

บทที่ 4

ผลการสังเกตการณ์และการวิเคราะห์ข้อมูล

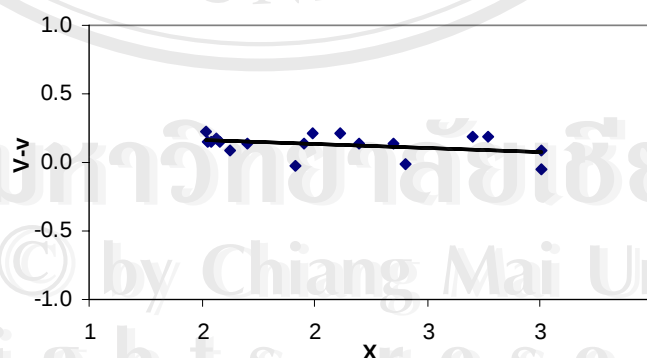
จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์กระจุกดาวเปิด M15 มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีสีและโชติมาตรของดาว จากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคซีซีดีโฟโตเมตรี อันจะนำไปสู่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวโปรแกรมหรือดาวที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวนี้ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1 หาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาว เนื่องจากผลบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่งในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ของดาวมาตรฐาน

ในการสังเกตการณ์และเก็บข้อมูล ด้วยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมตรี ข้อที่ได้จะเป็นการแสดงผลภาพทางจอกคอมพิวเตอร์ และบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล จากนั้นจะทำการหาค่าโชติมาตรของดาวมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม MaxIm จากนั้นทำการคำนวณค่ามวลอากาศ (Air-Mass, X) ของดาวมาตรฐานในบริเวณต่างๆ เพื่อใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาว เนื่องจากผลบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่งในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) และสีเหลือง(V)ของดาวมาตรฐานแต่ละดวงในแต่ละบริเวณ โดยการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างระหว่างค่าโชติมาตรแท้จริง(V) และค่าโชติมาตรปรากฏ(v) กับค่ามวลอากาศ(X) และผลต่างระหว่างค่าดัชนีสีแท้จริง(B-V) และค่าดัชนีสีปรากฏ($b-v$)กับค่ามวลอากาศ(X) ของดาวมาตรฐานแต่ละดวงในแต่ละบริเวณ ในแต่ละวันทำการสังเกตการณ์ ได้ดังนี้

สังเกตการณ์วันที่ 16 ธันวาคม 2548

ดาวมาตรฐาน (บริเวณที่ 1 ดาว GSC 1127:2274)

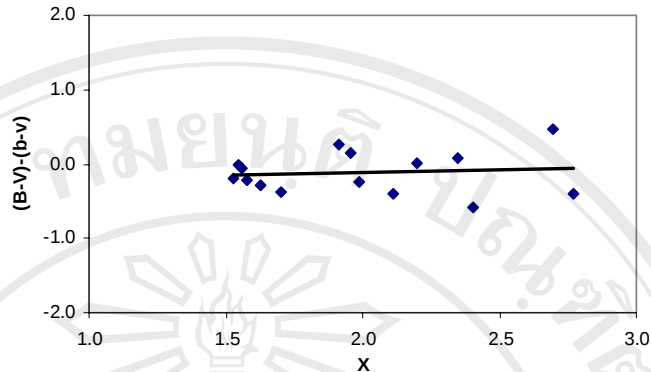


รูปที่ (4.1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $V-v$ กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟรูปที่ (4.1) สมการเส้นตรง คือ

$$V - v = -0.0562X + 0.2431$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_b); $k'_b = -0.0562$
และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_b); $\zeta_b = 0.2431$

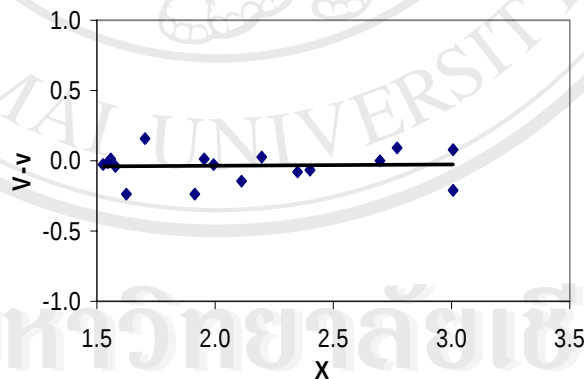


รูปที่ (4.2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)
จากกราฟ รูปที่ (4.2) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = 0.071X - 0.2582$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_{bv}); $k'_{bv} = 0.071$
และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = -0.2582$

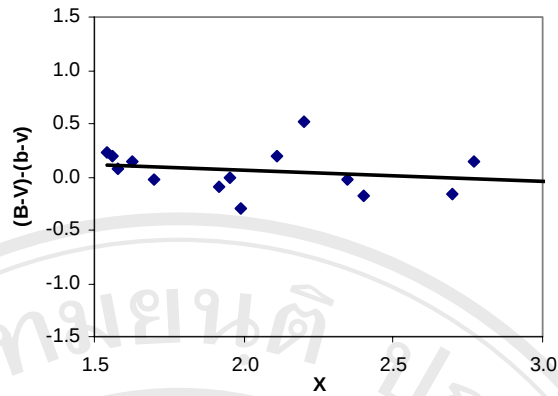
ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 2 ดาว UCAC 2.0 Star)



รูปที่ (4.3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)
จากกราฟ รูปที่ (4.3) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = 0.0092X + 0.0599$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_v); $k'_v = 0.0092$
และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_v); $\zeta_v = 0.0599$



รูปที่ (4.4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

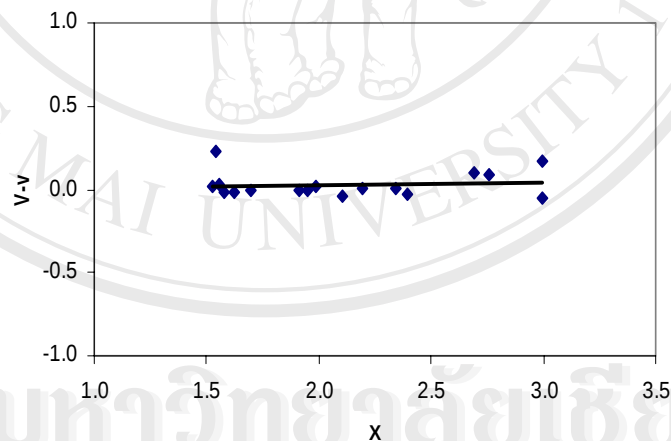
จากกราฟ รูปที่ (4.4) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = -0.1052X + 0.2662$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_{bv}); $k'_{bv} = -0.1052$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = 0.2662$

ดาวมาตรฐาน (บริเวณที่ 3 ดาว GSC 1127:2394)



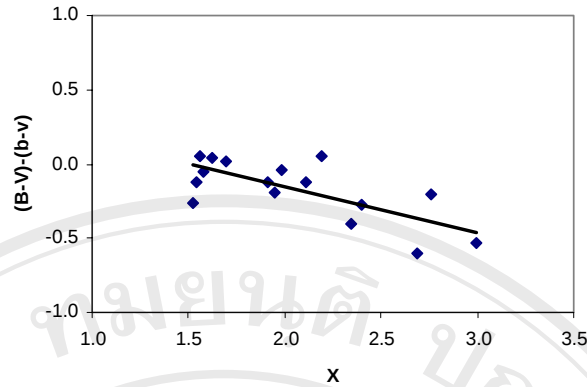
รูปที่ (4.5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.5) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = 0.0185X + 0.0092$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_v); $k'_v = 0.185$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_v); $\zeta_v = 0.0092$



รูปที่ (4.6) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.6) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = -0.3062X + 0.4563$$

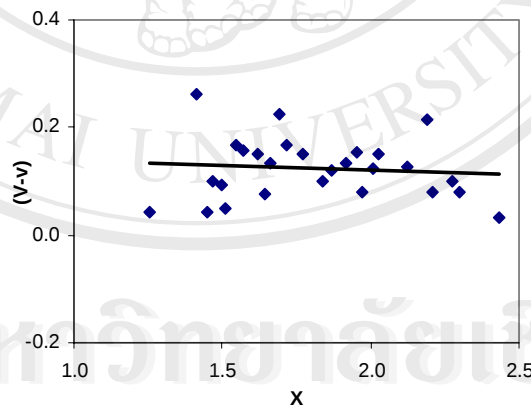
โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

อันดับที่หนึ่ง(k_{bv}'); $k_{bv}' = -0.3062$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = 0.4563$

สังเกตการณ์วันที่ 28 ธันวาคม 2548

ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 1 ดาว GSC 1127:2274)



รูปที่ (4.7) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

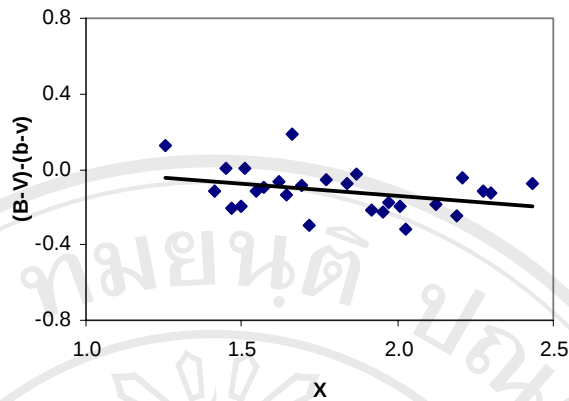
จากกราฟ รูปที่ (4.7) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = -0.0181X + 0.1599$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

อันดับที่หนึ่ง(k_v'); $k_v' = -0.0181$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_v); $\zeta_v = 0.1599$



รูปที่ (4.8) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

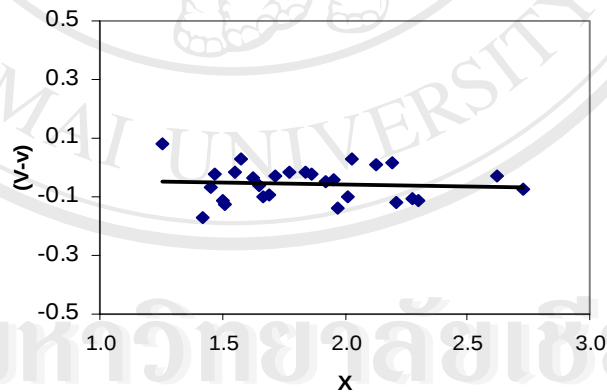
จากกราฟ รูปที่ (4.8) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = -0.1269X + 0.1161$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_{bv}); $k'_{bv} = -0.1269$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = 0.1161$

ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 2 ดาว UCAC 2.0 Star)



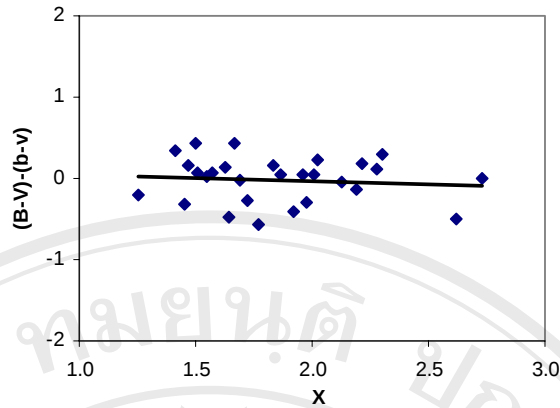
รูปที่ (4.9) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.9) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = -0.0132X - 0.0293$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_v); $k'_v = -0.0132$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_v); $\zeta_v = -0.0293$



รูปที่ (4.10) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

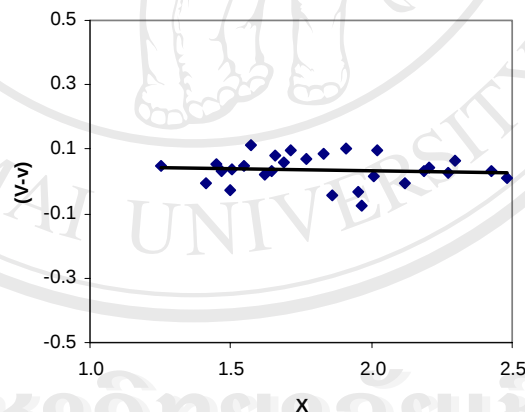
จากกราฟ รูปที่ (4.10) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = -0.0814X - 0.133$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k_{bv}'); $k_{bv}' = -0.0814$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = -0.133$

ดาวมาตรฐาน (บริเวณที่ 3 ดาว GSC 1127:2394)



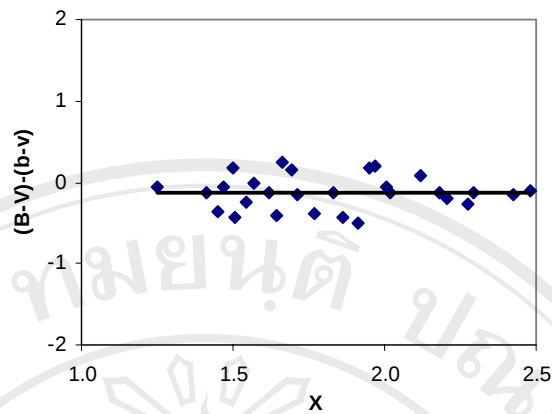
รูปที่ (4.11) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.11) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = -0.0152X + 0.0646$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k_v'); $k_v' = -0.0152$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_v); $\zeta_v = 0.0646$



รูปที่ (4.12) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.12) สมการเส้นตรง

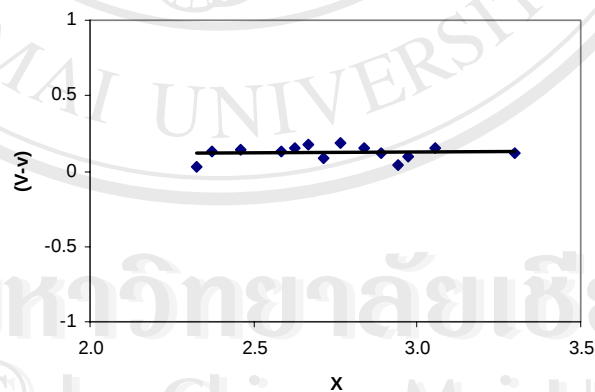
$$(B-V)-(b-v) = 0.0071X - 0.1421$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k_{bv}'); $k_{bv}' = 0.0071$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = -0.1421$

สังเกตการณ์วันที่ 29 ธันวาคม 2548

ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 1 ดาว GSC 1127:2274)



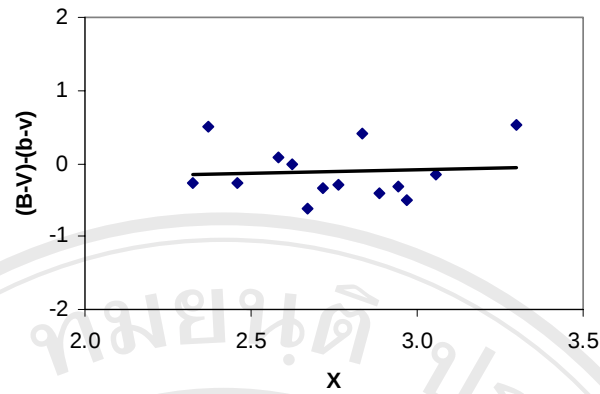
รูปที่ (4.13) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.13) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = -0.0124 + 0.0895X$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k_v'); $k_v' = -0.0124$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_v); $\zeta_v = 0.0895$



รูปที่ (4.14) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.14) สมการเส้นตรง

$$(B-V) - (b-v) = 0.0939X - 0.3749$$

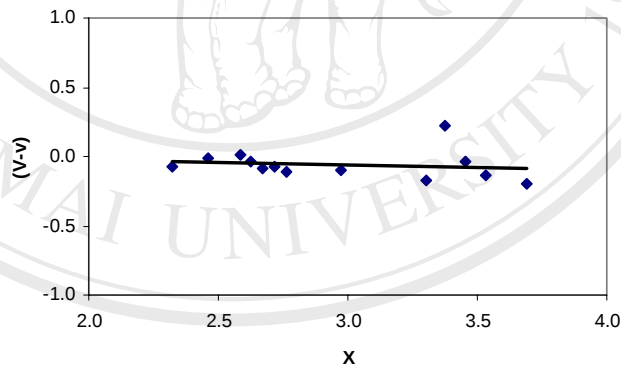
โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

อันดับที่หนึ่ง(k_{bv}');

$$k_{bv}' = 0.0939$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = -0.3749$

ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 2 ดาว UCAC 2.0 Star)



รูปที่ (4.15) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.15) สมการเส้นตรง คือ

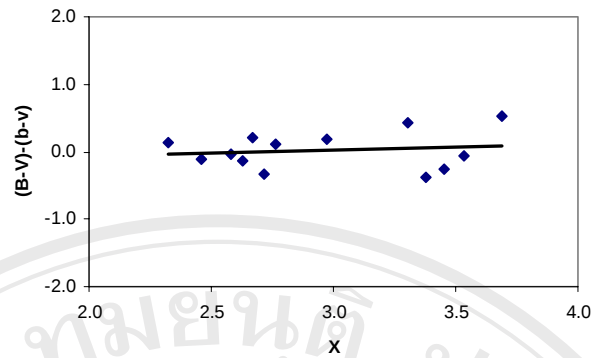
$$V - v = -0.0332X + 0.0357$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

อันดับที่หนึ่ง(k_v');

$$k_v' = -0.0332$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_v); $\zeta_v = 0.0357$



รูปที่ (4.16) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.16) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = 0.0922X - 0.2516$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

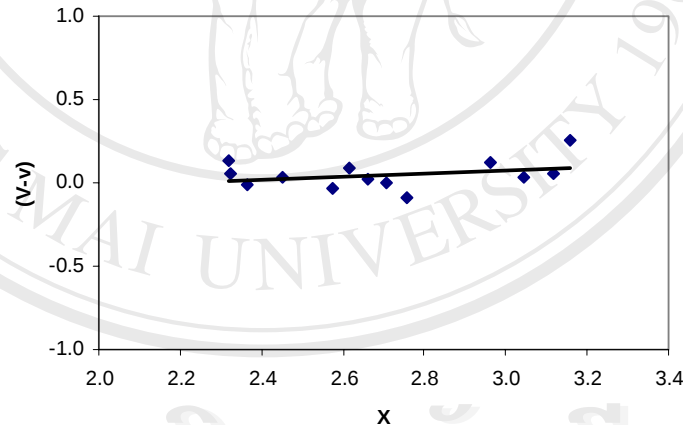
อันดับที่หนึ่ง(k_{bv}');

$$k_{bv}' = 0.0922$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_{bv});

$$\zeta_{bv} = -0.2516$$

ความมาตรฐาน (บริเวณที่ 3 ดาว GSC 1127:2394)



รูปที่ (4.17) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V-v กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.17) สมการเส้นตรง คือ

$$V-v = 0.0896X - 0.1912$$

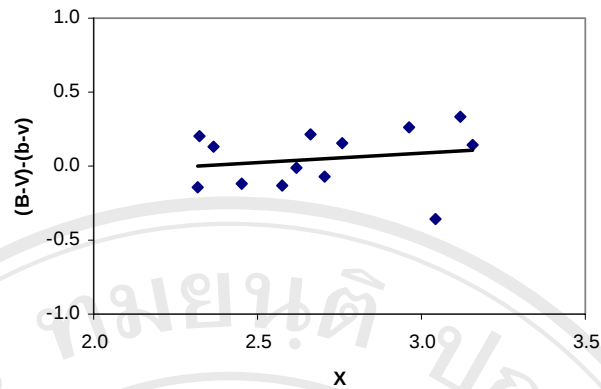
โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก

อันดับที่หนึ่ง(k_v');

$$k_v' = 0.0896$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_v);

$$\zeta_v = -0.1912$$



รูปที่ (4.18) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (B-V)-(b-v) กับค่ามวลอากาศ(X)

จากกราฟ รูปที่ (4.18) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v) = 0.1246X - 0.2894$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาวเนื่องจากผลบรรยากาศของโลก
อันดับที่หนึ่ง(k'_{bv}); $k'_{bv} = 0.1246$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_{bv}); $\zeta_{bv} = -0.2894$

4.2 คำนวณค่าดัชนีสีและค่าโชติมาตรปรากฏในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V)

ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงดาว เนื่องจากผลบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่งที่ได้จากความชันกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (V-v) ค่ามวลอากาศ(X) และผลต่างระหว่าง (B-V) - (b-v) กับค่ามวลอากาศ(X) ของดาวมาตรฐานแต่ละดวงในแต่ละบริเวณ มาคำนวณหาค่าโชติมาตรที่วัดได้โดยเครื่องมือที่นอกบรรยากาศโลก (Extra- Atmospheric Magnitude) ของดาวมาตรฐานและดาวที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาว M15 ได้ดังนี้

สังเกตการณ์วันที่ 16 ธันวาคม 2548

บริเวณที่ 1; ดาวมาตรฐาน GSC 1127: 2274

$$v_o = v - (-0.0562) X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - 0.071X$$

บริเวณที่ 2; ดาวมาตรฐาน UCAC 2.0 Star

$$v_o = v - 0.0092X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - (-1.052)X$$

บริเวณที่ 3; ดาวมาตรฐาน GSC 1127: 2394

$$v_o = v - 0.0185X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - (-0.3062)X$$

สังเกตการณ์วันที่ 28 ธันวาคม 2548

บริเวณที่ 1; ดาวมาตรฐาน GSC 1127: 2274

$$v_o = v - (-0.0181) X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - (-0.1269)X$$

บริเวณที่ 2; ดาวมาตรฐาน UCAC 2.0 Star

$$v_o = v - (-0.0132)X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - (-0.0814)X$$

บริเวณที่ 3; ดาวมาตรฐาน GSC 1127: 2394

$$v_o = v - (-0.0152)X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - 0.0071X$$

สังเกตการณ์วันที่ 29 ธันวาคม 2548

บริเวณที่ 1; ความาตรฐาน GSC 1127: 2274

$$v_o = v - (-0.0124) X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - 0.0939X$$

บริเวณที่ 2; ความาตรฐาน UCAC 2.0 Star

$$v_o = v - (-0.0332) X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - 0.0922X$$

บริเวณที่ 3; ความาตรฐาน GSC 1127: 2394

$$v_o = v - 0.0896X$$

$$(b-v)_o = (b-v) - 0.1246X$$

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Extra- Atmospheric Magnitude ของความาตรฐานบริเวณที่ 1; GSC 1127: 2274

DAY	V	B-V	v_o	$V-v_o$	$(b-v)_o$	$(B-V)-(b-v)_o$
16-DEC-48	14.53	0.84	14.521	0.009	0.8256	0.0144
28-DEC-48	14.53	0.84	14.2522	0.2778	1.186	-0.346
29-DEC-48	14.53	0.84	14.3667	0.1633	0.894	-0.054
ค่าเฉลี่ย	14.53	0.84	14.3799	0.150033	0.96853	-0.12853

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Extra- Atmospheric Magnitude ของความาตรฐานบริเวณที่ 2; UCAC 2.0 Star

DAY	V	B	v_o	$V-v_o$	$(b-v)_o$	$(B-V)-(b-v)_o$
16-DEC-48	14.46	0.93	14.482	-0.022	1.11	-0.29
28-DEC-48	14.46	0.93	14.529	-0.069	1.087	-0.267
29-DEC-48	14.46	0.93	14.6208	-0.1608	0.683	0.137
ค่าเฉลี่ย	14.46	0.93	14.544	-0.0839	0.96	-0.14

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Extra- Atmospheric Magnitude ของความาตรฐานบริเวณที่ 3; GSC 1127: 2394

DAY	V	B	v_o	$V-v_o$	$(b-v)_o$	$(B-V)-(b-v)_o$
16-DEC-48	13.94	0.88	13.8667	0.0733	1.291	-0.311
28-DEC-48	13.94	0.88	13.9311	0.0089	1.043	-0.063
29-DEC-48	13.94	0.88	14.1311	-0.1911	0.576	0.404
ค่าเฉลี่ย	13.94	0.88	13.976	-0.0363	0.97	0.01

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าโชติมาตรปรากฏและค่า Extra- Atmospheric Magnitude ของดาวที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาว M15 ในช่วงความยาวคลื่น B และ V

NAME; NGC 7078	ค่ามาตรฐานจาก Catalogue			v	b	v_0	$V - v_0$	$(b - v)_0$	$(B - V) - (b - v)_0$
	B	V	B-V						
BBFP 39	14.19	12.83	1.36	12.84	14.25	12.82	0.019	1.35	0.0089
BBFP 44	15.56	14.68	0.88	14.69	15.63	14.66	0.0159	0.867	0.013
BBFP 67		13.44		13.7	15.06	13.68	-0.237	1.28	
BBFP 129		14.45		14.47	15.22	14.45	0.001	0.698	
BBFP 187		14.29		14.28	15.3	14.26	0.033	0.963	
32	12.77	12.38	0.39	12.17	12.96	12.16	-0.223	0.556	-0.162
47	15.09	14.11	0.98	14.31	15.34	14.29	-0.176	0.967	0.012
BBFP 778		13.57		13.6	14.47	13.57	-0.294	0.811	
BBFP 777		14.72		14.69	15.55	14.67	0.049	0.79	
BBFP 770		14.51		14.53	15.48	14.51	-0.002	0.887	
KGSY 121	14.22	13.02	1.2	13.12	14.38	13.09	-0.074	1.205	-0.005
ARP 2064	14.63	13.54	1.09	13.56	14.8	13.54	-0.002	1.174	-0.084
ARP 2075	14.24	13	1.24	13.01	14.32	12.98	0.0192	1.257	-0.017
BBFP 330	15.19	14.37	0.82	14.52	15.42	14.57	-0.197	1.006	-0.186
BBFP 394		13.61		13.65	14.5	13.68	-0.067	0.869	
ARP III- 8	14.95	14.08	0.87	14.29	15.22	14.3	-0.22	1.169	-0.299
ARP III-33	15.03	14.13	0.9	14.2	15.24	14.3	-0.169	1.12	-0.22
ARP III-34	13.21	12.66	0.55	12.61	13.38	13.9	0.055	0.962	-0.412
BBFP 437		13.88		13.96	15.03	13.94	-0.062	1.29	
BBFP 438	14.86	13.81	1.05	13.84	14.94	13.84	-0.032	1.25	-0.203
BBFP 493		14.27		14.36	15.16	14.37	-0.102	1.08	
BBFP 570		13.84		13.86	14.96	13.87	-0.028	1.267	
BBFP 505		13.62		13.65	14.77	13.67	-0.048	1.308	
ARP IV-58	14.66	13.68	0.98	13.61	14.62	13.53	0.155	1.011	-0.031
BBFP 613		13.71		13.7	14.38	13.62	0.089	0.684	

ตารางที่ 4.4(ต่อ) แสดงค่าโชติมาตรปรากฏและค่า Extra- Atmospheric Magnitude ของดาวที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาว M15 ในช่วงความยาวคลื่น B และ V

NAME;	ค่ามาตรฐานจาก Catalogue			v	b	v_o	$V - v_o$	$(b - v)_o$	$(B - V) - (b - v)_o$
NGC 7078	B	V	B-V						
BBFP 605	15.07	13.99	1.08	14.05	15.07	13.97	0.025	1.025	0.055
BBFP 575	15.05	14.01	1.04	13.92	14.9	13.84	0.17	0.972	0.068
SANDA S8	14.52	13.5	1.02	13.46	14.56	13.38	0.122	1.105	-0.085
BBFP 534	15.04	14.22	0.82	14.19	15.06	14.11	0.11	0.875	-0.055
BBFP 426		14.76		14.8	15.25	14.72	0.041	0.79	
BBFP 434	15.15	14.18	0.97	14.18	15.19	14.1	0.081	1.009	-0.039
BBFP 462	15.1	14.1	1	14.19	15.24	14.11	-0.014	1.038	-0.038
BBFP 371		14.63		14.65	15.5	14.58	0.055	0.834	
BBFP 302	15.17	14.14	0.98	14.24	15.25	14.16	0.029	1.007	-0.027
BBFP 295	15.32	14.99	0.33	15.22	15.49	15.14	-0.146	0.273	0.057
BBFP 319	14.56	13.35	1.21	13.47	14.7	13.39	-0.036	1.229	-0.019
ARP IV-10	14.84	13.82	1.02	13.86	14.88	13.78	0.037	0.985	0.035
930	15.07	14.08	0.99	13.99	15.02	13.91	0.171	1.01	-0.02
ARP I-74	14.98	13.98	1	13.99	15.07	13.91	0.067	1.044	-0.044
BBFP 319	15.36	14.45	0.91	14.3	15.29	14.22	0.23	1	-0.09

4.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าและการหาค่าจุดศูนย์

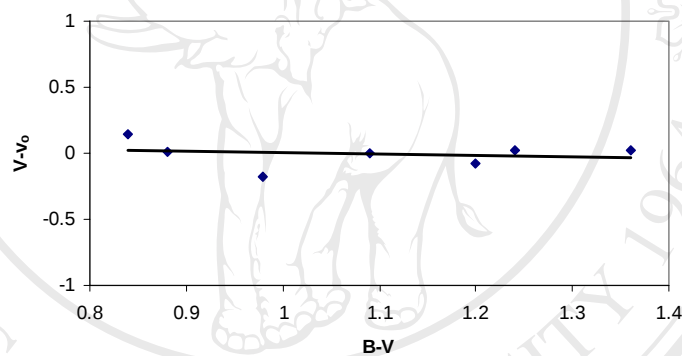
การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่า(Transformation coefficients; $\mathcal{E}$) และการหาค่าจุดศูนย์ (Zero point constants; ζ_v) หาได้จากค่าดัชนีสีและโชติมาตรของดาว จะพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ตามสมการ

$$V - v_o = \mathcal{E}(B - V) + \zeta_v$$

$$(B - V) - (b - v)_o = \left(1 - \frac{1}{\mu}\right)(b - v)_o + \frac{\zeta_{BV}}{\mu}$$

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $(V - v_o)$ กับ ค่า $(B - V)$ จะได้ความชันกราฟคือ $\mathcal{E}$ และจุดตัดแกน Y คือ ζ_v และ กราฟระหว่าง $(B - V) - (b - v)_o$ กับ $(B - V)$ จะได้ความชันกราฟคือ $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$ และจุดตัดบนแกน Y คือ $\frac{\zeta_{BV}}{\mu}$ ดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าและการหาค่าจุดศูนย์ของดาวบริเวณที่ 1



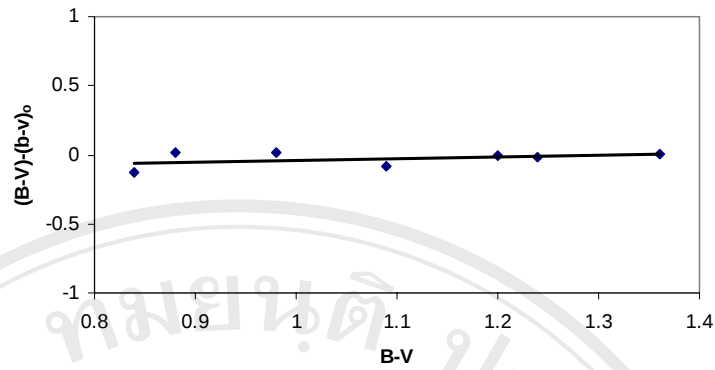
รูปที่ (4.19) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(V - v_o)$ กับ $(B - V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.19) สมการเส้นตรง

$$(V - v_o) = -0.0968(B - V) - 0.0982$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่า($\mathcal{E}$); $\mathcal{E} = -0.0968$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์(ζ_v); $\zeta_v = 0.0982$



รูปที่ (4.20) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(B-V)-(b-v)_0$ กับ $(B-V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.20) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v)_0 = 0.115(B-V) - 0.1539$$

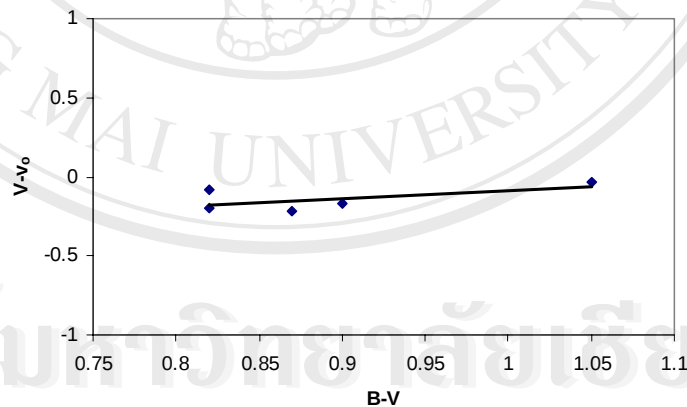
โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับ $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$; $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = 0.115$

$$\mu = 1.1299$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ $\left(\frac{\zeta_{BV}}{\mu}\right)$; $\zeta_{BV} / \mu = -0.1539$

$$\zeta_{BV} = -0.1738$$

4.3.2 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าและการหาค่าจุดศูนย์ของดาวบริเวณที่ 2



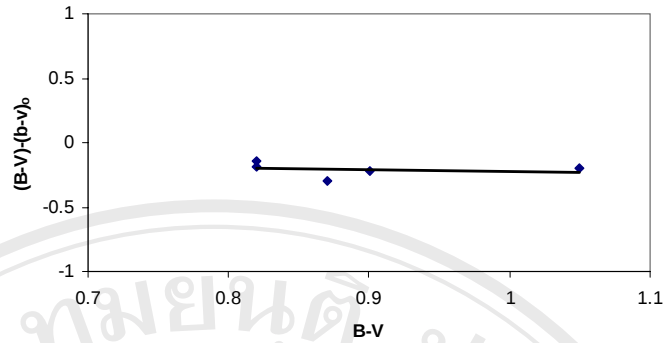
รูปที่ (4.21) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(V-v)_0$ กับ $(B-V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.21) สมการเส้นตรง

$$(V-v)_0 = 0.52(B-V) - 0.6042$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่า ($\mathcal{E}$); $\mathcal{E} = 0.52$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_v); $\zeta_v = -0.6042$



รูปที่ (4.22) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(B-V)-(b-v)_0$ กับ $(B-V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.22) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v)_0 = -0.1055(B-V) - 0.1155$$

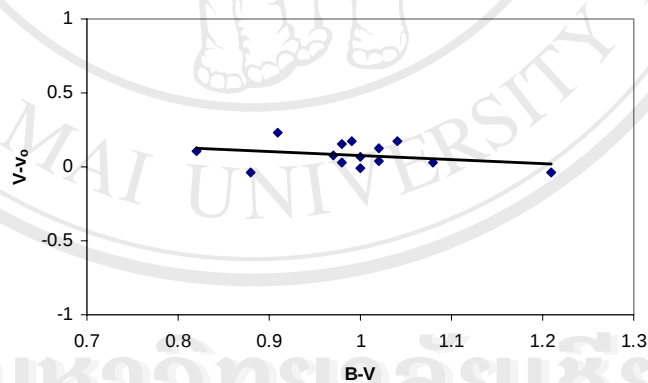
โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับ $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$; $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = -0.1055$

$$\mu = 0.9046$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ $\left(\frac{\zeta_{BV}}{\mu}\right)$; $\frac{\zeta_{BV}}{\mu} = -0.1155$

$$\zeta_{BV} = -0.9748$$

4.3.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าและการหาค่าจุดศูนย์ของดาวบริเวณที่ 3



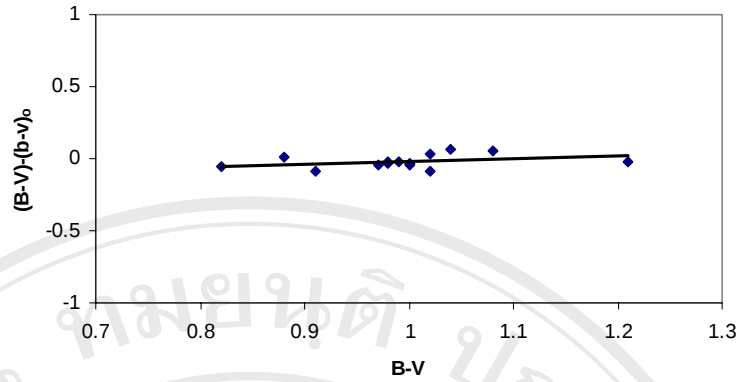
รูปที่ (4.23) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(V-v)_0$ กับ $(B-V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.23) สมการเส้นตรง

$$(V-v)_0 = -0.2903(B-V) + 0.3676$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่า ($\mathcal{E}$); $\mathcal{E} = -0.2903$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ (ζ_V); $\zeta_V = 0.3676$



รูปที่ (4.24) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(B-V)-(b-v)_0$ กับ $(B-V)$

จากกราฟ รูปที่ (4.24) สมการเส้นตรง

$$(B-V)-(b-v)_0 = 1.1787(B-V) - 0.1974$$

โดยค่าความชันกราฟมีค่าเท่ากับ $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$; $\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) = 1.1787$

$$\mu = 1.2175$$

และค่าจุดตัดแกน Y คือค่าจุดศูนย์ $\left(\frac{\zeta_{BV}}{\mu}\right)_0$; $\zeta_{BV}/\mu = -0.1974$

$$\zeta_{BV} = -0.2403$$

4.4. คำนวณค่าดัชนีสีและค่าโชติมาตรปรากฏแท้จริงของดาวโปรแกรมสมาชิกกระจุกดาวปิด M15

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่า ϵ , μ และค่าจุดศูนย์ ζ_V , ζ_{BV} ที่ได้ไปแทนค่าในสมการทั่วไปเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีสีและค่าโชติมาตรปรากฏของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวปิด M15 ณ บริเวณต่างๆ ได้ดังนี้

บริเวณที่ 1;

$$(B-V) = 1.1299(b-v)_0 - 0.1738$$

$$V = v_0 - 0.156(B-V) - 0.098$$

บริเวณที่ 2;

$$(B-V) = 0.9046(b-v)_0 - 0.9748$$

$$V = v_0 - 0.52(B-V) - 0.6042$$

บริเวณที่ 3;

$$(B-V) = 1.2175(b-v)_0 - 0.2403$$

$$V = v_0 - [(-0.2903)(B-V)] + 0.3676$$

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าดัชนีสีและโชติมาตรปรากฏแท้จริงของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M15 ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น B และ V

NAME;	ค่ามาตรฐานจากแคตตาล็อก			ค่าจากการคำนวณ			
	B	V	B-V	v_0	$(b-v)_0$	B-V	V
NGC 7078							
BBFP 39	14.19	12.83	1.36	12.819	1.35	1.351565	12.85163
BBFP 44	15.56	14.68	0.88	14.664	0.867	0.805823	14.6438
BBFP 67		13.44		13.677	1.28	1.272472	13.70198
BBFP 129		14.45		14.449	0.698	0.61487	14.41032
BBFP 187		14.29		14.256	0.963	0.914294	14.2463
32	12.77	12.38	0.39	12.156	0.556	0.454424	12.10179
47	15.09	14.11	0.98	14.286	0.967	0.918813	14.27674
BBFP 778		13.57		13.574	0.811	0.742549	13.54768
BBFP 777		14.72		14.671	0.79	0.718821	14.64238
BBFP 770		14.51		14.512	0.887	0.828421	14.49399
KGSY 121	14.22	13.02	1.2	13.094	1.205	1.18773	13.11077
ARP 2064	14.63	13.54	1.09	13.542	1.174	1.152703	13.55538
ARP 2075	14.24	13	1.24	12.981	1.257	1.246484	13.00346
BBFP 330	15.19	14.37	0.82	14.567	1.006	0.80545	14.75237
BBFP 394		13.61		13.677	0.869	0.681534	13.9268
ARP III- 8	14.95	14.08	0.87	14.3	1.169	0.952884	14.4087
ARP III-33	15.03	14.13	0.9	14.298	1.12	0.908563	14.42975
ARP III-34	13.21	12.66	0.55	13.902	0.962	0.765652	14.10806
BBFP 437		13.88		13.942	1.29	1.062328	13.99379
BBFP 438	14.86	13.81	1.05	13.842	1.25	1.026148	13.9126
BBFP 493		14.27		14.372	1.08	0.872383	14.52256
BBFP 570		13.84		13.868	1.267	1.041525	13.93061
BBFP 505		13.62		13.668	1.308	1.078609	13.71132
ARP IV-58	14.66	13.68	0.98	13.525	1.011	0.990593	13.44557

ตารางที่ 4.5(ต่อ) แสดงค่าดัชนีสีและโชติมาตรปรากฏแท้จริงของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M15 ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น B และ V

NAME; NGC 7078	ค่ามาตรฐานจาก Catalogue			ค่าจากการคำนวณ			
	B	V	B-V	v_o	$(b-v)_o$	B-V	V
BBFP 613		13.71		13.621	0.684	0.59247	13.42599
BBFP 605	15.07	13.99	1.08	13.965	1.025	1.007638	13.89052
BBFP 575	15.05	14.01	1.04	13.839	0.972	0.94311	13.74578
SANDA S8	14.52	13.5	1.02	13.378	1.105	1.105038	13.33179
BBFP 534	15.04	14.22	0.82	14.11	0.875	0.825013	13.9825
BBFP 426		14.76		14.719	0.79	0.721525	14.56146
BBFP 434	15.15	14.18	0.97	14.099	1.009	0.988158	14.01886
BBFP 462	15.1	14.1	1	14.114	1.038	1.023465	14.04411
BBFP 371		14.63		14.575	0.834	0.775095	14.43301
BBFP 302	15.17	14.14	0.98	14.161	1.007	0.985723	14.08016
BBFP 295	15.32	14.99	0.33	15.1359	0.273	0.092078	14.79563
BBFP 319	14.56	13.35	1.21	13.385	1.229	1.256008	13.38262
ARP IV-10	14.84	13.82	1.02	13.782	0.985	0.958938	13.69338
930	15.07	14.08	0.99	13.909	1.01	0.989375	13.82922
ARP I-74	14.98	13.98	1	13.913	1.044	1.03077	13.84523
BBFP 319	15.36	14.45	0.91	14.219	1	0.9772	14.13568

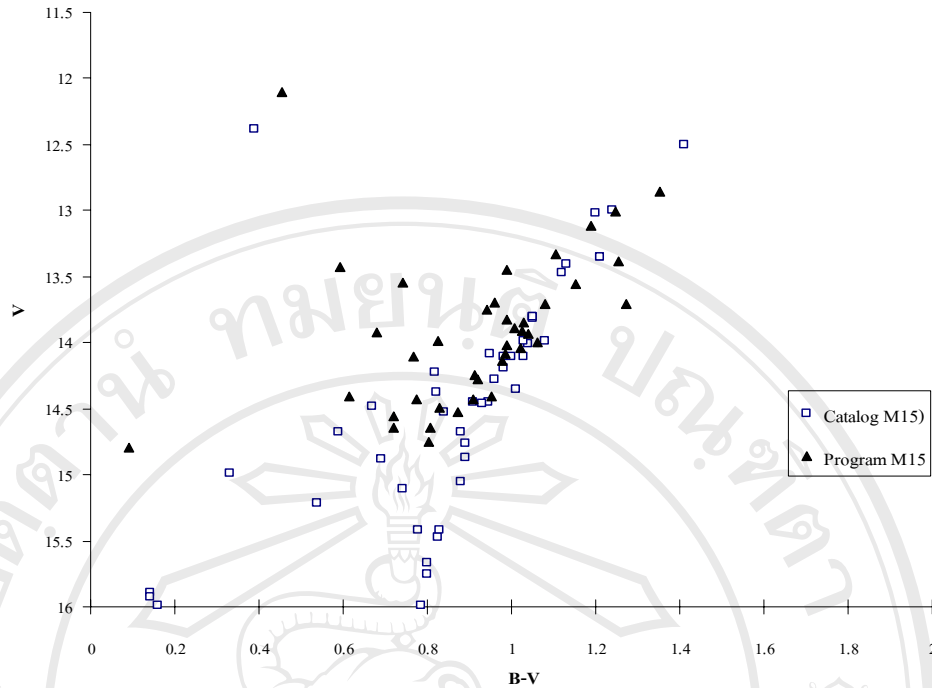
4.5 คำนวณหาค่าอุณหภูมิสี (T_c) และ อุณหภูมิสัมฤทธิ์ (T_{eff}) ของดาวสมาชิกของกระจุกดาว M15

ในการคำนวณหาค่าอุณหภูมิสี (T_c) และ อุณหภูมิสัมฤทธิ์ (T_{eff}) ของดาวโปรแกรม ใช้สมการดังต่อไปนี้คำนวณหาค่าอุณหภูมิสี (T_c) คือ

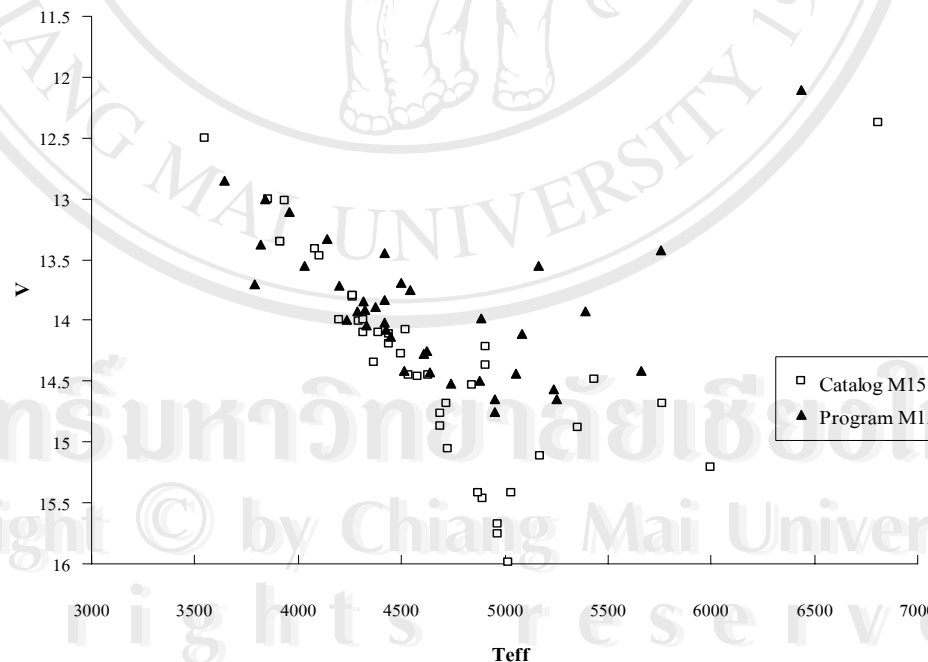
$$T_c = \frac{7200}{(I + 0.64)} \quad \text{โดย } I = \text{ดัชนีสี}$$

และ ค่าอุณหภูมิสัมฤทธิ์ (T_{eff}) คือ

$$T_{eff} = \frac{1}{9.52307 \times 10^{-5} + 1.32488 \times 10^{-4} (B - V)}$$



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตร (V) กับค่าดัชนีสี ($B-V$) ของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวปิด M15 ที่ได้จากการเก็บข้อมูลเทียบกับของดาวในกระจุกดาวปิด M15 จากแคตตาล็อก



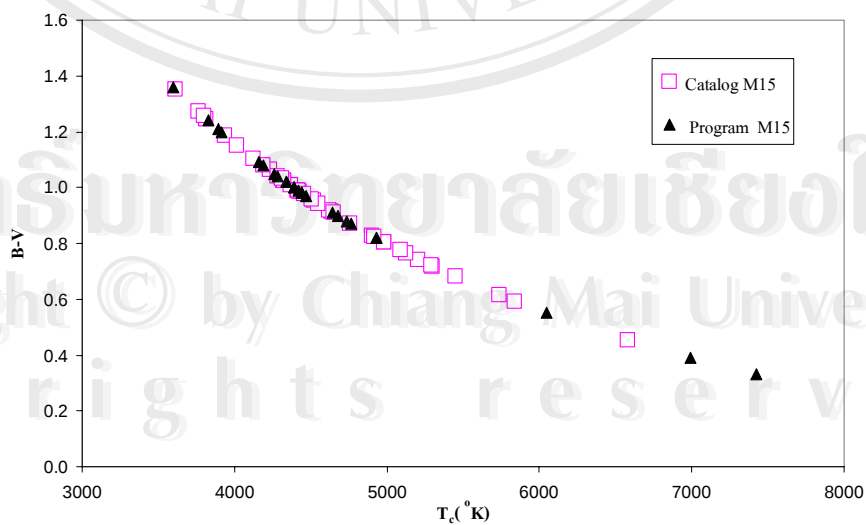
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตร (V) กับค่าอุณหภูมิสัมฤทธิ์ (T_{eff}) ของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวปิด ดาวปิด M15 ที่ได้จากการเก็บข้อมูลเทียบกับข้อมูลของดาวในกระจุกดาวปิด M15 จากแคตตาล็อก

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิสีและค่าอัตรากำลังส่องสว่างของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวเปิด M15 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากแคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวเปิด M 15

Name:	ค่าจากแคตตาล็อก				ค่าจากการคำนวณ		
NGC 7078	(B-V)	V	T_c	$L/L_\odot$	$(B-V)_{\text{Obs}}$	$V_{\text{(obs)}}$	$T_{c(\text{obs})}$
BBFP 39	1.36	12.83	3600	663.84	1.352	12.852	3615.26
BBFP 44	0.88	14.68	4736.84	120.80	0.806	14.644	4979.87
BBFP 67		13.44		378.50	1.272	13.702	3764.76
BBFP 129		14.45		149.30	0.615	14.410	5737.65
BBFP 187		14.29		173.01	0.914	14.246	4632.34
32	0.39	12.38	6990.29	1004.77	0.454	12.102	6578.83
47	0.98	14.11	4444	204.21	0.919	14.277	4618.91
BBFP 778		13.57		335.79	0.743	13.548	5207.77
BBFP 777		14.72		116.43	0.719	14.642	5298.72
BBFP 770		14.51		141.28	0.828	14.494	4903.23
KGSY 121	1.2	13.02	3913.04	557.27	1.188	13.111	3939.31
ARP 2064	1.09	13.54	4161.85	345.20	1.153	13.555	4016.29
ARP 2075	1.24	13	3829.78	567.63	1.246	13.003	3816.63
BBFP 330	0.82	14.37	4931.50	160.72	0.805	14.752	4981.15
BBFP 394		13.61		323.64	0.682	13.927	5448.23
ARP III- 8	0.87	14.08	4768.21	209.93	0.953	14.409	4520.11
ARP III-33	0.9	14.13	4675.32	200.48	0.909	14.430	4649.48
ARP III-34	0.55	12.66	6050.42	776.37	0.766	14.108	5122.19
BBFP 437		13.88		252.39	1.062	13.994	4229.50
BBFP 438	1.05	13.81	4260.35	269.19	1.026	13.913	4321.34
BBFP 493		14.27		176.22	0.872	14.523	4760.71
BBFP 570		13.84		261.86	1.042	13.931	4281.84
BBFP 505		13.62		320.68	1.079	13.711	4189.43
ARP IV-58	0.98	13.68	4444.45	303.44	0.943	13.746	4415.58
BBFP 613		13.71		295.17	1.105	13.332	5841.93
BBFP 605	1.08	13.99	4186.05	228.07	0.825	13.983	3615.26

ตารางที่ 4.6(ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิสีและค่าอัตรากำลังส่องสว่างของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกกระจุกดาวเปิด M15 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากแคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวเปิด M 15

Name:	ค่าจากแคตตาล็อก				ค่าจากการคำนวณ		
NGC 7078	(B-V)	V	T_c	$L/L_\odot$	$(B-V)_{Obs}$	$V_{(obs)}$	$T_{c(obs)}$
BBFP 575	1.04	14.01	4285.71	223.91	0.943	13.746	4548.01
SANDA S8	1.02	13.5	4337.35	358.15	1.105	13.332	4125.98
BBFP 534	0.82	14.22	4931.51	184.53	0.825	13.983	4914.64
BBFP 426		14.76		112.22	0.722	14.561	5288.21
BBFP 434	0.97	14.18	4472.05	191.45	0.988	14.019	4422.17
BBFP 462	1	14.1	4390.24	206.09	1.023	14.044	4328.30
BBFP 371		14.63		126.49	0.775	14.433	5088.02
BBFP 302	0.98	14.14	4444.44	198.64	0.986	14.080	4428.81
BBFP 295	0.33	14.99	7422.68	90.80	0.092	14.796	9834.99
BBFP 319	1.21	13.35	3891.89	411.21	1.256	13.383	3797.45
ARP IV-10	1.02	13.82	4337.35	266.73	0.959	13.693	4502.98
930	0.99	14.08	4417.18	209.93	0.989	13.829	4418.86
ARP I-74	1	13.98	4390.24	230.18	1.031	13.845	4309.39
BBFP 319	0.91	14.45	4645.16	149.30	0.977	14.136	4452.14



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสี(T_c)กับค่าดัชนีสี(B-V)ของข้อมูลศึกษาเทียบกับข้อมูลจากแคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวเปิด M15

4.6 คำนวณค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (M_V) และค่าอัตราส่วนกำลังส่องสว่าง ($L/L_\odot$) ของดาวโปรแกรมที่เป็นสมาชิกของกระจุกดาวปิด M15

จากการคำนวณค่าโชติมาตรแท้จริง (M_V) เมื่อคิดการลดลงของแสงดาวเนื่องจากสสารระหว่างดาว นั่นคือ

$$M_V = V - 5 \log \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right) - A_V$$

และ ค่าอัตราส่วนกำลังส่องสว่างของแสงดาวต่อกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์; $\left(\frac{L}{L_\odot} \right)$ ได้จาก

$$M_V = 4.75 - 2.5 \log \left(\frac{L}{L_\odot} \right)$$

โดยกำหนดให้ ระยะห่างระหว่างโลกถึงดาวในกระจุกดาวปิด M15 คือ $d = 10.4 \text{ kpc}$ และ ค่าการลดลงของแสงดาวในเทอมโชติมาตร (A_V) ในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็น มีค่าแปรผันตรงกับค่า Color Excess ของ B-V ($E_{(B-V)}$) พบว่า

$$R_V = \frac{A_V}{E_{(B-V)}} \approx 3.0$$

โดย ค่า Color Excess มีค่าตามสมการ

$$E_{(B-V)} = (B-V)_{\text{Observed}} - (B-V)_{\text{Intrinsic}}$$

จากตารางที่ 4.7 จะได้ ค่าเฉลี่ยของ $E_{(B-V)} = 0.078$

เมื่อกำหนดค่าจาก

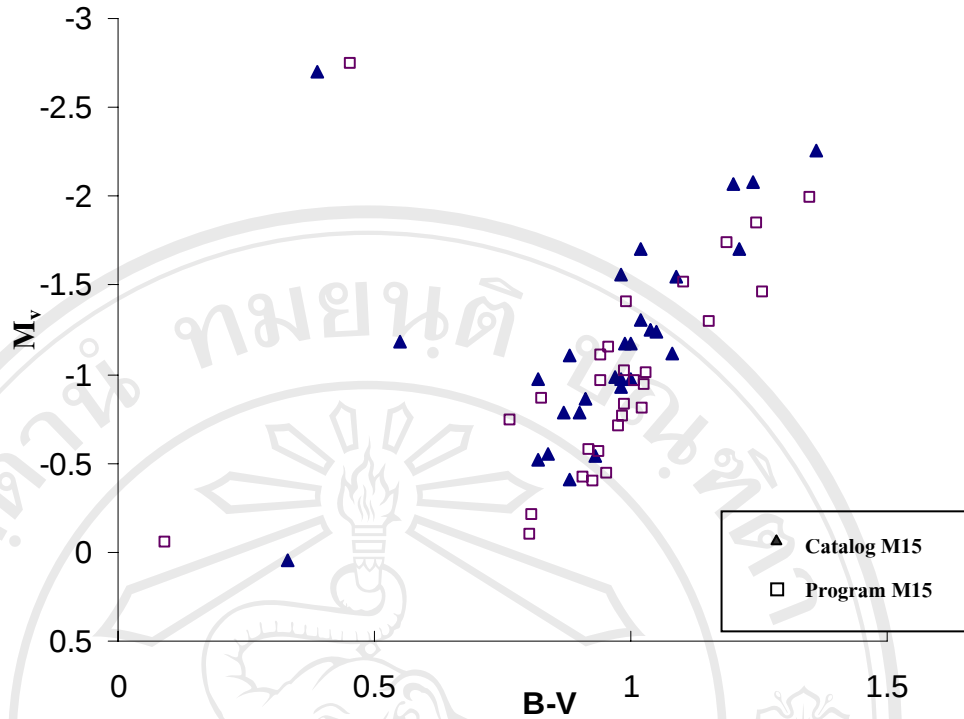
$$A_V = R_V \times E_{(B-V)}$$

จะได้

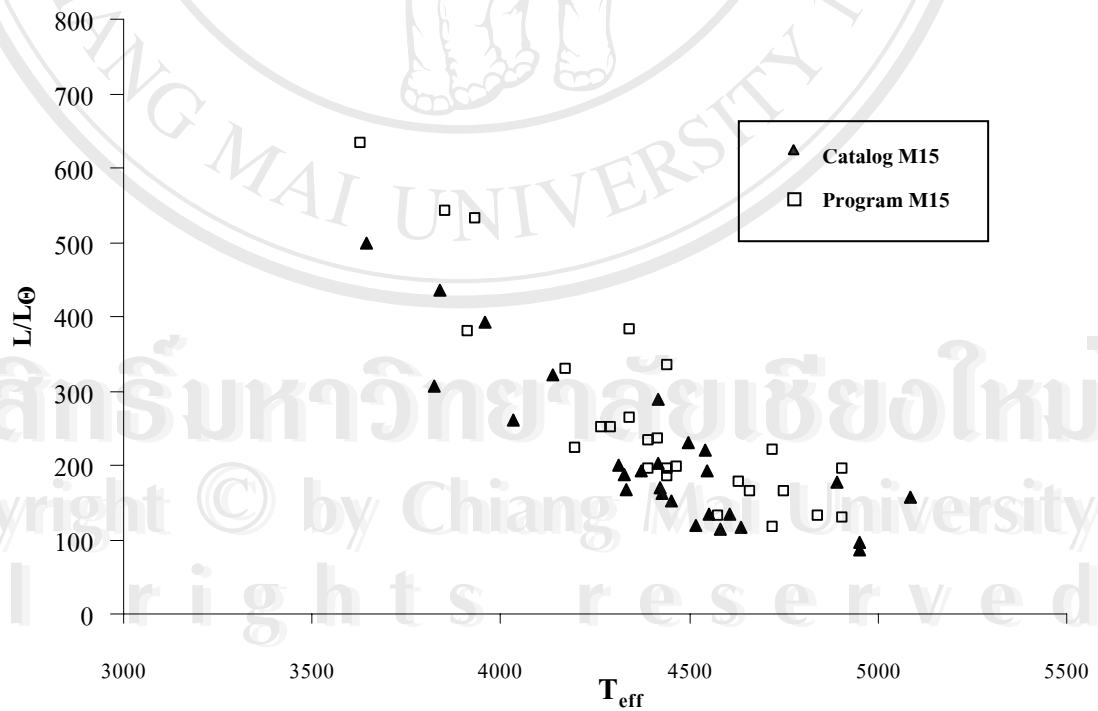
$$A_V = 0.2367$$

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าโชติมาตรแท้จริง (M_V) และค่าอัตราส่วนกำลังส่องสว่างเมื่อเกิดการลดลงของแสงดาวเนื่องจากสสารระหว่างดาว

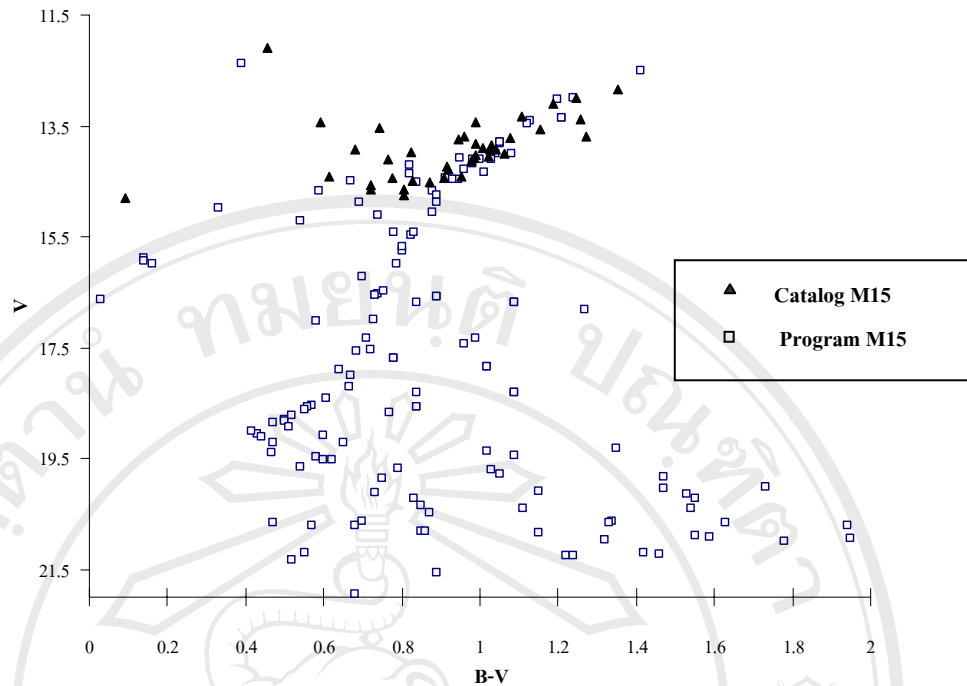
Name	ค่ามาตรฐาน			ค่าจากการคำนวณ				
	B-V	Sp. Type	$E_{(B-V)}$	(B-V)	V	$E(B-V)$	M_V	$L/L_\odot$
NGC 7078 BBFP 39	1.36	KIIv	0.45	1.352	12.852	0.442	-1.997	499.65
NGC 7078 BBFP 44	0.88	KIIv	-0.03	0.806	14.644	-0.104	-0.205	95.90
NGC 7078 32	0.39	GOVI	-0.26	0.454	12.102	-0.196	-2.747	996.79
NGC 7078 47	0.98	KIIv	0.07	0.919	14.277	0.009	-0.572	134.47
NGC 7078 KGSY 121	1.20	KIIv	0.29	1.188	13.111	0.278	-1.738	393.56
NGC 7078 ARP 2064	1.09	KIIv	0.18	1.153	13.555	0.243	-1.293	261.32
NGC 7078 ARP 2075	1.24	KIIv	0.33	1.246	13.003	0.336	-1.845	434.45
NGC 7078 BBFP 330	0.82	KIIv	-0.09	0.805	14.752	-0.105	-0.096	86.77
NGC 7078 ARP III- 8	0.87	KIIv	-0.04	0.953	14.409	0.043	-0.440	119.08
NGC 7078 ARP III-33	0.90	KIIv	-0.01	0.909	14.430	-0.001	-0.419	116.79
NGC 7078 ARP III-34	0.55	KIIv	-0.36	0.766	14.108	-0.144	-0.740	157.07
NGC 7078 BBFP 438	1.05	KIIv	0.14	1.026	13.913	0.116	-0.936	188.05
NGC 7078 ARP IV-58	0.98	KIIv	0.07	0.991	13.446	0.081	-1.403	289.13
NGC 7078 BBFP 605	1.08	KIIv	0.17	1.008	13.891	0.098	-0.958	191.92
NGC 7078 BBFP 575	1.04	KIIv	0.13	0.943	13.746	0.033	-1.103	219.28
NGC 7078 SANDA S8	1.02	KIIv	0.11	1.105	13.332	0.195	-1.517	321.07
NGC 7078 BBFP 534	0.82	KIIv	-0.09	0.825	13.983	-0.085	-0.866	176.33
NGC 7078 BBFP 434	0.97	KIIv	0.06	0.988	14.019	0.078	-0.829	170.52
NGC 7078 BBFP 462	1.00	KIIv	0.09	1.023	14.044	0.113	-0.804	166.60
NGC 7078 BBFP 302	0.98	A3	0.90	0.986	14.080	0.906	-0.768	161.16
NGC 7078 BBFP 295	0.33	KIIv	-0.58	0.092	14.796	-0.818	-0.053	83.38
NGC 7078 BBFP 319	1.21	KIIv	0.30	1.256	13.383	0.346	-1.466	306.39
NGC 7078 ARP IV-10	1.02	KIIv	0.11	0.959	13.693	0.049	-1.155	230.13
NGC 7078 930	0.99	KIIv	0.08	0.989	13.829	0.079	-1.019	203.06
NGC 7078 ARP I-74	1.00	KIIv	0.09	1.031	13.845	0.121	-1.003	200.09
NGC 7078 BBFP 319	0.91	KIIv	0.00	0.977	14.136	0.067	-0.713	153.13



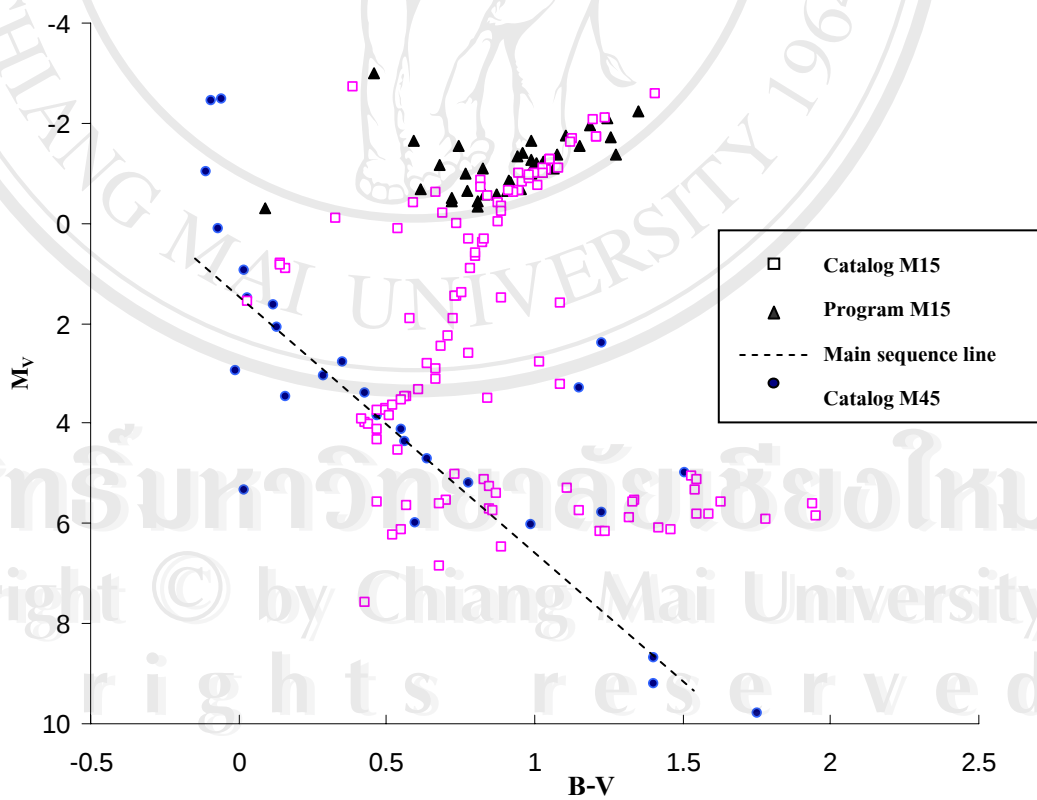
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์ (M_V) กับดัชนีสี (B-V) ของข้อมูลศึกษาเทียบกับข้อมูลจากแคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวปิด M15



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังส่องสว่าง ($L/L_{\odot}$) กับอุณหภูมิสัมฤทธิ์ (T_{eff}) ของข้อมูลศึกษาเทียบกับข้อมูลจากแคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวปิด M15



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงแผนภาพ Color - Magnitude Diagram ของข้อมูลศึกษาเทียบกับข้อมูลจาก
แคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวปิด M15



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงแผนภาพเฮิร์ตซ์-รัสเซลล์ (H-R Diagram) ของข้อมูลศึกษาเทียบกับข้อมูลจาก
แคตตาล็อกของดาวในกระจุกดาวปิด M15 และดาวในกระจุกดาวเปิด M45