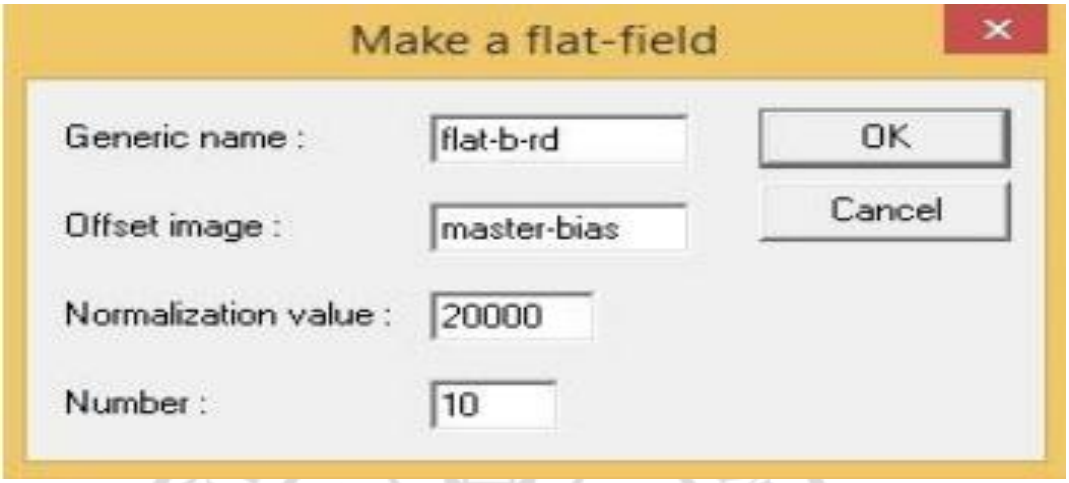
## 5. การทำ Master Flat

เป็นวิธีการลดสัญญาณที่ไม่ต้องการซึ่งเกิดจากการที่ความไวของการสัญญาณของผิวหน้าซีซีดี แต่ละตัวมีการตอบสนองไม่เท่ากัน หรือฝุ่นที่เกาะอยู่บนเลนส์ ซึ่งมีวิธีการต่อไปนี้

5.1 เปิดภาพ flat-b-rd คลิกที่ Preprocessing คลิกที่ Make a flat-field

5.2 ใน Make a flat-field box ดังภาพที่ ก.9

- เลือก Generic name เป็น flat – b - rd
- เลือก Offset image เป็น master-bias
- เลือก Normalization Value เป็นค่าความสว่างของภาพที่ 20,000
- เลือก Number เป็น จำนวนรูป 10 รูป
- คลิก Ok




**ภาพที่ ก.9** ตัวอย่างการทำMaster Flat

5.3 บันทึกภาพโดยการคลิกที่ Save เลือก File name เป็น master-flat-b แล้วคลิก Save

5.4 ทำ Master Flat ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน

## 6. การทำ Reduction

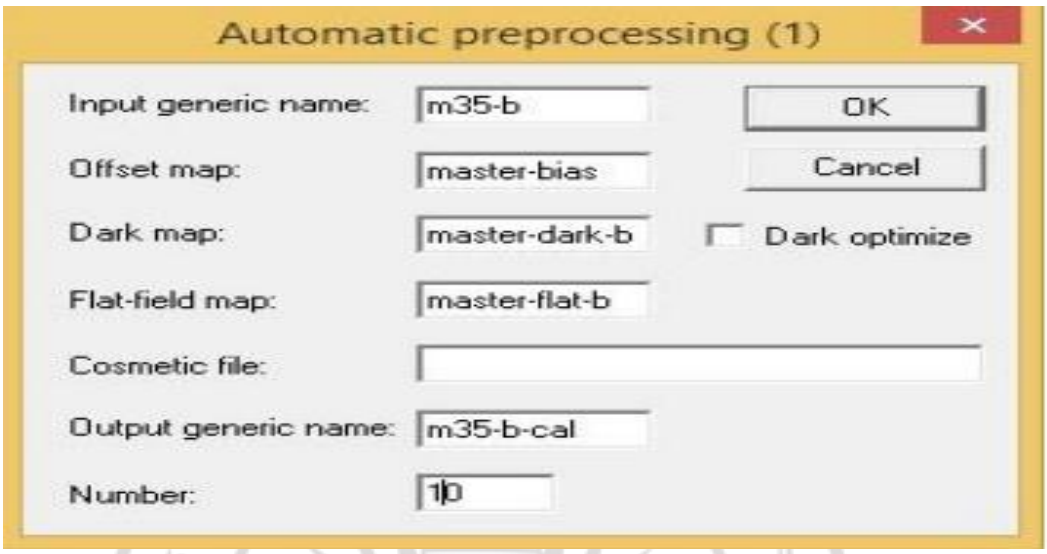
เป็นวิธีการปรับปรุงภาพสู่ค่ามาตรฐาน (Calibration) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

6.1 เปิดภาพ m35 - b คลิกที่ Preprocessing แล้วคลิกที่ Automatic Preprocessing (1)

6.2 ใน Automatic preprocessing Box ดังภาพที่ ก.10

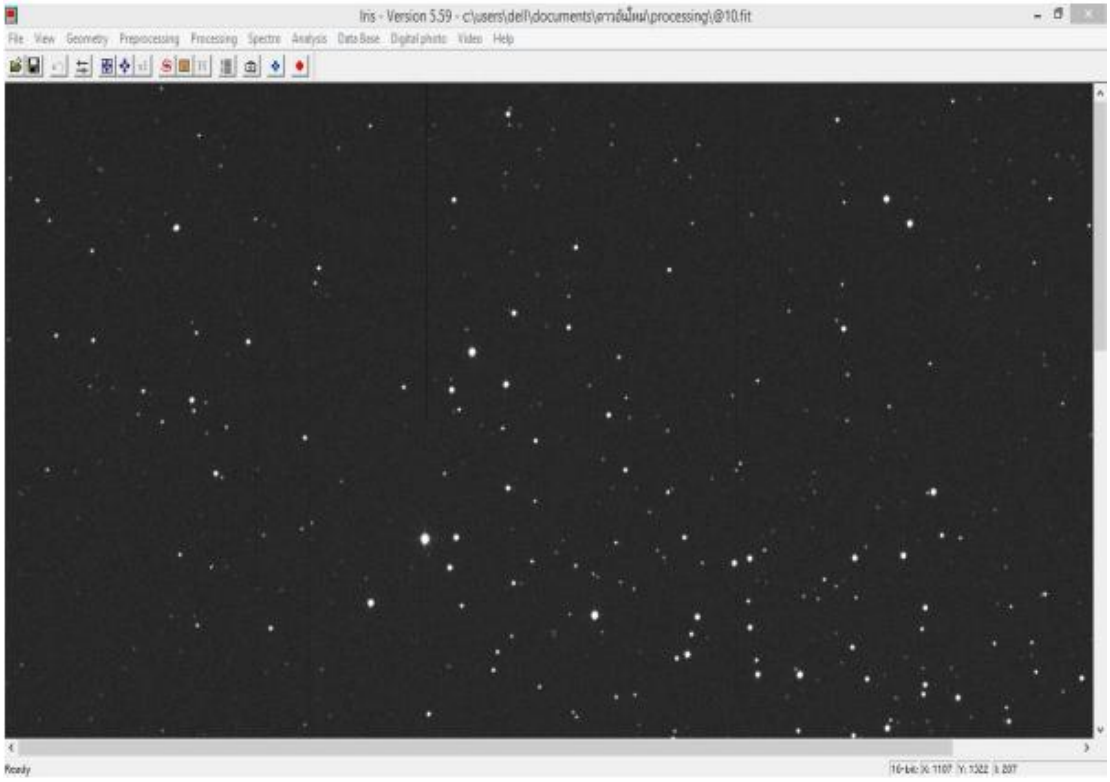
- เลือก Input generic name เป็น m35 - b
- เลือก Offset map เป็น master - bias
- เลือก Dark map เป็น master – dark - b
- เลือก Flat-field map เป็น master - flat - b
- เลือก Cosmetic file เป็น ไม่ได้ใส่
- เลือก Output generic name เป็น m35 – b - cal
- เลือก Number เป็นจำนวนรูป 10 รูป
- ไม่ต้องเลือก Dark optimize
- คลิก Ok

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ ก.10** ตัวอย่างการทำ Reduction

6.3 ทำ Reduction ฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน



**ภาพที่ ก.11** ตัวอย่างภาพที่ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนเรียบร้อยแล้ว

## 7. การทำ Aline

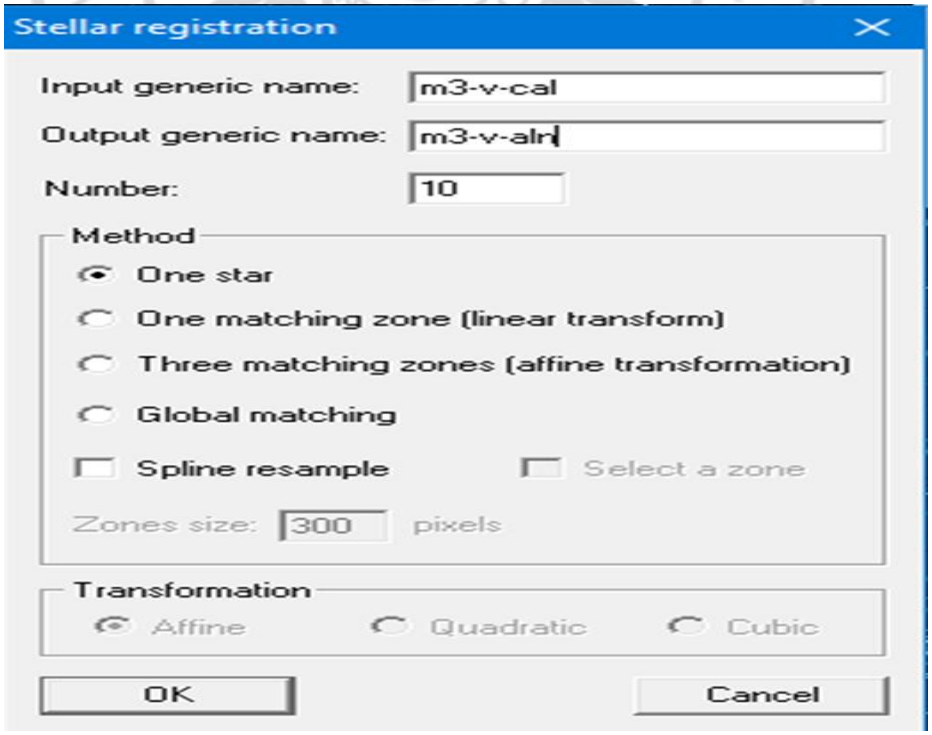
เป็นวิธีการจัดดาวให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

7.1 เปิดภาพ m3-b-cal เลือกบริเวณที่ต้องการ คลิกที่ Processing แล้วคลิกที่ Stellar registration

7.2 ใน Stellar registration Box ดังภาพที่ ก.12

- เลือก Input generic name เป็น m3-b-cal
- เลือก Output generic name เป็น m3-b-aln
- เลือก Number เป็นจำนวน 10 รูป
- เลือก One star
- คลิก ok

7.3 ทำ Aline ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน




**ภาพที่ ก.12** ตัวอย่างการทำ Aline

## 8. การทำ Stretch

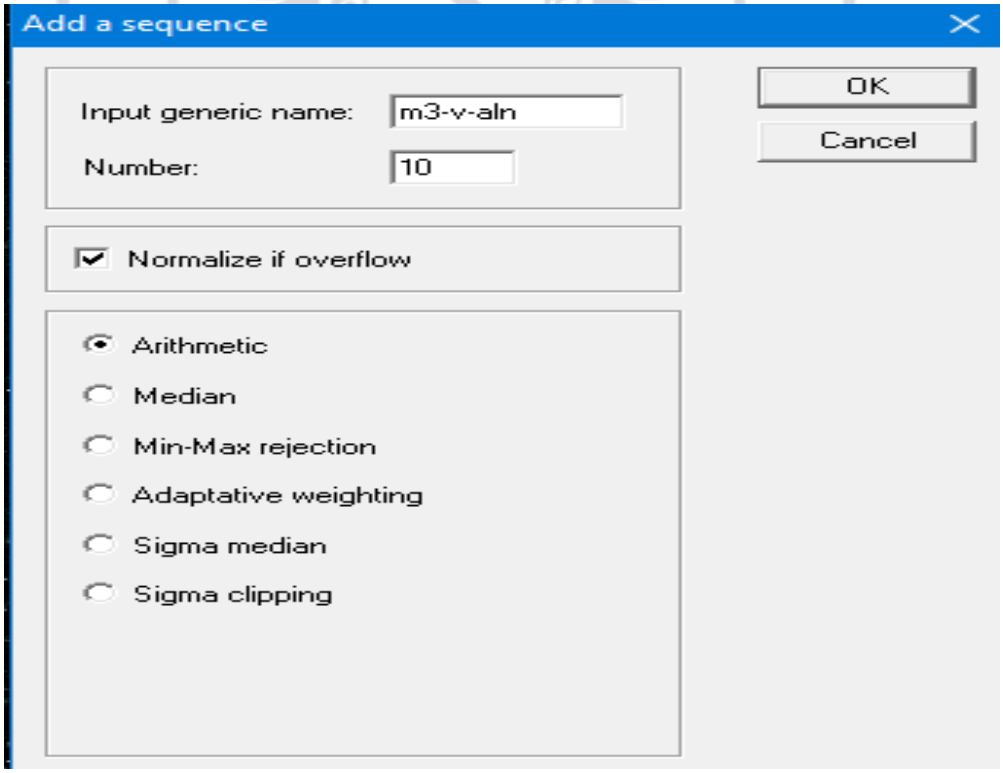
เป็นวิธีการรวมภาพ ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

8.1 เปิดภาพ m3-b-aln คลิกที่ Processing แล้วคลิกที่ Add a sequence

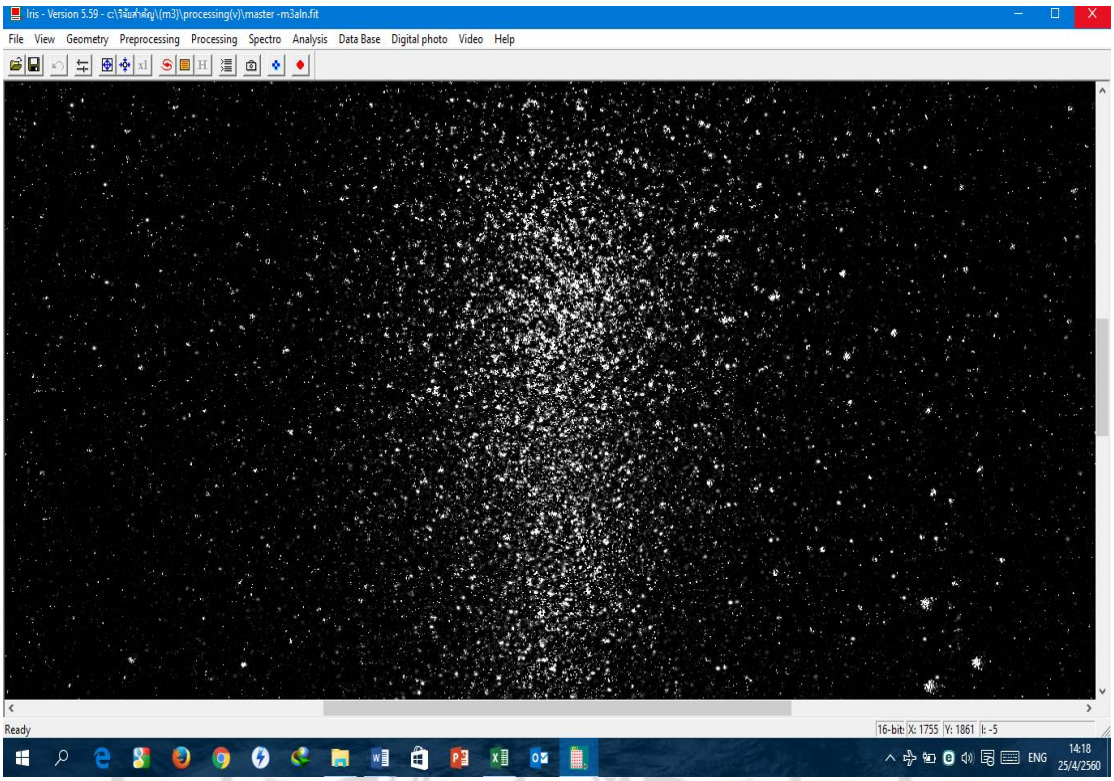
8.2 ใน Add a sequence Box ดังภาพที่ ก.13

- เลือก Input generic name เป็น master-m3-aln
- เลือก Number เป็นจำนวนรูป 10 รูป
- เลือก Normalize if overflow
- เลือก Arithmetic
- คลิก ok

8.3 ทำ Stretch ในฟิลเตอร์ที่เหลือด้วยวิธีการนี้เช่นเดียวกัน




**ภาพที่ ก.13** ตัวอย่างการทำ Stretch




**ภาพที่ ก.14** ตัวอย่างภาพที่เกิดการรวมภาพเรียบร้อยแล้ว

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

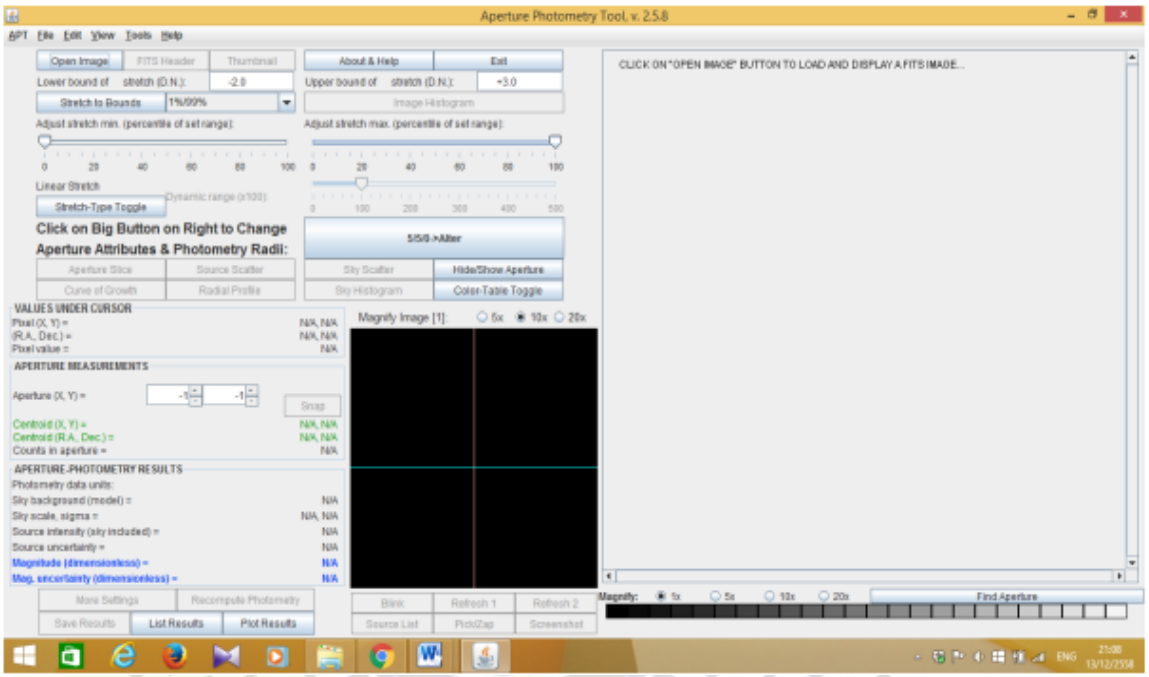
# ภาคผนวก ข
# การวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีซีซีดี โฟโตเมทรี โดยใช้โปรแกรมอะเพอร์เจอร์ (Aperture Photometry Tool)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**การวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีซีซีดี โฟโตเมทรีโดยใช้โปรแกรม APT**

การหาโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีซีซีดี โฟโตเมทรีโดยใช้โปรแกรม Aperture Photometry Tool มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT)

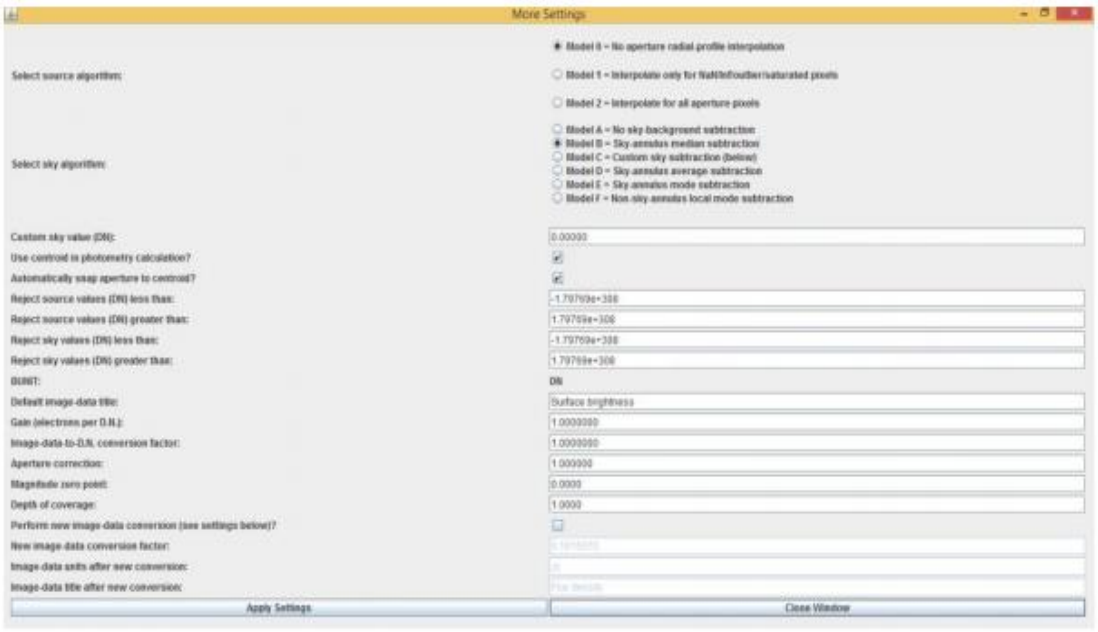



**ภาพที่ ข.1** ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Aperture Photometry Tool (APT)

2. คลิก Open Image เลือกภาพที่ต้องการวัดโชติมาตรปรากฏ ในที่นี้จะทำการวัดโชติมาตรปรากฏ (Photometry) ของ M3 filter B

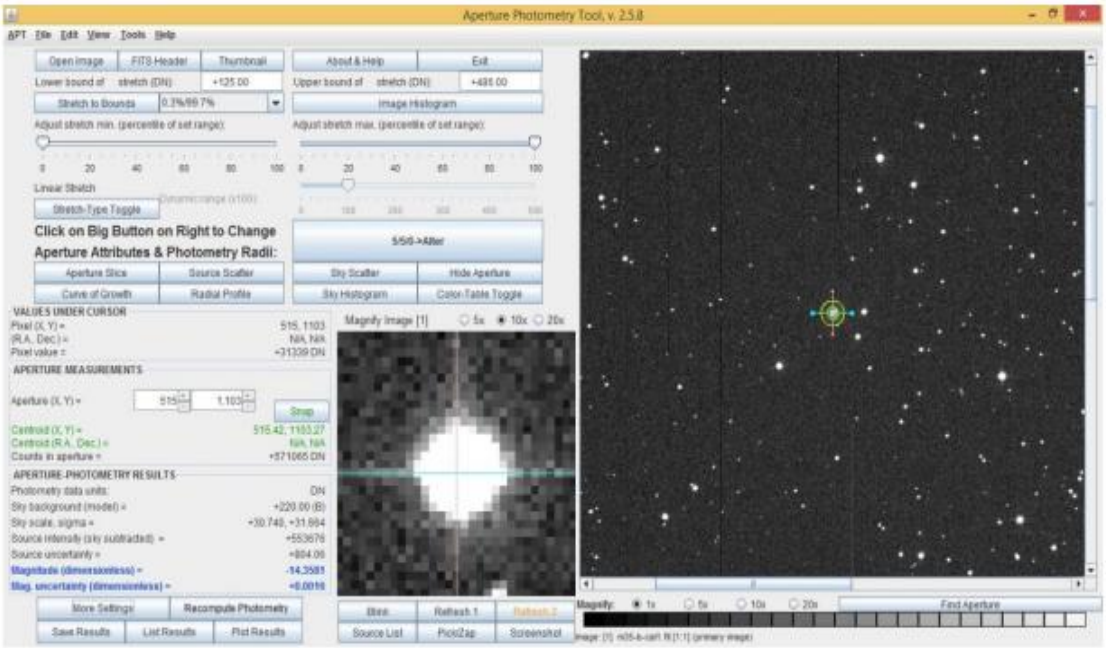
3. คลิก More Setting --> เลือก Select sky algorithm เป็น Model B = Sky-annulus median subtraction ดังภาพที่ ข.2 --> คลิก Apply Setting --> คลิก Close Window

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ ข.2** ตัวอย่างหน้าต่าง More Setting

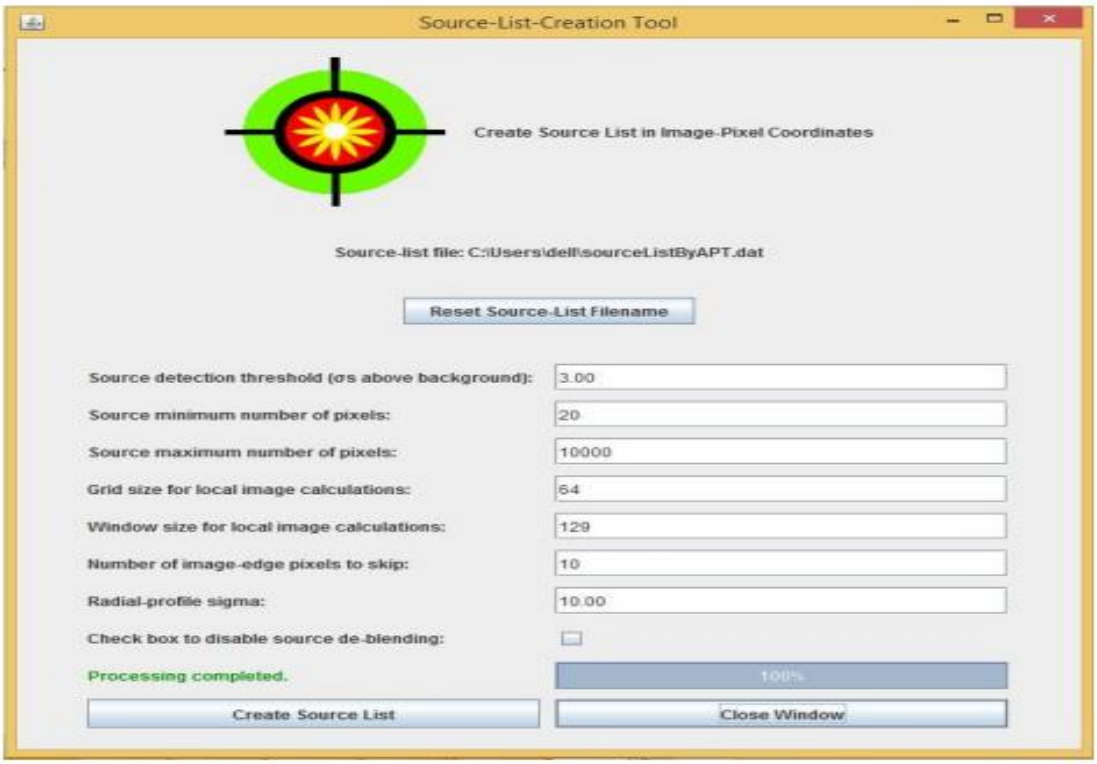
4. คลิกที่หน้าจอหลักบริเวณที่ใกล้ๆ ดาวที่ต้องการจะวัด magnitude โปรแกรมจะทำการหาแหล่งกำเนิดและ Snap ไปสู่ศูนย์กลางของ PSF เองอัตโนมัติ ดังภาพที่ ข.3




**ภาพที่ ข.3** ตัวอย่างหน้าต่าง Snap ไปสู่ศูนย์กลางของ PSF

5. คลิก Source list บริเวณด้านล่างของหน้าต่างหลัก

6. คลิก Create source list จะขึ้นหน้าต่างใหม่ ดังภาพที่ ข.4 เปลี่ยนชื่อและที่อยู่ของ source list โดยกดปุ่ม reset source-list filename




**ภาพที่ ข.4** ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงขึ้นมา

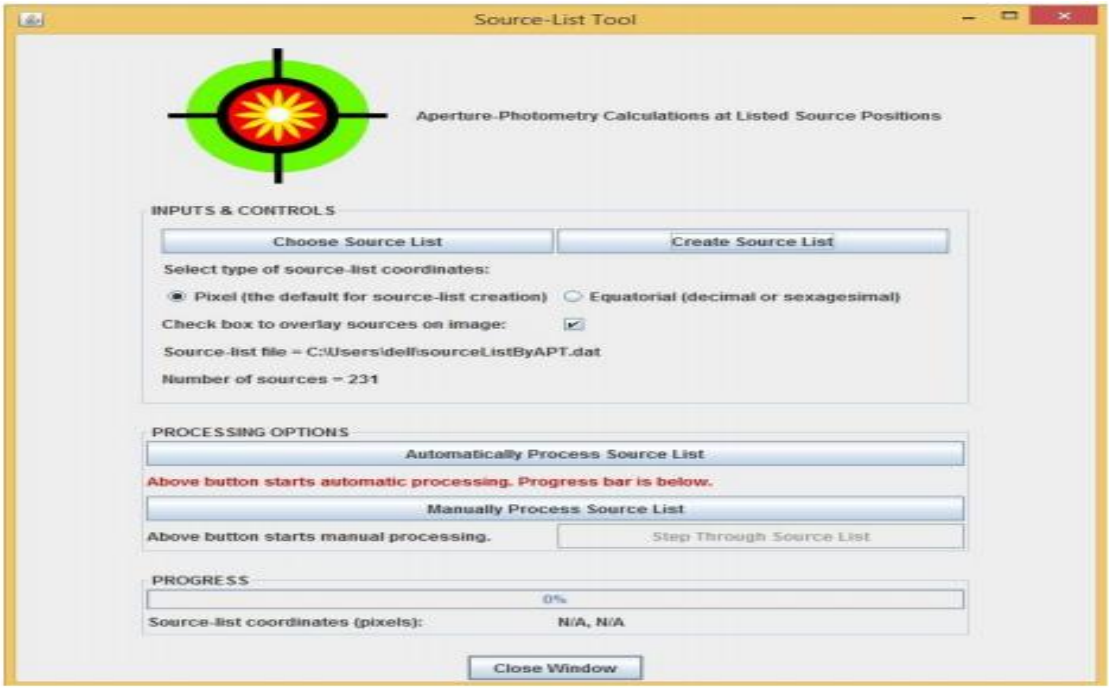
7. Crate source list เมื่อเสร็จแล้วให้ปิดหน้าต่างแล้วกลับมาที่หน้าต่าง Source list tool

8. ในหน้าต่าง Source list เลือกพิกัดสำหรับ source โดยสามารถระบุเป็น pixel หรือ Equatorial coordinate ได้

9. กดปุ่ม Automatically Process Source list โปรแกรมจะคำนวณ Aperture Photometry ตามค่าที่เราตั้งไว้ดังภาพที่ ข.5

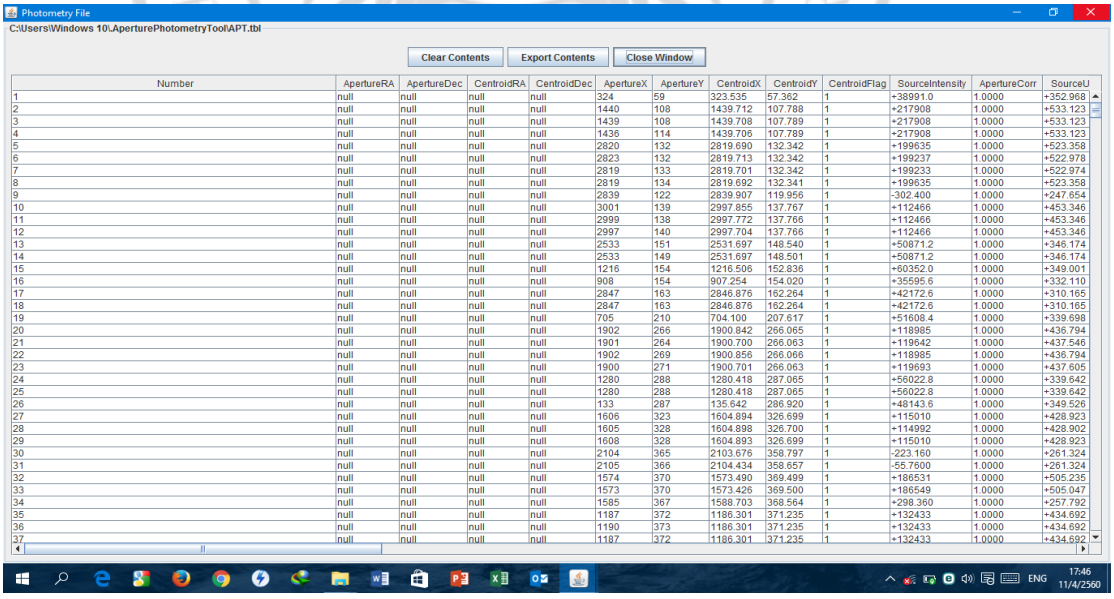
10. คลิก Close Window

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ ข.5** ตัวอย่างหน้าต่าง Source list

11. กดที่ List Result ด้านล่างของหน้าต่างหลักเพื่อไปดูข้อมูลทาง Photometry ของ source ทุกอัน ดังภาพที่ ข.6 ซึ่งเราจะนำข้อมูลนี้ไปเปิดใช้ในโปรแกรมอื่น




| Number | ApertureRA | ApertureDec | CentroidRA | CentroidDec | ApertureX | ApertureY | CentroidX | CentroidY | CentroidFlag | SourceIntensity | ApertureCorr | SourceU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | null | null | null | null | 324 | 59 | 323.535 | 57.362 | 1 | +38991.0 | 1.0000 | +352.968 |
| 2 | null | null | null | null | 1440 | 108 | 1439.712 | 107.788 | 1 | +217908 | 1.0000 | +533.123 |
| 3 | null | null | null | null | 1439 | 108 | 1439.708 | 107.789 | 1 | +217908 | 1.0000 | +533.123 |
| 4 | null | null | null | null | 1436 | 114 | 1439.706 | 107.789 | 1 | +217908 | 1.0000 | +533.123 |
| 5 | null | null | null | null | 2820 | 132 | 2819.690 | 132.342 | 1 | +199635 | 1.0000 | +523.358 |
| 6 | null | null | null | null | 2823 | 132 | 2819.713 | 132.342 | 1 | +199237 | 1.0000 | +522.978 |
| 7 | null | null | null | null | 2819 | 133 | 2819.701 | 132.342 | 1 | +199233 | 1.0000 | +522.974 |
| 8 | null | null | null | null | 2819 | 134 | 2819.692 | 132.341 | 1 | +199635 | 1.0000 | +523.358 |
| 9 | null | null | null | null | 2839 | 122 | 2839.907 | 119.956 | 1 | -302.400 | 1.0000 | +247.654 |
| 10 | null | null | null | null | 3001 | 139 | 2997.855 | 137.767 | 1 | +112466 | 1.0000 | +453.346 |
| 11 | null | null | null | null | 2999 | 138 | 2997.772 | 137.766 | 1 | +112466 | 1.0000 | +453.346 |
| 12 | null | null | null | null | 2997 | 140 | 2997.704 | 137.766 | 1 | +112466 | 1.0000 | +453.346 |
| 13 | null | null | null | null | 2533 | 151 | 2531.697 | 148.540 | 1 | +50871.2 | 1.0000 | +346.174 |
| 14 | null | null | null | null | 2533 | 149 | 2531.697 | 148.501 | 1 | +50871.2 | 1.0000 | +346.174 |
| 15 | null | null | null | null | 1216 | 154 | 1216.506 | 152.836 | 1 | +60352.0 | 1.0000 | +349.001 |
| 16 | null | null | null | null | 908 | 154 | 907.254 | 154.020 | 1 | +35595.6 | 1.0000 | +332.110 |
| 17 | null | null | null | null | 2847 | 163 | 2846.876 | 162.264 | 1 | +42172.6 | 1.0000 | +310.165 |
| 18 | null | null | null | null | 2847 | 163 | 2846.876 | 162.264 | 1 | +42172.6 | 1.0000 | +310.165 |
| 19 | null | null | null | null | 705 | 210 | 704.100 | 207.617 | 1 | +51608.4 | 1.0000 | +339.698 |
| 20 | null | null | null | null | 1902 | 266 | 1900.842 | 266.065 | 1 | +118985 | 1.0000 | +436.794 |
| 21 | null | null | null | null | 1901 | 264 | 1900.700 | 266.063 | 1 | +119642 | 1.0000 | +437.546 |
| 22 | null | null | null | null | 1902 | 269 | 1900.856 | 266.066 | 1 | +118985 | 1.0000 | +436.794 |
| 23 | null | null | null | null | 1900 | 271 | 1900.701 | 266.063 | 1 | +119693 | 1.0000 | +437.605 |
| 24 | null | null | null | null | 1280 | 288 | 1280.418 | 287.065 | 1 | +56022.8 | 1.0000 | +339.642 |
| 25 | null | null | null | null | 1280 | 288 | 1280.418 | 287.065 | 1 | +56022.8 | 1.0000 | +339.642 |
| 26 | null | null | null | null | 133 | 287 | 135.642 | 286.920 | 1 | +48143.6 | 1.0000 | +349.526 |
| 27 | null | null | null | null | 1606 | 323 | 1604.894 | 326.699 | 1 | +115010 | 1.0000 | +428.923 |
| 28 | null | null | null | null | 1605 | 328 | 1604.898 | 326.700 | 1 | +114992 | 1.0000 | +428.902 |
| 29 | null | null | null | null | 1608 | 328 | 1604.893 | 326.699 | 1 | +115010 | 1.0000 | +428.923 |
| 30 | null | null | null | null | 2104 | 365 | 2103.676 | 358.797 | 1 | -223.160 | 1.0000 | +261.324 |
| 31 | null | null | null | null | 2105 | 366 | 2104.434 | 358.657 | 1 | -55.7600 | 1.0000 | +261.324 |
| 32 | null | null | null | null | 1574 | 370 | 1573.490 | 369.499 | 1 | +186531 | 1.0000 | +505.235 |
| 33 | null | null | null | null | 1573 | 370 | 1573.426 | 369.500 | 1 | +186549 | 1.0000 | +505.047 |
| 34 | null | null | null | null | 1585 | 367 | 1588.703 | 368.564 | 1 | +298.360 | 1.0000 | +257.792 |
| 35 | null | null | null | null | 1187 | 372 | 1186.301 | 371.235 | 1 | +132433 | 1.0000 | +434.692 |
| 36 | null | null | null | null | 1190 | 373 | 1186.301 | 371.235 | 1 | +132433 | 1.0000 | +434.692 |
| 37 | null | null | null | null | 1187 | 372 | 1186.301 | 371.235 | 1 | +132433 | 1.0000 | +434.692 |

**ภาพที่ ข.6** ตัวอย่างข้อมูลที่ได้

12. คลิก Export Contents เพื่อบันทึกไฟล์สำหรับใช้ในโปรแกรมอื่นซึ่งบันทึกเป็น .csv

13. ทำการวัดโชติมาตรปรากฏของ M3 ฟิลเตอร์V และ M44 ในทั้งสองฟิลเตอร์ ตามขั้นตอน

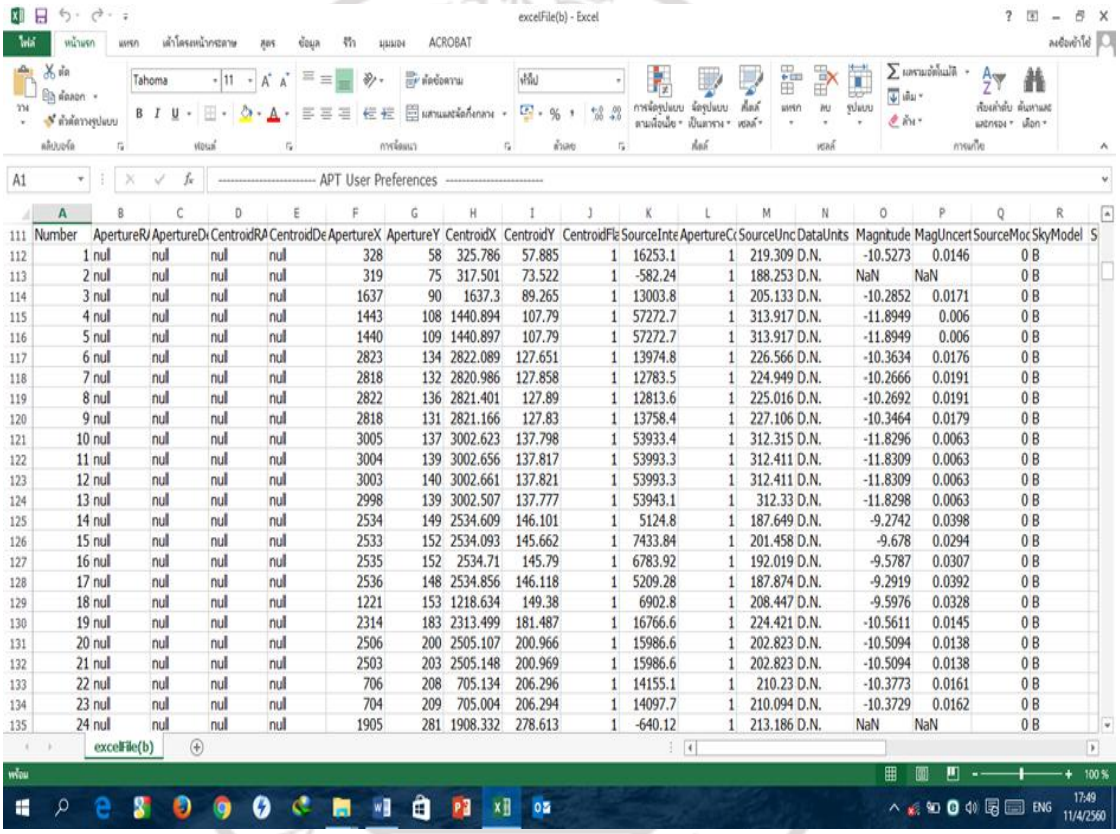
# ภาคผนวก ค
# การสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

## การสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง–รัสเซลล์

แผนภาพเฮิร์ตซปรุง - รัสเซลล์ สามารถสร้างได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยการใช้ข้อมูลโชติมาตรปรากฏที่ได้จากการทำ Aperture Photometry ของดาว ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เปิดข้อมูล file.csv ของกระจุกดาว M3 ฟิลเตอร์B และ ฟิลเตอร์V ที่ได้บันทึกไว้แล้ว คัดลอกค่า Centroid X และ Y และค่า magnitude ของดาวในทั้งสองฟิลเตอร์ ดังภาพที่ ค.1

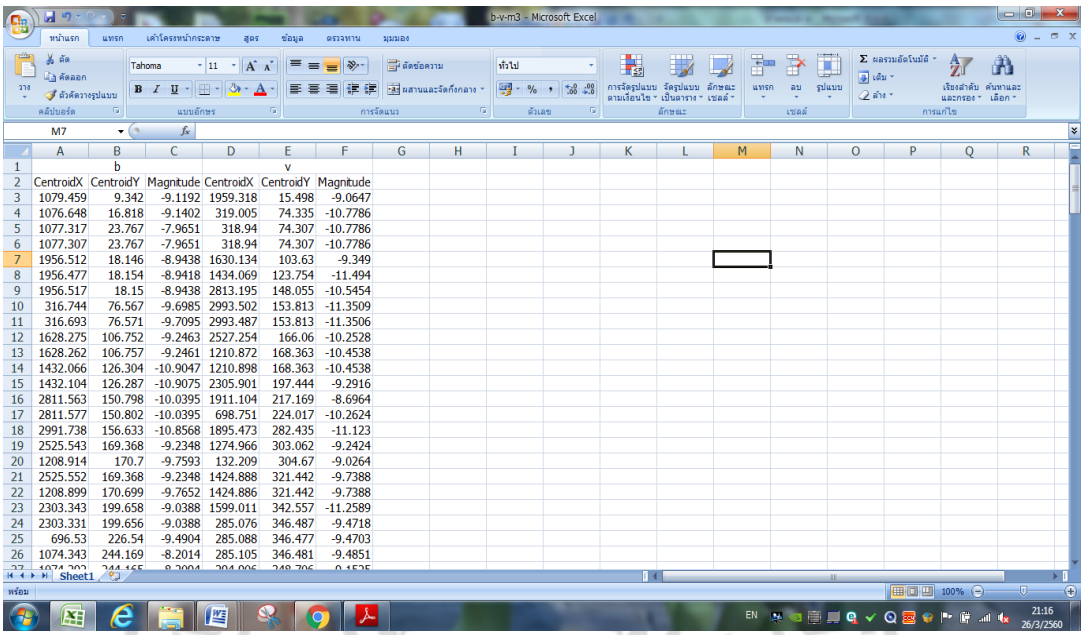



| Number | ApertureR | ApertureD | CentroidR | CentroidDe | ApertureX | ApertureY | CentroidX | CentroidY | CentroidFl | SourceInte | ApertureC | SourceUnc | DataUnits | Magnitude | MagUncert | SourceMoc | SkyModel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | nul | nul | nul | nul | 328 | 58 | 325.786 | 57.885 | 1 | 16253.1 | 1 | 219.309 | D.N. | -10.5273 | 0.0146 | 0 | B |
| 2 | nul | nul | nul | nul | 319 | 75 | 317.501 | 73.522 | 1 | -582.24 | 1 | 188.253 | D.N. | NaN | NaN | 0 | B |
| 3 | nul | nul | nul | nul | 1637 | 90 | 1637.3 | 89.265 | 1 | 13003.8 | 1 | 205.133 | D.N. | -10.2852 | 0.0171 | 0 | B |
| 4 | nul | nul | nul | nul | 1443 | 108 | 1440.894 | 107.79 | 1 | 57272.7 | 1 | 313.917 | D.N. | -11.8949 | 0.006 | 0 | B |
| 5 | nul | nul | nul | nul | 1440 | 109 | 1440.897 | 107.79 | 1 | 57272.7 | 1 | 313.917 | D.N. | -11.8949 | 0.006 | 0 | B |
| 6 | nul | nul | nul | nul | 2823 | 134 | 2822.089 | 127.651 | 1 | 13974.8 | 1 | 226.566 | D.N. | -10.3634 | 0.0176 | 0 | B |
| 7 | nul | nul | nul | nul | 2818 | 132 | 2820.986 | 127.858 | 1 | 12783.5 | 1 | 224.949 | D.N. | -10.2666 | 0.0191 | 0 | B |
| 8 | nul | nul | nul | nul | 2822 | 136 | 2821.401 | 127.89 | 1 | 12813.6 | 1 | 225.016 | D.N. | -10.2692 | 0.0191 | 0 | B |
| 9 | nul | nul | nul | nul | 2818 | 131 | 2821.166 | 127.83 | 1 | 13758.4 | 1 | 227.106 | D.N. | -10.3464 | 0.0179 | 0 | B |
| 10 | nul | nul | nul | nul | 3005 | 137 | 3002.623 | 137.798 | 1 | 53933.4 | 1 | 312.315 | D.N. | -11.8296 | 0.0063 | 0 | B |
| 11 | nul | nul | nul | nul | 3004 | 139 | 3002.656 | 137.817 | 1 | 53993.3 | 1 | 312.411 | D.N. | -11.8309 | 0.0063 | 0 | B |
| 12 | nul | nul | nul | nul | 3003 | 140 | 3002.661 | 137.821 | 1 | 53993.3 | 1 | 312.411 | D.N. | -11.8309 | 0.0063 | 0 | B |
| 13 | nul | nul | nul | nul | 2998 | 139 | 3002.507 | 137.777 | 1 | 53943.1 | 1 | 312.33 | D.N. | -11.8298 | 0.0063 | 0 | B |
| 14 | nul | nul | nul | nul | 2534 | 149 | 2534.609 | 146.101 | 1 | 5124.8 | 1 | 187.649 | D.N. | -9.2742 | 0.0398 | 0 | B |
| 15 | nul | nul | nul | nul | 2533 | 152 | 2534.093 | 145.662 | 1 | 7433.84 | 1 | 201.458 | D.N. | -9.678 | 0.0294 | 0 | B |
| 16 | nul | nul | nul | nul | 2535 | 152 | 2534.71 | 145.79 | 1 | 6783.92 | 1 | 192.019 | D.N. | -9.5787 | 0.0307 | 0 | B |
| 17 | nul | nul | nul | nul | 2536 | 148 | 2534.856 | 146.118 | 1 | 5209.28 | 1 | 187.874 | D.N. | -9.2919 | 0.0392 | 0 | B |
| 18 | nul | nul | nul | nul | 1221 | 153 | 1218.634 | 149.38 | 1 | 6902.8 | 1 | 208.447 | D.N. | -9.5976 | 0.0328 | 0 | B |
| 19 | nul | nul | nul | nul | 2314 | 183 | 2313.499 | 181.487 | 1 | 16766.6 | 1 | 224.421 | D.N. | -10.5611 | 0.0145 | 0 | B |
| 20 | nul | nul | nul | nul | 2506 | 200 | 2505.107 | 200.966 | 1 | 15986.6 | 1 | 202.823 | D.N. | -10.5094 | 0.0138 | 0 | B |
| 21 | nul | nul | nul | nul | 2503 | 203 | 2505.148 | 200.969 | 1 | 15986.6 | 1 | 202.823 | D.N. | -10.5094 | 0.0138 | 0 | B |
| 22 | nul | nul | nul | nul | 706 | 208 | 705.134 | 206.296 | 1 | 14155.1 | 1 | 210.23 | D.N. | -10.3773 | 0.0161 | 0 | B |
| 23 | nul | nul | nul | nul | 704 | 209 | 705.004 | 206.294 | 1 | 14097.7 | 1 | 210.094 | D.N. | -10.3729 | 0.0162 | 0 | B |
| 24 | nul | nul | nul | nul | 1905 | 281 | 1908.332 | 278.613 | 1 | -640.12 | 1 | 213.186 | D.N. | NaN | NaN | 0 | B |

**ภาพที่ ค.1** ตัวอย่างการคัดลอกค่า Centroid X และ Y และค่า magnitude ของดาว

2. เลือกข้อมูลหาตำแหน่งของ Source ที่ตรงกันทั้งหมดโดยใช้ Centroid X และ Y เป็นตัวกำหนดพิกัดของดาวแต่ละดวงที่ตรงกัน ดังภาพที่ ค.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



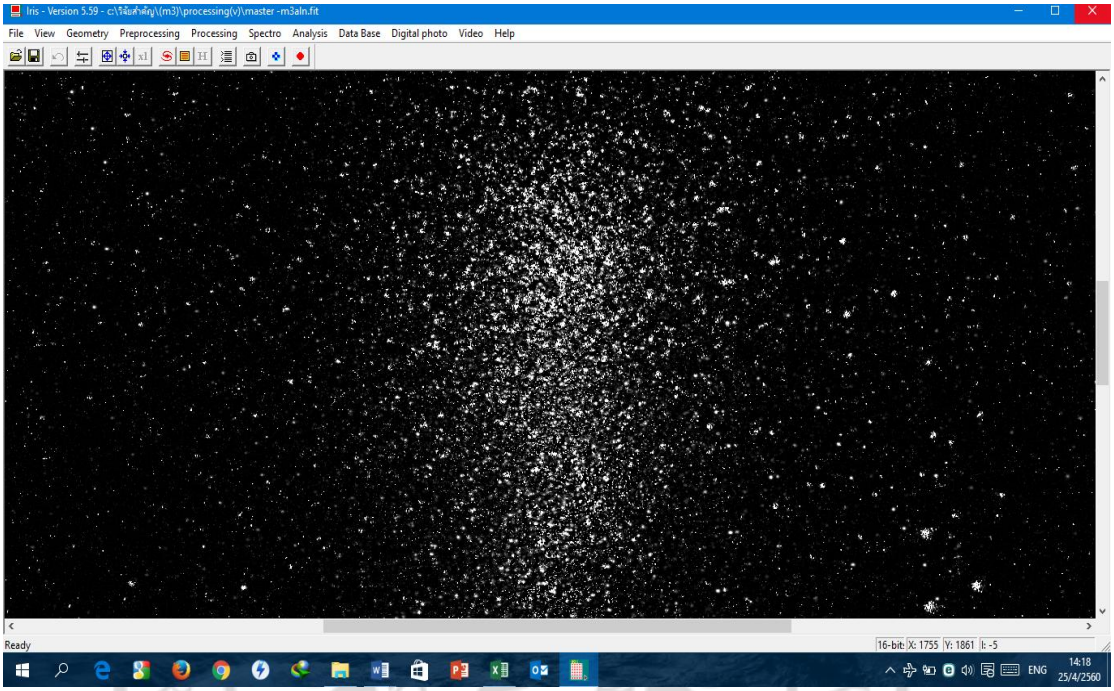
| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | b | | | v | |
| 2 | CentroidX | CentroidY | Magnitude | CentroidX | CentroidY | Magnitude |
| 3 | 1079.459 | 9.342 | -9.1192 | 1959.318 | 15.498 | -9.0647 |
| 4 | 1076.648 | 16.818 | -9.1402 | 319.005 | 74.335 | -10.7786 |
| 5 | 1077.317 | 23.767 | -7.9651 | 318.94 | 74.307 | -10.7786 |
| 6 | 1077.307 | 23.767 | -7.9651 | 318.94 | 74.307 | -10.7786 |
| 7 | 1956.512 | 18.146 | -8.9438 | 1630.134 | 103.63 | -9.349 |
| 8 | 1956.477 | 18.154 | -8.9418 | 1434.069 | 123.754 | -11.494 |
| 9 | 1956.517 | 18.15 | -8.9438 | 2813.195 | 148.055 | -10.5454 |
| 10 | 316.744 | 76.567 | -9.6985 | 2993.502 | 153.813 | -11.3509 |
| 11 | 316.693 | 76.571 | -9.7095 | 2993.487 | 153.813 | -11.3506 |
| 12 | 1628.275 | 106.752 | -9.2463 | 2527.254 | 166.06 | -10.2528 |
| 13 | 1628.262 | 106.757 | -9.2461 | 1210.872 | 168.363 | -10.4538 |
| 14 | 1432.066 | 126.304 | -10.9047 | 1210.898 | 168.363 | -10.4538 |
| 15 | 1432.104 | 126.287 | -10.9075 | 2305.901 | 197.444 | -9.2916 |
| 16 | 2811.563 | 150.798 | -10.0395 | 1911.104 | 217.169 | -8.6964 |
| 17 | 2811.577 | 150.802 | -10.0395 | 698.751 | 224.017 | -10.2624 |
| 18 | 2991.738 | 156.633 | -10.8568 | 1895.473 | 282.435 | -11.123 |
| 19 | 2525.543 | 169.368 | -9.2348 | 1274.966 | 303.062 | -9.2424 |
| 20 | 1208.914 | 170.7 | -9.7593 | 132.209 | 304.67 | -9.0264 |
| 21 | 2525.552 | 169.368 | -9.2348 | 1424.888 | 321.442 | -9.7388 |
| 22 | 1208.899 | 170.699 | -9.7652 | 1424.886 | 321.442 | -9.7388 |
| 23 | 2303.343 | 199.658 | -9.0388 | 1599.011 | 342.557 | -11.2589 |
| 24 | 2303.331 | 199.656 | -9.0388 | 285.076 | 346.487 | -9.4718 |
| 25 | 696.53 | 226.54 | -9.4904 | 285.088 | 346.477 | -9.4703 |
| 26 | 1074.343 | 244.169 | -8.2014 | 285.105 | 346.481 | -9.4851 |

**ภาพที่ ค.2** ตัวอย่างการเลือกข้อมูลโดยใช้ Centroid X และ Y เป็นตัวกำหนดพิกัดของดาวให้ตรงกัน

3. เปิดโปรแกรม Aladin เลือก Location โดยพิมพ์ชื่อกระจุกดาวที่ต้องการดูข้อมูล ดังภาพที่ ค.3 แล้วกด Enter

**ภาพที่ ค.3** โปรแกรม Aladin

4. คลิกที่ Simbad เพื่อหาโชติมาตรปรากฏที่แท้จริงของดาวในฐานข้อมูล SIMBAD โดยเลือกมา 1 ดวง ที่มีตรงกับในภาพดาวที่ถ่ายมาอ่านค่า magnitude V ดังภาพที่ ค.4




**ภาพที่ ค.4** หาค่าโชติมาตรปรากฏจากฐานข้อมูล SIMBAD ของกระจุกดาว

5. สร้างคอลัมน์ V แก้โชติมาตรปรากฏของดาวดวงนั้นให้ตรงกับ Aladin เพื่อให้ได้โชติมาตรปรากฏของดาวที่แท้จริง จากนั้นทำกับทั้งคอลัมน์

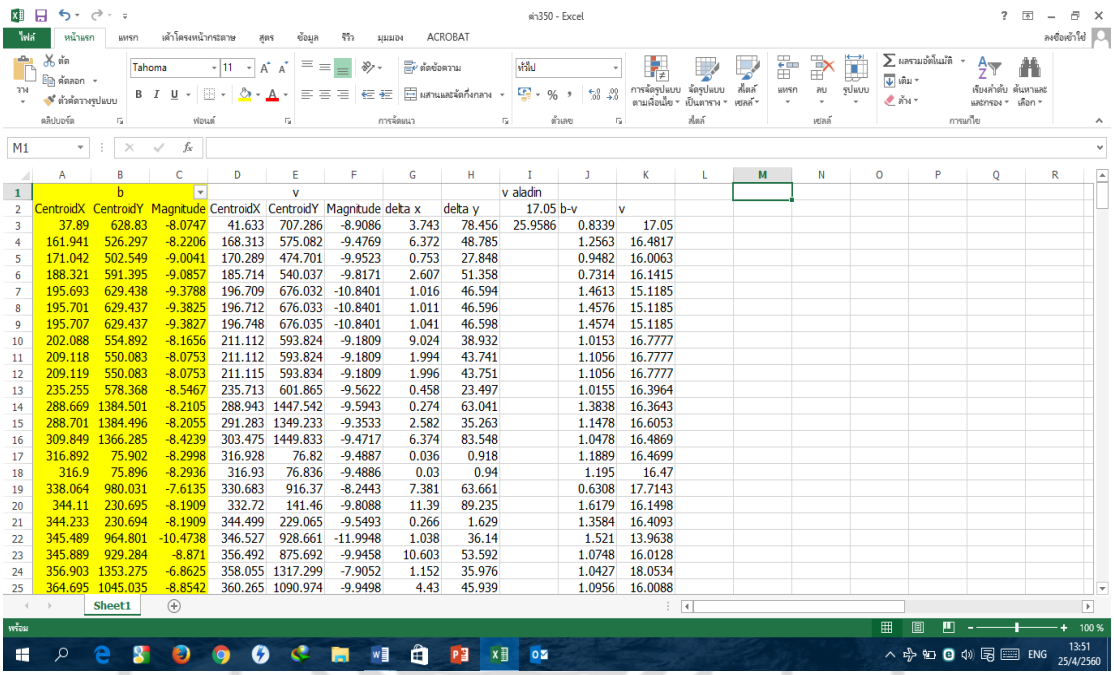
6. สร้างคอลัมน์ B-V แล้วทำการนำค่าโชติมาตรปรากฏของดาวในฟิลเตอร์ B ลบกับฟิลเตอร์ V ดังภาพที่ ค.5

7. สร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง - รัสเซลล์ โดยให้แกนนอนเป็นค่าดัชนีสี (B-V) ส่วนแกนตั้งเป็นค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่แท้จริง ดังภาพที่ ค.6

8. ทำการแผนภาพเฮิร์ตซปรุง - รัสเซลล์ของกระจุกดาว M44 ดังขั้นตอน 1-7

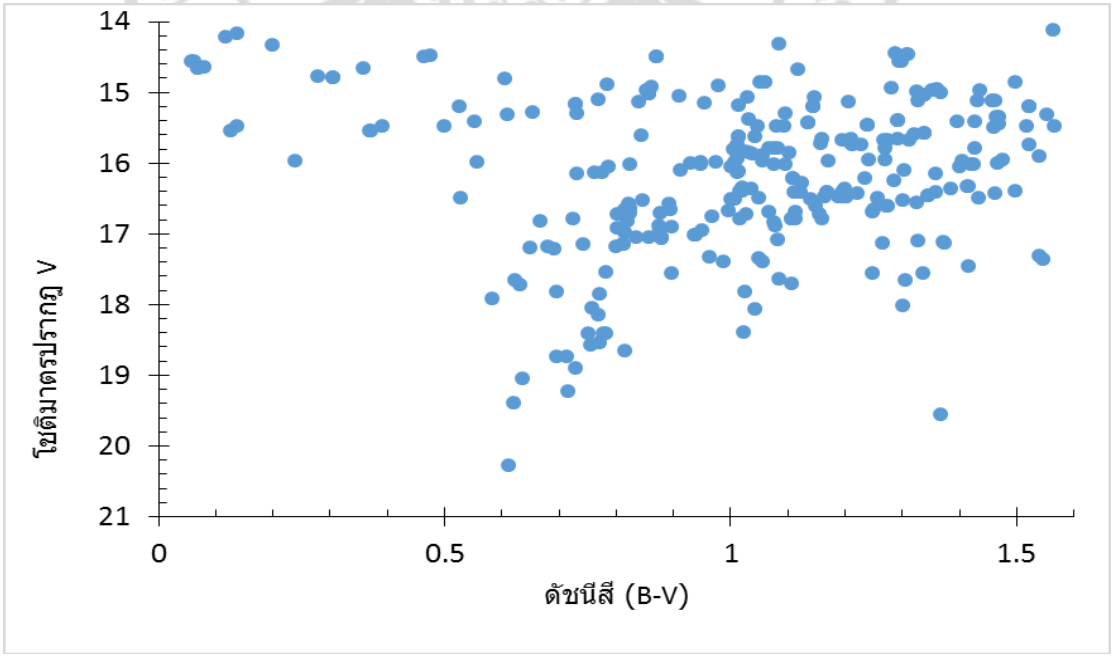
9. นำแผนภาพเฮิร์ตซปรุง – รัสเซลล์ ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาอายุและระยะห่างจากโลกของ กระจุกดาวปิดและกระจุกดาวเปิดต่อไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



| | b | | | v | | | | | v aladin | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CentroidX | CentroidY | Magnitude | CentroidX | CentroidY | Magnitude | delta x | delta y | 17.05 | b-v | v |
| 3 | 37.89 | 628.83 | -8.0747 | 41.633 | 707.286 | -8.9086 | 3.743 | 78.456 | 25.9586 | 0.8339 | 17.05 |
| 4 | 161.941 | 526.297 | -8.2206 | 168.313 | 575.082 | -9.4769 | 6.372 | 48.785 | | 1.2563 | 16.4817 |
| 5 | 171.042 | 502.549 | -9.0041 | 170.289 | 474.701 | -9.9523 | 0.753 | 27.848 | | 0.9482 | 16.0063 |
| 6 | 188.321 | 591.395 | -9.0857 | 185.714 | 540.037 | -9.8171 | 2.607 | 51.358 | | 0.7314 | 16.1415 |
| 7 | 195.693 | 629.438 | -9.3788 | 196.709 | 676.032 | -10.8401 | 1.016 | 46.594 | | 1.4613 | 15.1185 |
| 8 | 195.701 | 629.437 | -9.3825 | 196.712 | 676.033 | -10.8401 | 1.011 | 46.596 | | 1.4576 | 15.1185 |
| 9 | 195.707 | 629.437 | -9.3827 | 196.748 | 676.035 | -10.8401 | 1.041 | 46.598 | | 1.4574 | 15.1185 |
| 10 | 202.088 | 554.892 | -8.1656 | 211.112 | 593.824 | -9.1809 | 9.024 | 38.932 | | 1.0153 | 16.7777 |
| 11 | 209.118 | 550.083 | -8.0753 | 211.112 | 593.824 | -9.1809 | 1.994 | 43.741 | | 1.1056 | 16.7777 |
| 12 | 209.119 | 550.083 | -8.0753 | 211.115 | 593.834 | -9.1809 | 1.996 | 43.751 | | 1.1056 | 16.7777 |
| 13 | 235.255 | 578.368 | -8.5467 | 235.713 | 601.865 | -9.5622 | 0.458 | 23.497 | | 1.0155 | 16.3964 |
| 14 | 288.669 | 1384.501 | -8.2105 | 288.943 | 1447.542 | -9.5943 | 0.274 | 63.041 | | 1.3838 | 16.3643 |
| 15 | 288.701 | 1384.496 | -8.2055 | 291.283 | 1349.233 | -9.3533 | 2.582 | 35.263 | | 1.1478 | 16.6053 |
| 16 | 309.849 | 1366.285 | -8.4239 | 303.475 | 1449.833 | -9.4717 | 6.374 | 83.548 | | 1.0478 | 16.4869 |
| 17 | 316.892 | 75.902 | -8.2998 | 316.928 | 76.82 | -9.4887 | 0.036 | 0.918 | | 1.1889 | 16.4699 |
| 18 | 316.9 | 75.896 | -8.2936 | 316.93 | 76.836 | -9.4886 | 0.03 | 0.94 | | 1.195 | 16.47 |
| 19 | 338.064 | 980.031 | -7.6135 | 330.683 | 916.37 | -8.2443 | 7.381 | 63.661 | | 0.6308 | 17.7143 |
| 20 | 344.11 | 230.695 | -8.1909 | 332.72 | 141.46 | -9.8088 | 11.39 | 89.235 | | 1.6179 | 16.1498 |
| 21 | 344.233 | 230.694 | -8.1909 | 344.499 | 229.065 | -9.5493 | 0.266 | 1.629 | | 1.3584 | 16.4093 |
| 22 | 345.489 | 964.801 | -10.4738 | 346.527 | 928.661 | -11.9948 | 1.038 | 36.14 | | 1.521 | 13.9638 |
| 23 | 345.889 | 929.284 | -8.871 | 356.492 | 875.692 | -9.9458 | 10.603 | 53.592 | | 1.0748 | 16.0128 |
| 24 | 356.903 | 1353.275 | -6.8625 | 358.055 | 1317.299 | -7.9052 | 1.152 | 35.976 | | 1.0427 | 18.0534 |
| 25 | 364.695 | 1045.035 | -8.8542 | 360.265 | 1090.974 | -9.9498 | 4.43 | 45.939 | | 1.0956 | 16.0088 |

**ภาพที่ ค.5** ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง - รัสเซลล์




**ภาพที่ ค.6** ตัวอย่างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง - รัสเซลล์

# ภาคผนวก ง
# การหาอายุ ระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 M44 ด้วยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมทรีและการศึกษาเปรียบเทียบ

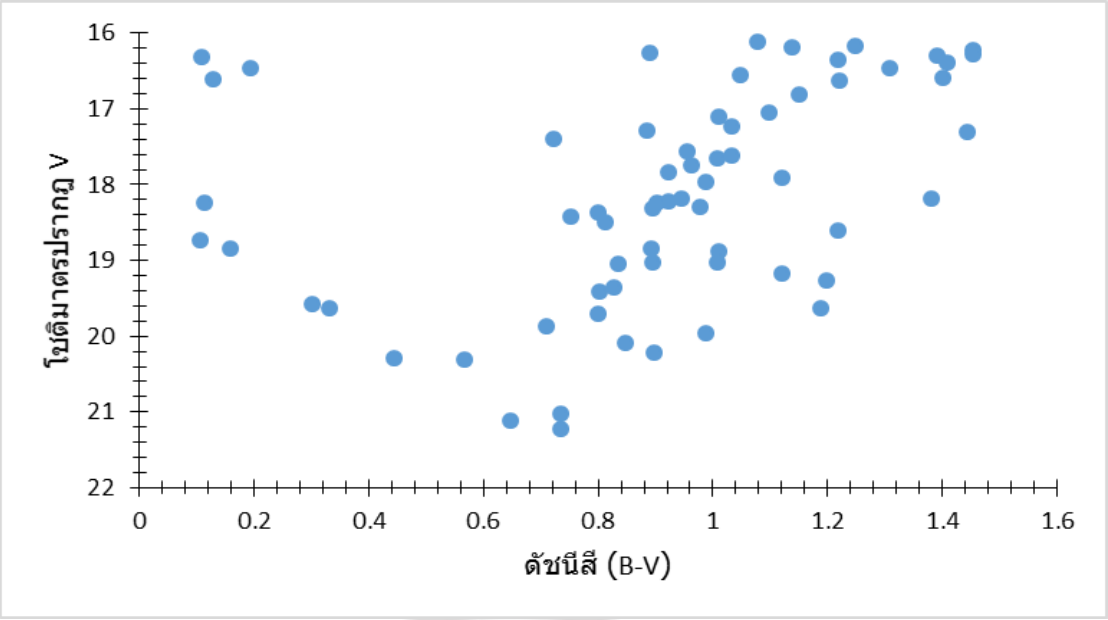
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

## การหาอายุและระยะห่างจากโลกของกระจุกดาวปิด ด้วยเทคนิคซีซีดี โฟโตเมทรี

จากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลกระจุกดาวปิด M3 M44 โดยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมทรี แล้วทำมาวิเคราะห์หาจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก เพื่อหาอายุและระยะห่างจากโลกของ กระจุกดาว ขั้นตอนการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

### 1.การสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ของดาวปิด M3 โดยเทคนิคซีซีดี โฟโตเมทรี

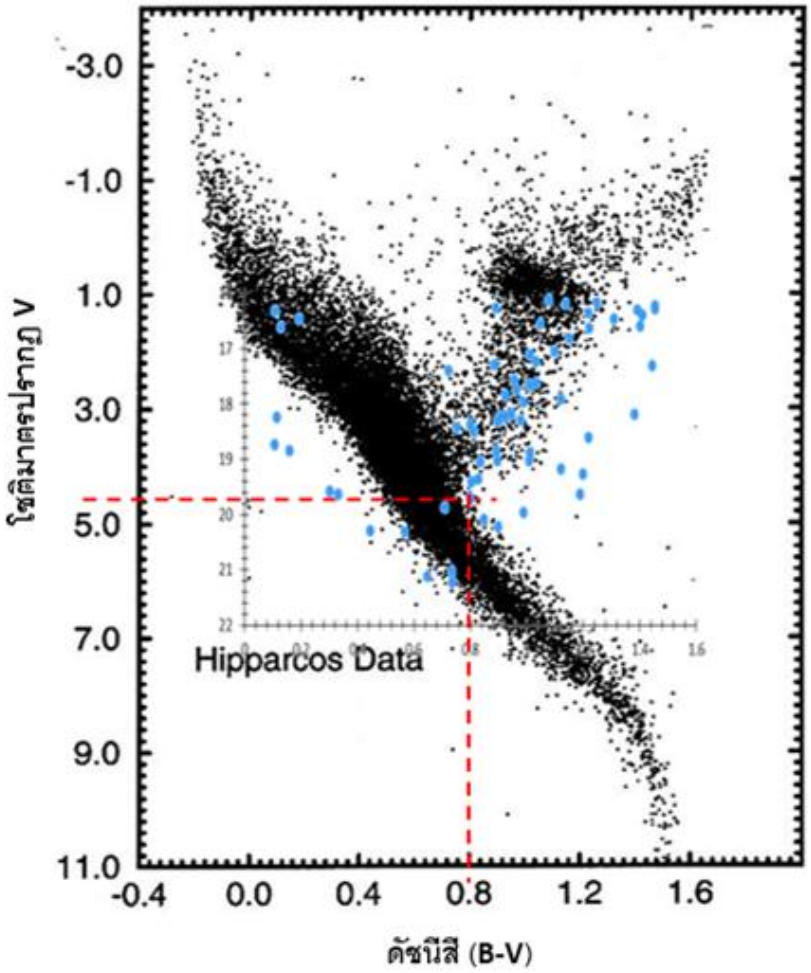
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกระจุกดาวทรงกลมและกระจุกดาวเปิดทั้งสองกระจุก แล้วนำมาผลการวิเคราะห์ข้อมูล มาสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกเปิดทั้งสองกระจุก โดยแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ที่สร้างขึ้นมานั้น จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสี (B-V) กับโชติมาตรปรากฏ (V) จะได้แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวปิด M3 ดังแสดงในภาพที่ ง.1 และ ง.2




**ภาพที่ ง.1** แผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ของกระจุกดาวทรงกลม M3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

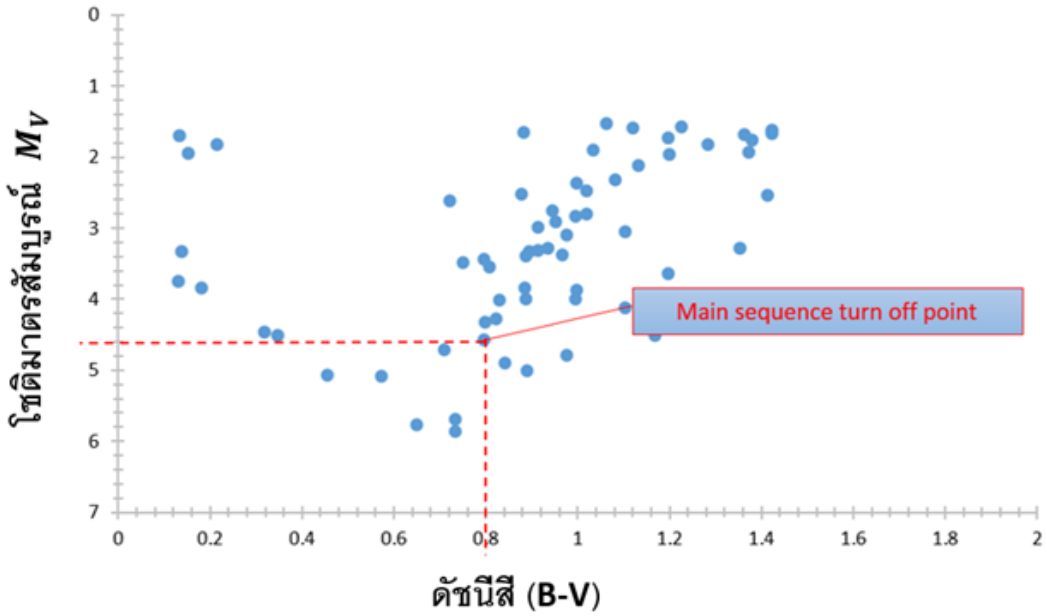
เมื่อสร้างแผนเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวเปิดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ที่ได้มาซ้อนทับกับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ มาตรฐาน และเมื่อเทียบภาพซ้อนทับ จะสามารถทราบจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักของกระจุกดาว ดังนี้




**ภาพที่ ง.2** การซ้อนทับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์มาตรฐาน

ภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นผลการซ้อนทับของโชติมาตรปรากฏของกระจุกดาวทรงกลม M3 กับค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน จะได้โชติมาตรปรากฏของดาว $(m)$ มีค่าประมาณ 19.2 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาตรฐาน $(M)$ มีค่าประมาณ 4.2 สามารถนำมาหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี




**ภาพที่ ง.3** จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักของกระจุกดาวทรงกลม M3

ภาพที่ ง.3 แสดงให้เห็นว่าดาวในสมาชิกของกระจุกดาวทรงกลม M3 เริ่มหมดอายุและ เบนออกจากแถบกระบวนหลัก (Main Sequence Turn off point) ซึ่งที่ตำแหน่งดัชนีสี $(B-V)$ มีค่าประมาณ 6.6 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาว $(M_V)$ มีค่าประมาณ 4.6

พิจารณาภาพที่ ง.1 จะพบว่ามีจุดเบนออกจากแถบกระบวนหลักตรงกับภาพที่ ง.3 จะได้ ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากแถบกระบวนหลัก ( m ) มีค่าประมาณ 19.7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

## 2. ระยะห่างจากโลกของกระจุกดาวทรงกลม M3 โดยเทคนิคซีซีดี โฟโตเมทรี

การคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวเปิดในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเทียบกระบวนหลักของกระจุกดาวกับกระบวนหลักมาตรฐาน เพื่อเทียบหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ คำนวณระยะทางได้จากสมการ (2.4) ดังนี้

### 2.1 กระจุกดาวทรงกลม M3

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

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

$$= 10^{4}$$

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

ดังนั้น จากการคำนวณหาระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 มีค่า ประมาณ 10,000 พาร์เซก หรือ 32615.64 ปีแสง

## 3. อายุของกระจุกดาวปิด M3

### 3.1 กระจุกดาวปิด M3

พิจารณาภาพที่ ง.1 จะพบว่ามีจุดเบนออกจากกระบวนหลักตรงกับภาพที่ ง.3 จะได้ ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวที่จุดเบนออกจากกระบวนหลัก (m) มีค่าประมาณ 19.7 โดยสามารถคำนวณหาอายุได้จากสมการ (2.8)

$$t = 10^{10}\, years\left[\frac{M}{M_{sun}}\right]^{-2.5}$$

เนื่องจากค่าที่ได้นี้คือ ค่าโชติมาตรปรากฏของดาว จึงต้องเปลี่ยนค่าโชติมาตรปรากฏเป็นมวลของดาว โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับกำลังส่องสว่าง ได้จากสมการ (2.7)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

$$19.2 - (-26.5) = -2.5\log\left[\left(\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{L_S}}\right)\left(\frac{\mathrm{d_S}}{\mathrm{d}}\right)^2\right]$$

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

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

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

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

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

$$\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{L_{sun}}} = \frac{5.25\times10^{-19}}{2.35\times10^{-19}}$$

$$= 2.23$$

คำนวณหาอัตราส่วนมวลของดาวกับดวงอาทิตย์ได้จากสมการ (2.6)

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

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

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

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

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

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

ดังนั้น จากสมการ (2.8) จะได้

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

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

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

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

ดังนั้น จากการคำนวณได้อายุของกระจุกดาวปิด M3 ประมาณ 5.6 พันล้านปี

สำหรับกรณีของกระจุกดาวเปิด M44 นั้น กระบวนการทุกขั้นตอนดำเนินการเช่นเดียวกับกระจุกดาวทรงกลม M3 ทุกขั้นตอน

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยโปรแกรม Iris

ภาคผนวก ข การวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยวิธีซีซีดี โฟโตเมทรีโดยใช้โปรแกรมอะเพอร์เจอร์ (Aperture Photometry Tool)

ภาคผนวก ค การสร้างแผนภาพเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์

ภาคผนวก ง การหาอายุ ระยะทางของกระจุกดาวทรงกลม M3 กระจุกดาวเปิด M44 ด้วยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมทรีและการเปรียบเทียบ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี