

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานวิจัย

#### 4.1 ผลที่ได้จากแบบจำลองระบบขนส่งรถไฟฟ้า

##### 4.1.1 การตัดสินใจเลือก Model ต้นแบบที่เหมาะสมกับระบบขนส่งรถไฟฟ้า

สำหรับระบบขนส่งรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ผู้จัดทำโครงการวิจัยนี้ได้สร้าง Model ต้นแบบของระบบรถไฟฟ้ามีด้วยกัน 3 แบบหลักแต่แต่ละแบบแยกออกเป็น 4 แบบย่อยตามเส้นทางการเดินรถ คือ

4.1.1.1 Model สำหรับใช้วิเคราะห์ระบบรถไฟฟ้าในช่วงเช้า (8.00 – 9.00 น.) ซึ่งจำนวนคนขึ้นจะมาก จำนวนคนลงจะน้อย

4.1.1.2 Model สำหรับใช้วิเคราะห์ระบบรถไฟฟ้าในช่วงสาย – บ่ายตั้งแต่ (9.00–16.00น.) ซึ่งจำนวนคนขึ้นและคนลงจะมีจำนวนใกล้เคียงกัน

4.1.1.3 Model สำหรับใช้วิเคราะห์ระบบรถไฟฟ้าในช่วงเย็น (16.00 - 17.00 น.) จำนวนคนขึ้นจะมาก จำนวนคนลงจะน้อย

โดยลักษณะของตัว Model ทั้ง 3 แบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกัน แตกต่างกันตรงที่ข้อมูลที่ใส่เข้าไปในแต่ละช่วงเวลาของ Model มีลักษณะต่างกัน สำหรับตัวโมเดลที่ทางผู้จัดทำได้สร้างได้จัดทำอยู่ในรูปแบบไฟล์ .doe มีทั้งหมด 12 ไฟล์ใช้ชื่อดังต่อไปนี้

1. REC\_Model 1 .doe
2. YEC\_Model 1 .doe
3. BEC\_Model 1 .doe
4. GEC\_Model 1 .doe

สำหรับ 4 โมเดลแรกเป็นโมเดลที่ใช้ในช่วงเช้า (8.00 – 9.00 น)

5. REC\_Model 2 .doe
6. YEC\_Model 2 .doe
7. BEC\_Model 2 .doe
8. GEC\_Model 2 .doe

สำหรับโมเดลที่ 5 ถึง 8 เป็นโมเดลที่ใช้ตอนสาย – บ่าย (ตั้งแต่เวลา 9.00 – 16.00 น.)

9. REC\_Model 3 .doe
10. YEC\_Model 3 .doe
11. BEC\_Model 3 .doe
12. GEC\_Model 3 .doe

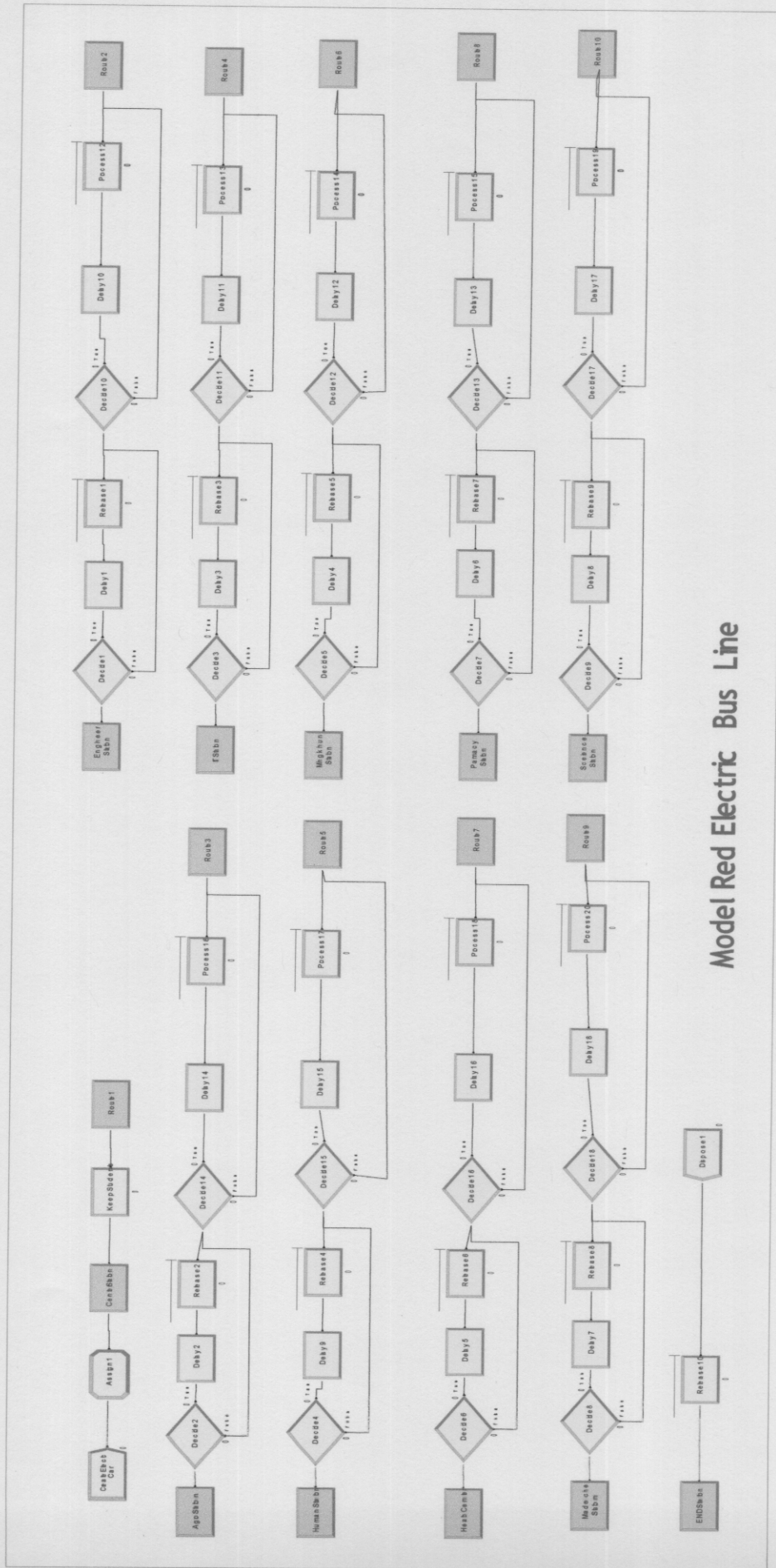
สำหรับโมเดล 9 ถึง 12 เป็นโมเดลที่ใช้ในตอนเย็น (16.00 – 17.00) ซึ่งเราใช้สัญลักษณ์ย่อของสายการเดินทางไฟฟ้ามาเขียนเป็นชื่อของไฟล์

## 4.2 รูปแบบของ Model แบบจำลองระบบขนส่งรถไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 ตารางการแสดงตัวย่อที่ใช้ในแบบจำลอง (Model) ของจุดจอดรถไฟฟ้า ตามจุดต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ลำดับ	สัญลักษณ์	สถานที่จริง
1	Center station	จุดจอดรถมอเตอร์ไซค์
2	Engineer station	จุดจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์
3	Agro station	จุดจอดรถคณะเกษตรศาสตร์
4	IT station	จุดจอดรถตึกเทคโนโลยี IT (CITCOMS)
5	Human station	จุดจอดรถคณะมนุษยศาสตร์
6	Mingkwan station	จุดจอดรถตึกมังขวัญ
7	Heath center station	จุดจอดรถศูนย์วิจัยสุขภาพ
8	Pamacy station	จุดจอดรถคณะเภสัชศาสตร์
9	Medicine station	จุดจอดรถคณะแพทยศาสตร์
10	Science station	จุดจอดรถคณะวิทยาศาสตร์
11	Nurse station	จุดจอดรถคณะพยาบาลศาสตร์
12	Heath science station	จุดจอดรถคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์
13	Library	จุดจอดรถหอสมุด

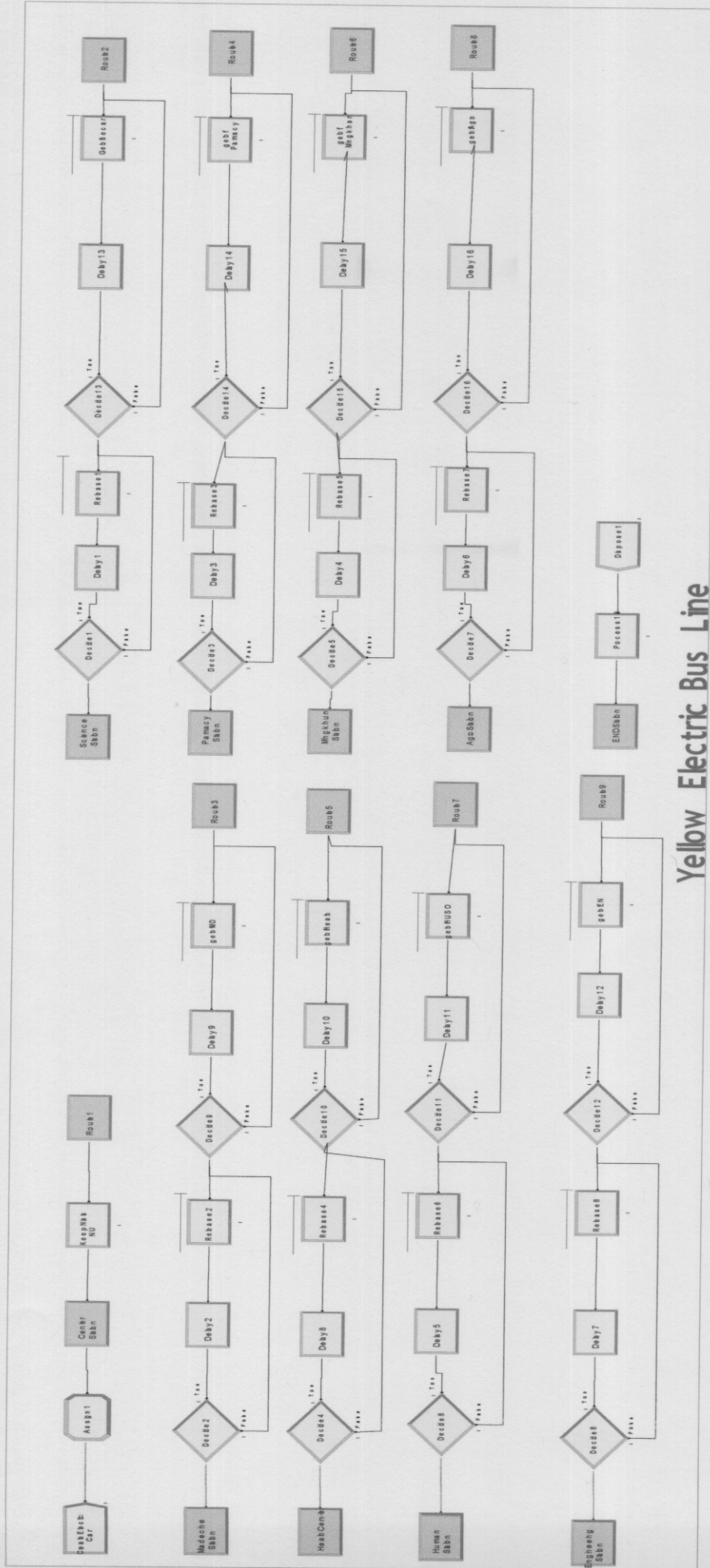
4.2.1 รูปแบบของ Model แบบจำลองของรถไฟฟาสายสีแดง



Model Red Electric Bus Line

รูปที่ 4.1 แสดง Model Red Electric Bus Line

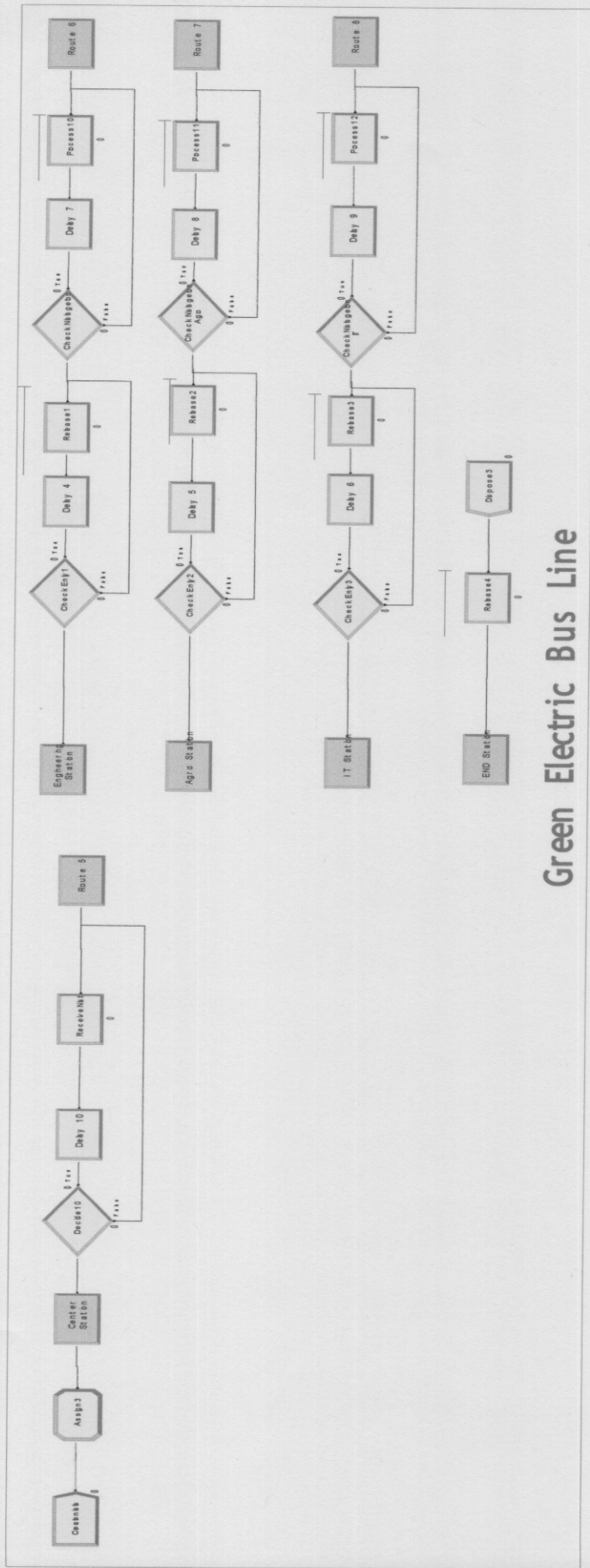
4.2.2 รูปแบบของ Model แบบจำลองของรถไฟฟ้าสายสีเหลือง



Yellow Electric Bus Line

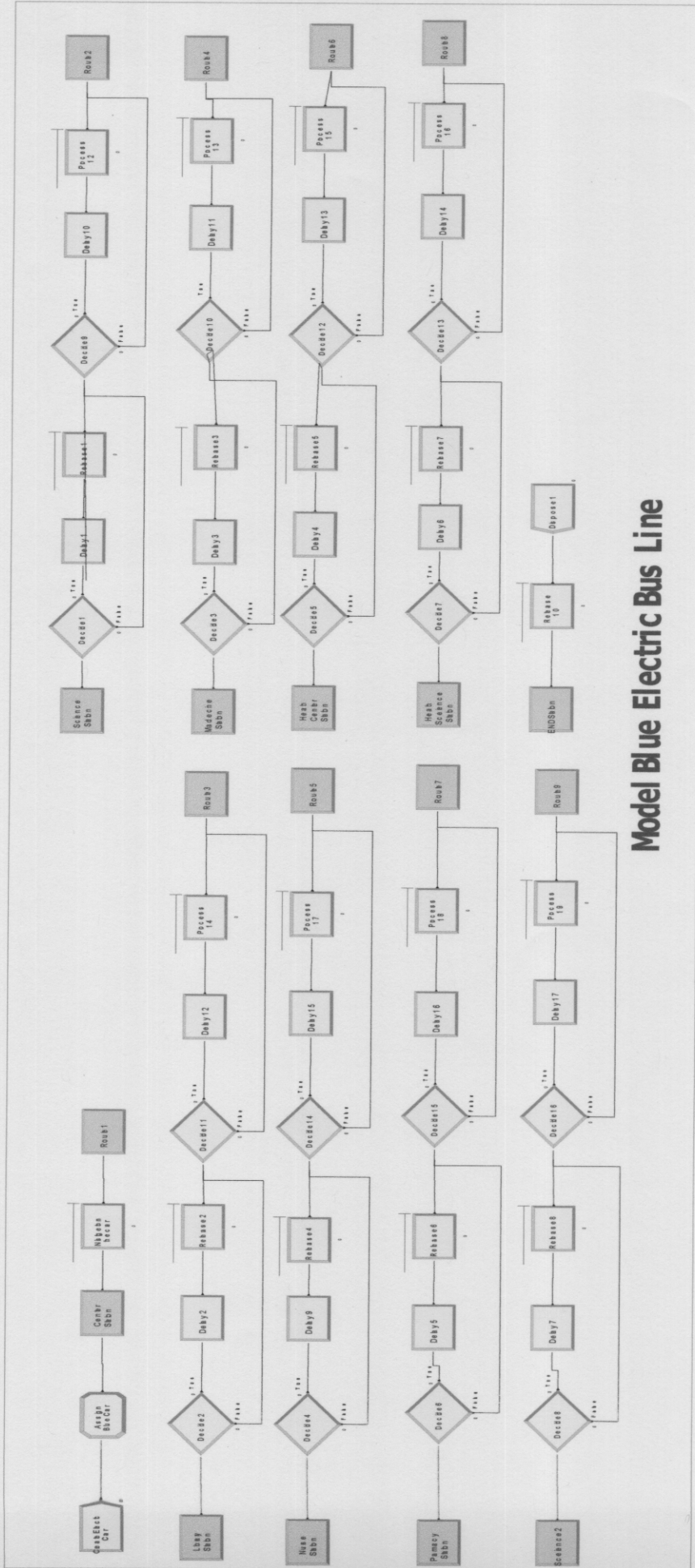
รูปที่ 4.2 แสดง Model Yellow Electric Bus Line

### 4.2.3 รูปแบบของ Model แบบจำลองของรถไฟฟาสายสีเขียว



รูปที่ 4.3 แสดง Model Green Electric Bus Line

#### 4.2.4 รูปแบบของ Model แบบจำลองของรถไฟฟ้าสายสีฟ้า



Model Blue Electric Bus Line

รูปที่ 4.4 แสดง Model Blue Electric Bus Line

### 4.3 การหาค่า Steady State Error

การทดลองการ Run ของแบบจำลองที่เราสร้างขึ้นทำให้เราได้ทราบถึงผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้เป็นบางส่วน แต่ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นอาจจะยังไม่ถูกต้องนัก เพราะผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้นั้นยังมีการแปรปรวนของข้อมูลอยู่ เราจึงต้องหาเวลาที่ทำให้ข้อมูลนั้นเข้าสู่ภาวะเสถียร (steady state) มากที่สุด ซึ่งจะได้ข้อมูลที่แน่นอนและถูกต้องกว่า

การหาค่า steady state นั้นเราจะต้องเริ่มบันทึกผลของการ Run โปรแกรมตั้งแต่ครั้งแรกแล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย แล้วจึงนำข้อมูลนั้นไปจัดทำเป็นกราฟเพื่อดูจำนวนชั่วโมงที่เริ่มเข้าสู่ภาวะเสถียรชั่วโมงที่เท่าไร สามารถสรุปค่าของชั่วโมงที่ทำการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรันโปรแกรมของสายสีแดง

ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
1	0	5.4301	10.3577	10.3577
2	1.8971	4.5385	10.2925	10.7276
3	1.8009	5.9757	10.3065	10.7503
4	1.7210	5.9759	10.3051	10.7503
5	1.6736	5.9757	10.2932	10.7503
6	1.5196	5.9757	10.2964	10.7503
7	1.6590	8.9941	10.3106	10.8230
8	1.8300	18.1585	10.3147	10.8230
9	1.7319	18.1585	10.3083	10.8230
10	1.6765	18.1585	10.3135	10.8230
11	1.6480	18.1585	10.3107	10.8230
12	1.6616	18.1585	10.3064	10.8230
ค่าเฉลี่ย	1.5682	11.1381	10.3096	10.7520

จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่ภาวะเสถียรของรถไฟฟ้าสายสีแดงคือที่ 8 ชั่วโมง และเราจะได้ทราบผลลัพธ์ของข้อมูลคือ เวลาที่นิสิตรอคอยรถไฟฟ้าเฉลี่ยคือ 1.83 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยของการเดินรถไฟฟ้าใน 1 รอบของสายสีแดง คือ 10.31 นาที

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรัน โปรแกรมของสายสีเหลือง

ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
1	0.8635	2.6790	9.4020	9.7490
2	2.6751	10.0609	9.5278	10.1930
3	2.1020	10.0609	9.4754	10.2775
4	1.9275	10.0609	9.4164	10.2775
5	1.7617	10.0609	9.4097	10.2775
6	1.6967	10.0609	9.3932	10.2775
7	1.5920	10.0609	9.3766	10.2775
8	1.5283	10.0609	9.3776	10.2775
9	1.4540	10.0609	9.3959	10.2775
10	1.3585	10.0609	9.3949	10.2775
11	1.4679	10.0609	9.3949	10.2775
12	1.6376	10.0609	9.4097	10.2775
ค่าเฉลี่ย	1.6720	9.2517	9.4145	10.2261

จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่ภาวะเสถียรของรถไฟฟ้าสายสีเหลืองคือที่ 8 ชั่วโมง และเราจะได้ทราบผลลัพธ์ของข้อมูลคือเวลาที่นิสิตรอคอยรถไฟฟ้าโดยเฉลี่ยคือ 1.6720 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยของการเดินรถไฟฟ้าใน 1 รอบของสายสีแดง คือ 9.4145 นาที

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรัน โปรแกรมของสายสีฟ้า

ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
1	0.0000	0.0000	12.7836	13.7537
2	1.0011	4.8195	12.5945	13.7537
3	3.3182	9.2828	12.4650	13.7537
4	4.2500	9.4626	12.4235	13.7537



ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรัน โปรแกรมของสายสีฟ้า

ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
5	3.3406	9.4626	12.3822	13.7535
6	4.0979	12.1609	12.3650	13.7537
7	6.6711	23.3608	12.4104	13.7537
8	8.9814	25.8360	12.4523	14.1510
9	10.8682	28.2216	12.4617	14.1516
10	12.0561	28.2216	12.4686	14.1510
11	13.3371	28.5959	12.4965	14.1510
12	13.4787	28.6954	12.5121	14.1510
ค่าเฉลี่ย	6.7833	17.3433	12.4546	13.9192

จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่ภาวะเสถียรของรถไฟฟาสายสีฟ้าคือที่ 8 ชั่วโมง และเราจะได้ทราบผลลัพธ์ของข้อมูลคือเวลาที่นิสิตรอคอยรถไฟฟาคือ 6.7833 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยของการเดินรถไฟฟาใน 1 รอบของสายสีแดง คือ 12.4546 นาที

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรัน โปรแกรมของสายสีเขียว

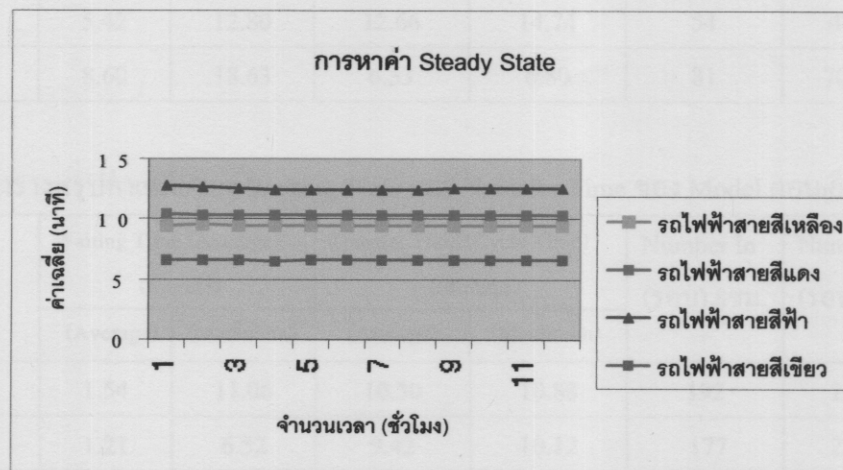
ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
1	7.5731	18.5524	6.5296	6.7665
2	9.5716	27.9823	6.5304	6.7655
3	9.9409	27.9823	6.5208	6.7655
4	9.8504	27.9823	6.5074	6.7655
5	9.0133	27.9823	6.5093	6.7655
6	8.5275	27.9823	6.5148	6.7675
7	8.5157	27.9823	6.5113	6.7675

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ตารางแสดงการหาค่าเฉลี่ยของ ของการรันโปรแกรมของสายสีเขียว

ผลการทดลอง ชั่วโมงที่	Waiting Time (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)	
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)
8	8.3777	27.9823	6.5097	6.7675
9	8.3797	27.9823	6.5144	6.7675
10	8.5980	27.9823	6.5187	6.7675
11	8.2143	27.9823	6.5189	6.7675
12	8.5782	27.9823	6.5219	6.7675
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	8.7617	27.1964	6.5173	6.7667

จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่ภาวะเสถียรของรถไฟฟ้าสายสีฟ้าคือที่ 8 ชั่วโมง และเราจะได้ทราบผลลัพธ์ของข้อมูลคือเวลาที่นิสิตรอคอยรถไฟฟ้าคือ 8.7617 นาที ระยะเวลาเฉลี่ยของการเดินรถไฟฟ้าใน 1 รอบของสายสีแดง คือ 6.5173 นาที

เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงต้องนำมาสร้างกราฟเพื่อตรวจดูว่าจำนวนชั่วโมงที่เท่าไรที่จะทำให้เข้าใกล้ภาวะเสถียรดังแสดงดังรูป



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการหาค่า Steady State Error

สรุปจากรูปที่ 4.6 ทำให้ทราบว่าค่าของการ Run ที่ทำให้กราฟเข้าใกล้ค่าคงที่ 8 ชั่วโมง ดังนั้นเราจึงใช้ค่าที่ 8 ชั่วโมงในการรันโปรแกรม

#### 4.4 ผลของการรันโปรแกรมที่ 8 ชั่วโมงของ Model ทั้ง 3 แบบ (เช้า , สาย – บ่าย , เย็น)

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของ Waiting Time และ Transfer Time ของ Model ตอนเช้า

Model Type (8:00 - 9:00น.)	Waiting Time (Average) (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)		Number In (รอบ) 8ชม.	Number In (รอบ) 1ชม.
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)		
Red Electric Bus Line	1.83	18.16	10.31	10.82	176	22.00
Yellow Electric Bus Line	1.53	10.53	9.45	10.54	174	21.75
Blue Electric Bus Line	8.98	25.83	12.49	13.55	46	5.75
Green Electric Bus Line	9.57	27.98	6.50	6.71	47	5.875

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของ Waiting Time และ Transfer Time ของ Model ตอนสาย-บ่าย

Model Type (9:00 - 16:00น.)	Waiting Time (Average) (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)		Number In (รอบ) 8ชม.	Number In (รอบ) 7ชม.
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)		
Red Electric Bus Line	0.42	4.75	10.29	10.72	81	70.875
Yellow Electric Bus Line	0.11	3.71	9.38	10.32	84	73.50
Blue Electric Bus Line	5.42	12.80	12.66	14.74	54	47.25
Green Electric Bus Line	8.60	18.63	6.53	6.80	81	70.875

ตารางที่ 4.8 ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของ Waiting Time และ Transfer Time ของ Model ตอนเย็น

Model Type (16:00 - 17:00น.)	Waiting Time (Average) (Minute)		Transfer Time (Cycle Time) (Minute)		Number In (รอบ) 8ชม.	Number In (รอบ) 1ชม.
	(Average)	(Maximum)	(Average)	(Maximum)		
Red Electric Bus Line	1.54	11.06	10.30	10.88	192	24.00
Yellow Electric Bus Line	1.21	6.52	9.42	10.12	177	22.15
Blue Electric Bus Line	7.9	15.36	12.57	14.38	51	6.375
Green Electric Bus Line	7.46	19.19	6.50	6.78	45	5.625

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าช่วงเช้าระยะเวลาการรอเฉลี่ย (Average waiting time) ของรถไฟฟ้าสายสีแดงและสายสีเหลืองจะประมาณ 2 นาทีแต่มีระยะเวลาการรอคอยสูงสุด (Maximum) ไม่เกิน 19 นาที ส่วนสายสีฟ้ากับสายสีเขียวจะมีเวลารอเฉลี่ย (Average waiting time) ประมาณ 9 นาทีแต่มีระยะเวลาการรอคอยสูงสุด (Maximum) ไม่เกิน 28 นาทีทั้งนี้เพราะจำนวนรถไฟฟ้าที่มี 5 คันน้อยกว่าสายสีแดงกับเหลืองที่มี 15 คัน ส่วนระยะเวลาการเดินรถของแต่ละสายในรอบ (Cycle time) ของสายสีแดงกับเหลืองจะเท่าๆ กันเพราะระยะทางเท่ากันสายสีฟ้าจะใช้เวลาเดินทางนานสุดเนื่องจากระยะทางไกลสุดสายสีเขียวระยะทางสั้นที่สุดทำให้ระยะเวลาการเดินรถสั้นที่สุด

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าช่วงเช้าระยะเวลาการรอเฉลี่ยของรถไฟฟ้า (Average waiting time) สายสีแดงและสายสีเหลืองจะประมาณ 0.5 นาทีแต่มีระยะเวลาการรอคอยสูงสุด (Maximum) ไม่เกิน 5 นาที ส่วนสายสีฟ้ากับสายสีเขียวจะมีเวลารอเฉลี่ย (Average waiting time) ประมาณ 7 นาทีแต่มีระยะเวลาการรอคอยสูงสุด (Maximum) ไม่เกิน 19 นาทีทั้งนี้เพราะจำนวนรถไฟฟ้าที่มี 5 คันน้อยกว่าสายสีแดงกับเหลืองที่มี 15 คันปริมาณความต้องการใช้รถแต่ละสาย

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าช่วงเช้าระยะเวลาการรอเฉลี่ย (Average waiting time) ของรถไฟฟ้าสายสีแดงและสายสีเหลืองจะประมาณ 1.5 นาทีแต่มีระยะเวลาการรอคอยสูงสุด (Maximum) ไม่เกิน 12 นาที ส่วนสายสีฟ้ากับสายสีเขียวจะมีเวลารอเฉลี่ย (Average waiting time) ประมาณ 7.5 นาทีแต่ไม่เกิน 20 นาทีทั้งนี้เพราะจำนวนรถไฟฟ้าที่มี 5 คันน้อยกว่าสายสีแดงกับเหลืองที่มี 15 คันปริมาณความต้องการใช้รถแต่ละสาย

จากทั้ง 3 ตารางจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเดินรถแต่ละรอบจะเท่าๆ กันแตกต่างกันก็เพียงจำนวนคนขึ้นลงเท่านั้นและระยะเวลาการรอรถตอนเช้ากับเย็นจะมีมากกว่าตอนกลางวันเพราะมีความต้องการใช้รถไฟฟ้ามีมากทำให้รอบของการเดินรถไฟฟ้าช่วงเช้ากับเย็นจะมีมากกว่าช่วงสายบ่าย ทำให้สามารถคำนวณหาจำนวนนิสิตที่ใช้รถไฟฟ้าในแต่ละวันได้โดย

ช่วงเช้า จำนวนรอบใน 1 ชม.  $22+21.75+5.75+5.875 = 55.375$  คิดเป็นจำนวน 55 รอบมาคูณกับค่าเฉลี่ยของคนขึ้นรถตอนเช้า คือ 12 คน  $55 \times 12 = 660$  คน

ช่วงสาย-บ่าย จำนวนรอบใน 1 ชม.  $70.875+73.5+47.25+70.875 = 262.5$  คิดเป็นจำนวน 263 รอบ มาคูณกับค่าเฉลี่ยของคนขึ้นรถตอนเช้า คือ 6 คน  $263 \times 6 = 1578$  คน

ช่วงเย็น จำนวนรอบใน 1 ชม.  $24+22.15+6.375+5.625 = 58.15$  คิดเป็นจำนวน 58 รอบมาคูณกับค่าเฉลี่ยของคนขึ้นรถตอนเช้า คือ 12 คน  $58 \times 12 = 696$  คน

ดังนั้นช่วงเวลา 8:00 - 17:00น.มีคนใช้บริการรถไฟฟ้า  $660+1578+696 = 2934$  คน