

บทที่ 6

การออกแบบการทดลอง

1. บทนำ

การจัดสรรห้องเรียนที่สามารถเปลี่ยนแปลงเวลาเรียนได้เป็นปัญหาที่มีลักษณะเป็นแบบไม่เป็นโพลิโนเมียล อย่างสมบูรณ์ (Np-Complete) ที่ไม่สามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งวิธีที่นำมาใช้แก้ไขปัญหาคือวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูลีรซ์ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น ในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมกับดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของสภาวะการณ์จริง และในส่วนของ การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม วิธีทาบูลีรซ์ วิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง และหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลกระทบต่อค่าผลเฉลยที่เป็นดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อวิชาและต่อนักศึกษาซึ่งเป็นผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ

2. การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของกรณีศึกษา

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นที่ได้ทำการศึกษามาแล้ว การเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรายวิชาเฉลี่ยต่อภาคการศึกษากับกรณีศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2545 – 2551 ซึ่งเงื่อนไขของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมที่ได้เปรียบเทียบกับกรณีศึกษานี้ได้ทำการกำหนดให้ไม่สามารถเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนได้เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ไม่ทราบว่ามีรายวิชาใดที่สามารถเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนได้ ดังนั้นจึงการจัดสรรโดยให้เกิดความเหมาะสมในด้านของความจุและการเลือกใช้ห้องเรียนที่มีภาระการปรับอากาศภายนอกอาคารรวมที่ต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการจัดสรรห้องเรียนด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมโดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรายวิชามีค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับกรณีศึกษาเท่ากับ 13.97 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าลดลงสูงสุดเท่ากับ 19.73 เปอร์เซ็นต์ และหากพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อนักศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานลดลงเท่ากับ 17.24 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าลดลงสูงสุดเท่ากับ 28.59 เปอร์เซ็นต์ แต่ในบางปีการศึกษาจะพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากปีการศึกษานั้นมีการจัดสรรใช้ห้องเรียนที่เหมาะสมทั้งทางด้านความจุและปริมาณการถ่ายเทพลังงานความร้อนนอกกรอบอาคาร ซึ่งจะพบว่าหากทำการพิจารณาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อนักศึกษาจะสามารถทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการพัฒนาอัลกอริทึมได้ชัดเจนกว่า

พร้อมทั้งยังสามารถนำไปใช้ในพิจารณาถึงต้นทุนในกิจกรรมการเรียนการสอนของสถาบันการศึกษานั้น ๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นในการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในลำดับต่อไปจะพิจารณาดังนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อนักศึกษา โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมโดยพิจารณาดังนี้เฉลี่ยต่อรายวิชาและต่อนักศึกษาได้ในตารางที่ 6.1 และ 6.2 ตามลำดับและสามารถหาค่าผลลัพธ์ของดัชนีการปรับปรุงด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมได้จากสมการที่ 6.1

$$\text{Improvement rate of heuristic} = \frac{\text{General_case} - \text{Initial_Solution}}{\text{General_case}} \times 100\% \quad (6.1)$$

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกรณีศึกษาและการใช้พลังงานไฟฟ้าจากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม โดยพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรายวิชา

ปีการศึกษา	ภาคการศึกษา	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาคการศึกษา				ดัชนีที่ลดลงจากการพัฒนาฮิวริสติก (%)
		กรณีศึกษา (กิโวลต์)	กรณีศึกษา (กิโวลต์/รายวิชา)	ฮิวริสติก อัลกอริทึม (กิโวลต์)	ฮิวริสติก อัลกอริทึม (กิโวลต์/รายวิชา)	
2545	1	8,025.69	276.74	6,509.20	246.03	11.098
2545	2	7,633.80	238.55	6,264.93	195.77	17.93
2546	1	5,743.65	287.18	4,920.66	246.03	14.32
2546	2	4,719.97	262.22	3,806.90	211.49	19.34
2547	1	5,570.54	293.18	5,099.37	268.38	8.45
2547	2	6,317.17	274.65	5,507.66	239.46	12.81
2548	1	5,684.04	355.25	4,832.77	302.04	14.97
2548	2	4,618.25	355.25	3,852.72	296.36	16.57
2549	1	5,733.56	358.34	5,147.99	321.74	10.21
2549	2	6,503.05	342.26	5,219.95	274.73	19.73
2550	1	5,109.46	319.34	4,671.43	291.96	8.57
2550	2	5,251.32	308.90	4,400.73	258.86	16.19
2551	1	4,916.34	351.16	4,114.72	293.90	16.30
2551	2	7,168.99	358.44	6,517.19	325.85	9.09
	Minimum	4,618.25	238.55	3,806.90	195.77	8.45
	Maximum	8,025.69	358.44	6,517.19	325.85	19.73
	Average	5,822.87	327.80	5,061.87	269.47	13.97

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกรณีศึกษาและการใช้พลังงานไฟฟ้าจากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม โดยพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อนักศึกษา

ปีการศึกษา	ภาคการศึกษา	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาคการศึกษา				ดัชนีที่ลดลงจากการพัฒนาฮิวริสติก (%)
		กรณีศึกษา (กิโลวัตต์)	กรณีศึกษา (กิโลวัตต์/นักศึกษา)	ฮิวริสติก อัลกอริทึม (กิโลวัตต์)	ฮิวริสติก อัลกอริทึม (กิโลวัตต์/นักศึกษา)	
2545	1	8,025.69	9.284663	6,509.20	7.2124	22.31921
2545	2	7,633.80	11.80083	6,264.93	9.044567	22.03515
2546	1	5,743.65	8.722391	4,920.66	7.265915	16.69813
2546	2	4,719.97	11.47733	3,806.90	8.527027	25.7055
2547	1	5,570.54	8.468979	5,099.37	7.865584	7.124766
2547	2	6,317.17	9.438425	5,507.66	7.760003	17.78286
2548	1	5,684.04	9.972018	4,832.77	8.315493	16.61174
2548	2	4,618.25	10.66093	3,852.72	9.773643	8.322805
2549	1	5,733.56	8.555314	5,147.99	7.51942	12.10819
2549	2	6,503.05	18.38635	5,219.95	14.56709	20.77226
2550	1	5,109.46	9.131899	4,671.43	8.144897	10.80829
2550	2	5,251.32	13.01878	4,400.73	11.45735	11.9937
2551	1	4,916.34	16.14922	4,114.72	11.53291	28.58531
2551	2	7,168.99	9.748963	6,517.19	7.751057	20.49353
	Minimum	4,618.25	8.468979	3,806.90	7.2124	7.124766
	Maximum	8,025.69	18.38635	6,517.19	14.56709	28.58531
	Average	5,822.87	11.04401	5,061.87	9.052669	17.2401

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยระหว่างจำนวนนักศึกษาที่ได้ทำการลงทะเบียนกับดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อจำนวนนักศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่จะนำไปใช้ในการออกแบบการทดลองพบว่ามีค่าเท่ากับ -0.21755 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตัวแปรทั้งสองตัวแปรนี้มีความสัมพันธ์กันน้อยมากและในส่วนที่มีความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกันซึ่งหมายความว่าหากมีจำนวนนักศึกษาที่ทำการลงทะเบียนจำนวนมากจะทำให้มีดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ดีขึ้น ดังนั้นจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละภาคการศึกษาไม่ได้ส่งผลต่อค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่นำเอาจำนวนนักศึกษาที่ได้ทำการลงทะเบียนไปเป็นปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

3. การออกแบบการทดลองของอัลกอริทึมในการจัดสรรห้องเรียน

การออกแบบการทดลองของการจัดตารางการใช้ห้องเรียนเป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลตอบแทนในการหาผลเฉลยสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนซึ่งทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีทาบูลีรีซที่ได้นำเสนอในบทที่ 4

โดยได้ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^k (2^k Factorial Design) ซึ่งในการทดลองคอมพิวเตอร์มีจำนวน 10 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการทดลอง เป็นดังนี้

3.1 ปัจจัย (Factors) ที่พิจารณาในการทดลอง

ปัจจัยที่ได้พิจารณาให้เป็นปัจจัยในการทดลอง มีจำนวน 3 ปัจจัย ($k = 3$) ได้แก่

3.1.1 รายวิชาทั้งหมดที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียน (A) โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

(1) ระดับต่ำ (Low Level) คือ รายวิชาทั้งหมดที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียน UNIF (18, 23)

(2) ระดับกลาง (High Level) คือ รายวิชาทั้งหมดที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียน UNIF (24, 29)

(3) ระดับสูง (High Level) คือ รายวิชาทั้งหมดที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียน UNIF (30, 35)

3.1.2 เพอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้ (B) โดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

(1) ระดับต่ำ (Low Level) คือ มีเพอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้เป็น 40 เพอร์เซ็นต์

(2) ระดับสูง (High Level) คือ มีเพอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้เป็น 80 เพอร์เซ็นต์

3.1.3 เพอร์เซ็นต์ของห้องเรียนขนาดใหญ่ที่ใช้ในการจัดสรร (C) ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดให้มีห้องเรียนจำนวนทั้งหมด 6 ห้องเรียนโดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

(1) ระดับต่ำ (Low Level) คือ มีอัตราส่วนของห้องเรียนขนาดเล็กต่อจำนวนห้องเรียนทั้งหมดเป็น 33 เพอร์เซ็นต์ ทำให้มีห้องขนาดเล็ก ขนาดกลางและ ขนาดใหญ่จำนวนเท่ากันคือ ขนาดละ 2 ห้องเรียน

(2) ระดับสูง (High Level) คือ มีอัตราส่วนของห้องเรียนขนาดเล็กต่อจำนวนห้องเรียนทั้งหมดเป็น 50 เพอร์เซ็นต์ ทำให้มีห้องขนาดใหญ่จำนวน 3 ห้อง และกำหนดให้ห้องขนาดกลางและเล็กมีจำนวน 2 และ 1 ห้องเรียนตามลำดับ

3.2 ผลตอบสนอง (Response)

ผลตอบสนองในการทำการทดลองในงานวิจัยนี้มี 2 กรณีดังนี้

3.2.1 การเปรียบเทียบผลเฉลี่ยเริ่มต้นที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมกับการปรับปรุงผลเฉลี่ยที่ได้จากวิธีทาบูลีรีซ ผลตอบสนองที่สนใจ คือ เพอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อนักศึกษาที่ได้ทำการลงทะเบียนที่ได้จากการหาผลเฉลี่ยของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมกับการปรับปรุงผลเฉลี่ยด้วยวิธีทาบูลีรีซ

3.2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีทาบลูเลิร์ชกับวิธีอีวีสติกขอบเขตล่าง ผลตอบสนองที่สนใจ คือ เปอร์เซนต์ความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อนักศึกษาที่ได้ทำการลงทะเบียนที่ได้จากการหาผลเฉลี่ยของวิธีทาบลูเลิร์ชกับวิธีอีวีสติกค่าขอบเขตล่าง

3.4 การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ

เป็นการทดสอบว่าแต่ละระดับใดของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลตอบสนองของการทดลองที่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Least-Significant Different (LSD)

3.5 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ได้มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของตัวอย่างปัญหาที่กำหนดขึ้นในการป้อนเข้าข้อมูลในการคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในแต่ละรายวิชา โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

- (1) จำนวนนักศึกษาน้อย มีจำนวนอยู่ระหว่าง 10 - 35 คน
- (2) จำนวนนักศึกษาปานกลาง มีจำนวนอยู่ระหว่าง 35 - 70 คน
- (3) จำนวนนักศึกษามาก มีจำนวนอยู่ระหว่าง 70 - 120 คน

3.5.2 ห้องเรียนทั้งหมดมีเพียงพอต่อรายวิชาที่จะทำการเรียนการสอน โดยในการออกแบบการทดลองนี้กำหนดให้มีทั้งสิ้น 6 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็น 3 ขนาดคือ

- (1) ขนาดเล็ก มีความจุไม่เกิน 35 คน มีเครื่องขยายเสียง 4 เครื่องและหลอดไฟฟ้าจำนวน 12 หลอด
- (2) ขนาดกลาง มีความจุไม่เกิน 50 คน มีเครื่องขยายเสียง 6 เครื่องและหลอดไฟฟ้าจำนวน 18 หลอด
- (3) ขนาดใหญ่ มีความจุไม่เกิน 120 คน มีเครื่องขยายเสียง 8 เครื่องและหลอดไฟฟ้าจำนวน 30 หลอด

3.5.3 โซนของห้องเรียนโดยแบ่งออกตามภูมิอากาศ โดยแบ่งเป็น 3 โซน คือ

- (1) โซนที่ 1
- (2) โซนที่ 2
- (3) โซนที่ 3

โดยทำการสุ่มเลือกโซนของห้องเรียนในแต่ละการทดลอง

3.5.2 ภาคการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 2 ภาคการศึกษา คือ

- (1) ภาคการศึกษาที่ 1
- (2) ภาคการศึกษาที่ 2

โดยทำการสุ่มเลือกภาคการศึกษาของวิชาเรียนในแต่ละการทดลอง

โดยรูปแบบการทดลองการออกแบบการทดลองที่กล่าวมานั้น สามารถแสดงการออกแบบการทดลองทั้ง 12 การทดลองได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงรูปแบบการทดลองที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยต่างที่มีผลกระทบต่อการทดลอง

คอมบินเชัน ที่	จำนวนซ้ำ	ปัจจัย A			ปัจจัย B		ปัจจัย C	
		Low	Medium	Hi	Low	High	Low	High
		(UNIF 18, 23)	(UNIF 24, 29)	(UNIF 30, 35)	40%	80%	33%	50%
1	10 ซ้ำ	✓			✓		✓	
2	10 ซ้ำ	✓			✓			✓
3	10 ซ้ำ	✓				✓	✓	
4	10 ซ้ำ	✓				✓		✓
5	10 ซ้ำ		✓		✓		✓	
6	10 ซ้ำ		✓		✓			✓
7	10 ซ้ำ		✓			✓	✓	
8	10 ซ้ำ		✓			✓		✓
9	10 ซ้ำ			✓	✓		✓	
10	10 ซ้ำ			✓	✓			✓
11	10 ซ้ำ			✓		✓	✓	
12	10 ซ้ำ			✓		✓		✓

4. การเปรียบเทียบการปรับปรุงผลเฉลี่ยเริ่มต้นที่ได้จากวิธิตาบูเสิร์ชกับวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึม

การเปรียบเทียบการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธิตาบูเสิร์ช จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^3 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมเพื่อหาผลเฉลี่ยเริ่มต้น กับการพัฒนาผลเฉลี่ยด้วยวิธีตาบูเสิร์ช ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในตารางที่ 6.4

โดยการเปรียบเทียบดัชนีการปรับปรุงสามารถหาค่าผลลัพธ์ของดัชนีการปรับปรุงได้จากสมการที่ 6.2

$$\text{Improvement rate of Tabu Search} = \frac{\text{Initial_Solution} - \text{Tabu_Solution}}{\text{Initial_Solution}} \times 100\% \quad (6.2)$$

ตารางที่ 6.4 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูลีเซิร์ช

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม	วิธีทาบูลีเซิร์ช
1	L	L	L	7.142	7.113
2	L	L	L	6.455	6.452
3	L	L	L	6.702	6.699
4	L	L	L	6.842	6.837
5	L	L	L	6.539	6.538
6	L	L	L	6.997	6.997
7	L	L	L	6.604	6.601
8	L	L	L	6.939	6.930
9	L	L	L	7.354	7.351
10	L	L	L	6.711	6.701
11	L	L	H	7.252	7.206
12	L	L	H	6.901	6.861
13	L	L	H	7.159	7.145
14	L	L	H	7.161	7.161
15	L	L	H	7.047	7.042
16	L	L	H	6.581	6.572
17	L	L	H	6.466	6.457
18	L	L	H	6.392	6.390
19	L	L	H	7.305	7.274
20	L	L	H	6.957	6.955
21	L	H	L	6.725	6.713
22	L	H	L	7.142	7.126
23	L	H	L	7.184	7.135
24	L	H	L	7.021	7.004
25	L	H	L	7.216	7.209
26	L	H	L	6.787	6.726
27	L	H	L	7.224	7.206
28	L	H	L	6.951	6.930
29	L	H	L	7.054	7.031
30	L	H	L	6.580	6.562

ตารางที่ 6.4 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูลีส์ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม	วิธีทาบูลีส์
31	L	H	H	6.860	6.776
32	L	H	H	7.010	7.001
33	L	H	H	7.098	7.024
34	L	H	H	6.436	6.380
35	L	H	H	6.421	6.413
36	L	H	H	6.800	6.794
37	L	H	H	6.560	6.559
38	L	H	H	6.945	6.892
39	L	H	H	6.961	6.861
40	L	H	H	6.930	6.898
41	H	L	L	7.006	6.995
42	H	L	L	6.788	6.770
43	H	L	L	6.874	6.843
44	H	L	L	7.068	7.061
45	H	L	L	6.937	6.906
46	H	L	L	6.687	6.663
47	H	L	L	7.079	7.051
48	H	L	L	6.568	6.553
49	H	L	L	6.826	6.816
50	H	L	L	6.676	6.676
51	H	L	H	6.901	6.878
52	H	L	H	7.147	7.130
53	H	L	H	7.137	7.107
54	H	L	H	6.861	6.858
55	H	L	H	6.774	6.769
56	H	L	H	6.687	6.670
57	H	L	H	7.083	7.044
58	H	L	H	6.602	6.545
59	H	L	H	6.905	6.905

ตารางที่ 6.4 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูลีเซิร์ช (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโวลต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม	วิธีทาบูลีเซิร์ช
60	H	L	H	6.848	6.838
61	H	H	L	6.652	6.650
62	H	H	L	6.705	6.559
63	H	H	L	6.865	6.839
64	H	H	L	6.519	6.478
65	H	H	L	6.658	6.635
66	H	H	L	7.068	7.033
67	H	H	L	6.804	6.792
68	H	H	L	6.674	6.663
69	H	H	L	6.903	6.831
70	H	H	L	6.615	6.601
71	H	H	H	6.873	6.864
72	H	H	H	6.941	6.799
73	H	H	H	6.957	6.949
74	H	H	H	6.936	6.927
75	H	H	H	6.915	6.899
76	H	H	H	6.842	6.833
77	H	H	H	6.704	6.637
78	H	H	H	6.937	6.931
79	H	H	H	6.748	6.728
80	H	H	H	6.697	6.688
81	H	L	L	7.001	6.975
82	H	L	L	6.901	6.850
83	H	L	L	6.987	6.981
84	H	L	L	6.751	6.741
85	H	L	L	6.836	6.826
86	H	L	L	7.044	7.030
87	H	L	L	6.998	6.971
88	H	L	L	6.920	6.912
89	H	L	L	6.866	6.747
90	H	L	L	6.918	6.908

ตารางที่ 6.4 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีอิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูลีร์ซ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีอิวริสติก อัลกอริทึม	วิธีทาบูลีร์ซ
91	H	L	H	6.782	6.777
92	H	L	H	6.916	6.914
93	H	L	H	6.896	6.877
94	H	L	H	7.001	7.001
95	H	L	H	6.953	6.953
96	H	L	H	7.138	7.007
97	H	L	H	6.918	6.893
98	H	L	H	7.022	7.015
99	H	L	H	7.007	6.960
100	H	L	H	6.836	6.834
101	H	H	L	6.809	6.802
102	H	H	L	6.899	6.853
103	H	H	L	6.892	6.842
104	H	H	L	6.925	6.773
105	H	H	L	6.905	6.863
106	H	H	L	6.733	6.727
107	H	H	L	6.927	6.895
108	H	H	L	6.876	6.738
109	H	H	L	6.772	6.756
110	H	H	L	6.974	6.954
111	H	H	H	6.862	6.852
112	H	H	H	6.977	6.952
113	H	H	H	6.810	6.764
114	H	H	H	6.822	6.761
115	H	H	H	6.919	6.881
116	H	H	H	6.745	6.731
117	H	H	H	6.842	6.795
118	H	H	H	6.662	6.646
119	H	H	H	6.758	6.750
120	H	H	H	6.920	6.884

เมื่อ L เป็นการทดลองที่ระดับต่ำ (Low Level) ของแต่ละปัจจัย
 H เป็นการทดลองที่ระดับสูง (High Level) ของแต่ละปัจจัย

ตารางที่ 6.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีอิวริสติก อัลกอริทึมและวิธีทาบูเลิร์ซ

การทดลองซ้ำที่	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (%)											
	ปัจจัย A (Low)				ปัจจัย A (Medium)				ปัจจัย A (High)			
	ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)		ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)		ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)	
	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)	ปัจจัย C (Low)	ปัจจัย C (High)
1	0.414	0.634	0.179	1.234	0.161	0.334	0.035	0.138	0.377	0.070	0.106	0.147
2	0.055	0.579	0.226	0.132	0.262	0.238	2.176	2.047	0.746	0.033	0.669	0.359
3	0.044	0.201	0.673	1.037	0.460	0.412	0.377	0.107	0.090	0.274	0.716	0.673
4	0.082	0.000	0.243	0.866	0.087	0.050	0.627	0.134	0.145	0.004	2.199	0.893
5	0.008	0.077	0.107	0.122	0.443	0.078	0.340	0.230	0.137	0.001	0.602	0.558
6	0.000	0.142	0.885	0.194	0.351	0.261	0.507	0.126	0.208	1.842	0.075	0.215
7	0.049	0.133	0.244	0.023	0.391	0.556	0.178	1.004	0.396	0.361	0.469	0.685
8	0.131	0.020	0.305	0.770	0.235	0.851	0.166	0.088	0.116	0.099	1.999	0.238
9	0.037	0.430	0.323	1.427	0.147	0.000	1.040	0.286	1.731	0.663	0.228	0.123
10	0.154	0.022	0.273	0.458	0.000	0.146	0.216	0.121	0.131	0.025	0.283	0.519
Average	0.098	0.224	0.346	0.616	0.254	0.292	0.566	0.428	0.408	0.337	0.735	0.441

จากผลการทดลองในตารางที่ 6.5 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากผลเฉลี่ยเริ่มต้นของวิธีอิวริสติก อัลกอริทึมกับการพัฒนาผลเฉลี่ยด้วยวิธีทาบูเลิร์ซ มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ย 0.395 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดเท่ากับ 2.199 เปอร์เซ็นต์และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ที่เป็นวิธีการทดสอบ Least-Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 13.0 ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังผลลัพธ์ที่ 1 และผลลัพธ์ที่ 2 ตามลำดับ (ภาคผนวก ค)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก p-value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 จากตารางสามารถวิเคราะห์ได้ว่ามีปัจจัยเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ ปัจจัยเปอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้ (ปัจจัย B)

ในส่วนของการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ แสดงให้เห็นว่าระดับของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของการออกแบบการทดลอง อย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยที่ระดับสูง (High level) ของปัจจัย B มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่สูงกว่าที่ระดับต่ำ (Low level) ซึ่งหมายความว่า เปอร์เซนต์ของวิชาที่สามารถเปลี่ยนเวลาทำการเรียนการสอนได้ในระดับสูงจะทำให้วิธีทาบูลีร์ชสามารถปรับปรุงผลเฉลี่ยให้ดีมากกว่าในระดับต่ำ ดังนั้นวิธีทาบูลีร์ชเหมาะกับปัญหาที่รายวิชาที่ต้องทำการจัดสรรห้องเรียนที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้ในปริมาณสูงเพื่อที่จะทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึม

5. การประเมินประสิทธิภาพของผลเฉลี่ยที่ได้จากวิธีทาบูลีร์ช โดยการเปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมก่อนนำไปใช้ในการจัดลำดับรายวิชาและการจัดสรรห้องเรียนจริงและเนื่องจากปัญหาหลักขณะนี้ยังไม่เคยมีงานวิจัยใดทำการศึกษามาก่อน ดังนั้นวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น และเนื่องจากวิธีทาบูลีร์ชเป็นวิธีที่สามารถทำการพัฒนาผลเฉลี่ยเบื้องต้นที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมที่ได้ผลเฉลี่ยที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ดังนั้นในส่วนของการออกแบบการทดลองจึงเลือกทำการทดสอบประสิทธิภาพระหว่างวิธีทาบูลีร์ชกับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง

การประเมินประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้จากวิธีทาบูลีร์ช จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^3 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซนต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นผลเฉลี่ยจากทั้งสองวิธี โดยผลเฉลี่ยจากทั้งวิธีทาบูลีร์ชและวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างแสดงได้ดังตารางที่ 6.6 โดยการเปรียบเทียบดัชนีการปรับปรุงสามารถหาค่าผลลัพธ์ของดัชนีการปรับปรุงได้จากสมการที่ 6.3 ซึ่งเปอร์เซนต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง 2 วิธีแสดงดังตารางที่ 6.7

$$\text{Different rate of Heuristic} = \frac{\text{Tabu_Solution} - \text{Lower_Bound}}{\text{Tabu_Solution}} \times 100\% \quad (6.3)$$

ตารางที่ 6.6 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีทาบูลีรัชและวิธีอีวีสติกค่าขอบเขตล่าง

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีทาบูลีรัช	วิธีอีวีสติกค่า ขอบเขตล่าง
1	L	L	L	7.113	6.914
2	L	L	L	6.452	6.286
3	L	L	L	6.699	6.493
4	L	L	L	6.837	6.634
5	L	L	L	6.538	6.358
6	L	L	L	6.997	6.755
7	L	L	L	6.601	6.393
8	L	L	L	6.930	6.640
9	L	L	L	7.351	7.142
10	L	L	L	6.701	6.471
11	L	L	H	7.206	6.836
12	L	L	H	6.861	6.653
13	L	L	H	7.145	6.885
14	L	L	H	7.161	6.911
15	L	L	H	7.042	6.804
16	L	L	H	6.572	6.334
17	L	L	H	6.457	6.253
18	L	L	H	6.390	6.183
19	L	L	H	7.274	7.024
20	L	L	H	6.955	6.657
21	L	H	L	6.713	6.506
22	L	H	L	7.126	6.916
23	L	H	L	7.135	6.984
24	L	H	L	7.004	6.783
25	L	H	L	7.209	6.961
26	L	H	L	6.726	6.581
27	L	H	L	7.206	6.996
28	L	H	L	6.930	6.677
29	L	H	L	7.031	6.745
30	L	H	L	6.562	6.334
31	L	H	H	6.776	6.595
32	L	H	H	7.001	6.727

ตารางที่ 6.6 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีทาบูเลิร์ชและวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่าง (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีทาบูเลิร์ช	วิธีฮิวริสติกค่า ขอบเขตล่าง
33	L	H	H	7.024	6.825
34	L	H	H	6.380	6.180
35	L	H	H	6.413	6.168
36	L	H	H	6.794	6.541
37	L	H	H	6.559	6.338
38	L	H	H	6.892	6.730
39	L	H	H	6.861	6.682
40	L	H	H	6.898	6.657
41	H	L	L	6.995	6.748
42	H	L	L	6.770	6.537
43	H	L	L	6.843	6.501
44	H	L	L	7.061	6.820
45	H	L	L	6.906	6.586
46	H	L	L	6.663	6.447
47	H	L	L	7.051	6.679
48	H	L	L	6.553	6.189
49	H	L	L	6.816	6.349
50	H	L	L	6.676	6.435
51	H	L	H	6.878	6.702
52	H	L	H	7.130	6.900
53	H	L	H	7.107	6.723
54	H	L	H	6.858	6.629
55	H	L	H	6.769	6.423
56	H	L	H	6.670	6.444
57	H	L	H	7.044	6.797
58	H	L	H	6.545	6.226
59	H	L	H	6.905	6.470
60	H	L	H	6.838	6.588
61	H	H	L	6.650	6.406
62	H	H	L	6.559	6.357
63	H	H	L	6.839	6.617
64	H	H	L	6.478	6.282

ตารางที่ 6.6 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีทาบูลีร์ชและวิธีอีวีสติกค่าขอบเขตล่าง (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีทาบูลีร์ช	วิธีอีวีสติกค่า ขอบเขตล่าง
65	H	H	L	6.635	6.425
66	H	H	L	7.033	6.664
67	H	H	L	6.792	6.600
68	H	H	L	6.663	6.468
69	H	H	L	6.831	6.658
70	H	H	L	6.601	6.361
71	H	H	H	6.864	6.652
72	H	H	H	6.799	6.555
73	H	H	H	6.949	6.701
74	H	H	H	6.927	6.723
75	H	H	H	6.899	6.693
76	H	H	H	6.833	6.548
77	H	H	H	6.637	6.452
78	H	H	H	6.931	6.682
79	H	H	H	6.728	6.515
80	H	H	H	6.688	6.484
81	H	L	L	6.975	6.500
82	H	L	L	6.850	6.667
83	H	L	L	6.981	6.661
84	H	L	L	6.741	6.421
85	H	L	L	6.826	6.524
86	H	L	L	7.030	6.626
87	H	L	L	6.971	6.584
88	H	L	L	6.912	6.600
89	H	L	L	6.747	6.436
90	H	L	L	6.908	6.603
91	H	L	H	6.777	6.560
92	H	L	H	6.914	6.593
93	H	L	H	6.877	6.571
94	H	L	H	7.001	6.618
95	H	L	H	6.953	6.548
96	H	L	H	7.007	6.570

ตารางที่ 6.6 แสดงดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิธีทาบูเลิร์ชและวิธีอีวริสติกค่าขอบเขตล่าง (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปัจจัย A จำนวนรายวิชา	ปัจจัย B เปอร์เซ็นต์ รายวิชาที่เปลี่ยน เวลาได้	ปัจจัย C เปอร์เซ็นต์ ห้องเรียน ขนาดใหญ่	ดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ย (กิโลวัตต์/นักศึกษา/ภาคการศึกษา)	
				วิธีทาบูเลิร์ช	วิธีอีวริสติกค่า ขอบเขตล่าง
97	H	L	H	6.893	6.609
98	H	L	H	7.015	6.609
99	H	L	H	6.960	6.675
100	H	L	H	6.834	6.534
101	H	H	L	6.802	6.496
102	H	H	L	6.853	6.562
103	H	H	L	6.842	6.575
104	H	H	L	6.773	6.606
105	H	H	L	6.863	6.571
106	H	H	L	6.727	6.497
107	H	H	L	6.895	6.594
108	H	H	L	6.738	6.542
109	H	H	L	6.756	6.561
110	H	H	L	6.954	6.648
111	H	H	H	6.852	6.636
112	H	H	H	6.952	6.634
113	H	H	H	6.764	6.606
114	H	H	H	6.761	6.468
115	H	H	H	6.881	6.608
116	H	H	H	6.731	6.542
117	H	H	H	6.795	6.640
118	H	H	H	6.646	6.445
119	H	H	H	6.750	6.567
120	H	H	H	6.884	6.610

เมื่อ L เป็นการทดลองที่ระดับต่ำ (Low Level) ของแต่ละปัจจัย
 H เป็นการทดลองที่ระดับสูง (High Level) ของแต่ละปัจจัย

ตารางที่ 6.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าวิสาหกิจและวิธี
อิวิริสติกค่าขอบเขตล่าง

การ ทดลอง ซ้ำที่	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (%)											
	ปัจจัย A (Low)				ปัจจัย A (Medium)				ปัจจัย A (High)			
	ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)		ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)		ปัจจัย B (Low)		ปัจจัย B (High)	
	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C	ปัจจัย C
	(Low)	(High)	(Low)	(High)	(Low)	(High)	(Low)	(High)	(Low)	(High)	(Low)	(High)
1	2.792	5.134	3.090	2.671	3.522	2.553	3.665	3.092	6.804	3.193	4.502	3.152
2	2.570	3.035	2.949	3.911	3.442	3.225	3.079	3.580	2.666	4.638	4.244	4.560
3	3.083	3.638	2.114	2.840	5.001	5.406	3.253	3.571	4.582	4.449	3.911	2.347
4	2.965	3.489	3.158	3.141	3.423	3.330	3.020	2.948	4.759	5.475	2.464	4.339
5	2.759	3.369	3.434	3.827	4.627	5.102	3.167	2.977	4.429	5.832	4.262	3.968
6	3.462	3.619	2.164	3.712	3.238	3.386	5.241	4.167	5.742	6.240	3.430	2.801
7	3.147	3.173	2.912	3.359	5.269	3.503	2.818	2.794	5.548	4.127	4.364	2.276
8	4.178	3.243	3.647	2.351	5.547	4.877	2.923	3.603	4.521	5.795	2.918	3.025
9	2.840	3.437	4.066	2.615	6.859	6.303	2.533	3.171	4.608	4.098	2.894	2.712
10	3.434	4.290	3.480	3.492	3.610	3.658	3.634	3.059	4.426	4.391	4.400	3.988
Average	3.123	3.643	3.101	3.192	4.454	4.134	3.333	3.296	4.808	4.824	3.739	3.317

จากผลการทดลองในตารางที่ 6.7 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการหาผลเฉลี่ยของวิสาหกิจกับวิธีอิวิริสติกค่าขอบเขตล่าง มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 3.747 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.114 เปอร์เซ็นต์และสูงสุดเท่ากับ 6.859 เปอร์เซ็นต์และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance, ANOVA) และทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ที่เป็นวิธีการทดสอบ Least-Significant Different (LSD) โดยใช้โปรแกรมทดสอบทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 13.0 ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังผลลัพธ์ที่ 3 และผลลัพธ์ที่ 4 ตามลำดับ (ภาคผนวก ค)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก p-value ของปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 และจากตารางสามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ ปัจจัยจำนวนรายวิชาที่ทำการจัดสรรห้องเรียน (ปัจจัย A) ปัจจัยเปอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำ

การเรียนการสอนได้ (ปัจจัย B) และปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรายวิชาที่ทำการจัดสรรห้องเรียน กับเปอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้

ในส่วนของการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ แสดงให้เห็นว่าระดับของปัจจัยที่มีผลกระทบ ต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของการออกแบบการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยที่ระดับต่ำ (Low level) ของปัจจัย A มีค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่ต่ำกว่าคือที่ระดับสูง (High level) ซึ่งหมายความว่าจำนวนรายวิชาที่นำมาจัดสรรห้องเรียน หากรายวิชาที่มีจำนวนน้อยจะทำให้ค่าผลเฉลี่ยใกล้เคียงกับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างมากขึ้น หรือกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพของวิธีทาบูลีร์ชสูงขึ้นตามไปด้วย แต่สำหรับปัจจัย B จะพบว่าที่ระดับสูงจะทำให้ค่าผลเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับวิธีขอบเขตล่างมากกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่รายวิชาที่มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนทำให้สามารถย้ายไปใช้ห้องเรียนและช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรายวิชาที่ทำการจัดสรรห้องเรียนในระดับต่ำกับเปอร์เซ็นต์ของรายวิชาที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงเวลาทำการเรียนการสอนได้ที่ระดับสูงซึ่งจำทำให้วิธีทาบูลีร์ชมีค่าใกล้เคียงกับวิธีฮิวริสติกค่าขอบเขตล่างมากที่สุดซึ่งก็หมายความว่าประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

