

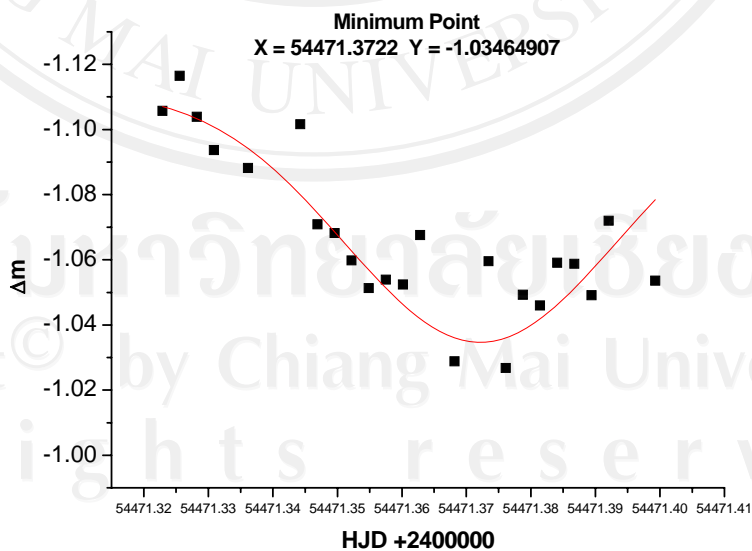
## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์

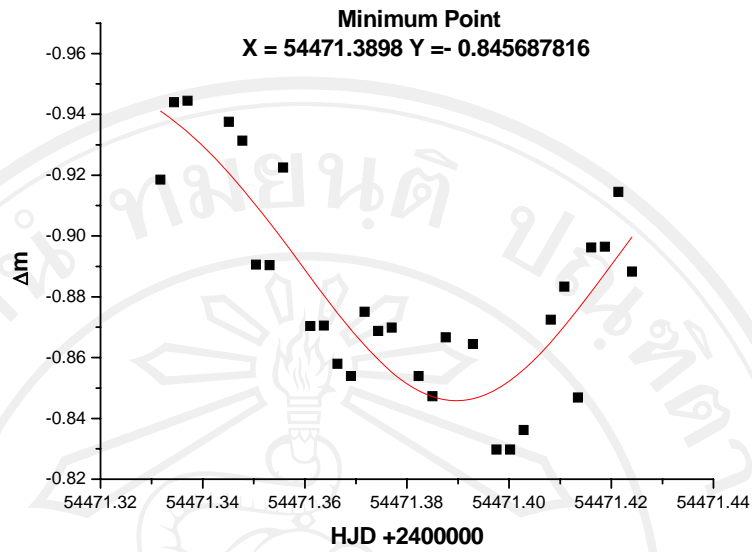
จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่สุริยาประเภทอัลกอล เอเค คานิส ไมนอริส ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง สามารถนำกราฟแสงมาวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่น

#### 4.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส

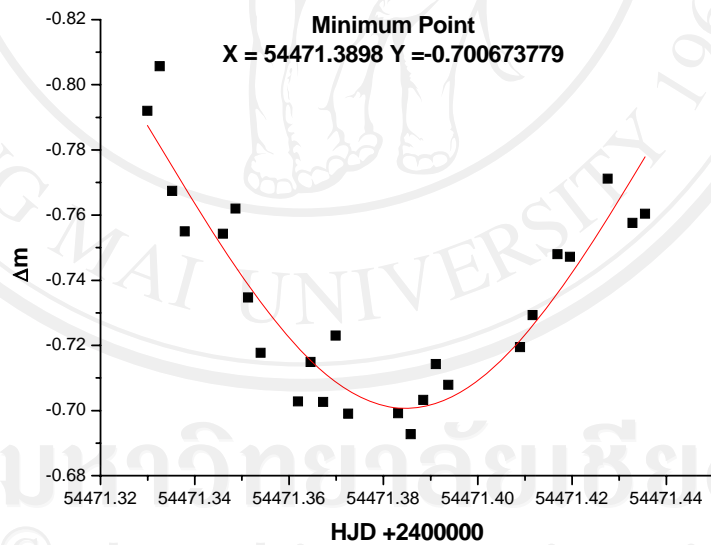
ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง สามารถนำมาสร้างกราฟแสงและทำการวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยการพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสงในช่วงความยาวคลื่นของแต่ละวัน ซึ่งค่าต่ำสุดหาได้จากการใช้ Quadratic Polynomial Fitting Method จากโปรแกรม Origin 8 ดังรูป 4.1 - 4.12 และได้ค่าทั้งหมด ดังตาราง 4.1



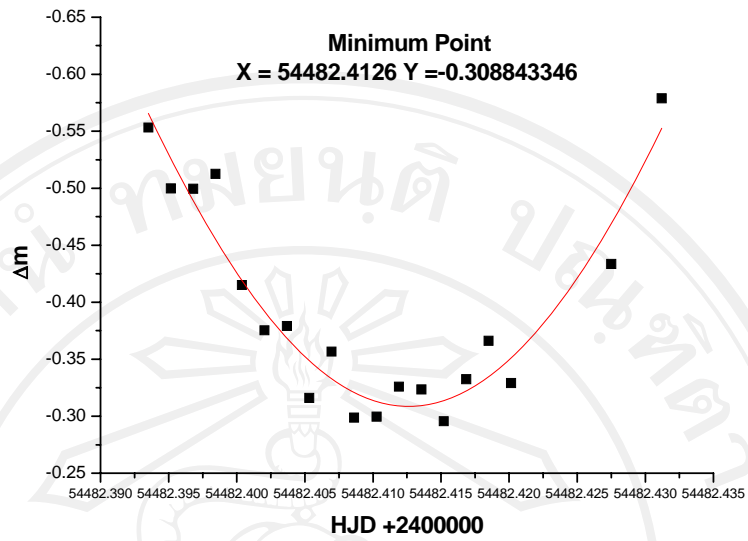
รูปที่ 4.1 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2551



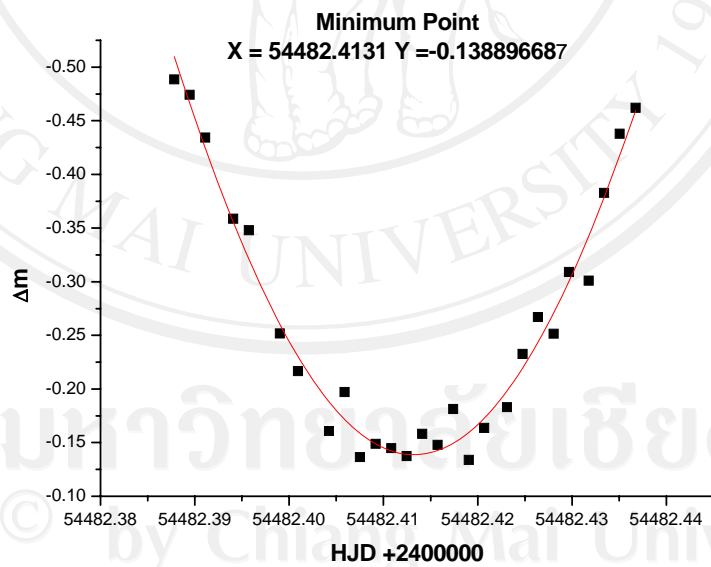
รูปที่ 4.2 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2551



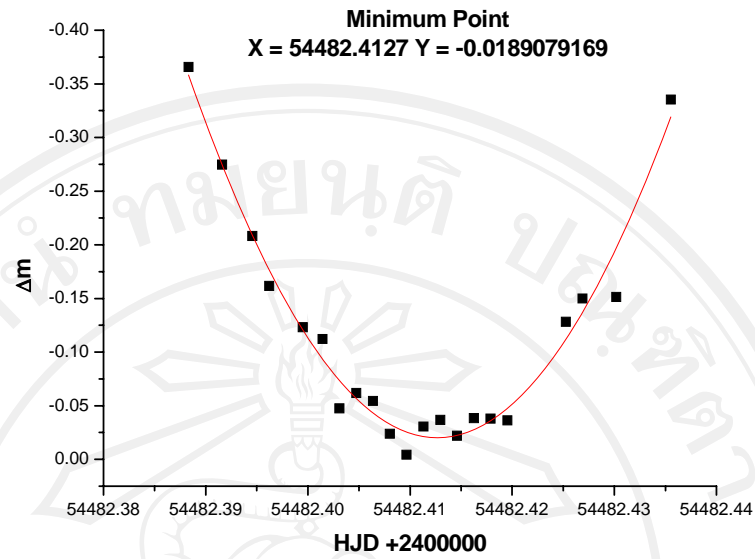
รูปที่ 4.3 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีแดง วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2551



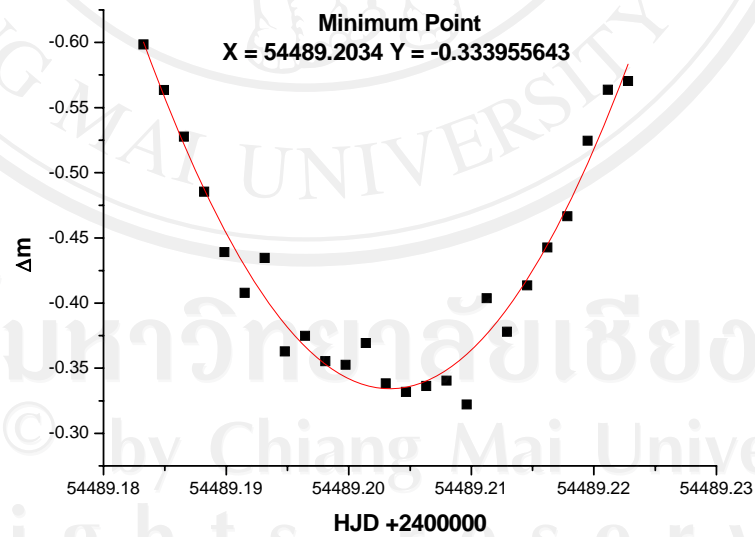
รูปที่ 4.4 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน  
วันที่ 16 มกราคม พ.ศ.2551



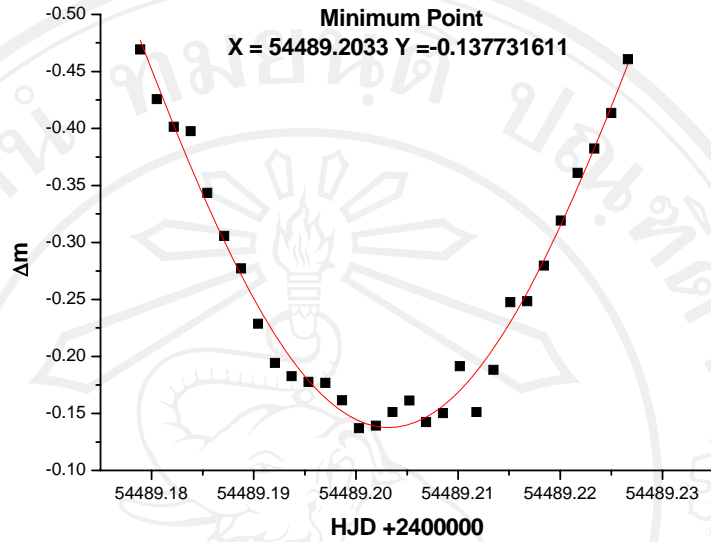
รูปที่ 4.5 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง  
วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2551



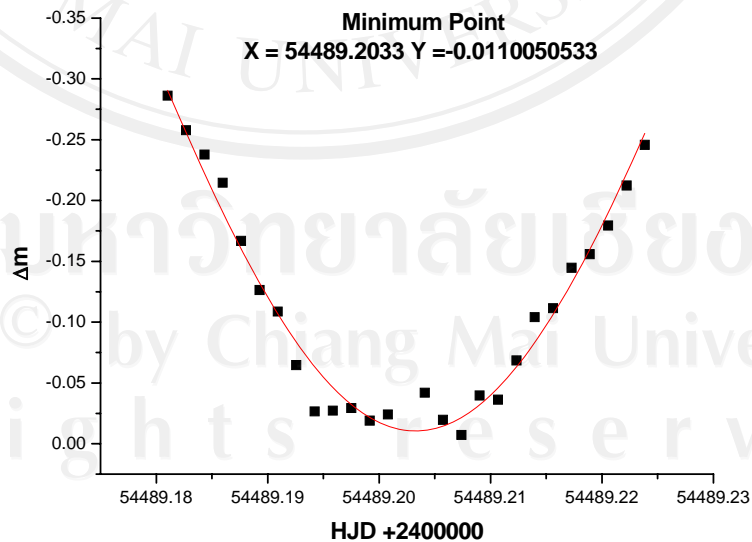
รูปที่ 4.6 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีเขียว วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2551



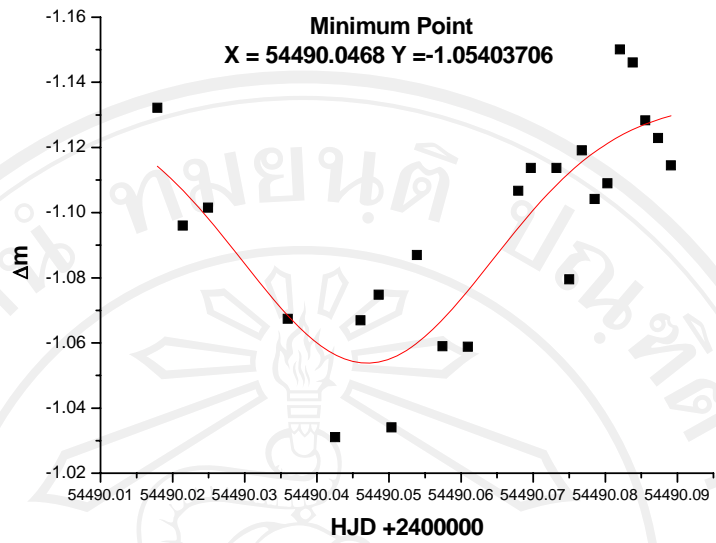
รูปที่ 4.7 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน  
วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2551



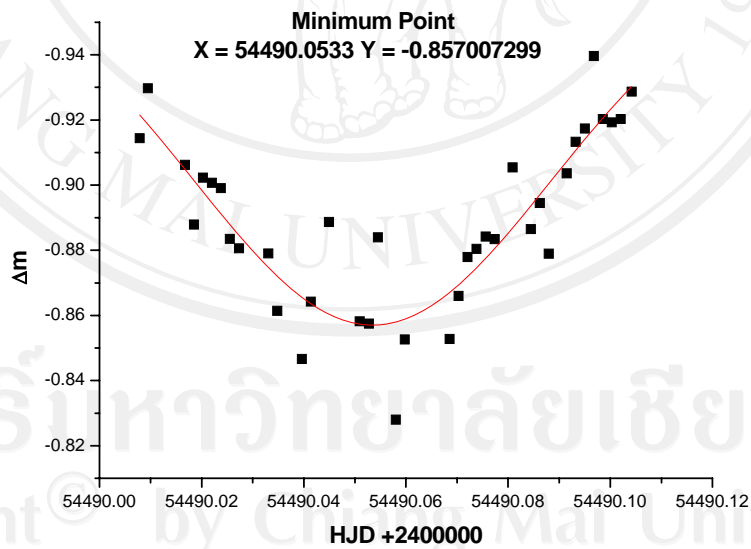
รูปที่ 4.8 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2551



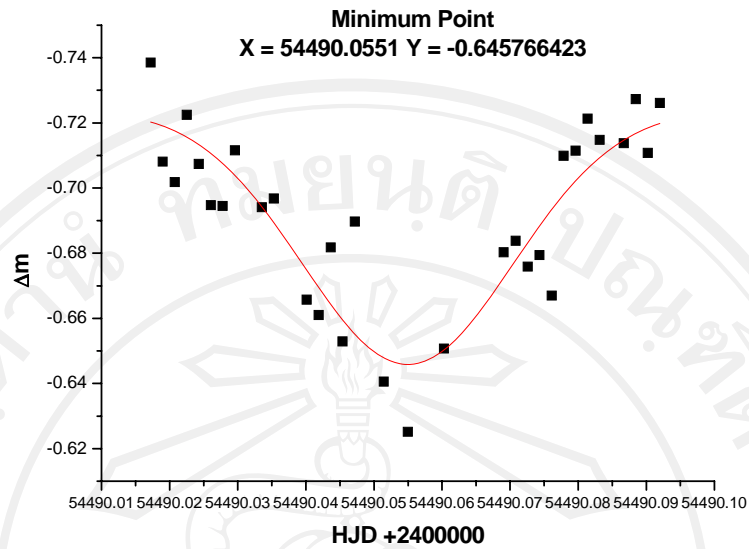
รูปที่ 4.9 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีแดง วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2551



รูปที่ 4.10 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน  
 วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2551



รูปที่ 4.11 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีแดง  
 วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2551



รูปที่ 4.12 การหาค่าเวลาของแสงน้อยที่สุดของช่วงความยาวคลื่นสีแดง  
 วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2551

ตารางที่ 4.1 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากกราฟแสงของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ที่สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ในแต่ละวัน

วันที่สังเกตการณ์	ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (HJD)	ชนิดอุปราคา
5 ม.ค. 2550	สีน้ำเงิน	2454471.3722	II
	สีเหลือง	2454471.3898	II
	สีแดง	2454471.3844	II
	เฉลี่ย	<b>2454471.3821</b>	<b>II</b>
16 ม.ค. 2550	สีน้ำเงิน	2454482.4126	I
	สีเหลือง	2454482.4131	I
	สีแดง	2454482.4127	I
	เฉลี่ย	<b>2454482.4128</b>	<b>I</b>
23 ม.ค. 2550	สีน้ำเงิน	2454489.2034	I
	สีเหลือง	2454489.2033	I
	สีแดง	2454489.2033	I
	เฉลี่ย	<b>2454489.2033</b>	<b>I</b>
24 ม.ค. 2550	สีน้ำเงิน	2454490.0468	II
	สีเหลือง	2454490.0533	II
	สีแดง	2454490.0551	II
	เฉลี่ย	<b>2454490.0517</b>	<b>II</b>

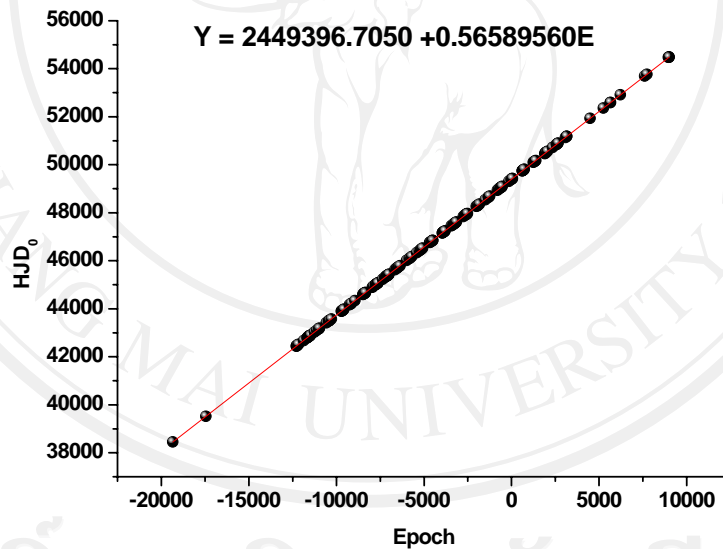


## 4.2 การวิเคราะห์ค่า O-C

จากค่า Linear ephemeris ที่ Locher K. คำนวณไว้ในปี ค.ศ. 1994

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2,449,396.70499 + 0.5658966E \quad (4.1)$$

นักดาราศาสตร์ได้ทำการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่เอเค คานิส ไมนอริส และบันทึกค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเอาไว้ ผู้วิจัยจึงหาค่า Linear ephemeris ใหม่ โดยการรวบรวมค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในอดีตรวมกับค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดในงานวิจัยนี้เพื่อ หาค่า Min I ใหม่ได้จากกราฟที่พล็อตระหว่าง HJD<sub>0</sub> กับ Epoch

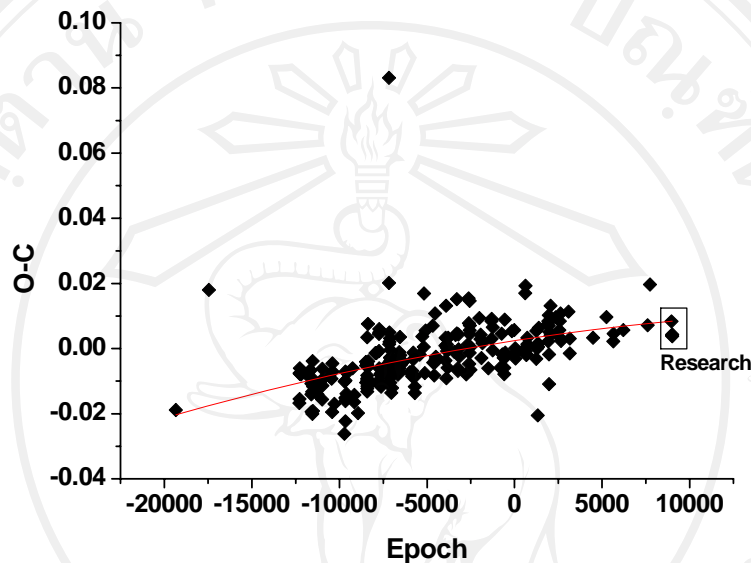


รูปที่ 4.13 กราฟระหว่าง HJD กับ Epoch ที่แสงน้อยที่สุด

จะได้ค่า Linear ephemeris ใหม่ คือ

$$\text{Min I} = 2,449,396.7050 + 0.5658956E \quad (4.2)$$

จากค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์(O) ตั้งแต่อดีตรวมกับงานวิจัยนี้ นำมาคำนวณหาค่า E จากสมการที่ (4.1) และนำค่า E ที่ได้มากำหนดค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด(C) จากสมการที่ (4.2) แล้วหาผลต่างของค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (O-C) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O-C กับ Epoch ได้กราฟดังนี้



รูปที่ 4.14 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส  
(ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมคือข้อมูลของผู้วิจัย)

จากกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง O-C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส เมื่อวิเคราะห์ค่าในเชิงตัวเลขด้วยสมการพหุนามโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second-Order Polynomial Fitting) ดังนี้

$$O-C = aE^2 + bE + c$$

$$O-C = (-1.86368 \pm 1.62372) \times 10^{-11} E^2 + (8.21602 \pm 1.59537) \times 10^{-7} E + (24.3 \pm 7.55514) \times 10^{-4} \quad (4.3)$$

โดยค่า  $a = (-1.86368 \pm 1.62372) \times 10^{-11}$

$b = (8.21602 \pm 1.59537) \times 10^{-7}$

$c = (24.3 \pm 7.55514) \times 10^{-4}$

จากสมการของกราฟระหว่าง (O-C) และ Epoch ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส โดยสมการพหุนามโพลิโนเมียลลำดับที่สอง พบว่า

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dE} &= 2(-1.86368 \pm 1.62372) \times 10^{-11} \\ &= (-3.72736 \pm 3.24744) \times 10^{-11} \text{ วันต่อรอบ}\end{aligned}$$

อัตราการลดลงของคาบวงโคจรอยู่ในช่วง  $-0.479920 \times 10^{-11}$  ถึง  $-6.97480 \times 10^{-11}$  วันต่อรอบ  
แปลงหน่วย วันต่อรอบ เป็น วินาทีต่อปี

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dE} &= (-0.479920 \times 10^{-11} \text{ วันต่อรอบ}) \left( \frac{1}{0.5658956} \text{ รอบต่อวัน} \right) (86400 \text{ วินาทีต่อวัน}) (365.25 \text{ วันต่อปี}) \\ &= -0.267631 \times 10^{-3} \text{ วินาทีต่อปี}\end{aligned}$$

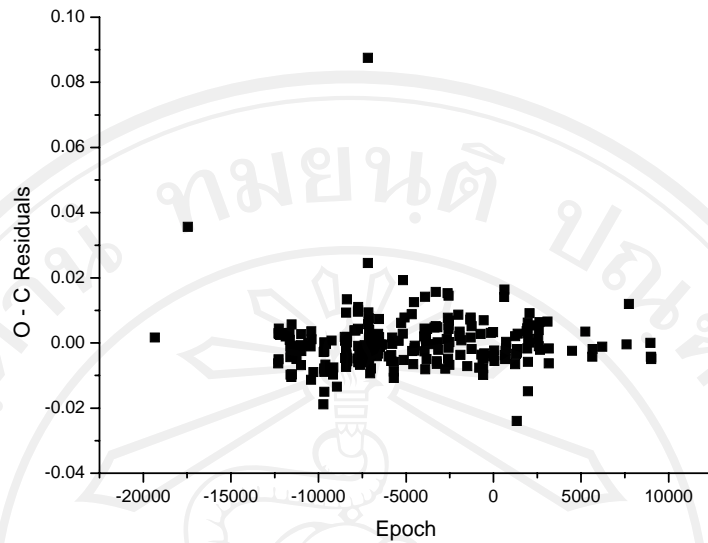
$$\begin{aligned}\frac{dP}{dE} &= (-6.97480 \times 10^{-11} \text{ วันต่อรอบ}) \left( \frac{1}{0.5658956} \text{ รอบต่อวัน} \right) (86400 \text{ วินาทีต่อวัน}) (365.25 \text{ วันต่อปี}) \\ &= -3.88955 \times 10^{-3} \text{ วินาทีต่อปี}\end{aligned}$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยแผนภาพ O-C มีค่า  
เป็นลบหมายถึง คาบวงโคจรของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส มีการลดลงในช่วงอัตรา  
0.000267631 วินาทีต่อปี ถึง 0.00388955 วินาทีต่อปี

คาบการโคจร (P) ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส

$$\begin{aligned}P &= 0.5658956 \text{ วัน} \\ &= 0.5658956 \times 24 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 13.5815 \text{ ชั่วโมง}\end{aligned}$$

เมื่อวิเคราะห์ค่า O-C residuals ซึ่งเป็นผลต่างของค่า O-C ที่ได้ และ O-C ที่ได้จากการ  
(4.3) กับ Epoch จะได้ดังรูป 4.15



รูปที่ 4.15 แผนภาพ O-C residuals ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส

จากรูปที่ 4.15 เป็นแผนภาพ O-C residuals ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก จึงต้องศึกษาแนวโน้มของค่า O-C residuals ต่อไป

#### 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิสัน - เดวินี

การหาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ด้วยโปรแกรม DC ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพสำหรับระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ด้วยโปรแกรม DC สรุปได้ดังนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ทั้งค่าพารามิเตอร์ที่ปรับค่าได้ และปรับค่าไม่ได้ ลงในแฟ้มข้อมูลเริ่มต้น รวมทั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ ของระบบดาวที่ได้จากการวิจัยของ Ronald G. Samec ในปี ค.ศ. 1998 ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ไม่ปรับค่า มีดังนี้

อุณหภูมิดาวปฐมภูมิ	8530 K
Gravity Darkening Exponent ของดาวปฐมภูมิ	1.00
Gravity Darkening Exponent ของดาวทุติยภูมิ	0.32
Bolometric Albedos ของดาวปฐมภูมิ	1.00
Bolometric Albedos ของดาวทุติยภูมิ	0.50

ศักย์ที่ผิวดาวฤกษ์ ( $\Omega_2$ )	3.15
สัมประสิทธิ์ของการมีดคล้ำที่ขอบของความยาวคลื่นสีเหลืองของดาวปฐุมฤกษ์	0.490
สัมประสิทธิ์ของการมีดคล้ำที่ขอบของความยาวคลื่นสีเหลืองของดาวฤกษ์	0.754
สัมประสิทธิ์ของการมีดคล้ำที่ขอบของความยาวคลื่นสีแดงของดาวปฐุมฤกษ์	0.414
สัมประสิทธิ์ของการมีดคล้ำที่ขอบความยาวคลื่นสีแดงของดาวฤกษ์	0.414

2. ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับค่าได้ คือ ระบายวงโคจรของระบบ(i) อุณหภูมิดาวปฐุมฤกษ์( $T_1$ ) ศักย์ที่ผิวดาวปฐุมฤกษ์( $\Omega_1$ ) ค่ากำลังส่องสว่างของดาวปฐุมฤกษ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง( $L_{1V}$ ) และสีแดง( $L_{1R}$ ) และข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง และสีแดง ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างเฟสกับฟลักซ์ของดาวที่ทำการ Normalize รวมถึงค่าน้ำหนักของการเฉลี่ยดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 โดยค่าพารามิเตอร์ที่ปรับค่าได้หรือไม่ได้ ถูกควบคุมโดยพารามิเตอร์ KEEP เมื่อกำหนด KEEP = 0 พารามิเตอร์จะสามารถปรับค่าได้โดยโปรแกรมจะทำการปรับค่าและเสนอค่า Correction เพื่อใช้ในการคำนวณครั้งต่อไป ส่วน KEEP = 1 พารามิเตอร์นั้นไม่สามารถปรับค่าได้ โปรแกรมจะไม่คำนวณค่าพารามิเตอร์ตัวนี้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลืองที่ผ่านกร

Normalize

Phase	Flux	Weight	Phase	Flux	Weight	Phase	Flux	Weight
0.00624	0.4577	8	0.34689	0.9269	2	0.67994	0.9495	1
0.01559	0.4972	8	0.35627	0.9483	2	0.68617	0.9596	3
0.02477	0.5465	8	0.36566	0.9401	2	0.69553	0.9549	3
0.03400	0.6046	7	0.37504	0.9342	2	0.70333	0.9778	2
0.04498	0.6724	5	0.38442	0.9313	2	0.71745	0.9661	2
0.05424	0.7206	4	0.39381	0.9280	2	0.72525	0.9637	3
0.06741	0.7757	4	0.40319	0.9041	2	0.73531	0.9840	2
0.07484	0.8009	4	0.41249	0.9008	4	0.74538	0.9681	3
0.08529	0.8262	4	0.42854	0.8823	3	0.75354	0.9694	4
0.09548	0.8533	3	0.43609	0.8776	5	0.76517	0.9739	8
0.10420	0.8724	3	0.44471	0.8691	4	0.77536	0.9740	6
0.11294	0.8980	3	0.45713	0.8500	3	0.78505	0.9738	6
0.12458	0.9043	3	0.46529	0.8408	3	0.79428	0.9639	6
0.13477	0.9143	2	0.47355	0.8502	4	0.80524	0.9576	7
0.14350	0.9179	2	0.48448	0.8464	3	0.81428	0.9524	5
0.15514	0.9260	4	0.49555	0.8376	5	0.82472	0.9415	6
0.16533	0.9379	3	0.50350	0.8418	2	0.83490	0.9367	8
0.17600	0.9561	3	0.51594	0.8410	2	0.84508	0.9134	6
0.18716	0.9487	2	0.52432	0.8397	5	0.85318	0.9234	5
0.19443	0.9653	3	0.53189	0.8484	3	0.86530	0.9123	3
0.20462	0.9623	4	0.54523	0.8590	6	0.87548	0.8918	4
0.22330	0.9501	4	0.55630	0.8687	4	0.88649	0.8570	4
0.23424	0.9671	5	0.56553	0.8856	5	0.89439	0.8465	3
0.24415	0.9592	6	0.57435	0.8898	3	0.90458	0.8048	4
0.25458	0.9517	3	0.58434	0.8995	3	0.91477	0.7695	2
0.26369	0.9709	4	0.59526	0.9127	4	0.92205	0.7328	2
0.27647	0.9451	4	0.60618	0.9182	3	0.93557	0.6546	4
0.28710	0.9557	3	0.61553	0.9365	3	0.94448	0.5990	7
0.29433	0.9613	3	0.62489	0.9309	3	0.95471	0.5417	6
0.30364	0.9564	4	0.63424	0.9379	3	0.97572	0.4469	6
0.31460	0.9578	3	0.64471	0.9426	3	0.98519	0.4361	7
0.32376	0.9436	3	0.65408	0.9477	3			
0.33516	0.9498	3	0.66499	0.9517	4			

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีแดงที่ผ่านการ Normalize

Phase	Flux	Weight	Phase	Flux	Weight	Phase	Flux	Weight
0.05424	0.7238	4	0.38590	0.9120	2	0.70264	0.9539	1
0.06668	0.7845	2	0.39763	0.9283	1	0.71677	0.9669	3
0.07407	0.8074	6	0.40465	0.9237	2	0.72613	0.9790	3
0.08480	0.8550	6	0.41428	0.8860	3	0.73236	0.9780	1
0.09571	0.8710	5	0.42417	0.8593	3	0.74469	0.9650	4
0.10817	0.9180	2	0.43455	0.8639	6	0.75441	0.9773	4
0.11482	0.9048	5	0.44470	0.8516	5	0.76525	0.9728	5
0.12691	0.9191	2	0.45821	0.8416	3	0.77478	0.9757	8
0.13419	0.9074	3	0.46657	0.8391	3	0.78589	0.9758	4
0.14437	0.9244	4	0.47463	0.8308	5	0.79531	0.9715	7
0.15602	0.9395	2	0.48425	0.8168	2	0.80534	0.9658	6
0.16475	0.9409	4	0.49531	0.8149	2	0.81491	0.9523	6
0.17494	0.9469	3	0.50346	0.8298	3	0.82623	0.9467	5
0.18513	0.9484	4	0.51488	0.8440	3	0.83543	0.9359	5
0.19531	0.9563	3	0.52533	0.8276	3	0.84596	0.9304	6
0.20550	0.9641	4	0.53469	0.8404	3	0.85468	0.9364	4
0.22636	0.9592	3	0.54342	0.8599	4	0.86492	0.9089	6
0.23615	0.9724	4	0.55518	0.8631	5	0.87583	0.8905	4
0.24523	0.9631	6	0.56460	0.8672	4	0.88429	0.8787	5
0.25509	0.9640	5	0.57513	0.8893	4	0.89527	0.8389	3
0.26409	0.9732	5	0.58576	0.8982	5	0.90497	0.8112	3
0.27308	0.9789	5	0.59458	0.9102	3	0.91565	0.7674	2
0.28491	0.9797	4	0.60393	0.9051	3	0.92292	0.7470	2
0.29643	0.9710	5	0.61485	0.9265	4	0.93645	0.6577	4
0.30476	0.9629	3	0.62577	0.9305	3	0.94488	0.6130	6
0.31605	0.9520	4	0.63512	0.9380	3	0.95558	0.5451	6
0.32491	0.9668	2	0.64559	0.9551	3	0.96531	0.4978	5
0.33429	0.9747	2	0.65495	0.9554	3	0.97443	0.4611	7
0.34366	0.9563	2	0.66431	0.9562	3	0.98408	0.4521	6
0.35305	0.9590	2	0.67055	0.9626	1	0.99479	0.4548	7
0.36479	0.9537	3	0.68394	0.9536	3			
0.37417	0.9471	1	0.69329	0.9499	3			

3. กำหนดอัตราส่วนมวลเป็นพารามิเตอร์ที่ปรับค่าไม่ได้ โดยให้โปรแกรมคำนวณตามเงื่อนไขข้อ 1 โดยกำหนดอัตราส่วนมวลเป็น 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70 และ 0.75 ตามลำดับ
4. กำหนดชนิดของระบบดาวคู่ หรือ โหมด(Mode) ซึ่งโปรแกรมมีข้อตกลงตามตารางที่ 4.4 กำหนดโหมดให้สอดคล้องกับระบบดาว
5. เลือกโปรแกรมรันชื่อไฟล์ wddc2007plot.exe โปรแกรมจะให้พิมพ์ชื่อเพิ่มข้อมูลขาเข้า เช่น File Name : q07s-0\_01\_1.tet หากโปรแกรมสามารถทำงานได้เมื่อเสร็จสิ้นการคำนวณบนจอจะแสดงกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์และกราฟที่ได้จากการสร้างของโปรแกรมปรากฏขึ้น ถ้าโปรแกรมไม่สามารถคำนวณได้จะมีข้อความปรากฏ เช่น Error Math Domain Error ให้ตรวจสอบความถูกต้องของโหมด หรือ Error Floating Overflow โดยตรวจสอบหรือปรับปรุงค่า input parameter แล้วจึงสั่งโปรแกรมให้ทำงานใหม่



ตารางที่ 4.4 แสดงโหมดการทำงานแต่ละการใช้งานในแต่ละโหมดของโปรแกรมวิลสัน-เดวินี

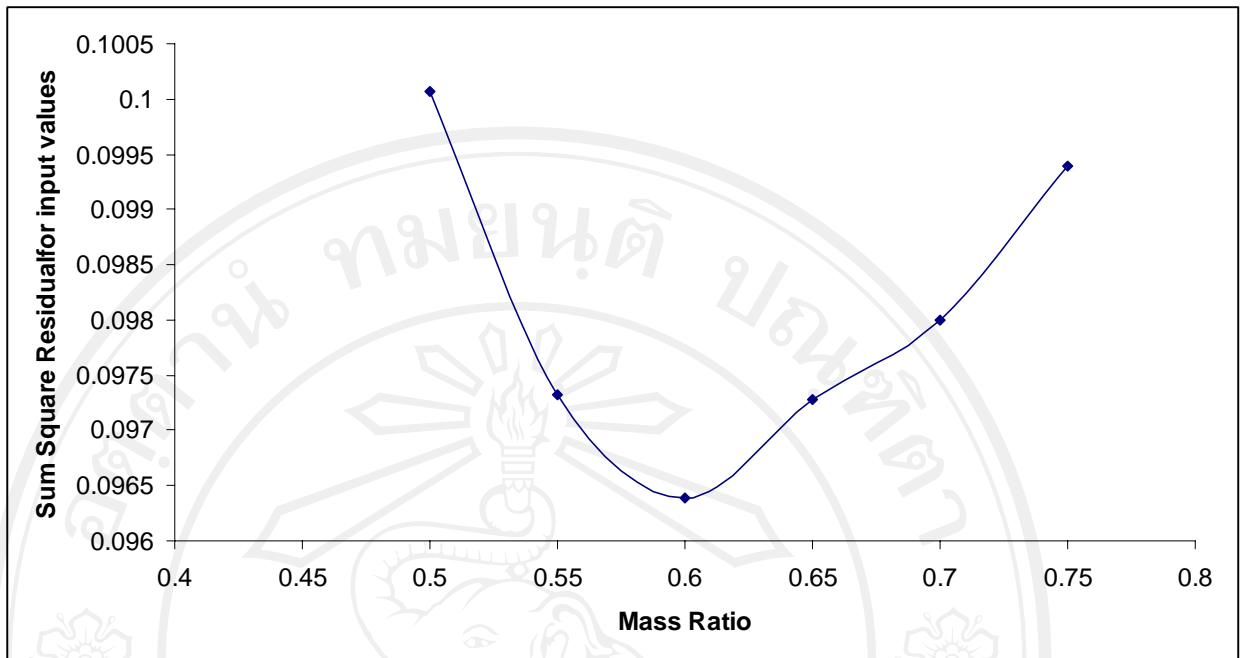
MODE	การใช้งาน	หมายเหตุ
-1	ดาวคู่เอกซ์เรย์(X-ray Binaries)	-
0	คำนวณ โดยมีเงื่อนไขอัตราส่วนของกำลังส่องสว่างจะไม่ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิผิว ซึ่งใกล้เคียงกับแบบจำลองของ Russell	-
1	เป็นดาวคู่แบบตะกั่วชนิด W UMa โดยที่พารามิเตอร์ $\Omega_{TgALx}$ และ $y$ ของดาวทุติยภูมิไม่สามารถปรับค่าได้	$\Omega_1 < \Omega_{in}$ $\Omega_2 < \Omega_{in}$ $\Omega_1 = \Omega_2$
2	ดาวคู่แบบแยกกัน ผิวดาวไม่เต็ม Inner Roche Lobe ทั้งสองดวง	$\Omega_1 > \Omega_{in}$ $\Omega_2 > \Omega_{in}$
3	ดาวคู่แบบตะกั่ว แต่อุณหภูมิดาวดวงที่ 2 สามารถปรับค่าได้ นั่นคือ ดาวทั้งสองมีความสว่างพื้นผิวต่างกัน	$\Omega_1 < \Omega_{in}$ $\Omega_2 < \Omega_{in}$
4	ดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน เมื่อดาวดวงที่ 1 เต็ม Inner Roche Lobe แต่ดาว ดวงที่ 2 ไม่เต็ม	$\Omega_1 = \Omega_{in}$ $\Omega_2 > \Omega_{in}$
5	ดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน เมื่อดาวดวงที่ 2 เต็ม Inner Roche Lobe แต่ดวงที่ 1 ไม่เต็ม ซึ่งเป็นดาวประเภทอัลกอล	$\Omega_1 > \Omega_{in}$ $\Omega_2 = \Omega_{in}$
6	ดาวคู่แบบตะกั่ว เมื่อดาวทั้ง 2 ดวงเต็ม Inner Roche Lobe แต่ให้ดาว ดวงใดดวงหนึ่งโคจรแบบ Non Synchronous	$\Omega_1 < \Omega_{in}$ $\Omega_2 < \Omega_{in}$ $\Omega_1 = \Omega_2$

6. เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จจะได้เพิ่มข้อมูลขาออก (Output File) ตามชื่อที่เราได้ตั้งไว้  
ในคำสั่งเพิ่มข้อมูลขาเข้า ภายในเพิ่มข้อมูลขาออกจะได้ค่า Parameter Corrections และ ค่า  
Probable Error ของพารามิเตอร์ที่ปรับค่าได้ทุกตัวให้บวกค่า Parameter Corrections กับพารามิเตอร์  
ทุกตัวที่ปรับค่าได้ในเพิ่มข้อมูลขาเข้า เพื่อเป็นพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณครั้งต่อไป ทำซ้ำตาม  
ขั้นตอนข้างต้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยมีเงื่อนไขว่าค่า Parameter Corrections  
ของชุดพารามิเตอร์ต้องมีค่าน้อยกว่าค่า Probable Error และค่า  $\Sigma_{input}$  กับ  $\Sigma_{predict}$  ต้องมีค่า  
ใกล้เคียงกัน

7. เปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดโดยเลือกใช้โหมด 5 ของแต่ละค่าอัตราส่วนมวล เลือกอัตราส่วนมวลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของ Parameter Corrections, Probable Error,  $\Sigma_{input}$  และ  $\Sigma_{predict}$  ดังข้อ 6 ตามตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนมวลที่ดีที่สุดคือ 0.60 จึงทำการคำนวณโดยให้อัตราส่วนมวลเป็นพารามิเตอร์ปรับค่าได้ โดยเปลี่ยนให้ KEEP = 0 ที่อัตราส่วนมวลเพื่อให้ได้อัตราส่วนมวลที่ละเอียดขึ้น ทำตามขั้นตอน 4 ถึง 6 อีกครั้ง เพื่อหาชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ชุดของค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับอัตราส่วนของมวลแต่ละค่า

q	MODE	i	T <sub>2</sub>	$\Omega_1$	L <sub>IV</sub>	L <sub>IR</sub>
0.50	5	80.08	4957	3.192770	11.458060	11.167800
Parameter Correction		-0.027689	0.000805	0.003682	-0.01039	-0.012493
Probable error		0.123992	0.005789	0.013503	0.046339	0.057126
		$\Sigma_{input}$	0.100074	$\Sigma_{predicted}$	0.100022	
0.55	5	79.04	4961	3.300767	11.381540	11.011680
Parameter Correction		0.013406	0.000293	0.000087	-0.000472	-0.001113
Probable error		0.113454	0.005625	0.013238	0.047410	0.05882
		$\Sigma_{input}$	0.097327	$\Sigma_{predicted}$	0.097311	
0.60	5	78.17	4990	3.416617	11.281860	10.877330
Parameter Correction		0.011217	-0.000121	-0.000893	0.001897	0.002467
Probable error		0.106278	0.005499	0.014032	0.050616	0.062785
		$\Sigma_{input}$	0.096394	$\Sigma_{predicted}$	0.096378	
0.65	5	77.41	5002	3.525465	11.197870	10.762540
Parameter Correction		0.00577	0.000327	0.002088	-0.004875	-0.0059230
Probable error		0.099989	0.005589	0.015592	0.055839	0.0690200
		$\Sigma_{input}$	0.097286	$\Sigma_{predicted}$	0.097260	
0.70	5	76.77	5025	3.636743	11.101470	10.631720
Parameter Correction		0.006275	0.000056	-0.000063	0.000055	0.000053
Probable error		0.097856	0.005481	0.016375	0.059142	0.072896
		$\Sigma_{input}$	0.097996	$\Sigma_{predicted}$	0.097991	
0.75	5	76.21	5047	3.74348	11.009060	10.505560
Parameter Correction		0.008646	0.000004	-0.000276	0.0006730	0.0009790
Probable error		0.097983	0.005509	0.017309	0.0638700	0.078251
		$\Sigma_{input}$	0.099399	$\Sigma_{predicted}$	0.099386	



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงอัตราส่วนมวล(Mass Ratio) กับค่า Sum Square Residual for input values( $\Sigma$ input)

ตารางที่ 4.6 ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด เมื่อกำหนดให้อัตราส่วนมวลมีค่าเปลี่ยนแปลงได้

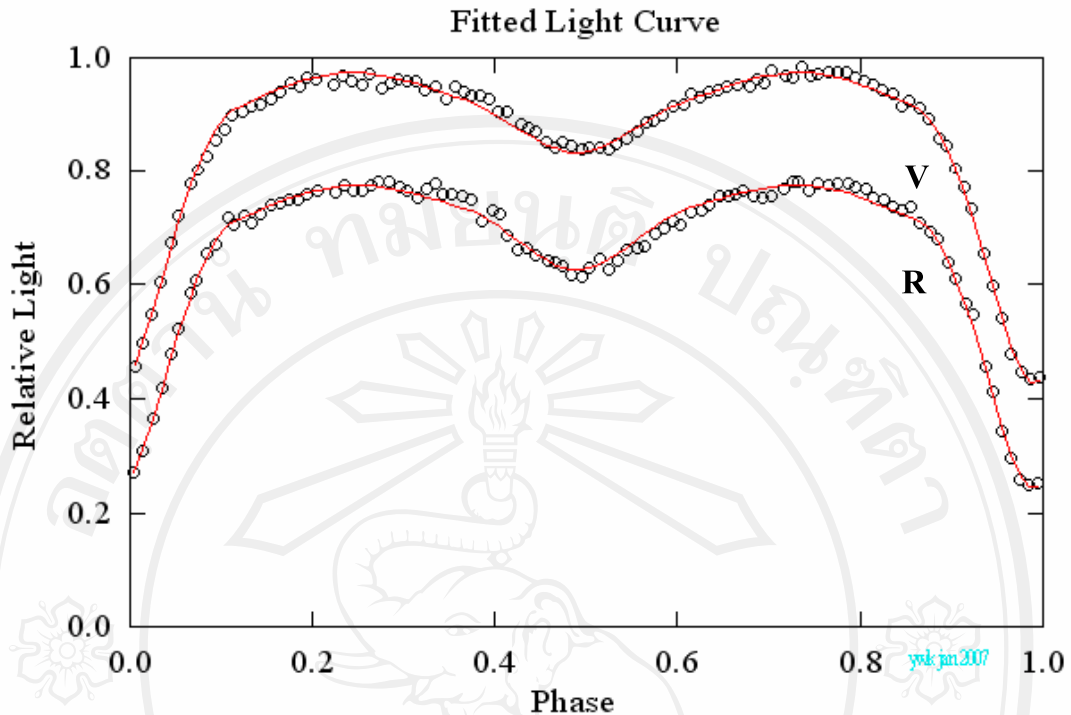
MODE	i	$T_2$	$\Omega_1$	q	$L_{IV}$	$L_{IR}$
5	78.12	4991	3.425519	0.603935	11.274710	10.867690
Parameter Correction	-0.076341	-0.000716	0.003526	0.002996	0.002838	0.003420
Probable error	0.218703	0.005566	0.020342	0.009827	0.051926	0.064386
	$\Sigma$ input	0.096514	$\Sigma$ predicted	0.096425		

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส โดยโปรแกรมวิลสัน - เดวินี่ดังแสดงในตารางที่ 4.6 แล้ว โปรแกรมยังทำการวิเคราะห์ข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวกับระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลเฉลยที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ในระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส จากโปรแกรม  
วิลสัน – เดวินนี่

พารามิเตอร์	ค่าตอบที่ดีที่สุด	
	ปฐมภูมิ	หุติยภูมิ
$q (= m_2/m_1)$	0.603935 $\pm$ 0.009827	
$i$ (degree)	78.12 $\pm$ 0.218703	
$T$ (K)	8530	4991 $\pm$ 0.005566
$\Omega$	3.425519 $\pm$ 0.020342	3.15
$\Omega_{in}$	3.15000	
$\Omega_{out}$	3.07065	
$L_{1V}/(L_{1V}+L_{2V})$	0.9474	
$L_{1R}/(L_{1R}+L_{2R})$	0.9154	
$A$	1	0.5
$g$	1	0.32
$r$ (pole)	0.350198 $\pm$ 0.120022	0.314754 $\pm$ 0.157005
$r$ (side)	0.363371 $\pm$ 0.139413	0.328956 $\pm$ 0.187428
$r$ (back)	0.378185 $\pm$ 0.163954	0.361166 $\pm$ 0.278521
Sum Square Residual for input values	0.096514	
Sum Square Residual predicted	0.096425	

จากชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่ได้จากโปรแกรม DC โปรแกรมจะสร้างข้อมูลกราฟแสง  
สังเคราะห์ เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์สำหรับความยาวคลื่นสีเหลือง และสี  
แดง ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟแสงสังเคราะห์(เส้นทึบ) กับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง(V) และสีแดง(R) จากโปรแกรมวิลสัน-เดวินนี่

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่ากราฟแสงสังเคราะห์ที่ได้มีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม DC จึงน่าจะเป็นพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ในอดีตมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยดั่งตารางที่ 4.8 พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย โดยมีค่าอัตราส่วนมวลน้อยลง ซึ่งบ่งบอกว่าระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส อาจมีการถ่ายเทมวลในระบบดาว

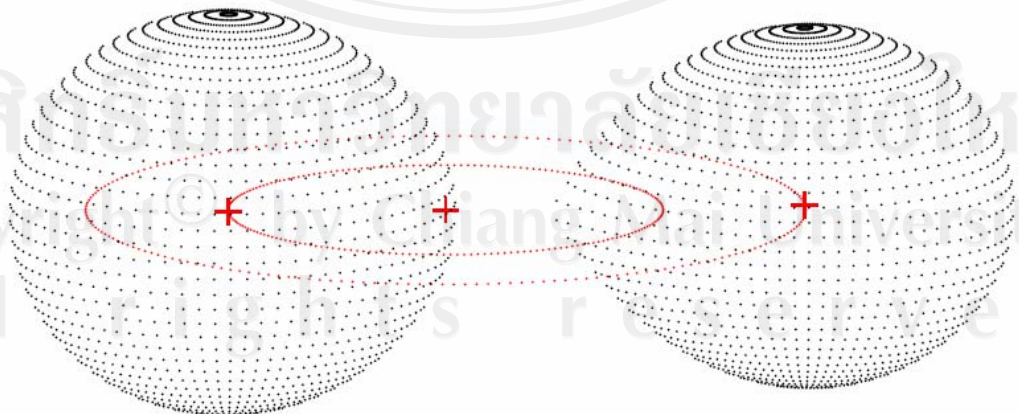
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม วิลสัน-เดวินี่ของ RONALD G. SAMEC (1998) กับ งานวิจัยนี้ (2008)

Parameters	RONALD G. SAMEC (1998)	งานวิจัยนี้ (2008)
$q (= m_2/m_1)$	0.648	0.604
$i(\text{degree})$	77.53	78.12
$T_2 (\text{K})$	4806	4991
$\Omega_1$	3.4709	3.4260
$L_{1V}/(L_{1V}+L_{2V})$	0.9266	0.9474
$r_{1,2}(\text{pole})$	0.3497, 0.3204	0.3502, 0.3148
$r_{1,2}(\text{side})$	0.3632, 0.3350	0.3634, 0.3290
$r_{1,2}(\text{back})$	0.3792, 0.3671	0.3782, 0.3612
$\sum r^2$ for input values	0.095488	0.096514

เมื่อนำข้อมูลจากชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่ได้จากโปรแกรม DC มาสร้างแบบจำลองลักษณะของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส ดังรูปที่ 4.18 และแบบจำลอง Surface Potential ดังรูปที่ 4.19 โดยใช้โปรแกรม Binary Maker 3.0

ดาวปฐมภูมิ

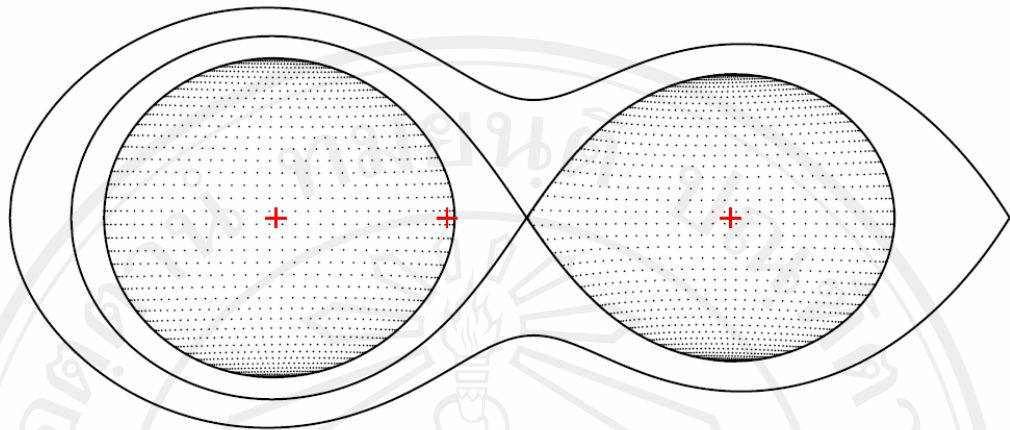
ดาวทุติยภูมิ



รูปที่ 4.18 แบบจำลองของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส จากโปรแกรม Binary Maker 3.0

ดาวปฐมภูมิ

ดาวทุติยภูมิ



รูปที่ 4.19 แบบจำลอง Surface Potential ของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส จากโปรแกรม Binary Maker 3.0

เมื่อพิจารณาแบบจำลองของระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส พบว่าจุดศูนย์กลางมวลอยู่บริเวณผิวดาวปฐมภูมิ ดาวปฐมภูมิมิขนาดใหญ่มากกว่าดาวทุติยภูมิเล็กน้อย ดาวทุติยภูมิมิขนาดเต็มผิวห่อหุ้มของโรซ ซึ่งอาจมีการถ่ายเทมวลจากดาวทุติยภูมิไปดาวปฐมภูมิ ลักษณะของดาวสมาชิกแต่ละดวงพบว่ามีลักษณะไม่เป็นทรงกลมอาจเกิดจากแรงไทดัลในระบบดาว และจากรูปที่ 4.19 จำแนกระบบดาวคู่ เอเค คานิส ไมนอริส เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน