

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลจากการจำลองแบบระบบแถวคอย

จากบทที่ 3 ที่ผ่านมาได้ทำการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาใช้ในการจำลองแบบ ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทางการเดินลงทะเลเป็ยน , ข้อมูลการเช่ามารับบริการและข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการ

ส่วนบทที่ 4 นี้เป็นการนำเอาเทคนิคการจำลองแบบมาช่วยในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในปัจจุบันโดยจะศึกษาค่าลักษณะการดำเนินงาน อันได้แก่ จำนวนคนคอยเฉลี่ยในแถวคอย , เวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย , จำนวนคนในระบบคอยเฉลี่ย , เวลาในระบบคอยเฉลี่ย เป็นต้น

นอกจากนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงระบบโดยจะทำการศึกษาเปลี่ยนแปลง 2 อย่างคือ

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ (ช่องทางการให้บริการ)
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการสลับขั้นตอนของการลงทะเลเป็ยน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงวิธีอื่นๆ เช่นการยุบขั้นตอนบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน การคัดบางขั้นตอนของการให้บริการออกนั้น ผู้วิจัยพบว่าไม่เหมาะสมที่จะทำการศึกษา เช่นการยุบขั้นตอนบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ทั้ง 2 ขั้นตอนนี้มีลักษณะงานคนละลักษณะงานถ้ายุบรวมกันจะทำให้งานนั้นยุ่งไปทั้งระบบ ในขั้นตอนอื่นๆ ก็จะมีลักษณะทำนองเดียวกันนี้

4.1 การนำ GPSS มาใช้ในการจำลองแบบระบบแถวคอยของการลงทะเบียนวิชาเรียน

GPSS ย่อมาจาก **General Purpose Simulation System** GPSS เป็นทั้งภาษาและโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ในการทำงานของโปรแกรม GPSS จะประกอบด้วย block หลากหลายอันมารวมกัน block แต่ละ block จะแสดงถึงการกระทำ (activities) ต่างๆ การนำ block แต่ละอันมาใช้ขึ้นกับความเหมาะสมของงานนั้นๆ GPSS ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็น GPSS 1100 block type ที่ใช้ในงานนี้มี 6 ชนิดคือ **GENERATE block** , **QUEUE block** , **ENTER block** , **ADVANCE block** , **LEAVE block** และ **TERMINATE block** ซึ่งได้สรุปไว้ในภาคผนวก ค

จาก block type ทั้ง 6 ชนิดนำมาประกอบกันเป็น block diagram แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้เป็นชื่อ (Name) ในการจำลองแบบโดยโปรแกรม GPSS 1100

- FUNCTION NAME

- EXPON ชื่อของฟังก์ชัน เอกซ์โปเนนเชียล
- FN1 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 1
- FN2 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 2
- FN3 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 3
- FN4 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 4
- FN5 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 5
- FN6 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นคอนท์ 6

- FN7 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 7
- FN8 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 8
- FN9 ชื่อของฟังก์ชันของเวลาการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 9

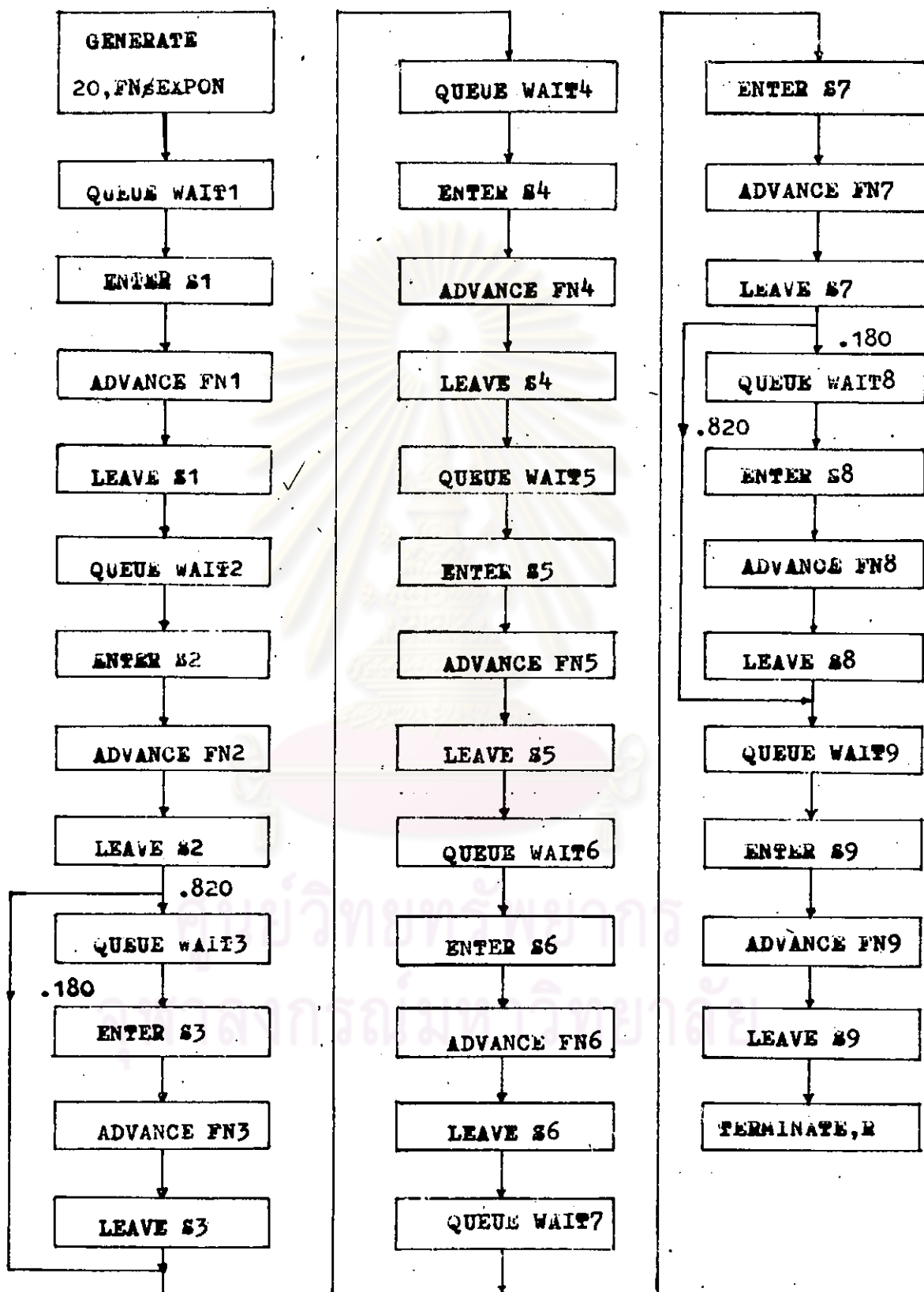
- STORAGE สถานีบริการมี 9 สถานีมีชื่อดังนี้

- | | | | |
|----|----------------------|----|----------------------|
| S1 | ชื่อสถานีบริการที่ 1 | S6 | ชื่อสถานีบริการที่ 6 |
| S2 | ชื่อสถานีบริการที่ 2 | S7 | ชื่อสถานีบริการที่ 7 |
| S3 | ชื่อสถานีบริการที่ 3 | S8 | ชื่อสถานีบริการที่ 8 |
| S4 | ชื่อสถานีบริการที่ 4 | S9 | ชื่อสถานีบริการที่ 9 |
| S5 | ชื่อสถานีบริการที่ 5 | | |

- QUEUE มี 9 สถานีบริการจึงตั้งชื่อแถวคอย 9 ชื่อ ดังต่อไปนี้

- | | |
|-------|-------------------------------|
| WAIT1 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 1 |
| WAIT2 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 2 |
| WAIT3 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 3 |
| WAIT4 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 4 |
| WAIT5 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 5 |
| WAIT6 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 6 |
| WAIT7 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 7 |
| WAIT8 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 8 |
| WAIT9 | ชื่อแถวคอยของสถานีบริการที่ 9 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่ 4.1 แสดง Flowchart ของระบบการจำลองแบบระบบการลงทะเบียน

4.2 การวิเคราะห์ผลจากการจำลองแบบระบบการลงทะเบียนวิชาเรียน

ในปัจจุบัน

รูปแบบการเข้ามารับบริการยังหน่วยบริการและเวลาที่ใช้ในการให้บริการ ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 3 ที่ผ่านมา พบว่าอัตราการเข้ามารับบริการลงทะเบียนวิชาเรียนมีรูปแบบการแจกแจงแบบปัวซองของควยอัตราเฉลี่ย 3 คน/นาที (20 วินาที/คน) ส่วนเวลาที่ใช้ในการให้บริการมีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ (Normal) ที่ขั้นตอนที่ 7,9 ส่วนขั้นตอนอื่นๆนั้นไม่เข้ารูปแบบที่รู้จักกันทั่วไป เช่น แบบปัวซอง, เอกซ์โปเนนเชียล, แบบแกมมา และแบบปกติ เป็นต้น และมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการตามลำดับดังต่อไปนี้ 13.60 วินาที/คน, 17.785 วินาที/คน, 33.03 วินาที/คน, 25.545 วินาที/คน, 23.65 วินาที/คน, 24.874 วินาที/คน, 35.702 วินาที/คน, 23.15 วินาที/คน, 26.166 วินาที/คน

ในโปรแกรม GPSS 1100 มีฟังก์ชันสำหรับผลิตเลขสุ่ม 2 แบบคือ แบบมาตรฐาน (Simulator-defined Function) และฟังก์ชันที่สร้างขึ้นเอง (Analyst-defined Function) สำหรับแบบมาตรฐานซึ่งกำหนดการผลิตเลขสุ่มไว้แล้วโดยผู้ใช้เพียงระบุค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดและใช้คู่ลำดับที่เหมาะสม ซึ่งจะพบได้ในโปรแกรมคำสั่ง GPSS ตรงส่วน Data definition statement ฟังก์ชันสำหรับผลิตเลขสุ่มมาตรฐานมีอยู่ 3 ฟังก์ชันคือแบบสม่ำเสมอ (Uniform), แบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) และแบบปกติ (Normal) ส่วนการกระจายนอกเหนือจากนี้ผู้ใช้สามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นเพื่อทำการผลิตเลขสุ่ม (Analyst-defined Function) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เวลาที่ใช้ในการให้บริการผู้วิจัยได้ใช้วิธีสร้างฟังก์ชันผลิตเลขสุ่ม ทั้ง 9 ขั้นตอนของเวลาการให้บริการ

การสร้างฟังก์ชันผลิตเลขสุ่มนี้จะทำได้โดยการทำการคำนวณค่าความน่าจะเป็นและค่าความน่าจะเป็นสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ในการให้บริการลงทะเบียนเรียน โดยสร้างจากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมมาซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการหาความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 1

(1) เวลาการให้บริการ (วินาที)	(2) ความถี่	(3) ความน่าจะเป็น	(4) ความน่าจะเป็นสะสม
0 - 10	380	.46228	.46228
10 - 20	312	.37956	.84185
20 - 30	69	.08391	.92579
30 - 40	31	.03771	.96350
40 - 50	11	.01338	.97688
50 - 60	9	.01095	.98783
60 - 70	0	.00000	.98783
70 - 80	6	.00729	.99513
80 - 90	3	.00365	.99878
มากกว่า 90	1	.00121	1.00000

จากตารางนี้จะนำค่าในสคัมภ์ (Column) ที่ 1 และสคัมภ์ที่ 4 มาสร้างฟังก์ชัน (รายละเอียดจะพบได้ในหนังสือ SIMULATION USING GPSS และ MANUAL GPSS 1100)

ในทำนองเดียวกันในชั้นตอนที่ 2 ถึงชั้นตอนที่ 9 ก็จะทำการสร้างฟังก์ชันผลิตเลขสุ่มด้วยวิธีเดียวกันนี้

วิธีการที่คอมพิวเตอร์จะทำการผลิตเลขสุ่มจากฟังก์ชันที่กำหนดขึ้นคือ ครั้งแรกจะทำการคำนวณตัวแปรอิสระขึ้นก่อนซึ่งในที่นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - .9999 จากค่าความน่าจะเป็นสะสมนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการประมาณค่าเวลาที่ใช้ในการให้บริการขึ้นซึ่งจะเป็นตัวแปรตามที่น่ามาใช้ในการจำลองแบบปัญหา ตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 4.1 สมมติค่าตัวแปรอิสระมามีค่าเท่ากับ 0.560 ค่านี้จะตกอยู่ในช่วงเวลา 10 - 20 วินาที เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะทำการประมาณค่าที่อยู่ในช่วงนี้โดยวิธีที่เรียกว่า " **Linear Interpolation** " ซึ่งพบรายละเอียดได้ในหนังสือ **Manual GPSS 1100** จากนั้นก็จะนำเอาค่าที่ได้ไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาต่อไป

สำหรับโปรแกรม GPSS 1100 ที่ใช้สำหรับจำลองแบบปัญหานี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม GPSS 1100 นี้จะให้ค่าลักษณะการดำเนินงานต่างๆ ซึ่งในการคำนวณครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีจำนวนนิสิตยานระบบเป็นจำนวน 3030 คน มีอัตราการเข้ามารับบริการด้วยอัตราเฉลี่ย 20 วินาที/คน (3 นาที/คน)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบที่ทำการคำนวณโดยโปรแกรม GPSS 1100 ด้วยอัตราดังกล่าวจะแสดงค่าลักษณะการดำเนินงานในตารางที่ 4.2 - ตารางที่ 4.8 ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการแต่ละขั้นตอน (วินาที)

ครั้งที่ ขั้นตอน	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	15.97	15.87	15.47	14.28	15.78	15.66
2	18.86	18.37	18.58	18.16	18.00	18.39
3	31.14	31.38	31.83	30.93	31.62	31.38
4	27.62	27.25	27.41	27.03	27.19	27.23
5	23.93	24.24	23.98	24.09	24.13	24.07
6	26.18	26.06	26.11	26.06	26.17	26.12
7	36.38	36.56	36.18	36.50	36.26	36.38
8	25.79	25.37	25.35	25.13	25.15	25.36
9	25.92	25.95	25.59	25.85	25.84	25.83

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยในขั้นตอนที่ 7 ใช้เวลาในการให้บริการนานกว่าทุกขั้นตอนซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.38 วินาที รองลงมาเป็นขั้นตอนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.38 วินาทีและขั้นตอนที่ใช้เวลาการให้บริการค่าสุดคือขั้นตอนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 15.66 วินาที

ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการจากตารางที่ 4.2 นี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยที่เก็บมาจากข้อมูลจริง (จากบทที่ 3 ในหัวข้อ 3.3.2 ที่นำมา) จะพบว่ามีค่าสอดคล้องกันคือเวลาที่ใช้ในการให้บริการนานที่สุดคือขั้นตอนที่ 7 และเวลาที่ใช้ในการให้บริการค่าสุดคือขั้นตอนที่ 1 ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ได้จากข้อมูลที่จำลองขึ้นกับข้อมูลที่เก็บมาจริง (วินาที)

ขั้นตอน	1	2	3	4
ระบบที่จำลองขึ้น	15.666	18.394	31.38	27.228
ข้อมูลจริง	13.60097	17.735	33.03	25.5456
ผลต่าง	2.065	0.609	-1.65	1.682
เปอร์เซ็นต์	15.182%	3.424%	4.995%	6.586%

ตารางที่ 4.3 ต่อ

5	6	7	8	9
24.074	26.116	36.376	25.358	25.83
23.6545	24.874	35.7027	23.15	26.166
0.4195	1.242	0.673	2.208	- 0.3367
1.773%	4.99%	1.886%	9.537%	1.2867%

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าผลต่างของเวลาที่ใช้ในการจะมีทั้งเครื่องหมาย - และ + ซึ่งหมายถึง + ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการจากระบบที่จำลองขึ้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ได้จากข้อมูลจริง (ส่วน - ก็จะต้องกันข้ามกับค่า +)

ผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.3 จะได้ว่าขั้นตอนที่ 1 ค่าเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองแบบนั้นมีความแตกต่างจากค่าเวลาที่ใช้ในการ



ให้บริการโดยเฉลี่ยที่ได้จากขอมูลจริงมีความแตกต่างกัน 15.182% ส่วนชั้นคอนอื่น ๆ นั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ย (Average Utilization)

ครั้งที่ ชั้นคอน	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	.2660	.2647	.2576	.2548	.2625	.2612
2	.4710	.4596	.4645	.4542	.4505	.4599
3	.4260	.4334	.4347	.4191	.4305	.4287
4	.4538	.4543	.4568	.4506	.4533	.4538
5	.5973	.6067	.5998	.6026	.6034	.6019
6	.6530	.6524	.6525	.6521	.6544	.6528
7	.6047	.6101	.6029	.6089	.6050	.6063
8	.0753	.0757	.0770	.0685	.0775	.0748
9	.4304	.4331	.4240	.4308	.4310	.4303

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า Average utilization หรือเจ้าหน้าที่ถูกใช้งานโดยเฉลี่ยในชั้นคอนที่ 6 มีการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่สูงสุดมีค่าเท่ากับ 65.28% ส่วนในชั้นคอนที่ 8 มีการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่ (เจ้าหน้าที่ทำงาน) น้อยกว่าทุกชั้นคอนมีค่าเท่ากับ 7.48% ซึ่งในชั้นคอนที่ 8 นี้มีนิสิตมาใช้บริการน้อยมากตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทาง การเกิดลงทะเล เบี่ยงวิชาเรียน (มีจำนวน 18% ของนิสิตทั้งหมด) ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจะว่างในบางช่วงซึ่งสอดคล้องกับค่าตอบที่ได้มาจากการจำลองแบบ (Simulation)

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย

(วินาที)

ชั้นตอน ครั้งที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	0.00	6.00	12.50	4.00	0.00	4.50
2	7.05	7.31	8.82	7.55	6.07	7.36
3	9.25	9.22	6.97	8.30	8.27	8.402
4	7.35	6.94	6.94	7.23	7.28	7.148
5	9.47	9.74	10.01	9.25	9.51	9.596
6	8.91	9.26	8.49	9.09	9.00	8.95
7	6.98	6.55	6.59	5.42	6.60	6.428
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	5.83	6.00	6.27	6.15	6.01	6.052

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคอยของนิสิตแต่ละคนในชั้นตอนที่ 5 มีค่าสูงกว่าชั้นตอนอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 9.596 วินาที และรองลงมาคือชั้นตอนที่ 6 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในการคอยเท่ากับ 8.95 วินาที ส่วนที่ชั้นตอนที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคอยน้อยกว่าทุกชั้นตอนมีค่าเท่ากับ 0.00 วินาที ซึ่งตรงกับความเป็นจริงตามที่ผู้วิจัยไปสังเกตมา

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอย

ครั้งที่ ชั้นตอน	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.02	.02	.03	.02	.01	.02
3	.01	.01	.01	.01	.01	.01
4	.02	.02	.02	.02	.02	.02
5	.12	.13	.13	.12	.12	.124
6	.11	.12	.11	.11	.11	.112
7	.04	.03	.03	.03	.04	.034
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.01	.01	.01	.01	.01	.01

จากตารางที่ 4.6 นี้จะพบว่าจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอย ในชั้นตอน
ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยมีค่าสูงกว่าชั้นตอนอื่นๆ มีค่าเท่า-
กับ .124 คน ส่วนที่มีค่ารองลงมาก็คือชั้นตอนที่ 6 มีค่าเท่ากับ .112 คน และ
ในชั้นตอนที่ 1, 8 มีจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.00 คน ซึ่ง
ตรงกับความเป็นจริงที่ชั้นตอนที่ 8 นี้ไม่มีการคอยเลย ส่วนที่ชั้นตอนที่ 1 นั้นที่คำนวณ
ได้ว่าจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยเท่ากับ 0.00 นั้นไม่สอดคล้องเท่าใดนัก (เป็น
บางช่วงเวลาเท่านั้น)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเวลาในระบบโดยเฉลี่ย

(วินาที)

ชั้นตอน \ ครั้งที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	15.97	21.87	27.97	19.28	15.47	20.112
2	25.92	25.68	27.40	25.71	24.07	25.756
3	40.40	40.60	38.80	39.23	39.89	39.784
4	34.61	34.19	34.35	34.26	34.47	34.376
5	33.40	33.98	33.99	33.34	33.64	33.67
6	35.09	35.32	34.60	35.09	35.17	35.054
7	43.36	43.11	42.77	41.92	42.86	42.804
8	25.79	25.37	25.35	25.13	25.15	25.358
9	31.75	31.95	31.86	32.00	31.85	31.882

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าเวลาที่ใช้ในระบบโดยเฉลี่ย (คัดจากเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยร่วมกับเวลาที่ใช้ในหน่วยบริการ) ที่ชั้นตอนที่ 7 มีค่าเฉลี่ยของเวลาในระบบสูงกว่าชั้นตอนอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 42.804 วินาที ส่วนชั้นตอนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเวลาในระบบต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 20.112 วินาที ซึ่งทั้งสองชั้นตอนนี้มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงโดยชั้นตอนที่ 1 เป็นชั้นคนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบเอกสารการทำงานจึงเร็วกว่าชั้นตอนอื่น (ซึ่งจะพบได้ในตารางที่ 4.2) ส่วนชั้นตอนที่ 7 เป็นชั้นคนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเขียนใบเสร็จรับเงินซึ่งจะใช้เวลาในการให้บริการนานกว่าทุกชั้นตอน (ตามตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนนิสิตในระบบโคยเฉลี่ย (L_c) ในแต่ละชั้นตอน

ชั้นตอน \ ครั้งที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
1	.80	.79	.77	.76	.79	.782
2	.96	.94	.96	.93	.91	.94
3	1.29	1.31	1.31	1.27	1.30	1.296
4	1.38	1.38	1.39	1.37	1.38	1.38
5	1.31	1.34	1.33	1.33	1.33	1.328
6	1.42	1.42	1.42	1.41	1.42	1.418
7	1.85	1.86	1.84	1.86	1.86	1.854
8	.23	.23	.23	.21	.23	.226
9	1.30	1.31	1.29	1.30	1.30	1.30

จากตารางที่ 4.8 นี้เป็นจำนวนนิสิตในระบบโคยเฉลี่ย (คัดจากจำนวนนิสิตในแถวคอยโคยเฉลี่ยร่วมกับจำนวนนิสิตโคยเฉลี่ยในหน่วยบริการ) ในชั้นตอนที่ 7 มีจำนวนนิสิตในระบบโคยเฉลี่ยสูงกว่าทุกชั้นตอนมีค่าเท่ากับ 1.854 และชั้นตอนที่ 8 มีจำนวนนิสิตในระบบโคยเฉลี่ยต่ำกว่าชั้นตอนอื่นมีค่าเท่ากับ 0.226 ซึ่งตรงกับความเป็นจริงจะสังเกตได้จากตารางที่ 4.6 ในชั้นตอนที่ 8 มีจำนวนนิสิตที่อยู่ในแถวคอยโคยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.00 และจำนวนคนโคยเฉลี่ยในหน่วยบริการก็จะน้อยเนื่องจากมีนิสิตเข้าสู่ชั้นตอนที่ 8 นี้น้อยกว่า

4.3 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียน เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ (ช่องทางการให้บริการ)

จากหัวข้อ 4.2 ที่ผ่านมาได้นำเอาค่าตอบที่ได้มาจากเทคนิคการจำลองแบบมาช่วยในการพิจารณาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ โดยผู้วิจัยพิจารณาจากค่าลักษณะการดำเนินงาน 3 ค่า คือ การไชประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ย , จำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอย , เวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย (จากตารางที่ 4.4, 4.5, 4.6 ตามลำดับ) ทั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวความคิดในการที่จะให้แต่ละชั้นตอนมีค่าลักษณะการดำเนินงานทั้ง 3 ค่านี้มีค่าลดลงกว่าเดิม

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาก็คือจะดูว่าค่าลักษณะการดำเนินงานทั้ง 3 ค่า มีชั้นตอนใดที่มีค่าที่ลดลงจ้องกันในขณะที่ว่ามี การไชประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ย, จำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอย, เวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย มีค่าทั้ง 3 สูงกว่าทุกชั้นตอน ผลปรากฏว่าชั้นตอนที่ 5 และ 6 มีความคล่องจ้องกันใน 3 ลักษณะนี้ ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการจะทำการเปลี่ยนแปลงเฉพาะชั้นตอนที่ 5 กับ 6 เท่านั้น ส่วนชั้นตอนอื่นๆ จำนวนคงเดิม เซ็ทของการเปลี่ยนแปลงจะเขียนเป็นรูปแบบ $\{ (3, 2, 3, 3, 2, 2, 3, 3, 3, 3), (3, 2, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3) \dots \dots \dots, 6 \text{ ชุด} \}$ ตรงที่ขีดเส้นใต้หมายถึงชั้นตอนที่ 5 และ 6 วงเล็บแรกคือระบบปัจจุบันและถัดมาก็เป็นวงเล็บของระบบการเปลี่ยนแปลง เพื่อความกระชับรัดคในการเขียนรูปแบบผู้วิจัยได้นำมาเขียนเป็นคู่ลำดับ (Order Pair); (x_i , y_i) โดยที่ $x_i =$ จำนวนเจ้าหน้าที่ชั้นตอนที่ 5 , $y_i =$ จำนวนเจ้าหน้าที่ที่ชั้นตอนที่ 6 จากวงเล็บข้างบนนำมาเขียนเป็นเซ็ท $\{ (2, 2), (3, 2), (3, 3), (3, 4), (4, 3), (4, 4) \}$ ตัวอย่างของคู่ลำดับเช่น $(3, 2)$ หมายถึงทำการเปลี่ยนแปลงที่ชั้นตอนที่ 5 โดยเพิ่มเจ้าหน้าที่ชั้นอีก 1 คน ส่วนชั้นตอนที่ 6 เจ้าหน้าที่เท่ากับ 2 คนคงเดิม (ระบบปัจจุบันมีเจ้าหน้าที่ที่ชั้นตอน 5, 6 ชั้นตอนละ 2 คน) , คู่ลำดับ $(4, 4)$ หมายถึง

ทั้ง 2 ชั้นตอนเพิ่มเจ้าหน้าที่ชั้นตอนละ 2 คน

จากเชื้อของการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่ใน 2 ชั้นตอนเพิ่มขึ้นชั้นตอนละ 2 คน (สูงสุด) เนื่องจากว่าเป็นจำนวนที่ค่าค่าสูงมากพอที่จะเป็นไปได้ในการปรับปรุงระบบ

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ให้บริการ (จำนวนช่องทางการให้บริการ) จะมีอัตราการเข้ามารับบริการควยอัตราเฉลี่ย 3 คน/นาที (20 นาที/คน) ซึ่งเป็นอัตราเกี่ยวกับระบบงานลงทะเลเป็นในปัจจุบัน ส่วนที่เปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนของข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเจ้าหน้าที่เท่านั้นนอกนั้นคงเดิม

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจะพบได้ในภาคผนวก ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบนี้จะได้ค่าลักษณะการดำเนินงานต่างๆ ในการจำลองแบบนี้กำหนดให้มีจำนวนนิสิตผ่านระบบจำนวน 3030 คน สำหรับค่าลักษณะการดำเนินงานจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.9 - 4.13

ตารางที่ 4.9 แสดงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ

เจ้าหน้าที่ ชั้นตอน	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
1	.2660	.2694	.2648	.2576	.2605	.2634
2	.4710	.4642	.4655	.4674	.4605	.4625
3	.4260	.4270	.4190	.4318	.4212	.4319
4	.4538	.4548	.4533	.4512	.4595	.4567
5	.5973	.4019	.4037	.4020	.3022	.3029

ตารางที่ 4.9 ต่อ

จำนวน เจ้าหน้าที่	จำนวนเจ้าหน้าที่					
	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
6	.6530	.6559	.4346	.3294	.4432	.3307
7	.6047	.6043	.6023	.6069	.6026	.6034
8	.0753	.0814	.0792	.0746	.0732	.0765
9	.4304	.4207	.4282	.4312	.4289	.4281
รวม(โดยเฉลี่ย)	.4419	.4199	.3945	.3836	.3835	.3729

จากตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณจะพบว่าชั้นคอนอื่นที่ไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยน้อยมาก

ส่วนชั้นคอนที่ 5 และ 6 นั้นเมื่อเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่ขึ้นจากเดิมจะทำให้การใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยลดลงซึ่งหมายถึง เจ้าหน้าที่ว่างงานมากขึ้นนั่นเอง เช่น เกมชั้นคอนที่ 5 มีการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ย 59.73% เมื่อเพิ่มเจ้าหน้าที่ขึ้นเป็น 3 คน การใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยจะลดลงมาเป็น 40.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่จะจัดเจ้าหน้าที่ให้เหมาะสมนั้นจะนำไปพิจารณาในหัวข้อ 4.5 ต่อไป

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่
(วินาที)

เจ้าหน้าที่ ชั้นตอน	(2,2)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(4,3)	(4,4)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7.05	6.56	7.96	7.16	8.79	7.75
3	9.26	8.64	10.43	8.25	7.64	8.00
4	7.35	7.39	7.71	7.32	7.87	6.55
5	9.47	5.16	5.04	4.25	5.51	9.75
6	8.91	11.02	5.92	6.88	3.22	4.82
7	6.98	6.12	8.73	8.45	9.86	9.85
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	5.83	5.74	5.86	5.87	6.45	5.98
รวม	53.106	49.064	49.76	46.73	47.956	51.25

จากตารางที่ 4.10 จะพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ ที่ชั้นตอน 5,6 จะส่งผลถึงเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยในชั้นตอนอื่น ๆ น้อยมากจะส่งผลที่เห็นไ้ชัดในชั้นตอนที่ 5,6 เท่านั้น เช่นคู่ลำดับ (3,2) จะพบว่าที่ชั้นตอนที่ 5 จะมีเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิมคือ จาก 9.47 วินาทีมาเป็น 5.16วินาที และเมื่อเพิ่มเป็นคู่ลำดับ (3,3) เวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยจะลดลงมาเช่นกัน

จากตารางที่ 4.10 นี้เมื่อรวมเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยทั้ง 9 ชั้นตอนปรากฏว่าเมื่อเปลี่ยนชั้นตอนที่ 5 จากเดิม 2 คน มาเป็น 3 คนและชั้นตอนที่ 6 จาก 2 คนมาเป็น 4 คนจะมีค่าเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยรวม 9 ชั้นตอนมีค่าต่ำกว่า

ระบบอื่นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 46.695 วินาที (การคิดเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย รวมทั้ง 9 ขั้นตอน คิดจาก $P_q =$ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 1) (P_q รวมในเส้นทางที่ 1) + (ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 2) (P_q รวมในเส้นทางที่ 2) + (ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 3) (P_q รวมในเส้นทางที่ 3)

$$\text{ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 1} = 0.81518$$

$$\text{ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 2} = 0.18118$$

$$\text{ความน่าจะเป็นที่จะเกิดลงทะเปียนในเส้นทางที่ 3} = 0.00363$$

$$P_q \text{ รวมในเส้นทางที่ 1} = P_q \text{ ในขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9}$$

$$P_q \text{ รวมในเส้นทางที่ 2} = P_q \text{ ในขั้นตอนที่ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9}$$

$$P_q \text{ รวมในเส้นทางที่ 3} = P_q \text{ ในขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}$$

ตารางที่ 4.11 แสดงจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยเมื่อเปลี่ยนจำนวนเจ้าหน้าที่

เจ้าหน้าที่ ขั้นตอน	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.02	.02	.02	.02	.02	.02
3	.01	.01	.01	.01	.01	.01
4	.02	.03	.02	.02	.02	.02
5	.12	.01	.01	.01	.00	.00
6	.11	.18	.01	.00	.02	.00
7	.04	.03	.07	.08	.07	.08

ตารางที่ 4.11 คอ

เจาหน้าที่ ชั้นตอน	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.01	.01	.01	.01	.00	.01
รวม	.33	.29	.15	.15	.15	.14

จากรายที่ 4.11 จะสังเกตที่คู่ลำดับ (3, 2) คือเพิ่มเจาหน้าที่ขึ้นจาก
 เกมอีก 1 คนในชั้นตอนที่ 5 และชั้นตอนที่ 6 คงเกมจะพบว่าจำนวนนิสิตที่คอยโดย -
 เฉลี่ยลดลงมาจากเกมคือจาก .12 คนมาเป็น .01 คน แต่กลับไปส่งผลให้ชั้นตอน
 ที่ 6 มีจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (จาก .11 คน มาเป็น .18 คน)
 เนื่องจากว่าชั้นตอนที่ 5 เสร็จเร็วขึ้นคนก็จะมาเพิ่มการคอยในชั้นตอนที่ 6 มากขึ้น
 กว่าเกมนั้นเอง ส่วนชั้นตอนอื่นๆนั้นมียผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวน
 เจาหน้าที่นี่เพียงเล็กน้อย สำหรับคู่ลำดับ (4, 4) ค่าจำนวนคนคอยโดยเฉลี่ยใน
 ชั้นตอนที่ 5, 6 มีค่าเป็น 0.00 คน ทั้งคู่คือไม่มีการคอยเกิดขึ้นเลยและชั้นตอนอื่นๆ
 ก็มียผลกระทบเพียงเล็กน้อยเช่นกัน

เมื่อรวมจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยทั้ง 9 ชั้นตอนจะพบว่าคู่ลำดับ
 (4, 4) มีค่ารวมค่าสุด มีค่าเท่ากับ .14 คน และคู่ลำดับ (2, 2) มีค่าสูงกว่า
 ระบบอื่นามีค่าเท่ากับ .33 คน

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนจำนวนเจ้าหน้าที่

(วินาที)

เจ้าหน้าที่ ชั้นตอน	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
1	15.97	26.16	15.90	15.45	15.61	15.80
2	25.91	25.13	26.60	27.48	25.58	26.25
3	40.40	39.99	41.76	33.39	39.21	39.47
4	34.61	34.70	34.95	34.95	32.89	33.09
5	33.40	29.30	29.31	29.65	28.43	34.09
6	35.09	37.29	32.05	29.63	33.48	31.31
7	43.36	42.47	44.98	46.35	44.65	46.13
8	25.79	25.39	25.79	25.28	24.42	26.11
9	25.79	25.39	25.79	25.28	24.42	26.11
รวม	251.975	257.876	248.539	164.391	241.84	249.92

จากตารางที่ 4.12 จะพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ชั้นตอนที่ 5, 6 จะมีผลกระทบต่อชั้นตอนอื่นที่ไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลงนี้จะเห็นได้ชัดเจนในชั้นตอนที่ 5, 6 เช่นสังเกตุค่ากับ (3, 2) ซึ่งหมายถึงเพิ่มเจ้าหน้าที่ขึ้นอีก 1 คน ในชั้นตอนที่ 5 ส่วนชั้นตอนที่ 6 คงเดิมจะคิดว่าที่ชั้นตอนที่ 5 มีค่าเวลาในระบบโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิมคือจาก 35.09 วินาทีมาเป็น 29.30 วินาที แต่ส่งผลกระทบต่อชั้นตอนที่ 6 โดยจะทำให้ชั้นตอนที่ 6 มีเวลาในระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมคือจาก 35.09 วินาที มาเป็น 37.29 วินาที

สำหรับเวลาในระบบโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอน (โดยใช้หลักการเช่นเดียวกับตารางที่ 4.10 ที่ผ่านมา) จะพบว่าค่ากับ (3, 4) มีค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ

164.391 วินาทีและคู่ลำดับ (3,2) จะมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 257.975 วินาที
 ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนจำนวนเจ้าหน้าที่

เจ้าหน้าที่ \ ชั้นตอน	(2,2)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(4,3)	(4,4)
1	.80	.81	.79	.77	.78	.79
2	.96	.95	.95	.95	.94	.94
3	1.29	1.29	1.27	1.31	1.27	1.31
4	1.38	1.39	1.38	1.37	1.40	1.39
5	1.31	1.22	1.22	1.22	1.21	1.22
6	1.32	1.49	1.31	1.32	1.35	1.32
7	1.85	1.84	1.88	1.90	1.88	1.89
8	.23	.24	.24	.22	.23	.23
9	1.30	1.29	1.29	1.30	1.30	1.29
รวม	10.44	10.53	10.33	10.36	10.36	10.38

จากตารางที่ 4.13 จะพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่
 ที่ชั้นตอนที่ 5,6 จะมีผลกระทบที่ 2 ชั้นตอนนี้อย่างเห็นได้ชัดเช่นคู่ลำดับ (3,2)
 (เป็นการเพิ่มเจ้าหน้าที่ที่ชั้นตอนที่ 5 อีก 1 คน ส่วนชั้นตอนที่ 6 คงเดิม) จะได้ว่า
 ที่ชั้นตอนที่ 5 มีจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยลดลงจาก 1.31 คน มาเป็น 1.22 คน
 และส่งผลกระทบต่อชั้นตอนที่ 6 มีจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมคือ
 จาก 1.32 คน มาเป็น 1.49 คน ส่วนชั้นตอนอื่นที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงจำนวน
 เจ้าหน้าที่จะมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ย

รวมทั้ง 9 ชั้นตอน จะไ้วาระบบงานของคู่ลำดับ (3,3) มีค่ารวมทั้ง 9 ชั้นตอน ค่าสุดมีค่าเท่ากับ 10.33 คนและคู่ลำดับ (3,2) จะมีค่าจำนวนนิสิตในระบบ โดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 10.53 คน

4.4 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียน เมื่อทำการสลับชั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียน (ชั้นตอนของการบริการ)

ชั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียนมีชั้นตอนที่สามารถทำการสลับชั้นตอน การลงทะเบียนได้คือ ชั้นตอนที่ 6, ชั้นตอนที่ 7, ชั้นตอนที่ 8, ชั้นตอนที่ 9 มีวิธีการที่จะสลับได้ 3 วิธี

- สลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม
- สลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม
- สลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม

ในการสลับชั้นตอนต่างๆเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่และ พังก์ชันที่ใช้ในการผลิตเลขคู่ตามชั้นตอนที่สลับเท่านั้น ส่วนชั้นตอนอื่นๆคงเดิม เช่น การสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 เจ้าหน้าที่ที่ชั้นตอนที่ 6 จะเปลี่ยนจาก 2 คนมาเป็น 3 คน ส่วนชั้นตอนที่ 7 ก็จะเปลี่ยนจาก 3 คนมาเป็น 2 คนเป็นต้น

4.4.1 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม

ชั้นตอนที่ 6 ของการลงทะเบียนวิชาเรียนเป็นชั้นตอนที่ทำหน้าที่รับเงินค่า หน่วยกิตและค่าธรรมเนียมการศึกษา มีเจ้าหน้าที่ 2 คน ส่วนชั้นตอนที่ 7 ทำหน้าที่ เขียนใบเสร็จรับเงินมีเจ้าหน้าที่ 3 คน การสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 ก็คือการให้

เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ เขียนใบเสร็จรับเงินก่อนแล้วจึงค่อยไปจ่ายเงิน (ในการสลับ
ชั้นตอนนี้จะทำการสลับจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ทำงานและฟังก์ชันของเวลาที่ใช้ในการให้
บริการด้วย) ลักษณะการทำงานของ 2 ชั้นตอนนี้คล้ายกับในศูนย์การค้าต่างๆ, ศูนย์
หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฯลฯ

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบจะแสดงไว้ในภาคผนวก-

ง ในการคำนวณนี้กำหนดให้มีจำนวนนิสิตตามระบบเป็นจำนวน 3030 คน
มีอัตราการเข้ามาใช้บริการควยอัตรา 3 คน/นาที (20 วินาที/คน) ซึ่งเป็น
อัตราเดิม และทำการจำลองแบบโดยคำนวณผลลัพธ์ซ้ำ 2 ครั้ง ผลการคำนวณจะ
แสดงค่าลักษณะการดำเนินงานต่างๆดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.2620	.2603	.2612	.2660
2	.4635	.4582	.4608	.4710
3	.4385	.4336	.4361	.4260
4	.4587	.4560	.4574	.4538
5	.6065	.5994	.6029	.5973
6	.6064	.6076	.6070	.6530
7	.6568	.6581	.6575	.6047
8	.0797	.0771	.0784	.0753
9	.4276	.4271	.4271	.4304
รวม (โดยเฉลี่ย)			.4432	.4419

จากตารางที่ 4.14 จะพบว่าเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 จะได้ว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันมีผลกระทบที่เกิดจากการสลับชั้นตอนนี้โดยจะทำให้ชั้นตอนอื่นๆมีการเปลี่ยนแปลงค่าเพียงเล็กน้อยเช่นที่ชั้นตอนที่ 4 ระบบปัจจุบันมีค่าเท่ากับ .4538 เมื่อทำการสลับชั้นตอนดังกล่าวค่าการใช้ประโยชน์โดยเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ .4574 เป็นต้น

สำหรับค่าการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อรวมทั้ง 9 ชั้นตอน (โดยเฉลี่ย) จะพบว่ามีค่าเพิ่มจากระบบปัจจุบันคือจาก .4419 มาเป็น .4432

ตารางที่ 4.15 แสดงเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 (วินาที)

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.00	.00	.00	4.50
2	7.38	8.99	8.185	7.36
3	8.90	8.56	8.73	8.402
4	8.10	7.56	7.83	7.149
5	10.21	9.54	9.875	9.596
6	6.44	6.77	6.605	8.95
7	9.96	9.78	9.87	6.428
8	.00	.00	.00	.00
9	5.91	5.29	5.6	6.052
รวม			56.695	56.924

จากตารางที่ 4.15 จะพบว่าเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 6 กับ 7 โดยชั้นตอนอื่นๆคงเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นได้ว่าส่งผลกระทบต่อชั้นตอนที่ใกล้เคียงกันน้อยมากเช่น ชั้นตอนที่ 5 ระบบปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคอยเปลี่ยนค่าโดยมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 9.596 วินาทีมาเป็น 9.875 วินาที ส่วนชั้นตอนที่ 8 ซึ่งเป็นชั้นตอนที่ต่อจากชั้นตอนที่ 7 จะไม่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงเลย สำหรับชั้นตอนที่ 9 นั้นจะมีผลกระทบที่เกิดจากการสลัษชั้นตอนมากกว่าชั้นตอนที่ 8 (เพราะว่าการน่าจะเป็นที่จะข้ามชั้นตอนที่ 8 มา 9 มีค่าเท่ากับ .81518) โดยจะมีค่าเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิมคือจาก 6.052 วินาที มาเป็น 5.6 วินาที ส่วนเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอนจะมีค่าลดลงจากเดิม (ระบบปัจจุบัน) จาก 56.695 วินาที มาเป็น 56.924 วินาที ซึ่งลดลงมาเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.16 จำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 6 กับ 7

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.00	.00	.00	.00
2	.02	.02	.02	.02
3	.01	.01	.01	.01
4	.02	.02	.02	.02
5	.14	.12	.13	.124
6	.04	.04	.04	.112
7	.14	.14	.14	.034

ตารางที่ 4.16 ต่อ

ขั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
8	.00	.00	.00	.00
9	.01	.01	.01	.01
รวม			.37	.33

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่าเมื่อทำการสลับขั้นตอนที่ 6 กับ 7 โดยขั้นตอนอื่นคงเดิมเมื่อเปรียบเทียบระบบที่ทำการสลับกับระบบปัจจุบันจะได้อัตราการที่เกิดขึ้นจะมีที่ขั้นตอนที่ 5 โดยมีจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบันเพียงเล็กน้อยโดยเพิ่มจาก .124 คน มาเป็น .13 คน ส่วนขั้นตอนอื่น ๆ นั้นไม่มีผลต่อการสลับขั้นตอนนี้เลย และเมื่อทำการรวมจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยทั้ง 9 ขั้นตอน จะพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบันคือเพิ่มจาก .33 คน มาเป็น .37 คน

ตารางที่ 4.17 แสดงเวลาในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับขั้นตอนที่ 6 กับ 7 (วนาที)

ขั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	15.75	15.62	16.685	15.97
2	25.95	27.32	26.635	25.91



ตารางที่ 4.17 กอ

ชั้นคอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
3	40.43	40.30	40.365	40.40
4	35.69	34.93	35.31	34.61
5	34.54	33.54	34.04	33.40
6	42.93	43.24	43.085	35.09
7	36.34	36.10	36.22	43.36
8	25.48	25.92	25.70	25.79
9	31.68	30.80	31.24	31.75
รวม			260.942	257.935

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่าเมื่อทำการสลัชั้นคอนที่ 6 กับ 7 โดยชั้นคอนอื่นคงเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชั้นคอนที่มาก่อนชั้นคอนที่ 6 คือชั้นคอนที่ 1, 2, 3, 4, 5 โดยจะทำให้ค่าของเวลาในระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบัน เช่นชั้นคอนที่ 5 จากเดิม 33.40 วินาที มาเป็น 34.04 วินาที สำหรับชั้นคอนที่ 3 นั้นจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนค่าเนื่องจากการสลัชั้นคอนดังกล่าวมีน้อยมาก (สำหรับชั้นคอนที่ 1, 2, 4 มีค่าเพิ่มขึ้นเหมือนชั้นคอนที่ 5) เมื่อรวมเวลาในระบบโดยเฉลี่ยทั้ง 9 ชั้นคอน (ตามวิธีที่นำมาในตารางที่ 4.10) จะได้ว่าเมื่อทำการสลัชั้นคอนดังกล่าวจะทำให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบัน คือเพิ่มจาก 257.935 มาเป็น 260.942 วินาที

ตารางที่ 4.18 แสดงจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7

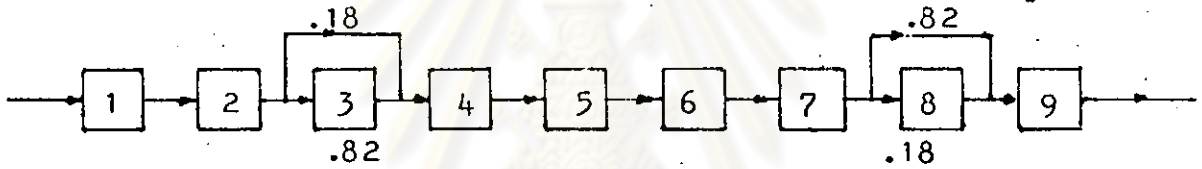
ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.79	.78	.785	.80
2	.95	.94	.945	.96
3	1.33	1.31	1.32	1.29
4	1.40	1.39	1.395	1.38
5	1.35	1.32	1.335	1.31
6	1.86	1.86	1.86	1.32
7	1.45	1.46	1.455	1.85
8	.24	.23	.235	.23
9	1.29	1.29	1.29	1.30
รวม			10.62	10.44

จากตารางที่ 4.18 จะพบว่าเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 โดยชั้นตอนอื่นๆคงเดิม ผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะได้ว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในชั้นตอนที่ 3, 4, 5, 8 เช่นในชั้นตอนที่ 5 จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม (ระบบปัจจุบัน) คือจาก 1.31 คน มาเป็น 1.335 คน ส่วนชั้นตอนอื่นๆนั้นมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เช่น ชั้นตอนที่ 9 ลดจาก 1.3 คน มาเป็น 1.29 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปลี่ยนน้อยมาก สำหรับจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอน จะพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบันเพียงเล็กน้อยคือจาก 10.44 คน มาเป็น 10.62 คน

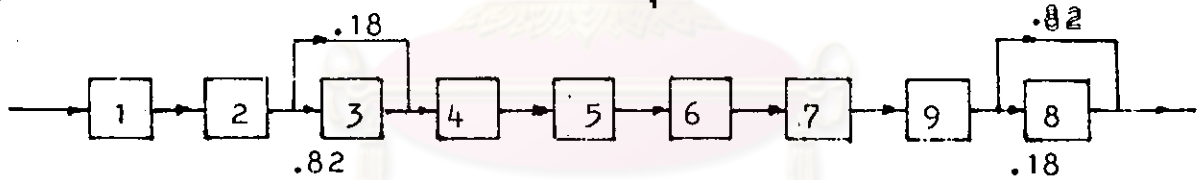
4.4.2 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม

ชั้นตอนที่ 8 ของการลงทะเบียนวิชาเรียนเป็นชั้นตอนที่ทำหน้าที่รับคำร้องขอลงทะเบียนสูง-ต่ำ กวากำหนดในชั้นตอนนี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 3 คน และชั้นตอนที่ 9 จะทำหน้าที่เกี่ยวกับ ลงเลขที่ใบเสร็จและตรวจสอบว่าเอกสารการลงทะเบียนผ่านชั้นตอนต่างๆมาเรียบร้อยหรือไม่หรือยัง ชั้นตอนที่ 9 มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 3 คน

ในการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 นี้จะมีผลต่อการกำหนดเส้นทางการเดินลงทะเบียนของนิสิตแต่ละคนด้วย คือเมื่อนำชั้นตอนที่ 9 มาอยู่แทนชั้นตอนที่ 8 ระบบการเดินก็จะเปลี่ยนจากเส้นทางการเดินระบบปัจจุบันซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.2



ระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนปัจจุบัน



ระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนเมื่อสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9
รูปภาพที่ 4.2 แสดงระบบการเดินลงทะเบียนเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับระบบงานลงทะเบียนวิชาเรียนเมื่อสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะแสดงไว้ในภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ระบบงานนี้ได้กำหนดให้มีนิสิตผ่านระบบจำลอง เป็นจำนวน 3030 คน และการเขามาลงทะเบียนด้วยอัตรา 3 คน/นาที (20 วินาที/คน)

ในอัตราเดิม และทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ซ้ำ 2 ครั้งและผลลัพธ์จะแสดงค่าลักษณะการดำเนินงานต่างๆ ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.19 แสดงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.2634	.2669	.2652	.2660
2	.4663	.4586	.4625	.4710
3	.4156	.4157	.4156	.4260
4	.4543	.4566	.4555	.4538
5	.6051	.6016	.6034	.5973
6	.6595	.6642	.6618	.6530
7	.6083	.6052	.6067	.6047
8	.4284	.4301	.4293	.0753
9	.0823	.0711	.0767	.4304
รวม (โดยเฉลี่ย)			.44185	.4419

จากตารางที่ 4.19 เมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะพบว่าผลกระทบที่เกิดจากการสลับชั้นตอนโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่ชั้นตอนอื่นๆเพียงเล็กน้อย เช่น ที่ชั้นตอนที่ 7 มีค่าการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเพิ่มจาก .6047 มาเป็น .6067 (เพิ่มขึ้นเพียง .002)

ส่วนค่าการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอนเมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะได้ว่าเมื่อทำการสลับชั้นตอนด้วยวิธีดังกล่าวแล้วค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือแทบจะกล่าวได้ว่าไม่เปลี่ยนแปลงเลยก็ได้คือระบบปัจจุบันมีค่าเท่ากับ .4419 และระบบที่ทำการสลับมีค่าเท่ากับ .44185 (≈.4419)

ตารางที่ 4.20 แสดงเวลาที่ใช้ในการคอยโดยเฉลี่ย เมื่อสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 (วินาที)

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	9.00	0.00	4.50	4.50
2	8.10	6.38	7.24	7.36
3	7.37	9.02	8.195	8.402
4	7.80	7.14	7.47	7.148
5	10.07	9.19	9.63	9.596
6	8.97	9.25	9.11	8.95
7	6.59	6.27	6.43	6.428
8	4.89	3.28	4.085	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00
รวม			55.175	56.913

จากตารางที่ 4.20 จะพบว่าเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9 โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบต่อชั้นตอนอื่นๆที่ไม่ได้ทำการสลัษชั้นตอนเพียงเล็กน้อย เช่นที่ชั้นตอนที่ 7 มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคอบมีค่าเพิ่มจากระบบปัจจุบันคือมีค่าเพิ่มจาก 6.428วินาทีมาเป็น 6.43 วินาทีซึ่งมีค่าเพิ่มเพียงเล็กน้อย เมื่อรวมค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคอบทั้ง 9 ชั้นตอน (โดยใช้วิธีเดียวกันกับตารางที่ 4.10 ที่ผ่านมา) เปรียบเทียบระบบปัจจุบันกับระบบที่ทำการสลัษจะเห็นว่าเมื่อทำการสลัษชั้นตอนดังกล่าวจะทำให้มีค่าลดลงจากระบบปัจจุบันคือปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 56.913 วินาที ระบบที่ทำการสลัษมีค่าเท่ากับ 55.175วินาที

ตารางที่ 4.21 จำนวนบิลิตโดยเฉลี่ยในแถวคอบเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	0.02	0.02	0.02
3	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.02	0.02	0.02	0.02
5	0.13	0.12	0.125	0.12
6	0.12	0.12	0.12	0.11
7	0.03	0.03	0.03	0.04
8	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.01
รวม			0.325	0.33

จากตารางที่ 4.21 จะพบว่าเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 โดยชั้นตอนอื่นคงเดิม ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับชั้นตอนอื่นๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยเพียงเล็กน้อยบางชั้นตอนที่จะไม่เปลี่ยนแปลงเลยเช่น ชั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4 ส่วนชั้นตอนที่ 5, 6, 7 นั้นเปลี่ยนแปลงค่าเล็กน้อย เช่นที่ชั้นตอนที่ 7 มีค่าลดลงจากระบบปัจจุบันคือจาก .04 คน ลดลงมาเป็น .03 คน เป็นต้น สำหรับค่าจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยเมื่อรวมทั้ง 9 ชั้นตอน แล้วจะมีค่าลดลงจากระบบปัจจุบันคือลดจาก .33 มาเป็น .325 คน

ตารางที่ 4.22 แสดงเวลาในระบบคอยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 (วินาที)

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	24.78	16.01	20.395	15.97
2	26.73	24.72	25.725	25.96
3	38.09	39.88	38.985	40.40
4	35.04	36.53	35.785	34.61
5	34.26	33.25	33.755	33.40
6	35.36	35.81	35.585	35.09
7	43.12	42.58	42.85	43.36
8	30.64	29.06	29.85	25.79
9	26.77	25.32	26.045	31.75
รวม			260.679	257.985

จากตารางที่ 4.22 จะพบว่าเวลาในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะได้อาผลกระทบที่เกกขึ้นกับชั้นตอนอื่นๆที่ไม่ได้ทำการสลัษมีผลกระทบเพียง เล็กน้อยเช่นที่ชั้นตอนที่ 7 มีค่าลดลงมาจากระบบปัจจุบันคือจาก 43.36 วินาที ลดลงมาเป็น 42.85 วินาทีเป็นต้น และเมื่อทำการรวมค่าเวลาในระบบโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอน (ใช้วิธีการรวมเวลาทั้ง 9 ชั้นตอนเหมือนกับตารางที่ 4.10 ที่ผ่านมา) จะได้ว่าเมื่อทำการสลัษจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบันคือ จาก 257.986 วินาที มาเป็น 260.679 วินาที

ตารางที่ 4.23 แสดงจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9

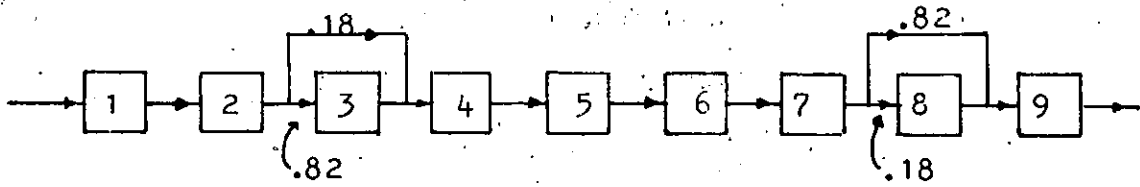
ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.79	.80	.795	.80
2	.95	.94	.945	.96
3	1.26	1.26	1.26	1.29
4	1.38	1.39	1.385	1.38
5	1.34	1.32	1.33	1.31
6	1.44	1.45	1.445	1.32
7	1.85	1.85	1.85	1.85
8	1.29	1.29	1.29	.23
9	.25	.21	.23	1.3
รวม			10.53	10.44

จากตารางที่ 4.23 จะพบว่าจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการ สลับชั้นตอนที่ 9 กับ 9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบการลงทะเบียนในปัจจุบันจะ มีการเปลี่ยนแปลงค่าในชั้นตอนอื่นๆที่ไม่ได้ทำการสลับเพียงเล็กน้อย เช่นที่ชั้นตอนที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันกับระบบที่ทำการสลับชั้นตอนดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้น จากระบบปัจจุบันคือเพิ่มจาก 1.31 มาเป็น 1.33

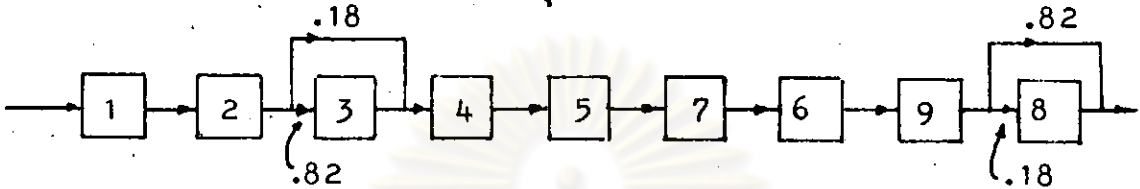
สำหรับจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอนจะถือว่าเมื่อทำ การสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะมียุทธศาสตร์ทั้ง 9 ชั้นตอนเพิ่มจากระบบปัจจุบันคือจาก 10.44 เพิ่มมาเป็น 10.53

4.4.3 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบของระบบการลงทะเบียนวิชา เรียบเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 ส่วนชั้นตอน อื่นคงเดิม

การสลับชั้นตอนการลงทะเบียนในหัวข้อนี้เป็นการสลับชั้นตอนการลง - ทะเบียนโดยให้มีการเขียนใบเสร็จรับเงินก่อน (ชั้นตอนที่ 7) แล้วค่อยไปจ่ายเงิน (ชั้นตอนที่ 6) พอจ่ายเงินเสร็จก็เข้าสู่ชั้นตอนที่ 9 คือการตรวจสอบเอกสารและ ลงเลขที่ใบเสร็จจากนั้นจะมีบางคนออกจากระบบการลงทะเบียนไปเลยหรือมีนิสิต บางคนจะต้องไปยื่นคำร้องขอลงทะเบียนสูง-ต่ำ กวากำหนด (ชั้นตอนที่ 8) แล้ว จึงออกจากระบบการลงทะเบียน ลักษณะการลงทะเบียนในหัวข้อนี้ได้แสดงให้เห็น ในรูปที่ 4.3



ระบบการลงทะเบียนในปัจจุบัน



ระบบการลงทะเบียนเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

รูปภาพที่ 4.3 แสดงเส้นทางการเดินลงทะเบียนวิชาเรียนเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ในการวิเคราะห์ระบบงานนี้จะวิเคราะห์โดยโปรแกรม GPSS 1100 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้กำหนดให้มีอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 3 คน/นาที (20 วินาที/คน) ซึ่งเท่ากับอัตราการเข้ามาของระบบงานลงทะเบียนอื่นๆที่ผ่านมา ในการจำลองระบบงานนี้จะมีนิสิตผ่านระบบจำนวน 3030 คน และทำการวิเคราะห์ผลซ้ำ 2 ครั้ง ผลการวิเคราะห์จะเป็นค่าลักษณะการดำเนินงาน (Operating Characteristics) ดังจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 4.24 ถึง ตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.24 แสดงการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.2606	.2594	.2600	.2660
2	.4594	.4537	.4566	.4710
3	.4294	.4235	.4265	.4260
4	.4564	.4583	.4574	.4538
5	.6024	.6025	.6025	.5973
6	.6109	.6087	.6098	.6530
7	.6528	.6591	.6559	.6047
8	.4280	.4278	.4279	.0753
9	.0747	.0766	.0756	.4304
รวม (โดยเฉลี่ย)			.4414	.4419

จากตารางที่ 4.24 จะพบว่าการใช้ประโยชน์เจ้าหน้าที่โดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัษชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลัษชั้นตอนที่ 8 กับ 9 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นได้ว่าชั้นตอนอื่นที่ไม่ใช่ทำการสลัษมีผลกระทบน้อยมากเช่นที่ชั้นตอนที่ 3 จะมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยคือจากระบบปัจจุบันมีค่าเท่ากับ .4260 มาเป็น .4265 เป็นต้น เมื่อทำการรวมโดยเฉลี่ยทั้ง 9 ชั้นตอนเข้าด้วยกันจะเห็นว่าระบบที่ทำการสลัษมีค่าลดลงจากระบบปัจจุบัน (ลดจาก .4419 มาเป็น .4414)

ตารางที่ 4.25 แสดงเวลาที่ใช้ในการคอบโยเจลิยเมื่อทำการสลัษชั้นคอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับ สลัษชั้นคอนที่ 8 กับ 9 (วินาที)

ชั้นคอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเจลิย	ระบบปัจจุบัน
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6.53	6.68	6.605	7.05
3	8.49	6.71	7.60	9.26
4	7.53	7.09	7.31	7.35
5	9.45	9.26	9.355	9.47
6	6.86	6.80	6.83	8.91
7	9.32	8.76	9.04	6.98
8	3.37	3.68	3.525	0.00
9	2.00	0.00	1.00	5.83
รวม			49.072	53.172

จากตารางที่ 4.25 จะพบว่าค่าเจลิยของเวลาที่ใช้ในการคอบเมื่อทำการสลัษชั้นคอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลัษชั้นคอนที่ 8 กับ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นไควว่าชั้นคอนอื่นๆที่ไม่ไควทำการสลัษมีผลกระทบบโยมีคาลลดลงจากระบบปัจจุบันเพียงเล็กน้อยเช่นที่ชั้นคอนที่ 4 มีคาลจจาก 7.35 วินาที มาเป็น 7.31 วินาทีเป็นต้น เมื่อพิจารณาค่าเจลิยของเวลาที่ใช้ในการคอบรวมทั้ง 9 ชั้นคอน จะไควว่าเวลาที่ใช้ในการคอบโยเจลิยลดลงมาจากระบบปัจจุบันคือลดลง 53.172 วินาที มาเป็น 49.072 (การคอบเวลารวมทั้ง 9 ชั้นคอนใช้วิธีไควเกี่ยวกับกับการหาเวลารวมในตารางที่ 4.10 ที่ นานมา)

ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนนิสิตโดยเฉลี่ยในแถวคอยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับ สลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.02	0.02	0.02	0.02
3	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.02	0.03	0.025	0.02
5	0.12	0.12	0.12	0.12
6	0.04	0.04	0.04	0.11
7	0.14	0.13	0.135	0.04
8	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.01
รวม			0.35	0.33

จากตารางที่ 4.26 จะพบว่าจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะมีผลกระทบต่อนักเรียนน้อยมากและบางชั้นตอนจะไม่มีผลกระทบที่เกิดจากการสลับดังกล่าวนี้เลยโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบัน เช่นที่ชั้นตอนที่ 4 จะมีค่าเพิ่มจากระบบปัจจุบันเพียงเล็กน้อยคือเพิ่มจาก .02 คน มาเป็น .025 คน ส่วนชั้นตอนที่ 1, 2, 3, 5 นั้นไม่เปลี่ยนแปลงเลย เมื่อรวมค่าจำนวนนิสิตที่คอยโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นตอนจะถือว่ามีความเพิ่มจากระบบปัจจุบันคือเพิ่มจาก .33 คน มาเป็น .35 คน

ตารางที่ 4.27 แสดงเวลาในระบบโคยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัชั้นตอนที่ 6 กับ 7
พร้อมกับสลัชั้นตอนที่ 8 กับ 9
(วินาที)

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	15.63	15.57	15.60	15.97
2	24.90	24.83	24.865	25.91
3	40.06	37.91	38.985	40.40
4	34.94	34.59	34.765	34.61
5	33.57	33.36	33.465	33.40
6	43.57	43.32	43.445	35.09
7	35.49	35.12	35.305	43.36
8	29.11	29.35	29.23	25.79
9	27.35	27.84	26.595	25.79
รวม			253.511	249.172

จากตารางที่ 4.27 จะพบว่าเวลาในระบบโคยเฉลี่ยเมื่อทำการสลัชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลัชั้นตอนที่ 8 กับ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะไคว่กว่าชั้นตอนอื่นที่ไม่ไคว่ทำการสลัมีผลกระทบที่เห็นไคว่ชัดที่ชั้นตอนที่ 2, 3 ส่วนชั้นตอนที่ 1, 4, 5 ผลกระทบเห็นไม่ค่อยชัดเจน ตัวอย่างเช่นชั้นตอนที่ 5 มีค่าลดลงมาจากระบบปัจจุบันคือลดจาก 40.4 วินาที มาเป็น 33.985 วินาที เมื่อรวมเวลาในระบบโคยเฉลี่ยทั้ง 9 ชั้นตอน จะไคว่ว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบันคือจาก 249.172 มาเป็น 253.511 วินาที (ใช้วิธีการรวมเหมือนกับตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.28 แสดงจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9

ชั้นตอน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ระบบปัจจุบัน
1	.78	.78	.78	.80
2	.94	.93	.935	.96
3	1.30	1.38	1.34	1.29
4	1.39	1.40	1.395	1.38
5	1.32	1.32	1.32	1.31
6	1.87	1.87	1.87	1.32
7	1.45	1.45	1.45	1.85
8	1.28	1.28	1.28	.23
9	.22	.23	.225	1.3
รวม			10.595	10.44

จากตารางที่ 4.28 จะพบว่าจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับชั้นตอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับสลับชั้นตอนที่ 8 กับ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะเห็นได้ว่าชั้นตอนที่ไม่ว่าทำการสลับมีผลกระทบที่เกิดจากการสลับชั้นตอจนถึงกล่าวเพียงเล็กน้อยเช่นที่ชั้นตอนที่ 5 จะมีค่าเพิ่มจากระบบปัจจุบันคือเพิ่มจาก 1.31 คน มาเป็น 1.32^{คน} และเมื่อรวมจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ยทั้ง 9 ชั้นตอนจะเห็นว่าระบบที่ทำการสลับมีค่าสูงกว่าระบบปัจจุบันคือจาก 10.44 คน มาเป็น 10.595 คน

4.5 การพิจารณาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียน

ในการพิจารณาดังประสิทธิภาพของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนผู้วิจัย
ได้นำเอาวิธีการประมาณค่าใช้จ่ายมาช่วยในการพิจารณา โดยพิจารณาแยกแต่ละ
ขั้นตอนและพิจารณารวมทุกขั้นตอน

การพิจารณาจะศึกษาถึงระบบปัจจุบันและระบบที่ทำการเปลี่ยนแปลง เพื่อ
เสาะหาว่าระบบงานที่เหมาะสมซึ่งก็หมายถึงให้ค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยต่ำสุดนั่นเอง
วิธีการประมาณค่าใช้จ่ายมีสูตรที่ใช้คือ

$$VC = c_1 L_s + c_2 S$$

เมื่อ VC = ค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยเวลา
 c_1 = ค่าใช้จ่ายของผู้นับบริการ (นิสิต) ต่อคน/หน่วยเวลา
 c_2 = ค่าใช้จ่ายเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการต่อคน/หน่วยเวลา
 L_s = จำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ย
 S = จำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ

สูตรข้างบนนี้ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการคำนวณหาระบบงานที่เหมาะสม โดย
พิจารณาจากค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (VC) ค่าสุดของแต่ละขั้นตอนและรวมทุกขั้น-
ตอนของการลงทะเบียน ส่วนค่าใช้จ่ายของนิสิต (ผู้นับบริการ) ที่ใช้ในการคอย/คน/
หน่วยเวลา (c_1) และค่าใช้จ่ายของเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการต่อคนต่อ 1 หน่วยเวลา
(c_2) จะแสดงในตารางที่ 4.29 และตารางที่ 4.30 ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายนี้
ได้มาจากการไปสอบถามเจ้าหน้าที่ลงทะเบียนและสอบถามนิสิตที่มาทำการลงทะเบียน
วิชาเรียน

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าเฉลี่ยของรายได้อิงของนิสิตที่มาลงทะเบียนวิชาเรียน

รายได้ (ต่อเนื่อง)	ความถี่ (f_i)	จุดกึ่งกลางชั้น (x_i)	$f_i \cdot x_i$
ต่ำกว่า 2499*	260	2249.5	584870
2500 - 2999	256	2749.5	703872
3000 - 3499	222	3249.5	721389
3500 - 3999	130	3749.5	487435
4000 บาทขึ้นไป	266	4249.5	1,130,367
รวม	1134		3627933

จากตารางที่ 4.31 จะได้อีก $\bar{x} = (\sum f_i x_i) / \sum f_i = 3199.235$ บาท/เดือน ค่า \bar{x} นี้เป็นค่าเฉลี่ยในการคอบ/ 1 หน่วยเวลา หน่วยเวลาที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยรวมโดยเฉลี่ย (VC) จะใช้หน่วยเวลาเป็นช.ม. ซึ่งในการเปลี่ยนหน่วยเวลานี้กำหนดให้เดือนหนึ่งทำงานโดยเฉลี่ย 20 วัน และแต่ละวันทำงาน 7 ช.ม. (ใ้ทั้ง c_1 และ c_2) เป็นเกณฑ์ ดังนั้นจะได้ค่าเฉลี่ยในการคอบโดยเฉลี่ย = 22.85 บาท/ช.ม. (c_1)

ส่วนการคำนวณค่าเฉลี่ยของรายได้อิงของเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการก็จะทำการเปลี่ยนหน่วยเวลาจากเดือนเป็นชั่วโมงโดยใช้ เกณฑ์เดียวกับกับค่าเฉลี่ยโดยเฉลี่ยของนิสิตซึ่งจะแสดงในตารางที่ 4.30

(* นิสิตที่ยังไม่ไปประกอบอาชีพวุฒิจัยโลกกำหนดให้นิสิตนี้มีรายได้โดยประมาณค่าสุดอยู่ในช่วงรายได้ที่มีจุดกึ่งกลางชั้นค่าสุดเท่ากับ 2249.5 บาท (2250 บาท))

ตารางที่ 4.30 แสดงรายได้เฉลี่ยของผู้ให้บริการ (เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน) (๑๒)

ชั้นตอน	รายได้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน (บาท)			ค่าเฉลี่ยรายได้(บาท)	
	1	2	3	ต่อเดือน	ต่อช.ม
1	1200	2025	2385	1870	13.357
2	15/ช.ม	15/ช.ม	-	-	15
3	15/ช.ม	15/ช.ม	15/ช.ม	-	15
4	15/ช.ม	15/ช.ม	15/ช.ม	-	15
5	2385	2145	-	2265	16.178
6	3500	3500	-	3500	25
7	1905	1905	2385	2065	16.178
8	2385	1685	2265	2111.6	15.08
9	1905	2505	1685	2031.667	14.512

รายได้ในชั้นตอนที่ 2, 3, 4 มีอัตราจ้างนิสิตชั่วโมงละ 15 บาท ซึ่งทางบัณฑิตวิทยาลัยได้จ้างนิสิตมาช่วยปฏิบัติงานด้านการลงทะเบียนวิชาเรียน

ค่าเฉลี่ยของรายได้ของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานนี้จะนำไปใช้ในการแทนค่าในการคำนวณโดยแทนค่า ๑๒ ของแต่ละชั้นตอนในสูตรค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (vc) ต่อไป



4.5.1 การพิจารณาประสิทธิภาพของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนใน

ปัจจุบัน

การพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนได้นำเอาวิธีการประมาณค่าใช้จ่ายมาช่วยในการพิจารณา การคำนวณจะคำนวณค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (VC) ของแต่ละชั้นก่อนโดยการแทนค่า จำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ย (L_s), แทนค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายของนิสิตที่ใช้ในการคอบ (c_1), แทนค่าจำนวนเจ้าหน้าที่ (S) ของแต่ละชั้นตอนและค่าใช้จ่ายของเจ้าหน้าที่ (c_2) ลงในสมการการประมาณค่าใช้จ่าย (Cost Model) และจะได้ผลการคำนวณออกมาในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (VC) ของแต่ละชั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียนในปัจจุบัน

ชั้นตอน	1	2	3	4	5
VC	58.351	51.936	74.476	76.533	62.289

ตารางที่ 4.31 ต่อ

ชั้นตอน	6	7	8	9	รวม
VC	80.162	86.523	50.496	73.241	614.007

จากตารางที่ 4.31 ผลการคำนวณได้จากตารางค่าในแต่ละชั้นคอนควยสูตร $VC = L_s c_1 + c_2 S$ ตัวอย่างเช่น ชั้นคอนที่ 1 จะได้ $VC = (22.85)(0.8) + (3)(13.357) = 58.351$ บาท/ช.ม เมื่อทำการคำนวณทุกชั้นคอนเรียบร้อยแล้วจะได้ว่าชั้นคอนที่ 8 มีค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยค่าสุดมีค่าเท่ากับ 50.496 บาท/ช.ม และชั้นคอนที่ 7 มีค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 86.52 บาท/ช.ม ค่าใช้จ่ายรวมทั้ง 9 ชั้นคอนมีค่าเท่ากับ 614.007 บาท/ช.ม

4.5.2 การพิจารณาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบการลงทะเบียนเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ (ช่องทางการให้บริการ)

ในการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการโดยทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ในชั้นคอนที่ 5 และ 6 ด้วยเหตุผลที่กล่าวผ่านมาในหัวข้อ 4.3 ระบบปัจจุบันที่ชั้นคอนที่ 5 มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 2 คน, ชั้นคอนที่ 6 มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 2 คน ในการเปลี่ยนแปลงนั้นจะนำมาเขียนในรูปแบบคู่ลำดับ (x_1, y_1) โดยที่ x_1 หมายถึง จำนวนเจ้าหน้าที่ที่ชั้นคอนที่ 5, y_1 หมายถึงจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ชั้นคอนที่ 6 ส่วนชั้นคอนอื่นๆจำนวนเจ้าหน้าที่คงเดิม การเปลี่ยนแปลงจะเขียนในเซต $\{(3, 2), (3, 3), (3, 4), (4, 3), (4, 4)\}$

ในการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการนี้ค่าที่จะเปลี่ยนแปลงคือจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ย (L_s) ส่วนค่าใช้จ่าย c_1 และ c_2 นั้นยังคงใช้ค่าใช้จ่ายที่ได้จากตารางที่ 4.29 และ 4.30 ค่าที่จะเปลี่ยนอีกค่าคือ S ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเฉพาะชั้นคอนที่ 5 และ 6 ส่วนชั้นคอนอื่นค่า S มีค่าเท่าเดิม (เท่ากับระบบปัจจุบัน)

ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (VC) ของแต่ละชั้นคอนได้แสดงในตารางที่ 4.32 โดยพิจารณาแยกแยะตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยของแต่ละชั้นคอนโดยแยกแยะตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่

ชั้นคอน	(2, 2)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(4, 3)	(4, 4)
1	58.351	58.579	58.123	57.665	57.894	58.123
2	51.936	51.707	51.707	51.707	51.479	51.479
3	74.476	74.476	74.019	74.934	74.019	67.934
4	76.533	76.762	76.533	76.305	76.99	74.934
5	62.289	76.411	76.411	76.411	92.361	92.589
6	80.162	84.046	104.934	130.162	105.848	130.162
7	86.523	86.294	87.208	87.665	87.208	87.436
8	50.496	50.724	50.724	50.267	50.496	50.496
9	73.241	73.013	73.013	73.241	73.241	73.013
รวม	614.007	632.013	652.672	678.357	669.535	686.164

ผลการคำนวณจากตารางที่ 4.32 ซึ่งได้มาจากการแทนค่าลงในสูตรของ VC ปรากฏออกมาว่า ระบบของการลงทะเลเป็นเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่กับระบบปัจจุบัน (2, 2) จะมีค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ย (VC) ที่ชั้นคอนที่ 8 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเช่นระบบ (3, 3) มีค่าเท่ากับ 50.724 บาท/ช.ม

ผลจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ชั้นคอนที่ 5 กับ 6 จะสังเกตเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในชั้นคอนที่ 5 กับ 6 จะเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่มากขึ้น ในขณะที่ยังคอนอื่นๆแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย

เมื่อทำการรวมค่า VC ของทุกชั้นคอนของแต่ละระบบจะได้อาหาระบบ - ปัจจุบัน (2, 2) มีค่าใช้จ่ายรวมของทั้ง 9 ชั้นคอนค่าสุดโดยมีค่าเท่ากับ 614.00 บาท/ช.ม และเพื่อให้เห็นผลที่ได้จากการประมาณได้ชัดเจนขึ้นจึงนำค่าใช้จ่ายเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ชั้นคอนที่แยกแยะตามการเปลี่ยนแปลงมาแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4

4.5.3 การพิจารณาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบการลงตะ เป็นวิชา- เรียนเมื่อทำการสลับชั้นคอนของการลงตะ เป็นวิชาเรียน

ในการสลับชั้นคอนของการลงตะ เป็นวิชาเรียนได้ทำการสลับชั้นคอนของการลงตะ เป็นวิชาเรียน 3 วิธีคือสลับชั้นคอนที่ 6 กับ 7 , สลับชั้นคอนที่ 8 กับ 9 และวิธีสุดท้ายคือสลับชั้นคอนที่ 6 กับ 7 พร้อมกับ สลับชั้นคอนที่ 8 กับ 9

ในการสลับชั้นคอนของการลงตะ เป็นวิชาเรียนจะทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงค่าจำนวนนิสิตในระบบโดยเฉลี่ย (L_s) , ค่าใช้จ่าย c_2 ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามชั้นคอนที่สลับกัน เช่นสลับชั้นคอนที่ 6 กับ 7 ก็จะทำให้เปลี่ยน c_2 ของชั้นคอนที่ 6 ไปไว้ที่ c_2 ชั้นคอนที่ 7 และในทำนองเดียวกัน c_2 ของชั้นคอนที่ 7 ก็จะมาแทนค่าในชั้นคอนที่ 6 ควบเช่นกัน , ค่า c_1 นี้จะไม่เปลี่ยนแปลง , ค่า c_3 ก็จะเปลี่ยนโดยการสลับ c_3 เช่นสลับ c_3 ของชั้นคอนที่ 6 ไปไว้ในชั้นคอนที่ 7 และสลับ c_3 ชั้นคอนที่ 7 ไปไว้ที่ชั้นคอนที่ 6 เช่นกัน

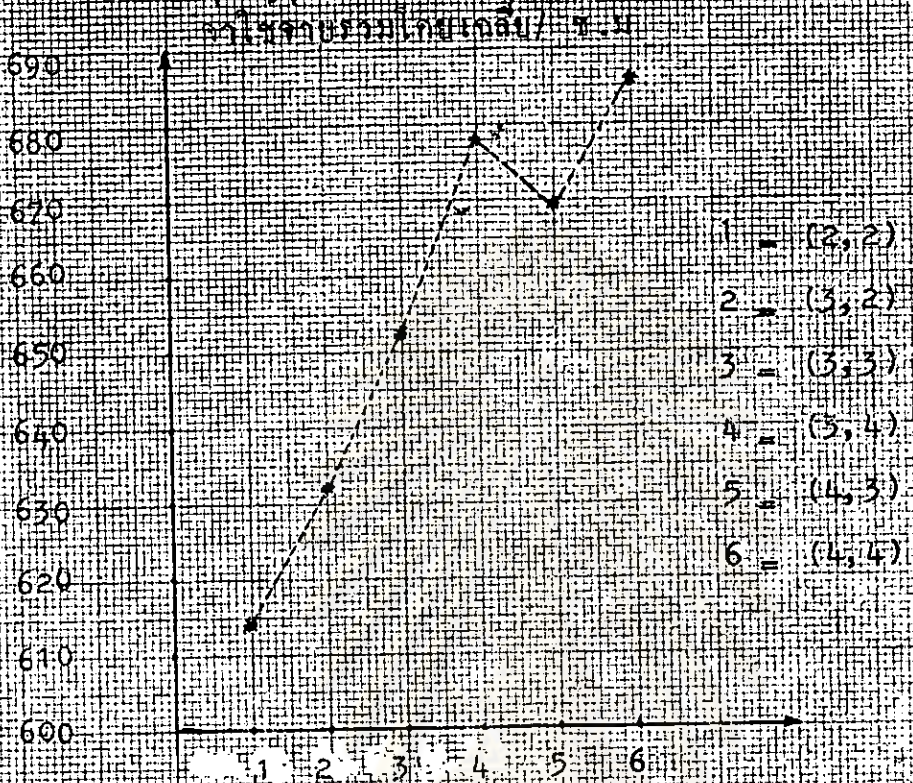
ผลการคำนวณโคแยกแยะตามวิธีการสลับซึ่งแสดงในตารางที่ 4.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

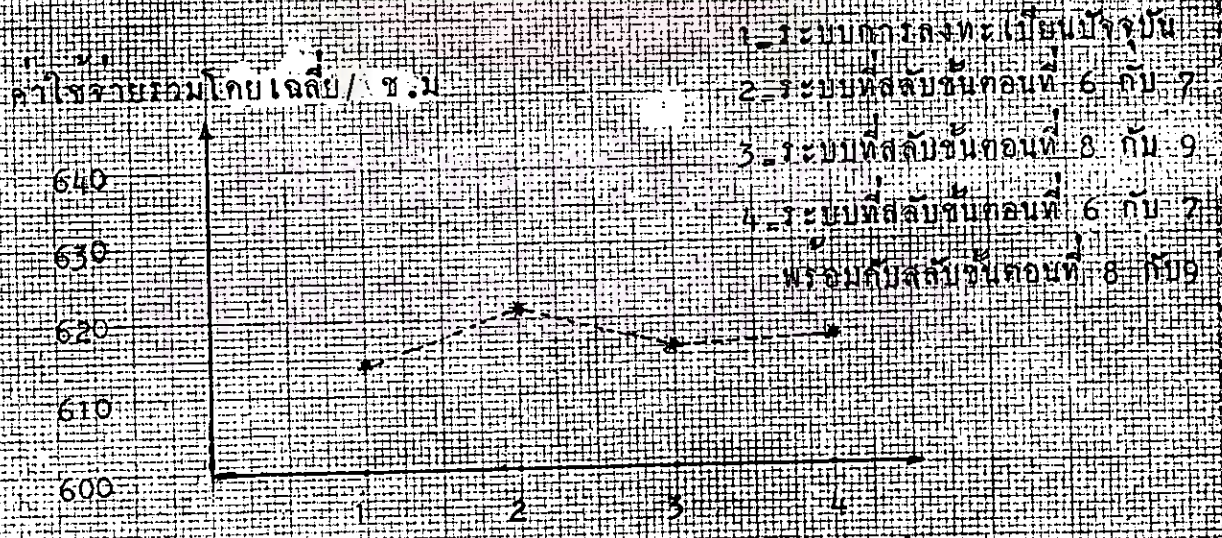
ตารางที่ 4.33 แสดงค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยของแต่ละชั้นตอนโดยแยกแยะตามวิธีการสลัชั้นตอนของการลงทะเล เป็นวิชาเรียน

ชั้นตอน	ระบบปัจจุบัน	ระบบสลั 6 กับ 7	ระบบสลั 8 กับ 9	ระบบสลั 6กับ 7พร้อมสลั8,9
1	58.351	58.0083	58.2368	57.894
2	51.936	51.594	51.593	51.365
3	74.476	75.162	73.791	75.619
4	76.533	76.876	76.647	76.876
5	62.289	62.860	62.746	62.518
6	80.162	86.751	83.018	86.979
7	86.523	86.751	86.523	83.133
8	50.496	50.609	73.013	72.784
9	73.241	73.013	50.496	50.381
รวม	614.007	621.425	616.064	617.548

ผลการคำนวณเมื่อทำการสลัชั้นตอนของการลงทะเล เป็นวิชาเรียนปรากฏผลออกมาว่าเมื่อทำการสลัชั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะให้ค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยรวมทุกชั้นตอนแล้วมีค่าค่าสูงกว่าระบบอื่นๆ (การสลัด้วยวิธีอื่น) มีค่าเท่ากับ 616.064 บาท/ช.ม แต่เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะใ้ค่าระบบการลงทะเล เป็นในในปัจจุบันมีค่าต่ำกว่าระบบงานที่ทำการสลัชั้นตอนที่ 8 กับ 9 และเมื่อขึ้นไปพิจารณาถึงระบบงานที่ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ก็จะใ้ค่า ระบบงานที่ทำการสลัชั้นตอนชั้นตอนที่ 8 กับ 9 มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำกว่า เพื่อให้เห็น



รูปที่ 4.4 แสดงค่ารายรวมโดยเฉลี่ยของแต่ละระบบงานแบบดัดแปรตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่



รูปที่ 4.5 แสดงค่ารายรวมโดยเฉลี่ยของแต่ละระบบงานเมื่อมีการสลับกัน

ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยของระบบปัจจุบันกับระบบที่ทำการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้นมี 2 ลักษณะคือ การเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ให้บริการ กับ การเปลี่ยนแปลงโดยการสลับขั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียนนั้นก็นำมาทำการทดสอบ **Analysis of variance** เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระบบปัจจุบันกับระบบที่เปลี่ยนแปลงมีค่าแตกต่างกันหรือไม่ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยนี้เท่ากันที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9% และค่าเฉลี่ยนี้ไม่เท่ากันหรือแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยเมื่อทำการสลับขั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียนเพื่อให้เห็นค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้นำเอาค่าไปเขียนกราฟซึ่งแสดงในรูปที่ 4.5

4.5.4 สรุประบบการจำลองแบบเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระบบการลงทะเบียนวิชาเรียนโดยการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

1. เปลี่ยนระบบโดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ ปรากฏว่าระบบงานที่ทำการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าใช้จ่ายรวมโดยประมาณสูงกว่าระบบการลงทะเบียนในปัจจุบันซึ่งจะต่ำกว่าทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนเจ้าหน้าที่ระบบปัจจุบันจะก็อยู่แล้ว (พิจารณาตามผลการคำนวณ)

2. เปลี่ยนระบบโดยทำการสลับขั้นตอนของการลงทะเบียนวิชาเรียนซึ่งผลการคำนวณปรากฏว่าเมื่อทำการสลับขั้นตอนที่ 8 กับ 9 จะมีค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยรวมทั้ง 9 ขั้นตอน ต่ำกว่าวิธีการสลับแบบอื่น ๆ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบปัจจุบันจะได้ว่าระบบปัจจุบัน มีค่าใช้จ่ายรวมโดยประมาณต่ำกว่าซึ่งแสดงว่าระบบงานปัจจุบันนี้เป็นระบบงานที่เหมาะสมก็อยู่แล้ว