

ระบบการจัดตารางการใช้ห้องเรียนด้วยเจเนติกอัลกอริทึม

Classroom Scheduling System using Genetic Algorithm

อมฤตา ฤทธิภักดี

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพฯ 10220

E-mail : amarita@pnru.ac.th

Received: August 31,2018

Revised: October 5,2018

Accepted : October 20,2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการพัฒนาระบบการจัดตารางการใช้ห้องเรียนด้วยเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นปัญหาที่สถาบันการศึกษาส่วนใหญ่จะต้องดำเนินการจัดตารางเรียนในทุกภาคการศึกษา การจัดห้องเรียนให้สัมพันธ์กันกับรายวิชาที่เปิดสอน นักศึกษา และห้องเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการจัดตารางการใช้ห้องเรียน มุ่งหวังให้สามารถค้นหาคำตอบสำหรับห้องเรียนที่เหมาะสม ด้วยเงื่อนไขที่มีความซับซ้อน เช่น จำนวนผู้เรียน ช่วงเวลาเรียน ที่ทำให้การจัดห้องเรียนที่สามารถรองรับจำนวนนักศึกษาได้ และใช้งานห้องเรียนทุกห้องได้เต็มประสิทธิภาพ ไม่เกิดเหตุการณ์ของการจัดตารางห้องเรียนที่ทับซ้อนกัน ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบการจัดตารางการใช้ห้องเรียนด้วยเจเนติกอัลกอริทึม แบ่งเป็น 4 ด้านดังนี้ 1) ด้านการประเมินการใช้งานด้านความถูกต้องของข้อมูล ผลการประเมินอยู่ในระดับดี 2) ด้านการประเมินการใช้งานด้านฟังก์ชันการใช้งานของระบบ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี 3) ด้านการประเมินการใช้งานด้านความเข้าใจที่ง่ายของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก และ 4) ด้านการประเมินการใช้งานด้านความถูกต้องของการออกแบบระบบ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ : ระบบจัดตาราง, เจเนติกอัลกอริทึม

ABSTRACT

This research presented a development of classroom scheduling system using Genetic Algorithm. The classroom scheduling has always been a problem that most education institutes encounter every semester. The classroom arrangement is related to very important factors such as available courses, number of students, period and number of classrooms. Using Genetic Algorithm for a classroom scheduling aims to find the best classroom with complex conditions such as number of students, period to serve number of student which efficiently matches with number of available classrooms in order to avoid classroom overlapping. The evaluation performance of classroom schedule system using Genetic Algorithm comprises with 4 aspects, 1) the evaluation of data validity is in a good result 2) the evaluation of system function is in a good result 3) the evaluation of user-friendly of the system is in a very good result and 4) the evaluation of accuracy of the system design is in a good result.

Keyword : Scheduling System, Genetic Algorithm

1. บทนำ

การจัดการการใช้ห้องเรียน เป็นกระบวนการหนึ่งของสถานศึกษา ที่ต้องดำเนินการเป็นประจำทุกภาคการศึกษา ซึ่งการจัดการการใช้ห้องเรียนให้เหมาะสมกับผู้เรียนนั้น เป็นการจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การจัดการตารางเรียนการสอน การจัดรายวิชาเรียนสำหรับผู้สอนและผู้เรียน การจัดการห้องเรียนให้มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยวิธีเดิมการจัดการการใช้ห้องเรียนมักทำโดยเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ และด้วยงานจัดการการใช้ห้องเรียนนั้นเป็นงานที่ซับซ้อนจึงอาจเกิดความผิดพลาดอยู่บ้าง ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการนำเทคโนโลยีสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสำหรับการจัดการการใช้ห้องเรียน เป็นการลดภาระของเจ้าหน้าที่ได้ระดับหนึ่ง และหลายสถานศึกษาพยายามที่จะพัฒนาระบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย ระบบการจัดการการใช้ห้องเรียนนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดความผิดพลาด จากการจัดการด้วยมือ และเป็นการแบ่งเบาภาระให้กับเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานดังกล่าว โดยประยุกต์ใช้ความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ เจเนติกอัลกอริทึม ความรู้เกี่ยวกับฐานข้อมูล และพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการพัฒนาระบบ การจัดการการใช้ห้องเรียนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จัดเป็นการวิจัยที่อยู่ในกลุ่มของปัญญาประดิษฐ์ โดยนำอัลกอริทึมมาช่วยในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง นักวิจัยมากมายพยายามหาคำตอบที่ดีที่สุดคือ ทศวรรณ กังสา (2548) [1] ได้ศึกษาการจัดการเส้นทางรถโดยสารรับ-ส่งนักเรียน โดยการใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม จากการทดลองพบว่าการใช้เจเนติกอัลกอริทึมช่วยในการหาเส้นทางอยู่ในเกณฑ์ดี และ ไพจิตร อุปถัมภ์ (2556) [2] ได้ประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในงานการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ ผลการทดลองพบว่าสามารถลดระยะทางได้ 9.252 กิโลเมตร ร้อยละ 6.25 สามารถลดเวลาในการ

เดินทางได้ 6 ชั่วโมง 20 นาที คิดเป็น ร้อยละ 6.65 สามารถลดในส่วนของงบประมาณอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 48,663 บาทต่อ 1 ปีงบประมาณ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการของหน่วยงานอีกด้วย อุดลย์ พุกอินทร์ (2551) [3] วิเคราะห์ปัญหาของการจัดลำดับงานโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาขนาดเล็ก และการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรไม่ต่างกันมาก ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทำการปรับแต่ง ซึ่งให้ผลการทดลองอยู่ในเกณฑ์ดี อุดลย์ พุกอินทร์ (2557) [4] ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาแบบผสมผสานประยุกต์ใช้กับการจัดการให้กับเครื่องจักรในโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โดยนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมกับโลคอลเสิร์ช มาพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณหาคำตอบ ผลการทดลองพบว่าสามารถลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรลงได้ วิธีการแก้ปัญหาของการจัดการงานโดยใช้วิธีการผสมผสานเจเนติกอัลกอริทึมกับโลคอลเสิร์ช อาริต ธรรมโน และคณะ (2556) [5] ได้ทำการวิจัยเรื่องการจัดการงานการผลิตที่มีความยืดหยุ่นบนเครื่องจักรกลแบบคู่ขนานในอุตสาหกรรมการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยนำขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้กับระบบการจัดการการใช้ห้องเรียน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการสุ่มสร้างชุดของตัวแทนคำตอบของการจัดการการใช้ห้องเรียนดังรูปที่ 1

รายวิชา	นักศึกษา	...	ข้อมูลห้องเรียน
---------	----------	-----	-----------------

รูปที่ 1 แสดงตัวแทนคำตอบ

2) ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความเหมาะสมโดยพิจารณาจากเงื่อนไขที่สำคัญ คือ จำนวนนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาจะต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับความจุของห้องเรียนที่สามารถรับได้ พิจารณาห้องเรียนที่ว่างเป็นลำดับ เช่น

ชุดข้อมูลที่ 1 มีค่าความเหมาะสมเป็น 100% โดยพิจารณาจำนวนนักศึกษาที่เรียนในรายวิชา 4122502 จะต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับ ความจุของห้องเรียนที่สามารถรับได้ 35 คน พิจารณาห้องเรียนที่ว่างดังรูปที่ 2

4122502	นักศึกษา 30 คน	ว่าง	ความจุ 35 คน
---------	----------------	------	--------------

รูปที่ 2 แสดงการพิจารณาความเหมาะสม

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

3) ขั้นตอนการทำคอร์สโอเวอร์และมิวเดชัน เป็นการแลกเปลี่ยนชุดข้อมูลที่เป็นตัวแทนของคำตอบ ซึ่งเป็นตัวดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึม ในงานวิจัยนี้ทำการคอร์สโอเวอร์แบบ 2 ตำแหน่ง และมิวเดชัน

โดยแบบคอร์สโอเวอร์แบบ 2 ตำแหน่งนี้เป็นกระบวนการที่คล้ายกับแบบคอร์สโอเวอร์แบบจุดเดียว แตกต่างกันที่แบบหลายจุดนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งสองครั้งเพื่อบอกตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดของการแลกเปลี่ยนตำแหน่ง ดังรูปที่ 3

1	7	8	4	5
6	2	3	9	10

รูปที่ 3 แสดงแบบคอร์สโอเวอร์แบบหลายจุด

4) ขั้นตอนการจัดเรียงจำนวนชุดของตัวแทนคำตอบที่เกิดขึ้นใหม่ และชุดของตัวแทนคำตอบเดิมตามค่าความเหมาะสม

5) ทำงานวนซ้ำไปยังขั้นตอนที่ 2 จนครบตามจำนวนที่กำหนด

6) สิ้นสุดการทำงานและเก็บชุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

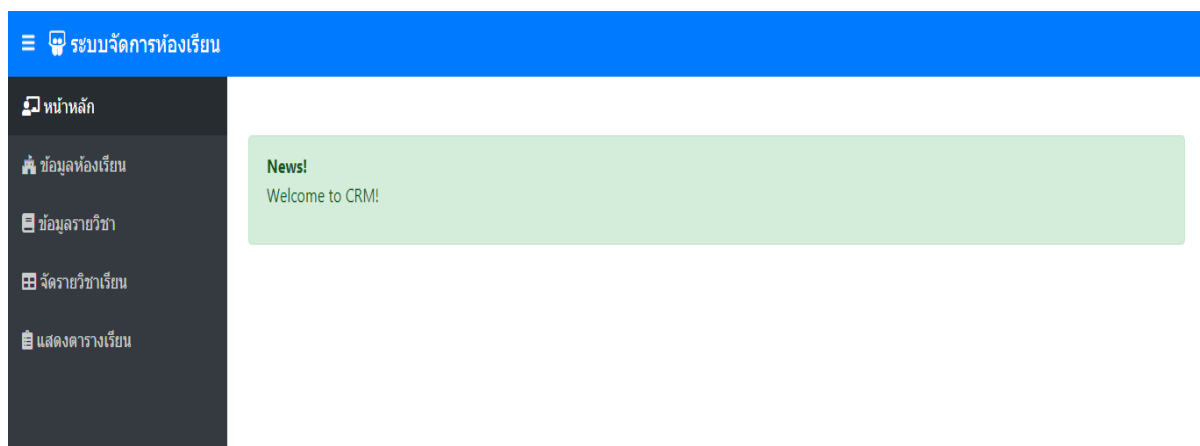
ในส่วนของการพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) ส่วนของหน้าการทำงานหลักของระบบการจัดการใช้ห้องเรียน 2) ส่วนของหน้าการจัดการข้อมูลของ

ห้องเรียน 3) ส่วนของหน้าการจัดการข้อมูลรายวิชา

4) ส่วนของหน้าการจัดการตารางเรียนของนักศึกษา และ

5) ส่วนของหน้าแสดงตารางเรียนของนักศึกษาดังจะอธิบายต่อไปนี้

1) ส่วนของหน้าการทำงานหลักของระบบการจัดการตารางการใช้ห้องเรียน สำหรับการทำงานของระบบการจัดการตารางการใช้ห้องเรียน เป็นส่วนที่แสดงการทำงานของหน้าหลักของผู้ใช้งาน โดยแบ่งเป็นเมนู ข้อมูลห้องเรียน ข้อมูลรายวิชา จัดรายวิชาเรียน แสดงตารางเรียน โดยแสดงในรูปที่ 4 ดังนี้



รูปที่ 4 แสดงส่วนของหน้าการทำงานหลักของระบบจัดการห้องเรียน

2) ส่วนของหน้าจัดการข้อมูลของห้องเรียน ซึ่งประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงานดังนี้ ส่วนการเพิ่มข้อมูลห้องเรียน ส่วนการแก้ไขข้อมูลห้องเรียน ส่วนการลบห้องเรียน

ส่วนของการเพิ่มและแก้ไขข้อมูลห้องเรียนย่อย โดยแสดงในรูปที่ 5 ดังนี้

เลขที่ห้อง	ชื่ออาคาร	ชั้น	ความจุนักศึกษา	ประเภทห้องเรียน	Actions
822	อาคาร 8	2	50	ห้องแลป (มีคอมพิวเตอร์)	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย
831	อาคาร 8	3	50	ห้องเรียนปกติ	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย
832	อาคาร 8	3	50	ห้องแลป (มีคอมพิวเตอร์)	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย
834	อาคาร 8	3	50	ห้องแลป (มีคอมพิวเตอร์)	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย
835	อาคาร 8	3	50	ห้องแลป (มีคอมพิวเตอร์)	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย
836	อาคาร 8	3	50	ห้องแลป (มีคอมพิวเตอร์)	แก้ไข, ลบ, เพิ่ม/แก้ไขห้องย่อย

รูปที่ 5 แสดงส่วนของหน้าจัดการข้อมูลของห้องเรียน

3) ส่วนของหน้าจัดการข้อมูลรายวิชา ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานดังนี้ การเพิ่มและลบข้อมูลคณะ ส่วนการเพิ่มและลบข้อมูลสาขาวิชา ส่วนการเพิ่มข้อมูล

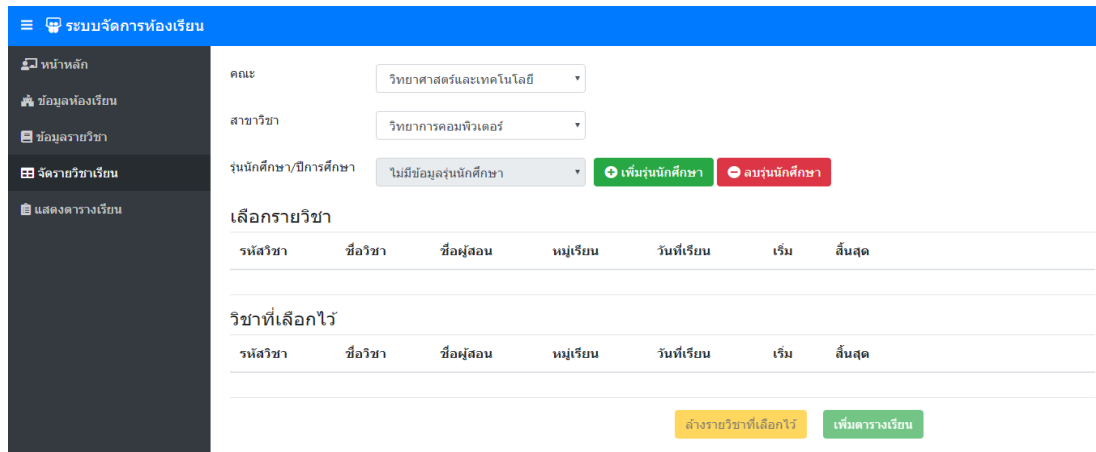
รายวิชา ส่วนหน้าแก้ไขข้อมูลรายวิชา ส่วนของหน้าลบข้อมูลรายวิชา โดยแสดงในรูปที่ 6 ดังนี้

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ผู้สอน	หมู่เรียน	วันที่เรียน	เริ่ม	สิ้นสุด	Actions
4122306	การเขียนโปรแกรมบนเว็บ	test	1	ศุกร์	08:30	12:30	แก้ไข, ลบ
4122306	การเขียนโปรแกรมบนเว็บ	test	2	ศุกร์	13:30	17:30	แก้ไข, ลบ

รูปที่ 6 แสดงส่วนของหน้าจัดการข้อมูลรายวิชาเรียน

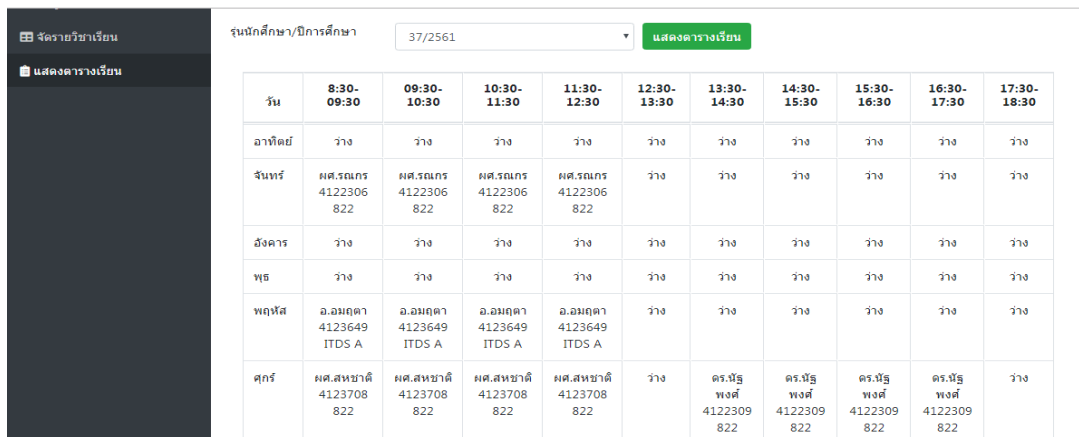
4) ส่วนของหน้าจัดการตารางเรียนของนักศึกษา เป็นส่วนการทำงานระบบการจัดตารางการใช้ห้องเรียน ในส่วนของการจัดรายวิชาเรียน โดยทำการแบ่งส่วน

ของฟังก์ชันการทำงานออกเป็นการเลือกรายวิชาตามคณะ การเลือกสาขาวิชา การเลือกรุ่นนักศึกษา การเพิ่มรุ่นนักศึกษาและลบรุ่นนักศึกษาได้ โดยแสดงในรูปที่ 7 ดังนี้



รูปที่ 7 แสดงส่วนหน้าจัดการตารางเรียนของนักศึกษา

5) หน้าแสดงตารางเรียนของนักศึกษา เป็นส่วนของ การแสดงตารางห้องเรียน โดยแสดงในรูปที่ 8 ดังนี้



วัน	8:30-09:30	09:30-10:30	10:30-11:30	11:30-12:30	12:30-13:30	13:30-14:30	14:30-15:30	15:30-16:30	16:30-17:30	17:30-18:30
อาทิตย์	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง
จันทร์	ผศ.รณกร 4122306 822	ผศ.รณกร 4122306 822	ผศ.รณกร 4122306 822	ผศ.รณกร 4122306 822	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง
อังคาร	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง
พุธ	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง
พฤหัสบดี	อ.อมฤตา 4123649 ITDS A	อ.อมฤตา 4123649 ITDS A	อ.อมฤตา 4123649 ITDS A	อ.อมฤตา 4123649 ITDS A	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง	ว่าง
ศุกร์	ผศ.สหชาติ 4123708 822	ผศ.สหชาติ 4123708 822	ผศ.สหชาติ 4123708 822	ผศ.สหชาติ 4123708 822	ว่าง	ดร.ปฐพงศ์ 4122309 822	ดร.ปฐพงศ์ 4122309 822	ดร.ปฐพงศ์ 4122309 822	ดร.ปฐพงศ์ 4122309 822	ว่าง

รูปที่ 8 แสดงส่วนหน้าจัดการตารางเรียนของนักศึกษา

4. ผลการวิจัย

ในส่วนของการสรุปผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินการใช้งานจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้านดังนี้

ด้านความถูกต้องของข้อมูล เป็นการประเมินความถูกต้อง ของการป้อนข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานระบบ

ด้านฟังก์ชันการใช้งานของระบบ เป็นการประเมินความถูกต้องการใช้งานส่วนต่างๆของระบบ

ด้านความเข้าใจง่ายของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ เป็นการทดสอบความน่าใช้งานของระบบ

ด้านความถูกต้องของการออกแบบระบบ เป็นการทดสอบถึงการจัดตารางห้องเรียนได้ถูกต้อง เกณฑ์ที่ใช้สำหรับการประเมิน ค่าเฉลี่ยของระดับประสิทธิภาพดังนี้ 4.51 – 5.00 คือระบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุดระดับดีมาก

3.51 – 4.50 คือระบบมีประสิทธิภาพมากระดับดี

2.51 – 3.50 คือระบบมีประสิทธิภาพปานกลางระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 คือระบบมีประสิทธิภาพน้อยระดับน้อย

1.00 – 1.50 คือระบบมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับประสิทธิภาพ

รายการประเมินประสิทธิภาพของระบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ประสิทธิภาพ
ด้านการประเมินการใช้งานด้านความถูกต้องของข้อมูล			
1. ความสามารถในการป้อนข้อมูลสำหรับใช้จัดการตารางห้องเรียน	4.34	0.56	ระดับดี
2. ความสามารถในการแก้ไขข้อมูลสำหรับใช้จัดการตารางห้องเรียน	4.26	0.80	ระดับดี
3. ความสามารถในการแสดงผลการป้อนข้อมูลสำหรับใช้จัดการตารางห้องเรียน	4.28	0.70	ระดับดี
รวม	4.22	0.46	ระดับดี
การประเมินการใช้งานด้านฟังก์ชันการใช้งานของระบบ			
1. ความสามารถในการใช้งานฟังก์ชันข้อมูลห้องเรียน	4.28	0.70	ระดับดี
2. ความสามารถในการใช้งานฟังก์ชันข้อมูลรายวิชา	4.18	0.69	ระดับดี
3. ความสามารถในการใช้งานฟังก์ชันข้อมูลรายวิชาเรียน	4.32	0.65	ระดับดี
4. ความสามารถในการใช้งานฟังก์ชันแสดงตารางเรียน	4.30	0.67	ระดับดี
5. ความรวดเร็วการใช้งานฟังก์ชันสำหรับการประมวลผล	4.32	0.65	ระดับดี
6. ประโยชน์ที่ได้รับสำหรับการจัดการตารางห้องเรียน	4.24	0.77	ระดับดี
รวม	4.27	0.48	ระดับดี
การประเมินการใช้งานด้านความเข้าใจที่ง่ายของผู้ใช้ระบบ			
1. ความเข้าใจง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.32	0.740	ระดับดี
2. ความเหมาะสมของการแสดงผลตัวอักษรและภาพ	4.52	0.700	ระดับดีมาก
3. ความสามารถในการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้	4.24	0.710	ระดับดี
รวม	4.33	0.55	ระดับดี
การประเมินการใช้งานด้านความถูกต้องของการออกแบบระบบ			
1. ความถูกต้องของข้อมูลห้องเรียน	4.26	0.66	ระดับดี
2. ความถูกต้องของข้อมูลรายวิชา	4.42	0.70	ระดับดี
3. ความถูกต้องของข้อมูลรายวิชาเรียน	4.24	0.77	ระดับดี
4. ความถูกต้องของการแสดงตารางเรียน	4.40	0.69	ระดับดี
รวม	4.33	0.5	ระดับดี

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของระบบทั้ง 4 ด้าน พบว่า

1) ด้านความถูกต้องของข้อมูลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี 2) ด้านฟังก์ชันการใช้งานของระบบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี 3) ด้านความเข้าใจที่ง่ายของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี และ 4) ด้านความถูกต้องของการออกแบบระบบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

7 เอกสารอ้างอิง

[1] ทศนวรรณ กังสา และคณะ. (2548). การจัดเส้นทางเดินรถของรถรับ – ส่งนักเรียนโดยการใช้ฮัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม, การประชุมวิชาการ: การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548.

- [2] นายไพจิตร อุปถัมภ์. (2556). การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ: กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอมัญจาคีรีจังหวัดขอนแก่น (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- [3] อุดลย์ พุกอินทร์ และคณะ. (2551). วิธีการแก้ปัญหาของการจัดลำดับงานโดยใช้เงินเด็กฮัลกอริทึม. *วารสารวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, 1(2): 69-75.
- [4] อุดลย์ พุกอินทร์. (2557). วิธีการแก้ปัญหาของการจัดตารางงาน โดยใช้วิธีการผสมผสานเงินเด็กฮัลกอริทึมกับโลคอลเสิร์ช. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง*, 7(2): 111-123.
- [5] อาริต ธรรมโน และคณะ. (2556). การจัดตารางงานการผลิตที่มีความยืดหยุ่นบน เครื่องจักรกลแบบคู่ขนานในอุตสาหกรรมการผลิต. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศภาคกระบัง*, 2(1). สืบค้น 10 สิงหาคม 2561, จาก http://www.it.kmitl.ac.th/journal/index.php/main_journal/article/view/20/14