



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
(หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565)

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
(หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565)

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

## คำนำ

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มุ่งเน้นผลิตบัณฑิต ให้มีความรู้ ความสามารถ คิดเป็น ทำเป็น ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ทางด้านระบบคอมพิวเตอร์ วิศวกรรม ระบบควบคุม เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อเป็นวิศวกรที่มีความสามารถ ในการวิเคราะห์ แก้ปัญหา รวมทั้งการประยุกต์ขั้นตอนวิธีได้อย่างเหมาะสม บนพื้นฐานของคุณธรรม และจริยธรรม เพื่อการปรับโครงสร้างประเทศไทยตามยุทธศาสตร์การพัฒนาที่มุ่งเน้นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการผลักดันการเติบโตของเศรษฐกิจยุคใหม่ที่อาศัยการผสมผสาน การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลรวมกับการนวัตกรรมในเชิงความคิดสร้างสรรค์เพื่อชุมชน

คณาจารย์สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
กันยายน 2564

## สารบัญ

เรื่อง		หน้า
<b>หมวดที่ 1</b>	<b>ข้อมูลทั่วไป</b>	<b>1</b>
	ชื่อหลักสูตร .....	1
	ชื่อปริญญา .....	1
	จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตร .....	1
	รูปแบบของหลักสูตร .....	2
	สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร .....	2
	การขอรับการประเมินเพื่อขึ้นทะเบียนหลักสูตร .....	2
	อาชีพที่สามารถประกอบได้หลังสำเร็จการศึกษา .....	3
	ชื่อ ตำแหน่ง และคุณวุฒิการศึกษาของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....	4
	สถานที่จัดการเรียนการสอน .....	5
	สถานการณ์ภายนอกหรือการพัฒนาที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนพัฒนาหลักสูตร .....	5
	ผลกระทบต่อการพัฒนาหลักสูตรและความเกี่ยวข้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย .....	6
	ความสัมพันธ์กับหลักสูตรอื่นที่เปิดสอนในคณะ / ภาควิชาอื่นของสถาบัน .....	8
<b>หมวดที่ 2</b>	<b>ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร</b>	<b>10</b>
	ปรัชญา ความสำคัญ และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร .....	10
	แผนพัฒนาปรับปรุง .....	11
<b>หมวดที่ 3</b>	<b>ระบบการจัดการศึกษา การดำเนินการ และโครงสร้างของหลักสูตร</b>	<b>12</b>
	ระบบการจัดการศึกษา .....	12
	การดำเนินการหลักสูตร .....	12
	หลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน .....	16
	องค์ประกอบเกี่ยวกับประสบการณ์วิชาชีพ (การฝึกงานหรือสหกิจศึกษา) .....	35

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำโครงการวิจัยหรืองานวิจัย .....	36
<b>หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้และกลยุทธ์การสอนและการประเมินผล</b>	<b>38</b>
การพัฒนาคุณลักษณะพิเศษของนักศึกษา .....	38
ความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในแต่ละชั้นปี .....	40
การพัฒนาผลการเรียนรู้ในกลุ่มมาตรฐานผลการเรียนรู้หมวดศึกษาทั่วไป	41
แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จาก หลักสูตรสู่รายวิชาหมวดวิชาศึกษาทั่วไป (Curriculum Mapping) .....	45
การพัฒนาผลการเรียนรู้ในแต่ละด้านหมวดวิชาเฉพาะ .....	48
แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จาก หลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping) .....	53
<b>หมวดที่ 5 หลักเกณฑ์ในการประเมินผลนักศึกษา</b>	<b>65</b>
กฎระเบียบหรือหลักเกณฑ์ในการให้ระดับคะแนน (เกรด) .....	65
กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา .....	65
เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร .....	65
<b>หมวดที่ 6 การพัฒนาคณาจารย์</b>	<b>66</b>
การเตรียมการสำหรับอาจารย์ใหม่ .....	66
การพัฒนาความรู้และทักษะให้แก่คณาจารย์ .....	66
<b>หมวดที่ 7 การประกันคุณภาพหลักสูตร</b>	<b>68</b>
การกำกับมาตรฐาน .....	68
บัณฑิต .....	70
นักศึกษา .....	70
อาจารย์ .....	71
หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน .....	71
สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ .....	72

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ตัวบ่งชี้การดำเนินงาน (Key Performance Indicators) .....	73
<b>หมวดที่ 8 การประเมิน และปรับปรุงการดำเนินการของหลักสูตร</b>	<b>75</b>
การประเมินประสิทธิผลของการสอน .....	75
การประเมินหลักสูตรในภาพรวม .....	75
การประเมินผลการดำเนินงานตามรายละเอียดหลักสูตร .....	76
การทบทวนผลการประเมินและการวางแผนปรับปรุงหลักสูตรและแผน กลยุทธ์การสอน .....	76
<b>ภาคผนวก</b>	<b>77</b>
ภาคผนวก ก รายชื่อคณะกรรมการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร .....	79
ภาคผนวก ข รายชื่อคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร .....	83
ภาคผนวก ค ประวัติและผลงานของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....	87
ภาคผนวก ง ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษา ชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563 .....	102
ภาคผนวก จ ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการ ดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2563	117
ภาคผนวก ฉ ตารางเปรียบเทียบหลักสูตร .....	125
ภาคผนวก ช ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตร สาขา คอมพิวเตอร์ (มคอ.1) กับ หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565 .....	152
ภาคผนวก ซ สำเนาเอกสารบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางด้าน การศึกษากับหน่วยงานภายนอก .....	159
ภาคผนวก ฌ คำอธิบายรายวิชา .....	162
ภาคผนวก ฎ สำเนาผลงานวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่ของอาจารย์ผู้รับ ผิดชอบหลักสูตร .....	218

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
Bachelor of Engineering Program in Computer Engineering  
(หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565)

.....

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
วิทยาเขต/คณะ/สำนัก/ภาควิชา สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

**หมวดที่ 1**

**ข้อมูลทั่วไปของหลักสูตร**

**1. ชื่อหลักสูตร**

รหัสหลักสูตร: 25521431102008  
ภาษาไทย : หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
ภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering Program in Computer Engineering

**2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา**

ชื่อเต็ม (ไทย): วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)  
ชื่อย่อ (ไทย) : วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)  
ชื่อเต็ม(อังกฤษ) : Bachelor of Engineering (Computer Engineering)  
ชื่อย่อ (อังกฤษ) : B.Eng. (Computer Engineering)

**3. วิชาเอก/แขนงวิชา**

ไม่มี

**4. จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตร**

128 หน่วยกิต

## 5. รูปแบบของหลักสูตร

### 5.1 รูปแบบ

หลักสูตรระดับปริญญาตรี หลักสูตร 4 ปี

### 5.2 ประเภทของหลักสูตร

หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาการ

### 5.3 ภาษาที่ใช้

จัดการเรียนการสอนเป็นภาษาไทย โดยใช้เอกสารประกอบการสอน ตำราและสื่อการเรียนการสอน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

### 5.4 การรับเข้านักศึกษา

รับนักศึกษาไทยและนักศึกษาต่างชาติที่มีความสามารถในการฟัง พูด อ่าน และเขียนภาษาไทยได้เป็นอย่างดี

### 5.5 ความร่วมมือกับสถาบันอื่น

เป็นหลักสูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

### 5.6 การให้ปริญญาแก่ผู้สำเร็จการศึกษา

ให้ปริญญาเพียงสาขาวิชาเดียว

## 6. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565 ปรับปรุงจากหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (ปรับปรุง พ.ศ. 2560 )

สภาวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ได้พิจารณาให้ความเห็นชอบในการประชุมครั้งที่ 7/2564 เมื่อวันที่ 13 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2564

สภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายได้พิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรในการประชุมครั้งที่ 15/2564 เมื่อวันที่ 17 เดือน กันยายน พ.ศ. 2564

เปิดสอนในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565

## 7. การขอรับการประเมินเพื่อขึ้นทะเบียนหลักสูตร

หลักสูตรจะได้รับการเผยแพร่ว่าเป็นหลักสูตรที่มีคุณภาพและมาตรฐานตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรม พ.ศ. 2552 ในปีการศึกษา 2567



## 8. อาชีพที่สามารถประกอบได้หลังสำเร็จการศึกษา

บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นบัณฑิตที่มีความรู้ทักษะและสมรรถนะเชิงวิชาชีพ ในการปฏิบัติงานทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. วิศวกรคอมพิวเตอร์
2. นักวิชาการคอมพิวเตอร์
3. นักวิเคราะห์และออกแบบระบบคอมพิวเตอร์
4. นักพัฒนาโปรแกรมและซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศ
5. ผู้ดูแลระบบเครือข่าย
6. นักวิจัยและออกแบบงานทางด้านฮาร์ดแวร์และ ระบบสมองกลฝังตัว
7. ผู้ดูแลระบบสารสนเทศ
8. ผู้พัฒนาระบบอัตโนมัติ

9. ชื่อ ตำแหน่ง และคุณวุฒิการศึกษาของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จการศึกษา
1	นายธนาวุฒิ ธนวาณิชย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	ปร.ด.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2559
			วศ.ม.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2548
			วท.บ.	วิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2544
2	นายภูมิพงษ์ ดวงตั้ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและการสื่อสาร)	วศ.ด.	วิศวกรรมโทรคมนาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2560
			ค.อ.ม.	เทคโนโลยีไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2550
			วศ.บ.	วิศวกรรมโทรคมนาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2544
3	นายกฤตกรณ์ ศรีวันนา	อาจารย์	ปร.ด.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	2560
			วศ.ม.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2555
			วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2552
4	นายมยุร ไยบัวเทศ	อาจารย์	ปร.ด.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	2561
			วท.ม.	วิศวกรรมเครือข่าย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2554
			วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	2552
5	นายอธิคม ศิริ	อาจารย์	วศ.ม.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2550
			วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2544

## 10. สถานที่จัดการเรียนการสอน

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

## 11. สถานการณ์ภายนอกหรือการพัฒนาที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนพัฒนา

### หลักสูตร

#### 11.1 สถานการณ์หรือการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

ทิศทางการพัฒนาประเทศในการพัฒนาประเทศในระยะแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) ได้มุ่งพัฒนาภายใต้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และขับเคลื่อน ในแผนฉบับที่ 13 นี้มุ่งเน้นที่ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดิจิทัลที่จะมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดทิศทางของประเทศ ประกอบด้วย (1) การเติบโตของเศรษฐกิจแพลตฟอร์ม (Platform Economy) และเศรษฐกิจแบบแบ่งปัน (Sharing Economy) ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการยกระดับการจัดสรรทรัพยากรในธุรกิจภาคบริการ อาทิ การคมนาคมและโลจิสติกส์ พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และที่พักอาศัย รวมถึงการสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อย ประชากรในพื้นที่ห่างไกลและการทำงานในรูปแบบใหม่ที่มีความยืดหยุ่นมากกว่าเดิม (2) การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analysis) จะช่วยยกระดับผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เชิงลึกที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้การดำเนินนโยบายสาธารณะการทำการตลาดหรือการพัฒนา นวัตกรรมเพื่อตอบสนองช่องว่างทางการตลาดเกิดการพลิกโฉม ทั้งนี้การพัฒนาและใช้งานข้อมูลขนาดใหญ่จะประสบความสำเร็จได้จำเป็นต้องมีมาตรฐานการกำกับและเชื่อมโยงฐานข้อมูลผ่านเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ อาทิ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) และบล็อกเชน (Blockchain) ร่วมกับการมีบุคลากรที่มีทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น เหมืองข้อมูล (Data Mining) และการเรียนรู้ของเครื่องกล (Machine Learning) และ (3) การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ (Automation & Robotics) ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยยุทธศาสตร์การพัฒนาที่มุ่งเน้นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการผลักดันการเติบโตของเศรษฐกิจยุคใหม่ ที่อาศัยการผสมผสานการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ร่วมกับการออกแบบในเชิงความคิดสร้างสรรค์ และพัฒนาสินค้าให้เพิ่มมูลค่า ทางเศรษฐกิจ โดยใช้เทคโนโลยีต่างๆมาผสมผสานต่อยอดผลผลิตของภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ทำให้เกิดสินค้าและบริการที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละท้องถิ่น ทั้งนี้จังหวัดเชียงรายตั้งอยู่ในภูมิภาคกลุ่มประเทศลุ่มน้ำโขงตอนบน ทำให้มีศักยภาพของพื้นที่ที่เอื้ออำนวยต่อการลงทุนในภาคอุตสาหกรรม และการค้าระหว่างชายแดน อีกทั้งยังเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศส่งผลให้การเติบโตทางเศรษฐกิจของจังหวัดเชียงรายเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากการผลิตสินค้า ทั้งในครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นในสายการผลิตจำเป็นต้อง

เข้าใจและคำนึงถึงเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ที่จะเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาในทุกภาคส่วน เพื่อให้หน่วยงาน องค์กร สามารถขับเคลื่อนได้และแข่งขันกับสังคมโลกได้อย่างทัดเทียม

## 11.2 สถานการณ์หรือการพัฒนาทางสังคมและวัฒนธรรม

สถานการณ์หรือการพัฒนาทางสังคมและวัฒนธรรมที่จำเป็นในการวางแผนหลักสูตรได้ คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงด้านสังคมและการพัฒนาประเทศเข้าสู่ยุคดิจิทัล อีกทั้งประเทศกำลังเข้าสู่ สังคมผู้สูงอายุ โดยด้านหนึ่งประเทศไทยจะมีโอกาสมากขึ้นในการขยายตลาดสินค้าเพื่อสุขภาพ และ การให้บริการด้านอาหารสุขภาพ ภูมิปัญญาท้องถิ่นและแพทย์พื้นบ้าน สถานที่ท่องเที่ยว และการพักผ่อนระยะยาวของผู้สูงอายุ นวัตกรรมที่เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นและชุมชน จึงนับเป็นโอกาสในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาสนับสนุนการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทย และนำมาสร้างมูลค่าเพิ่ม ซึ่งเป็นสินทรัพย์ทางปัญญาที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ แต่ในอีกด้านก็จะ เป็นภัยคุกคามในเรื่องการเคลื่อนย้ายแรงงานที่มีฝีมือและทักษะไปสู่ประเทศที่มีผลตอบแทน ขณะเดียวกัน การใช้เทคโนโลยีทางด้านดิจิทัลช่วยในการแพร่ขยายของข้อมูลข่าวสารที่ไร้พรมแดน ทำให้การดูแลป้องกันเด็กและวัยรุ่นจากค่านิยมที่ไม่พึงประสงค์เป็นไปอย่างลำบากมากขึ้น ตลอดจน ปัญหาการก่อการร้าย การระบาดของโรคพันธุกรรมใหม่ๆ และการค้ายาเสพติดในหลากหลายรูปแบบ จึงมีจำเป็นต้องให้ความรู้ ทักษะและจริยธรรมที่ถูกต้องในการใช้คอมพิวเตอร์ในกลุ่มวัยกำลังศึกษา

การส่งเสริมการใช้คอมพิวเตอร์เป็นกลไกด้านหนึ่งของการขับเคลื่อนกระบวนการพัฒนา ทุกขั้นตอนที่ต้องใช้ “ความรอบรู้” ในการพัฒนาด้านต่างๆ ด้วยความรอบคอบและเป็นไปตามลำดับ ขั้นตอนสอดคล้องกับวิถีชีวิตของสังคมไทย รวมทั้งการเสริมสร้างศีลธรรมและสำนึกใน คุณธรรม จริยธรรมในการปฏิบัติหน้าที่และดำเนินชีวิตด้วยความเพียร อันจะเป็นภูมิคุ้มกันในตัวที่ดีให้พร้อม เผชิญการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในระดับครอบครัว ชุมชน สังคมและประเทศชาติ

## 12. ผลกระทบจากข้อ 11.1 และ 11.2 ต่อการพัฒนาหลักสูตรและความเกี่ยวข้องกับพันธกิจ ของมหาวิทยาลัย

ผลกระทบจากสถานการณ์ภายนอกในการพัฒนาหลักสูตรจึงจำเป็นต้องพัฒนาหลักสูตร เชิงรุกที่มีศักยภาพและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามวิวัฒนาการของเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อรองรับ การแข่งขันทางอุตสาหกรรม 1 ใน 10 เป้าหมาย ทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยการผลิตบุคลากรทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่มีความพร้อมที่จะปฏิบัติงาน ได้ทันทีและ มีศักยภาพสูงในการพัฒนาตนเองให้เข้ากับลักษณะงานทั้งด้านวิชาการและวิชาชีพ ซึ่งเป็นไปตามนโยบายและวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัย ด้านมุ่งสู่ความเป็นเลิศในเทคโนโลยีและการ วิจัยที่สำคัญในท้องถิ่นอย่างมีมาตรฐานสากล

**12.1 การพัฒนาหลักสูตร ได้ดำเนินการโดยคำนึงถึงผลกระทบในข้อ 11.1 และ 11.2 ซึ่งนำมาเป็นกรอบในการพัฒนาหลักสูตรให้มีลักษณะที่สอดคล้องกับผลกระทบดังกล่าว โดยมีลักษณะ ดังนี้**

12.1.1 หลักสูตรพัฒนาและปรับปรุงขึ้นภายใต้อัตลักษณ์และเอกลักษณ์ของบัณฑิตที่พึงประสงค์ของสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คือ การเป็นบัณฑิตให้มี ความรู้ ความสามารถ คิดเป็น ทำเป็น ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเป็นวิศวกรคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ แก้ปัญหา รวมทั้งการประยุกต์ขั้นตอนวิธีได้อย่างเหมาะสมบนพื้นฐานของ คุณธรรม และจริยธรรม อันเป็นอัตลักษณ์บัณฑิตของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย คือ ทักษะเด่น ความรู้ดี มีคุณธรรม คุณลักษณะของบัณฑิตแห่งศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการเป็นผู้ที่มีศักยภาพในการคิดวิเคราะห์ สร้างอาชีพได้ ปรับตัวเข้ากับเปลี่ยนแปลงและมีทักษะในการเอาตัวรอดได้

12.1.2 หลักสูตรพัฒนาและปรับปรุงโดยสอดคล้องกับนโยบายเป้าหมายของรัฐบาล

12.1.3 หลักสูตรพัฒนาและปรับปรุงขึ้นภายใต้บริบทของเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและเทคโนโลยี ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และมีความเชื่อมโยงกับกระแสแห่งโลกาภิวัตน์และ โลกยุคดิจิทัล

12.1.4 หลักสูตรพัฒนาและปรับปรุงโดยการนำข้อมูลที่ได้รับการป้อนกลับจาก ผู้ใช้บัณฑิตและผู้เรียนมาประกอบในการกำหนดเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอนที่จะส่งผลให้ผู้เรียน มีคุณลักษณะเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์

12.1.5 หลักสูตรพัฒนามบนพื้นฐานของกรอบและเกณฑ์มาตรฐานด้านวิชาการที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยเกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิแห่งชาติ (TQF) พ.ศ. 2552 เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี เรื่องมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์ (มคอ.1) และ มาตรฐานวิชาชีพพื้นฐานจากหลักสูตรในระดับสากล (ACM/IEEE) ที่ทันสมัยทั้งนี้ยังติดตามประเมินหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอ

## **12.2 ความเกี่ยวข้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย**

12.2.1 หลักสูตรพัฒนาขึ้นโดยการนำพันธกิจของมหาวิทยาลัยที่เน้น การจัดการศึกษาเพื่อผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ เป็นผู้มีทักษะเด่น ความรู้ดี และ มีคุณธรรมเป็นกรอบในการปรับปรุงเนื้อหาที่จะทำให้บัณฑิตที่มีคุณลักษณะตรงตามอัตลักษณ์บัณฑิตของมหาวิทยาลัย

12.2.2 กำหนดให้มีการนำกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการกับการทำงาน CWIE (Cooperative and Work Integrated Education) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือ การใช้รายวิชาสหกิจสำหรับบูรณาการการเรียนเข้ากับการทำงานจริง ในสถานประกอบการ

12.2.3 การกำหนดให้มีการนำกระบวนการบูรณาการการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยทั้งพันธกิจด้านการวิจัย การบริการวิชาการ การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ร่วมกับสถาบันวิจัย กองพัฒนานักศึกษา งานบริการวิชาการของมหาวิทยาลัย

12.2.4 กำหนดให้มีการบูรณาการการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรที่เชื่อมโยงกับการบริการวิชาการแก่สังคมผ่านกิจกรรมและโครงการในรายวิชาต่างๆ ในหลักสูตรและกิจกรรมอบรมเสริมของหลักสูตร

12.2.5 มีระบบและกลไกการพัฒนาอาจารย์ให้มีศักยภาพการปฏิบัติงานด้านวิชาการและการวิจัย วิชาชีพ โดยการสนับสนุนและส่งเสริมอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตรให้มีโอกาสในการเข้าร่วมการประชุม สัมมนา นำเสนอผลงานวิชาการ ผลงานวิจัยทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ รวมทั้งการดำเนินโครงการความร่วมมือทางวิชาการร่วมกับองค์กร หน่วยงาน และสถาบันการศึกษาทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ

### **13. ความสัมพันธ์กับหลักสูตรอื่นที่เปิดสอนในคณะ/ภาควิชาอื่นของสถาบัน**

#### **13.1 กลุ่มวิชา/รายวิชาในหลักสูตรนี้ที่เปิดสอนโดยคณะ/ภาควิชา/หลักสูตรอื่น**

กลุ่มวิชาและรายวิชาในโครงสร้างหลักสูตรที่สัมพันธ์กับหน่วยงานอื่นๆ ของมหาวิทยาลัยมีดังต่อไปนี้

13.1.1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ประกอบด้วย กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะชีวิต

13.1.2 กลุ่มวิชาแกนสอนโดยอาจารย์สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

#### **13.2 กลุ่มวิชา/รายวิชาในหลักสูตรที่เปิดสอนให้คณะวิชา/ภาควิชา/หลักสูตรอื่นสามารถมาเรียนได้**

นักศึกษาที่เรียนในสาขาวิชาอื่นๆ สามารถลงทะเบียนเรียนรายวิชาที่มีความสนใจซึ่งเปิดสอนในหลักสูตรนี้เป็นรายวิชาเลือกเสรีได้

#### **13.3 การบริหารจัดการ**

13.3.1 จัดให้มีการประชุมร่วมกันระหว่างผู้สอนในรายวิชาที่สอนโดยคณะ/สำนัก/วิทยาลัย หรือ โพรแกรมนิเทศศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การกำหนดหรือปรับปรุงรูปแบบ วิธีการสอน รวมทั้งเนื้อหาที่สอดคล้องกับศาสตร์ด้านวิศวกรรมและตรงกับเกณฑ์ประกันคุณภาพหลักสูตร

13.3.2 มีการประชุมปรึกษาและระดมความคิดเห็นร่วมกันระหว่างผู้สอนและอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร เกี่ยวกับคุณลักษณะที่เหมาะสมกับวิชาชีพของนักศึกษาที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

13.3.3 จัดตั้งคณะกรรมการประเมินทบทวนติดตามกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

13.3.4 อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรต้องประสานงานกับอาจารย์ผู้แทนจากในคณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ด้านเนื้อหาสาระและตารางเรียนให้สอดคล้องตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

## หมวดที่ 2

### ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร

#### 1. ปรัชญา ความสำคัญ และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

##### 1.1 ปรัชญาของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ให้มีความรู้ความสามารถ คิดเป็นทำเป็น ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติทางด้านระบบคอมพิวเตอร์นวัตกรรมระบบควบคุมเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เพื่อเป็นวิศวกรคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์แก้ปัญหา รวมทั้งการ ประยุกต์ขั้นตอนวิธีได้อย่างเหมาะสมบนพื้นฐานของคุณธรรมและจริยธรรม

##### 1.2 ความสำคัญ

เป็นหลักสูตรที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีสมรรถนะในวิชาชีพทางด้านทฤษฎีและ ปฏิบัติที่มีความสามารถในการวิเคราะห์แก้ปัญหา รวมทั้งการประยุกต์ขั้นตอนวิธีได้อย่างเหมาะสม อย่างมี คุณธรรม จริยธรรม มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม อีกทั้งสามารถนำความรู้ ความสามารถ ทักษะการพัฒนาความรู้อย่างต่อเนื่องที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาชุมชนได้ในอนาคต ต่อไป

##### 1.3 วัตถุประสงค์ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

1.3.1 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีคุณธรรม จริยธรรม ถ่อมตนและทำหน้าที่พลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.3.2 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้พื้นฐานในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถประยุกต์ได้อย่างเหมาะสมในการประกอบวิชาชีพ และศึกษาต่อใน ระดับสูง

1.3.3 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ทันสมัย ใฝ่รู้ และมีความสามารถพัฒนาความรู้ เพื่อ พัฒนาตนเอง พัฒนางานและพัฒนาสังคม ประกอบกับทักษะที่คิดเป็น ทำเป็น และเลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและเหมาะสม

1.3.4 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการบริหารจัดการ และทำงานเป็นหมู่คณะ รู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้ เป็นอย่างดี



## 2. แผนพัฒนาปรับปรุง

รายละเอียดแผนพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ได้มีการกำหนดไว้ในลักษณะดังต่อไปนี้

แผนการพัฒนา/เปลี่ยนแปลง	กลยุทธ์	หลักฐาน/ตัวบ่งชี้
การประเมินผลกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร	มีคณะกรรมการบริหารหลักสูตรทำหน้าที่ติดตามและประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	1. รายงานการประเมินผล การจัดทำกิจกรรมการเรียนการสอน 2. เอกสารการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร
ปรับปรุงหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ให้มีมาตรฐานตามที่ สกอ. กำหนด	พัฒนาหลักสูตรโดยมีพื้นฐานจากหลักสูตรในระดับสากล (ACM/IEEE) ที่ทันสมัย ติดตามประเมินหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอ	เอกสารปรับปรุงหลักสูตร รายงานผลการประเมินหลักสูตร
ปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของธุรกิจและการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี	ติดตามความเปลี่ยนแปลงในความต้องการของผู้ประกอบการด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	รายงานผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้บัณฑิตของผู้ประกอบการ ผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจในด้านทักษะความรู้ ความสามารถในการทำงานระดับดีขึ้นไปโดยเฉลี่ย
พัฒนาบุคลากรด้านการเรียนการสอน งานวิจัย และ บริการวิชาการ ให้มีประสบการณ์จากการนำความรู้ทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ไปปฏิบัติงานจริง	สนับสนุนบุคลากรด้านการเรียนการสอน ผลงานวิจัย และ บริการวิชาการแก่องค์กรภายนอก ให้เกิดความเชี่ยวชาญในสาขาที่สนใจ หรือ มีใบประกาศณียบัตรที่ได้อบรมในหัวข้อที่สนใจและสัมพันธ์ในรายวิชาที่ปฏิบัติการสอน	ปริมาณงานสอน งานวิจัย ผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ และ จำนวนงานบริการวิชาการต่ออาจารย์ในหลักสูตร รวมถึง จำนวนใบประกาศณียบัตรที่เข้ารับการอบรม

### หมวดที่ 3

#### ระบบการจัดการศึกษา การดำเนินการ และโครงสร้างของหลักสูตร

##### 1. ระบบการจัดการศึกษา

###### 1.1 ระบบทวิภาค

การจัดการศึกษาเป็นแบบทวิภาค โดยใน 1 ปีการศึกษาแบ่งเป็น 2 ภาคเรียนปกติ แต่ละภาคการศึกษามีระยะเวลาเรียนไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และข้อกำหนดต่าง ๆ ให้เป็นไปตาม ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563 (ภาคผนวก ง)

###### 1.2 การจัดการศึกษาภาคฤดูร้อน

ไม่มีการจัดการศึกษาภาคฤดูร้อน

###### 1.3 การเทียบเคียงหน่วยกิตในระบบทวิภาค

ไม่มี

##### 2. การดำเนินการหลักสูตร

###### 2.1 วัน - เวลาในการดำเนินการเรียนการสอน

จัดการเรียนการสอนในเวลาราชการระหว่างวันจันทร์ ถึง วันศุกร์ โดยช่วงเวลาในแต่ละภาคเรียน ตามปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ดังต่อไปนี้

ภาคเรียนที่ 1 ระหว่างเดือน มิถุนายน - ตุลาคม

ภาคเรียนที่ 2 ระหว่างเดือน ตุลาคม - กุมภาพันธ์

###### 2.2 คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

คุณสมบัติทั่วไปของผู้สมัครเข้าเรียนมีดังนี้

1. ผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า ที่มีแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
2. ผู้สำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า ทุกสาขาวิชา ที่มีพื้นฐานทางด้านวิทยาการคำนวณ หรือสำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาอิเล็กทรอนิกส์สาขาไฟฟ้า สาขา คอมพิวเตอร์ สาขาโทรคมนาคม หรือ สาขาอื่นที่เทียบเท่า
3. อื่นๆ ให้เป็นไปตามประกาศการรับนักศึกษาใหม่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ในแต่ละปีการศึกษา

###### 2.3 ปัญหาของนักศึกษาแรกเข้า

2.3.1 ข้อจำกัดด้านทักษะการใช้ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาต่างประเทศ และการคำนวณ โดยเฉพาะภาษาอังกฤษและการคำนวณของผู้เรียน เนื่องจากรับนักศึกษาเข้าเรียน

โดยไม่มีการสอบคัดเลือกไม่มีการกำหนดพื้นฐานความรู้เป็นเงื่อนไขการรับเข้าเรียน ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรนี้มีการใช้เอกสารประกอบการสอน ตำรา และสื่อการเรียนการสอน ส่วนใหญ่เป็นภาษาอังกฤษ ส่งผลต่อการปรับตัวในการเรียนและผลการเรียนรายวิชาต่างๆ ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีการศึกษาแรกของนักศึกษา

2.3.2 ปัญหาการปรับตัวเข้าสู่สังคมใหม่ของนักศึกษาและการปรับตัวด้านการเรียนจากระดับมัธยมศึกษาสู่ระดับอุดมศึกษา (ระดับมหาวิทยาลัย)

2.3.3 ปัญหาการออกกระหว่างการศึกษาและอัตราการคงอยู่ของนักศึกษาแรกเข้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้น

## 2.4 กลยุทธ์ในการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา/ข้อจำกัดของนักศึกษาในข้อ 2.3

2.4.1 จัดให้มีกิจกรรมการปรับพื้นฐานความสามารถทางด้านภาษาโปรแกรมเบื้องต้นการใช้ภาษาอังกฤษ และคณิตศาสตร์แก่นักศึกษา ก่อนและระหว่างภาคการศึกษาแรก

2.4.2 จัดให้มีอาจารย์ที่ปรึกษาประจำหมู่เรียนเพื่อทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและ แนะนำเกี่ยวกับการปรับตัวการเรียนในระดับอุดมศึกษาตลอดจนการเสริมสร้างคุณลักษณะและบุคลิกภาพที่เหมาะสม จัดหาทรัพยากรสนับสนุนการเรียนการสอนเพื่อประกอบการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเองสำหรับนักศึกษาทั้งในรูปแบบที่เป็นสื่อสิ่งพิมพ์และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น E-Book รวมถึงฐานข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับค้นหาความรู้เพิ่มเติม

2.4.3 จัดให้มีกิจกรรมพี่ดูแลน้องใน กิจกรรมพัฒนานักศึกษา กิจกรรมวิชาการ การถ่ายทอดความรู้จากรุ่นพี่ และ สาขาวิชาการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อปรับปรุงในวงรอบของปีการศึกษาต่อไป

## 2.5 แผนการรับนักศึกษาและผู้สำเร็จการศึกษาในระยะ 5 ปี (2565 - 2569)

จำนวนนักศึกษา ปีที่เข้าเรียน	จำนวนนักศึกษาแต่ละปีการศึกษา				
	2565	2566	2567	2568	2569*
ชั้นปีที่ 1	40	40	40	40	40
ชั้นปีที่ 2		40	40	40	40
ชั้นปีที่ 3			40	40	40
ชั้นปีที่ 4				40	40
รวม	40	80	120	160	160
จำนวนนักศึกษาที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา	-	-	-	40	40

หมายเหตุ \*หลักสูตรมีวงรอบอายุ 5 ปี

## 2.6 งบประมาณตามแผน

งบประมาณรายรับ-รายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2565 – 2569 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

### 2.6.1 งบประมาณรายรับ (หน่วย: บาท)

รายละเอียดรายรับ	ปีงบประมาณ				
	2565	2566	2567	2568	2569
ค่าธรรมเนียมการศึกษา	840,000	1,680,000	2,520,000	3,360,000	3,360,000
เงินอุดหนุนจากรัฐบาล	2,652,000	1,956,000	1,267,200	585,960	752,658
รวมรายรับ	3,492,000	3,636,000	3,787,200	3,945,960	4,112,658

\*ค่าธรรมเนียมการศึกษาปีการศึกษาละ 21,000 บาท

### 2.6.2 งบประมาณรายจ่าย (หน่วย: บาท)

รายการ	ปีงบประมาณ พ.ศ.					
	ร้อยละ	2565	2566	2567	2568	2569
1. เงินเดือนและค่าจ้างประจำ	69.89	2,400,000	2,520,000	2,646,000	2,778,300	2,917,215
2. ค่าจ้างชั่วคราว	0.00	-	-	-	-	-
3. ค่าตอบแทนใช้สอยและวัสดุ	13.97	480,000	504,000	529,200	555,660	583,450
4. ค่าสาธารณูปโภค	3.16	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
5. ค่าครุภัณฑ์	6.64	252,000	252,000	252,000	252,000	252,000
6. รายจ่ายอื่นๆ	6.32	240,000	240,000	240,000	240,000	240,000
รวมทั้งสิ้น	100	3,492,000	3,636,000	3,787,200	3,945,960	4,112,658

#### หมายเหตุ

1. ใช้งบประมาณ หมวดค่าวัสดุ ค่าใช้สอย ค่าตอบแทน และครุภัณฑ์การศึกษาของสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ใช้ในการผลิตบัณฑิตตามหลักสูตรนี้ ประมาณ 87,300 บาท/คน/ปี
2. \*รายการค่าใช้จ่ายที่กำหนดเป็นรายการตามรูปแบบที่มหาวิทยาลัยกำหนด
3. \*ปีงบประมาณที่ระบุเป็นการระบุตามวงรอบการปรับปรุงหลักสูตรซึ่งตามเกณฑ์กำหนดทุกๆ 5 ปี

## 2.7 ระบบการศึกษา

2.7.1 แบบเข้าชั้นเรียนและเป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563 (ภาคผนวก ง)

2.7.2 รูปแบบการจัดการศึกษาตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2563 (ภาคผนวก จ)

## 2.8 การเทียบโอนหน่วยกิต รายวิชาและการลงทะเบียนข้ามมหาวิทยาลัย

นักศึกษาที่เคยศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาอื่นมาก่อนเมื่อเข้าศึกษาในหลักสูตรนี้สามารถเทียบโอนหน่วยกิตได้ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563 และดุลยพินิจของคณะกรรมการประจำหลักสูตร

### 3. หลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน

#### 3.1 หลักสูตร

องค์ประกอบของหลักสูตรแบ่งเป็นหมวดวิชาที่สอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา (TQF) พ.ศ. 2552 และเกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1) ดังนี้

##### 3.1.1 จำนวนหน่วยกิต หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 128 หน่วยกิต

##### 3.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

###### ก. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ให้เรียนไม่น้อยกว่า 30 หน่วยกิต

- |  |                     |             |
|--|---------------------|-------------|
| 1. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 6 หน่วยกิต  |
| 2. กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร                    | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 12 หน่วยกิต |
| 3. กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์            | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 9 หน่วยกิต  |
| 4. กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะชีวิต      | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 3 หน่วยกิต  |

###### ข. หมวดวิชาเฉพาะ ให้เรียนไม่น้อยกว่า 85 หน่วยกิต

ประกอบด้วยกลุ่มวิชาต่อไปนี้

- |   |                     |             |
|---|---------------------|-------------|
| 1. วิชาแกนทางวิศวกรรม                   | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 31 หน่วยกิต |
| 2. วิชาเฉพาะด้าน                        | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 36 หน่วยกิต |
| กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์          |                     | 3 หน่วยกิต  |
| กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์    |                     | 9 หน่วยกิต  |
| กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ            |                     | 12 หน่วยกิต |
| กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ |                     | 12 หน่วยกิต |
| 3. วิชาเลือก                            | ให้เรียนไม่น้อยกว่า | 18 หน่วยกิต |

###### ค. หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา

ให้เรียนไม่น้อยกว่า 7 หน่วยกิต

###### ง. หมวดวิชาเลือกเสรี ให้เรียนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

### 3.1.3 รายวิชา

ความหมายของเลขรหัสที่ใช้ในหลักสูตร

ตัวอย่าง รหัสวิชา “CPE4501”

รหัสวิชาหลักสูตรปรับปรุงปี 2565

ความหมายของ

อักษรในหลักที่ 1-3 : CPE

“Computer Engineering”

SCT

“School of Computer and Information Technology”

ตัวเลขในหลักที่ 4 : (เลขตัวที่แรก)

บ่งบอกถึงระดับความยากง่ายหรือชั้นปี เช่นเลข 4 คือ วิชาเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 4

ตัวเลขในหลักที่ 5 : (เลขตัวที่สอง)

บ่งบอกถึงลักษณะเนื้อหาของวิชา เช่นเลข 5 คือ กลุ่มวิชา วิศวกรรมและปัญหาพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ตัวเลขในหลักที่ 6 และ 7 : (เลขตัวที่สามและสี่)

บ่งบอกถึงลำดับก่อนหลังของวิชา เช่น 01 คือ วิชาใน ลำดับที่หนึ่งของกลุ่มวิชา วิศวกรรมและปัญหาพิเศษ ทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ความหมายของตัวเลขตัวที่ 5

เลข 0 หมายถึง

กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม

เลข 1 หมายถึง

กลุ่มวิชาคำนวณทางวิศวกรรม

เลข 2 หมายถึง

กลุ่มวิชาทางซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

เลข 3 หมายถึง

กลุ่มวิชาทางระบบและเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เลข 4 หมายถึง

กลุ่มวิชาทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เลข 5 หมายถึง

กลุ่มวิชาโครงการและปัญหาพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

เลข 6 หมายถึง

กลุ่มวิชาประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา

หมวดวิชาศึกษาทั่วไปไม่น้อยกว่า 30 หน่วยกิต

1. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้เรียนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

1.1 บัณฑิตเรียน 1 รายวิชา จำนวน 3 หน่วยกิต ได้แก่

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN1001	วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน Essential Science and Mathematics in Daily Life	3(3-0-6)

1.2 เลือกเรียน จากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้ไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN1002	สุขภาพเพื่อชีวิต Healthy Life	3(3-0-6)
GEN1003	เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้ Digital Technology for Communication and Learning	3(3-0-6)

2. กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร ให้เรียนไม่น้อยกว่า 12 หน่วยกิต โดยเป็นรายวิชาบังคับเรียน  
ทุกวิชา ดังนี้

2.1 บัณฑิตเรียน จำนวน 9 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วย กิต
GEN2001	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 Communicative English I	3(3-0-6)
GEN2002	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2 Communicative English II	3(3-0-6)
GEN2003	ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21 Thai for Communication in the 21 <sup>st</sup> Century	3(3-0-6)



2.2 ให้เลือกเรียนจากรายวิชาต่อไปนี้ จำนวน 3 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2004	ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ English for Academic Purposes	3(3-0-6)
GEN2005	ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ English for Careers	3(3-0-6)
GEN2006	ภาษาจีนเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Chinese for Basic Communication	3(3-0-6)
GEN2007	ภาษาญี่ปุ่นเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Japanese for Basic Communication	3(3-0-6)
GEN2008	ภาษาพม่าเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Burmese for Basic Communication	3(3-0-6)
GEN2009	ภาษาเกาหลีเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Korean for Basic Communication	3(3-0-6)
GEN2010	ภาษาเวียดนามเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Vietnamese for Basic Communication	3(3-0-6)

3. กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ให้เรียนไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต

3.1 บัณฑิตเรียน 2 รายวิชา จำนวน 6 หน่วยกิต ได้แก่

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3001	พลเมืองดี Good Citizen	3(3-0-6)
GEN3002	ศาสตร์พระราชา The King's Philosophy	3(3-0-6)

3.2 ให้เลือกเรียนจากรายวิชาต่อไปนี้อีก จำนวน 3 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3003	วิถีวัฒนธรรม Cultural Way	3(3-0-6)
GEN3004	ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง Sufficiency Economy Philosophy	3(3-0-6)
GEN3005	สุนทรียสร้างสรรค์ Creative Aesthetics	3(3-0-6)
GEN3006	การเมืองและกฎหมายโลก World Politics and Law	3(3-0-6)
GEN3007	สมรรถนะของบัณฑิต Competency of Graduate	3(3-0-6)
GEN3008	ประชาคมอาเซียน ASEAN Community	3(3-0-6)
GEN3009	การเมืองการปกครองไทย Thai Politics and Government	3(3-0-6)
GEN3010	กฎหมายในชีวิตประจำวัน Law in Daily Life	3(3-0-6)
GEN3011	ทักษะชีวิต Life Skills	3(3-0-6)

4. กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะชีวิต ให้เรียนไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต

ให้เลือกเรียนจากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN4001	การออกกำลังกายเพื่อชีวิต Exercise for Life	3(3-0-6)
GEN4002	พลังงานกับการดำเนินชีวิต Energy for Life	3(3-0-6)
GEN4003	การรู้เท่าทันการสื่อสาร	3(3-0-6)

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
	Communication Literacy	
GEN4004	การเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษ Entrepreneurship in Special Economic Zone	3(3-0-6)
GEN4005	สิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบัน Environment in Today's World	3(3-0-6)
GEN4006	กฎหมายกับการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล Law and Occupation in the Digital Age	3(3-0-6)
GEN4007	สมาธิเพื่อพัฒนาชีวิต Meditation for Life Development	3(3-0-6)
GEN4008	มนุษย์ สังคม เศรษฐกิจและการพัฒนา Human, Society, Economics and Development	3(3-0-6)
GEN4009	จิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นกับการบริการสังคม Volunteering for Local Development and Social Services	3(3-0-6)

**หมวดวิชาเฉพาะ 85 หน่วยกิต**

**1. วิชาแกนวิศวกรรม 31 หน่วยกิต ให้เรียนรายวิชาดังต่อไปนี้**

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE1003	การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม Engineering Workshop Practice	1(0-2-1)
CPE1004	ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า Physics and Electric Physics Laboratory	3(2-2-5)
CPE1005	กราฟิกวิศวกรรม Engineering Graphics	3(2-2-5)
CPE1103	คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร Fundamental Mathematics for Engineers	3(2-2-5)
CPE1201	หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา Fundamental Programming and Problem Solving	3(2-2-5)
CPE2104	ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม Numerical Methods for Engineering	3(2-2-5)
CPE2105	ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่	3(2-2-5)

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
	Probability and Statistics for Big Data Analytics	
CPE2312	ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ Microprocessor and Microcomputer	3(2-2-5)
CPE2412	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ Electric Circuits Analysis and Laboratory	3(2-2-5)
CPE2434	วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ Electronics Circuit and Laboratory	3(2-2-5)
CPE2456	วงจรดิจิทัลและวงจรถลอจิก Digital Circuit and Logic Circuit	3(2-2-5)

## 2. วิชาเฉพาะด้าน 36 หน่วยกิต ให้เรียนรายวิชาต่อไปนี้

2.1 กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ 3 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3306	การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ Application Development for Mobile Devices	3(2-2-5)

2.2 กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์ 9 หน่วยกิต

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2210	การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี Algorithm Design and Development	3(2-2-5)
CPE3505	ระบบฐานข้อมูล Database Systems	3(2-2-5)
SCT0002	โครงสร้างข้อมูล Data Structure	3(2-2-5)

	2.3	กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ	12	หน่วยกิต
<b>รหัสวิชา</b>		<b>ชื่อวิชา</b>		<b>หน่วยกิต</b>
CPE2102		คณิตศาสตร์เต็มหน่วย Discrete Mathematics		3(2-2-5)
CPE2301		ระบบปฏิบัติการ Operating Systems		3(2-2-5)
SCT0004		ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ Data Communication and Computer Network		3(2-2-5)
SCT0005		ความปลอดภัยของสารสนเทศ Information Security		3(2-2-5)
	2.4	กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์	12	หน่วยกิต
<b>รหัสวิชา</b>		<b>ชื่อวิชา</b>		<b>หน่วยกิต</b>
CPE3404		วิศวกรรมหุ่นยนต์ Robotics Engineering		3(2-2-5)
CPE3501		โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 Computer Engineering Project I		3(2-2-5)
CPE4501		โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 Computer Engineering Project II		3(2-2-5)
SCT0001		สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ Computer Architecture and Organization		3(2-2-5)

**3. วิชาเลือก** ให้เรียนไม่น้อยกว่า 18 หน่วยกิต โดยให้เลือกเรียนรายวิชาจากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งต่อไปนี้ หรือหลายกลุ่มรวมกัน

**3.1 กลุ่มวิชาเลือกทางด้านสื่อสารและควบคุมระบบสมองกลอัจฉริยะ**

<b>รหัสวิชา</b>		<b>ชื่อวิชา</b>		<b>หน่วยกิต</b>
CPE3231		การจำลองและระบบควบคุม Modeling and Control System		3(2-2-5)

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3311	อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Internet of Things	3(2-2-5)
CPE3405	เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า Electrical Instruments and Measurement	3(2-2-5)
CPE3406	เครือข่ายตัวตรวจจับไร้สาย Wireless Sensor Networks	3(2-2-5)
CPE4401	ระบบควบคุมอัตโนมัติ Automation System	3(2-2-5)
CPE4402	การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ Low - power Wireless Communication	3(2-2-5)
CPE4403	เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำและการประยุกต์ใช้งาน Low - frequency Wireless Communication System Technology and Applications	3(2-2-5)

### 3.2 กลุ่มวิชาเลือกทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3201	ระบบสมองกลฝังตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์ Embedded System and Microcontroller	3(2-2-5)
CPE3202	การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ Computer Interfacing	3(2-2-5)

### 3.3 กลุ่มวิชาเลือกทางด้านระบบคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3101	ทฤษฎีการคำนวณ Theory of Computation	3(2-2-5)
CPE3203	การประมวลผลภาพดิจิทัล Digital Image Processing	3(2-2-5)
CPE3204	การรู้จำรูปแบบ Pattern Recognition	3(2-2-5)
CPE3206	การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ขั้นสูง	3(2-2-5)

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
	Advanced Unix Programming	
CPE3211	การบีบข้อมูลและสัญญาณ Data and Signal Compression	3(2-2-5)
CPE3218	ระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย Distributed Computing	3(2-2-5)
CPE3219	อัลกอริทึมแบบขนาน Parallel Algorithm	3(2-2-5)
CPE3224	การเรียนรู้ของเครื่อง Machine Learning	3(2-2-5)
CPE3225	ระบบผู้เชี่ยวชาญ Expert System	3(2-2-5)
CPE3226	การรู้จำเสียงพูด Speech Recognition	3(2-2-5)
CPE3303	วิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์ Computer System Engineering	3(2-2-5)
CPE4206	ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์ Computer Vision	3(2-2-5)
CPE4207	ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์ Applied Artificial Intelligence	3(2-2-5)
CPE4208	ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล Computational Intelligence and Digital Knowledge	3(2-2-5)
CPE4502	การวิจัยดำเนินงาน Operation Research	3(2-2-5)

### 3.4 กลุ่มวิชาเลือกทางการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3208	การออกแบบเกม Game Design	3(2-2-5)
CPE3209	วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์ Object Oriented Software Engineering	3(2-2-5)
CPE3210	การโปรแกรมเว็บเซิร์ฟวิส	3(2-2-5)

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
	Web Services Programming	
CPE3212	การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์	3(2-2-5)
	Computer Simulation	
CPE3220	วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงคณิตศาสตร์	3(2-2-5)
	Mathematical Software Engineering	
CPE3229	วิศวกรรมซอฟต์แวร์	3(2-2-5)
	Software Engineering	
CPE4308	ระบบฐานข้อมูลขั้นสูง	3(2-2-5)
	Advanced Database Systems	
CPE4310	การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่	3(2-2-5)
	Data Mining and Big Data Analytics	

### 3.5 กลุ่มวิชาเลือกทางด้านระบบเครือข่ายและความมั่นคงทางสารสนเทศ

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3304	การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย	3(2-2-5)
	Mobile Computing and Wireless Communication	
CPE3307	การเขียนโปรแกรมเครือข่าย	3(2-2-5)
	Network Programming	
CPE3309	การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์	3(2-2-5)
	Unix System Programming	
CPE4305	ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์	3(2-2-5)
	Computer Security	
CPE4306	ความมั่นคงในระบบเครือข่าย	3(2-2-5)
	Network Security	
CPE4311	เครือข่ายไร้สาย	3(2-2-5)
	Wireless Networks	

### 3.6 กลุ่มวิชาเลือกทางด้านปัญหาพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4503	เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1	3(2-2-5)



รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
	Selected Topics in Computer Engineering I	
CPE4504	เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2	3(2-2-5)
	Selected Topics in Computer Engineering II	

หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ สหกิจศึกษา 7 หน่วยกิต

ให้เลือกเรียนเพียงกลุ่มวิชาเดียว

**1. กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ**

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3601	การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	2(90)
	Pre – Practicum in Computer Engineering	
CPE3602	การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	5(225)
	Practicum in Computer Engineering	

หรือ

**2. กลุ่มวิชาสหกิจศึกษา**

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4601	สหกิจศึกษา	7(315)
	Co-Operative Education	

หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

ให้นักศึกษาเลือกเรียนจากรายวิชาที่เปิดสอนในหลักสูตรระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ไม่ซ้ำกับรายวิชาที่เคยเรียนมาแล้วและไม่ใช่อายวิชาที่กำหนดให้เรียน

### 3.1.4 แสดงแผนการศึกษา

ปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1		หน่วย กิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
GEN1001	วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Essential Science and Mathematics in Daily Life)	3	3	0	6
GEN1003	เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้ (Digital technology for Communication and Learning)	3	3	0	6
GEN2001	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร1(Communicative English I)	3	3	0	6
CPE1004	ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า (Physics and Electric Physics Laboratory)	3	2	2	5
CPE1103	คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร (Fundamental Mathematics for Engineers)	3	2	2	5
CPE2105	ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Probability and Statistics for Big Data Analytics )	3	2	2	5
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>33</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 54

ปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
GEN2002	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2(Communicative English II)	3	3	0	6
GEN3001	พลเมืองดี (Good Citizen)	3	3	0	6
CPE1003	การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม (Engineering Workshop Practice)	1	0	2	1
CPE1005	กราฟิกวิศวกรรม (Engineering Graphics)	3	2	2	5
CPE1201	หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา (Fundamental Programming and Problem Solving)	3	2	2	5
CPE2102	คณิตศาสตร์เต็มหน่วย (Discrete Mathematics)	3	2	2	5
CPE2412	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ (Electric Circuits Analysis and Laboratory)	3	2	2	5
<b>รวม</b>		<b>19</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>33</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 57

ปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
GEN2003	ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21 (Thai for Communication in the 21 <sup>st</sup> Century)	3	3	0	6
GEN2005	ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ (English for Careers)	3	3	0	6
CPE2434	วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ (Electronics Circuit and Laboratory)	3	2	2	5
CPE3505	ระบบฐานข้อมูล (Database Systems)	3	2	2	5
SCT0001	สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ (Computer Architecture and Organization)	3	2	2	5
SCT0002	โครงสร้างข้อมูล (Data Structure)	3	2	2	5
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>32</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 54

ปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
GEN3011	ทักษะชีวิต ( Life Skills )	3	3	0	6
GEN4006	กฎหมายกับการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล (Law and Occupation in the Digital Age)	3	3	0	6
CPE2210	การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี (Algorithm Design and Development)	3	2	2	5
CPE2301	ระบบปฏิบัติการ (Operating Systems)	3	2	2	5
CPE2312	ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ (Microprocessor and Microcomputer)	3	2	2	5
CPE2456	วงจรรีจิสเตอร์และวงจรรวม (Digital Circuit and Logic Circuit)	3	2	2	5
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>32</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 54

ปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
GEN3002	ศาสตร์พระราชา (The King's Philosophy )	3	3	0	6
CPE2104	ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม (Numerical Methods for Engineering)	3	2	2	5
*CPE3202	การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ (Computer Interfacing)	3	2	2	5
CPE3306	การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Application Development for Mobile Devices)	3	2	2	5
CPE3404	วิศวกรรมหุ่นยนต์ (Robotics Engineering)	3	2	2	5
SCT0004	ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Data Communication and Computer Network)	3	2	2	5
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>31</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 54

ปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
CPE3501	โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 (Computer Engineering Project I)	3	2	2	5
*CPE3307	การเขียนโปรแกรมเครือข่าย (Network Programming)	3	2	2	5
*CPE4401	ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automation System)	3	2	2	5
*CPE4402	การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ (Low - power Wireless Communication)	3	2	2	5
SCT0005	ความปลอดภัยของสารสนเทศ (Information Security)	3	2	2	5
XXXXXX	#1-รายวิชาเลือกเสรี	3	3	0	6
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>31</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 54

ปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
**CPE3601	การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (Pre – Practicum in Computer Engineering)	2(90)	0	0	0
*CPE4208	ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล (Computational Intelligence and Digital Knowledge)	3	2	2	5
*CPE4310	การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Data Mining and Big Data Analytics)	3	2	2	5
CPE4501	โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 (Computer Engineering Project II)	3	2	2	5
XXXXXX	#2-รายวิชาเลือกเสรี	3	3	0	6
<b>รวม</b>		<b>14</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>21</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 36

ปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2		หน่วยกิต	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ศึกษา ด้วย ตนเอง
***CPE3602	การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (Practicum in Computer Engineering)	5(225)	0	0	0
<b>รวม</b>		<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>หรือ</b>					
CPE4601	สหกิจศึกษา (Co-Operative Education)	7(315)	0	0	0
<b>รวม</b>		<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ชั่วโมง /สัปดาห์ = 40 (ฝึกปฏิบัติตลอดภาคการศึกษา)

**หมายเหตุ** \*1. รายวิชาเลือก (ทั้งนี้สามารถปรับเปลี่ยนรายวิชาได้ในแต่ละปีการศึกษา)

\*\*2. รายวิชา CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษา เลือกลงทะเบียน  
แผนการเรียนด้วยการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

\*\*\* 3. รายวิชา CPE3602 การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาเลือกลงทะเบียน  
แผนการเรียนด้วยการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

4. สำหรับนักศึกษาเลือกลงทะเบียนแผนการเรียนแบบฝึกสหกิจศึกษาให้ลงทะเบียนรายวิชา  
CO4890 สหกิจศึกษา แต่ไม่ต้องลงทะเบียนรายวิชา CPE3601 และ 3602

### 3.2 ชื่อ ตำแหน่ง และคุณวุฒิการศึกษาของอาจารย์

#### 3.2.1 อาจารย์ประจำหลักสูตร

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ การศึกษา	ภาระงานสอน ชม/สัปดาห์				
							2565	2566	2567	2568	2569
1	นายธนาวุฒิ ธนาณิษฐ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์)	ปร.ด. วศ.ม. วท.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2559 2548 2544	12	12	12	12	12
2	นายภูมิพงษ์ ดวงตั้ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรม โทรคมนาคมและการ สื่อสาร)	วศ.ด. ค.อ.ม. วศ.บ.	วิศวกรรมโทรคมนาคม เทคโนโลยีไฟฟ้า วิศวกรรมโทรคมนาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2560 2550 2544	12	12	12	12	12
3	นายกฤตกรณ์ ศรีวันนา	อาจารย์	ปร.ด. วศ.ม. วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	2560 2555 2552	15	15	15	15	15
4	นายมยุร ไยบัวเทศ	อาจารย์	ปร.ด. วท.ม. วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมเครือข่าย วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	2561 2554 2552	15	15	15	15	15

### 3.2.1 อาจารย์ประจำหลักสูตร (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ การศึกษา	ภาระงานสอน ชม/สัปดาห์				
							2565	2566	2567	2568	2569
5	นายอริคม ศิริ	อาจารย์	วศ.ม. วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2550 2544	15	15	15	15	15

### 3.2.2 อาจารย์ผู้สอน

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ การศึกษา	ภาระงานสอน ชม/สัปดาห์				
							2565	2566	2567	2568	2569
1	นายกมล บุญล้อม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า)	วศ.ม.	วิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ	2549	9	9	9	9	9
2	นางสาวศรีนวล พงษ์ณี	อาจารย์	วท.ม.	วิทยาการ คอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2550	3	3	3	3	3
3	นายจักรี พิษณุพิบูล	อาจารย์	วท.ม.	เทคโนโลยี สารสนเทศและ การจัดการ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2546	3	3	3	3	3

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ การศึกษา	ภาระงานสอน ชม/สัปดาห์				
							2565	2566	2567	2568	2569
ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ	สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษาจากสถาบัน	ปี พ.ศ. ที่สำเร็จ การศึกษา	ภาระงานสอน ชม/สัปดาห์				
							2565	2566	2567	2568	2569
4	นางสาวณภษร เผ่ากล้า	อาจารย์	วท.ม.	เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตและ สารสนเทศ	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2546	3	3	3	3	3
5	นางสาวอังศนา พงษ์นุ้มกุล	อาจารย์	วท.ม.	เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตและ สารสนเทศ	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2546	3	3	3	3	3
6	นางสาวชลิตา จันทจิร โกวิท	อาจารย์	วท.ม.	เทคโนโลยี สารสนเทศและ การจัดการ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2546	3	3	3	3	3
7	นายคมกริช จิระบุตร	อาจารย์	ศศ.ม.	สื่อศิลปะและ การออกแบบสื่อ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2551	3	3	3	3	3



#### 4. องค์ประกอบเกี่ยวกับประสบการณ์วิชาชีพ (การฝึกงานหรือสหกิจศึกษา)

จากความต้องการบัณฑิตที่ควรมีประสบการณ์ในวิชาชีพก่อนเข้าสู่การทำงานจริง ดังนั้นหลักสูตรได้กำหนดให้มีกลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษามุ่งเน้นการทำงานควบคู่การปฏิบัติงานจริง ในรูปแบบการเรียนการสอนที่มีลักษณะร่วมกันฝึกประสบการณ์ทำงานจริงร่วมกับหน่วยงานภายนอกแบบ CWIE ( Cooperative and Work Integrated Education ) ที่มีการปฏิบัติงานจริงเสมือนเป็นพนักงานระหว่างศึกษา ภายใต้สถานประกอบการที่มีความร่วมมือในปัจจุบัน หรือ สถานประกอบการอื่นภายใต้ความร่วมมือที่เกิดขึ้นระหว่างหลักสูตรดำเนินการ

##### 4.1. มาตรฐานผลการเรียนรู้ของประสบการณ์ภาคสนาม

ความคาดหวังในผลการเรียนรู้ประสบการณ์ภาคสนามของนักศึกษามีดังนี้ ทักษะในการปฏิบัติงานจากสถานประกอบการ ตลอดจนมีความเข้าใจในหลักการความจำเป็นในการเรียนรู้ ทฤษฎีมากยิ่งขึ้น มีการบูรณาการความรู้ที่เรียนมาเพื่อนำไปแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นเครื่องมือและแนวคิดทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม มีมนุษยสัมพันธ์และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีระเบียบวินัยตรงเวลาเข้าใจวัฒนธรรม สามารถปรับตัวเข้ากับสถานประกอบการได้มีความกล้าในการแสดงออกและนำความคิดสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ในงานได้

##### 4.2 ช่วงเวลา

การฝึกปฏิบัติในสถานประกอบการจริงในระหว่างการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพเต็มรูปแบบ ในระหว่างการเรียนปีการศึกษาที่ 4 โดยนักศึกษาสามารถเลือกฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งตามระบุในแผนการเรียนโดยทั้งสองรูปแบบเป็นการฝึกประสบการณ์วิชาชีพแบบต่อเนื่องตลอดภาคเรียนใช้เวลาไม่น้อยกว่า 1 ภาคการศึกษา หรือนักศึกษาที่ปฏิบัติงานจริงแบบ CWIE ( Cooperative and Work Integrated Education )

##### 4.3 การจัดเวลาและตารางสอน

การฝึกประสบการณ์วิชาชีพแบบต่อเนื่องตลอดภาคเรียน ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ใน 1 ภาคการศึกษา

##### 4.4 การกำหนดคุณสมบัติของนักศึกษาที่จะออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาที่จะออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพมีความรู้และทักษะที่เหมาะสม เพื่อพร้อมสำหรับการเข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในหน่วยงานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและรายวิชานักศึกษาจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.4.1 เข้าร่วมกิจกรรมฝึกอบรมและผ่านการลงทะเบียนในรายวิชาเตรียมความพร้อมเพื่อการเตรียมความพร้อมก่อนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพตามที่คณะกรรมการบริหารหลักสูตรกำหนด

## 5. ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำโครงการวิจัยหรืองานวิจัย

ข้อกำหนดในการทำโครงการต้องเป็นหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คือ การใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับประโยชน์ต่อชุมชน สังคม รวมถึงการประยุกต์เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยต้องผ่านการสอบหัวข้อต่อกรรมการสอบโครงการและทำรูปเล่มโครงการเพื่อดำเนินการสอบโครงการทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ต่อคณะกรรมการสอบโครงการหรือคณะกรรมการที่แต่งตั้งจากสาขาวิชา ทั้งจากภายในหรือภายนอกไม่น้อยกว่า 3 คน ทั้งนี้ นักศึกษาต้องส่งรายงานของการดำเนินโครงการตามรูปแบบและระยะเวลาที่หลักสูตรกำหนดอย่างเคร่งครัด อีกทั้งนักศึกษาจำเป็นต้องรายงานความก้าวหน้าของการดำเนินโครงการมาเสนอต่อคณะกรรมการสอบโครงการวิจัย เพื่อพิจารณาความเหมาะสมจนจบภาคการศึกษาตามปฏิทินโครงการวิจัยที่ประกาศจากคณะกรรมการที่แต่งตั้งจากสาขาวิชาหรือ ทั้งนี้ยังสามารถเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ทำงานที่ได้จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา โดยนักศึกษาจะต้องเสนอรายงานต่อคณะกรรมการโครงการวิจัยเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและคุณภาพทางวิชาการ

### 5.1 คำอธิบายโดยย่อ

นักศึกษาจะได้ศึกษาในรายวิชาโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ตามหัวข้อที่นักศึกษาสนใจ สามารถอธิบายทฤษฎีที่นำมาใช้ในการทำโครงการมีขอบเขตโครงการที่สามารถทำเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด กระบวนการศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเลือกหัวข้อและกำหนดประเด็นโดยเฉพาะประเด็นร่วมสมัยหรือเป็นที่สนใจ จากการนำเสนอโครงร่างงานวิจัย การดำเนินการวิจัย การเขียนรายงานการวิจัยที่มีมาตรฐาน จรรยาบรรณในการดำเนินการวิจัย การฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล การเขียนรายงานและการนำเสนอผลการวิจัยต่อที่ประชุมคณะกรรมการที่ได้รับการแต่งตั้งจากสาขาและการวิพากษ์ของอาจารย์

### 5.2 มาตรฐานผลการเรียนรู้

มาตรฐานผลการเรียนรู้ด้านการทำโครงการหรืองานวิจัยของนักศึกษา ประเมินจากความสามารถของนักศึกษาในด้านต่างๆ ดังนี้

5.2.1 นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทฤษฎีและแนวคิดต่างที่ได้จากการศึกษาในชั้นเรียนไปสู่การฝึกปฏิบัติการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือโปรแกรมการออกแบบระบบในการทำโครงการ โดยโครงการสามารถเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อได้

5.2.2 นักศึกษามีความสามารถสามารถดำเนินการวิจัยในประเด็นที่เลือกสรรได้บรรลุตามวัตถุประสงค์

5.2.3 นักศึกษามีความสามารถในการจัดการข้อมูลการวิจัยและนำไปสู่การเขียนรายงานการวิจัยและนำเสนอผลการวิจัยได้อย่างเป็นระบบ

5.2.4 นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการนำเสนอและรายงานผลที่ได้จากการวิจัยเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริง

### 5.3 ช่วงเวลา

นักศึกษาจะต้องดำเนินโครงการวิจัยในภาคเรียนที่มีการกำหนดให้เรียนรายวิชาโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เต็มภาคการศึกษา

### 5.4 จำนวนหน่วยกิต

จำนวนหน่วยกิตของรายวิชาโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มีจำนวน 3 หน่วยกิต โดยแบ่งเป็นการบรรยายและการปฏิบัติอย่างละ 2 ชั่วโมง การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองอีก 5 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์

### 5.5 การเตรียมการ

มีการกำหนดอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและชั่วโมงการให้คำปรึกษาการจัดทำบันทึกการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

### 5.6 กระบวนการประเมินผล

การประเมินผลจากความก้าวหน้าในการทำโครงการประเมินผลจากรายงานที่ได้กำหนดรูปแบบการเขียนรายงานและผลงานที่สมบูรณ์ เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการสอบโครงการ ไม่น้อยกว่า 3 คน ตามระยะเวลาที่กำหนดให้สอบโครงการของสาขาวิชาการประเมินผลการดำเนินโครงการวิจัยของนักศึกษามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.6.1 ประเมินตามแผนการประเมินที่ระบุใน มคอ. 3 ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการผู้สอนประจำรายวิชาโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

5.6.2 ประเมินผลสมฤทธิ์ของโครงร่างงานวิจัยและการดำเนินการวิจัยเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์การวิจัยโดยคณะกรรมการผู้สอนประจำรายวิชาและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ได้รับแต่งตั้งจากสำนักวิชา (ถ้ามี)

5.6.3 ประเมินโดยคณาจารย์หรือคณะกรรมการที่แต่งตั้งจากสาขาวิชาฯ ที่เข้าร่วมรับฟังการนำเสนอผลการวิจัยของนักศึกษาตามแบบประเมินที่คณะกรรมการผู้สอนและอาจารย์ที่ปรึกษา

5.6.4 การประเมินการเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ทำงานที่ได้จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา จากคณะกรรมการที่แต่งตั้งจากสาขาวิชาให้เป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการสาขา ฯ ในแต่ละปีการศึกษา

## หมวดที่ 4

### ผลการเรียนรู้ กลยุทธ์การสอนและการประเมินผล

#### 1. การพัฒนาคุณลักษณะพิเศษของนักศึกษา

คุณลักษณะพิเศษ	กลยุทธ์หรือกิจกรรมของนักศึกษา
1. มีคุณธรรมจริยธรรมถ่อมตนและทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม	1. ส่งเสริมและสอดแทรกให้นักศึกษามีจรรยาบรรณในวิชาชีพเคารพในสิทธิทางปัญญา และข้อมูลส่วนบุคคล รวมถึงการใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมที่ถูกต้อง 2. นอกจากนี้อาจมีการจัดค่ายพัฒนาชุมชนเพื่อรับทราบปัญหาจริงจากชุมชน ทำให้นักศึกษามีโอกาสประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามา
2. มีความรู้พื้นฐานในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถประยุกต์ได้อย่างเหมาะสม ในการประกอบวิชาชีพและศึกษาต่อในระดับสูง	รายวิชาบังคับของหลักสูตรต้องปรับพื้นฐานของศาสตร์ และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างภาคทฤษฎีและปฏิบัติ มีปฏิบัติการแบบฝึกหัด โครงการและกรณีศึกษาให้นักศึกษาเข้าใจการประยุกต์องค์ความรู้กับปัญหาจริง
3. มีความรู้ทันสมัยใฝ่รู้และมีความสามารถพัฒนาตนเอง พัฒนางานและพัฒนาสังคม	ให้นักศึกษาเข้าร่วมทำงานกับชุมชนโดยใช้ความรู้ความชำนาญทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ไปช่วยเหลือและแก้ปัญหาพร้อมกับชุมชน
4. คิดเป็นทำเป็นและเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม	ทุกรายวิชาต้องมีโจทย์ปัญหาแบบฝึกหัดหรือโครงการให้นักศึกษาได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ ฝึกแก้ปัญหา แทนการท่องจำ
5. มีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นมีทักษะการบริหารจัดการและทำงานเป็นหมู่คณะ	ส่งเสริมให้นักศึกษามีกิจกรรมร่วมและการเรียนแบบบูรณาการโดยใช้ความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ในการเรียนและการช่วยเหลือสังคม
6. รู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดีเหมาะสม	ต้องมีการมอบหมายงานให้นักศึกษาได้สืบค้นข้อมูล รวบรวมความรู้ที่นอกเหนือจากที่ได้นำเสนอในชั้นเรียน และ เผยแพร่ความรู้ที่ได้ระหว่างนักศึกษาด้วยกันหรือให้แก่ผู้สนใจภายนอก
7. มีความสามารถใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศในการสื่อสารและใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้ดี	1. มีระบบเพื่อสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในหมู่นักศึกษาหรือบุคคลภายนอก

คุณลักษณะพิเศษ	กลยุทธ์หรือกิจกรรมของนักศึกษา
	2. ส่งเสริมให้เกิดการแสวงหาความรู้ที่ทันสมัย การเผยแพร่ การถามตอบ และ การแลกเปลี่ยน ความรู้
8. มีความสามารถวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ออกแบบพัฒนาติดตั้งและปรับปรุงระบบคอมพิวเตอร์ ให้สามารถแก้ไขปัญหาขององค์กรหรือบุคคลตามข้อกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมการทำงาน	ต้องมีวิชาที่บูรณาการองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามา (เช่น วิชา วิศวกรรมวิศวกรรม) ในการวิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา ติดตั้ง และ ปรับปรุงระบบคอมพิวเตอร์ตามข้อกำหนดของโจทย์ปัญหาที่ได้รับ
9. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของการประยุกต์คอมพิวเตอร์ต่อบุคคล องค์กร และสังคมรวมทั้งประเด็นทางด้านกฎหมายและจริยธรรม	มีการเชิญวิทยากรผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญ มาให้ความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องและให้นักศึกษาเข้าร่วม การฝึกอบรมในการประยุกต์ด้านคอมพิวเตอร์
10. มีความสามารถเป็นที่ปรึกษาในการใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ในองค์กร	ให้นักศึกษาเข้าไปมีส่วนร่วมกับองค์กรหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อแนะนำช่วยเหลือด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
11. มีความสามารถบริหารระบบสารสนเทศในองค์กร	ให้นักศึกษามีส่วนร่วมกับองค์กร หน่วยงานต่างๆ ในการบริหารจัดการทางด้านระบบสารสนเทศของ หน่วยงาน
12. มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมขนาดเล็กเพื่อใช้งานได้	ให้นักศึกษาเข้าร่วมการแข่งขันทางด้านโปรแกรม ซอฟต์แวร์ หุ่นยนต์ในระดับต่างๆตามความสนใจ

## 2. ความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในแต่ละชั้นปี

ชั้นปี	สมรรถนะที่คาดหวัง	คุณลักษณะที่คาดหวัง	ระบบ กลไก กลยุทธ์ และวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาสมรรถนะที่คาดหวัง โดยให้เน้นกระบวนการ CWIE อย่างเป็นระบบและชัดเจน
1	ด้านความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม	นักศึกษามีทักษะทางด้านทฤษฎีและการคำนวณและการคิดอย่างมีเหตุผล	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. จัดให้เรียนรายวิชาแกนวิศวกรรม</li> <li>2. จัดให้เรียนวิชาปฏิบัติทางวิศวกรรมเพื่อสร้างพื้นฐานต่อกระบวนการ CWIE</li> </ol>
2	ด้านวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	นักศึกษามีทักษะที่สามารถแสดงสมรรถนะหลักสำหรับการปฏิบัติงานทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 3 กลุ่ม ได้อย่างถูกต้องประกอบด้วย (1) สมรรถนะทางด้านฮาร์ดแวร์ (2) สมรรถนะทางด้านหลักคอมพิวเตอร์ และการโปรแกรม (3) สมรรถนะเบื้องต้นของการแก้ปัญหาด้วยระบบคอมพิวเตอร์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. จัดให้เรียนรายวิชาซีพีเฉพาะทั้ง 3 กลุ่ม</li> <li>2. จัดกิจกรรมส่งเสริมสมรรถนะทั้ง 3 กลุ่ม</li> </ol>
3	ด้านวิชานัดเฉพาะด้าน	นักศึกษามีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ตามวิชานัดเฉพาะด้านที่สนใจ และ มุ่งเน้นสร้างความชำนาญ	จัดให้เรียนรายวิชาเฉพาะด้าน (บังคับเรียน) และวิชาเอกเลือก โดยเน้นใช้ Project-based Learning และ กระบวนการทาง CWIE
4	ด้านความเป็นมืออาชีพในงานคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	นักศึกษามีความสามารถในการปฏิบัติงานวิชาชีพวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในหน่วยงานวิชาชีพทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและ แก้ไขปัญหาด้วยทักษะทางการวางแผน วิเคราะห์สาเหตุอย่างมีแบบแผน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา</li> <li>2. โครงการวิจัย 1 และ 2</li> <li>3. สหกิจศึกษา</li> </ol>

## 2. การพัฒนาผลการเรียนรู้ในกลุ่มมาตรฐานผลการเรียนรู้หมวดศึกษาทั่วไป

### 2.1 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

- (1) มีความซื่อสัตย์ สุจริตและประพฤติตนให้เป็นแบบอย่างที่ดีในสังคม
- (2) มีวินัยตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- (3) รู้จักช่วยเหลือผู้อื่น มีความเอื้ออาทรต่อผู้อื่นและสังคม

#### กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

- (1) ส่งเสริมให้มีการกำหนดหรือสร้างค่านิยมร่วมในกลุ่มนักศึกษาเรื่องความซื่อสัตย์ สุจริตและประพฤติตนให้เป็นแบบอย่างที่ดีในสังคม
- (2) ผู้สอนสอดแทรกเนื้อหาเกี่ยวกับคุณธรรมจริยธรรมในเนื้อหาที่สอนทุกรายวิชา
- (3) การแสดงออกซึ่งการเป็นแบบอย่างที่ดีของอาจารย์ผู้สอน รู้จักช่วยเหลือผู้อื่น มีความเอื้ออาทรต่อผู้อื่นและสังคม
- (4) ผู้สอนให้ความสำคัญกับการสร้างวินัยการตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชา

#### กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

- (1) ประเมินจากสัมฤทธิ์ผลการเรียนและการทำกิจกรรมของนักศึกษาเปรียบเทียบกับ คำอธิบายประกอบกิจกรรมที่มอบหมาย
- (2) ประเมินพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา เช่น การตรงต่อเวลาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงาน ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม สำนวญและประเมินความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอน
- (3) สำนวญและประเมินจากความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอน

### 2.2 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

- (1) มีความเข้าใจแนวคิด ทฤษฎี วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับการประยุกต์
- (2) สามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์และนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปปรับใช้ในการศึกษาและใช้ในชีวิตประจำวัน
- (3) สามารถบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

### **กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้**

- (1) บูรณาการวิธีการสอนที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน
- (2) เน้นการเรียนการสอนโดยการฝึกปฏิบัติและการศึกษาจากกรณีศึกษาโดยเน้นวิเคราะห์กรณีศึกษาแบบองค์รวมและรอบด้าน
- (3) เน้นการศึกษาจากสถานการณ์จริง และให้ความสำคัญสามารถบูรณาการความรู้ด้านมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาษาศาสตร์ และนำไปเป็นเครื่องมือในการเรียนและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

### **กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้**

- (1) การทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สอบย่อย สอบระหว่างภาค และสอบปลายภาค
- (2) ประเมินจากการจัดทำรายงาน การศึกษาค้นคว้า และการศึกษกรณีศึกษา
- (3) ประเมินจากการนำเสนอรายงานทั้งที่เป็นรูปเล่มรายงานและการรายงานด้วยวาจา

### **2.3 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา**

- (1) สามารถประยุกต์ความรู้ด้านมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และ ภาษาศาสตร์กับการแก้ปัญหา
- (2) มีวิีคิด สามารถสรุปแนวคิดและ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอย่างมีหลักการและเหตุผล
- (3) มีวิจารณ์ญาณในการเลือก คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและอย่างเป็นระบบ

### **กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา**

- (1) การใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิดการวิเคราะห์และการตัดสินใจเช่นการอภิปรายกลุ่มการให้ศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นการเฉพาะและให้มีการนำเสนอ
- (2) การให้มีการศึกษาและวิเคราะห์กรณีศึกษา การศึกษาในสถานการณ์จริง
- (3) การเชิญผู้มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญมาบรรยายเรื่องวิีคิด เพื่อให้สามารถสรุปแนวคิดและการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอย่างมีหลักการและเหตุผล

### **กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา**

- (1) ประเมินจากผลงานที่มอบหมายทั้งในรูปแบบของรายงานและการนำเสนอด้วยวาจา
- (2) ประเมินจากการสอบ



## 2.4 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

- (1) สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและต่างประเทศได้
- (2) สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและเคารพในความแตกต่างและการปฏิบัติต่อผู้อื่นอย่างเป็นกัลยาณมิตร
- (3) มีความรับผิดชอบในการทำงาน สามารถทำงานเป็นทีม มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียน และการแสวงหาความรู้

### กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

- (1) ให้ความสำคัญกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการทำงานเป็นทีม
- (2) มีการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบให้ปฏิบัติ
- (3) ผู้สอนรายวิชาต่างๆ เน้นให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความสำคัญของความรับผิดชอบ

### กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

- (1) ประเมินผลจากการทำงานเป็นทีมและการประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียน
- (2) การให้นักศึกษาประเมินตนเองและประเมินกันเอง
- (3) การประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียน

## 2.5 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี

### สารสนเทศ

- (1) สามารถเลือกและประยุกต์คณิตศาสตร์หรือเทคนิคทางสถิติที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม
- (2) สามารถค้นคว้าความรู้โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและ นำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน
- (3) สามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและเลือกใช้รูปแบบของการนำเสนอผลงานรายงานที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มบุคคลที่แตกต่างกันได้โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

### กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

### การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- (1) จัดให้มีการฝึกการจัดการแก้ไขปัญหาโดยใช้ตัวแบบทางสถิติและคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ
- (2) จัดให้มีการทดสอบทักษะและความสามารถในการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารในรูปแบบของภาษาที่เป็นวิชาการ โดยเฉพาะภาษาอังกฤษ

- (3) ส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนา  
ขีดความสามารถและศักยภาพการเรียนรู้ของนักศึกษา

**กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ  
การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ**

- (1) ประเมินจากการให้นำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าทั้งในรูปแบบรูปเล่มรายงานและ  
ด้วยวาจา
- (2) ประเมินโดยการทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า  
ประเมินจากการให้จัดทำข้อสรุปการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย
- (3) ประเมินจากการให้จัดทำข้อสรุปการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย

**2.6 แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้สาขาวิชาของ  
หมวดวิชาศึกษาทั่วไป (Curriculum mapping)**

จากผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ดังกล่าว สามารถจัดทำแผนที่แสดงการกระจาย  
ความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาศึกษาทั่วไป  
(แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

● = ความรับผิดชอบหลัก

○ = ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรมจริยธรรม			2. ความรู้			3. ทักษะทางปัญญา			4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ			5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยี		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
หมวดวิชาศึกษาทั่วไป															
GEN1001 วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน	○	○			●	●	●	●	○	○		○	●	○	○
GEN1002 สุขภาพเพื่อชีวิต	○	●	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	●	○
GEN1003 เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้	○	○			●	●	●	●	○	●		○	●	●	●
GEN2001 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1	○	●	○	○	●	○	○	○	●	○	○	●	○	○	●
GEN2002 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2	○	●	○	○	●	●	○	○	○	●	○	○	○	●	○
GEN2003 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21	○	●	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	○	●	●
GEN2004 ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ	○	○	●	●	○	○	●	○	○	●	○	○	○	○	●
GEN2005 ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ	○	●	○	○	○	●	○	●		○	●	○	○	●	●
GEN2006 ภาษาจีนเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น	○		○	●	●	●	●			○			●	○	○
GEN2007 ภาษาญี่ปุ่นเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น		○		○	●	●	●			●	○			○	○
GEN2008 ภาษาพม่าเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น		○		○	●	●	●			●	○			○	○
GEN2009 ภาษาเกาหลีเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น		○		○	●	●	●			●	○			○	○
GEN2010 ภาษาเวียดนามเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น		○		○	●	●	●			●	○			○	○

รายวิชา	1. คุณธรรมจริยธรรม			2. ความรู้			3. ทักษะทางปัญญา			4. ทักษะความสัมพันธ์ ระหว่างบุคคลและความ รับผิดชอบ			5. ทักษะการวิเคราะห์ เชิงตัวเลข การสื่อสาร และเทคโนโลยี		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GEN3001 พลเมืองดี	○	●	○	○	●	○	○	○	●	○	●	○	○	○	●
GEN3002 ศาสตร์พระราชา	○	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	●	○	○	●
GEN3003 วิถีวัฒนธรรม	○	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	●	○	○	●
GEN3004 ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง	●	○	●	○	●	○	○	●	○	○	●	○	●	○	○
GEN3005 สุนทรียสร้างสรรค์	○	●	○	○	○	●	○	○	●	○	●	●	●	○	○
GEN3006 การเมืองและกฎหมายโลก	○	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	○
GEN3007 สมรรถนะของบัณฑิต	○	●	○	○	●	○	○	●	●	●	○	○	○	○	●
GEN3008 ประชาคมอาเซียน	○	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	○
GEN3009 การเมืองการปกครองของไทย	○	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	○
GEN3010 กฎหมายในชีวิตประจำวัน	○	●	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	○
GEN3011 ทักษะชีวิต	●	●	●	●	●	○		○			●	○		○	
GEN4001 การออกกำลังกายเพื่อชีวิต	●	●	○	●	●	○	●	○	○	●	●	○	●	○	○
GEN4002 พลังงานกับการดำเนินชีวิต	○	●	○	○	●	○	●	○	○	○	○	●	○	●	○
GEN4003 การรู้เท่าทันการสื่อสาร	○	○		●	●	●	●	○	●	○	○	○		●	●
GEN4004 การเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษ	○	○		●	●	●	●	○	○		○	○		○	○

รายวิชา	1. คุณธรรมจริยธรรม			2. ความรู้			3. ทักษะทางปัญญา			4. ทักษะความสัมพันธ์ ระหว่างบุคคลและความ รับผิดชอบ			5. ทักษะการวิเคราะห์ เชิงตัวเลข การสื่อสาร และเทคโนโลยี		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
GEN4005 สิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบัน	○	●	○	○	●	○	●	○			○	●		●	○
GEN4006 กฎหมายกับการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล		○		○	●	●	●			●	○			○	○
GEN4007 สมาร์ทเพื่อพัฒนาชีวิต		○		○	●	●	●			●	○			○	○
GEN4008 มนุษย์ สังคม เศรษฐกิจและการพัฒนา	○	●	○	○	●	○	●	○	○	○	○	●		●	○
GEN4009 จิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นกับการบริการสังคม	●	●	○	●	●	●		○	●		●	○	○	○	

### 3. การพัฒนาผลการเรียนรู้ในแต่ละด้านหมวดวิชาเฉพาะ

#### 3.1 ด้านคุณธรรม จริยธรรม

##### 3.1.1 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1. ตระหนักในคุณค่าและคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย ตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบต่อตนเองวิชาชีพและสังคม
3. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งและลำดับความสำคัญ
4. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
5. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
6. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้คอมพิวเตอร์ต่อบุคคลองค์กรและสังคม
7. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

##### 3.1.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

กำหนดให้มีวัฒนธรรมองค์กรเพื่อเป็นการปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย โดยเน้นการเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลาตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบของมหาวิทยาลัย

1. ผู้สอนส่งเสริมให้นักศึกษาต้องมีความรับผิดชอบต่อโดยในการทำงานกลุ่มนั้นต้องฝึกให้รู้หน้าที่ของการเป็นผู้นำกลุ่มและการเป็นสมาชิกกลุ่ม
2. ผู้สอนสอดแทรกให้นักศึกษามีความซื่อสัตย์โดยต้องไม่กระทำการทุจริตในการสอบหรือลอกการบ้านของผู้อื่น เป็นต้น
3. ผู้สอนทุกคนต้องสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรมในการสอนทุกรายวิชา
4. ผู้สอนส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม เช่น การยกย่องนักศึกษาที่ทำดี ทำประโยชน์แก่ส่วนรวม เสียสละ

##### 3.1.3 วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1. ประเมินจากสัมฤทธิ์ผลการเรียนและการทำกิจกรรมของนักศึกษาเปรียบเทียบกับคำอธิบายประกอบกิจกรรมที่มอบหมาย
2. ประเมินพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา เช่น การตรงต่อเวลาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม
3. สัมภาษณ์และประเมินจากความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอน

## 3.2 ด้านความรู้

### 3.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาสาขาวิชาที่ศึกษา
2. สามารถวิเคราะห์ ปัญหาเข้าใจและอธิบายความต้องการทางคอมพิวเตอร์ รวมทั้งประยุกต์ความรู้ ทักษะและการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหา
3. สามารถวิเคราะห์ ออกแบบ ติดตั้ง ปรับปรุงและหรือประเมินระบบองค์ประกอบต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ให้ตรงตามข้อกำหนด
4. สามารถติดตามความก้าวหน้าทางวิชาการและวิวัฒนาการคอมพิวเตอร์รวมทั้งการนำไปประยุกต์
5. รู้ เข้าใจและสนใจพัฒนาความรู้ ความชำนาญทางคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่อง
6. มีความรู้ในแนวกว้างของสาขาวิชาที่ ศึกษา เพื่อให้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงและเข้าใจผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่ๆ
7. มีประสบการณ์ในการพัฒนาและ/หรือการประยุกต์ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานได้จริง
8. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

### 3.2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

1. บูรณาการวิธีการสอนที่มีความหลากหลายเพื่อเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี
2. เน้นการเรียนการสอนโดยการฝึกปฏิบัติและการศึกษาจากกรณีศึกษา โดยเน้นวิเคราะห์กรณีศึกษาแบบองค์รวมและรอบด้าน
3. เน้นการศึกษาจากสถานการณ์จริงและให้ความสำคัญกับการศึกษาดูงาน รวมถึงการเชิญผู้เชี่ยวชาญมาถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ตรง

### 3.2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

1. การทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ทั้งสอบย่อย สอบระหว่างภาคและสอบปลายภาค
2. ประเมินจากการจัดทำรายงาน การศึกษาค้นคว้าและการศึกษกรณีศึกษา

3. ประเมินจากการนำเสนอรายงานทั้งที่เป็นรูปเล่มรายงานและการรายงานด้วยวาจา
4. การทดสอบมาตรฐานสามารถทำได้โดยการทดสอบจากข้อสอบของแต่ละวิชาในชั้นเรียน ตลอดระยะเวลาที่นักศึกษาอยู่ในหลักสูตร

### 3.3 ด้านทักษะทางปัญญา

#### 3.3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

1. คิดอย่างมีวิจารณญาณและอย่างเป็นระบบ
2. สามารถสืบค้น ตีความและประเมินสารสนเทศ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์
3. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
4. สามารถประยุกต์ความรู้และทักษะกับการแก้ไขปัญหาทางคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม

#### 3.3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

1. การใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และการตัดสินใจ
2. การศึกษาจากกรณีศึกษาทางการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์
3. การใช้กระบวนการอภิปรายกลุ่มในการจัดการเรียนการสอน
4. การส่งเสริมให้นักศึกษามีโอกาสปฏิบัติจริง เพื่อให้สามารถสรุปแนวคิด และแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้อย่างมีเหตุผลและหลักการ

#### 3.3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

1. ประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา นี้สามารถทำได้ โดยการออกข้อสอบที่ให้นักศึกษาแก้ปัญหา อธิบายแนวคิดของการแก้ปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาโดยการประยุกต์ความรู้ที่เรียนมา
2. ประเมินตามสภาพจริงจากผลงาน และการปฏิบัติของนักศึกษา เช่น ประเมินจากการนำเสนอรายงานในชั้นเรียน การทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบหรือสัมภาษณ์ เป็นต้น



### 3.4 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

#### 3.4.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1. สามารถสื่อสารทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
3. สามารถใช้ความรู้ในศาสตร์มาชี้นำสังคมในประเด็นที่เหมาะสม
4. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
5. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวม พร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่ม
6. มีความรับผิดชอบการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

#### 3.4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1. ส่งเสริมให้มีกิจกรรมเพื่อให้นักศึกษาสามารถทำงานกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
2. มีการกำหนดความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
3. ส่งเสริมให้มีกิจกรรมเพื่อให้นักศึกษาสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์และวัฒนธรรมองค์กรที่ไปปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี
4. เน้นให้นักศึกษามีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานในองค์กรและบุคคลทั่วไป
5. ส่งเสริมให้มีกิจกรรมเพื่อให้นักศึกษาสามารถสร้างสรรคงานด้วยตนเอง

#### 3.4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1. ประเมินผลจากการทำงานเป็นทีม
2. การให้นักศึกษาประเมินตนเองและประเมินกันเอง
3. การประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียน

### 3.5 ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

#### 3.5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

1. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์
2. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการใช้สถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
3. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
4. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม

#### 3.5.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ผู้สอนมีกลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะในการวิเคราะห์และการสื่อสาร

1. ส่งเสริมให้นักศึกษาแก้ปัญหาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหา
2. ส่งเสริมให้นำเสนอแนวคิดของการแก้ปัญหาผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในเชิงวิชาการระหว่าง อาจารย์และกลุ่มนักศึกษา
3. ส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มขีดความสามารถและศักยภาพของนักศึกษา
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาต่าง ๆ ให้นักศึกษาได้วิเคราะห์สถานการณ์จำลองและสถานการณ์เสมือนจริงและนำเสนอการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
5. ส่งเสริมการเรียนรู้เทคนิคการประยุกต์วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในหลากหลายสถานการณ์

#### 3.5.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

1. ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยใช้ทฤษฎีการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศหรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้อง
2. ประเมินจากความสามารถในการอธิบายข้อจำกัดเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือต่างๆ การอภิปรายกรณีศึกษาต่อชั้นเรียน

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาแกนวิศวกรรม																													
CPE1003 การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม	○	●		○	○		●		○	●			●	○	●	●		○			○		○		●	●		○	
CPE1004 ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า		●		○	●	○	●	●		○	●	○		○	●	●		○			●		○		●	●		○	
CPE1005 กราฟิควิศวกรรม	●	●			○		○		●			●		●	○	○			●		○	●			○	○			●
CPE1103 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร			●		○	●	○	●		●			○	●		●	○			●		○		○	●		●	○	
CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา	●	○		●	○		●	●	●		○		●	○	○	●	○	●	○	○		○	●	○	●	●	○		
CPE2104 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม		○	●		●		●	○	●		●		○		○	●		○				●		●	●		●	○	
CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่	●				○	●	●		●			●	○	●	○	●		○		○		●		○	●		○	●	
CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์	●	●	○			○	●		○	●		○	○		●		●	○	●		●	○	○				●	○	●

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการการวิเคราะห์เชิงระบบตัวเลขการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาแกนวิศวกรรม																													
CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ	○		○	●	○	●	●	○	○	●	○	○		●	●			●	●	○		●	○	○	●		○		○
CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ	●	○		○	●	○		●		○		●	○	○	●	●	○		○	●	○		○	●	●	○	●	○	●
CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรลอจิก		●	●		○		○		●		●		●		○	○	○	●	○		●	○	●	○	○	●		○	●

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน ( วิชาบังคับ )																													
CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่	●	●		○	○	●	○		○	●	○	●		●		○		●	○		●		●		●		○		●
CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี	●	●		○	○		●	○	●		●		●	○	○	●	○		○	●	○			○	●	●	○		
CPE3505 ระบบฐานข้อมูล		○	●	○	●		●		●	○		●		●	○	○	●		○				○	○	●			●	
SCT0002 โครงสร้างข้อมูล			●	○		●	○		○	○	●	○	●		●	○	●	●		○	●		○	●	●	○		○	
CPE2102 คณิตศาสตร์เต็มหน่วย	●			●	○		●	●	●				○		○	●		○			●		○	●		●	○		
CPE2301 ระบบปฏิบัติการ	○		●	○	●	○	●	●		○	○		○		●		○		●		●		●	○	●	○		○	
SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์	○	●	○	●				●		●	○		●		○	●	○		●		○	●		●			●	○	
SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ	●	●		○	○		●	○		●	○	●		●	○	●	○	●			●	○	●	○			●	○	○

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน ( วิชาบังคับ )																													
CPE3404 วิศวกรรมหุ่นยนต์	●			○	○		●	●	○		●		●	○	○	○	●	●	○				●			●	○		○
CPE3501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1		●	○	○	○	●	●		○	○	●	○	●	○	●	●		●	●	●	○	○	○	○	●	●	○	●	○
CPE4501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2	●		○	●	○	○	●	●	○	○	●	●	○	●	●	●	●	●	○	○	●	○	○	●	●	●	○	●	○
SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์		○		○	●	○	●	●	●	○	○		○	○		●	○	○		○		●		○	○	○			●

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการการวิเคราะห์เชิงระบบตัวเลขการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
<b>กลุ่มวิชาเลือก</b> (ทางด้านสื่อสารและควบคุมระบบสมองกลอัจฉริยะ)																													
CPE3231 การจำลองและระบบควบคุม		●	●	○	○		●	●	○				●	○	○	○	●	●	○		●		○		●	●	○		○
CPE3311 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	○			○	●		●		○	●			●	●		○	●		○	●			●				○	●	
CPE3405 เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า	●			○	○	●	●	●	○				●	○	○	○	●	●	○				○		●	●	○		○
CPE3406 เครื่องข่ายตัวตรวจจับไร้สาย	●	●	○	○			○	●		●	○	●			○	●	○		●	○		●		○				●	○
CPE4401 ระบบควบคุมอัตโนมัติ	●		●	○	○		○	●	○				●	○	○	○		●	○		○		○		○	●	●	○	
CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ		●		○	○	●	●		●	○	○		●	●	○	○		●	○	●			○		●		●		○
CPE4403 เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำและการประยุกต์ใช้งาน	○	●		●	●		●	●	○			○		○	○	○	●	●	○	○		○	●		○		○	●	●

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการการวิเคราะห์เชิงระบบตัวเลขการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์)																													
CPE3201 ระบบสมองกลฝังตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์		●	○			○	○		○	○		●	○	●			●	○	○		●	○	●		○	○		●	●
CPE3202 การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์	●	○	○	●		○	●	●	○			●	○	●			●	●			●	○	○	●		●		○	●



แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้านระบบคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์)																														
CPE3101 ทฤษฎีการคำนวณ			○	●	○			●				○		●		●	○				●	○		○	●	○	●			
CPE3203 การประมวลผลภาพดิจิทัล		●		○		○	●		●	○	○		○	●		●	○		○	●		●		●	○	●	○		●	
CPE3204 การรู้จำรูปแบบ	●	●		○		●	○	●		○	○	○	●	●		●	○		○	●		●		●	○	●	○		○	
CPE3206 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ขั้นสูง	○				●	○	●		○		●	●		○	●		●	○	●		○		○	○	○	●	○		○	●
CPE3211 การบีบข้อมูลและสัญญาณ		●	●	○		○	○	●	●	○	○		○	●		●	○		○	○	○	○	●		○	○	○	●	○	
CPE3218 ระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย		○		●	●	○	●			●	○	○					○	●	○	○	○	●	○	●	○		○	●	○	
CPE3219 อัลกอริทึมแบบขนาน	●	○		○		○	●	○		●	○		○		○		○	●	○			○	●	○	○		○	●	○	
CPE3224 การเรียนรู้ของเครื่อง		●	○	○		●	●					○	●	●		○	○		●			●		○	○	●	○		○	

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการการวิเคราะห์เชิงระบบตัวเลขการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้านระบบคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์)																													
CPE3225 ระบบผู้เชี่ยวชาญ		●		●		○	●	●			●	○		●		●	○		○			●		○	○	●	○		○
CPE3226 การรู้จำเสียงพูด	○			○	●			○	●	○	○	●		●		●	●			○	●		○	●	○		○	●	●
CPE3303 วิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์	●	○	●	○	●			●			●	○	●	○			○	●				●	○	○	●		●		●
CPE4206 ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์		○	●	○		○	●	○	●	○	○		○	●		○	●		○	●		○		●	○	●	○		○
CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์		●		○		●	○	○				●		○	○		●		○		○	●		○	○		●	○	○
CPE4208 ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล	●			●		○	●	○				○	●	●	○	●	○		●			●		○	○	●			○
CPE4502 การวิจัยดำเนินงาน		●	○		○		●	●	○	●		○		●	●		○		○	○		○	●	○	●	○		●	

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการการวิเคราะห์เชิงระบบตัวเลขการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้าน การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล)																													
CPE3208 การออกแบบเกม	●			○		○		●	●	○	○	○		●		●	○		○			●		○	○	●	○		○
CPE3209 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์	●	○			○	○			○		●	●		○	●	●	●	○		○	●		●	○		○		○	●
CPE3210 การโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์		●		○	●		●	●	○				●	○		○	●		○	●		○	●		●	●	○	○	
CPE3212 การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์	●				○	○			○		○	●		○	●		●	○	●		●		○		●	○		○	●
CPE3220 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงคณิตศาสตร์			●		○	○		●	○		●			●	○		●	○		○	●		○	●		○	●	○	●
CPE3229 วิศวกรรมซอฟต์แวร์	○		●		●	●	○		○			●	○	○	●		○	●			●		○	●		○	●	○	●
CPE4308 ระบบฐานข้อมูลขั้นสูง		○		●		○		○		●		○		●			○		○	●		●		○	○		○		○
CPE4310 การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่	○			●		○	●	○	●	●				●	○		○		●			●		○	○		○	●	○

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้านระบบเครือข่ายและความมั่นคงทางสารสนเทศ)																													
CPE3304 การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย	●			○			●			●	○	●			○	●	○		●			●		○		●			○
CPE3307 การเขียนโปรแกรมเครือข่าย	●	○		●			●	○	○		●		●		○	●		○	●					○	●	●	○		○
CPE3309 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์		●	○	○		○	○		○	○	●		●	○	○	●		○	●			●	○	●		○	●	○	
CPE4305 ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์	●			○	●	●		●	●	○	●			○	●	○	●		○	○	●		○	○		●		○	
CPE4306 ความมั่นคงในระบบเครือข่าย	○		●	○			●		●	○	○	○		●	●	○	○				○	○	●			●		●	
CPE4311 เครือข่ายไร้สาย		○	●	●	○	○	●			●	○		●		○	●	○		●		●		○	○		○		○	●

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
กลุ่มวิชาเลือก (ทางด้านปัญหาพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ )																													
CPE4503 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1	●	●		○		○	●	○		○	●	○	●	●	○	●	○		○			●		○	○	●	○		○
CPE4504 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2	●	●		○		○	●	○		○	●	○	●	●	○	●	○		○			●		○	○	●	○		○

แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะ (Curriculum Mapping)

●ความรับผิดชอบหลัก

○ความรับผิดชอบรอง

รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม							2. ความรู้								3. ทักษะทางปัญญา				4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ						5. ทักษะการปฏิบัติการ การวิเคราะห์เชิงระบบ ตัวเลข การสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
วิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา																													
CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	●	●	○	○	○	●	●		●	○		●	○	●	○	○	●	○	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○	●
CPE3602 การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	○	●	●	●	○	○	●	●	○	○	○	●	○	●	○	●	●	○	●	○	○	○	●	●	●	●	○	●	○
CPE4601 สหกิจศึกษา	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

## หมวดที่ 5

### หลักเกณฑ์ในการประเมินผลนักศึกษา

#### 1. กฎระเบียบหรือหลักเกณฑ์ในการให้ระดับคะแนน (เกรด)

เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2563 (ภาคผนวก ง)

#### 2. กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา

มีคณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับผิดชอบเรื่องกระบวนการทวนสอบมาตรฐานการวัดผลสัมฤทธิ์ให้มีการทวนสอบ ดังนี้

- 2.1 การประเมินและตรวจสอบ รายงานรายวิชา ผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาแต่ละรายวิชา
- 2.2 การจัดทำข้อสอบมาตรฐานสำหรับรายวิชาที่มีเสนอจากคณะกรรมการสาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- 2.3 มีคณะกรรมการประเมินข้อสอบของแต่ละรายวิชา
- 2.4 การประเมินสัดส่วนการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาตามเวลาภาคเรียนปกติที่สามารถสำเร็จการศึกษาได้ตามโครงสร้างหลักสูตรและแผนการเรียน
- 2.5 การประเมินความพึงพอใจต่อผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาที่เข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานประกอบการโดยการสัมภาษณ์ผู้บริหาร หัวหน้างาน พี่เลี้ยงในหน่วยงานที่รับนักศึกษาเข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ
- 2.6 การประเมินความพึงพอใจผลการปฏิบัติงานของนายจ้างและผู้ใช้บัณฑิต
- 2.7 การประเมินเส้นทางอาชีพและความก้าวหน้าทางอาชีพ (Career Path) ของบัณฑิตที่ปฏิบัติงานในวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
- 2.8 การประเมินอัตราการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตร

#### 3. เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

- 3.1 ศึกษารายวิชาครบตามโครงสร้างหลักสูตรภายในระยะเวลาที่กำหนด
- 3.2 สอบผ่านการสอบเกณฑ์การประกันมาตรฐานขั้นต่ำก่อนสำเร็จการศึกษาสำหรับบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (Exit Exam) ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- 3.3 สอบผ่านการทดสอบสมรรถนะวิชาการและวิชาชีพเฉพาะสาขา (Specific Exit Exam) ตามที่คณะกรรมการบริหารหลักสูตรกำหนด
- 3.4 คะแนนเฉลี่ยสะสมไม่ต่ำกว่า 2.00 จากระบบ 4 ระดับคะแนน
- 3.5 อื่น ๆ ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ว่าด้วยการจัดการศึกษา ชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563 (ภาคผนวก ง)

## หมวดที่ 6 การพัฒนาอาจารย์

### 1. การเตรียมการสำหรับอาจารย์ใหม่

1.1 จัดให้มีการปฐมนิเทศอาจารย์ใหม่และกำหนดให้อาจารย์ใหม่เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาและฝึกอบรมทั้งที่ดำเนินการโดยสำนักวิชาและมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

1.2 จัดให้อาจารย์ใหม่ให้มีโอกาสเข้าร่วมศึกษาและสังเกตการสอนของอาจารย์ผู้สอนที่มีประสบการณ์ในช่วงเวลา 1 ปีแรกของการปฏิบัติงาน

1.3 จัดให้มีระบบอาจารย์พี่เลี้ยงอาจารย์ใหม่โดยการจัดอาจารย์อาวุโสทำหน้าที่เป็นอาจารย์พี่เลี้ยง

1.4 จัดให้มีคู่มือการปฏิบัติหน้าที่ และความรับผิดชอบสำหรับอาจารย์ใหม่ (ใช้คู่มือพนักงานที่มหาวิทยาลัยจัดทำสำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัย)

### 2. การพัฒนาความรู้และทักษะให้แก่คณาจารย์

#### 2.1 การพัฒนาทักษะด้านการจัดการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล

2.1.1 จัดให้มีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวางแผนการสอนเทคนิคและวิธีการสอน การพัฒนาเอกสารประกอบการสอน ตำรา หนังสือ และการเตรียมและผลิตสื่อและอุปกรณ์การสอน การวัดและประเมินผลการสอน

2.1.2 สนับสนุนการเข้าร่วมการฝึกอบรม การประชุมสัมมนาทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผลการสอน ทั้งที่จัดโดยหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย และหน่วยงานภายนอก

#### 2.2 การพัฒนาทักษะด้านการวิจัย

2.2.1 จัดให้มีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาทักษะการวิจัย

2.2.2 สนับสนุน ส่งเสริมให้เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาทักษะด้านการวิจัยที่จัดโดยหน่วยงานภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

2.2.3 สนับสนุน ส่งเสริมการนำเสนอ การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการ

#### 2.3 การพัฒนาทักษะด้านการบริการวิชาการ

2.3.1 จัดให้มีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาทักษะการบริการวิชาการ

2.3.2 สนับสนุน ส่งเสริมให้เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาทักษะด้านการบริการวิชาการที่จัดโดยหน่วยงานภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

2.3.2 สนับสนุน ส่งเสริมการเข้าร่วมกิจกรรมบริการวิชาการที่จัดโดยหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานภายนอก



## 2.4 การพัฒนาด้านอื่นๆ

- 2.4.1 จัดให้มีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดทำผลงานทางวิชาการ
- 2.4.2 สนับสนุนส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพด้านการวิจัย
- 2.4.3 สนับสนุนส่งเสริมการดำเนินงานด้านการบริการวิชาการแก่สังคม
- 2.4.4 สนับสนุนทรัพยากรการจัดการเรียนการสอน
- 2.4.5 สนับสนุน ส่งเสริมการเข้าร่วมการประชุม สัมมนา ฝึกอบรม นำเสนอผลงานทางวิชาการและการวิจัยในเวทีวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ
- 2.4.6 สนับสนุน ส่งเสริมการศึกษาดูงานทั้งในและต่างประเทศ การนำเสนอ ผลงานทางวิชาการ ผลงานการวิจัยทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ
- 2.4.7 สนับสนุน ส่งเสริมการฝึกอบรมที่มีลักษณะเฉพาะหรือการอบรมเชิงปฏิบัติการในสถานประกอบการซอฟต์แวร์ นวัตกรรม และ เทคโนโลยีสารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง
- 2.4.8 สนับสนุน การเพิ่มพูนความรู้จากผู้เชี่ยวชาญในทักษะที่มีความจำเป็นต่อหลักสูตร ภายในสถานประกอบการที่ได้มีความร่วมมือในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา

## หมวดที่ 7

### การประกันคุณภาพหลักสูตร

#### 1. การกำกับมาตรฐาน

มีวิธีการกำกับมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1.1 มีการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรเพื่อรับผิดชอบในการบริหารจัดการ กำหนดวิสัยทัศน์ วัตถุประสงค์ พันธกิจ กลยุทธ์ และแนวปฏิบัติในการบริหารหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพ

1.2 มีการจัดเตรียมความพร้อมอุปกรณ์และสื่อการเรียนการสอนที่มีจำนวนและคุณภาพที่สอดคล้องกับการใช้งานก่อนทำการเปิดสอน

1.3 มีกระบวนการติดตาม ประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

1.4 มีการประเมินและติดตามผลการจัดการเรียนการสอนทุกภาคการศึกษาและทุกปีการศึกษาเพื่อให้ทราบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามหลักสูตร

1.5 มีการจัดทำรายงานผลการดำเนินงานประจำปีทุกปีการศึกษาเพื่อนำเสนอผลการดำเนินการทั้งในด้านประสิทธิภาพการสอนของอาจารย์ผู้สอน สมรรถนะผลทางการเรียนของนักศึกษา ทรัพยากรและบริการสนับสนุนการเรียนการสอนต่างๆ ที่จัดให้นักศึกษา

1.6 มีการจัดการประชุมคณะกรรมการบริหารหลักสูตร การประชุมอาจารย์ผู้สอนเป็นประจำทุกภาคเรียน และมีการจัดทำรายงานการประชุมที่เป็นระบบ

1.7 จัดให้มีการประเมินผลหลักสูตรโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในมหาวิทยาลัยและจากหน่วยงานภายนอก ภายหลังจากเปิดสอนครบ 4 ปีการศึกษา โดยประเมินจากสมรรถนะผลทางการเรียนของนักศึกษาและความพึงพอใจคุณภาพบัณฑิตของผู้ใช้บัณฑิต

1.8 มีการแต่งตั้งคณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตร และดำเนินการตามแนวปฏิบัติและหลักเกณฑ์การปรับปรุงหลักสูตรของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ภายในวงรอบอายุของหลักสูตร (5 ปี) โดยกำหนดดำเนินการภายในปีที่ 4 ของอายุหลักสูตร

1.9 มีการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรเพื่อรับผิดชอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน กิจกรรมเสริมหลักสูตร รวมทั้งกำหนดให้มีการประชุมร่วมกันระหว่างคณะกรรมการบริหารหลักสูตรและอาจารย์จากหน่วยงานภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ทั้งนี้เพื่อระดมความคิดเห็นในการกำหนดรูปแบบและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลง ในการบริหารหลักสูตร จะมีคณะกรรมการประจำหลักสูตร อันประกอบด้วยรองคณบดีฝ่ายวิชาการ ประธานหลักสูตร และอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรเป็นผู้รับผิดชอบ โดยมีคณบดีเป็นผู้กำกับดูแลและคอยให้คำแนะนำ ตลอดจนกำหนดนโยบายปฏิบัติให้แก่ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรโดยมีการบริหารหลักสูตรร่วมกับคณะ สำนัก อื่นๆ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายและมีการวางแผนการจัดการเรียนการสอนร่วมกับผู้บริหาร ของคณะและอาจารย์ผู้สอน ติดตามและรวบรวมข้อมูล สำหรับใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตร โดยกระทำทุกปีอย่างต่อเนื่อง

เป้าหมาย	การดำเนินการ	การประเมินผล
<p>1. พัฒนาหลักสูตรให้ทันสมัย โดยอาจารย์และนักศึกษา สามารถก้าวทันหรือเป็นผู้นำในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์</p> <p>2. กระตุ้นให้นักศึกษาเกิด ความใฝ่รู้ มีแนวทางการเรียนที่สร้างทั้งความรู้ ความสามารถในวิชาการวิชาชีพ ที่ทันสมัย</p> <p>3. ตรวจสอบและปรับปรุงหลักสูตรให้มีคุณภาพมาตรฐาน</p> <p>4. มีการประเมินมาตรฐานของหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอ</p>	<p>1. จัดให้หลักสูตรสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในระดับสากลหรือระดับชาติ</p> <p>2. ปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัยโดยมีการพิจารณาปรับปรุงหลักสูตรทุกๆ 5ปี</p> <p>3. จัดแนวทางการเรียนในวิชาเรียนให้มีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และมีแนวทางการเรียนหรือกิจกรรมประจำวิชาให้นักศึกษาได้ศึกษาความรู้ที่ทันสมัยด้วยตนเอง</p> <p>4. จัดให้มีผู้สนับสนุนการเรียนรู้และหรือผู้ช่วยสอน เพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดความใฝ่รู้</p> <p>5. กำหนดให้อาจารย์ที่สอนมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทหรือหรือเป็นผู้มีประสบการณ์หลายปีมีจำนวนคณาจารย์ประจำไม่น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน</p> <p>6. สนับสนุนให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้นำในทางวิชาการ และหรือ เป็นผู้เชี่ยวชาญทางวิชาชีพด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หรือในด้านที่เกี่ยวข้อง</p> <p>7. ส่งเสริมอาจารย์ประจำหลักสูตรให้ไปดูงานในหลักสูตรหรือวิชาการที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ</p> <p>8. จัดทำฐานข้อมูลทางด้านนักศึกษา อาจารย์ อุปกรณ์ เครื่องมือวิจัย งบประมาณ ความร่วมมือกับต่างประเทศ ผลงานทางวิชาการทุกภาคการศึกษาเพื่อ</p>	<p>- หลักสูตรที่สามารถอ้างอิงกับมาตรฐานที่กำหนดโดยหน่วยงานวิชาชีพด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่มีความทันสมัยและมีการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ</p> <p>- จำนวนวิชาเรียนที่มีภาคปฏิบัติ และวิชาเรียนที่มีแนวทางให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง</p> <p>- จำนวนและรายชื่อคณาจารย์ประจำ ประวัติอาจารย์ด้านคุณวุฒิ ประสบการณ์ และการพัฒนาอบรม ของอาจารย์</p> <p>- จำนวนบุคลากรผู้สนับสนุนการเรียนรู้ และบันทึกกิจกรรมในการสนับสนุนการเรียนรู้</p> <p>- ผลการประเมินการเรียนการสอนอาจารย์ผู้สอน และการสนับสนุนการเรียนรู้ของ ผู้สนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษา</p>

เป้าหมาย	การดำเนินการ	การประเมินผล
	เป็นข้อมูลในการประเมินของ คณะกรรมการ 9.ประเมินความพึงพอใจของหลักสูตร และการเรียนการสอน โดยบัณฑิตที่สำเร็จ การศึกษา	- ประเมินผลโดย คณะกรรมการที่ ประกอบด้วยอาจารย์ ภายในคณะฯทุก 2 ปี - ประเมินผลโดย คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอก ทุก ๆ 5 ปี - ประเมินผลโดยบัณฑิต ผู้สำเร็จการศึกษาทุกๆปี

## 2. บัณฑิต

มีกระบวนการในการกำกับคุณภาพของบัณฑิตให้เป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) พ.ศ.2552 และประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ.2552 (มคอ.1) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- 2.1 กำหนดให้มีการทวนสอบสัมฤทธิ์ผลการเรียนของนักศึกษาในทุกปีการศึกษา
- 2.2 กำหนดให้มีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตทุกปีการศึกษา
- 2.3 กำหนดให้มีการติดตามภาวะการดำเนินงานทำของบัณฑิตทุกปีการศึกษา

## 3. นักศึกษา

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษา กำหนดให้มีกระบวนการในการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 3.1 กำหนดให้มีระบบและกลไกในการประชาสัมพันธ์การรับนักศึกษาเข้าเรียนที่เป็นระบบ
- 3.2 กำหนดให้มีกระบวนการให้คำปรึกษาและแนะนำในด้านการเรียนและทักษะการปรับตัว เข้าสู่สังคมใหม่โดยกำหนดให้มีอาจารย์ที่ปรึกษาประจำหมู่เรียนเพื่อให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลา ที่ศึกษาในมหาวิทยาลัย
- 3.3 กำหนดให้มีการดำเนินโครงการและกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะและสมรรถนะวิชาชีพ และการพัฒนาคุณลักษณะบัณฑิตแห่งศตวรรษที่ 21 ให้แก่นักศึกษา
- 3.4 กำหนดให้มีการดำเนินการติดตามและจัดการการคงอยู่ในระบบของนักศึกษา และการจัดการความเสี่ยงเพื่อลดอัตราการออกกระหว่างเรียน (Drop Out) ของนักศึกษา
- 3.5 กำหนดให้มีระบบและกลไกในการให้นักศึกษาสามารถขอข้อมูลต่างๆ ในกรณีที่เกิดความ ไม่ได้รับการปฏิบัติที่เป็นธรรม

#### 4. อาจารย์

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาจารย์ กำหนดให้มีกระบวนการในการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 กำหนดให้มีระบบและกลไกในการคัดเลือกอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร อาจารย์ประจำหลักสูตร และอาจารย์ผู้สอนที่มีคุณสมบัติตรงและสัมพันธ์กับสาขาวิชา ตามที่ระบุในเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร และเป็นไปตามประกาศการคัดเลือกอาจารย์ใหม่ของมหาวิทยาลัย

4.2 กำหนดให้มีการดำเนินโครงการและกิจกรรมในการพัฒนาศักยภาพอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร อาจารย์ประจำหลักสูตร และอาจารย์ผู้สอน ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน

4.3 กำหนดให้มีมาตรการในการสนับสนุน ส่งเสริมและพัฒนาทรัพยากรการจัดการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมในการทำงานสำหรับอาจารย์

4.4 กำหนดให้มีระบบและกลไกในการกำกับ ติดตาม ประเมินผล และให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงานของอาจารย์

#### 5. หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน

ในส่วนของหลักสูตรการเรียนการสอนและการประเมินผู้เรียนกำหนดให้มีกระบวนการในการดำเนินการดังต่อไปนี้

5.1 กำหนดให้มีระบบและกลไกในการปรับปรุง พัฒนาและออกแบบเนื้อหาหลักสูตร กิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยีวิทยาการสมัยใหม่ โดยเฉพาะความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติและนโยบายการพัฒนาประเทศของรัฐบาล

5.2 กำหนดให้มีการกำหนดองค์ประกอบในการพิจารณาจัดผู้สอน การจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนได้แก่ รายละเอียดรายวิชา (มคอ.3 มคอ.4) แบบประเมินการดำเนินการของรายวิชา (มคอ.5 มคอ.6) และแบบประเมินการดำเนินการของหลักสูตร (มคอ.7)

5.3 กำหนดให้มีการดำเนินการให้มีการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา ระดับหลักสูตรทุกปีการศึกษา

5.4 กำหนดให้มีการดำเนินการทวนสอบเพื่อประเมินสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียน

## 6. สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

ในส่วนของสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้กำหนดให้มีกระบวนการในการดำเนินการดังต่อไปนี้

### 6.1 ทรัพยากรการเรียนการสอนที่มีอยู่เดิม

ใช้ทรัพยากรการเรียนการสอนของสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงทรัพยากรการเรียนการสอนส่วนกลางของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งให้บริการ ณ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (หอสมุดกลาง)

### 6.2 การจัดหาทรัพยากรการเรียนการสอนเพิ่มเติม

6.2.1 ดำเนินการสำรวจความต้องการทรัพยากรสารสนเทศ สื่อการเรียนการสอน และฐานข้อมูลทางวิชาการต่างๆ ของนักศึกษา อาจารย์ผู้สอน และรวบรวมสรุปส่งให้สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (หอสมุดกลาง) เพื่อดำเนินการจัดหาเพิ่มเติม

6.2.2 มีการประชุมคณะกรรมการบริหารหลักสูตร อาจารย์ผู้สอน เพื่อวิเคราะห์และวางแผนในการบริหารงบประมาณเพื่อจัดหาวัสดุ ครุภัณฑ์ อุปกรณ์และทรัพยากรการเรียนการสอน

6.2.3 มีการจัดหาทรัพยากรสารสนเทศที่สอดคล้องกับสาขาวิชาเป็นการเฉพาะ สำหรับการศึกษาค้นคว้าของนักศึกษาและอาจารย์ประจำในห้องสมุดของสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

6.2.4 สำรวจความต้องการทรัพยากรสารสนเทศและทรัพยากรการเรียนการสอน จากผู้สอนและนักศึกษาเป็นประจำทุกภาคการศึกษา

6.2.5 ประเมินจำนวนทรัพยากรสารสนเทศ และทรัพยากรการเรียนการสอนที่มีอยู่ทั้งหมด และจำนวนที่สามารถใช้งานได้จริง

เป้าหมาย	การดำเนินการ	การประเมินผล
จัดให้มีห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์การทดลอง ทรัพยากร สื่อและช่องทางการเรียนรู้ ที่เพียงพอพร้อม เพื่อสนับสนุนทั้ง การศึกษาใน ห้องเรียน นอก	1. จัดให้มีห้องเรียนมัลติมีเดีย ที่มีความพร้อมใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งใน การสอน การบันทึกเพื่อเตรียมจัดสร้าง สื่อสำหรับการทบทวนการเรียน 2. จัดเตรียมห้องปฏิบัติการทดลองที่มี เครื่องมือทันสมัยและเป็นเครื่องมือ วิชาชีพในระดับสากล เพื่อให้ นักศึกษา สามารถฝึกปฏิบัติ สร้างความพร้อมใน การปฏิบัติงานในวิชาชีพ	รวบรวมจัดทำสถิติจำนวน เครื่องมืออุปกรณ์ ต่อหัว นักศึกษา ชั่วโมงการใช้งาน ห้องปฏิบัติการ ต่อหัวนักศึกษา จำนวนนักศึกษาลงทะเบียนในวิชา เรียนที่มีการฝึกปฏิบัติด้วย อุปกรณ์ต่าง ๆ สถิติของจำนวน หนังสือตำรา และสื่อดิจิทัลที่มี

เป้าหมาย	การดำเนินการ	การประเมินผล
ห้องเรียน และเพื่อ การเรียนรู้ได้ด้วย ตนเอง อย่างเพียงพอ มีประสิทธิภาพ	3.จัดให้มีเครือข่ายและห้องปฏิบัติการ ที่มีทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และพื้นที่ที่ นักศึกษาสามารถศึกษา ทดลอง หา ความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง ด้วย จำนวนและประสิทธิภาพที่เหมาะสม เพียงพอ 4. จัดให้มีห้องสมุดให้บริการทั้งหนังสือ ตำรา และสื่อดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้	ให้บริการ และสถิติการใช้งาน ทั้งหนังสือตำรา สื่อดิจิทัล ผลสำรวจความพึงพอใจของ นักศึกษาต่อการให้บริการ ทรัพยากรเพื่อการเรียนรู้และ การปฏิบัติการ

### 7. ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน (Key Performance Indicators)

ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน	ปีการศึกษา				
	2565	2566	2567	2568	2569
1. อาจารย์ประจำหลักสูตรอย่างน้อยร้อยละ 80 มีส่วนร่วมในการประชุมเพื่อวางแผน ติดตาม และทบทวนการดำเนินงานหลักสูตร	X	X	X	X	X
2. มีรายละเอียดของหลักสูตร ตามแบบ มคอ.2 ที่สอดคล้องกับกรอบมาตรฐานคุณวุฒิแห่งชาติ หรือ มาตรฐานคุณวุฒิสาขา/สาขาวิชา (ถ้ามี)	X	X	X	X	X
3. มีรายละเอียดของรายวิชา และรายละเอียดของ ประสบการณ์ภาคสนาม (ถ้ามี) ตามแบบ มคอ.3 และ มคอ.4 อย่างน้อยก่อนการเปิดสอนในแต่ละภาค การศึกษาให้ครบทุกรายวิชา	X	X	X	X	X
4. จัดทำรายงานผลการดำเนินการของรายวิชา และ รายงานผลการดำเนินการของประสบการณ์ภาคสนาม (ถ้ามี) ตามแบบ มคอ.5 และ มคอ.6 ภายใน 30 วัน หลังสิ้นสุดภาคการศึกษาที่เปิดสอนให้ครบทุกรายวิชา	X	X	X	X	X
5. จัดทำรายงานผลการดำเนินการของหลักสูตร ตามแบบ มคอ.7 ภายใน 60 วัน หลังสิ้นสุดปีการศึกษา	X	X	X	X	X

7. ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน (Key Performance Indicators) (ต่อ)

ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน	ปีการศึกษา				
	2565	2566	2567	2568	2569
6. มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดใน มคอ.3 และมคอ.4 (ถ้ามี) อย่างน้อยร้อยละ 25 ของรายวิชาที่เปิดสอนในแต่ละปีการศึกษา	X	X	X	X	X
7. มีการพัฒนา/ปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนกลยุทธ์การสอน หรือ การประเมินผลการเรียนรู้จากผลการประเมินการดำเนินงานที่รายงานใน มคอ.7 ปีที่แล้ว	X	X	X	X	X
8. อาจารย์ใหม่ (ถ้ามี) ทุกคน ได้รับการปฐมนิเทศหรือคำแนะนำด้านการจัดการเรียนการสอน	X	X	X	X	X
9. อาจารย์ประจำทุกคนได้รับการพัฒนาทางวิชาการ และ/หรือวิชาชีพ อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง	X	X	X	X	X
10. จำนวนบุคลากรสนับสนุนการเรียนการสอน (ถ้ามี) ได้รับการพัฒนาวิชาการ และ/หรือวิชาชีพ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต่อปี	X	X	X	X	X
11. ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาปีสุดท้าย/บัณฑิตใหม่ที่มีต่อคุณภาพหลักสูตร เฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.5 จากคะแนนเต็ม 5.0				X	X
12. ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อบัณฑิตใหม่ เฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.5 จากคะแนนเต็ม 5.0					X



## หมวดที่ 8

### การประเมิน และปรับปรุงการดำเนินการของหลักสูตร

#### 1. การประเมินประสิทธิผลของการสอน

##### 1.1 การประเมินกลยุทธ์การสอน

1.1.1 มีการประชุมระดมความคิดร่วมกันระหว่างกรรมการบริหารหลักสูตร อาจารย์ประจำหลักสูตร อาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากลยุทธ์การสอนที่สามารถสร้างประสิทธิผลการสอนอย่างสูงสุด

1.1.2 การทำแบบสำรวจและประเมินรูปแบบและกลยุทธ์การสอนที่นักศึกษาเห็นว่าทำให้ตนเองมีสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนสูงสุด

1.1.3 การเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและกลยุทธ์การสอนมาให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการพัฒนากลยุทธ์การสอนที่มีประสิทธิผลแก่คณาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน

##### 1.2 การประเมินทักษะของอาจารย์ในการใช้แผนกลยุทธ์การสอน

1.2.1 การประเมินการสอนโดยนักศึกษาในแต่ละวิชาเมื่อสิ้นสุดภาคเรียนทุกภาคเรียน

1.2.2 การประเมินการสอนในชั้นเรียนโดยกรรมการบริหารหลักสูตรหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

1.2.3 การประเมินการสอนจากสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักศึกษา โดยพิจารณาจากลักษณะเด่นและสิ่งที่จะได้รับการปรับปรุง

1.2.4 การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักศึกษากับสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักศึกษาที่ศึกษาสาขาเดียวกันในสถานศึกษาอื่น

#### 2. การประเมินหลักสูตรในภาพรวม

1. ประเมินจากกระบวนการพัฒนาหลักสูตร รายละเอียดการจัดทำหลักสูตรที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ.1)

2. ประเมินจากการวิพากษ์หลักสูตร การเป็นที่ยอมรับของหลักสูตรทั้งในวงการวิชาการและวิชาชีพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ต่อการบริหารจัดการหลักสูตร

4. ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตต่อคุณภาพของบัณฑิตที่ศึกษาสำเร็จจากหลักสูตร (หลังจากนักศึกษารุ่นที่รับเข้าเรียนรุ่นแรกของหลักสูตรสำเร็จการศึกษา)

5. การประเมินตามประกาศ แนวปฏิบัติและนโยบายการประกันคุณภาพของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

### 3. การประเมินผลการดำเนินงานตามรายละเอียดหลักสูตร

การประเมินผลคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษาประจำปี โดยผู้ประเมินที่ได้รับการแต่งตั้งจากมหาวิทยาลัย

### 4. การทบทวนผลการประเมินและการวางแผนปรับปรุงหลักสูตรและแผนกลยุทธ์การสอน

4.1 ประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพของบัณฑิตจากผู้ใช้บัณฑิตเพื่อพิจารณาคุณลักษณะเด่นของบัณฑิตและลักษณะที่ต้องปรับปรุง

4.2 ประชุมระดมความคิดร่วมกันระหว่างกรรมการบริหารหลักสูตร อาจารย์ประจำหลักสูตร อาจารย์ผู้สอน เพื่อพิจารณาลักษณะเด่นของหลักสูตรและสิ่งที่จะต้องทำการปรับปรุงโดยเร่งด่วน

4.3 ประเมินประสิทธิภาพการสอนของอาจารย์ผู้สอน และประเมินสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักศึกษา เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการ แนวทาง ที่จะเสริมสร้างศักยภาพและความเข้มแข็ง ขณะเดียวกันก็เป็นช่องทางในการวิเคราะห์และการศึกษาสภาพที่เป็นปัญหาและอุปสรรค ในการบริหารหลักสูตร

4.4 มีการประเมินหลักสูตรโดยคณะกรรมการประเมินทั้งจากหน่วยงานภายในและหน่วยงานภายนอกตามกรอบการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา

4.5 การรวบรวมข้อมูลจากข้อ 4.1-4.4 เพื่อนำมาสรุปเป็นกรอบสำหรับการวิเคราะห์พัฒนาหลักสูตรให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

## ภาคผนวก

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก รายชื่อคณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตร
- ภาคผนวก ข รายชื่อคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร
- ภาคผนวก ค ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร
- ภาคผนวก ง ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี พ.ศ.2563
- ภาคผนวก จ ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ว่าด้วยการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2563
- ภาคผนวก ฉ ตารางเปรียบเทียบหลักสูตร
- ภาคผนวก ช ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (มคอ.1) กับ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565
- ภาคผนวก ซ สำเนาเอกสารบันทึกตกลงความร่วมมือทางด้านการศึกษากับหน่วยงาน ภายนอก
- ภาคผนวก ฌ คำอธิบายรายวิชา
- ภาคผนวก ญ สำเนาผลงานวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่ของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ภาคผนวก ก  
คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตร

สำเนาคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตร



คำสั่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่ ๑๖๕๒/๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

เพื่อให้การปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม  
คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ดำเนินการเป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและบรรลุ  
วัตถุประสงค์สูงสุด

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑(๒) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
พ.ศ. ๒๕๔๗ มหาวิทยาลัยฯ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ดังต่อไปนี้

๑. อาจารย์ ดร.ภูมิพงษ์	ดวงตั้ง	ประธานกรรมการ
๒. อาจารย์อนุสรณ์	ใจแก้ว	รองประธานกรรมการ
๓. อาจารย์จักรี	พิชญ์พิบูล	รองประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.อ. ดร.ธงชัย	อยู่ญาติวงศ์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๕. คุณระวี	อุปรา	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมล	บุญล้อม	กรรมการ
๗. อาจารย์ ดร.กฤตกรณ์	ศรีวันนา	กรรมการ
๘. อาจารย์อริศม	ศิริ	กรรมการ
๙. อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ	ธนาณิชย์	กรรมการและเลขานุการ

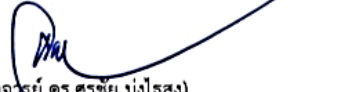
หน้าที่

๑. ศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการปรับปรุงหลักสูตร
๒. ปรับปรุงหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) ประกาศ  
กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์  
พ.ศ. ๒๕๕๒
๓. ดำเนินการให้มีการวิพากษ์หลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความมีมาตรฐานของ  
หลักสูตรและรับฟังข้อเสนอแนะ
๔. ดำเนินการปรับเปลี่ยน แกไขรายละเอียดและสาระหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของ  
ผู้ทรงคุณวุฒิ
๕. นำเสนอโครงร่างหลักสูตรเพื่อขออนุมัติตามประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
เรื่อง ขั้นตอนการจัดทำและการพัฒนาหลักสูตร พ.ศ. ๒๕๕๒



ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๓ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย มุ่งโฮสง)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย



ภาคผนวก ข  
คณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร

สำเนาคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร



คำสั่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่ ๑๗๓๑/๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

เพื่อให้การดำเนินการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ของสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

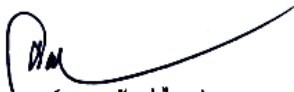
อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑(๒) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ มหาวิทยาลัย จึงแต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ดังรายชื่อต่อไปนี้

๑. อาจารย์ ดร.ภูมิพงษ์	ดวงตั้ง	ประธานคณะกรรมการ
๒. อาจารย์อนุสรณ์	ใจแก้ว	รองประธานกรรมการ
๓. อาจารย์จักรี	พิชญ์พิบูล	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์	วงศ์สรศักดิ์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๕. นายกิตติรัตน์	ม่วงมิ่งสุข	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมล	บุญล้อม	กรรมการ
๗. อาจารย์ ดร.กฤตกรณ	ศรีวันนา	กรรมการ
๘. อาจารย์อริศม	ศิริ	กรรมการ
๙. อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ	ธนาณิษฐ์	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ ดำเนินการวิพากษ์หลักสูตรให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่อคณะกรรมการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๔ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรชัย มุ่งไธสง)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

## สรุปข้อเสนอแนะของกรรมการวิพากษ์หลักสูตร

.....

1. เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศและความก้าวหน้าทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ปัจจุบันและอนาคตจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีด้านการสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication) มากขึ้น และมีประชาชนเป็นผู้ใช้งานจำนวนมากขึ้นจนเห็นได้ชัด กอรปกับอาจารย์ประจำหลักสูตรมีประวัติการศึกษาในระดับปริญญาตรีถึงปริญญาเอกที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสื่อสารไร้สายอยู่หลายท่าน จึงขอแนะนำให้เขียนเพิ่มเติมสถานการณ์/การพัฒนาทางสังคมทางด้านความเจริญของเทคโนโลยีด้านการสื่อสารไร้สายเข้าไปด้วย เพื่อให้สามารถบรรยายวิชาที่เกี่ยวข้องเข้าไปในหลักสูตรนี้ได้อย่างมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น สามารถตอบสนองความต้องการให้กับสังคมได้ถูกต้องทิศทาง และสามารถตอบโจทย์ในข้อ 12 ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งตรงกับปรัชญา ความสำคัญ และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ในข้อที่ 1 ของหมวดที่ 2 มากขึ้น
2. จุดเด่นของหลักสูตร อยู่ที่บังคับให้ต้องเรียนรายวิชาในหมวดของรายวิชาเฉพาะที่มีความหลากหลายแทบจะครบถ้วนในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์มากถึง 100 หน่วยกิต ซึ่งถ้าทางสำนักวิชามีคณาจารย์ที่มีคุณวุฒิและประสบการณ์ที่ตรงกับเนื้อหาของทุกรายวิชาที่กำหนดไว้ก็จะเป็นประโยชน์กับนักศึกษาอย่างมาก
3. จุดอ่อน
  - 1) จำนวนของคณาจารย์/คุณวุฒิ/ประสบการณ์ของบุคลากรที่มีอยู่ อาจไม่ครอบคลุมเนื้อหาเชิงลึกในแต่ละรายวิชาที่เปิดสอนและถูกกำหนดว่ารายวิชาเหล่านี้เป็นวิชาชีพ เนื่องจากหากพิจารณาคุณวุฒิและแขนงของอาจารย์ผู้สอนทั้งหมดที่มีอยู่จะไม่สามารถตอบโจทย์กับรายวิชาเฉพาะทั้งสี่ด้านที่กำหนดไว้ในหลักสูตรได้ทั้งหมด ยกเว้นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรที่มีคุณวุฒิทางด้านวิศวกรรมศาสตร์แต่ก็มีจำนวนที่ไม่มากนัก
  - 2) เนื่องจากชื่อหลักสูตรเป็นหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ แม้ว่าจะไม่ต้องการการรับรองฐานะหรือรับรองหลักสูตรสภาวิศวกรก็ตาม แต่โดยทั่วไปแล้วคุณวุฒิของอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาที่เป็นศาสตร์ด้านวิศวกรรมนั้นๆ ก็ควรมีคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีด้านวิศวกรรมศาสตร์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชาที่ตนเองได้ทำการสอนเป็นอย่างน้อย
4. ควรวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับ 13 (พ.ศ.2566-2670) แทนหรือไม่ เพราะสอดคล้องกับช่วงเวลาที่ศึกษาและจบออกไป
5. ให้มีการทดสอบทักษะการสอบทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคผนวก ค

ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

## ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

ชื่อ – สกุล นายธนาวุฒิ ธนวาณิชย์  
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

### ประวัติการศึกษา

ปร.ด.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2559
วศ.ม.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2548
วท.บ.	วิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	พ.ศ. 2544

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน	อาจารย์โปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2560 – 2564	รองผู้อำนวยการ สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2548 - 2551	วิศวกรระบบคอมพิวเตอร์ บริษัท เอ็มเอฟอีซี จำกัด (มหาชน)
พ.ศ. 2544 – 2546	โปรแกรมเมอร์ บริษัท สามารถเทลคอม จำกัด

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

Thanawut Thanavanich; Mayoona Yaibuates; Pheeradon Suchaya. (2021). "Improving the Accuracy of Forecasting PM2.5 Concentrations With Hybrid Neural Network Model," *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering*, 3-6 March 2021, Online, pp. 18-22.

Thanawut Thanavanich. (2018). Energy-aware and Performance-aware of Workflow Application with Hybrid Scheduling Algorithm on Cloud Computing. *2018 22<sup>nd</sup> International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*. 21-24 Nov 2018. Chiang Mai, Thailand, pp. 1-5.

## รายวิชาที่รับผิดชอบสอนในหลักสูตร

1. CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา  
Fundamental Programming and Problem Solving
2. SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์  
Computer Architecture and Organization
3. CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี  
Algorithm Design and Development
4. CPE3219 อัลกอริทึมแบบขนาน  
Parallel Algorithm
5. CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์  
Applied Artificial Intelligence



คำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
ที่ 4767/2563

เรื่อง แต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัยให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 31 (2) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 มาตรา 65/2 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551 ประกอบกับ ประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ (ฉบับที่ 9) พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2560 ข้อบังคับสภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ว่าด้วยการพิจารณาดำรงตำแหน่งทางวิชาการสำหรับคณาจารย์ประจำที่เป็นพนักงานมหาวิทยาลัยสายการสอน พ.ศ. 2550 และมติสภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในการประชุมครั้งที่ 13/2563 เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2563 จึงแต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัย จำนวน 4 ราย ให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการดังบัญชีรายละเอียดแนบท้ายคำสั่งนี้

สั่ง ณ วันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2563

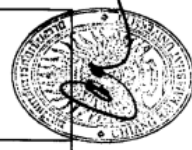
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัชัย มุ่งไธสง)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย



บัญชีรายละเอียดการแต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัยให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

แนบท้ายคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ 4767/2563 ลง ณ วันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2563

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	วุฒิ/วิชาเอก	ตำแหน่งและส่วนราชการเดิม		อัตราค่าจ้าง	ตำแหน่งที่เลื่อน		อัตราค่าจ้าง	สาขาวิชาที่ได้รับแต่งตั้ง	ตั้งแต่วันที่
			ตำแหน่ง/สังกัด	เลขที่ตำแหน่ง		ตำแหน่ง/สังกัด	เลขที่ตำแหน่ง			
1	นางสาวสุภาภรณ์ อุดมทรัพย์ 3-5799-00047-40-1	วท.ม. (เภสัชวิทยาทางสัตวแพทยศาสตร์)	อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	196	37,570	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	196	37,570	เภสัชวิทยา	27 ต.ค.2559
2	นางกาญจนา ปิ่นคำ 3-5602-00208-72-1	ส.ศ. (สาธารณสุขศาสตร์)	อาจารย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	311	42,900	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	311	42,900	สาธารณสุขศาสตร์	31 ส.ค.2563
3	นายอนาวุฒิ อนุวัฒน์ชัย 3-7706-00174-16-4	ปร.ศ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	อาจารย์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	262	42,030	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	262	42,030	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	12 ก.ค.2561
4	นางสาวฐิติมา ทศวรรษอินทร์ 1-5601-00003-20-0	พย.ม. (การพยาบาลผู้สูงอายุ)	อาจารย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	651	34,270	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	651	34,270	สาธารณสุขศาสตร์	10 ก.ย.2562



## ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

ชื่อ – สกุล นายภูมิพงษ์ ดวงตั้ง  
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและ  
การสื่อสาร)

### ประวัติการศึกษา

วศ.ด. วิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2560  
ค.อ.ม. เทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2550  
วศ.บ. วิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2544

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน คณบดีสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน อาจารย์โปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สำนักวิชาคอมพิวเตอร์  
และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
พ.ศ. 2546 - 2551 อาจารย์ โรงเรียนลำปางเทคโนโลยี

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง, บุตรี เวทพิเชฐโกศล, พงศภาค ต่างใจ และ วรเชษฐ เมืองมูล. (2564). ระบบคัด  
แยกความสุกดิบของสับปะรดด้วยลักษณะสีของเปลือกโดยใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลู  
ชัน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13  
(*Proceedings of the 13th Conference of Electrical Engineering Network 2021: EENET 2021*), 12 – 14 พฤษภาคม 2564, เชียงราย, หน้า 284 – 287

ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง, และ ศรีฟอง สุภา. (2563) “การเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้  
โครงสร้างแบบเส้นลวดแผ่นบาง” รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการงานวิจัยและ  
พัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 12 การพัฒนานวัตกรรมเพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0 (ECTI-CARD  
2020 12<sup>th</sup> Conference on Application Research and Development), 26 – 27  
พฤษภาคม 2563, นครสวรรค์, หน้า 331-334,.

Pumipong Duangtang and Ransang Wongsan. (2018). “Wire Medium Structure for Gain  
Enhancement of Conical Horn Antenna”, *The 2018 International Electrical  
Engineering Congress (iEECON2018)*, 7-9 March, Krabi, Thailand, pp. 1-4.

## รายวิชาที่รับผิดชอบในหลักสูตร

1. CPE1103 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร  
Fundamental Mathematics for Engineers
2. CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ  
Electronics Circuit and Laboratory
3. CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ  
Electric Circuits Analysis and Laboratory
4. CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรถอดจิก  
Digital Circuit and Logic Circuit
5. CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ  
Low - power Wireless Communication

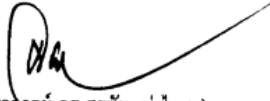


คำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
ที่ 3114/2563

เรื่อง แต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัยให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 31 (2) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 มาตรา 65/2 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2551 ประกอบกับ ประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศ ก.พ.อ. เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาแต่งตั้งบุคคลให้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ (ฉบับที่ 9) พ.ศ. 2556 ข้อบังคับสภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ว่าด้วยการพิจารณา ตำแหน่งทางวิชาการสำหรับคณาจารย์ประจำที่เป็นพนักงานมหาวิทยาลัยสายการสอน พ.ศ. 2550 และมติสภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในการประชุมครั้งที่ 7/2563 เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2563 จึงแต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัย จำนวน 5 ราย ให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการดังบัญชีรายละเอียดแนบท้ายคำสั่งนี้

สั่ง ณ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2563

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรชัย มุ่งไรสง)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

บัญชีรายละเอียดการแต่งตั้งพนักงานมหาวิทยาลัยให้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ  
แบบท้ายคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ 3114/2563 ลง ณ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2563

ลำดับ ที่	ชื่อ - สกุล	วุฒิ/วิชาเอก	ตำแหน่งและส่วนราชการเดิม		อัตราค่าจ้าง	ตำแหน่งที่เลื่อน		อัตราค่าจ้าง	สาขาวิชา ที่ได้รับ แต่งตั้ง	ตั้งแต่วันที่
			ตำแหน่ง/ สังกัด	เลขที่ ตำแหน่ง		ตำแหน่ง/ สังกัด	เลขที่ ตำแหน่ง			
1	นางสาวสิวมณี สองแสน 3 5712 00368 92 4	ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน)	อาจารย์ คณะครุศาสตร์	365	45,400	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์	365	45,400	การศึกษา	13 มี.ค.2563
2	นางสาวภกนก นิตคำ 4 1101 00019 44 9	ปร.ด. (สื่อสารมวลชน)	อาจารย์ คณะวิทยาการจัดการ	389	35,480	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาการจัดการ	389	35,480	นิเทศศาสตร์	5 มี.ค.2563
3	นายชัย วรพัฒน์ 3 5703 00273 28 2	ค.อ.ม. (เครื่องกล)	อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	556	34,250	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	556	34,250	การศึกษา	29 พ.ค.2563
4	นายภูมิพงษ์ ดงตั้ง 3 5201 00814 32 8	ว.ค.ค. (วิศวกรรมโทรคมนาคม)	อาจารย์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ	264	35,870	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ	264	35,870	วิศวกรรมโทรคมนาคม และการสื่อสาร	26 ก.พ.2563
5	นางสาวพริ้งพวีร์ สิ้นคำ 3 5705 01141 71 5	พ.อ.ม. (ผู้ฝึกสอนกีฬา)	อาจารย์ สำนักวิชาสังคมศาสตร์	423	39,060	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาสังคมศาสตร์	423	39,060	ผู้ฝึกสอน	10 มี.ค.2563



## ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

ชื่อ – สกุล นายกฤตกรณ์ ศรีวันนา  
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

### ประวัติการศึกษา

ปร.ด. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2560  
วศ.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2555  
วศ.บ. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2552

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2559 - 2564 ประธานโปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
พ.ศ. 2552 - ปัจจุบัน อาจารย์โปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

Kittakorn Sriwana, Tossapon Boongoen, and Natthakan lam-On (2018). Graph clustering-based discretization approach to microarray data, *Knowledge and Information Systems*. Vol. 60, pp.879–906, doi: doi.org/10.1007/s10115-018-1249-z.

### รายวิชาที่รับผิดชอบในหลักสูตร

1. CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่  
Probability and Statistics for Big Data Analytics
2. SCT0002 โครงสร้างข้อมูล  
Data Structure
3. CPE3229 วิศวกรรมซอฟต์แวร์  
Software Engineering
4. CPE3505 ระบบฐานข้อมูล  
Database Systems
5. CPE4310 การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่  
Data Mining and Big Data Analytics

## ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

ชื่อ – สกุล นายมยุร ไยบัวเทศ  
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

### ประวัติการศึกษา

ปร.ด. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2561  
วท.ม. วิศวกรรมเครือข่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2554  
วศ.บ. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2552

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
พ.ศ. 2554 - 2562 วิศวกร บริษัท ทีไอที จำกัด (มหาชน)  
พ.ศ. 2553 - 2554 Infrastructure Technology Analyst บริษัท ไอทีวัน จำกัด  
พ.ศ. 2552 - 2553 วิศวกรระบบ บริษัท ซีนิคคอมพ์ จำกัด

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

Ravi Upa, Rounsang Chairicharoen, and Mayoon Yaibuates (2021). “Personal Cloud P2P,” *Wireless Personal Communications*, Vol. 119, pp. 2837–2857, 2021.

Mayoon Yaibuates Rounsang Chairicharoen. (2020). A Combination of ICMP and ARP for DHCP Malicious Attack Identification. *In International Conference on Digital Arts, Media and Technology and ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer, and Telecommunications Engineering*. 11-14 Mar 2020, Chonburi, Thailand, pp.15-19.

Mayoon Yaibuates Rounsang Chairicharoen. (2019). Starvation Delayed DHCP Service for Enabling Pool Recovery. *Malaysian Journal of Computer Science*, Special Issue (2/2019: Information and Electrical Engineering), pp.15-34.



## รายวิชาที่รับผิดชอบสอนในหลักสูตร

1. CPE2104 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม  
Numerical Methods for Engineering
2. CPE3304 การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย  
Mobile Computing and Wireless Communication
3. CPE3307 การเขียนโปรแกรมเครือข่าย  
Network Programming
4. CPE4305 ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์  
Computer Security
5. CPE4306 ความมั่นคงในระบบเครือข่าย  
Network Security

## ประวัติอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร

ชื่อ – สกุล นายอติคม ศิริ  
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

### ประวัติการศึกษา

วศ.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2550  
วศ.บ. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2544

### ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน อาจารย์โปรแกรมวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์  
และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

ฤทธิ์รงค์ วงศ์แพร่พันธ์, ธเนศ คณะดี, กมล บุญล้อม, อติคม ศิริ และ พงศธร อารักคิด. (2562). คู่มือ  
แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการ  
ควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน, *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ  
งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 11 ( 11<sup>th</sup> ECTI-CARD 2019)*, 4 - 7 มิถุนายน 2562,  
อุบลราชธานี, หน้า 383-386.

พิพัฒน์พงศ์ สมมะวัง, ธเนศ คณะดี, กมล บุญล้อม, อติคม ศิริ และ กานต์พิชชา บุญล้อม. (2562). คู่มือ  
เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี, *รายงาน  
สืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 11 ( 11<sup>th</sup> ECTI-  
CARD 2019)*, 4 - 7 มิถุนายน 2562, อุบลราชธานี, หน้า 191-194.

## รายวิชาที่รับผิดชอบสอนในหลักสูตร

1. SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์  
Data Communication and Computer Network
2. SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ  
Information Security
3. CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์  
Microprocessor and Microcomputer
4. CPE3311 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง  
Internet of Things
5. CPE4311 เครือข่ายไร้สาย  
Wireless Networks

ภาคผนวก ง

ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายว่าด้วย

ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563



ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
เรื่อง การจัดการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๖๓

โดยที่สมควรกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการในการจัดการศึกษาในระดับปริญญาตรี ให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑(๑) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ จึงออกประกาศ เรื่อง การจัดการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๖๓ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เรื่อง “การจัดการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๖๓”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับกับนักศึกษาที่เข้าศึกษาตั้งแต่ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๓ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

- “มหาวิทยาลัย” หมายความว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- “สภามหาวิทยาลัย” หมายความว่า สภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- “อธิการบดี” หมายความว่า อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
- “นักศึกษา” หมายความว่า ผู้ที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษาในหลักสูตร

ปริญญาตรีของมหาวิทยาลัย

“หลักสูตร” หมายความว่า หลักสูตรของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ที่ผ่านความเห็นชอบจากสภามหาวิทยาลัย

“สถาบันอุดมศึกษา” หมายความว่า สถาบันการศึกษาอื่นที่มีการจัดการศึกษาในระดับหลังมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า หลักสูตรไม่ต่ำกว่าอนุปริญญาหรือเทียบเท่าที่สภามหาวิทยาลัยรับรอง

หมวดที่ ๑

การรับเข้าศึกษาและระบบการศึกษา

ข้อ ๔ การรับเข้าเป็นนักศึกษา

กำหนดการและวิธีการรับเข้าศึกษา ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย ที่จะกำหนดในแต่ละปี

ข้อ ๕ คุณสมบัติของผู้สมัครเข้าเป็นนักศึกษา

๕.๑ หลักสูตรปริญญาตรีที่จัดการศึกษา ๔ ปี หรือ ๕ ปี หรือ ๖ ปี จะต้องเป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า



๕.๒ หลักสูตรปริญญาตรีเทียบโอน จะต้องเป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หรือ เทียบเท่า หรือ ระดับอนุปริญญา หรือ เทียบเท่า

๕.๓ คุณสมบัติอื่นตามที่มหาวิทยาลัยประกาศกำหนดในแต่ละปี

ข้อ ๖ ระบบการจัดการศึกษา

ระบบการจัดการศึกษาใช้ระบบทวิภาค โดยหนึ่งปีการศึกษาแบ่งออกเป็นสองภาคเรียนปกติ มีระยะเวลาไม่น้อยกว่าสิบห้า (๑๕) สัปดาห์ มหาวิทยาลัยอาจเปิดสอนภาคฤดูร้อน (ภาคเรียนที่ ๓) ได้ โดยกำหนดระยะเวลาและจำนวนหน่วยกิตมีส่วนเทียบเคียงกันได้กับภาคเรียนปกติ การจัดการเรียนที่แตกต่างไปจากนี้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากมหาวิทยาลัย

หมวดที่ ๒

สถานภาพการเป็นนักศึกษา

ข้อ ๗ ผู้ที่ผ่านการคัดเลือกเข้าศึกษา จะมีสถานภาพเป็นนักศึกษาเมื่อได้ขึ้นทะเบียนเป็นนักศึกษาตามขั้นตอนที่มหาวิทยาลัยกำหนดแล้ว

ข้อ ๘ ในภาคเรียนปกติ หากนักศึกษาไม่ลงทะเบียนเรียนด้วยเหตุใด ๆ ก็ตาม นักศึกษาจะต้องขอลาพักการเรียนสำหรับภาคเรียนปกตินั้น โดยยื่นคำร้องขอลาพักการเรียนต่อสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน และต้องชำระค่าธรรมเนียมเพื่อรักษาสถานภาพนักศึกษาคตามประกาศของมหาวิทยาลัยก่อนสอบปลายภาคไม่น้อยกว่าสิบสี่ (๑๔) วัน

๘.๑ การลาพักการศึกษา นักศึกษาใหม่ไม่มีสิทธิ์ลาพักการศึกษาในภาคเรียนแรกเว้นแต่ได้รับอนุมัติจากอธิการบดี

๘.๒ การลาพักการศึกษาต่อเนื่องได้ไม่เกินสองภาคเรียนปกติ กรณีมีความจำเป็นต้องลาพักการเรียนมากกว่าสองภาคเรียนปกติ ต้องได้รับการอนุมัติจากอธิการบดี

ข้อ ๙ นักศึกษาที่พ้นสภาพนักศึกษาด้วยเหตุไม่ชำระค่าธรรมเนียมการศึกษาและไม่ชำระเงินค่ารักษาสถานภาพการเป็นนักศึกษา ให้มีสิทธิ์ยื่นคำร้องขอคืนสภาพการเป็นนักศึกษาต่อสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนก่อนเปิดภาคเรียน และต้องชำระค่าธรรมเนียมการขอคืนสภาพนักศึกษาและค่าธรรมเนียมขอลาพักการศึกษาของภาคเรียนที่ค้างชำระตามประกาศที่มหาวิทยาลัยกำหนด

ข้อ ๑๐ การลาออก นักศึกษาที่ประสงค์จะลาออกจากการเป็นนักศึกษา ให้ยื่นคำร้องลาออกตามแบบที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนกำหนด

หมวดที่ ๓

แผนการเรียน การลงทะเบียนเรียน และจำนวนหน่วยกิต

ข้อ ๑๑ นักศึกษาที่เข้าศึกษาตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๖๓ เป็นต้นไป กำหนดให้จัดแผนการเรียนสอง (๒) ภาคเรียน ไม่มีภาคฤดูร้อน (ภาคเรียนที่ ๓) ในกรณีที่มีเหตุผลและความจำเป็นที่ต้องมีการจัดการเรียนการสอนในภาคฤดูร้อน (ภาคเรียนที่ ๓) ให้เสนอขออนุมัติต่อมหาวิทยาลัยเป็นรายกรณี

ข้อ ๑๒ กำหนดการลงทะเบียนและวิธีการลงทะเบียนเรียน ให้เป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยประกาศกำหนดในแต่ละภาคเรียน

ข้อ ๑๓ การจัดแผนการเรียนให้หลักสูตร/สาขาวิชาจัดแผนการเรียนโดยให้มีจำนวนหน่วยกิตรวมไม่เกินสิบแปด (๑๘) หน่วยกิตต่อภาคเรียน สำหรับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์)



และไม่เกินสิบห้า (๑๕) หน่วยกิตต่อภาคเรียน สำหรับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์ – อาทิตย์) และไม่เกิน  
เก้า (๙) หน่วยกิต ในภาคฤดูร้อน (ภาคเรียนที่ ๓) ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากมหาวิทยาลัย

ข้อ ๑๔ มหาวิทยาลัยอาจพิจารณาให้นักศึกษาลงทะเบียนเรียนเกินที่กำหนดไว้ในแผน  
การเรียนได้ แต่ต้องไม่เกินยี่สิบสอง (๒๒) หน่วยกิต สำหรับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) และ  
ไม่เกินสิบแปด (๑๘) หน่วยกิต สำหรับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) และในภาคเรียนฤดูร้อน  
(ภาคเรียนที่ ๓) สามารถลงทะเบียนได้ไม่เกินสิบสอง (๑๒) หน่วยกิต จะต้องเป็นกรณีตาม  
ข้อใดข้อหนึ่ง ดังต่อไปนี้

๑๔.๑ เป็นนักศึกษาที่สาขาวิชาจัดแผนการเรียน ๒ ภาคเรียน ไม่มีภาคฤดูร้อน  
(ภาคเรียนที่ ๓)

๑๔.๒ เป็นนักศึกษาในหลักสูตรที่จัดการศึกษาในลักษณะการบูรณาการการเรียน  
การสอนกับการทำงาน (CWIE : Cooperative Work Integrated Education)

๑๔.๓ เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนซ้ำในรายวิชาที่เคยได้ผลการเรียนเป็น "F"  
"W" หรือ "U"

๑๔.๔ เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนที่เคยได้ผลการเรียนเป็น "F" "W" หรือ  
"U" ในกลุ่มวิชาเลือกเดียวกัน

๑๔.๕ เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาที่ต้องเรียนตามลำดับก่อน-หลัง  
(Pre-requisite)

๑๔.๖ เป็นนักศึกษาที่เคยได้รับอนุมัติให้พักการเรียน

๑๔.๗ เป็นนักศึกษาที่เข้าศึกษาในหลักสูตร ๔ ปี เทียบโอน ที่สำเร็จการศึกษาระดับ  
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) หรือเทียบเท่า ซึ่งเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาไม่ตรงสาขาวิชาตามที่กำหนด  
ในคุณสมบัติผู้สมัครเข้าเรียนของหลักสูตรนั้น ๆ ที่ต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมตามที่กำหนด

๑๔.๘ เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ  
รายวิชาเตรียมสหกิจศึกษา หรือ รายวิชาในลักษณะเดียวกัน หรือ รายวิชากลุ่มการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

๑๔.๙ เป็นการลงทะเบียนเรียนภาคเรียนสุดท้ายก่อนการออกฝึกประสบการณ์  
วิชาชีพ หรือ สหกิจศึกษา หรือ เป็นภาคเรียนสุดท้ายที่จะสำเร็จการศึกษา

๑๔.๑๐ กรณีอื่นใด ให้เสนอขออนุมัติต่ออธิการบดี เป็นรายการ

ข้อ ๑๕ การลงทะเบียนเรียน การเพิ่ม-ถอนและเปลี่ยนแปลงรายวิชาเรียน ให้กระทำให้เสร็จ  
สิ้นภายในสิบ (๑๐) วัน นับแต่วันเปิดภาคเรียน และตามที่กำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย

ทั้งนี้ ให้ยกเว้น สำหรับกรณีการเพิ่ม-ถอนรายวิชาที่กำหนดให้เป็นรายวิชาเรียน  
ต่อเนื่อง หรือ เรียนตามลำดับก่อน-หลัง ที่ผู้สอนประเมินผลครั้งแรกเป็นเกรด I หรือ M ให้กระทำให้เสร็จสิ้น  
ภายในหนึ่ง (๑) สัปดาห์หลังกำหนดการส่งเกรด I หรือ M

ข้อ ๑๖ การขอเปิดรายวิชาใหม่ ให้กระทำได้ภายในห้า (๕) วันนับแต่วันเปิดภาคเรียน  
และตามที่กำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย และให้อยู่ในเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ดังต่อไปนี้

๑๖.๑ เป็นการขอเปิดรายวิชาเพื่อลงทะเบียนเรียนซ้ำในรายวิชาที่ได้ผลการเรียน  
เป็น "F" หรือ "W" หรือ "U" และพักการเรียน และหลักสูตรกำหนดเป็นรายวิชาที่ต้องเรียนตามลำดับ  
ก่อน-หลัง (Pre-requisite)

๑๖.๒ เป็นรายวิชาสุดท้ายที่ต้องเรียนให้ครบหลักสูตรในภาคเรียนสุดท้ายก่อน  
การออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ ภาคเรียนสุดท้ายที่จะสำเร็จการศึกษา



๑๖.๓ ไม่เป็นการเปิดเรียนเพื่อเป็นรายวิชาเลือกเสรี

ทั้งนี้ จำนวนหน่วยกิตต้องไม่เกินที่กำหนดในข้อ ๑๔ และหรือ ข้อ ๑๕

ข้อ ๑๗ การขอยกเลิกรายวิชาเรียนในกรณีที่มีพันกำหนดการขอลดเรียน และการเปลี่ยนแปลงวิชาเรียน ให้ดำเนินการให้เสร็จสิ้นก่อนกำหนดการสอบปลายภาคอย่างน้อยสามสัปดาห์ (๓๐) วัน ตามที่กำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๑๘ การชำระค่าธรรมเนียมการศึกษา ให้เป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง อัตราค่าธรรมเนียมการศึกษา และประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง กำหนดการชำระเงินค่าธรรมเนียมการศึกษา

ข้อ ๑๙ การลงทะเบียนเรียนรายวิชาการมีตารางสอบตรงกัน

กรณีที่นักศึกษามีความจำเป็นที่จะต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชาที่ตารางสอบตรงกัน นักศึกษาจะต้องยื่นคำร้องขอลงทะเบียนเรียนกรณีตารางสอบตรงกันในขั้นตอนการลงทะเบียนเรียนต่อเจ้าหน้าที่ของสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน โดยต้องได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ผู้สอน และอาจารย์ผู้สอนจะเป็นผู้ดำเนินการจัดสอบนอกตารางสำหรับนักศึกษารายนั้น ๆ แยกต่างหาก ทั้งนี้ จำนวนหน่วยกิตรวมทั้งลงทะเบียนเรียนต้องไม่เกินเกณฑ์ตามข้อ ๑๓ และ หรือข้อ ๑๔ แล้วแต่กรณี

ข้อ ๒๐ การลงทะเบียนเรียนกรณีต่างประเภทนักศึกษา

นักศึกษาสามารถลงทะเบียนเรียนต่างประเภทนักศึกษาได้ ภายในเวลาที่กำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไข ดังนี้

๒๐.๑ นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) ที่ประสงค์ลงทะเบียนเรียนกับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) ต้องยื่นคำร้องขอลงทะเบียนเรียนสมทบต่อเจ้าหน้าที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน โดยนักศึกษาต้องชำระค่าธรรมเนียมการศึกษาเป็นแบบเหมาจ่ายตามประกาศอัตราค่าธรรมเนียมการศึกษาของนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์)

๒๐.๒ นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) ที่ประสงค์ลงทะเบียนเรียนกับนักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) ต้องยื่นคำร้องขอลงทะเบียนเรียนสมทบ ในกรณีเป็นนักศึกษาที่มีหน้าที่และรับผิดชอบงานประจำในองค์กร หรือ หน่วยงานระหว่างวันจันทร์ - วันศุกร์ จะต้องแสดงหนังสือที่ได้รับอนุญาตให้เข้าเรียนในคาบเรียนวันจันทร์ - วันศุกร์จากหน่วยงานต้นสังกัดประกอบด้วยคำร้องขอลงทะเบียนเรียนสมทบต่อเจ้าหน้าที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

ทั้งนี้ จำนวนหน่วยกิตรวมทั้งลงทะเบียนเรียนต้องไม่เกินเกณฑ์ตามข้อ ๑๓ และหรือ ข้อ ๑๔ แล้วแต่กรณี

ข้อ ๒๑ การลงทะเบียนเรียนพร้อมกับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ สหกิจศึกษา

มหาวิทยาลัย อนุญาตให้นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) ที่มีความจำเป็นต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชาอื่น ๆ พร้อมกับรายวิชาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ สหกิจศึกษา ได้เฉพาะกรณีใดกรณีหนึ่งต่อไปนี้

๒๑.๑ เป็นรายวิชาโครงงาน

๒๑.๒ เป็นรายวิชาปัญหาพิเศษ

๒๑.๓ เป็นรายวิชาวิทยานิพนธ์/สารนิพนธ์

ทั้งนี้ ต้องได้รับความเห็นชอบจากประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร ประธานโปรแกรมวิชา และคณบดี

กรณี นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) สามารถลงทะเบียนเรียนได้ตามแผนการเรียนที่สาขาวิชากำหนด





## หมวดที่ ๔

## การเทียบโอนผลการศึกษาและการยกเว้นการศึกษารายวิชา

ข้อ ๒๒ "การเทียบโอนผลการศึกษา" หมายความว่า การนำหน่วยกิตและค่าระดับคะแนนของทุกรายวิชา ที่เคยศึกษาจากหลักสูตรของมหาวิทยาลัยมาใช้โดยไม่ต้องศึกษารายวิชานั้นอีก

"การยกเว้นการศึกษารายวิชา" หมายความว่า การนำหน่วยกิตของรายวิชาในหลักสูตรของมหาวิทยาลัย หรือ ของสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่สภามหาวิทยาลัยรับรองที่ได้ศึกษามาแล้ว ซึ่งมีเนื้อหาสาระครอบคลุมไม่น้อยกว่าสามในสี่ของรายวิชาที่ยกเว้นมาใช้ โดยไม่ต้องศึกษารายวิชานั้นอีก

ข้อ ๒๓ คุณสมบัติของผู้มีสิทธิ์ขอเทียบโอนผลการศึกษาหรือขอยกเว้นการศึกษารายวิชา ต้องเป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า

ข้อ ๒๔ รายวิชาที่จะนำมาเทียบโอนผลการศึกษา หรือ ยกเว้นการศึกษารายวิชา สามารถนำมาขอเทียบโอนผลการศึกษาหรือขอยกเว้นการศึกษาได้ทุกรายวิชาโดยไม่ต้องคำนึงถึงวันที่สอบได้หรือสำเร็จการศึกษา

ข้อ ๒๕ ผู้มีสิทธิ์ขอเทียบโอนผลการศึกษา ต้องอยู่ในหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ดังต่อไปนี้

๒๕.๑ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาหรือเคยศึกษาในหลักสูตรของมหาวิทยาลัย หรือ

๒๕.๒ ผู้ที่เปลี่ยนสภาพจากนักศึกษาภาคปกติ ไปเป็นนักศึกษาตามโครงการอื่นที่ใช้หลักสูตรของมหาวิทยาลัย หรือ

๒๕.๓ ผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งในมหาวิทยาลัยเปลี่ยนไปศึกษาในอีกสาขาวิชาหนึ่งในระดับเดียวกัน

๒๕.๔ ผู้ที่ผ่านการศึกษจากระบบการศึกษาต่อเนื่องตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายว่าด้วยการศึกษาต่อเนื่อง

๒๕.๕ ผู้ที่ศึกษาในหลักสูตรของมหาวิทยาลัยที่จัดการศึกษาในระบบคลังหน่วยกิตตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายว่าด้วยการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิต

ข้อ ๒๖ เงื่อนไขในการเทียบโอนผลการศึกษา

๒๖.๑ ผู้ขอเทียบโอนต้องไม่เคยพ้นสภาพการเป็นนักศึกษาตามประกาศของมหาวิทยาลัยว่าด้วยการพ้นสภาพตามเกณฑ์การประเมินผลการศึกษา

๒๖.๒ การเทียบโอน ต้องโอนทุกรายวิชาที่เคยศึกษามา

๒๖.๓ นักศึกษาจะต้องใช้เวลาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยอย่างน้อยหนึ่ง (๑)

ปีการศึกษา

ข้อ ๒๗ ผู้มีสิทธิ์ขอยกเว้นการศึกษารายวิชา ได้แก่

๒๗.๑ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาหรือเคยศึกษาในหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

๒๗.๒ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาหรือเคยศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาอื่น หรือเทียบเท่าที่สภามหาวิทยาลัยรับรอง

ข้อ ๒๘ เงื่อนไขการขอยกเว้นการศึกษารายวิชา

๒๘.๑ เป็นรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาในหลักสูตรระดับอุดมศึกษาหรือเทียบเท่าที่สภามหาวิทยาลัยรับรอง

๒๘.๒ เป็นรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาที่มีเนื้อหาสาระครอบคลุมไม่น้อยกว่าสามในสี่ของรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาที่ยกเว้น



๒๘.๓ เป็นรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาที่สอบได้ไม่ต่ำกว่าระดับคะแนน "C" หรือแต้มระดับคะแนน ๒.๐๐

๒๘.๔ จะขอยกเว้นได้ไม่เกินสองในสามของจำนวนหน่วยกิตทั้งหมดของหลักสูตรที่ขอยกเว้น

๒๘.๕ รายวิชาที่ได้รับการยกเว้นการศึกษารายวิชา ให้บันทึกไว้ในระเบียบแสดงผลการเรียนเป็น "S" และไม่ให้นำหน่วยกิตมาคำนวณหาค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม แต่จะนับจำนวนหน่วยกิตรวมในเกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

๒๘.๖ ผู้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี หรือสูงกว่ามาแล้ว จะเข้าศึกษาในระดับอนุปริญญาหรือปริญญาตรีในอีกสาขาวิชาหนึ่ง ให้ได้รับการยกเว้นการศึกษารายวิชาในหมวดวิชาศึกษาทั่วไปทั้งหมดรวมทั้งหมวดวิชาเลือกเสรี รายวิชาที่ได้รับการยกเว้นให้นับหน่วยกิตรวมในเกณฑ์การสำเร็จการศึกษา โดยไม่ต้องบันทึกคะแนนแสดงผลการเรียนเป็นรายวิชา

ข้อ ๒๙ ค่าธรรมเนียมในการขอเทียบโอนผลการศึกษาและการยกเว้นการศึกษารายวิชา ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๓๐ เพื่อให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับสถานภาพการเป็นนักศึกษาของผู้ที่จะสำเร็จการศึกษาคณะการสำเร็จการศึกษาของหลักสูตร การนับจำนวนภาคเรียนของผู้ที่ขอเทียบโอนผลการเรียน และขอยกเว้นการศึกษารายวิชาให้ถือเกณฑ์ดังนี้

๓๐.๑ นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) ไม่เกินสิบแปด (๑๘) หน่วยกิต เป็นหนึ่งภาคการศึกษาปกติ

๓๐.๒ นักศึกษาภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) ไม่เกินสิบห้า (๑๕) หน่วยกิต เป็นหนึ่งภาคการศึกษาปกติ

#### หมวดที่ ๕

การย้ายสาขาวิชา การเปลี่ยนประเภทนักศึกษา และการย้ายสถานศึกษา

ข้อ ๓๑ การย้ายสาขาวิชาต้องอยู่ในเกณฑ์ดังต่อไปนี้

๓๑.๑ นักศึกษาไม่สามารถขอย้ายเข้าสาขาวิชาดังต่อไปนี้

(ก) สาขาวิชาในหลักสูตรสังกัดคณะครุศาสตร์ ที่จัดการเรียนการสอนตามเงื่อนไขที่กำหนดในมาตรฐานการผลิตของคุรุสภา

(ข) สาขาวิชาที่มีการสอบคัดเลือกเข้าศึกษา

๓๑.๒ นักศึกษาประสงค์จะขอย้ายสาขาวิชา ต้องเป็นนักศึกษาที่มีผลการเรียนภายใต้แผนการเรียนของสาขาวิชาเดิมไม่น้อยกว่าหนึ่ง (๑) ปีการศึกษา

๓๑.๓ นักศึกษาต้องมีผลการเรียนครบทุกรายวิชา นับถึงภาคเรียนที่ขอย้ายสาขาวิชา และต้องมีผลการเรียนได้ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า ๒.๐๐ จำนวนหน่วยกิตสะสมให้นับถึงภาคเรียนที่ขอย้ายสาขาวิชา

๓๑.๔ นักศึกษาต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชาในกลุ่มวิชาเอกของสาขาวิชาใหม่ไม่น้อยกว่าหนึ่ง (๑) รายวิชา และได้ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า B หลักเกณฑ์อื่นให้เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละคณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัย



๓๑.๕ การขอย้ายสาขาวิชา ต้องผ่านความเห็นของประธานโปรแกรมวิชาและคณบดี คณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัยเดิม และประธานโปรแกรมวิชาและคณบดี คณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัยใหม่ ก่อนเสนอต่ออธิการบดี

๓๑.๖ สาขาวิชาใหม่จะพิจารณารับย้ายได้ในกรณีที่มีเหตุผลอันสมควร

๓๑.๗ เมื่อนักศึกษาได้รับการอนุมัติให้ย้ายสาขาวิชาใหม่แล้ว ไม่มีสิทธิ์ขอย้ายสาขาวิชาอีกในปีการศึกษาเดียวกัน

๓๑.๘ นักศึกษาที่ประสงค์จะขอย้ายสาขาวิชา ต้องยื่นคำร้องที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนก่อนหมดกำหนดการเพิ่ม - ตอนวิชาเรียน ของแต่ละภาคเรียน ตามกำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๓๒ การเปลี่ยนประเภทนักศึกษา ให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

๓๒.๑ ต้องศึกษาในประเภทนักศึกษาเดิมมาแล้วไม่น้อยกว่าหนึ่ง (๑) ปีการศึกษา

๓๒.๒ ต้องมีผลการเรียนครบทุกรายวิชา นับถึงภาคเรียนที่ขอเปลี่ยนประเภทนักศึกษา และต้องมีผลการเรียนได้ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า ๒.๐๐

๓๒.๓ การเปลี่ยนประเภทนักศึกษา ต้องเป็นสาขาวิชาเดียวกัน

๓๒.๔ การเปลี่ยนประเภทนักศึกษา ต้องผ่านความเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษา

๓๒.๕ ต้องดำเนินการยื่นคำร้องที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนก่อนหมดกำหนดการเพิ่ม - ตอนวิชาเรียน ของแต่ละภาคเรียน ตามกำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย

๓๒.๖ นักศึกษาที่ไม่สามารถขอเปลี่ยนประเภทนักศึกษา มีดังต่อไปนี้

(ก) สาขาในหลักสูตรสังกัดคณะครุศาสตร์ ที่จัดการเรียนการสอนตามเงื่อนไขที่กำหนดในมาตรฐานการผลิตของคุรุสภา

(ข) สาขาวิชาที่มีการสอบคัดเลือกเข้าศึกษา

๓๒.๗ นักศึกษาที่ได้รับการอนุมัติให้เปลี่ยนประเภทนักศึกษาต้องดำเนินการเทียบโอนผลการเรียนให้แล้วเสร็จก่อนหมดกำหนดการเพิ่ม - ตอนวิชาเรียน ของแต่ละภาคเรียน ตามกำหนดในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย

๓๒.๘ เมื่อนักศึกษาได้รับการอนุมัติให้เปลี่ยนประเภทนักศึกษาแล้ว ไม่มีสิทธิ์ขอเปลี่ยนประเภทนักศึกษาอีกในปีการศึกษาเดียวกัน

ข้อ ๓๓ การย้ายสถานศึกษา

๓๓.๑ เกณฑ์การรับย้ายนักศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาอื่น

(ก) ได้ศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาเดิมมาแล้วไม่น้อยกว่าหนึ่ง (๑) ปีการศึกษา และมีผลการเรียนเฉลี่ยรวมไม่น้อยกว่า ๒.๐๐

(ข) การรับย้ายนักศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาอื่น จะต้องได้รับความเห็นชอบจาก ประธานโปรแกรมวิชาและคณบดีของสาขาวิชาที่ขอย้ายเข้า

(ค) การยกเว้นการศึกษารายวิชาของนักศึกษาที่ย้ายจากสถาบันอุดมศึกษาอื่น ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยว่าด้วยการยกเว้นการศึกษารายวิชา

๓๓.๒ เกณฑ์การขอย้ายไปสถาบันอุดมศึกษาอื่น

(ก) นักศึกษาที่จะขอย้ายไปสถาบันอุดมศึกษาอื่นต้องศึกษาในมหาวิทยาลัยมาแล้วไม่น้อยกว่าหนึ่ง (๑) ปีการศึกษา

(ข) มีผลการเรียนเฉลี่ยรวมไม่น้อยกว่า ๒.๐๐



## หมวดที่ ๖

## หลักเกณฑ์ วิธีการ และแนวปฏิบัติในการวัดผล ประเมินผล

ข้อ ๓๔ ให้มีการวัดผลการเรียนการสอนทุกรายวิชาในหลักสูตรของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ นักศึกษาที่มีสิทธิ์สอบวัดผลการศึกษาปลายภาคต้องอยู่ในเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

๓๔.๑ มีเวลาเรียนในรายวิชานั้น ๆ หรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชานั้น ๆ ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐ ของเวลาเรียนทั้งหมดหรือของเวลาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งหมด

๓๔.๒ ในกรณีที่มีเวลาเรียนในรายวิชาใด หรือ เวลาในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาใดน้อยกว่าร้อยละ ๘๐ แต่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ ให้อยู่ในดุลพินิจของอาจารย์ผู้สอนประจำรายวิชา โดยความเห็นชอบของคณบดี

๓๔.๓ ในกรณีที่มีเวลาเรียนในรายวิชาใด หรือ มีเวลาในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาใดน้อยกว่าร้อยละ ๖๐ จะไม่มีสิทธิ์สอบในรายวิชานั้น และให้ผู้สอนให้ผลการศึกษาเป็น "F" หรือ "U" แล้วแต่กรณี

ข้อ ๓๕ ให้มีการประเมินผลการศึกษาในรายวิชาต่าง ๆ ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย ในหนึ่ง (๑) ภาคเรียน โดยแบ่งเป็นสอง (๒) ระบบ คือ

๓๕.๑ ระบบมีค่าระดับคะแนน กำหนดสัญลักษณ์ระดับคะแนนการประเมิน แบ่งเป็นแปด (๘) ระดับ ได้แก่

สัญลักษณ์ระดับคะแนน	ความหมายของผลการศึกษา	ค่าระดับคะแนน
A	ดีเยี่ยม (EXCELLENT)	๔.๐
B <sup>+</sup>	ดีมาก (VERY GOOD)	๓.๕
B	ดี (GOOD)	๓.๐
C <sup>+</sup>	ดีพอใช้ (FAIRLY GOOD)	๒.๕
C	พอใช้ (FAIR)	๒.๐
D <sup>+</sup>	อ่อน (POOR)	๑.๕
D	อ่อนมาก (VERY POOR)	๑.๐
F	ตก (FAILED)	๐.๐

ระบบนี้ใช้สำหรับการประเมินรายวิชาที่ลงทะเบียนเรียนตามหลักสูตรค่าระดับคะแนนที่ถือว่าสอบได้ต้องไม่ต่ำกว่า "D"

นักศึกษาที่ได้ค่าระดับคะแนนในรายวิชาบังคับเป็น "F" ต้องลงทะเบียนเรียนใหม่จนกว่าจะสอบได้และให้บันทึกค่าระดับคะแนนลงในทะเบียนแสดงผลการเรียนด้วยทุกครั้ง

สำหรับรายวิชาเลือก ถ้าสอบได้ค่าระดับคะแนนเป็น "F" จะลงทะเบียนเรียนซ้ำในรายวิชานั้นอีก หรือเลือกลงทะเบียนในรายวิชาอื่นในกลุ่มวิชาเลือกเดียวกันแทนก็ได้ และให้บันทึกค่าระดับคะแนนลงในทะเบียนแสดงผลการเรียนด้วยทุกครั้ง

๓๕.๒ ระบบไม่มีค่าระดับคะแนน กำหนดสัญลักษณ์การประเมินดังนี้

PD	ผ่านดีเยี่ยม (Passed with Distinction)
S	ผ่าน (Satisfactory)
U	ไม่ผ่าน (Unsatisfactory)

ระบบนี้ใช้สำหรับการประเมิน

(ก) รายวิชาในกลุ่มปฏิบัติการและหรือการฝึกประสบการณ์วิชาชีพและหรือ

สหกิจศึกษา

(ข) รายวิชาที่กำหนดให้ศึกษาเพิ่มเติมตามข้อกำหนดเฉพาะของหลักสูตร



## (ค) รายวิชาในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป (General Education)

กรณีที่มีมหาวิทยาลัยกำหนดให้นักศึกษาเรียนรายวิชาใดเพิ่มเติมโดยไม่นับเป็นหน่วยกิตสะสม หรือกรณีที่มีมหาวิทยาลัยกำหนดให้นักศึกษาทดสอบหรืออบรมตามเกณฑ์มาตรฐานของบัณฑิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ให้ใช้สัญลักษณ์การประเมินดังกล่าวโดยอนุโลม

รายวิชาบังคับที่ได้รับผลการประเมินเป็น "U" นักศึกษาต้องลงทะเบียนและเรียนใหม่จนกว่าจะผ่านการประเมินและให้บันทึกค่าระดับคะแนนลงในระเบียบแสดงผลการเรียนด้วยทุกครั้ง สำหรับรายวิชาเลือกที่ได้รับผลการประเมินเป็น "U" จะลงทะเบียนเรียนซ้ำในรายวิชานั้นอีก หรือเลือกลงทะเบียนในรายวิชาอื่นในกลุ่มวิชาเลือกเดียวกันแทนก็ได้ และให้บันทึกค่าระดับคะแนนลงในระเบียบแสดงผลการเรียนด้วยทุกครั้ง

ข้อ ๓๖ สัญลักษณ์อื่นที่ใช้ในการประเมิน มีดังนี้

๓๖.๑ Au (Audit) ใช้สำหรับการลงทะเบียนเรียนเพื่อร่วมฟัง

๓๖.๒ W (Withdraw) ใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

(ก) ใช้สำหรับบันทึกหลังจากที่ได้รับอนุมัติให้ยกเลิกรายวิชานั้นก่อนกำหนดสอบปลายภาคไม่น้อยกว่าสามสัปดาห์ (๓๐) วันสำหรับภาคเรียนปกติ และไม่น้อยกว่าสัปดาห์ (๑๕) วันสำหรับภาคฤดูร้อน (ภาคเรียนที่ ๓)

(ข) ใช้สำหรับบันทึกหลังจากที่ได้รับอนุมัติให้ยกเลิกรายวิชาเรียนในกรณีที่นักศึกษาขอลาพักการศึกษา หรือถูกสั่งให้พักการศึกษา หลังจากลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนนั้น และพ้นกำหนดเวลาการขอลอนรายวิชานั้นแล้ว

๓๖.๓ I (Incomplete) ใช้ในกรณีต่อไปนี้

(ก) ในกรณีที่นักศึกษายังทำงานไม่แล้วเสร็จเมื่อสิ้นภาคเรียนนั้น

(ข) ในกรณีที่ผู้สอนไม่สามารถส่งผลการประเมินในรายวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียนภายในเวลาที่มหาวิทยาลัยกำหนดประจำภาคเรียนนั้น ๆ

การส่งผลการประเมินเป็น "I" ให้ผู้สอนส่งผลการประเมินโดยระบุคะแนนเท่าที่มีอยู่ในขณะนั้น

กรณีผู้สอนส่งผลการประเมินรายวิชาเป็น "I" ทั้งหมู่เรียน จะต้องมิหนังสือชี้แจงเหตุผลและความจำเป็นที่สอดคล้องกับแผนบริหารการสอนที่ระบุในเอกสาร มคอ.๓ ของรายวิชา และต้องได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานต้นสังกัด

๓๖.๔ M (Missing) ใช้บันทึกการประเมินในรายวิชาที่นักศึกษาขาดสอบปลายภาค และให้ผู้สอนส่งคะแนนที่มีอยู่พร้อมเกณฑ์การประเมินของรายวิชานั้น

หากนักศึกษาไม่มาสอบตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ให้คิดค่าระดับคะแนนตามคะแนนที่มีอยู่ตามเกณฑ์การประเมินของรายวิชานั้น

นักศึกษาที่ได้รับผลการประเมินเป็น "I" หรือ "M" ต้องดำเนินการขอรับการประเมินเพื่อเปลี่ยนค่าระดับคะแนนให้เสร็จสิ้นภายในสัปดาห์ (๑๕) วันนับจากวันที่ครบกำหนดส่งผลการศึกษาของภาคเรียนนั้น ๆ เว้นแต่นักศึกษาจะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยให้ขยายเวลาได้ ทั้งนี้ต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายในภาคเรียนถัดไป หากดำเนินการไม่แล้วเสร็จ ให้ถือว่านักศึกษาดังกล่าวได้รับค่าระดับคะแนนในรายวิชาดังกล่าวตามคะแนนที่มีหรือค่าระดับคะแนนเป็น "F" หรือ "U" โดยทันที แล้วแต่กรณี

๓๖.๕ สัญลักษณ์อื่นที่ใช้ในการได้รับยกเว้นผลการศึกษา ตามที่ระบุในข้อบังคับของมหาวิทยาลัยให้ได้รับผลการศึกษา ดังนี้

(ก) ผู้ที่ได้รับการยกเว้นการศึกษาวิชาในหลักสูตรระดับอุดมศึกษาหรือเทียบเท่าที่สภามหาวิทยาลัยรับรองให้ได้รับผลการศึกษาเป็น "S"



(ข) รายวิชาที่ได้รับการยกเว้นการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ หรือ การศึกษาตามอัธยาศัย ให้ได้รับผลการศึกษาดังนี้

(๑) CE (Credits from Exam) กรณีที่ได้หน่วยกิตจากการทดสอบด้วย แบบทดสอบจากมหาวิทยาลัย จากการทดสอบที่ไม่ใช่การทดสอบมาตรฐาน

(๒) CP (Credits from Portfolio) กรณีที่ได้หน่วยกิตจากการประเมิน ประสิทธิภาพ โดยการนำเสนอแฟ้มสะสมผลงาน

(๓) CS (Credits from Standardized Test) กรณีที่ได้หน่วยกิตจาก การทดสอบมาตรฐาน

(๔) CT (Credits from Training) กรณีที่ได้หน่วยกิตจากการประเมิน จากการทำอบรมจากการประเมินการศึกษาหรืออบรมที่จัดโดยหน่วยงานอื่นที่ไม่ใช่สถาบันอุดมศึกษา

ผู้มีสิทธิ์ขอยกเว้นการศึกษารายวิชาจะต้องเป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า

ข้อ ๓๗ การหาค่าระดับคะแนนเฉลี่ยประจำภาคเรียน และค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม ให้คิดเป็นเลขทศนิยมสองตำแหน่งโดยไม่ปัดเศษ

สำหรับรายวิชาที่ได้รับผลการศึกษาเป็น "F" ให้นำหน่วยกิตมาเป็นตัวหารเฉลี่ย หากต่อมามีการลงทะเบียนซ้ำ แล้วได้ผลการศึกษาในระดับอื่นจึงจะไม่นำหน่วยกิตที่ได้รับผลการศึกษาเป็น "F" มาเป็นตัวหารเฉลี่ย แต่ยังคงต้องบันทึกค่าระดับคะแนนไว้ในระเบียบแสดงผลการเรียน สำหรับผู้ได้รับผล การศึกษาตาม ข้อ ๓๕.๒ ข้อ ๓๖ ไม่นำหน่วยกิตมาเป็นตัวหารเฉลี่ย

ในกรณีที่นักศึกษาสอบตกและเรียนซ้ำหรือเรียนซ้ำในรายวิชาที่เคยสอบได้แล้ว ให้นำหน่วยกิตและผลการศึกษารั้งที่ได้รับผลการประเมินที่ดีที่สุดเพียงครั้งเดียวมาคำนวณค่าเฉลี่ยประจำ ภาคการศึกษาและคะแนนเฉลี่ยสะสม

ข้อ ๓๘ ให้กำหนดช่วงคะแนนการประเมินผลการเรียนรายวิชาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ระดับคะแนน	ช่วงคะแนน
A	๘๐ - ๑๐๐ คะแนน
B <sup>+</sup>	๗๕ - ๗๙ คะแนน
B	๗๐ - ๗๔ คะแนน
C <sup>+</sup>	๖๕ - ๖๙ คะแนน
C	๖๐ - ๖๔ คะแนน
D <sup>+</sup>	๕๕ - ๕๙ คะแนน
D	๕๐ - ๕๔ คะแนน
F	๐ - ๔๙ คะแนน
PD	๘๐ - ๑๐๐ คะแนน
S	๕๐ - ๗๙ คะแนน
U	๐ - ๔๙ คะแนน

#### หมวดที่ ๗

หลักเกณฑ์ วิธีการจัดการเรียนการสอน การจัดหมู่เรียน ภาระงานสอน

ข้อ ๓๙ หลักเกณฑ์ภาระงาน และการกำหนดอาจารย์ผู้สอนประจำรายวิชา กำหนดดังนี้

๓๙.๑ อาจารย์ผู้สอน และหรืออาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา ต้องเป็นอาจารย์ประจำ ของมหาวิทยาลัยและเป็นผู้ที่มีคุณวุฒิและคุณสมบัติสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี



พ.ศ. ๒๕๕๘ และสอดคล้องกับมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีของสาขาวิชา (มคอ.๑) (ถ้ามี) และหรือตามประกาศสภาวิชาชีพหรือองค์การวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

๓๙.๒ อาจารย์ผู้สอน ให้สามารถรับผิดชอบสอนได้ไม่เกินสาม (๓) รายวิชาต่อภาคเรียนต่อประเภทนักศึกษา ภาคปกติ (เรียนวันจันทร์ถึงวันศุกร์) และภาคปกติ (เรียนวันเสาร์-อาทิตย์) ไม่นับรวมรายวิชาในกลุ่มหรือหมวดวิชาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ รายวิชาที่ไม่ได้จัดให้มีคาบเรียน

๓๙.๓ อาจารย์ผู้สอน และหรือ อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา ที่เป็นอาจารย์พิเศษ ต้องเป็นผู้ที่มีคุณวุฒิและคุณสมบัติสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และหรือ ตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด โดยจะรับภาระสอนได้ไม่เกินที่กำหนดในเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ หรือ ที่มหาวิทยาลัยกำหนด

๓๙.๔ จำนวนภาระงานสอน และหรือคาบสอนของอาจารย์ ให้เป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัยเรื่อง เกณฑ์มาตรฐานภาระงานของผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ข้อ ๔๐ หลักเกณฑ์การกำหนดจำนวนนักศึกษาต่อหมู่เรียน กำหนดดังนี้

๔๐.๑ รายวิชาศึกษาทั่วไป

(ก) กรณีเป็นรายวิชาที่มีหลายหมู่เรียน กำหนดจำนวนนักศึกษาชั้นต่ำไม่น้อยกว่าหกสิบ (๖๐) คนต่อหมู่เรียน

(ข) กรณีอาจารย์ผู้สอนที่มีภาระงานสอนทั้งรายวิชาศึกษาทั่วไปและรายวิชาเฉพาะด้าน และมีภาระงานสอนรวมกันทั้งสองส่วนเกินเกณฑ์ที่กำหนดภาระงานสอนตามประกาศมหาวิทยาลัย ให้ดำเนินการยุบรวมหมู่เรียนในส่วนของรายวิชาศึกษาทั่วไป ทั้งนี้เพื่อไม่ให้มีภาระงานสอนเกินเกณฑ์ หรือ ให้องค์การบริหารการกระจายภาระงานสอนรายวิชาเฉพาะด้านให้แก่ผู้สอนรายอื่น

๔๐.๒ รายวิชาเฉพาะด้าน

(ก) กรณีรายวิชาพื้นฐานวิชาชีพครูในหลักสูตรสังกัดคณะครุศาสตร์ ที่จัดการเรียนการสอนตามเงื่อนไขที่กำหนดในมาตรฐานการผลิตของคุรุสภา

(ข) กรณีรายวิชาเฉพาะด้านในหลักสูตรอื่น ๆ ให้องค์การบริหารการดำเนินงานต้นสังกัดพิจารณาจัดตามศักยภาพและความพร้อมของหน่วยงาน โดยให้พิจารณาจัดผู้สอนตามความเชี่ยวชาญของอาจารย์และมาตรฐานภาระงานวิชาการตามประกาศของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ให้ใช้ข้อมูลจากแบบสำรวจผู้สอนตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

ข้อ ๔๑ หลักเกณฑ์การกำหนดอาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบสอนประจำรายวิชา

๔๑.๑ ให้องค์การบริหารการดำเนินงานต้นสังกัดหลักสูตร และหรือ รายวิชาระบุชื่ออาจารย์ผู้สอนประจำรายวิชา โดยต้องเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘

๔๑.๒ อาจารย์ผู้สอนประจำรายวิชาต้องเป็นอาจารย์ประจำปฏิบัติงานเต็มเวลาดน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และเป็นผู้มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘

๔๑.๓ กรณีอาจารย์ผู้สอนเป็นอาจารย์พิเศษ จะต้องเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และรับผิดชอบการสอนไม่เกินร้อยละ ๕๐ ของรายวิชา และต้องมีอาจารย์ประจำเป็นผู้สอนร่วมในรายวิชานั้น ๆ กรณีรับภาระสอนเกินร้อยละ ๕๐ จะต้องเสนอขอความเห็นชอบต่อสภามหาวิทยาลัยก่อนการดำเนินการสอน



๔๑.๔ กรณีอาจารย์ผู้สอนที่เป็นอาจารย์พิเศษ และไม่เคยปฏิบัติหน้าที่เป็นอาจารย์ผู้สอนในมหาวิทยาลัยมาก่อน หน่วยงานต้นสังกัดรายวิชาหรือที่ดำเนินการจัดการ จะต้องเสนอขออนุมัติต่อมหาวิทยาลัยตามขั้นตอนก่อนดำเนินการจัดให้เป็นอาจารย์ผู้สอน โดยให้แนบประวัติและผลงานประกอบการพิจารณา

๔๑.๕ กรณีเป็นการสอนรายวิชาที่ขอเปิดใหม่เพิ่มเติมจากแผนการเรียนปกติ มหาวิทยาลัยอนุญาตให้อาจารย์ ๑ รายสามารถสอนได้ไม่เกินสอง (๒) รายวิชา และรวมกันแล้วต้องไม่เกินสอง (๒) หมู่เรียน ทั้งนี้ ไม่นับรวมรายวิชาในกลุ่มหรือหมวดวิชาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือรายวิชาอื่น ๆ ที่ไม่ได้จัดให้มีคาบเรียน

๔๑.๖ กรณีที่มีความจำเป็นต้องจัดอาจารย์ผู้สอนข้ามหน่วยงานจัดการศึกษา หน่วยงานต้นสังกัดรายวิชาต้องดำเนินการประสานงานกับหน่วยงานต้นสังกัดของอาจารย์ผู้สอนท่านนั้น ๆ เป็นลายลักษณ์อักษร

๔๑.๗ กรณีมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงอาจารย์ผู้สอนประจำรายวิชาหลังจากที่มหาวิทยาลัยอนุมัติผู้สอนไปแล้ว ให้หน่วยงานต้นสังกัดหลักสูตรและหรือรายวิชาดำเนินการเสนอขออนุมัติต่อมหาวิทยาลัยตามขั้นตอน

๔๑.๘ รายวิชาที่เปิดใหม่ สามารถนำมานับรวมเป็นการะงานสอนปกติได้

ข้อ ๔๒ หลักเกณฑ์การปฏิบัติการสอนของอาจารย์ผู้สอน

๔๒.๑ อาจารย์ผู้สอนต้องดำเนินการจัดทำเอกสาร มคอ.๓ และ มคอ.๔ ประจำรายวิชาที่รับผิดชอบ และดำเนินการจัดส่งที่หน่วยงานต้นสังกัดก่อนการเปิดภาคเรียนนั้น ๆ

๔๒.๒ อาจารย์ผู้สอนต้องดำเนินการจัดการเรียนการสอน/กิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละรายวิชาไม่น้อยกว่าสิบห้า (๑๕) สัปดาห์ต่อภาคเรียนและให้ได้เนื้อหาครบถ้วนตามที่ระบุในเอกสาร มคอ.๓ และหรือ มคอ.๔ ของรายวิชา

๔๒.๓ อาจารย์ผู้สอนต้องดำเนินการจัดการเรียนการสอนรายวิชานั้น ๆ ให้เสร็จสิ้นภายในภาคเรียนที่เปิดสอน

๔๒.๔ อาจารย์ผู้สอนต้องรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอนขเคยให้นักศึกษาในกรณีที่ไม่ได้ปฏิบัติการสอนตามคาบเรียนปกติเนื่องจากการไปราชการหรือปฏิบัติการกิจอื่น ๆ ที่มหาวิทยาลัยมอบหมาย หรือการลาในกรณีต่าง ๆ

๔๒.๕ อาจารย์ผู้สอนต้องรับผิดชอบในการแจ้งให้นักศึกษาทราบล่วงหน้ากรณีที่มีความจำเป็นต้องยกเลิกคาบเรียนหรือมีการเปลี่ยนแปลงเวลาเรียน

๔๒.๖ อาจารย์ผู้สอนต้องรับผิดชอบในการจัดทำข้อสอบ ส่งข้อสอบ และตรวจข้อสอบ ตามกำหนดของมหาวิทยาลัย (กรณีที่เป็นรายวิชาที่ผู้สอนระบุดัดสอบในตารางสอบ)

๔๒.๗ อาจารย์ผู้สอนต้องรับผิดชอบในการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนตามที่ระบุใน มคอ.๓ ของรายวิชาโดยถูกต้องและเป็นระบบ

๔๒.๘ อาจารย์ผู้สอนต้องดำเนินการประเมินผล (ออกเกรด) ให้เป็นไปตามข้อบังคับว่าด้วยการจัดการศึกษาขั้นปริญญาตรี ของมหาวิทยาลัยที่บังคับใช้สำหรับนักศึกษาที่เข้าเรียนปีการศึกษานั้น ๆ

๔๒.๙ อาจารย์ผู้สอนต้องส่งผลการเรียนทุกรายวิชาที่รับผิดชอบสอนในภาคเรียนนั้น ๆ ตามกำหนดการส่งผลการเรียนที่ระบุในปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัยสำหรับภาคเรียนนั้น ๆ





- ๔๒.๑๐ มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้ส่งผลการเรียนข้ามภาคเรียน
- ๔๒.๑๑ อาจารย์ผู้สอนต้องดำเนินการจัดทำเอกสาร มคอ.๕ และ มคอ.๖ ประจำรายวิชาที่รับผิดชอบสอน และดำเนินการจัดส่งที่หน่วยงานต้นสังกัดหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนนั้น ๆ
- ๔๒.๑๒ อาจารย์ผู้สอนต้องตรวจสอบความถูกต้องของผลการเรียนก่อนส่งเข้าระบบส่งผลการเรียนของมหาวิทยาลัย กรณีมีข้อผิดพลาดจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนของมหาวิทยาลัย
- ๔๒.๑๓ อาจารย์ผู้สอนต้องประเมินผลการเรียนด้วยความถูกต้อง เพียรธรรม และยุติธรรม

#### หมวดที่ ๘

##### การขอสำเร็จการศึกษาและการขึ้นทะเบียนบัณฑิต

- ข้อ ๔๓ การขอสำเร็จการศึกษาและการขึ้นทะเบียนบัณฑิตให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้
- ๔๓.๑ เป็นนักศึกษาที่เรียนครบหลักสูตรในภาคเรียนสุดท้ายและคาดว่าจะสำเร็จการศึกษาในแต่ละภาคเรียน
- ๔๓.๒ ผ่านเกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามที่กำหนดในหลักสูตร
- ๔๓.๓ ผ่านเกณฑ์การประกันมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับบัณฑิตมหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย
- ข้อ ๔๔ ให้นักศึกษาที่มีสิทธิ์ขอสำเร็จการศึกษาและขึ้นทะเบียนบัณฑิต ยื่นคำร้องขอสำเร็จการศึกษาและขึ้นทะเบียนบัณฑิตด้วยตนเอง ณ สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ก่อนการประชุมคณะกรรมการอนุมัติผลการเรียนสัปดาห์ (๑๕) วัน ตามกำหนดปฏิทินวิชาการ
- ข้อ ๔๕ นักศึกษาที่เรียนครบหลักสูตรแล้วแต่ไม่ยื่นคำร้องขอสำเร็จการศึกษาตามระยะเวลาที่กำหนดตามข้อ ๔๔ ถือว่าไม่ประสงค์จะขอสำเร็จการศึกษาในภาคเรียนนั้น ๆ

#### หมวดที่ ๙

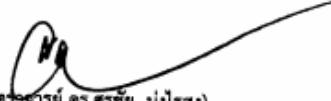
##### การขอรับปริญญา และ ขอรับหลักฐานการศึกษา

- ข้อ ๔๖ การออกหลักฐานการศึกษา เมื่อนักศึกษาสำเร็จการศึกษาแล้ว มหาวิทยาลัยจะออกหลักฐานการศึกษาดังนี้
- ๔๖.๑ ใบรายงานผลการศึกษา (Transcript)
- ๔๖.๒ ใบรับรองสำเร็จการศึกษา
- หลักฐานการศึกษาตามข้อ ๔๗.๑ และ ๔๗.๒ จะออกให้เมื่อคณะกรรมการอนุมัติผลการเรียนได้ประชุมอนุมัติผลการเรียนแล้ว
- ๔๖.๓ ใบรับรองคุณวุฒิ จะออกให้เมื่อสภามหาวิทยาลัยอนุมัติให้ปริญญาแล้ว
- ๔๖.๔ ปริญญาบัตร นักศึกษาจะได้รับในวันจัดพิธีพระราชทานปริญญาบัตร ซึ่งสำนักพระราชวังจะกำหนดเป็นปี ๆ ไป
- ข้อ ๔๗ ในกรณีที่ต้องมีการตีความหรือปัญหาข้อขัดข้องในการดำเนินการตามประกาศนี้ให้อธิการบดีวินิจฉัยหรือสั่งการและให้ถือเป็นที่สุด



จึงประกาศมาเพื่อทราบและถือปฏิบัติโดยทั่วกัน

ประกาศ ณ วันที่ ๓๐ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัชีย มุ่งไธสง)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ภาคผนวก จ

ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการดำเนินงาน  
ระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ.2563



ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
ว่าด้วยการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา  
พ.ศ. ๒๕๖๓

โดยที่เป็นการสมควรให้มีข้อบังคับ ว่าด้วยการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา  
ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๘ (๒) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.  
๒๕๔๗ และมติสภามหาวิทยาลัยราชภัฏ ในคราวประชุมครั้งที่ ๑๕/๒๕๖๓ เมื่อวันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓  
จึงออกข้อบังคับไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ข้อบังคับนี้เรียกว่า “ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ว่าด้วยการดำเนินงาน  
ระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๓”

ข้อ ๒ ให้ใช้ข้อบังคับนี้ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศเป็นต้นไป

ข้อ ๓ บรรดากฎ ระเบียบ ข้อบังคับ ประกาศ หรือคำสั่งใดของมหาวิทยาลัยในส่วน  
ที่กำหนดไว้แล้วในข้อบังคับนี้ หรือซึ่งขัดหรือแย้งกับข้อบังคับนี้ ให้ใช้ข้อบังคับนี้แทน

ข้อ ๔ ในข้อบังคับนี้

“มหาวิทยาลัย”	หมายความว่า	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
“สภามหาวิทยาลัย”	หมายความว่า	สภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
“สภาวิชาการ”	หมายความว่า	สภาวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏ

เชียงราย

“หน่วยงานรับผิดชอบการจัดการศึกษาระบบคลังหน่วยกิต” หมายความว่า  
หน่วยงานที่มหาวิทยาลัยมอบหมายให้รับผิดชอบการดำเนินการจัดการศึกษาระบบคลังหน่วยกิตตามข้อบังคับนี้

“นักศึกษา” หมายความว่า ผู้ที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษาใน

หลักสูตรระดับปริญญา ระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัย

“ผู้เรียน” หมายความว่า ผู้ที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษาภายใต้

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในหลักสูตรที่มหาวิทยาลัยเปิดสอนในระบบคลังหน่วย  
กิต

“ระบบคลังหน่วยกิต” หมายความว่า ระบบและกลไกในการเทียบโอนความรู้  
ความสามารถหรือสมรรถนะที่ได้จากการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ การศึกษาตามอัธยาศัย  
และจากประสบการณ์บุคคล มาเก็บสะสมไว้ในคลังหน่วยกิตของมหาวิทยาลัย

“คลังหน่วยกิต” หมายความว่า ระบบทะเบียนสะสมหน่วยกิตสำหรับ ผู้เรียนที่เข้าศึกษารายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรระยะสั้น หลักสูตรฝึกอบรม หรือ หลักสูตรระยะยาวในระดับ อนุปริญญา ปริญญาตรี ระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยที่จัดไว้สำหรับการจัดการศึกษาและที่ได้จากการ เทียบโอนในระบบคลังหน่วยกิตโดยจัดให้มีหลักฐานการสะสมหน่วยกิต อาทิ สุมุดสะสมหน่วยกิต แฟ้มสะสม งานแบบอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์และฝากในคลังหน่วยกิตของมหาวิทยาลัย

“การเทียบโอนหรือการโอน” หมายถึง การเทียบผลการเรียน ผลลัพธ์การเรียนรู้ จากการเรียนรู้เข้าสู่รายวิชาในหลักสูตรที่มหาวิทยาลัยเปิดสอน

“การศึกษาในระบบ” หมายความว่า การศึกษาที่กำหนดจุดมุ่งหมาย วิธี การศึกษา หลักสูตร ระยะเวลาของการศึกษา การวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นเงื่อนไขของการสำเร็จการศึกษาที่ แน่นนอน โดยได้รับประกาศนียบัตร ประกาศนียบัตรชั้นสูง อนุปริญญา ปริญญา หรือ คุณวุฒิทางการศึกษาอื่น ๆ ซึ่งมหาวิทยาลัยยอมรับ

“การศึกษานอกระบบ” หมายความว่า การศึกษาที่มีความยืดหยุ่นในการกำหนด จุดมุ่งหมาย รูปแบบ วิธีการจัดการศึกษา ระยะเวลาของการศึกษา การวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นเงื่อนไขของ การสำเร็จการศึกษา โดยเนื้อหาและหลักสูตรจะต้องมีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความ ต้องการของบุคคลแต่ละกลุ่ม

“การศึกษาตามอัธยาศัย” หมายความว่า การศึกษาที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตามความสนใจ ศักยภาพ ความพร้อม และโอกาส โดยศึกษาจากบุคคล ประสบการณ์ สังคม สภาพแวดล้อม สื่อหรือแหล่งความรู้อื่น ๆ

“ประสบการณ์บุคคล” หมายความว่า ความสามารถและหรือสมรรถนะของ บุคคลที่สั่งสมไว้จากการศึกษาด้วยตนเอง ประสบการณ์จากการทำงาน การฝึกอบรมที่สถานประกอบการจัด ขึ้น การฝึกอบรมจากการปฏิบัติงาน การฝึกอบรมอาชีพ การสัมมนาและการประชุมเชิงปฏิบัติการ

“ผลการเรียน” หมายถึง ความรู้ ทักษะ และเจตคติที่เกิดจากการศึกษาในระบบซึ่ง สามารถแสดงในรูปของคะแนนตัวอักษร หรือแต้มระดับคะแนนที่นำมาคิดคะแนนผลการเรียนหรือคำนวณ แต้มระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมได้

“ผลลัพธ์การเรียนรู้” หมายความว่า ความรู้ ทักษะ และเจตคติ ที่เกิดจาก การศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ การศึกษาตามอัธยาศัย และประสบการณ์บุคคลที่สั่งสมไว้ ที่เทียบได้ ตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของแต่ละระดับคุณวุฒิตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ซึ่ง สามารถวัดและประเมินได้โดยวิธีการต่าง ๆ

“การเทียบโอนประสบการณ์” หมายความว่า การนำผลลัพธ์การเรียนรู้มาขอเทียบ กับเนื้อหาสาระสำคัญของรายวิชาต่าง ๆ ของการเรียนในระบบตามหลักสูตรเพื่อให้ได้หน่วยกิต โดยผู้เรียน สามารถแสดงได้ว่ามีความรู้ ทักษะ และเจตคติของตนเอง พร้อมทั้งมีหลักฐานซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ ตรงตามวัตถุประสงค์ หรือผลลัพธ์การเรียนรู้ ที่กำหนดในรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาของหลักสูตรที่ผู้เรียนศึกษา อยู่หรือประสงค์จะศึกษา ซึ่งควรได้รับการประเมินผลการเรียนรู้เพื่อเทียบโอนประสบการณ์ที่มีเพื่อส่งเสริมการ เรียนรู้ตลอดชีวิตและไม่ต้องศึกษาซ้ำในเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนมีทักษะมาก่อนแล้ว ทั้งนี้ การเทียบโอน ประสบการณ์ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์การเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญาเข้าสู่การศึกษาในระบบ และ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวปฏิบัติที่ดีในการเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญา

ข้อ ๕ การดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตในระดับอุดมศึกษาตามข้อบังคับนี้ มีวัตถุประสงค์  
 (๑) ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยไม่กำหนดอายุ  
 เชื่อมโยงทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย  
 (๒) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสะสมผลการเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ได้รับ  
 จากการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ การศึกษาตามอัธยาศัย และจากประสบการณ์บุคคลไว้ในคลัง  
 หน่วยกิต

ข้อ ๖ ระบบคลังหน่วยกิต มีหลักการ ดังต่อไปนี้

(๑) ผู้เรียนสามารถนำผลการเรียนรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้ ความสามารถและหรือ  
 สมรรถนะมาเทียบหน่วยกิตและสะสมในคลังหน่วยกิตได้ตามหลักเกณฑ์การเทียบโอนผลการเรียนระดับ  
 ปริญญาเข้าสู่การศึกษาในระบบ

(๒) ผู้เรียนสามารถสะสมผลการเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ ความสามารถและ  
 หรือสมรรถนะในคลังหน่วยกิตได้โดยไม่จำกัดอายุและคุณวุฒิของผู้เรียน ระยะเวลาในการสะสมหน่วย  
 กิตและระยะเวลาในการเรียน ทั้งนี้ การสะสมผลการเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ในคลังหน่วยกิต องค์ความรู้  
 ของแต่ละศาสตร์อาจจะมีลักษณะเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่กำหนดในตัวเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของศาสตร์  
 นั้น ๆ ที่อาจจะต้องมีระยะเวลาเป็นตัวกำหนดในการปรับเปลี่ยนองค์ความรู้

(๓) ผู้ที่ต้องการพัฒนาความรู้และสมรรถนะเฉพาะทางหรือต้องการเปลี่ยนอาชีพ  
 สามารถรับการฝึกอบรมจากหน่วยงานและเป็นหลักสูตรที่ได้รับการรับรองโดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับใน  
 วิชาชีพนั้น จะถือว่าหลักสูตรนั้นได้รับการรับรอง แต่ในกรณีหลักสูตรยังไม่ได้รับการรับรองจะต้องนำ  
 ผลการเรียนรู้มาเทียบอีกครั้งหนึ่งเพื่อสะสมหน่วยกิตในคลังหน่วยกิต

(๔) ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนเรียนและสะสมหน่วยกิตได้ตลอดชีวิต โดยไม่มี  
 เงื่อนไขของระยะเวลาในการสะสมและระยะเวลาในการศึกษา

(๕) ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนเรียนและสะสมหน่วยกิตในมหาวิทยาลัย  
 พร้อมกับสถาบันอุดมศึกษาอื่นได้

ข้อ ๗ การสะสมหน่วยกิตในคลังหน่วยกิตตามข้อบังคับฉบับนี้ ให้สามารถสะสมได้ทั้งผล  
 การเรียนจากการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ การศึกษาตามอัธยาศัย และ จากประสบการณ์บุคคล  
 โดยสามารถดำเนินการในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

(๑) การเรียนรายวิชา/หลักสูตรต่าง ๆ ที่จัดการเรียนการสอนโดยสถาบันอุดมศึกษา  
 ที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการการอุดมศึกษา หรือ หน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมายรับรอง

(๒) การฝึกอบรมของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน หรือสถาบันทางการศึกษา  
 อื่น ๆ ที่ผ่านการประเมินโดยสถาบันอุดมศึกษา เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการจัดการศึกษาที่กำหนด

(๓) การเทียบโอนประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษานอกระบบ การศึกษาตาม  
 อัธยาศัย และประสบการณ์บุคคล

ข้อ ๘ หลักสูตรในระบบคลังหน่วยกิตโดยเฉพาะในระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา ต้องเสนอขอความเห็นชอบจากสภามหาวิทยาลัยและแจ้งคณะกรรมการการอุดมศึกษา พิจารณารับทราบการจัดการเรียนการสอนระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษาตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- (๑) ต้องเป็นหลักสูตรในสาขาวิชาที่คณะกรรมการการอุดมศึกษารับทราบการเปิดดำเนินการหลักสูตรแล้ว
- (๒) กรณีเป็นหลักสูตรที่มีองค์วิชาชีพ ต้องเป็นหลักสูตรที่องค์วิชาชีพนั้น ๆ ให้การรับรองแล้ว และหากนำมาดำเนินการในระบบคลังหน่วยกิตต้องแจ้งให้องค์วิชาชีพรับทราบอีกครั้งหนึ่ง
- (๓) มหาวิทยาลัยต้องมีระเบียบ ข้อบังคับในการเทียบโอนผลการเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ที่รวมถึงการเทียบโอนประสบการณ์ รวมทั้งมีหลักเกณฑ์ กลไก และวิธีการในการประเมินผลการเรียน ผลลัพธ์การเรียนรู้ และประสบการณ์บุคคลของผู้เรียนที่ชัดเจนและสอดคล้องตามหลักเกณฑ์การเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญาเข้าสู่การศึกษาในระบบ
- (๔) มหาวิทยาลัยต้องจัดให้มีบุคลากร/หน่วยงานรับผิดชอบเฉพาะสำหรับการดำเนินงานในระบบคลังหน่วยกิต เพื่อทำหน้าที่ให้คำแนะนำปรึกษาแก่ผู้เรียนและดำเนินการให้มีการสะสมหน่วยกิตตามที่กำหนด
- (๕) การดำเนินการหลักสูตรต้องมีการสำรวจไว้ซึ่งคุณภาพมาตรฐาน และมีการติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

ข้อ ๙ ผู้เรียนในระบบคลังหน่วยกิตต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- (๑) ต้องการเพิ่มพูนความรู้ โดยเข้าศึกษาในรายวิชาต่าง ๆ หรือหลักสูตรระยะสั้นในระดับประกาศนียบัตร วุฒิบัตร สัมฤทธิบัตร ที่ต่ำกว่าระดับอนุปริญญาต้องมีคุณสมบัติตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด
- (๒) ในกรณีผู้ที่จะเข้าสู่การศึกษาระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา ในระบบคลังหน่วยกิต จะต้องมีสมรรถนะที่แสดงถึงองค์ความรู้ที่สามารถเทียบได้กับองค์ความรู้ในระดับชั้นของอนุปริญญา ปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษาในศาสตร์นั้น ๆ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่สามารถวัดและประเมินผลได้

ข้อ ๑๐ ระบบคลังหน่วยกิตในระดับอุดมศึกษา มีวิธีดำเนินการและเงื่อนไข ดังนี้

- (๑) มหาวิทยาลัย ต้องเป็นผู้ดำเนินการหลักสูตรในระบบคลังหน่วยกิตทั้งระบบ ตั้งแต่การรับเข้าศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา การลงทะเบียน การประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ การเทียบโอนผลลัพธ์การเรียนรู้ การเทียบโอนประสบการณ์ การสะสมหน่วยกิต การวัดและประเมินผล และการให้ปริญญา โดยคำนึงถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เหมาะสม
- (๒) การจัดการเรียนการสอนในรายวิชา/หลักสูตรระยะสั้นสำหรับผู้เรียนที่ต้องการเพิ่มพูนความรู้ไม่ต้องการคุณวุฒิการศึกษาทั้งในระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี หรือ ปริญญาระดับบัณฑิตศึกษา ให้ดำเนินการจัดทำรายวิชา/หลักสูตรระยะสั้นให้อิงสมรรถนะหรือผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยมีจำนวนชั่วโมงในการเรียนที่สามารถเทียบเป็นหน่วยกิตได้ และมีระบบการวัดและประเมินผลที่ชัดเจนเพื่อประโยชน์ในการเทียบโอนผลลัพธ์การเรียนรู้และการเทียบโอนประสบการณ์ในการสะสมหน่วยกิต

(๓) การดำเนินการหลักสูตรระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยอาจเลือกจัดหลักสูตรที่จะใช้จัดการเรียนการสอนในระบบคลังหน่วยกิต ได้หลายแบบ ดังนี้

(ก) หลักสูตรเดิมที่มหาวิทยาลัยเปิดสอนอยู่แล้ว โดยปรับปรุงเพิ่มระบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสะสมหน่วยกิตได้ นอกเหนือจากการเรียนการสอนในระบบชั้นเรียนปกติ โดยหลักสูตรที่นำมาจัดการเรียนการสอนในระบบคลังหน่วยกิต ต้องมีผลการประกันคุณภาพในระดับดีขึ้นไป

(ข) หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ร่วมกับสถาบันอุดมศึกษาอื่น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนเรียนได้หลายแห่งในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องจัดทำบันทึกข้อตกลงร่วมกันโดยได้รับอนุมัติจากสภามหาวิทยาลัยที่จะร่วมกันพัฒนาหลักสูตร และให้มหาวิทยาลัยดำเนินการคัดเลือกสาขาวิชาที่เหมาะสมพัฒนาหลักสูตรและกำหนดระบบการวัดและประเมินผลในระบบคลังหน่วยกิตร่วมกัน

(ค) หลักสูตรใหม่ มหาวิทยาลัยอาจพัฒนาหลักสูตรใหม่ที่ใช้เฉพาะในระบบคลังหน่วยกิต โดยต้องแสดงเงื่อนไขให้ครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง แนวทางการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิตระดับอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๒

ข้อ ๑๑ การลงทะเบียนเรียนและการสะสมหน่วยกิต มีหลักเกณฑ์และเงื่อนไข ดังนี้

(๑) ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนเรียนและสะสมหน่วยกิตในหลักสูตรที่เปิดสอนโดยมหาวิทยาลัย พร้อมกับการเรียนในสถาบันอุดมศึกษาอื่นได้

(๒) การสะสมหน่วยกิตจากการลงทะเบียนเรียนในสถาบันอุดมศึกษาอื่น ให้ผู้เรียนสะสมหน่วยกิตไว้ในคลังหน่วยกิตของสถาบันอุดมศึกษาที่ตนลงทะเบียนเรียนได้

สำหรับการลงทะเบียนเรียนระหว่างมหาวิทยาลัยหรือสถาบันอุดมศึกษาที่ได้มีบันทึกข้อตกลงร่วมกัน ให้ทั้งสองฝ่ายยอมรับผลการเรียนของสถาบันอุดมศึกษาที่มีบันทึกข้อตกลงร่วมกันทุกสถาบันที่ร่วมลงนามข้อตกลงร่วมกันทั้งหมด และให้สะสมหน่วยกิตไว้ในคลังหน่วยกิตได้

(๓) การสะสมหน่วยกิตที่ได้จากการเทียบโอนประสบการณ์ มหาวิทยาลัยจะต้องดำเนินการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากการศึกษานอกระบบ การศึกษาตามอัธยาศัยและประสบการณ์บุคคล โดยกำหนดให้มีระบบและกลไกในการประเมิน ซึ่งการประเมินต้องมีหลักเกณฑ์และวิธีการที่ชัดเจน สมเหตุสมผล เชื่อถือได้ มีความโปร่งใส และมีมาตรฐานเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องปฏิบัติตามสอดคล้องตามหลักเกณฑ์การเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญาเข้าสู่การศึกษาในระบบ และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวปฏิบัติที่ดีในการเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญา ซึ่งผู้เรียนสามารถยื่นขอเทียบโอนประสบการณ์ในสถาบันอุดมศึกษาทุกแห่งได้

การสะสมหน่วยกิตที่ได้จากการเทียบโอนผลการเรียน กรณีผู้เรียนลงทะเบียนเรียนและสะสมหน่วยกิตในสถาบันอุดมศึกษาอื่น ๆ หลายแห่ง ผู้เรียนสามารถยื่นขอเทียบโอนผลการเรียนในสถาบันอุดมศึกษาทุกแห่งได้ โดยที่ต้องมีกรดำเนินการประเมินผลการเรียน ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากประสบการณ์และสะสมหน่วยกิตให้ผู้เรียน

ข้อ ๑๒ การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนต้องมีมาตรฐานเทียบได้กับหลักสูตรในสาขาหรือกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติกับผู้เรียนในระบบชั้นเรียนปกติ



ข้อ ๑๓ การบันทึกผลการเรียน และผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในคลังหน่วยกิต ให้ดำเนินการ ดังนี้

(๑) กรณีที่ผู้เรียนได้รับหน่วยกิตจากการเทียบโอนประสบการณ์ ให้บันทึกตามวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ โดยไม่ให้ระดับคะแนนตัวอักษรหรือแต้มระดับคะแนน และไม่มีการนำมาคิดคะแนนผลการเรียนหรือคำนวณแต้มระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

(๒) กรณีผู้เรียนได้รับหน่วยกิตจากการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยหรือจากสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่มีบันทึกข้อตกลงร่วมกัน ให้บันทึกผลการเรียนตามระดับคะแนนตัวอักษรหรือแต้มระดับคะแนนที่สอบได้และสามารถนำมาคิดคะแนนเฉลี่ยสะสมได้

(๓) กรณีผู้เรียนได้รับหน่วยกิตจากการลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรของมหาวิทยาลัย และจากสถาบันอุดมศึกษาอื่นหลายแห่งและนำผลการเรียนไปเทียบโอนเพื่อสะสมหน่วยกิต ให้สถาบันอุดมศึกษาผู้ประเมินบันทึกผลการประเมินเป็นตัวอักษร และไม่มีการนำมาคิดคะแนนผลการเรียน หรือคำนวณแต้มระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

ข้อ ๑๔ การให้คุณวุฒิและปริญญา มีดังนี้

(๑) กรณีผู้เรียนที่เข้าศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้ในรายวิชาต่าง ๆ หลักสูตรระยะสั้น หรือ หลักสูตรฝึกอบรม สามารถได้รับประกาศนียบัตร วุฒิบัตร หรือ สัมฤทธิบัตร แล้วแต่กรณีตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

(๒) กรณีผู้เรียนที่เข้าศึกษาในหลักสูตรระดับอนุปริญญา ปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา จะได้รับคุณวุฒิตั้งกล่าวตามเงื่อนไข ดังนี้

(ก) ผู้เรียนจะสำเร็จการศึกษาได้เมื่อเรียนและสะสมหน่วยกิตได้ครบตามจำนวนหน่วยกิตที่กำหนดไว้ในหลักสูตร มีผลการเรียนและค่าคะแนนเฉลี่ยสะสมตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

(ข) มหาวิทยาลัยที่จะเป็นผู้ให้ปริญญาจะเป็นผู้คิดค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมให้แก่ผู้เรียนเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยผู้เรียนต้องลงทะเบียนเรียนในหมวดวิชาเฉพาะไม่น้อยกว่า ๑ ใน ๔ ของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรในสถาบันอุดมศึกษาที่จะเป็นผู้ให้ปริญญา

(ค) การให้อุปริญญา ปริญญาตรี หรือปริญญาระดับบัณฑิตศึกษาแก่ผู้เรียนในระบบคลังหน่วยกิต ต้องระบุว่าสำเร็จการศึกษาในระบบคลังหน่วยกิตไว้ในใบแสดงผลการเรียนด้วย

ข้อ ๑๕ มหาวิทยาลัย ต้องจัดให้มีฐานข้อมูลทะเบียนรายบุคคลในระบบคลังหน่วยกิตเพื่อเป็นคลังหน่วยกิตสำหรับบันทึกผลการเรียนและการสะสมหน่วยกิตของผู้เรียนที่พร้อมรับการตรวจสอบและต้องรายงานผลให้คณะกรรมการการอุดมศึกษาทราบทุกสิ้นปีการศึกษา และมีระบบที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูลระบบคลังหน่วยกิตของสำนักปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ข้อ ๑๖ ทุกหลักสูตรที่ดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิต จะต้องกำหนดให้มีระบบประกันคุณภาพของหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการจัดการศึกษาในระบบคลังหน่วยกิตตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๘ โดยมีองค์ประกอบในการประกันคุณภาพอย่างน้อย ๖ ด้าน ดังนี้

- (๑) องค์ประกอบที่ ๑ การกำหนดมาตรฐาน
- (๒) องค์ประกอบที่ ๒ บัณฑิต
- (๓) องค์ประกอบที่ ๓ นักศึกษา

- (๔) องค์ประกอบที่ ๔ อาจารย์
- (๕) องค์ประกอบที่ ๕ หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน
- (๖) องค์ประกอบที่ ๖ สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

การประกันคุณภาพการศึกษา ต้องมีการกระทำอย่างต่อเนื่อง มีการรายงานต่อสภามหาวิทยาลัย และแจ้งต่อสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เพื่อนำผลการประกันคุณภาพมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพและมาตรฐานการดำเนินงานในระบบคลังหน่วยกิตให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ข้อ ๑๗ ให้มหาวิทยาลัยแต่งตั้งคณะกรรมการขึ้นมาชุดหนึ่งเรียกว่า “คณะกรรมการดำเนินงานระบบคลังหน่วยกิต” ประกอบด้วย

- (๑) อธิการบดี เป็นประธานกรรมการ
- (๒) รองอธิการบดีหรือผู้ช่วยอธิการบดีที่รับผิดชอบด้านการจัดการศึกษา เป็นรองประธานกรรมการ
- (๓) คณบดี ทุกคณะ วิทยาลัย สำนักวิชา เป็นกรรมการ
- (๔) ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย เป็นกรรมการ
- (๕) ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน เป็นกรรมการ
- (๖) ผู้อำนวยการหรือหัวหน้าหน่วยงานที่มหาวิทยาลัยมอบหมายให้รับผิดชอบงานจัดการศึกษาระบบคลังหน่วยกิต เป็นกรรมการและเลขานุการ
- (๗) รองผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนหนึ่งคน เป็นกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

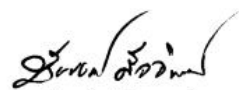
อธิการบดีอาจแต่งตั้งบุคลากรในหน่วยงานที่มหาวิทยาลัยมอบหมายให้รับผิดชอบงานจัดการศึกษาระบบคลังหน่วยกิตหรือสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนหน่วยงานละหนึ่งคนเป็นผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการ มีหน้าที่และอำนาจดังต่อไปนี้

- (๑) ออกประกาศ หลักเกณฑ์ วิธีการ ขั้นตอน และแนวปฏิบัติ ตลอดจนคุณสมบัติของผู้เรียน ที่เกี่ยวกับการจัดการศึกษาในระบบคลังหน่วยกิต
- (๒) กำกับ ดูแล ติดตาม และประเมินผลการดำเนินงานให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพ
- (๓) รายงานการดำเนินงานให้สภามหาวิทยาลัยทราบอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

ข้อ ๑๘ ให้อธิการบดี รักษาการให้เป็นไปตามข้อบังคับนี้ กรณีมีปัญหาหรือไม่สามารถปฏิบัติตามประกาศได้ ให้อธิการบดีมีอำนาจวินิจฉัยสั่งการ โดยคำวินิจฉัยสั่งการของอธิการบดีให้ถือเป็นที่สุด

ประกาศ ณ วันที่ ๒ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๓



(นายชัยยงค์ สัจจิตานนท์)

นายกสภามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ภาคผนวก ฉ

ตารางเปรียบเทียบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ตารางเปรียบเทียบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ตารางเปรียบเทียบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
1	รูปแบบของหลักสูตร	1. เป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา แห่งชาติ (TQF) พ.ศ. 2552 2. เป็นไปตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552	1. เป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา แห่งชาติ (TQF) พ.ศ. 2552 2. เป็นไปตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552	คงเดิม
2	ชื่อหลักสูตร	ภาษาไทย : หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering Program in Computer Engineering	ภาษาไทย : หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering Program in Computer Engineering	คงเดิม
3	ระบบจัดการศึกษา	การจัดการศึกษาเป็นแบบทวิภาค โดยใน 1 ปีการศึกษา แบ่งเป็น 2 ภาคเรียนปกติ แต่ละภาคการศึกษามีระยะเวลาเรียนไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และข้อกำหนดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัย ราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษา ชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2558	การจัดการศึกษาเป็นแบบทวิภาค โดยใน 1 ปีการศึกษา แบ่งเป็น 2 ภาคเรียนปกติ แต่ละภาคการศึกษามีระยะเวลาเรียนไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และข้อกำหนดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัย ราชภัฏเชียงใหม่ว่าด้วยการศึกษา ชั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2563	คงเดิม

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
4	จัดการเรียนการสอน	จัดการเรียนการสอนในวันเวลาราชการ ภาคเรียนที่ 1 เดือน มิถุนายน - ตุลาคม ภาคเรียนที่ 2 เดือน พฤศจิกายน - มีนาคม	จัดการเรียนการสอนในวันเวลาราชการ ภาคเรียนที่ 1 ระหว่างเดือน มิถุนายน - ตุลาคม ภาคเรียนที่ 2 ระหว่างเดือน ตุลาคม - กุมภาพันธ์	ปรับตามปฏิทินวิชาการของมหาวิทยาลัย
5	โครงสร้างหลักสูตร	หลักสูตร 1. จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร 143 หน่วยกิต 2. โครงสร้างหลักสูตร ก. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต ก.1 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี 6 หน่วยกิต ก.2 กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร 15 หน่วยกิต ก.3 กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 6 หน่วยกิต ก.4 กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะ 3 หน่วยกิต ข. หมวดวิชาเฉพาะให้เรียนไม่น้อยกว่า 100 หน่วยกิต ข.1 กลุ่มวิชาแกน 34 หน่วยกิต - วิชาแกนทางวิศวกรรม ข.2 กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน 48 หน่วยกิต กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ 6 หน่วยกิต กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์ 9 หน่วยกิต กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ 15 หน่วยกิต	หลักสูตร 1. จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร 128 หน่วยกิต 2. โครงสร้างหลักสูตร ก. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต ก.1 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี 6 หน่วยกิต ก.2 กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร 12 หน่วยกิต ก.3 กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 9 หน่วยกิต ก.4 กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะ 3 หน่วยกิต ข. หมวดวิชาเฉพาะให้เรียนไม่น้อยกว่า 85 หน่วยกิต ข.1 กลุ่มวิชาแกน 31 หน่วยกิต - วิชาแกนทางวิศวกรรม ข.2 กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน 36 หน่วยกิต กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ 3 หน่วยกิต กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์ 9 หน่วยกิต กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ 12 หน่วยกิต	มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลักสูตรใหม่โดยที่จำนวนหน่วยกิตรวมลดลง จากเดิมหน่วยกิตรวม 143 หน่วยกิต ปรับลดลง 15 หน่วยกิต คงเหลือ 128 หน่วยกิตโดยเป็นจำนวนหน่วยกิตรวมขั้นต่ำ (ไม่น้อยกว่า 120 หน่วยกิต) ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่องมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ.1)

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		<p>กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ 18 หน่วยกิต</p> <p>ข.3 กลุ่มวิชาเลือก 18 หน่วยกิต</p> <p>ค. หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา 7 หน่วยกิต</p> <p>ง. หมวดวิชาเลือกเสรี 6 หน่วยกิต</p>	<p>กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ 12 หน่วยกิต</p> <p>ข.3 กลุ่มวิชาเลือก 18 หน่วยกิต</p> <p>ค. หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา 7 หน่วยกิต</p> <p>ง. หมวดวิชาเลือกเสรี 6 หน่วยกิต</p>	
6	การปรับ รายวิชาของ หมวดวิชา การศึกษา ทั่วไป	<p>หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต</p> <p>1. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เรียนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต</p> <p>1.1 บังคับเรียน 3 หน่วยกิต ได้แก่ GEN1111 วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 3(3-0-6) Essential Science and Mathematics in Daily Life</p> <p>1.2 เลือกเรียนจากวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้ 3 หน่วยกิต GEN1112 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร และการเรียนรู้ 3(3-0-6) Information technology for communication and Learning</p> <p>GEN1113 สุขภาพเพื่อชีวิต 3(3-0-6) Healthy Life</p> <p>2. กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร ให้เรียนไม่น้อยกว่า 15 หน่วยกิต</p> <p>2.1 รายวิชาภาษาอังกฤษ 12 หน่วยกิต</p>	<p>หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต</p> <p>1. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เรียนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต</p> <p>1.1 บังคับเรียน 1 รายวิชา จำนวน 3 หน่วยกิต ได้แก่ GEN1001 วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 3(3-0-6) Essential Science and Mathematics in Daily Life</p> <p>1.2 เลือกเรียน จากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้ไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต GEN1003 เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้ 3(3-0-6) Digital Technology for Communication and Learning</p> <p>GEN1002 สุขภาพเพื่อชีวิต 3(3-0-6) Healthy Life</p> <p>2. กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร ให้เรียนไม่น้อยกว่า 12 หน่วยกิต</p> <p>2.1 บังคับเรียน 3 รายวิชา 9 หน่วยกิต ได้แก่</p>	<p>ปรับเพื่อให้สอดคล้องกับ หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไปของ มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2563</p>

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง		
		GEN1121 การสื่อสารภาษาอังกฤษเบื้องต้น Fundamental English Communication	2 (1-2-3)	GEN2001 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 Communicative English I	3(3-0-6)	
		GEN1122 การเขียนภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวัน English Writing in Daily Life	2 (1-2-3)	GEN2002 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2 Communicative English II	3(3-0-6)	
		GEN1123 การอ่านภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวัน English Reading in Daily Life	2 (1-2-3)	GEN2003 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21 Thai for Communication in the 21 <sup>st</sup> Century	3(3-0-6)	
		GEN1124 ท่องโลกด้วยภาษาอังกฤษ English Language as Windows to the World	2 (1-2-3)	2.2 ให้เลือกเรียนรายวิชาต่อไปนี้อีก	3 หน่วยกิต	
		GEN1125 ภาษาอังกฤษเพื่ออาชีพ English for Careers	2 (1-2-3)	GEN2006 ภาษาจีนเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Chinese for Basic Communication	3(3-0-6)	
		GEN1126 ภาษาอังกฤษในศตวรรษที่ 21 English in the 21st Century	2 (1-2-3)	GEN2007 ภาษาญี่ปุ่นเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Japanese for Basic Communication	3(3-0-6)	
		2.2 รายวิชาภาษาไทย	3 หน่วยกิต	GEN2008 ภาษาพม่าเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Burmese for Basic Communication	3(3-0-6)	
		GEN1127 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21 Thai for Communication in the 21st Century	3 (3-0-6)	GEN2009 ภาษาเกาหลีเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Korean for Basic Communication	3(3-0-6)	
				GEN2010 ภาษาเวียดนามเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Vietnamese for Basic Communication	3(3-0-6)	
				GEN2004 ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ English for Academic Purposes	3(3-0-6)	



ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		<p>3. กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ให้เรียนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต</p> <p>3.1 บัณฑิตเรียน 3 หน่วยกิต ได้แก่</p> <p>GEN1131 พลเมืองดี 3 (3-0-6) Good Citizen</p> <p>3.2 เลือกเรียนจากวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้อีก 3 หน่วยกิต</p> <p>GEN1132 วิถีวัฒนธรรม 3 (3-0-6) Cultural Way</p> <p>GEN1133 ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง 3 (3-0-6) Sufficiency Economy Philosophy</p> <p>GEN1135 สุนทรียสร้างสรรค์ 3 (3-0-6) Creative Aesthetics</p> <p>GEN1136 การเมืองและกฎหมายโลก 3 (3-0-6) World Politics and Laws</p> <p>GEN1137 สมรรถนะของบัณฑิต 3 (3-0-6) Competency of Graduate</p>	<p>GEN2005 ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ 3(3-0-6) English for Careers</p> <p>3. กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ให้เรียนไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต</p> <p>3.1 บัณฑิตเรียน 1 รายวิชา จำนวน 6 หน่วยกิต ได้แก่</p> <p>GEN3001 พลเมืองดี 3(3-0-6) Good Citizen</p> <p>GEN3002 ศาสตร์พระราชา 3(3-0-6) The King's Philosophy</p> <p>3.2 เลือกเรียน จากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้อีกไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต</p> <p>GEN3003 วิถีวัฒนธรรม 3(3-0-6) Cultural Way</p> <p>GEN3004 ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 3(3-0-6) Sufficiency Economy Philosophy</p> <p>GEN3005 สุนทรียสร้างสรรค์ 3(3-0-6) Creative Aesthetics</p>	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			GEN3006 การเมืองและกฎหมายโลก 3(3-0-6) World Politics and Law GEN3007 สมรรถนะของบัณฑิต 3(3-0-6) Competency of Graduate GEN3008 ประชาคมอาเซียน 3(3-0-6) ASEAN Community GEN3009 การเมืองการปกครองไทย 3(3-0-6) Thai Politics and Government GEN3010 กฎหมายในชีวิตประจำวัน 3(3-0-6) Law in Daily Life GEN3011 ทักษะชีวิต 3(3-0-6) Life Skills	
		4. กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะ ให้เรียนไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต โดยให้เลือกเรียนจากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้ GEN1141 การออกกำลังกายเพื่อชีวิต 3 (3-0-6) Exercise for Life GEN1142 พลังงานกับการดำเนินชีวิต 3 (3-0-6) Energy for Life	4. กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะชีวิต ให้เรียนไม่น้อยกว่า 3 หน่วยกิต ให้เลือกเรียนจากรายวิชาใดวิชาหนึ่งต่อไปนี้ GEN4001 การออกกำลังกายเพื่อชีวิต 3(3-0-6) Exercise for Life GEN4002 พลังงานกับการดำเนินชีวิต 3(3-0-6) Energy for Life	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง		
		GEN1143 ประชาคมอาเซียน ASEAN Community	3 (3-0-6)	GEN4003 การรู้เท่าทันการสื่อสาร Communication Literacy	3(3-0-6)	
		GEN1144 การเมืองการปกครองของไทย Thai Politics and Government	3 (3-0-6)	GEN4004 การเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษ Entrepreneurship in Special Economic Zone	3(3-0-6)	
		GEN1145 กฎหมายในชีวิตประจำวัน Law in Daily Life	3 (3-0-6)	GEN4005 สิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบัน Environment in Today's World	3(3-0-6)	
		GEN1146 การรู้เท่าทันการสื่อสาร Communication Literacy	3 (3-0-6)	GEN4006 กฎหมายกับการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล Law and Occupation in the Digital Age	3(3-0-6)	
		GEN1147 การเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษ Entrepreneurship in Special Economic Zone	3 (3-0-6)	GEN4007 สมาธิเพื่อพัฒนาชีวิต Meditation for Life Development	3(3-0-6)	
		GEN1148 สิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบัน Environment in Today's World	3 (3-0-6)	GEN4008 มนุษย์ สังคม เศรษฐกิจและการพัฒนา Human, Society, Economics and Development	3(3-0-6)	
		GEN1204 ภาษาจีนเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Chinese for Basic Communication	3 (3-0-6)	GEN4009 จิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นกับการบริการสังคม Volunteering for Local Development and Social Services	3(3-0-6)	
		GEN1206 ภาษาญี่ปุ่นเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Japanese for Basic Communication	3 (3-0-6)			
		GEN1207 ภาษาพม่าเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Burmese for Basic Communication	3 (3-0-6)			
		GEN1209 ภาษาเกาหลีเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น Korean for Basic Communication	3 (3-0-6)			

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		GEN1210 ภาษาเวียดนามเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น 3 (3-0-6) Vietnamese for Basic Communication		
7	การปรับ รายวิชาของ หมวดวิชา เฉพาะ	หมวดวิชาเฉพาะ 100 หน่วยกิต วิชาแกน 34 หน่วยกิต CPE1001 การเขียนแบบวิศวกรรม 3 (2-2-5) Engineering Drawing CPE1002 กลศาสตร์วิศวกรรม 3 (2-2-5) Engineering Mechanics CPE1003 การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม 1 (0-2-1) Engineering Workshop Practice CPE1004 ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า 3 (2-2-5) Physics and Electric Physics Laboratory CPE1101 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 3 (2-2-5) Engineering Mathematics I CPE1102 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 3 (2-2-5) Engineering Mathematics II CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการแก้ปัญหา 3 (2-2-5) Fundamental Programming and Problem Solving	หมวดวิชาเฉพาะ 85 หน่วยกิต วิชาแกน 31 หน่วยกิต CPE1003 การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม 1(0-2-1) Engineering Workshop Practice CPE1004 ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า 3(2-2-5) Physics and Electric Physics Laboratory CPE1005 กราฟิกวิศวกรรม 3(2-2-5) Engineering Graphics CPE1103 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร 3(2-2-5) Fundamental Mathematics for Engineers CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา 3(2-2-5) Fundamental Programming and Problem Solving CPE2104 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม 3(2-2-5) Numerical Methods for Engineering	1. ปรับรายวิชาแกน CPE1001 การเขียนแบบ วิศวกรรม ออก และแทน ด้วย CPE1005 กราฟิก วิศวกรรม เพื่อให้ สอดคล้องกับการปฏิบัติกับ แอปพลิเคชันในปัจจุบัน 2. เพิ่มรายวิชา CPE1103 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับ วิศวกร และ ปรับรายวิชา CPE1101 คณิตศาสตร์ วิศวกรรม 1 และ CPE1102 คณิตศาสตร์ วิศวกรรม 2 ออก เป็นการ บูรณาการสองรายวิชาเข้า ด้วยกันเพื่อให้เนื้อหา

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		CPE2103 สถิติวิศวกรรม 3 (2-2-5) Engineering Statistics CPE2104 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม 3 (2-2-5) Numerical Methods for Engineering CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ 3 (2-2-5) Electric Circuits Analysis and Laboratory CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ 3 (2-2-5) Electronics Circuit and Laboratory CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรลอจิก 3 (2-2-5) Digital Circuit and Logic Circuit	CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 3(2-2-5) Probability and Statistics for Big Data Analytics CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) Microprocessor and Microcomputer CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ 3(2-2-5) Electric Circuits Analysis and Laboratory CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ 3(2-2-5) Electronics Circuit and Laboratory CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรลอจิก 3(2-2-5) Digital Circuit and Logic Circuit	กระชับและสอดคล้องกับการปฏิบัติ 3. ปรับรายวิชา CPE2103 สถิติวิศวกรรม ออกแทนด้วยรายวิชา CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ปรับรายวิชาให้ทันสมัยเหมาะสมกับบริบทปัจจุบัน
8	การปรับรายวิชาของหมวดวิชาเฉพาะด้าน	วิชาเฉพาะด้าน 48 หน่วยกิต CPE2102 คณิตศาสตร์เต็มหน่วย 3 (2-2-5) Discrete Mathematics CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี 3 (2-2-5) Algorithm Design and Development CPE2301 ระบบปฏิบัติการ 3 (2-2-5) Operating Systems	วิชาเฉพาะด้าน 36 หน่วยกิต CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ 3(2-2-5) Application Development for Mobile Devices CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี 3(2-2-5) Algorithm Design and Development CPE3505 ระบบฐานข้อมูล 3(2-2-5) Database Systems	กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน 1. เพิ่มรายวิชา 1 รายวิชาในกลุ่มวิชาเฉพาะด้าน ได้แก่ CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อสร้างทักษะทางด้านการพัฒนาวิศวกรรม ทาง

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง		
		CPE3229 วิศวกรรมซอฟต์แวร์ Software Engineering	3 (2-2-5)	SCT0002 โครงสร้างข้อมูล Data Structure	3(2-2-5)	เทคโนโลยีที่ตรงกับ ตลาดแรงงาน
		CPE3309 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ Unix System Programming	3 (2-2-5)	CPE2102 คณิตศาสตร์เต็มหน่วย Discrete Mathematics	3(2-2-5)	2. ปรับย้าย 2 รายวิชา ได้แก่ วิชา CPE3309 การ เขียนโปรแกรมบนระบบ ยูนิกซ์ วิชา CPE3229
		CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ Microprocessor and Microcomputer	3 (2-2-5)	CPE2301 ระบบปฏิบัติการ 3(2-2-5) Operating Systems		วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ไปอยู่ ในกลุ่มวิชาเลือก เนื่องจาก เป็นรายวิชาที่มีความ ต้องการในตลาดแรงงาน
		CPE3404 วิศวกรรมหุ่นยนต์ Robotics Engineering	3 (2-2-5)	SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) Data Communication and Computer Network		น้อยกว่าการพัฒนา ซอฟต์แวร์บนเทคโนโลยี สมัยใหม่
		CPE3412 ระบบดิจิทัลขั้นสูง Advanced Digital System	3 (2-2-5)	SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ Information Security	3(2-2-5)	2. เพิ่ม 5 รายวิชาในกลุ่ม วิชาเลือกได้แก่ CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงาน ต่ำ CPE4403 เทคโนโลยี ระบบสื่อสารไร้สายความถี่ ต่ำและการประยุกต์ใช้งาน
		CPE3501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 Computer Engineering Project I	3 (2-2-5)	CPE3404 วิศวกรรมหุ่นยนต์ Robotics Engineering	3(2-2-5)	
		CPE3505 ระบบฐานข้อมูล Database Systems	3 (2-2-5)	CPE3501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 Computer Engineering Project I	3(2-2-5)	
		CPE4501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 Computer Engineering Project II	3 (2-2-5)	CPE4501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 Computer Engineering Project II	3(2-2-5)	
		SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบคอมพิวเตอร์ Computer Architecture and Organizations	3 (2-2-5)	SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ Computer Architecture and Organization	3(2-2-5)	
		SCT0002 โครงสร้างข้อมูล Data Structure	3 (2-2-5)			

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		SCT0003 การโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ 1 Programming Language I 3 (2-2-5)		CPE4503 เรื่องเฉพาะทาง วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1
		SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 3 (2-2-5) Data Communication and Computer Network		CPE4504 เรื่องเฉพาะทาง วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2
		SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ Information Security 3 (2-2-5)		CPE4208 ปัญญาเชิง คำนวณและองค์ความรู้ แบบดิจิทัล เพื่อรองรับกับ การปฏิบัติแบบ CWIE และ ปัญญาประดิษฐ์ รวมถึง เพิ่มทางเลือกในการจัดการ เรียนการสอนในทางปฏิบัติ สำหรับเทคโนโลยีเกิดใหม่
		กลุ่มวิชาเลือก ให้เลือกเรียนไม่น้อยกว่า 18 หน่วยกิต	กลุ่มวิชาเลือก ให้เลือกเรียนไม่น้อยกว่า 18 หน่วยกิต	Emerging Technology
		CPE3101 ทฤษฎีการคำนวณ Theory of Computation 3 (2-2-5)	กลุ่มวิชาเลือกทางด้านสื่อสารและควบคุมระบบสมองกลอัจฉริยะ	ส่งผลให้ถ่ายทอดความรู้ที่ ทันสมัยกับนักศึกษา ออกสู่ตลาดแรงงานได้
		CPE3201 ระบบสมองกลฝังตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์ Embedded System and Microcontroller 3 (2-2-5)	CPE3231 การจำลองและระบบควบคุม Modeling and Control System 3(2-2-5)	อย่างรวดเร็ว และ ต่อยอด ในการเรียนระดับต่อไป
		CPE3202 การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ Computer Interfacing 3 (2-2-5)	CPE3311 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Internet of Things 3(2-2-5)	
		CPE3203 การประมวลผลภาพดิจิทัล Digital Image Processing 3 (2-2-5)	CPE3405 เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า Electrical Instruments and Measurement 3(2-2-5)	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		CPE3204 การรู้จำรูปแบบ Pattern Recognition	CPE3406 เครือข่ายตัวตรวจจับไร้สาย Wireless Sensor Networks	
		CPE3206 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ขั้นสูง Advanced Unix Programming	CPE4401 ระบบควบคุมอัตโนมัติ Automation System	
		CPE3208 การออกแบบเกม Game Design	CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ Low - power Wireless Communication	
		CPE3209 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์ Object Oriented Software Engineering	CPE4403 เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำและ การประยุกต์ใช้งาน	3(2-2-5)
		CPE3210 การโปรแกรมเว็บเซอร์วิส Web Services Programming	Low - frequency Wireless Communication System Technology and Applications	
		CPE3211 การบีบข้อมูลและสัญญาณ Data and Signal Compression	กลุ่มวิชาเลือกทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์	
		CPE3212 การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ Computer Simulation	CPE3201 ระบบสมองกลฝังตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์	3(2-2-5)
		CPE3218 ระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย Distributed Computing	Embedded System and Microcontroller	
		CPE3219 อัลกอริทึมแบบขนาน Parallel Algorithm	CPE3202 การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ Computer Interfacing	3(2-2-5)
		CPE3220 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงคณิตศาสตร์ Mathematical Software Engineering		



ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง	
		CPE3223 การประมวลผลสัญญาณเชิงเลข Digital Signal Processing	3 (2-2-5)	กลุ่มวิชาเลือกทางด้านระบบคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์	
		CPE3224 การเรียนรู้ของเครื่อง Machine Learning	3 (2-2-5)	CPE3101 ทฤษฎีการคำนวณ Theory of Computation	3(2-2-5)
		CPE3225 ระบบผู้เชี่ยวชาญ Expert System	3 (2-2-5)	CPE3203 การประมวลผลภาพดิจิทัล Digital Image Processing	3(2-2-5)
		CPE3226 การรู้จำเสียงพูด Speech Recognition	3 (2-2-5)	CPE3204 การรู้จำรูปแบบ Pattern Recognition	3(2-2-5)
		CPE3230 ระบบควบคุมการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ Computer Integrated Manufacturing	3 (2-2-5)	CPE3206 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ขั้นสูง Advanced Unix Programming	3(2-2-5)
		CPE3302 สัญญาณและระบบ Signals and Systems	3 (2-2-5)	CPE3211 การบีบข้อมูลและสัญญาณ Data and Signal Compression	3(2-2-5)
		CPE3303 วิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์ Computer System Engineering	3 (2-2-5)	CPE3218 ระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย Distributed Computing	3(2-2-5)
		CPE3304 การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย Mobile Computing and Wireless Communication	3 (2-2-5)	CPE3219 อัลกอริทึมแบบขนาน Parallel Algorithm	3(2-2-5)
		CPE3307 การเขียนโปรแกรมเครือข่าย Network Programming	3 (2-2-5)	CPE3224 การเรียนรู้ของเครื่อง Machine Learning	3(2-2-5)
				CPE3225 ระบบผู้เชี่ยวชาญ Expert System	3(2-2-5)

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง		
		CPE3311 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Internet of Things	CPE3226 การรู้จำเสียงพูด Speech Recognition	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE3403 การออกแบบวงจรรวมเบื้องต้น Basic VLSI Design	CPE3303 วิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์ Computer System Engineering	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE3405 เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า Electrical Instruments and Measurement	CPE4206 ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์ Computer Vision	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE3406 เครือข่ายตัวตรวจจับไร้สาย Wireless Sensor Networks	CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์ Applied Artificial Intelligence	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE4206 ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์ Computer Vision	CPE4208 ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล Computational Intelligence and Digital Knowledge	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์ Applied Artificial Intelligence	CPE4502 การวิจัยดำเนินงาน Operation Research	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE4305 ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์ Computer Security	กลุ่มวิชาเลือกทางด้านการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล	3(2-2-5)		
		CPE4306 ความมั่นคงในระบบเครือข่าย Network Security	CPE3208 การออกแบบเกม Game Design	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
		CPE4308 ระบบฐานข้อมูลขั้นสูง Advanced Database Systems	CPE3209 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์ Object Oriented Software Engineering	3(2-2-5)	3(2-2-5)	
			CPE3210 การโปรแกรมเว็บเซอร์วิส Web Services Programming		3(2-2-5)	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		CPE4309 การทำเหมืองข้อมูล Data Mining	CPE3212 การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ Computer Simulation	
		CPE4311 เครือข่ายไร้สาย Wireless Networks	CPE3220 วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงคณิตศาสตร์ Mathematical Software Engineering	
		CPE4401 ระบบควบคุมอัตโนมัติ Automation System	CPE3229 วิศวกรรมซอฟต์แวร์ Software Engineering	
		CPE4502 การวิจัยดำเนินงาน Operation Research	CPE4308 ระบบฐานข้อมูลขั้นสูง Advanced Database Systems	
			CPE4310 การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ Data Mining and Big Data Analytics	
			กลุ่มวิชาเลือกทางด้านระบบเครือข่ายและความมั่นคงทางสารสนเทศ	
			CPE3304 การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย Mobile Computing and Wireless Communication	
			CPE3307 การเขียนโปรแกรมเครือข่าย Network Programming	
			CPE3309 การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ Unix System Programming	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			CPE4305 ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) Computer Security CPE4306 ความมั่นคงในระบบเครือข่าย 3(2-2-5) Network Security CPE4311 เครือข่ายไร้สาย 3(2-2-5) Wireless Networks  กลุ่มวิชาเลือกทางด้านปัญหาพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ CPE4503 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 3(2-2-5) Selected Topics in Computer Engineering I  CPE4504 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 3(2-2-5) Selected Topics in Computer Engineering II	
9	การปรับ รายวิชาของ หมวดวิชา ฝึกประ การณ วิชาชีพ	หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือสหกิจศึกษา ให้เลือกเรียนเพียง กลุ่มวิชาเดียวไม่น้อยกว่า 7 หน่วยกิต  1. กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2(90) Pre – Practicum in Computer Engineering	หมวดวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือสหกิจศึกษา ให้เลือกเรียนเพียง กลุ่มวิชาเดียวไม่น้อยกว่า 7 หน่วยกิต  1. กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2(90) Pre – Practicum in Computer Engineering	จำนวนชั่วโมงฝึกปฏิบัติต่อ หน่วยกิตสำหรับรายวิชาใน กลุ่มการฝึกประสบการณ์ วิชาชีพปกติและสหกิจ ศึกษา ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
		CPE3602 การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 5(360) Practicum in Computer Engineering หรือ 2. กลุ่มวิชาสหกิจศึกษา CO4809 สหกิจศึกษา 7(450) Co-Operative Education	CPE3602 การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 5(225) Practicum in Computer Engineering หรือ 2. กลุ่มวิชาสหกิจศึกษา CPE4601 สหกิจศึกษา 7(315) Co-Operative Education	หลักสูตรกำหนด 1 หน่วยกิต เท่ากับ 45 ชั่วโมง
10	การปรับ รายวิชาของ หมวดวิชา เลือกเสรี	หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต ให้นักศึกษาเลือกเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราช ภัฏเชียงใหม่จำนวนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต โดยไม่ซ้ำกับรายวิชาที่เคย เรียนมาแล้วและต้องไม่เป็นรายวิชาที่กำหนดให้เรียน	หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต ให้นักศึกษาเลือกเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยราช ภัฏเชียงใหม่จำนวนไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต โดยไม่ซ้ำกับรายวิชาที่เคย เรียนมาแล้วและต้องไม่เป็นรายวิชาที่กำหนดให้เรียน	คงเดิม
11	ปรับ คำอธิบาย รายวิชา	CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์ 3 (2-2-5) Applied Artificial Intelligence การประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์กับปัญญาประดิษฐ์ การสื่อสาร ระหว่างเอเจนต์ การค้นหาที่ชาญฉลาด การวางแผนขั้นสูง การเรียนรู้ ขั้นสูง การเข้าใจภาษาธรรมชาติ ระบบผู้เชี่ยวชาญ การประยุกต์ใช้ โครงข่ายประสาทเทียมและเจเนติกอัลกอริทึม การประยุกต์ใช้ ปัญญาประดิษฐ์ในคอมพิวเตอร์	CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์ 3 (2-2-5) Applied Artificial Intelligence การประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์กับปัญญาประดิษฐ์ การค้นหาที่ ชาญฉลาด การเรียนรู้ขั้นสูง การเข้าใจภาษาธรรมชาติ ระบบ ผู้เชี่ยวชาญ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเจเนติก อัลกอริทึม การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในคอมพิวเตอร์ เช่น ระบบ เครือข่ายสังคม เกษตรกรรมอัจฉริยะ	1. ปรับคำอธิบายรายวิชา CPE4207 ปัญญาประดิษฐ์ ประยุกต์ เพื่อให้กระชับ และเน้นการปฏิบัติใน บริบทของชุมชนได้

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
12	รายวิชาที่ เพิ่มเติม		<p>CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 3(2-2-5) Probability and Statistics for Big Data Analytics ความน่าจะเป็นเบื้องต้น ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความ น่าจะเป็น การแปลง ค่าคาดหวังเชิงคณิตศาสตร์ และ ฟังก์ชัน ก่อกำเนิดโมเมนต์ การแจกแจงแบบมีเงื่อนไขความเป็นอิสระ ทฤษฎี ของเบส์ การทดสอบสมมติฐาน สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ การ ประยุกต์ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่หรือการพยากรณ์ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์</p> <p>Fundamental of probability, random variables, discrete and continuous distribution, expected value and moment functions, sampling distribution, estimate, Bayes's theorem and test of hypothesis, regression and linear correlation, analysis of variance, applications of statistics to analyze big data or forecast problems with computer software</p> <p>CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ 3(2-2-5) Application Development for Mobile Devices</p>	<p>เพื่อสร้างทักษะทางด้าน การพัฒนานวัตกรรม ทาง เทคโนโลยีที่ตรงกับ การ เรียนรู้แบบปฏิบัติใน ศตวรรษที่ 21 ที่เหมาะสม กับตลาดแรงงานปัจจุบัน และรองรับการเรียนรู้เชิง ปฏิบัติแบบ CWIE รวมถึง เพิ่มความยืดหยุ่นในทาง วิชาการสำหรับการเรียน การสอนกับเทคโนโลยีเกิด ใหม่ Emerging Technology ส่งผลให้ ถ่ายทอดความรู้ที่ทันสมัย กับนักศึกษาออกสู่ ตลาดแรงงานได้อย่าง รวดเร็ว และ ต่อยอดใน การเรียนระดับต่อไป อีก ทั้งวิชาที่เพิ่มเติมยังรองรับ กับหลักสูตรอบรมที่</p>

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>แพลตฟอร์มของซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวิศวกรรมสำหรับอุปกรณ์ เคลื่อนที่ การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ การออกแบบและ พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์ เคลื่อนที่ ช่องทางการเผยแพร่ ซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ และการฝึกปฏิบัติการพัฒนา ซอฟต์แวร์ประยุกต์ สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่</p> <p>Mobile software platforms, mobile software development processes, designing mobile user interface, designing and developing mobile software, mobile software distribution channels, and practice in developing mobile applications.</p> <p>CPE4208 ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล 3(2-2-5) Computational Intelligence and Digital Knowledge ทฤษฎีเบื้องต้นปัญญาเชิงคำนวณ แนวคิดพื้นฐานสร้างความรู้ ดิจิทัล การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ในทางปฏิบัติ โครงข่ายประสาทเทียม การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ ขั้นตอนวิธีแบบ เจเนติก ขั้นตอนวิธีแบบฝูง ขั้นตอนวิธีแบบอาณาจักรมด และ ขั้นตอน วิธีที่ถอดแบบทางธรรมชาติ ประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรม การควบคุม อัจฉริยะ การขนส่งอัจฉริยะ การวิเคราะห์รูปแบบ</p>	<p>สามารถนำไปใช้กับการ Upskills และ Reskills ใน หลักสูตรได้อีกทาง</p>

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>Basic theory, Computational intelligence, basic concepts of digital knowledge, using software application laboratory, Neural Network Evolutionary computing and algorithms, Genetic Algorithm, Ant colony algorithm and Natural inspired method, Applied for Intelligent control, intelligent transportation, pattern analysis.</p> <p>CPE4310 การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 3(2-2-5)</p> <p>Data Mining and Big Data Analytics</p> <p>แนะนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล การเตรียมข้อมูล กฎความสัมพันธ์ การแยกประเภทข้อมูล วิธีต้นไม้ตัดสินใจ วิธีทางสถิติ วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด วิธีโครงข่ายประสาทเทียม การวิเคราะห์จัดกลุ่ม การแสดงผลข้อมูล และการใช้งานแอปพลิเคชันการทำเหมืองข้อมูล กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ สถาปัตยกรรมการประมวลผลข้อมูลแบบและลดทอนการจัดผัง การติดตั้งและใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่</p> <p>Introduction to data mining techniques, including data pre-processing, association rules, data classification,</p>	



ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>decision trees, statistics, nearest neighbour, artificial neural network, cluster analysis, data visualization, and use of data mining applications, big data analytics, MapReduce architecture, Installing and using big data applications.</p> <p>CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ 3(2-2-5)</p> <p>Low - power Wireless Communication</p> <p>แนะนำการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ นิยามเบื้องต้นและทฤษฎีสายอากาศ ชนิดสายอากาศสำหรับการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ ความถี่เรโซแนนซ์ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นเชิงสนามและเชิงกำลัง สภาพเจาะจงทิศทางและอัตราขยาย ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่น โพลาริเซชัน อิมพีแดนซ์ต้านเข้าและแบนด์วิดท์ สายอากาศไมโครสตริป เทคนิคการแมทชิ่งอิมพีแดนซ์สายอากาศ สายอากาศสำหรับการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำสมัยใหม่กับการประยุกต์ใช้งานในปัจจุบัน</p> <p>Introduction to low-power wireless communication; basic definitions and theory of antenna; antenna type for low-power wireless communication: resonance frequency; power and field patterns; directivity and gain; radiation efficiency; polarization; input impedance and bandwidth; microstrip antenna; antenna impedance matching</p>	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>techniques; modern low-power wireless communication antenna for current applications.</p> <p>CPE4403 เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำและ การประยุกต์ใช้งาน 3(2-2-5) Low - frequency Wireless Communication System Technology and Applications อุปกรณ์ระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำประเภทต่างๆ ระบบ เครือข่ายไร้สายความถี่ต่ำ แนะนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบ LoRA สถาปัตยกรรมของระบบ รูปแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยี การสื่อสารแบบไร้สายที่เกี่ยวข้อง เช่น Bluetooth, Zigbee และ โครงข่ายการสื่อสารกำลังงานต่ำ WPAN/WLAN โพรโตคอลสำหรับการ สื่อสารในเครือข่าย เช่น MQTT, CoAP และอื่นๆ เทคโนโลยีสื่อสารไร้ สายความถี่ต่ำในอนาคต</p> <p>Types of low-frequency wireless communication system devices; low-frequency wireless networks; introduction to Internet of Things (IoT); LoRA system; system architectures; hardware platforms; relevant wireless technologies (Bluetooth, Zigbee and low power WPAN/WLAN); networking protocols (MQTT, CoAP and etc);</p>	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>the future of low-frequency wireless communication technology.</p> <p>CPE4503 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 3(2-2-5) Selected Topics in Computer Engineering I เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในระดับปริญญาตรี ในหัวข้อพิเศษ เทคโนโลยีเกิดใหม่ การแก้ปัญหาทางชุมชน หรือในบริบทของ ปัญหาที่มีการร่วมแก้ไขจากสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ</p> <p>Computer engineering topic at undergraduate level such as special problems, emerging technology, local community problem or Cooperative and Work Integrated Education context (CWIE).</p> <p>CPE4504 เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 3(2-2-5) Selected Topics in Computer Engineering II เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในระดับปริญญาตรี ในหัวข้อพิเศษ เทคโนโลยีเกิดใหม่ การแก้ปัญหาทางชุมชน หรือในบริบทของ ปัญหาที่มีการร่วมแก้ไขจากสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ</p>	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			<p>Computer engineering topic at undergraduate level such as special problems, emerging technology, local community problem or Cooperative and Work Integrated Education context (CWIE).</p> <p>CPE4601 สหกิจศึกษา 7(315) Co-Operative Education</p> <p>การปฏิบัติงานจริงในองค์กรหรือสถานประกอบการ 1 ภาคเรียน โดยนักศึกษามีหน้าที่รับผิดชอบในองค์กรหรือสถานประกอบการ อย่างแน่นอนเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การปฏิบัติงานดังกล่าวนี้ต้องเป็นงานหรือตำแหน่งที่นักศึกษาได้นำความรู้และศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ในเชิงวิจัยพัฒนาจากตามหลักวิชาการที่ได้ศึกษาในสถานศึกษาไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงสำหรับแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานนักศึกษาดำเนินการจัดทำรายงานและนำเสนอผลการปฏิบัติงาน</p> <p>Students are certainly responsible for the organization or establishment as if one was an employee of the establishment. This must be a job or position where students have developed research engineering knowledge and professors based on academic principles studied in</p>	

ที่	หัวข้อ	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	เหตุผลที่ปรับปรุง
			educational institutions to practical work for sustainable problem solving. Upon completion of the operation, students must prepare a report and present the performance.	

ภาคผนวก ข

ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)  
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)				
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565				
ที่	หัวข้อ	รายละเอียดตาม มคอ. 1	รายละเอียดในหลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565	หมายเหตุ
1	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต ตลอดหลักสูตร	โครงสร้างหลักสูตรสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของ กระทรวงศึกษาธิการและสมาคมคอมพิวเตอร์ IEEE และ ACM โดยมีองค์ประกอบและหน่วยกิตรวมไม่น้อย กว่า 120 หน่วยกิต	รวมตลอดหลักสูตร 128 หน่วยกิต	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
2	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต หมวดวิชาศึกษา ทั่วไป	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต 1. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (6 หน่วยกิต) 2. กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร (12 หน่วยกิต) 3. กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (9 หน่วยกิต) 4. กลุ่มวิชาบูรณาการและเสริมสร้างทักษะชีวิต (3 หน่วยกิต)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
3	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต หมวดวิชาเฉพาะ	หมวดวิชาเฉพาะไม่น้อยกว่า 84 หน่วยกิต	หมวดวิชาเฉพาะ 85 หน่วยกิต	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552

ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ที่	หัวข้อ	รายละเอียดตาม มคอ. 1	รายละเอียดในหลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565	หมายเหตุ
4	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต หมวดวิชาแกน	วิชาแกนทางวิศวกรรม 30 หน่วยกิต	วิชาแกนทางวิศวกรรม 31 หน่วยกิต CPE1003 การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม 1(0-2-1) CPE1004 ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า 3(2-2-5) CPE1005 กราฟิควิศวกรรม 3(2-2-5) CPE1103 คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร 3(2-2-5) CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา 3(2-2-5) CPE2104 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม 3(2-2-5) CPE2105 ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 3(2-2-5) CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ 3(2-2-5) CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ 3(2-2-5) CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรลอจิก 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552



ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

ที่	หัวข้อ	รายละเอียดตาม มคอ. 1	รายละเอียดในหลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565	หมายเหตุ
5	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิตของ กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน	วิชาเฉพาะด้าน (36 หน่วยกิต) กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ (3 หน่วยกิต) กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์ (9 หน่วยกิต) กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ (12 หน่วยกิต) กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ (12 หน่วยกิต)	วิชาเฉพาะด้าน 36 หน่วยกิต กลุ่มเทคโนโลยีเพื่องานประยุกต์ 3 หน่วยกิต CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ 3(2-2-5) กลุ่มเทคโนโลยีและวิธีการทางซอฟต์แวร์ 9 หน่วยกิต CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี 3(2-2-5) CPE3505 ระบบฐานข้อมูล 3(2-2-5) SCT0002 โครงสร้างข้อมูล 3(2-2-5) กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานของระบบ 12 หน่วยกิต CPE2102 คณิตศาสตร์เต็มหน่วย 3(2-2-5) CPE2301 ระบบปฏิบัติการ 3(2-2-5) SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ 3(2-2-5) กลุ่มฮาร์ดแวร์และสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ 12 หน่วยกิต CPE3404 วิศวกรรมหุ่นยนต์ 3(2-2-5) CPE3501 โครงการงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 3(2-2-5) CPE4501 โครงการงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2 3(2-2-5) SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552

ตารางเปรียบเทียบรายวิชาตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)				
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565				
ที่	หัวข้อ	รายละเอียดตาม มคอ. 1	รายละเอียดในหลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565	หมายเหตุ
6	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต หมวดวิชา ประสบการณ์ ภาคสนาม	วิชาประสบการณ์ภาคสนาม จะมีหรือไม่มีก็ได้ถ้ามีและมีหน่วยกิตให้ับส่วนหนึ่งของหมวดวิชาชีพเฉพาะ 1. ฝึกงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพ คอมพิวเตอร์ (0-3 หน่วยกิต) หรือ 2. ทำสหกิจศึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพ คอมพิวเตอร์ (6-9 หน่วยกิต)	วิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือสหกิจศึกษา ให้เลือกเรียนเพียงกลุ่มวิชาเดียวไม่น้อยกว่า 7 หน่วยกิต 1. กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2(90) CPE3602 การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 5(225) หรือ 2. กลุ่มวิชาสหกิจศึกษา CPE4601 สหกิจศึกษา 7(315)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
7	โครงสร้างหลักสูตร จำนวนหน่วยกิต หมวดวิชาเลือกเสรี	หมวดวิชาเลือกเสรี 6 หน่วยกิต	เลือกเรียนในรายวิชาไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี สาขา คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552

สรุปเนื้อหารายวิชาจำแนกตามเนื้อหาสาระสำคัญของสาขาคอมพิวเตอร์ตามองค์ความรู้ (Body of Knowledge) สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552 (มคอ. 1)

หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ปรับปรุง พุทธศักราช 2565

องค์ความรู้	รายวิชา	หมายเหตุ
องค์ความรู้ที่ 1 : พื้นฐานการเขียนโปรแกรม (Programming Fundamentals)	CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา 3(2-2-5) CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี 3(2-2-5) SCT0002 โครงสร้างข้อมูล 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 2: คณิตศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ (Computer Mathematics)	CPE2102 คณิตศาสตร์เต็มหน่วย 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 3: อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics)	CPE2434 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ 3(2-2-5) CPE2312 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) CPE3404 วิศวกรรมหุ่นยนต์ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 4: ตรรกศาสตร์ดิจิทัล (Digital Logic)	CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรลอจิก 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 5: โครงสร้างข้อมูลและขั้นตอนวิธี (Data Structures and Algorithms)	SCT0002 โครงสร้างข้อมูล 3(2-2-5) CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 6: โครงสร้างและสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ (Computer Architecture and Organization)	SCT0001 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับ ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552

องค์ความรู้	รายวิชา	หมายเหตุ
องค์ความรู้ที่ 7: ระบบปฏิบัติการ (Operating Systems)	CPE2301 ระบบปฏิบัติการ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 8: ระบบฐานข้อมูล (Database Systems)	CPE3505 ระบบฐานข้อมูล 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 9: วิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Software Engineering)	CPE3229 วิศวกรรมซอฟต์แวร์ 3(2-2-5) CPE3306 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552
องค์ความรู้ที่ 10: เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Networks)	SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 3(2-2-5) SCT0005 ความปลอดภัยของสารสนเทศ 3(2-2-5)	เป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2552

ภาคผนวก ซ

สำเนาเอกสารบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางด้านการศึกษากับหน่วยงานภายนอก



**บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ  
การเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ**

ระหว่าง

**สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย**

**กับ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคนห้าปิโตรเลียม**

บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ การเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ฉบับนี้ ทำขึ้น ณ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ตั้งอยู่เลขที่ ๘๐ หมู่ ๙ ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ๕๗๑๐๐ เมื่อวันที่ ๒๑ ตุลาคม ๒๕๖๓

ระหว่าง

สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง ตำแหน่ง คณบดีสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ตั้งอยู่เลขที่ ๘๐ หมู่ ๙ ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ๕๗๑๐๐ ซึ่งต่อไปในข้อตกลงความร่วมมือนี้ เรียกว่า "สำนักวิชา" ฝ่ายหนึ่ง กับ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคนห้าปิโตรเลียม โดยคุณวัฒนา อาราสัตย์ ตำแหน่ง หัวหน้าผู้จัดการห้างหุ้นส่วนจำกัด เคนห้าปิโตรเลียม สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่เลขที่ ๒๓ หมู่ ๑๖ ถนนราชโยธา ตำบลรอบเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ๕๗๐๐๐ ซึ่งต่อไปในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือนี้เรียกว่า "ห้างหุ้นส่วนจำกัด" ฝ่ายหนึ่ง

ทั้งสองฝ่ายดังกล่าวข้างต้นจัดทำข้อตกลงความร่วมมือโดยมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

**๑. ความเป็นมา**

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ ใช้งานในการทำงานด้านต่างๆ อย่างแพร่หลาย การปรับตัวให้ทันกับเทคโนโลยีสารสนเทศ จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ปฏิบัติหน้าที่ในองค์กรต้องมีความรู้เบื้องต้นทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการใช้งานคอมพิวเตอร์และเครือข่ายอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อช่วยในการลดขั้นตอนในการทำงานลดแรงงานและลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากระบบสารสนเทศสามารถรับภาระงานที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก ส่งผลให้สามารถลดจำนวนคนและระยะเวลาในการประสานงานให้น้อยลง โดยผลงานที่ออกมาอาจเท่าหรือดีกว่าเดิม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการทำงาน และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ จากทั่วโลกได้ง่าย และยังเป็นช่องทางให้ผู้ไม่หวังดีหรือผู้บุกรุกเข้าโจมตีคอมพิวเตอร์และเครือข่าย จนอาจทำให้เกิดความเสียหายกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรและข้อมูลได้

ทั้งนี้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์เพื่อก้าวเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ

**๒. ข้อตกลงความร่วมมือ**

๒.๑. ส่งเสริม สนับสนุน และร่วมมือ ในการอบรมเสริมสร้างความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ให้แก่บุคลากรของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม ในเชิงบูรณาการร่วมกัน ระหว่างสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย กับ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

๒.๒. ส่งเสริม สนับสนุน และร่วมมือ การบริการวิชาการด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ในเชิงบูรณาการร่วมกันระหว่าง สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย กับ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

๒.๓. ส่งเสริม สนับสนุน ให้นักศึกษาสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพ สหกิจศึกษา และฝึกปฏิบัติงาน ณ สถานประกอบการเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศ ให้กับทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และ มีการกำหนดภาระงานหรือหัวข้อโครงการ ที่ตรงกับวิชาชีพและประสบการณ์การทำงาน

ข้อตกลงความร่วมมือนี้จัดทำขึ้นเป็น ๒ ฉบับ มีข้อความถูกต้องตรงกัน ทั้งสองฝ่ายได้อ่านข้อความและเข้าใจโดยละเอียดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนารมณ์ทุกประการ จึงได้ลงนามไว้เป็นสำคัญ ต่อหน้าพยานและเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

ลงชื่อ.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง)  
คณบดีสำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ลงชื่อ.....  
(คุณวัฒนา ชำราสัตย์)  
หุ้นส่วนผู้จัดการ  
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม



ลงชื่อ.....พยาน  
(อาจารย์อัคริคม ศิริ)  
อาจารย์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ลงชื่อ.....พยาน  
(คุณนทร์ สำราญทรัพย์)  
ผู้จัดการ  
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เตนท์ปิโตรเลียม

ภาคผนวก ฅ  
คำอธิบายรายวิชา



## คำอธิบายรายวิชา

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN1001	<b>วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน</b> <b>Essential Science and Mathematics in Daily Life</b> กระบวนการคิดของมนุษย์ การพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เทียม หลักคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน และสถิติเบื้องต้น Human thinking process, development and application of thinking process skills in daily life, scientific method, scientific knowledge and pseudoscience, essential mathematical principles in everyday life and elementary statistics	3(3-0-6)
GEN1002	<b>สุขภาพเพื่อชีวิต</b> <b>Healthy Life</b> องค์ประกอบพื้นฐาน ความสำคัญของสุขภาพเพื่อชีวิต ภาวะสุขภาพและการดูแลสุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ การตรวจสุขภาพเบื้องต้นด้วยตนเอง การปฐมพยาบาล อาหารและโภชนาการ การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ ยาและสารเสพติด อนามัยการเจริญพันธุ์ และสุขภาพจิต สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน Explains the meaning, basic element and importance of healthy life. Health status and health care, health behaviours, basic health check manually, first aid, food and nutrition, exercise for health, medication and drugs abuse, health, reproductive health and mental health knowledge to be applied in everyday life	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN1003	<p>เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้</p> <p><b>Digital Technology for Communication and Learning</b></p> <p>ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัล การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสื่อสังคมออนไลน์อย่างถูกต้องตามกฎหมายและจริยธรรมทางเทคโนโลยีดิจิทัล วิธีการรักษาความปลอดภัยในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการสื่อสาร การเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูลสารสนเทศ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์</p> <p>Introduction to digital technology; ethical and legal use of internet and social media, security use of digital technology, utilization of digital technology for communication, learning and searching for information; basic knowledge of computer programs.</p>	3(3-0-6)
GEN2001	<p>ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1</p> <p><b>Communicative English I</b></p> <p>ทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวัน โดยการบูรณาการ ทั้ง 4 ทักษะ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน การสื่อสารในสถานการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการเรียนรู้วัฒนธรรมของเจ้าของภาษา</p> <p>English communication skills by integrating all 4 skills; listening, speaking, reading, and writing in everyday life, communication in various situations including learning the culture of native speakers.</p>	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2002	<b>ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2</b> <b>Communicative English II</b>	3(3-0-6)
	<p>ทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษในระดับที่สูงขึ้นโดยการบูรณาการทั้ง 4 ทักษะ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนเพื่อการสื่อสารในสถานการณ์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น โดยเน้นการแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ อย่างมีเหตุและผล การใช้สำนวนภาษาเพื่อการเจรจาต่อรอง การเล่าประสบการณ์และความสนใจ</p> <p>Advanced English communication skills by integrating all 4 skills; listening, speaking, reading, and writing for communication in more complicated situations with an emphasis on giving opinions in various issues logically, using language expressions for negotiation, sharing experiences and interests.</p>	
GEN2003	<b>ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในศตวรรษที่ 21</b> <b>Thai for Communication in the 21st Century</b>	3(3-0-6)
	<p>ประเด็นเกี่ยวกับการใช้ภาษาไทยในศตวรรษที่ 21 ความเข้าใจในการใช้ภาษาไทยและ การใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับยุคสมัย ทั้ง 4 ทักษะสำคัญ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน เพื่อการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตีความได้อย่างสร้างสรรค์</p> <p>Issues relating to Thai language usage in the 21st century, understanding Thai language usage correctly and properly for the era in all 4 skills including listening, speaking, reading, and writing in order to analyze, synthesize, and interpret creatively</p>	

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2004	<b>ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ</b> <b>English for Academic Purposes</b> ทักษะการอ่านและการเขียนภาษาอังกฤษที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารทางวิชาการ โดยเน้นการอ่านเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหาจากสื่อต่าง ๆ ทั้งสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อโสตทัศน์ และสื่อออนไลน์ รวมทั้งการเขียนสรุปความ Essential English skills for academic purposes by focusing on reading and writing skills; analyzing and synthesizing of texts in authentic materials from printed and audio-visual media and online resources as well as writing summary.	3(3-0-6)
GEN2005	<b>ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ</b> <b>English for Careers</b> ทักษะภาษาอังกฤษที่จำเป็นในการเตรียมตัวสมัครงานทั้งการหาดำเนินงาน การเขียนประวัติส่วนตัว การเขียนจดหมายสมัครงาน และการสัมภาษณ์งาน รวมทั้งทักษะการสื่อสารในสถานที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การเตรียมความพร้อมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการเตรียมตัวสำหรับการสอบโทอิค (TOEIC) English skills needed for a job application preparation including job seeking, writing resumes, writing application letters, and job interviews including effective communication skills in workplaces; skills needed in preparing for the Test of English for International Communication (TOEIC)	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2006	ภาษาจีนเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น	3(3-0-6)
	<b>Chinese for Basic Communication</b>	

ระบบเสียงภาษาจีนกลาง คำศัพท์ขั้นพื้นฐานตั้งแต่ 400 คำขึ้นไป สำนวนและรูปประโยคอย่างง่ายจากบทสนทนาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยเน้นการฝึกทักษะด้านการฟังและการพูด ตลอดจนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมารยาทและวัฒนธรรมต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารเบื้องต้นกับชาวจีน

Chinese phonetic system, basic vocabulary of more than 400 words, simple expressions and sentence patterns from conversations in various situations by focusing on the practice of listening and speaking skills as well as general knowledge about manners and cultures for basic communication with Chinese people.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2007	ภาษาญี่ปุ่นเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น	3(3-0-6)

### Japanese for Basic Communication

ประเภทตัวอักษรในภาษาญี่ปุ่น ระบบการออกเสียง การฝึกทักษะการฟัง พูด อ่าน และเขียน โดยเน้นวิธีอ่านและเขียนคำศัพท์หรือประโยคด้วยอักษรโรมัน สำนวน และโครงสร้างไวยากรณ์พื้นฐานเพื่อใช้ในการสื่อสาร เช่น คำทักทายในชีวิตประจำวัน การพูดแนะนำตนเอง การบอกตำแหน่ง การบอกเวลา การพูดเกี่ยวกับครอบครัวและมหาวิทยาลัย การซื้อและขายสินค้า การชักชวน และการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยว เป็นต้น เกร็ดความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะสังคม วัฒนธรรม ประเพณีของญี่ปุ่น เพื่อความเข้าใจภาษาควบคู่กับ ธรรมเนียมปฏิบัติและสามารถนำไปสื่อสารได้อย่างราบรื่น

Types of characters in Japanese, pronunciation system, practice of listening, speaking, reading, and writing skills with an emphasis on reading and writing vocabulary and sentences in Roman alphabets, basic expressions and grammar structures for communication, such as greetings in everyday life, self-introduction, telling locations, telling time, talking about family and university, buying and selling products, persuading and recommending tourist places, etc., general knowledge about social characteristics, culture, and traditions of Japan for understanding the language along with the customs and practices to be able to communicate smoothly.

GEN2008	ภาษาพม่าเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น	3(3-0-6)
---------	----------------------------------	----------

### Burmese for Basic Communication

ระบบอักษรพม่าที่สัมพันธ์กับระบบเสียง โครงสร้างประโยคพื้นฐาน คำศัพท์พื้นฐาน ฝึกทักษะการฟัง พูด อ่าน และเขียน ให้สามารถสื่อสารภาษาพม่าได้ในระดับเบื้องต้น

Myanmar alphabetical systems in relation to phonological system. Basic sentence structures, basic vocabulary. Practice of listening, speaking, reading, and writing skills in order to communicate in Myanmar language at a fundamental level

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN2009	<b>ชื่อวิชา</b> <b>ภาษาเกาหลีเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น</b> <b>Korean for Basic Communication</b> ตัวอักษรภาษาเกาหลี โครงสร้างประโยคพื้นฐาน คำศัพท์ ระบบไวยากรณ์ขั้นพื้นฐานและประโยคพื้นฐานที่ใช้สื่อสารในชีวิตประจำวันในสถานการณ์ต่างๆ Korean alphabets, basic sentence structures, vocabulary, basic grammar system and basic sentences used for everyday life communication in various situations.	3(3-0-6)
GEN2010	<b>ชื่อวิชา</b> <b>ภาษาเวียดนามเพื่อการสื่อสารเบื้องต้น</b> <b>Vietnamese for Basic Communication</b> ระบบเสียงภาษาเวียดนาม ตัวอักษรเวียดนาม คำศัพท์ที่ใช้สื่อสารในชีวิตประจำวัน ศึกษาสำนวนและรูปประโยคอย่างง่ายในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการสื่อสารได้ Vietnamese sound systems. Vietnamese alphabet, vocabulary, simple expressions and sentence structures applicable for various language use situations for daily communication.	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3001	พลเมืองดี	3(3-0-6)

### Good Citizen

ปรัชญาของการเป็นพลเมืองดี สิทธิและหน้าที่พลเมือง พลเมืองกับคุณธรรม จริยธรรมความหมายของการทุจริตคอร์รัปชัน รูปแบบและลักษณะการทุจริตคอร์รัปชัน วิธีการต่อต้านการทุจริต คอร์รัปชัน การมีส่วนร่วมทางสังคม จิตอาสาและจิตสาธารณะ เจตคติของบุคคลในสังคม ภาวะผู้นำและ การทำงานเป็นทีม หลักมนุษยสัมพันธ์และการติดต่อสื่อสาร ธรรมมาภิบาลและแนวทางในการสร้างความสามัคคี รวมถึงการแก้ไขปัญหาโดยสันติวิธี และการมีทักษะทางสังคมของพลเมืองในศตวรรษที่ 21 เพื่อทำให้เกิดพลเมืองดีของสังคม ประเทศชาติ และของโลก

To study fundamental approaches of good citizen, rights and duty of citizen, citizen and morals & ethics, meaning, form and characteristic, and resistance of dishonesty and corruption, social participation, voluntary and public mind, social attitude, leadership and teamwork, human relation and communication, good governance and national unity creation, problem solving with peaceful meaning, and enhancing of social skill of the 21th century citizen for building of good citizen of society, nation and global.



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3002	ศาสตร์พระราชา	3(3-0-6)

### The King's Philosophy

หลักการและแนวคิดการพัฒนาของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร (รัชกาลที่ 9) และพระบรมราโชบายด้านการศึกษาและการพัฒนาท้องถิ่นของพระบาทสมเด็จพระปรเมนทรรามาธิบดีศรีสินทรมหาวชิราลงกรณ พระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 10) เน้นวิธีการดำเนินการที่สามารถใช้ในการดำเนินการปรับปรุง ยกกระดับความเป็นอยู่และ การดำรงชีวิตของประชาชน ภายใต้ข้อจำกัดและความขาดแคลนให้มีคุณภาพ มั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน การเป็นคนดีของชุมชน สังคม และประเทศ ให้มีความสำคัญกับการทำงานร่วมกับชุมชน ท้องถิ่น สังคม หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง

Principles and concepts in development of His Majesty's the King Rama 9 and royal plans and strategies for education and local development of His Majesty's the King Rama 10. Focus on how things can be improved upon with a view to achieving greater prosperity, stability, good living and sustainability on what course of action should be taken when people encounter hardship; being a good members of community, society and nation. Collaborate work with communities, societies and related organizations; sufficiency economy principles are amongst key principles and concepts implemented.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3003	วิถีวัฒนธรรม Cultural Way	3(3-0-6)

ความสำคัญ ประเภทของวัฒนธรรม กระบวนการในการสร้างความเข้าใจความแตกต่างทางวัฒนธรรมและการยอมรับความแตกต่างทางวัฒนธรรม ทั้งวัฒนธรรมระดับท้องถิ่น ระดับชาติและระดับสากล ศึกษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาที่โดดเด่นของท้องถิ่นของไทยและของโลก ความเข้าใจ ในวัฒนธรรม ภูมิปัญญาความเป็นล้านนาและเชียงใหม่ การเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญา การเข้าใจคุณค่าของวัฒนธรรมและภูมิปัญญา เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ทางวัฒนธรรมของภูมิปัญญา

Signification, type of culture. Process on how to generate people's understanding and acceptance of cultural differences in local, national and international levels, remarkable wisdom of the local Thai and world; and to understand culture and wisdom of the Lanna and Chiang Rai, change and adjustment of culture and wisdom, and value of culture and wisdom for creativity in culture and wisdom.

GEN3004	ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง Sufficiency Economy Philosophy	3(3-0-6)
---------	--	----------

ความสำคัญของหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อันมีผลต่อแนวทางการดำเนินชีวิตของประชาชน โดยยึดหลักทางสายกลางอันนำไปสู่สมดุลและยั่งยืนจากคุณลักษณะ 3 ห่วง คือ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล การมีภูมิคุ้มกันที่ดี และ 2 เงื่อนไข คือ การมีความรู้ในการปฏิบัติงานและคุณธรรมภายใต้การดำเนินกิจกรรมตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงแบบก้าวหน้า และการประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวัน โดยการทำบัญชี การออม การวางแผนการใช้จ่าย การทำงบประมาณส่วนบุคคลการลงทุนส่วนบุคคล การเสียภาษี และการบริหารเงินเพื่ออนาคต

Signification of sufficiency economy philosophy which affects people living with the middle path for balance and sustainability based on three characteristic cycles: sufficiency, rationality and immunity and two conditions: knowledge and know how, and moral under proactive activities of sufficiency economy philosophy and application in daily life including accounting, saving, expense planning, personal budgeting and investing, taxing, and future financial planning.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3005	สุนทรียสร้างสรรค์ Creative Aesthetics	3(3-0-6)
	<p>การตระหนักรู้ เกี่ยวกับองค์ความรู้พื้นฐานทางศิลปะ ดนตรี และการแสดง เพื่อพัฒนานักศึกษาให้เข้าใจกระบวนการ และสามารถสร้างสรรค์งานเชิงศิลปะที่นำไปต่อยอดเป็นผลงานบนพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความงาม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้</p> <p>Awareness of basic art, music and performance knowledge in order to develop students in terms of creativity process and art making ability which could be further developed and applied into everyday life usage within beauty groundwork.</p>	
GEN3006	การเมืองและกฎหมายโลก World Politics and Law	3(3-0-6)
	<p>บริบทการเมืองโลก วิวัฒนาการของสังคมระหว่างประเทศ ระบบโลกและองค์การระหว่างประเทศความร่วมมือความขัดแย้งระหว่างประเทศ ระบบกฎหมายโลก บ่อเกิดกฎหมายระหว่างประเทศ การค้าระหว่างประเทศ และการระงับข้อพิพาทระหว่างประเทศ</p> <p>Global politics context, evolution of international society, world system and international organization, international conflict and cooperation, world legal system, international source of law, international trade and international dispute settlement.</p>	

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3007	สมรรถนะของบัณฑิต	3(3-0-6)

### Competency of Graduate

หลักการพัฒนาดตนเองเพื่อความเป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ หลักการครองตน ครองคน ครองงาน ทักษะในการเข้าถึง เข้าใจและพัฒนาตนเอง ทักษะชีวิตที่จำเป็นใน ศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยหลัก 3Rs และ 7Cs ซึ่งหลัก 3Rs คือ อ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็น และหลัก 7Cs คือ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ ทักษะด้านการสื่อสารสารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและ

การสื่อสาร ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้

Self-development principles for being desired graduate, manner for self-management, personal management, and work management, competency in access, understanding, and improvement of self, and skills for the 21st century which consist of 3Rs and 7Cs: the 3Rs are Reading, (W)Riting, and (A)Rithmetics; and the 7Cs are Critical Thinking & Problem Solving, Creativity & Innovation, Cross-cultural Understanding, Collaboration, Teamwork & Leadership, Communications, Information & Media literacy, Computing & ICT Literacy, and Career & Learning Skills.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3008	<p data-bbox="446 235 670 291">ประชาคมอาเซียน</p> <p data-bbox="446 291 718 347"><b>ASEAN Community</b></p> <p data-bbox="446 347 1436 862">การวิเคราะห์ภูมิภาคอาเซียนเชิงลึก ทั้งทางด้านสังคม วัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ เศรษฐกิจ การเมือง และความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ จุดกำเนิดองค์กรอาเซียน โครงสร้างองค์กร วิถีอาเซียน กลไกความร่วมมือด้านการเมือง เศรษฐกิจ และสังคม วัฒนธรรม ความสัมพันธ์ต่อกลุ่มประเทศคู่เจรจา การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อประเทศไทยและกลุ่มประเทศสมาชิกหลังการรวมตัวประชาคมเศรษฐกิจมีผลบังคับในปี 2558 การตระหนักถึงความเป็นพลเมืองอาเซียน แนวทางรับมือต่อการเกิดชุมชนอาเซียนและการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลดีต่อไทยและประเทศสมาชิกประชาคมอาเซียน ความรู้ที่จำเป็นเพื่อการลงทุนหรือทำธุรกิจกับประเทศในอาเซียน และ สมรรถนะการแข่งขันในการทำธุรกิจของประเทศในอาเซียน</p> <p data-bbox="446 862 1436 1142">To analyze ASEAN Community deeply in society, culture, history, economics, politics and international relations, started point of ASEAN, organizational structure, the way of ASEAN life, country coordinating mechanism in politics, economics, and cultural society, relationship to the group of dialogue partner countries, transformation of Thailand.</p>	3(3-0-6)
GEN3009	<p data-bbox="446 1187 798 1243"><b>การเมืองการปกครองของไทย</b></p> <p data-bbox="446 1243 877 1299"><b>Thai Politics and Government</b></p> <p data-bbox="446 1299 1436 1590">สถาบันและกระบวนการเมืองไทย ประวัติศาสตร์การปกครองของไทย ศึกษาพฤติกรรมทางการเมือง วิเคราะห์บทบาทของสถาบันทางการเมือง คณะรัฐมนตรี รัฐสภา ศาล พรรคการเมือง การเลือกตั้ง การปกครองท้องถิ่น ความเป็นพลเมือง การเมืองกับวิถีชีวิตประชาชน วัฒนธรรมทางการเมือง การจัดการความขัดแย้งและสันติศึกษา</p> <p data-bbox="446 1590 1436 1879">Institutions and processes of politics in Thailand, historical dominance of Thai politics. Analyzing of the role of political institutions, cabinet, monarchy, political parties, parliament, courts, election and local government. Citizenship, political and people's lifestyles, political culture, conflict management and peace education.</p>	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3010	กฎหมายในชีวิตประจำวัน Law in Daily Life	3(3-0-6)

ความสำคัญ ลักษณะและประเภทของกฎหมายวิวัฒนาการและลำดับศักดิ์ของกฎหมายไทย ศึกษากฎหมายทั่วไปที่ประชาชนความทราบ และจำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้นว่า ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ว่าด้วย บุคคล นิติกรรม สัญญา เอกเทศสัญญา ครอบครัว ประมวลกฎหมาย อาญาว่าด้วย เจตนา ประมาท ติวการ ผู้ใช้ ผู้สนับสนุน จำเป็นและป้องกันโดยชอบด้วยกฎหมาย บันดาลโทษ พระราชบัญญัติจรรยา พระราชบัญญัติยาเสพติด พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พระราชบัญญัติสัญชาติ ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญาว่าด้วย จับ คั่น ปล่อย สิทธิในกระบวนการยุติธรรม และกระบวนการ ยุติธรรมทางแพ่งและอาญา

Significance, characteristic, category and evolution of law including hierarchy of Thai law, judicial process in civil and criminal cases, general laws that people need to understand and essential for daily life, for instances - civil and commercial code in cases of person, legal act and contract law, specific contract, family; criminal code in cases of - intention, carelessness, culprit, user, supporter, necessity and prevention by the law, anger, traffic act, narcotics act, consumer protection act, nationality act; code of criminal procedure in cases of-arrestment, investigation, release; the right to justice process, and civil procedure.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN3011	ทักษะชีวิต  Life Skills	3(3-0-6)
	<p>แนวคิดทางจิตวิทยาที่เกี่ยวกับการทำความเข้าใจและเห็นคุณค่าของตนเองและผู้อื่น กระบวนการคิดเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันชีวิตให้กับตนเอง การเผชิญปัญหา การจัดการอารมณ์ในการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวัน การพัฒนาทักษะทางสังคม ศิลปะการใช้ชีวิตอย่างมีความสุขบนพื้นฐานความพอเพียง ความสามารถในการจัดการและออกแบบชีวิตด้านการเงินส่วนตัว การทำงาน การเข้าสังคม และการใช้ชีวิตร่วมกับผู้อื่น การเรียนรู้ การตั้งเป้าหมายในชีวิตที่สอดคล้องต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 เพื่อตอบสนองโจทย์ความต้องการของสังคม</p> <p>Life Skills involves studying psychological concepts to understand and appreciate selfness and others, and systematic thinking in order to foster mental immunity, recognize and avoid problems and cope with them; managing emotions at work and in daily life; improving social skills; applying the art of happily living with sufficiency; developing the ability to manage and design private life in terms of personal finance, career, social life, and human interaction; and learning to set corresponding life goals based on the changes in 21st century in order to meet social needs.</p>	
GEN4001	การออกกำลังกายเพื่อชีวิต  Exercise for Life	3(3-0-6)
	<p>ความสัมพันธ์ของการออกกำลังกายต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย การทดสอบสมรรถภาพทางกาย รู้จักวิธีการป้องกัน และการรักษาการบาดเจ็บทางการออกกำลังกาย</p> <p>The relation of exercise and body system. Exercise and daily life; exercise for health; enhancing of physical capability; the physical capability test; injury prevention and injury treatment from exercise.</p>	

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN4002	พลังงานกับการดำเนินชีวิต <b>Energy for Life</b> ประเภท แหล่งกำเนิดของพลังงานและรูปแบบการใช้งาน ความสำคัญของพลังงานกับ การดำเนินชีวิต ในสังคม โลก และแนวทางการใช้พลังงานในอนาคต การอนุรักษ์พลังงานในชีวิตประจำวัน กรณีศึกษาและมาตรการอนุรักษ์พลังงานในพื้นที่ตัวอย่าง Energy classification, energy resources and their uses, importance of energy in daily life, community and world life including trend of energy in the future, energy conservation in daily life, case study and energy conservation measures in selected area.	3(3-0-6)
GEN4003	การรู้เท่าทันการสื่อสาร <b>Communication Literacy</b> แนวคิดและหลักการของการรู้เท่าทันการสื่อสารในบริบทสังคมสารสนเทศ อิทธิพลและรูปแบบของการครอบงำทางการสื่อสาร ทักษะและองค์ประกอบการวิเคราะห์การสื่อสารเพื่อความตระหนักและรู้เท่าทันการสื่อสารของตนเองและบุคคลอื่น หลักการเปิดรับ การเข้าถึง และการเผยแพร่กระจายข่าวสารในยุคดิจิทัล คุณลักษณะของผู้รู้เท่าทันการสื่อสาร ผลกระทบของความรู้เท่าทันการสื่อสาร แนวทางการป้องกันการถูกครอบงำจากข่าวสาร ความรับผิดชอบในการสื่อสาร กฎหมายและจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร หลักการหลีกเลี่ยงการสื่อสารที่ก่อให้เกิดโทษต่อตนและสังคม ในรูปแบบต่าง ๆ แนวทางการใช้สื่อยุคดิจิทัลอย่างสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ต่อตนเองและสังคม Principles and concepts of communication literacy in information society context, influencing factors and patterns of dominance in communication, skills and components of communication literacy to build up an awareness of communication literacy of self and others. Principles of information exposure and information accessibility and publicity in digital era.	3(3-0-6)



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN4004	<p>การเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษ</p> <p><b>Entrepreneurship in Special Economic Zone</b></p> <p>หลักการและรูปแบบธุรกิจ หลักการในการดำเนินธุรกิจ แนวคิดและการเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นผู้ประกอบการในยุคดิจิทัล การเริ่มต้นในการประกอบธุรกิจ แนวทางการจัดตั้งธุรกิจ การดำเนินงานตามหน้าที่ทางธุรกิจ การรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจในระดับภูมิภาคและระดับโลก ความเป็นมาและลักษณะความสำคัญของเขตเศรษฐกิจพิเศษ นโยบายภาครัฐและเอกชนในเขตเศรษฐกิจพิเศษ วิเคราะห์แนวทางการเป็นผู้ประกอบการในเขตเศรษฐกิจพิเศษร่วมกับการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์</p> <p>Principles, concepts and types of business operations preparing for entrepreneurship in digital era. Starting business, guideline in starting business, business functions operation, regional economic cooperation and world economic cooperation. Characteristics and importance of Special Economic Zone, government and private sectors' policies toward Special Economic Zone, analyze of being entrepreneur in the Special Economic Zone and including of practical knowledge in Special Economic Zone.</p>	3(3-0-6)
GEN4005	<p>สิ่งแวดล้อมในโลกปัจจุบัน</p> <p><b>Environment in Today's World</b></p> <p>องค์ประกอบ และประเภทของสิ่งแวดล้อม สาเหตุและปัญหาสิ่งแวดล้อม ผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อม สถานการณ์สิ่งแวดล้อมปัจจุบันในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ ระดับภูมิภาค และระดับนานาชาติ ความตระหนักเรื่องสิ่งแวดล้อมในเวทีนานาชาติ ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ การอนุรักษ์เพื่ออนาคต การพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อรักษาสมดุลในการบริโภคทรัพยากรธรรมชาติและ การทดแทน และกรณีศึกษา</p> <p>Component and types of environment, Cause and environmental problems, Impacts from environmental problems, Current environmental situation in local, national, regional and international levels, Environmental concerns in international venues, importance of biodiversity, conservation for the future, Sustainable development on balancing of natural resource consumption and replacement and case studies.</p>	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN4006	<p data-bbox="446 235 957 291"><b>กฎหมายกับการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล</b></p> <p data-bbox="446 291 989 347"><b>Law and Occupation in the Digital Age</b></p> <p data-bbox="446 347 1436 694">ความรู้เกี่ยวกับกฎหมายที่สอดคล้องกับธุรกิจ และการประกอบอาชีพในช่วงเวลา ที่เทคโนโลยีเข้ามาเปลี่ยนแปลงหรือทำลายขนบดั้งเดิมในวิถีของธุรกิจหรือกลไกและวิธีการประกอบอาชีพ หลักการทางกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญาและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความเป็นส่วนตัว กฎหมายเกี่ยวกับวิทยาการและเทคโนโลยี การบังคับใช้กฎหมายในปัจจุบันและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของกฎหมายที่สอดคล้องกับธุรกิจและการประกอบอาชีพดิจิทัลต่อไปในอนาคต</p> <p data-bbox="446 694 1436 974">Law regarding careers and business in the time of technological disruption; intellectual properties law, privacy, data protection law including technology related laws; the implementation of law in careers and business, including the trends of disruptive legal changes which were caused by technological advancement in the near future.</p>	3(3-0-6)
GEN4007	<p data-bbox="446 1030 718 1086"><b>สมาธิเพื่อพัฒนาชีวิต</b></p> <p data-bbox="446 1086 925 1142"><b>Meditation for Life Development</b></p> <p data-bbox="446 1142 1436 1444">ความหมายของการทำสมาธิ จุดประสงค์ วิธีการ ขั้นตอน จุดเริ่มต้นของการทำสมาธิ ลักษณะของการบริการและการทำสมาธิ ประโยชน์ของสมาธิ ลักษณะอาการต่อต้านสมาธิ และการนำสมาธิไปใช้ในชีวิตประจำวัน สมาธิกับการเรียนและการงาน ลักษณะ ขั้นตอน คุณสมบัติ ประโยชน์ของฌานและญาณ ความรู้เบื้องต้นเรื่องวิปัสสนา ความแตกต่างระหว่างสมณะกับวิปัสสนา แผนผังสมณะกับวิปัสสนา ชาวโลกกับวิปัสสนา</p> <p data-bbox="446 1444 1436 1991">Meaning of meditation; objectives, methods, processes, the beginning of meditation practice; characteristics of reciting and meditating; benefits of meditation; meditation resistances and applying meditation to daily life; meditation as related to education and work; characteristic, processes, qualities and benefits of the states of absorption (Jhana) and insight knowledge (Nana); fundamental knowledge about insight meditation (Vipassana); differences between the foundation meditation (Summata) and the insight meditation (Vipassana); layout of the foundation meditation (Summata) and the insight meditation (Vipassana); Insight meditation as related to the world population.</p>	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
GEN4008	<p>มนุษย์ สังคม เศรษฐกิจ และการพัฒนา</p> <p><b>Human, Society, Economics and Development</b></p> <p>หลักการดำรงอยู่ของมนุษย์ภายใต้การเปลี่ยนทางสังคม สภาพของสังคมในแต่ละช่วงวัย ความหลากหลายทางเพศที่เกิดขึ้นในสังคม หลักการ ทิศทางของการพัฒนา เศรษฐกิจกับสังคม การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจบนฐานนวัตกรรม เศรษฐกิจสร้างสรรค์ และการประกอบการธุรกิจเพื่อสังคม เรียนรู้ในหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน ภายใต้กรอบการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ ความสัมพันธ์ในทางสังคม เศรษฐกิจกับการพัฒนาในระดับชาติและระดับโลกที่มีผลกระทบและความเกี่ยวข้องกัน</p> <p>Living principles of human under uncertain conditions of social aspects, different of generations, multisexual; trends of economic and social development, innovation-based economic development; creative economy; social enterprise (SE.), sustainable development learning towards Sustainable Development Goals framework (SDGs); and the engagement and relationship of economic and social development both national and international level.</p>	3(3-0-6)
GEN4009	<p>จิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นกับการบริการสังคม</p> <p><b>Volunteering for Local Development and Social Services</b></p> <p>แนวคิด หลักการ เกี่ยวกับจิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น จิตอาสากับการบริการสังคม จิตอาสากับภาคธุรกิจ กระบวนการดำเนินงานอาสาสมัคร การเริ่มต้น การจัดองค์กร การดำเนินงานและการพัฒนา เน้นการพัฒนาและเสริมสร้างทักษะให้นักศึกษาสามารถดำเนินกิจกรรมจิตอาสาได้</p> <p>Principles and concepts about volunteering for local development; volunteering and social services; volunteering and business sectors; process of volunteering operation; getting start, organizing, operating and developing; focusing on developing and enhancing skills for students to be able to perform volunteer activities.</p>	3(3-0-6)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE1003	<b>การฝึกปฏิบัติการในโรงงานวิศวกรรม</b> <b>Engineering Workshop Practice</b> การวัดและเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมเครื่องกล ความปลอดภัย งานตะไบ การขึ้นรูปเกลียว งานโลหะแผ่น งานเชื่อมโลหะ การเชื่อมแก๊ส การเชื่อมไฟฟ้า และการบัดกรี การใช้เครื่องมือกลเบื้องต้น เครื่องเจาะ เครื่องเลื่อย Measuring and measurement tools, safety in workshop practice, basic principles and practice of various tools and machines, filing, forming, arc welding, gas welding, bench work, basic electrical operation and introduction to electrical system in industry, the use of drilling and sawing machine	1(0-2-1)
CPE1004	<b>ฟิสิกส์และปฏิบัติการฟิสิกส์ในงานไฟฟ้า</b> <b>Physics and Electric Physics Laboratory</b> เวกเตอร์ การเคลื่อนที่ กฎของนิวตัน แรง ความโน้มถ่วง งานและพลังงาน การชน วัตถุในสภาพสมดุล, ประจุไฟฟ้าและสนามไฟฟ้า กฎของเกาส์ ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า ไดโอิเล็กทริก กระแสไฟฟ้า วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและอุปกรณ์ แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองหรือสถานการณ์ประมวลผลงาน Vector, motion, Newton's laws, force, gravity, collisions, work and energy, bodies in equilibrium, electric charge and electric fields, Gauss' law, electric potential, capacitance, dielectrics, electric current, DC circuits and devices, magnets and electromagnets using a computer simulator or demonstration system processing	3(2-2-5)
CPE1005	<b>กราฟิกวิศวกรรม</b> <b>Engineering Graphics</b> การเขียนแบบ การเขียนเส้นและตัวอักษร เรขาคณิตประยุกต์ การระบุขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพออร์โทกราฟิก การเขียนภาพพิคทอเรียล การวาดภาพร่างด้วยมือเปล่า ภาพตัดและภาพช่วย การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานเขียนแบบ Drawing, lining and lettering, applied geometry, dimensioning and tolerancing, orthographic drawing, pictorial drawing, freehand sketches, sections and auxiliary views, computer aided drawing.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE1103	คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกร <b>Fundamental Mathematics for Engineers</b> ฟังก์ชัน ลิมิต อนุพันธ์ การประยุกต์ของอนุพันธ์ ปริพันธ์ และทฤษฎีบทมูลฐานของแคลคูลัส อุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ ลำดับและอนุกรม เวกเตอร์และเรขาคณิตในสามมิติ เส้นตรงและระนาบ ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ และการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Function, limits, the derivative, applications of the derivative, integrals, and the fundamental theorem of calculus, mathematical inductive, series, vectors and geometry in three dimensions, lines and planes, vectors and using computer program for laboratory.	3(2-2-5)
CPE1201	หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา <b>Fundamental Programming and Problem Solving</b> การพัฒนาขั้นตอนวิธี การแก้ปัญหาเบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ การกวาดข้อมูล การเลือกข้อมูล (ค่าสูงสุดและต่ำสุด) การวนรอบ การใช้แถวลำดับข้อความและ การกำหนดคลาสอย่างง่าย โปรแกรมย่อยและเมธอดในฐานะกลไกเบื้องต้นของ นามธรรม หลักการออกแบบและกลไกการสร้างสิ่งเหล่านี้ การใช้ไลบรารีพื้นฐานและคลาส คุณลักษณะเบื้องต้นเรื่องคุณภาพของซอฟต์แวร์ กิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดสอบและตรวจสอบซอฟต์แวร์ Introduction algorithms design and develop, counting problem, sequential and linear data searching, and data selection (max – min); iteration, data sequential, string, basic of object oriented program, class, function, method and subroutine; abstraction, principle of OOP design and develop, built-in library, introduction to software qualitative approach, software testing.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2104	<p>ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับงานวิศวกรรม</p> <p><b>Numerical Methods for Engineering</b></p> <p>การคำนวณเชิงตัวเลข สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการในการคำนวณเชิงตัวเลข การหาค่าโดยวิธีการประมาณค่าในช่วงและนอกช่วงของข้อมูลที่กำหนด การหารากของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น การหาค่าอินทิกรัลและค่าอนุพันธ์เชิงตัวเลข ระบบสมการเชิงเส้น การคำนวณหาเมตริกซ์ไอเกนแวลู การประยุกต์ทฤษฎีมาใช้ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์</p> <p>Numeric computation, causes of errors from processes in numerical calculations, approximate values in a range and outside the range of interval data, root of a nonlinear equation, determining integral and numeric derivatives, linear programming, Eigen-vector matrix calculation, using computer program in laboratory.</p>	3(2-2-5)
CPE2105	<p>ความน่าจะเป็นและสถิติสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่</p> <p><b>Probability and Statistics for Big Data Analytics</b></p> <p>ความน่าจะเป็นเบื้องต้น ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็น การแปลง ค่าคาดหวังเชิงคณิตศาสตร์ และ ฟังก์ชันก่อกำเนิดโมเมนต์ การแจกแจงแบบมีเงื่อนไข ความเป็นอิสระ ทฤษฎีของเบส์ การทดสอบสมมติฐาน สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ การประยุกต์ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่หรือการพยากรณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์</p> <p>Fundamental of probability, random variables, discrete and continuous distribution, expected value and moment functions, sampling distribution, estimate, Bayes's theorem and test of hypothesis, regression and linear correlation, analysis of variance, applications of statistics to analyze big data or forecast problems with computer software</p>	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2312	ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ Microprocessor and Microcomputer สถาปัตยกรรมของไมโครโปรเซสเซอร์ เทคโนโลยีของโปรเซสเซอร์ การทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์เชื่อมต่อ วิเคราะห์การทำงานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ หลักการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยภาษาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต Microprocessor architecture, processor technology, basic function of microprocessor, interface devices, analysis of microprocessor performance, principle of programming language to control and applies interface devices to input and output devices.	3(2-2-5)
CPE2412	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ Electric Circuits Analysis and Laboratory อุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า การวิเคราะห์แบบโนดและการวิเคราะห์แบบเมช ทฤษฎีของวงจร ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำ ความจุไฟฟ้า วงจรอันดับหนึ่งและวงจรอันดับสอง แผนภาพเฟสเซอร์ วงจรไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า Circuit elements, node and mesh analysis, circuit theorems, resistance, inductance, and capacitance, first and second order circuits, phasor diagram, AC power circuits, three-phase systems, electric circuit laboratory	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2434	วงจรอิเล็กทรอนิกส์และปฏิบัติการ	3(2-2-5)

### Electronics Circuit and Laboratory

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE2412 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและปฏิบัติการ

อะตอมและอิเล็กตรอน แถบพลังงานและพาหะประจุในสารกึ่งตัวนำ รอยต่อสารกึ่งตัวนำ ไดโอดรอยต่อพี-เอ็น การวิเคราะห์และการออกแบบวงจรไดโอด ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า การวิเคราะห์และการออกแบบวงจรไบแอส ทรานซิสเตอร์ แบบจำลองทรานซิสเตอร์ การวิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กใช้ทรานซิสเตอร์ ผลตอบสนองความถี่ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ วงจรขยายหลายภาค วงจรขยายกำลัง ออปแอมป์และการประยุกต์ใช้ในวงจรเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น โมดูลแหล่งจ่ายไฟ ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Atoms and electron, energy band and charge carrier in semiconductor, semiconductor junction, p-n junction diode, analysis and design of diode circuits, bipolar junction transistor, field effect transistor, metal-oxide-semiconductor transistor, CMOS and BiCMOS transistor circuits, analysis and design of transistor biasing circuits, transistor modeling, analysis of small-signal transistor amplifiers, the frequency responses of transistor amplifiers, multistage amplifiers, power amplifiers, operational amplifier and its applications in linear and nonlinear circuits, power supply module, electronic circuit laboratory



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2456	<b>วงจรถิทัศน์และวงจรถอจิก</b> <b>Digital Circuit and Logic Circuit</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE2434 วงจรถิทัศน์และปฏิบัติการ ระบบเลขฐาน รหัสต่างๆ ลอจิกเกต คณิตศาสตร์แบบบูล ตารางความจริง วงจรถอจิกเกต การลดรูปสมการแบบบูลโดยใช้แผนที่แบบคาร์นอและวิธีควินแม็คคลอสกี, แผนผังแบบเวน, วงจรถลิปฟลอป ส่วนประกอบของ หน่วยความจำ วงจรถับ วงจรถิทัศน์ การออกแบบระบบดิจิตอล การออกแบบวงจรถอมบิเนชันและวงจรถิทัศน์ การแปลงสัญญาณระหว่างดิจิตอลกับอนาลอก ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรถิทัศน์และลจิก Number systems, codes, logic gate, boolean algebra, truth table, logic gate circuit, Boolean equation reduction by Karnuaugh map and Quinmacrossky method, Wein diagram, logic gates, flipflops, memory elements, counters, shift registers, digital system design, combination and sequential circuit design, signal conversion between digital and analog, digital circuit laboratory	3(2-2-5)
CPE3306	<b>การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่</b> <b>Application Development for Mobile Devices</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา แพลตฟอร์มของซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวิศวกรรมสำหรับอุปกรณ์ เคลื่อนที่ การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์ เคลื่อนที่ ช่องทางการเผยแพร่ซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ และการฝึกปฏิบัติการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ Mobile software platforms, software engineering development processes, designing mobile user interface, designing and developing mobile software, mobile software depolyement process, and practice in developing mobile applications.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2210	<b>การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี</b> <b>Algorithm Design and Development</b> การวิเคราะห์ความซับซ้อนของขั้นตอนวิธี การออกแบบและวิเคราะห์ขั้นตอนวิธี เทคนิคการแบ่งแยกเพื่อเอาชนะ วิธีเชิงฮิวริสติก ความถูกต้องของขั้นตอนวิธี การวิเคราะห์ความซับซ้อน ขั้นตอนวิธีเชิงละโมภ การโปรแกรมแบบพลวัต ปัญหาเชิงการจัด ปัญหากราฟ ปัญหาแบบสมบูรณ์เอ็นพี Analysis of algorithms complexity, design and analysis of algorithms, divide and conquer, heuristic algorithm, correctness of algorithms, complexity analysis, greedy algorithms, dynamic programming, combinatorics problems, graph problem and NP-Complete problem.	3(2-2-5)
CPE3505	<b>ระบบฐานข้อมูล</b> <b>Database Systems</b> หลักการของฐานข้อมูล การออกแบบ โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล ฐานข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง การวิเคราะห์ระบบฐานข้อมูล การออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูล แนวคิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพและการปรับแต่งฐานข้อมูล และฐานข้อมูลแบบโนเอสคิวแอล Principle of database concepts, design and implement an application with a database management, relational databases, query language, database system analysis, database design and implementation, doncept of database performance and tuning, and NoSQL databases.	3(2-2-5)
SCT0002	<b>โครงสร้างข้อมูล</b> <b>Data Structure</b> หลักการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูล อะเรย์ ลิงก์ลิสต์ กองซ้อน แถวคอย การเวียนเกิด ต้นไม้ กราฟ และการ การเรียงและการค้นหาข้อมูล Introduction to structural programming and data structure, arrays, linked list, stack, queues, recursion, tree, graphs, sorting and searching algorithms.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE2102	คณิตศาสตร์เต็มหน่วย <b>Discrete Mathematics</b> พื้นฐานการแก้ไขปัญหด้วยการพิสูจน์แบบอุปนัยทางคณิตศาสตร์ เซต ฟังก์ชัน พิชคณิต เมทริกซ์ ความน่าจะเป็น จำนวนสุมและทฤษฎีกราฟ ฟังก์ชันการคำนวณความซับซ้อน ความสัมพันธ์แบบเวียนเกิด การประยุกต์แก้ปัญหด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Principle of proof methods and mathematical induction; Functions, set and sequences, Algebra, Matrix, probability, random and graph theory, complexity analysis and the growth of functions, recurrence relations, applied computer program to solve the mathematic problems.	3(2-2-5)
CPE2301	ระบบปฏิบัติการ <b>Operating Systems</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา หน้าที่ของระบบปฏิบัติการ การจัดการทรัพยากร การจัดลำดับการทำงานของซีพียู การจัดการทรัพยากรหน่วยความจำและหน่วยความจำเสมือน การจัดการการติดตาย การจัดการอินพุตเอาต์พุต ระบบแฟ้มข้อมูล ความปลอดภัยของระบบคอมพิวเตอร์ Basic functions of operating systems, resources management, CPU scheduling, main memory and virtual memory management and scheduling, deadlocks, input and output management, file systems, computer system security.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCT0004	<b>ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์</b> <b>Data Communication and Computer Network</b> ระบบการเก็บข้อมูลและการสื่อสาร อุปกรณ์ที่ใช้ระบบเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ระบบสื่อสาร อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสื่อสาร ระบบการส่งข้อมูลแบบทางเดียว แบบสองทางพร้อมกัน ชนิดช่องการส่งข้อมูลอนาล็อกและดิจิทัล สถาปัตยกรรมของเครือข่าย โพรโทคอล ระบบเครือข่าย แบบข่ายงานบริเวณกว้าง แบบข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ และระบบประมวลผลแบบกระจาย Principle of data storage and data communication, data storage devices, analysis of data communication system, basic of data communication devices, one way and two-way communication system, full duplex communication, analog and digital data communication, network communication architecture, LAN WAN and distributed communication	3(2-2-5)
SCT0005	<b>ความปลอดภัยของสารสนเทศ</b> <b>Information Security</b> ความไม่ปลอดภัยในสถานะการประมวลผลด้วย คอมพิวเตอร์ การวางแผนการจัดการระบบความปลอดภัยในระบบฐานข้อมูล ความปลอดภัยในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ความปลอดภัยในโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลการป้องกันทางกายภาพ การวิเคราะห์ความเสี่ยง ประเด็นในแง่กฎหมายและจรรยาบรรณในเรื่องความปลอดภัยในระบบคอมพิวเตอร์ Introduction to information security, uncertainty of data processing, planning and managing the security of database system, personal computer security, information system security and protection, risk management, law of cyber security, ethic for computer security.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3404	วิศวกรรมหุ่นยนต์ <b>Robotics Engineering</b>	3(2-2-5)

การวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ การวิเคราะห์ตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง และแรงในชุดต่อโยง พื้นฐานของการสร้างแบบจำลอง และการควบคุมหุ่นยนต์ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ แบบจำลองโคเนมาติกส์ตรงและโคเนมาติกส์ผกผัน แบบจำลองทาง พลศาสตร์ของนิวตัน-ออยเลอร์และลากรองจ์ การวางแผนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ความสัมพันธ์เชิงผลต่าง แขนหุ่นยนต์ พลศาสตร์ ของแขนหุ่นยนต์ แรงสถิตในแขนหุ่นยนต์ การควบคุมหุ่นยนต์

Aerodynamic analysis, position analysis, speed, acceleration, and force in the cross-link, the basics of modeling and robot control, mathematical modeling of robots, straight and inverse kinematics models, Newton-Euler and Lagrangian models, robot movement planning, the difference relationship, the robotic arm, the dynamics of the robotic arm, static force in robotic arms robot controlling.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3501	<b>โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1</b> <b>Computer Engineering Project I</b> <p>ระเบียบวิธีสำหรับดำเนินการโครงการทางวิศวกรรม การทำข้อมูล แนวทางดำเนินโครงการวิศวกรรม แนวทางการทดสอบเพื่อหาผลลัพธ์และข้อมูลจากโครงการ การประมวลผลและวิเคราะห์โครงการ วิธีการจัดทำเอกสารและรายงาน การนำเสนอโครงการ การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทำโครงการวิศวกรรม นักศึกษาจะต้องส่งรายงานฉบับนำเสนอโครงการ และรายงานแสดงความก้าวหน้าร้อยละ 50 ของงานชิ้นสมบูรณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคณะกรรมการและจะต้องผ่านการสอบโดยวิธีการบรรยายเสนอผลงานต่อคณะกรรมการประจำสาขาวิชา</p> <p>Research methodology for computer engineering, testing and checking results of project, planning and analysing the project solution, the report writing and presenting, guiding the use of technical tool for the project, And, the project examination, the students are required to submit a project proposal to committee for reporting the progress that completed by 50 percent of all scope of the project, and the student must pass the examination by presentations to the committee or at an academic conference with external reviewers.</p>	3(2-2-5)
CPE4501	<b>โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2</b> <b>Computer Engineering Project II</b> <p>รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE3501 โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1</p> <p>การค้นคว้าวิจัยในหัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์โดยนักศึกษาเป็นผู้ดำเนินการภายใต้การควบคุมของอาจารย์ที่ปรึกษา นักศึกษาจะต้องส่งรายงานฉบับสมบูรณ์เมื่อเสร็จสิ้นการศึกษาในวิชานี้และผ่านการสอบโดยวิธีการบรรยายเสนอผลงานต่อคณะกรรมการประจำสาขาวิชา</p> <p>Undergraduate student researches on a special topic in computer engineering under the consultant of an advisor. The student is required to submit a final project report to committee. The work presented to the committee.</p>	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCT0001	สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบคอมพิวเตอร์ <b>Computer Architecture and Organizations</b> ระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ มอดูรับเข้า/ส่งออก การเชื่อมต่อองค์ประกอบดังกล่าว หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยควบคุม เรจิสเตอร์ หน่วยคำนวณทางทางคณิตศาสตร์และตรรกะ หน่วยคำสั่งและการเชื่อมต่อของหน่วยดังกล่าว สถาปัตยกรรม การออกแบบชุดคำสั่งและชนิดข้อมูล หัวข้อการจัดระบบ การทำไปป์ไลน์ การจัดระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน การจัดระบบหน่วยประมวลผลหลายชุดและการประมวลผลเชิงเวกเตอร์ Introduction to computer architecture and computer organization, memory, input – output and computer peripheral, processor, register, arithmetic and logic unit (ALU), control units, logic units, and bus control units, machine code, design of data manipulation and machine instructions, pipeline, multiprocessor architecture and vector processing.	3(2-2-5)
CPE3231	การจำลองและระบบควบคุม <b>Modelling and Control System</b> สร้างและวิเคราะห์เสถียรภาพการตอบสนองเชิงพลวัตแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล และไฟฟ้า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบอันดับหนึ่งและสองในโดเมนเวลา โดเมนความถี่ ออกแบบตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID, Lead, Lag, Lag-Lead, Pole placement, Observer, Servo system วิเคราะห์บุเอกลักษณะของระบบและปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และออกแบบตัวควบคุม ระบบสมองกลฝังตัวพื้นฐาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Model and analysis stability and dynamic response of mathematic modelling for mechanical and electrical system, mathematic modelling formed first order and second order model in time and frequency domain, control design PI, PD, PID, Lead, Lag, Lag- Lead, Pole placement, observer, servo system, system identification methodology and artificial intelligence aided for modelling and control design, fundamental embedded system, computer programming.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3311	<b>อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง</b> <b>Internet of Things</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา เบื้องต้นเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ปัจจัยหลักในแนวคิดเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่ง มุมมองในเชิงธุรกิจในการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง เทคโนโลยีการหา ความหมายจากข้อมูลขนาดใหญ่ การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง Introduction to the Internet of things, concept of Internet technology in Internet of Things, applied Internet of Things in the business, Internet of Things for big data Internet technology.	3(2-2-5)
CPE3405	<b>เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า</b> <b>Electrical Instruments and Measurement</b> หน่วยและมาตรฐานของการวัดทางไฟฟ้า ประเภทและลักษณะของเครื่องมือวัด การ วิเคราะห์การวัด การวัดกระแสและแรงดันทั้งไฟฟ้าตรงและสลับโดยใช้เครื่องมือวัดแบบ แอนะล็อกและดิจิทัล การวัดกำลัง ตัวประกอบกำลัง พลังงาน ความต้านทาน ความ เหนี่ยวนำ ความเก็บประจุ การวัดทางความถี่และทางเวลา สัญญาณรบกวน ทรานสดิวเซอร์ เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมและออสซิลอโคป การปรับเทียบมาตรฐานของ เครื่องมือวัดและปริมาณที่วัดได้ Units and standard of electrical measurement, instrument classification and characteristic, measurement analysis, measurement of dc and ac current and voltage using analog and digital instrument, power, power factor, and energy measurement, the measurement of resistance, inductance, and capacitance, frequency and period/time – interval measurement, noises, transducers, spectrum analyser and oscilloscope, calibration.	3(2-2-5)



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3406	<b>เครือข่ายตัวตรวจจับไร้สาย</b> <b>Wireless Sensor Networks</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE2456 วงจรดิจิทัลและวงจรถอดจิก เครือข่ายตัวตรวจจับเบื้องต้น แพลตฟอร์มตัวตรวจจับ มาตรฐาน IEEE 802.15.4 และ ZigBee การออกแบบและการจัดการเครือข่ายตัวตรวจจับ ข้อจำกัดของแบนด์วิดท์และพลังงาน การควบคุมเครือข่ายและ การจัดเส้นทาง การประมวลผลสารสนเทศร่วมกัน ความปลอดภัยของโครงสร้างพื้นฐาน การเขียนโปรแกรมสำหรับตัวตรวจจับ Preliminary detection and operations standard IEEE 802.15.4 and ZigBee detector platform, network design and management of detectors, bandwidth and power factors, network controlling and routing, information processing applied in infrastructure security, detector programming.	3(2-2-5)
CPE4401	<b>ระบบควบคุมอัตโนมัติ</b> <b>Automation System</b> หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และแบบจำลองของชิ้นส่วนควบคุมเชิงเส้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลวัต คุณสมบัติของระบบควบคุมป้อนกลับ สมรรถนะของระบบควบคุมป้อนกลับ เสถียรภาพของระบบป้อนกลับเชิงเส้นระเบียบวิธี รุทโลกัส ระเบียบวิธีตอบสนองความถี่ เสถียรภาพในโดเมนความถี่ การวิเคราะห์ระบบ ควบคุมในโดเมนเวลา การออกแบบและการทดแทนของระบบควบคุมป้อนกลับ Automatic control principles, analysis and modelling of linear control element, mathematical modelling of dynamic systems, feedback control system characteristics, performance of feedback control system, stability of linear feedback systems, root locus methods, frequency response methods, stability in the frequency domain, analysis of control systems in time domain, design and compensation of feedback control systems.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4402	<p>การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ</p> <p><b>Low - power Wireless Communication</b></p> <p>แนะนำการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ นิยามเบื้องต้นและทฤษฎีสายอากาศ ชนิดสายอากาศสำหรับการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ ความถี่เรโซแนนซ์ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นเชิงสนามและเชิงกำลัง สภาพเจาะจงทิศทางและอัตราขยาย ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่น โพลาริเซชัน อิมพีแดนซ์ด้านเข้าและแบนด์วิดท์สายอากาศไมโครสตริป เทคนิคการแมทชิ่งอิมพีแดนซ์สายอากาศ สายอากาศสำหรับการสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำสมัยใหม่กับการประยุกต์ใช้งานในปัจจุบัน</p> <p>Introduction to low-power wireless communication; basic definitions and theory of antenna; antenna type for low-power wireless communication: resonance frequency; power and field patterns; directivity and gain; radiation efficiency; polarization; input impedance and bandwidth; microstrip antenna; antenna impedance matching techniques; modern low-power wireless communication antenna for current applications.</p>	3(2-2-5)
CPE4403	<p>เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำและการประยุกต์ใช้งาน</p> <p><b>Low - frequency Wireless Communication System Technology and Applications</b></p> <p>รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE4402 การสื่อสารไร้สายกำลังงานต่ำ</p> <p>อุปกรณ์ระบบสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำประเภทต่างๆ ระบบเครือข่ายไร้สายความถี่ต่ำ แนะนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบ LoRA สถาปัตยกรรมของระบบ รูปแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่เกี่ยวข้อง เช่น Bluetooth, Zigbee และโครงข่ายการสื่อสารกำลังงานต่ำ WPAN/WLAN โพรโตคอลสำหรับการสื่อสารในเครือข่าย เช่น MQTT, CoAP และอื่นๆ เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายความถี่ต่ำในอนาคต</p> <p>Types of low-frequency wireless communication system devices; low-frequency wireless networks; introduction to Internet of Things (IoT); LoRA system; system architectures; hardware platforms; relevant wireless technologies (Bluetooth, Zigbee and low power WPAN/WLAN); networking protocols (MQTT, CoAP and etc); the future of low-frequency wireless communication technology.</p>	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3201	<b>ระบบสมองกลฝังตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์</b> <b>Embedded System and Microcontroller</b> ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น การออกแบบระบบสมองกลฝังตัวโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อที่จำเป็น การประเมินและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและ คำนวณค่าต่อการลงทุนศึกษาถึงระบบปฏิบัติการแบบเรียลไทม์ และการปรับระบบปฏิบัติการแบบเรียลไทม์ หลักการและวิธีการในการออกแบบซอฟต์แวร์บนระบบสมองกลฝังตัวบนหลักการของการออกแบบระบบแบบเรียลไทม์ Principles of microcontroller system, embedded system design, interfacing devices, evaluating and selecting the equipment, cost-effective investment, real-time operating systems and real-time operating system adjustments, designing software on a mechanical system embedded system, and the real-time system design.	3(2-2-5)
CPE3202	<b>การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์</b> <b>Computer Interfacing</b> ระบบบัสในคอมพิวเตอร์ ระบบการเชื่อมต่ออนุกรม RS-232 RS-485 การเชื่อมต่อหน่วยประมวลผลหลายตัวเข้าด้วยกัน อุปกรณ์ สวิตชิงและการใช้งาน การแปลงสัญญาณดิจิทัลกับสัญญาณภายนอกสำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติ เทคนิคการเชื่อมต่อของไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ร่วมกับคอมพิวเตอร์ Bus communication system, RS-232 and RS-485 serial interface system, processor interface, peripheral, switch, modulation and demodulation techniques, digital signal, control, microprocessor connection techniques, microcontroller, and peripheral devices.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3101	<b>ทฤษฎีการคำนวณ</b> <b>Theory of Computation</b> ทฤษฎีการคำนวณของออโตมาตา ออโตมาตาแบบเชิงจำกัดและเชิงไม่จำกัด นิยามแบบรีเคอร์ซีฟ ทฤษฎีออโตมาตาแบบกตกลง ไวยากรณ์แบบเรกูลาร์ ภาษาไม่พึ่งบริบท ทฤษฎีของทัวริง ลำดับชั้นของชอมสกี Theory of computation and automata, deterministic finite automata and non-deterministic finite automata, recursive definition, push down automata, regular grammar, context-free language, Turing machine and the Chomsky's hierarchy.	3(2-2-5)
CPE3203	<b>การประมวลผลภาพดิจิทัล</b> <b>Digital Image Processing</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการแก้ปัญหา การประมวลผลภาพเบื้องต้น การวิเคราะห์สัญญาณภาพ การแทนสัญญาณของภาพด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ การสุ่มและควอนไทซ์สัญญาณภาพ การรับรู้และเข้าใจภาพ การแปลงสัญญาณภาพ การเพิ่มคุณภาพของภาพ รวมทั้งการกรองและการเข้ารหัสสัญญาณภาพ Digital image fundamentals, image signal analysis, geometric transformations, representation and description, signal sampling and quantization, object detection and recognition, image enhancement, colour models, image compression, morphological image processing, image segmentation.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3204	การรู้จำรูปแบบ	3(2-2-5)

**Pattern Recognition**

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ  
การแก้ปัญหา

การรู้จำ ทฤษฎีการตัดสินใจแบบเบย์ การหาค่าความ คล้ายสูงสุดและการประเมินค่าพารามิเตอร์แบบเบย์ เทคนิคที่ไม่ใช้โมเดลเชิงพารามิเตอร์ ฟังก์ชันการตัดสินใจทางสถิติทางสถิติ การตัดสินใจแบบเบย์ที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด แยกแยะแบบเส้นตรง การใช้เครือข่ายประสาทเทียม วิธีการที่ใช้การวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น การเรียนรู้ ของเครื่องจักรโดยไม่ขึ้นอยู่กับอัลกอริทึม การเรียนรู้แบบไม่มีการชี้แนะและการจัดกลุ่ม

Introduction to pattern recognition, Bayesian decision theory, maximum-likelihood and Bayesian parameter estimation, non-parametric techniques, linear discrimination functions, neural network, stochastic methods, algorithm-independent machine learning, unsupervised learning and clustering.

CPE3206	การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์ขั้นสูง	3(2-2-5)
	<b>Advance Unix Programming</b>	

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ  
การแก้ปัญหา

การออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมที่มีการสื่อสารระหว่างกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ตามแนวคิดการสื่อสารระหว่างโพรเซส (ไอพีซี) การสื่อสารโพรโทคอลระดับนำส่งข้อมูล บีเอสดีซ็อกเก็ต โพรโทคอลระดับประยุกต์ เอพทีพี เอชทีทีพี เอสเอสแอล และอาร์พีซี

Design and development of program to network communication, IPC communication programming, data layer protocol programming, BSD socket, application protocol programming, FTP, HTTP, SSL and RPC programming.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3211	<b>การบีบข้อมูลและสัญญาณ</b> <b>Data and Signal Compression</b> ทฤษฎีพื้นฐานและอัลกอริทึมในการปฏิบัติ เพื่อการบีบอัดข้อมูลและสัญญาณ การเข้ารหัสแบบไม่มีการสูญเสีย การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน การเข้ารหัสแบบมีการสูญเสีย การประยุกต์และการกระจายสัญญาณแบบถ่ายทอดสด Basic theory and algorithm of data compression and signal, lossless coding, Huffman coding, lossy compression, live transmission and streaming	3(2-2-5)
CPE3218	<b>ระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจาย</b> <b>Distributed Computing</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา การประมวลผลแบบกระจาย สถาปัตยกรรมของระบบแบบกระจาย การเขียนโปรแกรมแบบกระจาย การส่งผ่านข้อความ การเรียกใช้ฟังก์ชันระยะไกล การสื่อสารแบบกลุ่ม ปัญหาสมาชิกและการตั้งชื่อ เวลาเชิงตรรก ความต้อ่งกัน การทนต่อความผิดพลาด และการกู้คืน การเข้าจังหวะระหว่างกระบวนการและการควบคุมการประจวบกัน คุณภาพของการให้บริการ การรักษาความมั่นคง ตัวกลางแบบต่าง ระบบปฏิบัติการแบบกระจาย Distributed processing, distributed system architecture, distributed programming, message transmission, remote procedure calls, group communication, naming, and semantic time, fault tolerance and data recovery, processes synchronization and processes controlling, quality of service, security distributed operating system.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3219	<b>อัลกอริทึมแบบขนาน</b> <b>Parallel Algorithm</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึมแบบขนาน การคำนวณแบบขนานใช้ หน่วยความจำร่วมกันและหน่วยความจำแบบกระจาย อัลกอริทึมกราฟ อัลกอริทึมการ แบ่งและพิชิต ปัญหาทางจำนวน อัลกอริทึมแบบขนานสำหรับวิธีการรวมกันที่ให้ผลดีที่สุด Design and analysis of parallel algorithms, parallel computation, share memory and distributed memory, graph algorithm, divide-and-conquer algorithm, numeric problems, parallel algorithms for the best combination methods.	3(2-2-5)
CPE3224	<b>การเรียนรู้ของเครื่อง</b> <b>Machine learning</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา พื้นฐานการเรียนรู้ของเครื่องกล การเรียนรู้แบบมีการสอน การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน การเรียนรู้แบบ โครงข่ายประสาทเทียม เสริมกำลัง การเรียนรู้ทางสถิติ ทฤษฎีการเรียนรู้ การวิจัยและพัฒนาในปัจจุบัน Fundamentals of machine learning, supervised learning, unsupervised learning, neural network, reinforcement learning, statistical learning, learning theory, current research and development.	3(2-2-5)

<b>รหัส</b>	<b>ชื่อวิชา</b>	<b>หน่วยกิต</b>
CPE3225	ระบบผู้เชี่ยวชาญ <b>Expert System</b>	3(2-2-5)

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ  
การแก้ปัญหา

ระบบฐานความรู้เบื้องต้น สถาปัตยกรรมของระบบผู้เชี่ยวชาญ การออกแบบระบบ  
ฐานความรู้ เทคนิคการแทนความรู้ เฟรมกฎเกณฑ์ และข่างานความหมาย เปลือก  
เครื่องมือและภาษาของระบบผู้เชี่ยวชาญ วิธีการอนุมาน การอ้างเหตุผล ด้วยวิธีย้อนหลัง  
และล่วงหน้า การแสวงหาความรู้ การรวบรวมความรู้ การอธิบายเหตุผล กรณีศึกษา การ  
ออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ การประเมินผลระบบผู้เชี่ยวชาญ ส่วนต่อประสาน  
กับผู้ใช้และการเข้าใจภาษาธรรมชาติ

Introduction to knowledge-based system, expert system architecture,  
knowledge-based design, knowledge representation techniques, frames,  
rules, and semantic networks, expert system shells, tools and languages,  
methods of inference, reasoning mechanisms with forward chaining and  
backward chaining, knowledge acquisition, explanation, case studies of  
design and development of expert systems, estimating an expert system,  
user interface and natural language understanding.

<b>CPE3226</b>	<b>การรู้จำเสียงพูด</b> <b>Speech Recognition</b>	<b>3(2-2-5)</b>
----------------	--	-----------------

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ  
การแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการรู้จำเสียงพูด การกำเนิดเสียงพูด การได้ยิน การวิเคราะห์  
เสียงพูด การให้รหัสเสียงพูด รหัสการทำนายเสียงพูดแบบเชิงเส้น การสังเคราะห์เสียงพูด  
และการรู้จำเสียงพูดของมนุษย์

Mathematics background, introduction to speech recognition, hearing,  
speech analysis, speech coding, linear coding speech, prediction codes,  
speech synthesis, and human speech recognition.



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3303	<b>วิศวกรรมระบบคอมพิวเตอร์</b> <b>Computer System Engineering</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE2301 ระบบปฏิบัติการ พื้นฐานประวัติและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ วงจรชีวิต ขนาดของระบบ แบบจำลองของการพัฒนาระบบ แนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ วิเคราะห์ความต้องการ กำหนดความต้องการเชิงฟังก์ชัน และ ไม่เป็นฟังก์ชัน การเขียน ข้อกำหนด การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ การออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การทดสอบ การหาประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพของกระบวนการ การทนต่อ ข้อบกพร่อง การบำรุงรักษา การบริหารโครงการ Principle and history of computer system, development life cycle system, size model of system development process, optimization concepts, requirement analysis, software defines, the function requirements, non- function, writing specifications, system architecture design, hardware and software design, testing, software process efficiency and effectiveness, fault tolerance, maintenance, project management.	3(2-2-5)
CPE4206	<b>ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์</b> <b>Computer Vision</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา ทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันภาพและเรขาคณิตของภาพ การแทนค่าในโครงสร้าง แบบสองมิติและสามมิติ การแปลงภาพ การวิเคราะห์ภาพ และการแจกแจงภาพที่เป็น ดิจิทัล นอกจากนั้นวิชานี้ยังกล่าวถึง การตัดส่วนภาพ การค้นหาลักษณะเด่นของภาพ การ รู้จำภาพ มิติของภาพ โมเดลแบบสามมิติ และการวิเคราะห์ภาพที่เปลี่ยนไปในเวลา Computer vision, image and geometry functions, 2D and 3D image representation, image transformation, image analysis and digital distribution, image cropping and searching the characteristics, image recognition, image dimension, 3D modelling, analyzing images transformation in time domain.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4207	ปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์	3(2-2-5)

### Applied Artificial Intelligence

รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE2210 การออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธี

การประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์กับปัญญาประดิษฐ์ การสื่อสารระหว่างเอเจนต์ การค้นหาที่ชาญฉลาด การวางแผนขั้นสูง การเรียนรู้ขั้นสูง การเข้าใจภาษาธรรมชาติ ระบบผู้เชี่ยวชาญ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเจเนติกอัลกอริทึม การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมซอฟต์แวร์ การสื่อสารคอมพิวเตอร์ การจัดการฐานข้อมูล

Application of logic with artificial intelligence, agents communication, intelligent search, advanced planning, advanced learning, natural language, expert systems, artificial neural network application, genetic algorithms, application of artificial intelligence, software engineering for AI, database management.

CPE4208	ปัญญาเชิงคำนวณและองค์ความรู้แบบดิจิทัล	3(2-2-5)
---------	--	----------

### Computational Intelligence and Digital Knowledge

ทฤษฎีเบื้องต้นปัญญาเชิงคำนวณ แนวคิดพื้นฐานสร้างความรู้ดิจิทัล การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ในทางปฏิบัติ โครงข่ายประสาทเทียม การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ ขั้นตอนวิธีแบบเจเนติก ขั้นตอนวิธีแบบฝูง ขั้นตอนวิธีแบบอาณาจักรมด และ ขั้นตอนวิธีที่ถอดแบบทางธรรมชาติ ประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรม การควบคุมอัจฉริยะ การขนส่งอัจฉริยะ การวิเคราะห์รูปแบบ

Basic theory, computational intelligence, basic concepts of digital knowledge, using software application laboratory, neural Network evolutionary computing and algorithms, genetic algorithm, ant colony algorithm and natural inspired method, applied for Intelligent control, intelligent transportation, pattern analysis.

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4502	<b>การวิจัยดำเนินงาน</b> <b>Operation Research</b> วิธีทางวิทยาศาสตร์ของการวิจัยดำเนินงาน โปรแกรมเชิงเส้น โปรแกรมไดนามิก ทฤษฎีเกมส์ ทฤษฎีแถวคอย การจำลองสถานการณ์ การวิเคราะห์ช่วยงานแบบ CPM และ PERT ศึกษาการประยุกต์ของเทคนิคสำหรับงานทางด้านอุตสาหกรรม The scientific method of operational research, linear programming, dynamics programming, game theory, queueing theory, simulation, CPM and PERT, network flows analysis, application of industrial techniques.	3(2-2-5)
CPE3208	<b>การออกแบบเกม</b> <b>Game Design</b> การสร้างเกมคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีของซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเกม ระบบปฏิบัติการ ระบบไฟล์ ระบบเครือข่าย กลไกการจำลองสถานการณ์ และระบบสื่อประสม การจำลองและโมเดล กราฟิกคอมพิวเตอร์ ปัญญาประดิษฐ์ การประมวลผลแบบเรียลไทม์ ทฤษฎีของเกม วิศวกรรมซอฟต์แวร์ของเกม การโต้ตอบระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ การออกแบบกราฟิก และความสวยงามของเกม Introduction to game programming, technology and framework for game design, operating systems, file system, network and simulation and modelling, computer graphic, AI, realtime processing, game theory, software engineering for game application development, human computer interface, UI and UX design.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3209	<b>วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์</b> <b>Object Oriented Software Engineering</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา หลักการและเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบซอฟต์แวร์ โดยใช้แนวคิดเชิงวัตถุ ประยุกต์ใช้ภาษายูเอ็มแอลเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์และออกแบบซอฟต์แวร์ สถาปัตยกรรม อ็อบเจกต์ คลาส คอมโพเนนต์ การจำลองตัวพิมพ์วิธี ความสัมพันธ์ และการ ใช้แผนภาพ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์และออกแบบในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ Principle and techniques of software analysis and design, OOP concept, UML for software analysis and design, software OOP architecture, class, component, modelling and relationship, software tools of software analysis and design in software development process.	3(2-2-5)
CPE3210	<b>การโปรแกรมเว็บเซอร์วิส</b> <b>Web Services Programming</b> การพัฒนาเว็บเซอร์วิส การประยุกต์ระดับองค์กรบนพื้นฐานเว็บที่ใช้มาตรฐานเปิด เอ็กซ์เอ็มแอล และโปรโตคอลสื่อสารในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเครื่องไคลเอ็นท์ที่เรียกใช้ โครงสร้างของเว็บเซอร์วิส มาตรฐานเว็บเซอร์วิสที่ใช้ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล เช่น เอสโอเอพี ดับเบิลยูเอสดีแอล และยูดีดีไอ คอมโพเนนต์ต่างๆ การพัฒนาและการติดตั้งโปรแกรม ประยุกต์เว็บเซอร์วิส Introduction to web service development, the use of standard web service, XML, client communication protocol, web service structures and architecture, standard protocol, SOAP, WSDL, UDDI and other standard protocol, web service deployment	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3212	<b>การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์</b> <b>Computer Simulation</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา พื้นฐานของการจำลองแบบและการจำลองระบบ ทั้งในระบบที่ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การแก้ปัญหาและช่วยในการตัดสินใจ แบบจำลองทางสถิติ ทฤษฎีแถวคอย การสร้างการ สุ่ม ภาษาที่ใช้ในการจำลอง เทคนิคการจำลองด้วยดิจิทัล วิธีการแบบมอนติคาโล การ ออกแบบและวิเคราะห์ การทดลอง การทวนสอบ การตรวจสอบความถูกต้องของการ จำลองแบบ Basic of simulation modelling and system simulation, discrete event simulation, statistic modelling, queuing system, random process, tools of modelling, digital modelling techniques, monte Carlo simulation, analysis and design modelling, experiment, rechecking, verify and validate of simulation.	3(2-2-5)
CPE3220	<b>วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงคณิตศาสตร์</b> <b>Mathematical Software Engineering</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ ตรรกศาสตร์ และภาษาเฉพาะ การพัฒนาความต้องการและข้อกำหนด ของซอฟต์แวร์ การออกแบบ การตรวจสอบโปรแกรมโดยวิธีการทดสอบและวิธีการเวอร์ริฟิ เคชัน การซ่อมบำรุงซอฟต์แวร์ การวัดปริมาณทางซอฟต์แวร์ การปรับปรุงขั้นตอนการ พัฒนาซอฟต์แวร์ การบริหารโครงการซอฟต์แวร์ และวิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงอ็อบเจกต์ Mathematics, logic, language specific, Software requirements and Software specification, development design, program validation by testing method and verification methods, Software maintenance, software productive, Software development process improvements, Software project management and object-oriented software engineering	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3229	<b>วิศวกรรมซอฟต์แวร์</b> <b>Software Engineering</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน: CPE3505 ระบบฐานข้อมูล ความรู้พื้นฐานของการพัฒนาซอฟต์แวร์และวิธีการวิศวกรรมในการพัฒนาซอฟต์แวร์ การวิเคราะห์ปัญหาความต้องการของผู้ใช้ การประเมินราคา การทดสอบซอฟต์แวร์ วิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบเอจายล์ วิธีการออกแบบซอฟต์แวร์เชิงวัตถุ การใช้เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ต่างๆ การควบคุมเวอร์ชัน และการทดสอบซอฟต์แวร์ Fundamentals of software development and engineering methods, including user requirements analysis, price estimation, software testing, agile methods, object-oriented software design methods, use of software development tools, version control, and software testing.	3(2-2-5)
CPE4308	<b>ระบบฐานข้อมูลขั้นสูง</b> <b>Advanced Database Systems</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE3505ระบบฐานข้อมูล ระบบจัดการฐานข้อมูล โครงสร้าง และส่วนประกอบ ฐานข้อมูลระดับกายภาพ กลไกในการเข้าถึงฐานข้อมูล การประมวลคำถาม การประมวลกลุ่มคำสั่ง การคืนสภาพข้อมูล การใช้ข้อมูลร่วมกัน ระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย ฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ฐานข้อมูลเชิงเวลา ฐานข้อมูลอนุमान The database management system, the structure and composition of the physical level database, the mechanism to access the database, the question processing, the command processing, the data recovery, the information sharing, the distributed database system, the object-oriented database, the time-oriented database, and the inference database.	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4310	<p data-bbox="430 235 1053 291"><b>การทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่</b></p> <p data-bbox="430 302 925 347"><b>Data Mining and Big Data Analytics</b></p> <p data-bbox="430 358 1436 638">แนะนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล การเตรียมข้อมูล กฎความสัมพันธ์ การแยกประเภทข้อมูล วิธีต้นไม้ตัดสินใจ วิธีทางสถิติ วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด วิธีโครงข่ายประสาทเทียม การวิเคราะห์จัดกลุ่ม การแสดงผลข้อมูล และการใช้งานแอปพลิเคชันการทำเหมืองข้อมูล กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ สถาปัตยกรรมการประมวลผลข้อมูลแบบและลดทอนการจัดฝั่ง การติดตั้งและใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่</p> <p data-bbox="430 649 1436 918">Introduction to data mining techniques, including data pre-processing, association rules, data classification, decision trees, statistics, nearest neighbour, artificial neural network, cluster analysis, data visualization, and use of data mining applications, big data analytics, MapReduce architecture, installing and using big data applications.</p>	3(2-2-5)
CPE3304	<p data-bbox="430 963 1069 1019"><b>การประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาและการสื่อสารไร้สาย</b></p> <p data-bbox="430 1030 1117 1086"><b>Mobile Computing and Wireless Communication</b></p> <p data-bbox="430 1097 1436 1321">การพัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผลบนอุปกรณ์พกพา รวมถึงสถาปัตยกรรมด้านซอฟต์แวร์ และระบบสนับสนุน การแทนข่าวสาร การเผยแพร่และการจัดการ การจัดการที่อยู่ การทำงานร่วมกันและการกู้คืน เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย โพรโทคอลของเครือข่ายแบบที่ทันสมัย และการทำงานของโพรโทคอลที่ซีพีในสภาพแวดล้อมแบบไร้สาย</p> <p data-bbox="430 1332 1436 1594">Development of mobile applications, software architecture and support systems, information representation and publishing, address management, collaboration and recovery process, wireless communication technology, modern network protocols and TCP protocol operations in wireless environments.</p>	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3307	<p data-bbox="430 224 766 268"><b>การเขียนโปรแกรมเครือข่าย</b></p> <p data-bbox="430 291 766 336"><b>Network Programming</b></p> <p data-bbox="430 358 1276 448">รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา</p> <p data-bbox="430 470 1436 739">การเขียนโปรแกรมติดต่อระหว่างโพรเซส เทคนิคในการทำงานร่วมกันระหว่างโพรเซส การบริหารหน่วยความจำขั้นสูง การจัดการกับระบบไฟล์ ความมั่นคงในการทำงานแบบไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ โพรเซสแบบมัลติเธรด การพัฒนาแอปพลิเคชัน การกำหนดความสำคัญกับเธรด การเขียนโปรแกรมไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์โดยใช้วินโดวส์ซอกเก็ต การใช้เนมไปป์ในการสื่อสารระหว่างโพรเซส การใช้งานคอมโพเนนต์แบบกระจาย</p> <p data-bbox="430 761 1436 1030">Processes communication, processes inter-connection programming techniques, advanced memory management, file system management server stability, multithreaded processes, application development, thread priority, window socket for client-server, name pipes communication, distributed components.</p>	3(2-2-5)
CPE3309	<p data-bbox="430 1075 829 1120"><b>การเขียนโปรแกรมบนระบบยูนิกซ์</b></p> <p data-bbox="430 1142 829 1187"><b>Unix System Programming</b></p> <p data-bbox="430 1209 1276 1299">รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE1201 หลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และ การแก้ปัญหา</p> <p data-bbox="430 1321 1436 1590">การเขียนโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ การเขียนโปรแกรมในระดับของระบบปฏิบัติการ ประกอบด้วย การเขียนโปรแกรมเชลล์ การใช้งานซิสเต็มคอลล์ ระบบไฟล์และไดเรกทอรี การประมวลผลไฟล์ การสร้างโพรเซส การควบคุมโพรเซส การส่งสัญญาณ การติดต่อกับเทอร์มินอล การสร้างเดมอนโพรเซส และการติดต่อระหว่างโปรแกรม</p> <p data-bbox="430 1612 1436 1823">Programming on UNIX environment, UNIX OS programming, shell, system call, file and directory, file processing, processing programming, handing processes, sending process signal, terminal interfaces, demon processes, program interface.</p>	3(2-2-5)



รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4305	<p data-bbox="443 235 826 280"><b>ความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์</b></p> <p data-bbox="443 302 705 347"><b>Computer Security</b></p> <p data-bbox="443 358 1445 683">การรักษาความมั่นคงในระบบคอมพิวเตอร์ การออกแบบนโยบายความมั่นคง การแบ่งกลุ่มของข้อมูลและการควบคุมการเข้าถึง การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของความมั่นคง การแบ่งส่วนเครือข่าย การวิเคราะห์ความเสี่ยง เครือข่ายส่วนตัวเสมือน การเพิ่มความแข็งแกร่งให้ระบบ การประเมินหาจุดอ่อน ระบบการตรวจสอบและป้องกันผู้บุกรุก ไฟล์วอลล์ ความมั่นคงในระดับแอปพลิเคชัน โครงสร้างพื้นฐานของกุญแจสาธารณะ การบริหารความมั่นคง และไวรัสคอมพิวเตอร์</p> <p data-bbox="443 705 1445 974">Computer system security, security policy, design data segmentation and access control, infrastructure design, network segmentation, risk analysis, virtual private network, stability network improvement, detection and protection system firewall, application-level stability, public key infrastructure, security management, computer viruses.</p>	3(2-2-5)
CPE4306	<p data-bbox="443 1030 785 1075"><b>ความมั่นคงในระบบเครือข่าย</b></p> <p data-bbox="443 1097 679 1142"><b>Network Security</b></p> <p data-bbox="443 1153 1445 1534">การบุกรุกและการรักษาความมั่นคงในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยระบบการรักษาความมั่นคงเบื้องต้น การเข้ารหัสลับ ทั้งในระบบกุญแจเดี่ยว และระบบกุญแจคู่ รวมไปถึงเรื่องลายเซ็นดิจิทัล โดยครอบคลุมถึงการพิสูจน์สิทธิ์ การยืนยันตัวบุคคล การรับรองสิทธิ์ ใบรับรองสิทธิ์ และการบริหารระบบกุญแจรวม ระบบแม่แบบปลอดภัย ระบบเครือข่ายไอพีที่มีการเข้ารหัส การบุกรุกที่อาจเกิดขึ้นในระบบเครือข่าย รูปแบบของการบุกรุก การป้องกันโดยใช้ระบบ ไฟล์วอลล์ และซอฟต์แวร์รักษาความมั่นคง</p> <p data-bbox="443 1556 1445 1874">Intrusion and security in computer networks, basic security system encryption, both single-key and dual-key systems, and digital signatures, authentication and identification, verification, digital certificate, and integrated key management, secure mailing system, encrypted IP network, intrusions network pattern, Intrusion System protection, firewall, and security software.</p>	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4311	<b>เครือข่ายไร้สาย</b> <b>Wireless Networks</b> รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : SCT0004 ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การสื่อสารแบบไร้สาย เครือข่ายการสื่อสารข้อมูล ระยะใกล้แบบไร้สาย เทคโนโลยีมาตรฐานและส่วนประกอบของเครือข่าย การควบคุมการใช้สื่อแบบไร้ สายสถาปัตยกรรมทางกายภาพแบบไร้สาย การออกแบบระบบ และการใช้งานเครือข่ายการสื่อสารระยะใกล้แบบไร้สาย อินเทอร์เน็ตแบบเคลื่อนที่ เครือข่ายไร้สายแบบหลายสื่อ Introduction to wireless communication, wireless sensing communication, standard technologies and network components, wireless controlling, wireless physical architecture, wireless system design, and wireless near field communication (NFC), mobile Internet, multi-media wireless networks.	3(2-2-5)
CPE4503	<b>เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1</b> <b>Selected Topics in Computer Engineering I</b> เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในระดับปริญญาตรี ในหัวข้อพิเศษ เทคโนโลยีเกิดใหม่ การแก้ปัญหาทางชุมชน หรือในบริบทของ ปัญหาที่มีการร่วมแก้ไขจากสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ Computer engineering topic at undergraduate level, special problems, emerging technology, local community problem or cooperative and work integrated education context (CWIE).	3(2-2-5)
CPE4504	<b>เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 2</b> <b>Selected Topics in Computer Engineering II</b> เรื่องเฉพาะทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ในระดับปริญญาตรี ในหัวข้อพิเศษ เทคโนโลยีเกิดใหม่ การแก้ปัญหาทางชุมชน หรือในบริบทของ ปัญหาที่มีการร่วมแก้ไขจากสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ Computer engineering topic at undergraduate level, special problems, emerging technology, local community problem or cooperative and work integrated education context (CWIE).	3(2-2-5)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE3601	<p><b>การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์</b></p> <p><b>Pre – Practicum in Computer Engineering</b></p> <p>กิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อม การปรับบุคลิกภาพ การปรับตัว การเขียนรายงาน ก่อนออกฝึกงานในด้านการรับรู้ลักษณะและโอกาสของการประกอบอาชีพ การพัฒนาตัว ผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ แรงจูงใจ และคุณลักษณะที่เหมาะสมกับวิชาชีพโดยการ กระทำในสถานการณ์หรือรูปแบบต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานในวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์</p> <p>Activities to prepare personality of the students, personality adjustment, writing reports before an internship in the perception and opportunities of the occupation. The development of the student provides knowledge, skills, attitudes, motivations, and attributes. The skill are appropriate for the professional by performing in different situations or patterns related to tasks in computer engineering.</p>	2(90)
CPE3602	<p><b>การฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์</b></p> <p><b>Practicum in Computer Engineering</b></p> <p>รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน : CPE3601 การเตรียมฝึกงานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์</p> <p>นักศึกษาได้ออกฝึกงานในสถานประกอบการหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่สัมพันธ์กับงาน ด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 1 ภาคการศึกษา โดยได้รับความเห็นชอบ จากกรรมการของคณะวิชา</p> <p>Students have been interned in an establishment or industrial facility associated with computer engineering or IT fields within one semester, approved by the computer engineering committee.</p>	5(225)

รหัส	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
CPE4601	สหกิจศึกษา	7(315)

### Co-Operative Education

การปฏิบัติงานจริงในองค์กรหรือสถานประกอบการ 1 ภาคเรียน โดยนักศึกษามีหน้าที่รับผิดชอบในองค์กรหรือสถานประกอบการอย่างแน่นอนเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การปฏิบัติงานดังกล่าวนี้ต้องเป็นงานหรือตำแหน่งที่นักศึกษาได้นำความรู้และศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ในเชิงวิจัยพัฒนาจากตามหลักวิชาการที่ได้ศึกษาในสถานศึกษาไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงสำหรับแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานนักศึกษาดำเนินการจัดทำรายงานและนำเสนอผลการปฏิบัติงาน

Students are certainly responsible for the organization or establishment as if one was an employee of the establishment. This must be a job or position where students have developed research engineering knowledge and professors based on academic principles studied in educational institutions to practical work for sustainable problem solving. Upon completion of the operation, students must prepare a report and present the performance.

ภาคผนวก ญ

สำเนาผลงานวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่ของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรมีผลงานวิชาการตีพิมพ์ เผยแพร่ (5 ปี ย้อนหลัง) ดังนี้

- |                                    |            |                |
|------------------------------------|------------|----------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาวุฒิ  | ธนาภาณิชย์ | จำนวน 2 รายการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิพงษ์ | ดวงตั้ง    | จำนวน 3 รายการ |
| 3. อาจารย์ ดร.กฤตกรณ์              | ศรีวันนา   | จำนวน 1 รายการ |
| 4. อาจารย์ ดร. มยุร                | ไยบัวเทศ   | จำนวน 3 รายการ |
| 5. อาจารย์ อธิคม                   | ศิริ       | จำนวน 2 รายการ |

ชื่อ – สกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์

ตำแหน่งทางวิชาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

Thanawut Thanavanich; Mayoona Yaibuates; Pheeradon Suchaya. (2021). "Improving the Accuracy of Forecasting PM2.5 Concentrations With Hybrid Neural Network Model," *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering*, pp. 18-22, doi: 10.1109/ECTIDAMTNCON51128.2021.9425724.

Thanawut Thanavanich. (2018). Energy-aware and Performance-aware of Workflow Application with Hybrid Scheduling Algorithm on Cloud Computing. *2018 22<sup>nd</sup> International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*. 21-24 Nov 2018. Chiang Mai, Thailand.

# Improving the Accuracy of Forecasting PM<sub>2.5</sub> Concentrations With Hybrid Neural Network Model

Thanawut Thanavanich<sup>1</sup>, Mayooy Yaibuates<sup>2,\*</sup> and Pheeradon Suchaya<sup>3</sup>  
School of Computer and Information Technology, Chiangrai Rajabhat University  
80 M.9 Bandu Mueang Chiangrai Thailand 57100  
Email : thanawut.tha@crju.ac.th<sup>1</sup>, mayooy.yai@crju.ac.th<sup>2,\*</sup>, pheeradon.suc@crju.ac.th<sup>3</sup>  
\* Corresponding author : mayooy.yai@crju.ac.th

**Abstract**—The problem of substandard air quality in northern Thailand has been found over the past decades. One of the current methods used by the government agencies to mitigate the problem is to release the burning control measures. A forecasting technique has been widely used as an effective approach for supporting government agencies to set the period for the measures. In this work, we present a forecasting model using hybrid neural networks consisting of two-steps of forecasting outputs. The proposed method uses a neural network model to forecast PM<sub>2.5</sub> concentrations and also improves the accuracy of forecasting with the linear regression technique. The experimental results show that the proposed method is able to reduce the mean absolute error of forecasting PM<sub>2.5</sub> concentrations from 1.95 to 0.41. Therefore, the proposed method not only effectively uses to forecast the PM<sub>2.5</sub> concentrations but also apply to achieve a time-series prediction in a similar context.

**Index Terms**—Hybrid Neural Network, Forecasting Model, PM<sub>2.5</sub>, Multi-layer Perceptron

## I. INTRODUCTION

Air pollution problem during the harvest season in northern Thailand has reported that a pollution index exceeds the quality standard for many decades. The problem take meaningfully effect on human health such as irritation, bronchitis, asthma, and emphysema, etc. One of the most important air quality indexes is PM<sub>2.5</sub> (Particulate Matter with aerodynamic diameter below 2.5 micrometers). The main causes of PM<sub>2.5</sub> problems are forest fires, road dust, construction, and diesel soot especially burning problems that come from planting preparation [1]. For the preliminary solution, the government agencies has released the measures to control burning during allowed period. There are many previous works that proposed the use of forecasting approach [2] to predict a time-series of PM<sub>2.5</sub> level. They adopted various models of forecasting [3] such as statistic, deterministic, artificial intelligence and hybrid to achieve the problem. The result of the proposed method can increase the ability to plan the measures of burning control in planting preparation leading to reduce PM<sub>2.5</sub> effectively.

In this paper, we proposed a forecasting model that is implemented by a hybrid neural networks model. We present two-steps forecasting consists of traditional neural network step and linear regression coefficient bias step. Firstly, the meteorological and spatial factors use as input parameters collected for three years continuously. Although a neural network

approach can efficiently predict the PM<sub>2.5</sub> concentrations, the first results need to adjust by weighting the regression coefficient value for the final output. The experimental results show that the predictive PM<sub>2.5</sub> of the proposed model can improve the accuracy from the traditional approach significantly. The paper is organized as follows. Section 2 reviews the related work. The models included the data model, forecasting model, and improving model presented in Section 3. The experimental results showed and discussed in Section 4. In Section 5, we present the paper conclusion.

## II. RELATED WORK

The forecasting model is widely applied to achieve time-series prediction in various areas, such as financial, marketing, network [4], and environment domains. Several approaches are presented to deal with the problem. The approaches can be categorized as statistical, deterministic, artificial intelligence, and hybrid. The traditional statistic methods have been proposed for solving linear and non-linear problems [5]. The proposed models are applied by a statistical approach such as EKF [6], ARIMA [7], and ARIMAX [8]. This approach has average accuracy for long-term forecasting, but it may continuously decrease forecasting performance for a long time. The deterministic model is also applied to predict the environmental problem. This method needs more computational resources than the other one, although it produces similar performance compared with statistical methods. Artificial intelligence techniques, such as artificial neural networks, meta-heuristic methods, were attained to predict complex systems with good performance and great accuracy. Many previous studies applied artificial intelligence techniques, including artificial neural networks [9] [10] [11], machine learning [12], particle swarm optimization [13], and genetic algorithm [14]. The artificial intelligence approach delivers better forecasting performance and also utilizes computing resources more than another one. The hybrid model is another popular approach to accomplish the forecasting problem. The hybrid approach is not only a long-term nonlinear problem, but the model also improves forecasting performance and achieves the same high accuracy as the other methods mentioned above. The study applied by hybrid model includes cluster-based [15], ANN with multiple linear regression [16].



### III. MODELS

In this section, we present the hybrid model adopted based on a multi-layer perceptron (MLP) neural network and linear regression bias. The neural network model is consists of three network layers 1) an input layer, 2) hidden layers, and 3) a result layer. This model is base on the supervisor training process that needs to learn the training procedure before testing. The input parameters passed through the neural networks from the input layer to other layers until the output layer. After that, the predicted result of the first step send to the next step to be adjusted by weighting the regression coefficient before the final value is presented.

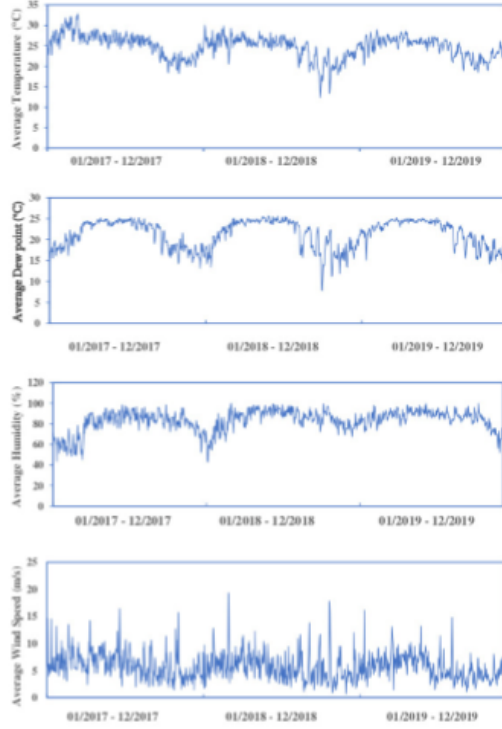


Figure 1. Time series in 2017 to 2019 of temperature, dew point, humidity, and wind velocity in Chiangrai province (Thailand).

#### A. Data

The input parameters continuously collected from BerkeleyEarth.org and WeatherUnderground.com for three years from 2017 to 2019. The parameters are consist of  $PM_{2.5}$ , temperature, dew point, humidity, and wind speed as shown in Figure 1. The data preparation process consists of three steps: 1) collection step is to collect the factors that affected the  $PM_{2.5}$  concentrations, 2) data filtering is to

correct the incomplete information found in the collected data and 3) transformation step is to transform the information obtained from the website or other source to computable format such comma separate value (CSV) for input to the simulation.

#### B. Neural network model

A multi-layer perceptron model obtains various the related factors for analyzing the relationship of them. The forecasting model applied in this work is shown in (1). The first layer of the model uses the parameters as the inputs. Let  $X$  be the set of parameters, consisting of  $x_i$ , represented by each factor to be processed.

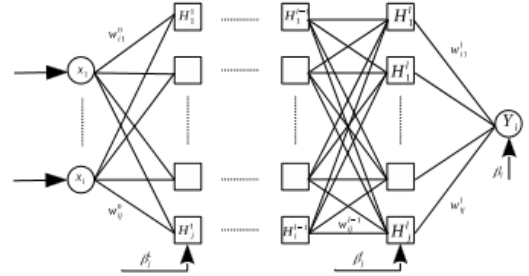


Figure 2. Multiple hidden layer neural network model

$$Y_i = \sum_{j=1}^{N_i} w_{ij}^l H_j^l + \beta_i \quad (1)$$

Let  $Y_i$  denote the predicted  $PM_{2.5}$  level calculated by combination of  $w_{ij}^l$  weight of the hidden node  $j$  of the layer  $l$  that send the output to hidden node  $i$  of next layer and  $\beta_i$  bias neural of hidden node  $i$  of the output  $Y_i$ .

$$H_j^l = \sum_{i=1}^{N_{i-1}} w_{ij}^{l-1} H_i^{l-1} + \beta_j^l \quad (2)$$

The model of  $H_j^l$  hidden node  $i$  of the layer  $l$  can be expressed as (2). The hidden node of each layer can recursively calculated by  $w_{ij}^{l-1}$  weight of the hidden node  $j$  of the previous layer  $l-1$  and bias neural  $\beta_j^l$  of hidden node  $i$  in the layer  $l$ .

$$H_j^1 = \sum_{i=1}^{N_i} w_{ij}^0 x_i + \beta_j^1 \quad (3)$$

There is the model for each hidden node of the first layer  $H_j^1$ . The  $H_j^1$  can obtain from (3). The hidden node in the first layer  $H_j^1$  can be applied by  $w_{ij}^0$  weight of each input parameter  $j$  input to the hidden node  $i$ .

#### C. Improving method

After, the  $PM_{2.5}$  level predicted from the artificial neural network prediction process. The results are analyzed with a linear regression technique to determine the trendline. The trend line is consists of a regression coefficient  $\omega_l$  and a

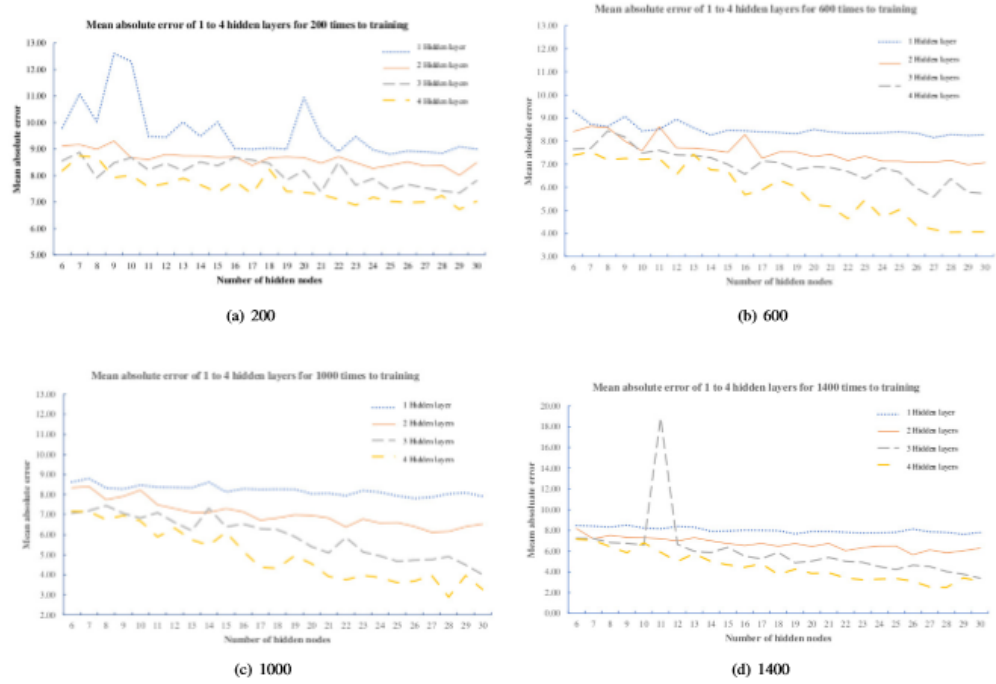


Figure 3. MAE of learning from 200 to 1400 training cycles

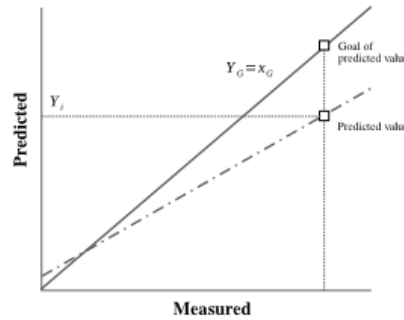


Figure 4. Concept of improving the forecasting performance

correlation  $\varepsilon_t$ . The actual measured value and the predicted value must be approximately the same. The prediction target is equal to  $Y_G \simeq Y_i$ , where  $Y_G$  is the goal of the predicted value close to the measured value, and  $Y_i$  is the prediction value of the empirical value. The concept of enhancing method shows in Figure 4. The efficient forecasting model should have a regression coefficient of 1.

$$x_G = \frac{Y_i \pm b_t}{c_t} \quad (4)$$

The relationship of  $Y_i$  and  $x_G$ , where  $x_G$  is the observed value (as shown in (4)). Let  $c_t$  denote the regression coefficient of the trend line and  $b_t$  is the correlation of the trend data.

$$Y_i = \omega_t Y_i \pm \varepsilon_t \quad (5)$$

Finally, the improved predicted value ( $Y_i$ ) calculated from the regression coefficient ( $\omega_t$ ) based on neural network modeling and correlation ( $\varepsilon_t$ ) that weighted by the regression coefficient of empirical model. The coefficient of the improved model ( $\omega_t$ ) obtained from the inversed regression coefficient  $1/c_t$  and  $\varepsilon_t$  also calculated from the correlation weighted by the coefficient  $b_t/c_t$ .

#### D. Performance Evaluation

For forecasting problems, there are many approaches to evaluate the accuracy of the performance model. The *Root Mean Square Error (RMSE)* is one of the normally used for measuring accuracy. The RMSE is calculated according to in (6).

$$RMSE = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - m_i)^2 \right)^{1/2} \quad (6)$$

Let  $N$  be the number of the data record,  $p_i$  is the predicted value and  $m_i$  is the measured value.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |m_i - p_i| \quad (7)$$

Another measurement metric used in this work is the *Mean Absolute Error (MAE)* is defined as (7).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N [p_i - \bar{m}]^2}{\sum_{i=1}^N [m_i - \bar{m}]^2} \quad (8)$$

Let  $\bar{m}$  be the average value of the measured value. The *Correlation Factor ( $R^2$ )* is defined as (8). The measurement metric ( $R^2$ ) applies for indicating the amount of systemic error of the proposed model. In the next section, the experimental results of the model were presented.

#### IV. RESULT AND DISCUSSION

In this section, we present the results of multi-layer neural networks to study the ability of forecasting performance. Firstly, we split the collected data into two groups. The training data is the group for the learning process, and the group takes 70% of the collected data and the remainder data used for evaluating the proposed model. The analysis process used *Mean Absolute Error (MAE)* as the performance metric for determining the number of hidden nodes and the number of the hidden layer. In the experiment process, we have set up the experiment by adjusting the number of hidden nodes from 6 to 30 nodes of each layer and the number of hidden layers from 1 to 4 layers.



Figure 5. Performance evaluation of the first step forecasting

The predicted values of  $PM_{2.5}$  of the experiments were used to compare the testing data set with the *MAE* value. After that, we evaluate the performance of the model with the *MAE* value. The proposed model obtain from the minimum *MAE* level of all configurations. For experimental setting with 200 cycles of training, Figure 3(a) show that the neural network model consists of four hidden layers of 29 nodes take the minimum *MAE* equal to 6.72. Figure 3(b) show the minimum *MAE* is 4.05 of the number of 600 learning cycles. The model consists of four hidden layers of 28 nodes. For 1000 learning

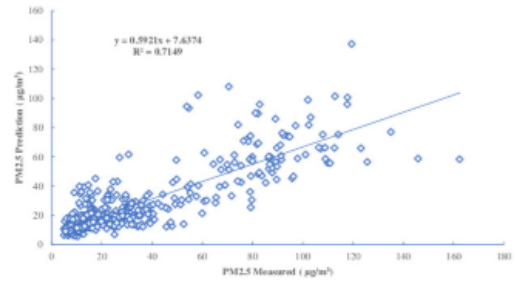


Figure 6. The linear trend of  $PM_{2.5}$  of neural networks

cycles configuration, the minimum *MAE* is 2.89 (as shown in Figure 3(c)) with four hidden layers of 28 nodes of each layer. As shown in Figure 3(d), the experimental results show that the minimum *MAE* of a forecasting model consists of four hidden layers of 28 nodes with 1400 training cycles are 1.98.

We present the prediction performance of each training cycles that start from 200 to 1400 training cycles in Figure 5. The forecasting performance has shown that obtained by the best configuration with the number of hidden nodes and hidden layers. As shown in Figure 5, we found that the prediction performance has converged to the best-effort of learning at 1200 to 1400 training cycles. Therefore, we applied the configuration with four hidden layers of 28 nodes for each layer for training, and then the experimental predicted results show in Figure 6. According to the experimental results shown in Figure 6, it was presented that the proposed model was appropriately used to predict  $PM_{2.5}$  concentrations. The prediction value was obtained by the training effort and greater stability with multiple training cycles. The candidate model was selected from the use of the minimum value of *MAE* as a criterion. In Figure 6, the predicting performance, marking dot, and trend line obtained by observing the predicted value and the measured value presented.

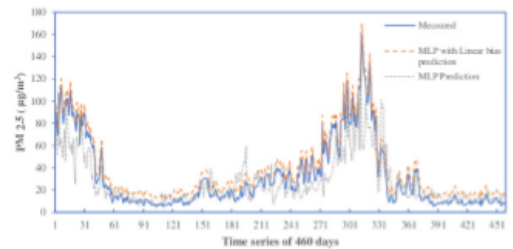


Figure 7. Comparing the performance of each method

The prediction performance of the model as shown in Figure 7. This figure consists of three value of observing  $PM_{2.5}$  value: 1) the solid line presents the measured value, 2) the gray

dotted line presents the prediction value from the best-effort of the empirical model, and 3) the orange the dotted line presents the improved prediction value with bias coefficient value. As we mentioned above, the average MAE of the best effort from the neural model is 1.95. As shown in Figure 7, the average prediction value has lower than the measured value, but the enhanced prediction values found that they have the same as the actual measured value. The prediction performance of the improved method has an MAE of 0.41. The presented method can significantly improve the predictive performance.

#### V. CONCLUSION

In this paper, we present the hybrid neural network for forecasting  $PM_{2.5}$  value using the data set of Chiangrai province, Thailand. The proposed two steps model is used as analytic tools to improve forecasting accuracy. We present the empirical model of the traditional neural networks that provide acceptable predictions of  $PM_{2.5}$  concentrations in the first step. The best-effort of the model has a minimum MAE value with 4 hidden layers of 28 nodes for each layer. In addition, we also propose an improving method to reduce the MAE of the prediction value as much as possible. The simulated results show that the prediction value provides the essential improvement of MAE compared with the best-effort of the neural network model. Finally, we suggest that the training time and cycle should be reduced for obtaining the prediction model, and the prediction model needs to use the local context as an input factor for the learning process.

#### REFERENCES

- [1] Siwatt Pongpiachan, Mattanawadee Hattayanone and Junji Cao, "Effect of agricultural waste burning season on PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in Northern Thailand," *Atmospheric Pollution Research*, Vol. 8, No. 6, pp.1069-1080, 2017.
- [2] Nigel Meade and Towhidul Islam, "Technological Forecasting-Model Selection, Model Stability, and Combining Models," *AManage. Sci.L.*, Vol. 44, No.8, pp.1115-1130, 1998, doi:<https://doi.org/10.1287/mnsc.44.8.1115>.
- [3] Hui Liu and Chao Chen, "Prediction of outdoor PM2.5 concentrations based on a three-stage hybrid neural network model," *Atmospheric Pollution Research*, Vol. 11, No. 3, pp.469-481, 2020.
- [4] M. Yaibuates and R. Chaisrichareon, "Starvation Delayed DHCP Service for Enabling Pool Recovery," *Malaysian Journal of Computer Science*, Special Issue 2-2019, pp.15-34, 2019, doi: <https://doi.org/10.22452/mjcs.sp2019no2.2>.
- [5] Spyros Makridakis, Evangelos Spiliotis, Vassilios Assimakopoulos, "Statistical and Machine Learning forecasting methods: Concerns and ways forward," *PLoS ONE*, Vol. 13, No. 3, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194889>.
- [6] R. Adnan, F. A. Ruslan, A. M. Samad and Z. Md Zain, "Extended Kalman Filter (EKF) prediction of flood water level," *2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium*, Shah Alam, Selangor, pp.171-174, 2012, doi: 10.1109/ICSGRC.2012.6287156.
- [7] G.Peter Zhang, "Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model," *Neurocomputing*, Vol. 50, pp.159-175, 2003.
- [8] Liu, T., Lau, A. K. H., Sandbrink, K., and Fung, J. C. H., "Time series forecasting of air quality based on regional numerical modeling in Hong Kong," *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 123, pp.4175-4196, 2018, doi:<https://doi.org/10.1002/2017JD028052>.
- [9] J.B. Ordieres, E.P. Vergara, R.S. Capuz, R.E. Salazar, "Neural network prediction model for fine particulate matter (PM2.5) on the US-Mexico border in El Paso (Texas) and Ciudad Juárez (Chihuahua)," *Environmental Modelling Software*, Vol. 20, No. 5, pp.547-559, 2005.
- [10] Xiao Feng, Qi Li, Yajie Zhu, Junxiong Hou, Lingyan Jin, Jingjie Wang, "Artificial neural networks forecasting of PM2.5 pollution using air mass trajectory based geographic model and wavelet transformation," *Atmospheric Environment*, Vol. 107, pp.118-128, 2015.
- [11] M.A. Elangasinghe, N. Singhal, K.N. Dirks, J.A. Salmond and S. Samarasinghe, "Complex time series analysis of PM10 and PM2.5 for a coastal site using artificial neural network modelling and k-means clustering," *Atmospheric Environment*, Vol. 94, pp.106-116, 2014.
- [12] N. I. Sapankevych and R. Sankar, "Time Series Prediction Using Support Vector Machines: A Survey," *IEEE Computational Intelligence Magazine*, Vol. 4, No. 2, pp.24-38, 2009, doi: 10.1109/MCI.2009.932254.
- [13] E. Hadavandi, A. Ghanbari and S. Abbasian-Naghneh, "Developing a Time Series Model Based on Particle Swarm Optimization for Gold Price Forecasting," *2010 Third International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*, Hong Kong, pp.337-340, 2010, doi: 10.1109/BIFE.2010.85.
- [14] R. Chuentawat and Y. Kan-ngan, "The Comparison of PM2.5 forecasting methods in the form of multivariate and univariate time series based on Support Vector Machine and Genetic Algorithm," *2018 15th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Chiang Rai, Thailand, pp.572-575, 2018, doi: 10.1109/ECTICon.2018.8619867.
- [15] S. Mahajan, H. Liu, T. Tsai and L. Chen, "Improving the Accuracy and Efficiency of PM2.5 Forecast Service Using Cluster-Based Hybrid Neural Network Model," *IEEE Access*, Vol. 6, pp.19193-19204, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2820164.
- [16] Fabio Biancofiore, Marcella Busilacchio, Marco Verdecchia, Barbara Tomassetti, Eleonora Aruffo, Sebastiano Bianco, Sinibaldo Di Tommaso, Carlo Colangeli, Gianluigi Rosatelli and Piero Di Carlo, "Recursive neural network model for analysis and forecast of PM10 and PM2.5," *Atmospheric Pollution Research*, Vol. 8, No. 4, pp. 652-659, 2017.

# Energy-aware and Performance-aware of Workflow Application with Hybrid Scheduling Algorithm on Cloud Computing

Thanawut Thanavanich

School of Computer and Information Technology, Chiangrai Rajabhat University  
80 M.9 Bandu Mueang Chiangrai Thailand 57100  
thanawut.tha@cruu.ac.th

**Abstract**—Energy consumption and scheduling performance are the important issues for improving task scheduling algorithm of executing cloud application in the data center. In this work, we proposed a scheduling algorithm that achieves both performance and energy efficiency, it called GAEHFET. The objective of the proposed algorithm is to reduce the energy consumption while achieving the completion time efficiently. The algorithm adopted the ratio of effectiveness that identifies and turns off the set of inefficient processors execution to reduce energy consumption. Then, the application is rescheduled only the set of efficient processors to achieve both objectives. The experimental results from the simulation using real-world application workload shows that the proposed algorithm not only reduces the energy consumption but also maintains an acceptable scheduling quality. Thus, the proposed algorithm can be employed to substantially schedule cloud application in a large computing system.

**Index Terms**—Energy-aware and performance-aware, Hybrid scheduling algorithm, Cloud Computing

## I. INTRODUCTION

In recent years, the need of using cloud system is widely increased in scientific and business domain. The cloud systems are able to compute various applications such as data processing and data analysis. The cloud system provides a large of computing resources with the virtual unlimited of processing capacity, memory capacity and network bandwidth. The computing resources in the cloud infrastructure are virtualized by the virtualization technology that enables the distributed resources to a single system. The efficient task scheduler is the most important factor for obtaining the large computing power from the cloud resources. In general, the goal of traditional scheduling algorithm is to reduce the completion time of task execution. However, in a cloud system, the performance of task execution is not only considered as the main factor of the suitable task scheduling but also the energy consumption of task execution that consumed by the processors. Because of the cloud

application that assigned on many processors inefficiently, there are processors executes with low utilize. Therefore, the inefficient execution of processors resulted in wasted energy in the data center. Moreover, the recent works [1] [2] found that the energy cost is raising double every five years in the data center. In this paper, we proposed an efficient scheduling algorithm with a hybrid approach, it called GAEHEFT that helps to reduce energy consumption and maintain the execution time. The proposed algorithm applied the ratio of the effectiveness [4] of previous research for identifying an inefficient processor running. The paper is organized as follows. Section 2 presents the related work. The various model of task scheduling such as system model, application model, energy model and scheduling model are described in Section 3. Section 4 presents the proposed algorithm. Section 5 and 6 present the experimental results and the paper conclusion, respectively.

## II. RELATED WORK

There are several workflow scheduling techniques that proposed to enhance the scheduling performance and energy consumption of workflow execution. A dynamic voltage and frequency scaling (DVFS) often used to enhance these scheduling algorithms for reducing the energy consumption. The DVFS technique enables a processor to scale the voltage and frequency dynamically for increasing the processor utilization of workflow execution. Energy-Efficient Scheduling (EES) [5] algorithm scales down the frequency of processors that assigned by tasks on the non-critical path of workflow. The DPS (decisive path scheduling) method applied in Energy-Aware DAG scheduling (EADAGS) [7] algorithm. The proposed method evaluates the energy consumption from the assigned processors to extends the slack time of task on the non-critical path with adjusting the voltage level of these processors. In [6], Earliest Task First (ETF) algorithm estimates the level of voltage and frequency from pre-scheduling data e.g. a set of critical task, the

schedule length, and the energy consumption before rescheduling the workflow with the suitable voltage and frequency level of the processor execution. Energy-conscious scheduling (ECS) [8] algorithm calculates tradeoff value, it called RS (relative superiority), between schedule performance and energy consumption for improving the energy usage and maintaining the completion time. In [9], Power-aware scheduling of precedence-constrained task (PASTA) computes the balance point of two objectives that are to minimize the schedule length and energy consumption. For real-time task scheduling, PL-DVFS [11] algorithm attempts to maintain the quality of service while considering tasks deadlines. The efficient scheduling algorithm in [12] obtains relative weighted average assignments for tasks to achieves energy consumption constraint and the schedule length. In addition, there are some techniques that attempt to enhance the scheduling performance with minimizing the communication time from duplicating the tasks. The EAMD (energy-aware scheduling by minimizing duplication) [10] struggles with determining and deleting the duplicated task from generating with algorithms.

However, many previous works that proposed to enhance the workflow scheduling performance require special hardware supports. Therefore, in this work, the proposed algorithm can be applied to use in a heterogeneous environment (both traditional processor and DVFS). Moreover, the proposed algorithm, it uses a hybrid technique, combines with a list-based heuristic and genetic algorithm for achieving both scheduling performance and energy efficiency.

### III. MODELS

In this section, we present the models of workflow scheduling problem on the cloud included cloud system model, cloud application model, energy consumption model and scheduling model.

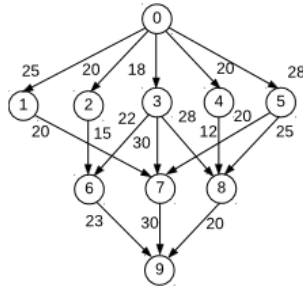


Figure 1: Directed acyclic graph represents a task graph

#### A. System Model

In this work, a cloud system is considered as a set of heterogeneous machines that completely connected each processor with network bandwidth  $B$  where  $B$  is a set of bandwidth  $b_{ij}$  represents a network bandwidth that connects the processors  $p_i$  and  $p_j$ . Let  $P$  denotes a set of  $p_i$  processor that perform with different voltage  $v_i$  and frequency  $f_i$ . In addition, we assume that sending data to each processor can communicate to other processors while the processor is executing a task. The model, in this work, can apply to the various platform such as cloud computing or distributed computing with configuring one virtual machine on one physical machine.

#### B. Application Model

A workflow application is represented by a directed acyclic graph (DAG) that shown in Fig 2. Graph  $G = (V, E)$  consists of  $V$  is a set of vertices  $t_i$  that represents each task of the workflow, labeled with computation time, and  $E$  is a set of edges  $e_{ij}$  that also represents the communication time of sending data from task  $t_i$  to task  $t_j$ . In the task graph, we specify the entry task ( $t_{entry}$ ) is the task without precedence and the exit task ( $t_{exit}$ ) is the task without successor. The completion time, makespan, obtains from the finish time of the exit task. The longest of execution path in the task graph called the critical path (CP).

#### C. Scheduling Model

The workflow scheduling problem is defined by many important parameter and notations that take effect the processing time. Firstly, the execution time and communication time need to be estimated from the ratio of workload to computing power and the ratio of data size to bandwidth. All of estimated task execution  $W$  represented by the computation cost matrix  $t_i \times p_j$ . Each  $w_{ij}$  is the estimated execution time of task  $t_i$  that assigned on processor  $p_j$ . The average of computation cost for task  $t_i$  can defines as  $\bar{w}_i$  that can obtains from equation 1.

$$\bar{w}_i = \frac{\sum_{i \in p_j} w_{ij}}{|P|} \quad (1)$$

The communication time of task denoted as  $c_{ij}$  where communication time of transferring data from task  $t_i$  to  $t_j$ . In this work, we assume that the communication cost can be ignored when both tasks are assigned to the same processor. The communication time can be defined in equation 2.

$$c_{ij} = L_i + \frac{t_{mn}}{b_{ij}} \quad (2)$$

Let  $t_{mn}$  represents the data that transfer from task  $t_m$  to  $t_n$  on processor  $p_i$  and processor  $p_j$  with bandwidth  $b_{ij}$ , and  $L_i$  denotes the communication latency of

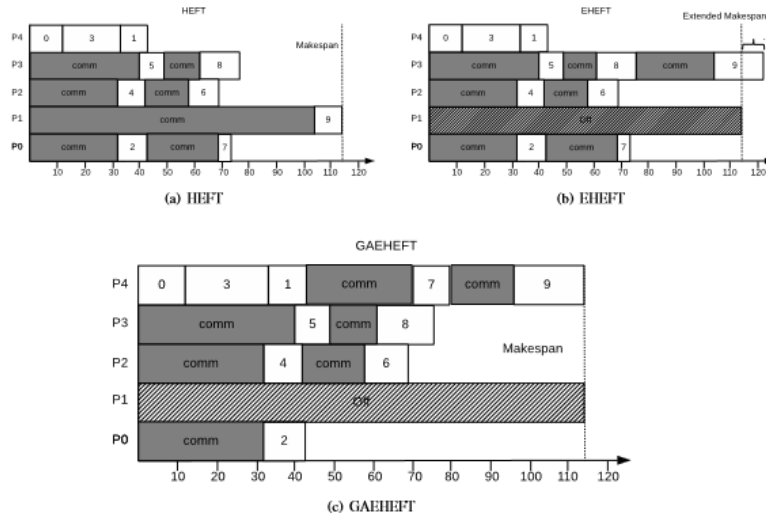


Figure 2: Example of scheduling workflow with HEFT, EHEFT, GAEHEFT

processor  $p_i$ . Next, we define two importance parameters, the earliest start time  $EST_{ij}$  and the earliest finish time  $EFT_{ij}$ . For entry task, ( $t_{entry}$ ), the earliest start time is *zero* and other tasks can calculate recursively from equation 3.

$$EST_{ij} = \max \{ RT_j, \max_{t_m \in prec\{t_i\}} (AFT(t_m) + c_{ij}) \} \quad (3)$$

And,  $EFT_{ij}$  can obtain from equation 4.

$$EFT_{ij} = w_{ij} + EST_{ij} \quad (4)$$

Let  $RT_j$  be a ready time of processor  $p_j$ . The ready time used to compute the earliest time of the processor before executing a successor task. Let  $prec\{t_i\}$  be a set of precedence of task  $t_i$ . After the workflow scheduled, the schedule length (which is also called **makespan**) is computed from the actual finish time  $AFT$  of the exit task,  $AFT(t_{exit})$ . Thus, the makespan of scheduling is defined as  $\max\{AFT(t_{exit})\}$ .

#### D. Energy Consumption Model

The energy consumption of each processor  $E_{total}$  included the dynamic energy consumption  $E_{dynamic}$ , static energy consumption  $E_{static}$ , and idle task execution  $E_{idle}$ . We assume that the static energy consumption can be ignore because the static consumption has a little impact of total energy consumption. Therefore,

the total energy consumption can be defined by equation 5.

$$E_{total} = E_{dynamic} + E_{idle} \quad (5)$$

The dynamic energy consumption computed from equation 6.

$$E_{dynamic} = P_{dynamic} \Delta w_{ij} \quad (6)$$

Let  $P_{dynamic}$  presents the dynamic power dissipation that obtain from equation 7.

$$P_{dynamic} = ACV_j^2 f_j \quad (7)$$

And,  $w_{ij}$  is the computation time of task  $t_i$  on the processor  $p_j$ . There are many factors of total power usage.  $E_{idle}$  can obtain from equation 8.

$$E_{idle} = ACV_{j,idle}^2 f_{j,idle} \Delta w_{idle,j} \quad (8)$$

$E_{idle}$  consists of  $A$  is the number of switches per clock cycle,  $C$  is the total capacitance load,  $V_j$  is the voltage level and  $f_j$  is the frequency level of processor  $p_j$ . However, some of parameters can be ignored because they depend on hardware device capacity e.g.  $A$  and  $C$ , which are device related constants. Finally, we also assume that the processor scales down the voltage and frequency to the lowest level of voltage  $v_{j,idle}^2$  and the lowest level of frequency  $f_{j,idle}$  while the processor

does not execute the empty task. Therefore, the energy consumption of the idle period represented by  $E_{idle}$ , where  $w_{idle,j}$  is an idle time slot to execute the empty task on processor  $p_j$ .

Task index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Assigned processor	4	4	0	4	2	3	2	4	3	4

Figure 3: Chromosome encoding for genetic process

#### IV. THE PROPOSED SCHEDULING ALGORITHM

In this work, we obtained the Enhancing Heterogeneous Earliest Finish Time (EHFT) to improve its performance with performance and energy awareness simultaneously. The proposed scheduling algorithm is called Genetic Algorithm of Enhancing Heterogeneous Earliest Finish Time (GAEHFT). The genetic algorithm (GA) adopted in a fine-tuning process of reducing the extended makespan after it computed with EHFT. The main idea of the proposed algorithm is to reduce the energy consumption and also maintain the the makespan of workflow execution. Before the genetic algorithm find the better solution, we use the ratio of effectiveness(RE) to identify a set of inefficient processors execution. The RE defined in equation 9.

$$RE_j = \frac{\sum_{i \in p_j} w_{ij}}{makespan} \quad (9)$$

The set of inefficient processors are shut down to save energy consumption, and the tasks allocated on the processors are rescheduled to other processor with genetic algorithm. In the GA process, we generate a set of the population from chromosome encoding (see Fig. 3). These chromosomes evaluated the fitness value of each chromosome. We use the actual finished time as a fitness function and we choose 70 % top rank of fitness value for the crossover process and 1 % of these chromosomes for the mutation process. Finally, we used the number of generation and the finest value as stopped criteria.

In this section, we discuss the proposed algorithm. Firstly, we adopted the Heterogeneous Earliest-Finish Time (HEFT) [3] is applied as task scheduling to estimate task execution time and utilization of processor execution. Next, a set of inefficient processor is discovered by a performance metric called *ratio of effectiveness* (RE). The RE value obtained to used to measure the utilization of task execution on a processor. It computes the total active time of a processor. The active time is a set of task execution on the processor. The result of this step is the sorted RE list in an ascending order by processor utilization. The lowest RE processor need to be shutdown for energy saving.

Finally, after a set of inefficient processors were shut-down, the algorithm reschedules the workflows onto the set of efficient processors  $P_{eff}$  with genetic algorithm.

Algorithm1: GAEHFT Algorithm	
Input :	$G = (T, E)$ and a set $P$ of $p$ processor
Output :	GAEHFT scheduled a set of $G$ onto set of $P_{eff}$
Phase1 :	Insert a pseudo entry task and a pseudo entry task into $G$ and then schedule $G$ with HEFT onto set $P$
Phase2 :	Compute $RE_j$ of the assigned processor $p_j$ and identify the inefficient processors. Next, shutdown a set of inefficient processors
Phase3 :	Reschedule tasks $G$ onto set of $P_{eff}$ with genetic algorithm

Figure 5: GAEHFT

#### V. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, we present the experimental results that evaluated from the performance comparison of HEFT, EHFET and GAEHFT. The experimental results evaluate from synthesis task graphs and data taking from real world applications with two performance metrics, the schedule length ratio (SLR) and energy consumption ratio (ECR). The SLR defined as equation 10 and the ECR also given in equation 11.

$$SLR = \frac{makespan}{\sum_{i \in CP} \min_{p_i \in P} \{w_{ij}\}} \quad (10)$$

$$ECR = \frac{E_{total}}{\sum_{i \in CP} \min_{p_i \in P} \{w_{ij}\} \times \max_{v_{jk} \in V_j} \{v_{jk}\}^2} \quad (11)$$

The simulation parameters are setting as follows (see detail in [3]). Firstly, the number of tasks in the synthesis DAG is {10,20,40}. We assign the communication to computation ratio (CCR) by the set {0.5, 1.0, 5.0}. The set of the number of processors that is available to schedule is {5, 10, 15, 20}.

The experimental results presented in Fig 4(a) and Fig 4(b) show that the proposed algorithm not only can maintain the scheduling performance to approximate a HEFT performance but also reduce the energy consumption better than HEFT and EHFT for all type of synthesis application. The average of the SLR degree that can maintain as same of HEFT is 0.40%. And, the average of the ECR degree can reduce the energy consumption better than the EHFT at 3.94 %.

#### VI. CONCLUSION

In this work, we proposed the algorithm that achieves both scheduling performance and energy saving. Both of the factors are important for improving a performance of task scheduling in a heterogeneous computing system. We also adopt the GA process,



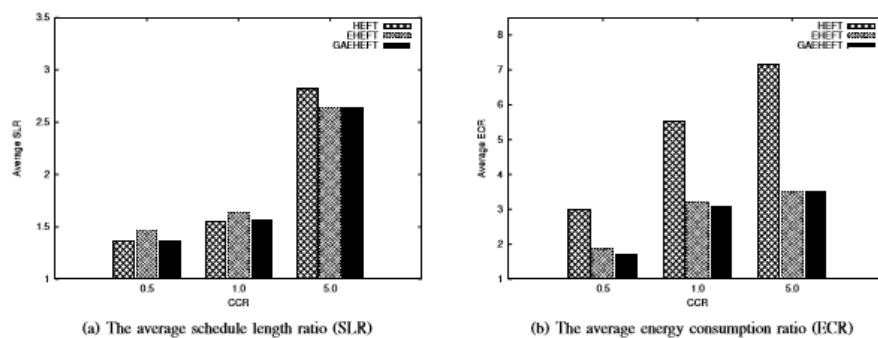


Figure 4: The experimental results of SLR and ECR

it called GAEHEFT, to fine-tune with reducing the extended makespan after scheduling with EHEFT. The experimental results of the synthesis application show that the GAEHEFT help reduces the energy consumption and maintain the application time as same of HEFT. In the future work, we are going to improve a quality of data-intensive application to achieves both data-aware and energy-aware for scheduling in the cloud system.

#### ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by School of Computer and Information Technology and Research and Development Institute of Chiangrai Rajabhat University. We thank our colleagues from department of Computer Engineering who provided insight and expertise that greatly assisted the research and we thank three anonymous reviewers for their insights for their comments on an earlier version of the manuscript.

#### REFERENCES

- [1] J. G. Koomey, "Worldwide electricity used in data centers," *Environmental Research Letters*, Vol.3, No.3, pp.973-994, 2008.
- [2] J. G. Koomey, "Estimating total power consumption by servers in the U.S. and the world," *Technical report, Lawrence Berkeley National Laboratory*, 2007.
- [3] H. Topcuoglu, S. Hariri, and M.Y. Wu, "Performance-Effective and Low-Complexity Task Scheduling for Heterogeneous Computing," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 13, No. 3, pp.260-274, 2002.
- [4] T. Thanavanich and P. Uthayopas, "Efficient energy aware task scheduling for parallel workflow tasks on hybrids cloud environment," 2013 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), Nakorn Pathom, 2013, pp. 37-42.
- [5] C.-M. Wu, R.-S. Chang, and H.-Y. Chan, "A green energy-efficient scheduling algorithm using the DVFS technique for cloud datacenters," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 37, No.1, pp. 141-147, 2014.
- [6] Q. Huang, Sen Su, J. Li, P. Xu, K. Shuang, and X. Huang, "Enhanced Energy-Efficient Scheduling for Parallel Applications in Cloud," *Proceedings of the 2012 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID '12)*, May, 2012, Washington DC, pp.781-786.
- [7] S. Baskiyar and A.-K. Rabab, "Energy aware DAG scheduling on heterogeneous systems," *Journal of Cluster Computing*, Vol. 13, No. 4, pp. 373-383, 2010.
- [8] Y. C. Lee and A. Y. Zomaya, "Energy Conscious Scheduling for Distributed Computing Systems under Different Operating Conditions," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 22, No. 8, pp. 1374-1381, 2011.
- [9] M. Sharifi, S. Shahrivari, and H. Salimi, "PASTA: a power-aware solution to scheduling of precedence-constrained tasks on heterogeneous computing resources," *Journal of Computing*, Vol.95, No. 1, pp. 67-88, 2013.
- [10] J. Mei, K. Li, and K. Li, "Energy-aware task scheduling in heterogeneous computing environments," *Journal of Cluster Computing*, Vol.17, No.2, pp.537-550, 2014.
- [11] Safari, Monirch and Khorsand, Reihanch, "PL-DVFS: combining Power-aware List-based scheduling algorithm with DVFS technique for real-time tasks in Cloud Computing," *The Journal of Supercomputing*, 2018, doi="https://doi.org/10.1007/s11227-018-2498-z".
- [12] Fengsong Hu, Xiajie Qian, and Can Lu. 2018. A Schedule Method for Parallel Applications on Heterogeneous Distributed Systems with Energy Consumption Constraint. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Multimedia Systems and Signal Processing (ICMSSP '18)*. ACM, New York, NY, USA, 134-141. DOI: https://doi.org/10.1145/3220162.3220185



# Wire Medium Structure for Gain Enhancement of Conical Horn Antenna

Pumipong Duangtang  
School of Computer and information Technology,  
Chiang Rai Rajabhat University,  
Chiang Rai, Thailand  
Pumipong5325@gmail.com

Rangsan Wongsan  
School of Telecommunication Engineering,  
Suranaree University of Technology,  
Nakhon Ratchasima, Thailand  
rangsan@sut.ac.th

**Abstract**—Wire medium Lens (WMLs) are a metamaterial structure initially proposed techniques to increase the total gain of conical horn antenna by using the WMLs placed on the conical horn aperture without modification the antenna dimension, which is designed in x band operating frequency for microwave link. The CST (Computer Simulation Technology) software is used to design and analyze the proposed structure. The WMLs shows that for better results, to increase the receiver antenna from 17.7 dBi to 21.6 dBi or increase around 4.2 dBi approximately, while its side lobe levels are also reduced and narrow beam width. In addition, the WMLs of such antenna to improve with approximately symmetric HPBW in both the E- and H-planes of radiation pattern.

**Keywords**—wire medium, metamaterial, conical horn

## I. INTRODUCTION

The wire mediums (WMLs) is known to be an artificial dielectric with plasma frequency, but lately it has been shown that this dielectric is not local and it has a strong area distribution evens in very low frequencies [1]. When discussing the properties of a metamaterial, the WMLs is considered to be the structural that characterize it. So the WMLs is considered to be one of the metamaterials, which is practically for arbitrarily polarized fields [2]. This wire structure consists of cylindrical wire arranged in equal lengths in parallel and infinite rectangles embedded in the homogeneous medium of the dielectric constant. In addition, the electromagnetic properties of this structure can be explained in terms of the effective permittivity values that occur with the structural form of the metamaterials [3]. The metamaterials can be considered as a new technology in electromagnetic radiation control due to the use of almost all engineering materials [4]. The wire medium has received special attention and important constituents in metamaterial structures, including mushroom-type impedance surfaces, wire lenses to provide a canalization of the near field to distance of several wavelength at microwave Frequencies, wire lenses base on the evanescent waves amplification negative refraction phenomenon and broadband microwave absorbers with stable angle characteristics, among many other[5].

Conical horn antennas are widely used in the transmission of electromagnetic waves such as in satellite systems, microwave link applications, radar systems and satellite

communications. The important features of the conical horn antennas are high gain, low back lobe, and possibility to function with very good directivity. However, the size of the conical horn antenna will affect the antenna gain. So the antenna needs a high gain, the size of the antenna will be larger in size. However, the conical horn antennas will be have larger size if the requirement higher gain. In addition, the length of the conical horn antenna increases, the specific direction and power gain will increase accordingly [6].

In this paper, we presented the introduction of WMLs technique for increasing gain of the conical horn antenna in x-band operating frequency (10 GHz). This study demonstrates the possibility of using a simple integrated WMLs to increase the directivity, enhance the gain and decrease the side lobe level. The most appropriate structure for using the WMLs will be monitored and designed.

## II. DESIGN AND CONFIGURATION

### A. Standard Conical Horn Antenna

The configuration of conical horn antenna is designed at 10 GHz of the x-band operating frequency is shown in Fig. 1. Their structures consist of the waveguide-to-coaxial (WG/COAX) adapter and conical horn. The dimensions of the conical horn antenna can be calculated theoretically to obtain the desired absolute in [6]. The calculated results for the dimensions of antenna are length ( $L1$ ) = 120 mm ( $4\lambda$ ), aperture diameter of conical horn ( $dm$ ) = 112 mm ( $3.75\lambda$ ), and waveguide diameter ( $RI$ ) = 26 mm. The simulated results of the conical horn antenna demonstrate the reflection coefficient ( $S_{11}$ ) is shown in Fig. 2 and, as shown in Fig. 3

The simulated of the normalized radiation patterns of horn antenna are illustrated in Fig. 3 for both the E- and H-planes at 10 GHz. In addition, the simulated gain of antenna was approximately 17.7 dB. The antenna design was found to be symmetrical beam widths in both planes, while the side lobes in both planes are asymmetrical (-29.4 dB in E - plane, -22.7 dB in H-plane).

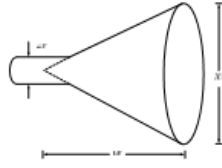


Fig. 1. Dimension of the conical horn antenna.

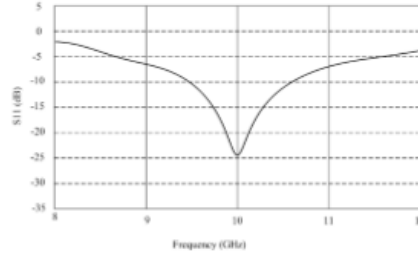


Fig. 2. Simulated reflection coefficient of a conventional conical horn antenna.

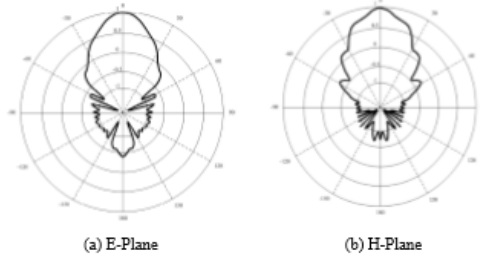


Fig.3. Radiation patterns in both planes of conical horn antenna.

### B. The Wire Medium Structure (WMs)

The WMs are artificial materials that are arranged material that is parallel wire alignments in a uniform networked manner, as shown in Figure 3. The radius of the wire is very small compared to the design wavelength and less than the lattice period. Over time, WMs has been known is an artificial material that is used for plasma frequencies, depending on the permittivity. The WMs was shown that is non-local dielectric and get also good spatial dispersion evens at very low frequencies [7].

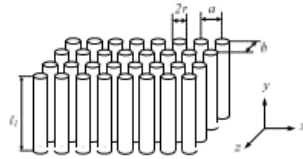


Fig. 3. The basic structure of the WMs.

The WMs infrastructure has shown in Fig. 3 are arbitrary polarization of isotropic electromagnetic waves. Therefore, it is necessary to use an independent value in the same axis as the light axis parallel to the wire axis ( $y$ ). When the WMs is transformed into homogeneous, wavelengths is much larger than the wire distance [7] Typically, the WMs will consist of the exact number  $N$  of thin layers of thin-layer cylindrical wires embedded in the dielectric with relative permittivity values ( $\epsilon_{rh}$ ). In addition, in the case of long wavelength limitations, the structure of the WMs acts as a homogeneous material [8]. However, if the WMs is a perfect conductor, then the electric polarization waveforms are relatively efficient ( $\epsilon_{WM}$ ) occurs. The scalar quantity depends on the frequency, which can be expressed as

$$\epsilon_{WM} = \epsilon_0 \epsilon_{rh} \left( 1 - \frac{k_p^2}{\epsilon_{rh} k_0^2 - k_y^2} \right) \quad (1)$$

where  $\epsilon_{rh}$  = relative permittivity of the host medium

$\epsilon_0$  = permittivity of free-space

$k_p$  = plasma wave-number

$k_0$  = free-space wave number

$k_y$  = the wave number along the wire axis.

However, the plasma wave number often depend on the physical parameters of the wire structure, which can be described as [9].

$$k_p^2 = \frac{2\pi}{ab \left[ \ln \left( \frac{\sqrt{ab}}{2\pi r} \right) + F(a/b) \right]} \quad (2)$$

where

$$F(a/b) = -\frac{1}{2} \ln(a/b) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left[ \coth \left( \frac{\pi n a}{b} \right) - 1 \right] + \frac{\pi}{6} (a/b) \quad (3)$$

In this article, we present the concept of wire structure design suitable for increasing the antenna gain. WMs dimensional is designed to optimize the performance as shown in Fig 4.

From the design to obtain the optimal parameters, we found that the optimal dimensions for the WMs, which gives the desired performance is the wire radius ( $r$ ) = 1.25 mm, distance between parallel wires ( $a, b$ ) = 2.8 mm, and wire length ( $L$ ) = 15 mm. It can also be described as an effective medium with the components of the LC equivalent circuit as shown in Figure 5.

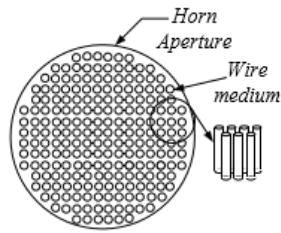


Fig. 4. The dimensional structure design of the WMs.

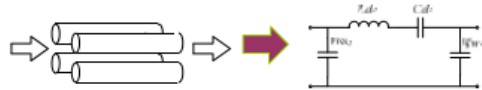


Fig. 5. The LC equivalent circuit of the WMs.

### C. The WMs for Antenna Enhancement

The initial design of the antenna is proposed by defining the parameters of the WMs according to the desired frequency range for the design. The Simulation design uses electromagnetic simulation software to configure the structure of the WMs for optimization by simulating the behavior of various variables. The simulations were performed to determine the geometrical accuracy and the optimal size for the proposed antenna as shown in Fig. 6. The WMs is placed in front of the aperture of the horn antenna at an appropriate distance, which is excited by the electromagnetic wave from the conical horn through to the structure. The EM wave then reacts with a structure that has a resonance property where the structure is then transferred to the free-space.

To demonstrate the advantage of using a WMs for enhancing the conical horn antenna performance by testing at different distances between WMs and mouth antenna. The comparison of the reflection coefficients from the experiment at different distances are shown in Fig 7. The simulated reflection coefficient of 30 mm distance was found that the best distance compared to other experiments.

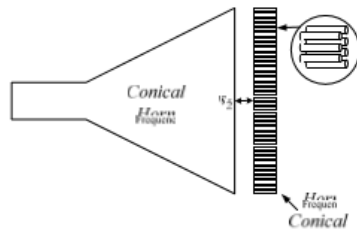


Fig. 6. The configurations of the wire medium structure for conical horn.

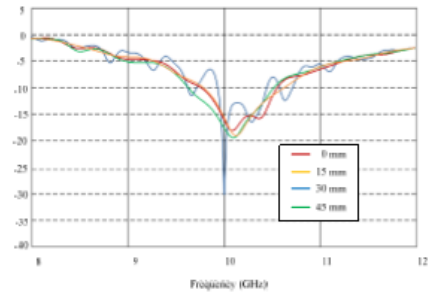


Fig. 7. The simulated reflection coefficient of the different distances of the wire medium structure.

### III. SIMULATED RESULTS AND DISCUSSION

In this topic, we present the simulation results of the proposed antenna by applying WMs techniques at the front of the aperture antenna at the best distance to increase the gain. The proposed antenna dimension by the simulation with the electromagnetic software is shown in Fig 8. All reasonable parameters are used to demonstrate the performance of the proposed antenna with simulators, which results in comparison to the original conical horn antenna. The simulated results obtained by comparison with the standard antenna are shown in Fig 9, 10 and 11, respectively.

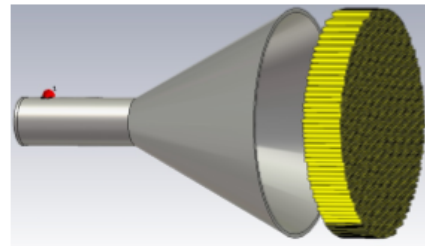


Fig. 8. A completed structure of proposed antenna

The reflection coefficient of the proposed antenna exhibits an excellent characteristic of the impedance which corresponds to that of the conventional cone horn, but the effect of the wire structure on the bandwidth is narrowed as shown in Fig. 9

In comparing the radiation patterns in the 2 planes between the standard horn antenna and the proposed antenna, it is shown that the half-power beam width (HPBW) of the proposed antenna of the radiation pattern is narrower than the standard horn antenna as shown in Fig. 4. In addition, we found that the symmetry of the both planes of radiation pattern. The proposed antenna represents a higher benefit compared to conventional antennas as specified in Table 1.

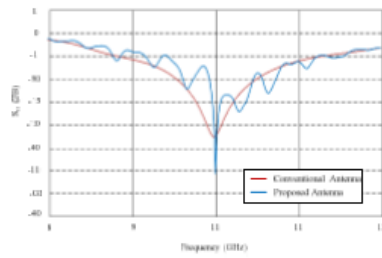


Fig. 9. Comparison the simulated reflection coefficients of the conventional and proposed antennas.

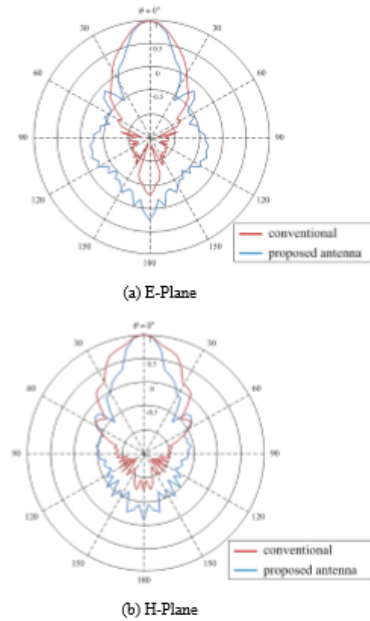


Fig. 10. The radiation patterns of the conventional and proposed antennas.

TABLE I. THE SIMULATED GAIN OF THE CONVENTIONAL ANTENNA AND PROPOSED ANTENNAS. AT 10 GHz.

Type	Conical Horn Antenna	Proposed Antenna
Gain [dBi]	17.7 dBi	21.9 dBi
Side lobe Level (E-Plane)	-29.4 dB	-22 dB
Side lobe Level (H-Plane)	-22.7 dB	-22 dB
Half-power beam width (E-Plane)	18.4°	18.3°
Half-power beam width (H-Plane)	17.6°	17.6°

#### IV. CONCLUSION

In this article, we present the WMs was applied to optimize performance without changing the shape of the antenna designed for the 10 GHz of the X-band operating frequency band for microwave link applications. The parameters of the wire is considered by many processes have been enhanced to allow the antenna to the received higher performance. When comparing the reflectance coefficient ( $S_{11}$ ) and the radiation pattern between the original antenna and the proposed antenna, we found that the proposed antenna has increased performance, but in terms of the received band is also inferior to the original antenna. The proposed antennas are higher (21.9 dB) compared to the standard conical horns (17.7 dB). We found that proposed antenna can increase by 4.2 dB. Finally, the proposed antenna by using WMs technique can improve the radiation pattern with the symmetry of the 2 planes.

#### ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the School of Telecommunication Engineering, Department Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima, Thailand.

#### REFERENCES

- [1] Y.Zhao, P.A.Belov, and Y.Hao, "Modelling of Wave Propagation in wire Media Using Spatially Dispersive Finite-Difference Time-Domain Method: Numerical Aspects," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 6, pp. 1506–1513, Jun. 2007.
- [2] P.Burghignoli, G.Lovat, F.Capolino, D.R.Jackson, and D.R.Wilton, "Directive Leaky Wave Radiation from a Dipole Source in a Wire Medium Slab," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 56, no. 5, pp. 1329–1339, May 2015.
- [3] A.Tomaz, J.J.Barroso, P.J.Castro, and A.J.F.Orlando, "Experimental Investigation on the Radiation Pattern of a Horn Antenna Loaded by a Wire Medium," *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURST)*, pp. 958–959, July 2013.
- [4] V.Torres, B.Orazbayev, V.Pacheco-pena, J.Teniente, M.Beruete, M.Navarro-Cia, M.Sorolla Ayya, and N.Engheta, "Experimental Demonstration of a Millimeter-Wave Metallic ENZ Lens Based on the Energy Squeezing Principle," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 1, pp. 231–239, Jan 2015.
- [5] S.I.Maslowski, M.G.Silveirinha, and *et al.*, "Recent Advances in the Analytical Modeling of Wire Media Based Metamaterials with Microwave and Terahertz Application" *Proceeding of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Theory, Hiroshima, Japan*, pp. 384–387, July 2013.
- [6] A.P.King, "The radiation characteristics of conical horn antenna," *Proc.IRE*, vol. 38, no. 3, pp.249-251, Mar. 1950.
- [7] Y.Zhao, P.A.Belov, and Y.Hao, "Spatially Dispersive Finite-Difference Time-Domain Modeling of the Wire Medium for Subwavelength Imaging," *2007 International workshop on Antenna Technology: Small and Smart Antennas Metamaterials and Applications*, pp. 487–490, Mar 2007.
- [8] P. A. Belov, S. A. Tretyakov, and A. J. Viitanen, "Dispersion and reflection properties of artificial media formed by regular lattices of ideally conducting wires," *Journal Electromagnetic Waves Application*, vol. 16, pp. 1153–1170, 2003.
- [9] P.Burghignoli, G.Lovat, F.Capolino, D.R.Jackson, and D.R.Wilton, "Modal Propagation and Excitation on a Wire-Medium Slab," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. vol. 56, no. 5, pp. 1112–1123, May 2008.





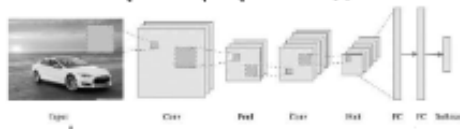
รหัส ไม่มีรหัสหรือรหัสถูกใช้แยกตัวซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของรหัสในแวด  
ออกเป็น 4 ระดับ [2]

ในบทความวิจัยนี้ใช้โครงข่ายที่มีน้ำหนักของระบบสี่ชั้นหรือระดับ  
ความลึกของชั้นประมวลผลเป็น 5 ระดับ โครงข่ายโครงข่ายโครงข่าย  
convolutional neural networks

### 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาท  
เทียมที่อยู่ในกลุ่ม hierarchical โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอน  
โวลูชันนั้นจะอาศัยการดำเนินการของฟิลเตอร์บนพื้นที่บ่งชี้ที่ออกเป็น  
เป็นพื้นที่ที่ต่อเนื่อง และในกรณีของมิติต่อเนื่อง มาจากชั้นโครงข่ายของ  
โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย ชั้นนำเข้า (input layer) ชั้นซ่อน  
(hidden layer) ชั้นชั้นผลคูณค่า (output layer) หรือเรียกอีก 1 name  
layer perceptron (mlp) [3] โดยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน นั้น  
สามารถ ใช้สำหรับการตรวจจับลักษณะ และของรูปทรงของวัตถุ การจำแนก  
ประเภทของรูปภาพ ได้ ซึ่งจุดศึกษาจะดังกล่าวข้างต้นจึงกล่าวว่าเป็นจุดเด่น  
ของกระบวนการการเรียนรู้โครงข่ายแบบคอนโวลูชัน และในกรณีที่เกี่ยวข้อง  
จำนวนประเภทของข้อมูลหรือข้อมูลเชิงอนุกรมเท่านั้น [4]



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน  
(ที่มา: micro.medium.com)

#### 2.2 TensorFlow

TensorFlow เป็นที่คือ deep learning library ของ google โดย  
ใช้ machine learning เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น  
เครื่องมือค้นหา การแปลภาษา คำบรรยายภาพ และเครื่องมือช่วยการ  
เสนอแนะ ดังนั้น TensorFlow ได้ถูกสร้างมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มี  
หลากหลาย (เช่นมือถือ) TensorFlow นั้นพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ทำงาน  
ร่วมกับโมดูล AI ได้ โดย TensorFlow เป็นเฟรมเวิร์กเชิงพีชคณิตแบบ  
open source ซึ่งใช้งานง่าย ใช้ภาพ 2D และ 3D และเครื่องมือที่  
ถูกคิดค้นขึ้นมาแล้ว สถาปัตยกรรมของ TensorFlow แบ่งออกเป็น 3 ส่วน  
คือการเรียนรู้ประมวลผลข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และการฝึกประเมิน  
แบบจำลอง กรณีที่ TensorFlow รับข้อมูลเป็นแบบเวกเตอร์หลายมิติ หรือที่  
เรียกกันว่า tensors และผู้นำไปใช้พัฒนาให้เข้ากับการจัดเรียงลำดับในการ  
ประมวลผลเป็น operations ข้อมูลที่ถูกประมวลผลจะส่งมาประมวลผลตาม  
ใช้ผลลัพธ์ออกมา

### 3. การออกแบบ

#### 3.1 การเตรียมข้อมูลรูปภาพ

โครงข่ายประสาทเทียมข้อมูลภาพเป็นข้อมูลที่มีระบบคือ  
เชิงรูปทรงรูปภาพความละเอียดสูงถึง 5 ระดับ เริ่มจากถ่ายจากตัวแปร  
จากโมดูลที่ ใช้ใช้ตามขั้นตอน 500 ก ข ข้อมูลที่ได้คือ png ประกอบไป  
ด้วยการจับของตัวแปร 5 ระดับ เมื่อเราเตรียมข้อมูลภาพแล้ว ขั้นตอนการ  
นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลแบ่งออกเป็น 5 ระดับจากผู้ใช้รายการ



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพที่ประมวลผลแบ่งออกเป็น 5 ระดับจากผู้ใช้รายการ

จากรูปที่ 2 แสดงการแบ่งรูปภาพเป็น 5 ระดับตาม  
ผู้ใช้รายการ โดยระดับที่ 1 มีลักษณะเป็นผลที่ติดอยู่ตามใบไม้ยังไม่สุก  
และที่ 2 ผ่านขูดผิวที่ใบเขียว ระดับ 3 มีลักษณะเป็นผลที่สุกแล้ว มีที่  
ที่ขูดแล้ว ผลมีสีเหลือง 1-2 ผลและมีลักษณะที่หากไม่ไว้ 1-5 วัน ที่ 4  
สุก ในระดับที่ 5 มีลักษณะเป็นผลที่สุกเต็มที่สุกแล้วสุกจนไปเกือบ  
ทั้งหมด แต่มีสีเหลืองอ่อนอยู่ ประมาณ 80% ระดับ 4 มีลักษณะ เป็นผลที่  
สุกและเกือบทั้งหมด 100% และระดับ 5 มีลักษณะเป็นผลที่สุกมาก มีที่  
ที่สุกเกือบทั้งหมด 100% และมีลักษณะที่ขูด ซึ่งตามผลดังกล่าว 5  
ระดับที่นำไปเป็นข้อมูลสำหรับการจัดของระบบ หลังจากนั้นนำภาพ  
ทั้งหมดมาทำการจัดของรูปภาพ และ ในส่วนที่เห็นดังที่เป็นที่กล่าวถึงใช้  
โมดูลที่ Open CV โมดูลการจัดการจัดของระบบจัดของผลที่ขูดเป็นวง  
อันโมดูลนี้จะประมวลผล 200 ภาพ จากนั้นได้เป็นภาพที่ขูดแล้วเอาออกไป  
จนเหลือเพียงส่วนที่ขูดแล้วให้ระบบเรียนรู้ให้อ่างมีประสิทธิภาพ  
ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพที่ได้ที่ การตัดของผล

#### 3.2 ขั้นตอนการการเรียนรู้แบบ CNN

ในกระบวนการเรียนรู้แบบ CNN จะมีขั้นตอนที่ 2 ส่วนคือ  
การใส่ (ใน) ส่วนของโมดูล เริ่มจากการใส่ภาพ ในส่วนของโมดูล  
จัดการข้อมูลรูปภาพด้วยโมดูลที่ image data generator N34 layer มีรับ  
รูปภาพที่มีความหลากหลายโดยวิธีที่ผลผลิตแบบ auto-encoding  
หมุนเวียนแบบสุ่มและทำการเลือกการสุ่มแบบสุ่มและการเลือก  
ข้อมูลแบบสุ่มไม่เกิน 20% มีลักษณะแบบสุ่มไม่เกิน 20 องศาของการ  
แบบสุ่มไม่เกิน 30% ผลักตามแนวตั้งแบบสุ่มผลัดแบบ หมุนเวียนแบบสุ่ม

IN-747

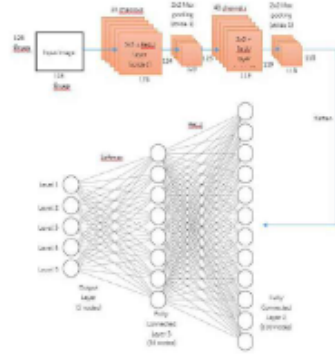




เพิ่มประสิทธิภาพของพืชที่เพาะมาบดสับผสมและบดเป็นอนุภาคตามค่าสารอาหารของดิน 20% ที่พบแสดงตัวอย่างในรูป 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลรูปภาพของผลไม้ image data generator

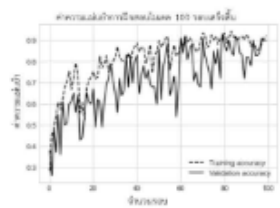


รูปที่ 5 ชั้นของ Convolutional Neural Network

ใบความรู้ทางขั้นของโมเดลที่สร้างขึ้นเป็นความรู้ในการเปรียบเทียบโมเดล โดยผู้วิจัยทดลองหาพื้นที่เหมาะสมในการคำนวณค่าโมเดลที่สามารถเรียนรู้ในระดับที่ 5 ระดับได้แก่ประสิทธิภาพการลดข้อผิดพลาดกับประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์เรียนรู้ ซึ่งผ่านการ import library ที่จำเป็นคือ model ที่ใช้แบบ sequential CNN layer ที่ 197 1 คือ Conv2D layer ๑๒ ครั้ง ๑๑ feature map หรือ kernel ที่นำไปกับค่าที่เป็นจุดโทษของพิกเซล ไปที่ที่ภาพ pooling layer ซึ่งลดขนาดของพิกเซลที่จุดที่เลือก layer ที่ลดค่าของโมเดลที่ใช้ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อลดขนาดของ Dense layer ที่ทำการบดข้อมูลแต่ละจุดที่มีค่าเป็น 1 มิติ เพื่อลดขนาดข้อมูลให้อยู่ใน Dense layer ที่เชื่อมต่อกันเป็นอินพุตให้ครบ Fully connected Layer ในส่วนสุดท้าย Dense layer หรือ Fully connected Layer ซึ่งถูกจากทุกๆ ชั้นจะถูกเชื่อมต่อไปยังอีกรุ่นๆ model โดยแต่ละ layer จะเชื่อมต่อกันด้วย weight ที่ส่งถึงแต่ละจุด model ของแต่ละจุดจะสามารถกำหนด activation ที่เหมาะสมได้ จากรูปที่ 5 แสดง architecture ของ model convolutional neural network ที่สร้างมี convolutional layer และ pooling layer จำนวน ๒ ชุด ตามด้วย Dense layer 19๗ Dense layer อีก ๓ ชั้น โดย layer layer ที่ใช้จุดข้อมูลมี คือชั้นของ convolutional layer 1 ๑๒ ชั้นซึ่งจุดเป็น ๓ มิติ

ขนาด ๑๖,๒๘4 พิกเซล 1 ช่อง ช่องออกมี 120 feature โดยมี kernel ขนาด 5x5 stride 1 และใช้ activation function เป็น rectified linear unit ชั้นของ pooling layer 1 1 มิติ เป็น max pool ๗x๗ 1x1 2x2 stride 1 ชั้นของ convolutional layer 2 1 มิติ ช่องออกมี 48 feature โดยมี kernel ขนาด 5x5 stride 1 และใช้ activation function เป็น rectified linear unit ชั้นของ pooling layer 2 1 มิติ เป็น max pool ๗x๗ 2x2 stride 1 ชั้นของ Dense layer ทำการแปลงข้อมูล multi dimension ให้เป็น vector ซึ่งขนาด Dense layer 1 เป็น hidden layer ทำการคูณค่ากับค่า bias และใช้ activation function เป็น rectified linear unit ชั้น Dense layer 2 เป็น hidden layer ที่แทนความรู้ที่มีจำนวนค่าจุดเป็น ๑๐ และใช้ activation function เป็น rectified linear unit (๑๒ ชั้น) Dense layer 3 เป็น output layer 19๗ accuracy ที่ทราบค่าที่จำเป็นของผลลัพธ์ที่คำนวณรวมระดับกับโปรแกรม แสดงเป็น 5 มิติ ใช้ activation function เป็น soft max

ก่อนนำข้อมูล เสนอให้กับโมเดลให้ทำการประมวลผลข้อมูลของโมเดลที่สร้างขึ้นโดยใช้คำสั่ง model.compile() ทำการบดไฟล์โมเดลไว้ที่ที่ที่ train loss คือ categorical cross entropy โดยโมเดลจะมีค่าในขั้นตอนการ training (เมื่อลดค่าของ loss ที่มากของ optimizer ก็เป็นอันได้ว่าพร้อมที่จะปรับค่าของพารามิเตอร์ของโมเดลที่เลือกใช้ฝึกคือ adam กำหนด metrics ให้โมเดลที่ทำการคำนวณระหว่าง training คือ accuracy เมื่อเสร็จสิ้นข้อมูลรูปผลที่รับประมวลผลเสร็จ โมเดลที่สร้างขึ้นแล้วไปฝึกตามค่าที่ข้อมูลรูปผลที่รับมาคือค่า training โดยที่ค่าที่ model.fit() ที่พบค่าการคำนวณที่จบการ training แสดงข้อมูล ค่าจำนวนในการ training คือ 1๐๐ รอบ หลังจากทำการ training ครบ 1๐๐ รอบแล้วทางผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มา compile โมเดลกราฟประสิทธิภาพ training ที่ 1๐๐ รอบ model ได้ที่รูปที่ 6 และรูปที่ ๗



รูปที่ 6 กราฟค่าความแม่นยำค่าการฝึกของโมเดล 1๐๐ รอบ

จากรูปที่ ๖ แสดงกราฟค่าความแม่นยำค่าการฝึกของโมเดล 1๐๐ รอบ ค่าที่นำค่า training accuracy ๙๕.๒ ค่า validation accuracy ค่า ๙๑.๖ ค่าความแม่นยำเริ่มขึ้นเมื่อรอบที่ ๑๐ และถึงรอบที่ ๑๐๐ ที่ ๙๕.๒ รอบ และ ไม่มีการเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งค่าการรวมจากข้อมูลอยู่ที่

IN-747

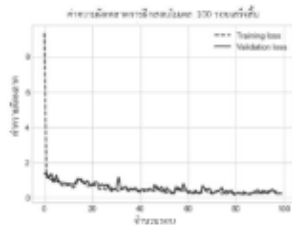
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ครั้งที่ 13

13<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network 2021 (EENET 2021)



จำนวน 100 รอยบ มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 99 จากกราฟที่ 7 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดการวัดบนคอมพิวเตอร์จำนวน 100 รอยบ นำค่า Training loss และ Validation loss มีค่าความผิดพลาด ๙๙ ซึ่งจะแสดงจำนวนครั้งที่ ๑,182



รูปที่ 7 กราฟที่แสดงความผิดพลาดการฝึกของโมเดล 100 รอยบครั้งที่ขึ้น

ในรูปที่ 8 แสดงเครื่องขึ้นแบบระบบคอมพิวเตอร์ความถูกต้องของข้อมูลประเภทผลกับผลของปัสติกที่มีขนาด ๖ นิ้วขึ้นไป



รูปที่ 8 เครื่องขึ้นแบบเครื่องคอมพิวเตอร์กับประมวลผล

3.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพการวัดที่โรงงานจริง

ในการทดสอบประสิทธิภาพการวัดที่โรงงานจริงระบบ ได้ทำการทดลองออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การทดสอบค่าความถี่ของสายพานลำเลียง สมบัติที่ความถี่ 0.205 เมตร/วินาที เป็นความถี่ที่ผลการวัดที่ถูกต้อง การส่งต่อที่ไปวัดจุดตัดสายพาน การทดสอบหาระยะทางระหว่างส่งไปวัดจุดตัดที่เครื่องบันทึกเลข หมายเลขของ 22.5 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการวัดการขึ้นสายพานเมื่อมีการนำไฟฟ้าที่ถูกต้อง และการทดสอบหาประสิทธิภาพการขึ้นสายพานของระบบสายพานในขั้นต่อไป ผลลัพธ์ที่ระดับที่ 1 มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 99 ระดับที่ 2 มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 100 ระดับที่ 3 มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 99 ระดับที่ 4 มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 99 และระดับที่ 5 มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 99 จากผลทดสอบประสิทธิภาพการวัดแบบอัตโนมัติ 5 ระดับคือเป็นค่าเฉลี่ยความแม่นยำร้อยละ 97 และผลการทดสอบประสิทธิภาพการวัดแบบอัตโนมัติ 10-fold cross-validation โดยการนำข้อมูลประเภทประมวลผลจำนวน 500 ชุดนำไปทำการเรียนรู้นอกจากค่าความแม่นยำจำนวน 16 รอยบ

พบว่าจากข้อมูลรอบที่ 1, 2, 4 และ 8 มีความแม่นยำที่ค่อนข้างต่ำแต่ค่าความผิดพลาดสูงในกระบวนการผลิตของเครื่องจักร เนื่องจากกลุ่มข้อมูลสังเกตการณ์ที่น้อยของข้อมูลที่มีความถูกต้องระดับที่ 1 กับ 2 และระดับที่ 3 กับ 4 ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายกันจึงยากที่จะแยกกันค่าไปประมวลผลของเครื่องจักร

3. สรุป

ระบบที่คิดแยกความถูกต้องของเครื่องจักรด้วยวิธีการของแปดคือการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โดยที่ ๓ ระดับของกับประมวลผลเป็น 5 ระดับ ในการนำงานที่มาจากกรณีข้อมูลรูปภาพกับประมวลผลแบ่งระดับของกับประมวลผลเป็น 5 ระดับ ๑ คนนำใช้ TensorFlow เป็นโปรแกรมที่ทำการ training model โดยนำรูปภาพกับประมวลผล training โดยใช้คอมพิวเตอร์ CNN ในกรณีเรียนรู้ที่จะแยกกับประมวลผลเป็น 5 ระดับ หลังจากนั้นก็นำ model ที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการวัดผล 5 ระดับ จากผลการทดลองพบว่าระบบที่ออกแบบความถูกต้องของเครื่องจักรด้วยวิธีการที่ออกแบบ มีความแม่นยำเฉลี่ยเป็นร้อยละ 97

4. กิจกรรมการประมวลผล

คณะผู้วิจัยของศูนย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ ได้ทุนสนับสนุนในการวิจัยที่ในและของศูนย์โรงงานบ้านสวนสัมพันธ์ชุมชนเพื่อให้ความถูกต้องของข้อมูลของเครื่องจักรสำหรับกรณีการขึ้นสายพานที่ระดับที่ 6 และ 7

เอกสารอ้างอิง

- [1] กาโรจน์ ปัญญาพงศ์, "ความแม่นยำระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสายพานการวัด และค่าความสัมพันธ์ของสายพานการวัด กับระดับความแม่นยำของเครื่องจักร", ปีที่ 11, 2560.
- [2] สุจิน ใจดวงจิตต์, "การวัดความถี่ของสายพานลำเลียงด้วยวิธีการวัดด้วยกล้องถ่ายภาพ", ปีที่ 11, 2560.
- [3] Cireşan D, Meier U, Schmidhuber J. Multi-column Deep Neural Networks for Image Classification. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. pp. 3642-9.
- [4] Yalcin H, Rasooli S. Plant Classification using Convolutional Neural Networks. In: International Conference on Agro-Geoinformatics. 2016. pp. 1-5

IN-747

## การเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้โครงสร้างแบบเส้นลวดแผ่นบาง Gain Enhancement of Planar Dipole Antenna by using Thin-wire Structure

ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง  
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
pumipong5325@gmail.com

ศรีฟอง สุภา  
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย  
kedgood@gmail.com

### บทคัดย่อ

การเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้เทคนิคกึ่งวัสดุ ในรูปตัวกลางแบบเส้นลวดแผ่นบางสำหรับเครื่องรับสัญญาณ โทรทัศน์ ดิจิตอล บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบโครงสร้างตัวกลางแบบ เส้นลวดให้อยู่ในรูปแบบแผ่นโลหะบาง โดยทำการออกแบบโครงสร้าง ตัวกลางแบบเส้นลวดจางวางด้านหน้าสายอากาศระนาบไดโพลเพื่อ เพิ่มอัตราขยายสายอากาศ จากการศึกษาวิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ เหมาะสมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจำลองการออกแบบทางด้านความถี่ ไมโครเวฟ พบว่าแบนด์วิดท์ของสายอากาศที่นำเสนอเท่ากับ 448 – 962 MHz และมีอัตราขยายอยู่ในช่วงระหว่าง 2.65 – 6.63 dB ในช่วงความถี่ 470 – 862 MHz สำหรับช่วงความถี่โทรทัศน์ดิจิตอล

**คำสำคัญ:** ตัวกลางแบบเส้นลวด สายอากาศระนาบไดโพล อีทีวี

### Abstract

Increasing the gain of the planar dipole antenna by using thin wire medium technique for digital television receiver. This paper presents the application of wire medium structure to thin metal sheet form. By designing the wire medium structure in front of the planar dipole antenna to increase the gain. From the analysis to find the optimum parameters with the simulation software of the microwave frequency. We found that the bandwidth offered is 448 - 962 MHz and the gain is between 2.65 - 6.63 dB in the 470 - 862 MHz frequency range for the digital television frequency range.

**Keywords:** Wire Medium, Planar Dipole Antenna, Metamaterial

### 1. บทนำ

สายอากาศสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิตอลในปัจจุบันได้มีการพัฒนา กันอย่างต่อเนื่องและหลากหลายรูปแบบ มีทั้งในรูปแบบสายอากาศแบบ ภายในและภายนอกอาคาร ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดสายอากาศภายนอก อาคารจะเป็นสายอากาศหลักเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากจุดเด่นของสายอากาศ

หลักเป็นสายอากาศที่ให้อัตราขยายสูงแต่เป็นสายอากาศที่มีแบนด์วิดท์ แคบและมีขนาดใหญ่ ส่วนสายอากาศภายในอาคารมีลักษณะเป็น รูปแบบของสายอากาศที่ออกแบบและสร้างบนแผ่น FR4 หรือไมโครส คริปเป็นส่วนใหญ่ สายอากาศภายในอาคารจึงเป็นสายอากาศที่มี อัตราขยายต่ำจึงมีความจำเป็นต้องมีวงจรขยายกำลังเพิ่มเติม ส่วนจุดเด่นมี ขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและมีแบนด์วิดท์ที่กว้าง เป็นที่ทราบกันดีในการ ออกแบบและพัฒนาสายอากาศส่งสัญญาณที่กว้างให้มีความสนใจคือการ พัฒนาให้สายอากาศที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้อัตราขยายสูง แบนด์ วิดท์สอดคล้องกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ

จากที่ผ่านมามีผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาสายอากาศสำหรับรับสัญญาณ โทรทัศน์ดิจิตอล โดยออกแบบสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้เทคนิค ร่องบากในการเพิ่มแบนด์วิดท์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสายอากาศไดโพล เป็นสายอากาศที่มีแบนด์วิดท์ที่แคบดังนั้นได้นำเทคนิคร่องบากมาทำการ เพิ่มแบนด์วิดท์เพื่อรองรับย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอลคือ 470 – 862 MHz โดยสายอากาศที่มีอัตราขยายที่ไม่สูงมากนัก [1] ในบทความนี้จะ นำเสนอเทคนิคในการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยนำ กุหลาบคิโวกิ่วที่อยู่ในรูปแบบโครงสร้างตัวกลางแบบเส้นลวด (wire medium) มาใช้ในการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศ ที่ผ่านมามีการนำ โครงสร้างตัวกลางแบบเส้นลวดมาทำการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศ ปากแคบรูปกรวยโดยมีอัตราขยายเพิ่มขึ้นประมาณ 4 dB [2] นอกจากนี้ได้ มีการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศสำหรับโทรทัศน์ดิจิตอลโดยการนำโครง ข้องว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบดอกเห็ดมาใช้ในการเพิ่ม ประสิทธิภาพของสายอากาศแต่พบว่าขนาดที่ใหญ่ออกจากระยะในการ วางโครงสร้างโครงช่องว่างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบตัวสะท้อนมี ระยะห่างจากสายอากาศค่อนข้างมาก [3] ในบทความวิจัยนี้ได้ นำ โครงสร้างตัวกลางแบบเส้นลวดมาทำการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศนั้น เมื่อทำการใช้เส้นลวดมีเพิ่มอัตราขยายจะทำให้หน้าทึบของสายอากาศ เพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการปรับปรุงแบบของ โครงสร้าง ตัวกลางแบบเส้นลวดให้อยู่ในรูปแบบแผ่นบางเพื่อลดขนาดและน้ำหนัก ของสายอากาศแต่ยังคงคุณสมบัติการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศ

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 "การพัฒนานวัตกรรมเพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0" 26 - 27 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย

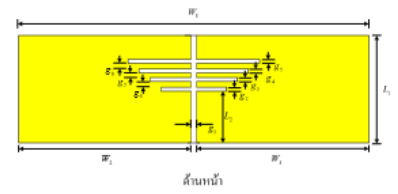
**2. การออกแบบและผลการวิเคราะห์**

**2.1 สายอากาศระนาบไดโพล**

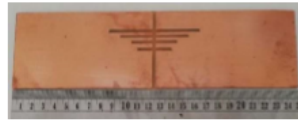
ในบทความนี้ได้นำเสนอการเพิ่มอัตราขยายการเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพล โดยใช้โครงสร้างแบบเส้นลวดแผ่นบางสายอากาศระนาบไดโพลที่นำเสนอในบทความนี้เป็นชนิดสายอากาศระนาบไดโพลที่ใช้เทคนิคร่องบากในการเพิ่มแบนด์วิดท์เพื่อรองรับการใช้งานการรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลซึ่งได้นำเสนอใน [1]

จากรูปที่ 1 แสดงรูปแบบสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้เทคนิคร่องบาก โดยรูปที่ 1 (ก) แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศและสายอากาศต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 1(ข)

ในรูปที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ ( $S_{11}$ ) โดยค่าแบนด์วิดท์ของสายอากาศเท่ากับ 452 – 897 MHz และอัตราขยายตลอดช่วงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีอัตราขยายอยู่ในช่วง 2.09 – 3.85 dB

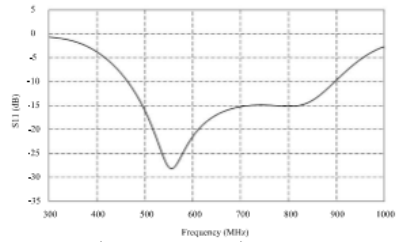


(ก) พารามิเตอร์ของสายอากาศ

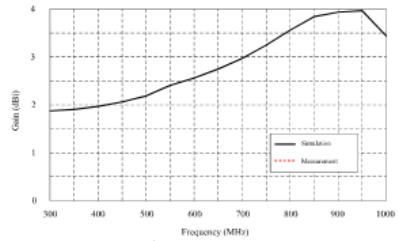


(ข) สายอากาศต้นแบบ

รูปที่ 1 สายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้เทคนิคแบบร่องบาก



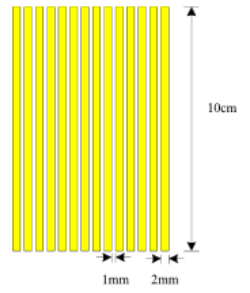
รูปที่ 2 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ



รูปที่ 3 อัตราขยายสายอากาศ

**3. การออกแบบโครงสร้างแบบเส้นลวดแผ่นบาง**

ในการออกแบบโครงสร้างแผ่นเส้นลวดแบบบางมาเพื่อเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลนั้น จาก [2] ได้มีการนำอิมพีแดนซ์ที่อยู่ในรูปแบบโครงสร้างตัวกลางแบบเส้นลวดมาเพิ่มประสิทธิภาพสายอากาศ ในบทความนี้ได้มีการประยุกต์โครงสร้างตัวกลางแบบเส้นลวดให้อยู่ในรูปแบบแผ่นโลหะบางเพื่อนำมาเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพล โดยใช้โครงสร้างตัวกลางเส้นลวดแผ่นบางที่นำเสนอซึ่งแสดงในรูปที่ 4



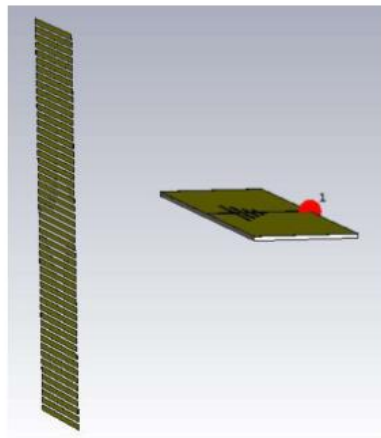
รูปที่ 4 โครงสร้างตัวกลางเส้นลวดแผ่นบาง

**บทความวิจัย**

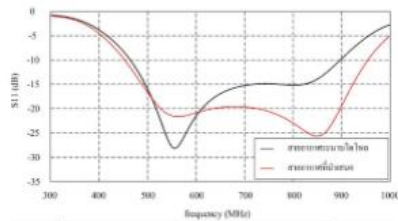
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 "การพัฒนาวิศวกรรมเพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0" 26 - 27 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย

จากรูปที่ 4 ขนาดของตัวกลางเส้นลวดแผ่นบางมีความยาวเท่ากับ 100 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 2 มิลลิเมตร โดยวางห่างกัน 1 มิลลิเมตร จำนวน 51 เรียงกัน โดยขนาดของตัวกลางเส้นลวดแผ่นบางที่ได้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้ว

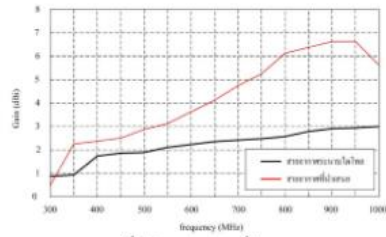
ในการออกแบบโครงสร้างตัวกลางเส้นลวดแผ่นบางสำหรับเพิ่มอัตราขยายของเสาอากาศระบบไดโพล ได้แสดงรูปแบบการติดตั้งรูปที่ 5 โดยมีระยะห่างระหว่างโครงสร้างตัวกลางเส้นลวดแผ่นบางกับเสาอากาศเท่ากับ 48 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีความเหมาะสมในการเพิ่มอัตราขยายของเสาอากาศ ในรูปที่ 6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับโดยเปรียบเทียบระหว่างเสาอากาศระบบไดโพลกับเสาอากาศที่นำเสนอบนแผ่นตัวกลางของเสาอากาศที่นำเสนอเท่ากับ 448 – 962 MHz และในรูปที่ 7 แสดงอัตราขยายของเสาอากาศพบว่าในช่วงความถี่ 448 – 962 MHz เสาอากาศที่นำเสนอมีอัตราขยายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงความถี่สูงสุดอัตราขยายของเสาอากาศเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 3 dB



รูปที่ 5 โครงสร้างตัวกลางเส้นลวดแผ่นบาง



รูปที่ 6 ผลการจำลองค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับเสาอากาศที่นำเสนอ



รูปที่ 7 อัตราขยายเสาอากาศที่นำเสนอ

ในรูปที่ 8 ได้แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานของเสาอากาศที่นำเสนอ ในรูป 8 (ก) ความถี่ 470 MHz (ข) ความถี่ 650 MHz และ (ค) ความถี่ 862 MHz



รูปที่ 8 ผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานเสาอากาศที่นำเสนอ

#### บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประจักษ์ ครั้งที่ 12 "การพัฒนานวัตกรรมเพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0" 26 - 27 พฤษภาคม 2563 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย

#### 4. สรุป

การเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้โครงสร้างตัวกลางเส้นลาดแผ่นบาง โดยบทความนี้ได้นำเสนอการประยุกต์โครงสร้างตัวกลางเส้นลาดที่เป็นลวดกลมโดยปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของหัวกลางแบบเส้นลาดแผ่นบางขนาด 1 ชั้น โดยนำโครงสร้างดังกล่าวมาวางขวางด้านหน้าสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้เทคนิคการเจาะร่องเดิม ในการออกแบบได้ทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้การจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป พบว่าแบนด์วิดท์ของสายอากาศที่นำเสนอเท่ากับ 448 – 962 MHz ซึ่งกว้างขึ้นจากสายอากาศเดิม และสายอากาศที่นำเสนอมีอัตราขยายเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยมีอัตราขยายอยู่ในช่วงระหว่าง 2.65 – 6.63 dB ในช่วงความถี่ 470 – 862 MHz สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ดิจิทัล

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่เชื้อเชิญและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานด้านต่างๆ อีกทั้งในส่วนของโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์การจำลองการออกแบบสายอากาศสำหรับงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

#### เอกสารอ้างอิง

- P. Duangtang and R. Wongsan, "Design of Band-Notched Planar Dipole Antenna for DTV Application," The 2019 International Electrical Engineering Congress (IEECON2019), Thailand, 2019.
- P. Duangtang, P. Mesawad, and R. Wongsan "Creating a Gain Enhancement Technique for a Conical Horn Antenna by Adding a Wire Medium Structure at the Aperture", Journal of Electromagnetic Engineering and Science, Korea, 2016
- S. Pimpol, and R. Wongsan "wide-bandwidth and flat gain printed dipole with EBG reflector for terrestrial DTV reception", Suranaree Journal of Science and Technology, Thailand, 2017

ชื่อ – สกุล อาจารย์ ดร. กฤตกรณ์ ศรีวันนา  
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

### ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่

Kittakorn Sriwana, Tossapon Boongoen, and Natthakan lam-On (2018). Graph clustering-based discretization approach to microarray data, *Knowledge and Information Systems*. 60, 879–906 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10115-018-1249-z>



## Graph clustering-based discretization approach to microarray data

Kittakorn Sriwanna<sup>1</sup> · Tossapon Boongoen<sup>2</sup> · Natthakan Iam-On<sup>2</sup>

Received: 30 October 2017 / Revised: 25 April 2018 / Accepted: 22 July 2018  
© Springer-Verlag London Ltd., part of Springer Nature 2018

### Abstract

Several techniques in data mining require discrete data. In fact, learning with discrete domains often performs better than the case of continuous data. Multivariate discretization is the algorithm that transforms continuous data to discrete one by considering correlations among attributes. Given the benefit of this idea, many multivariate discretization algorithms have been proposed. However, there are a few discretization algorithms that directly apply to microarray or gene expression data, which is high-dimensional and unbalance data. Even so interesting, no multivariate method has been put forward for microarray data analysis. According to the recent published research, graph clustering-based discretization of splitting and merging methods (GraphS and GraphM) usually achieves superior results compared to many well-known discretization algorithms. In this paper, GraphS and GraphM are extended by adding the alpha parameter that is the ratio between the similarity of gene expressions (distance) and the similarity of the class label. Moreover, the extensions consider 3 similarity measures of cosine similarity, Euclidean distance, and Pearson correlation in order to determine the proper pairwise similarity measure. The evaluation against 20 real microarray datasets and 4 classifiers suggests that the results of three classification performances (ACC, AUC, Kappa) and running time of two proposed methods based on cosine similarity, GraphM(C) and GraphS(C) are better than 9 state-of-the-art discretization algorithms.

**Keywords** Multivariate discretization · Graph clustering · Microarray data · High-dimensional data · Data mining

### 1 Introduction

Classification of DNA microarray data is one of the major issues and hard challenge in bioinformatics. It allows the discovery of hidden patterns of gene expression profiles, which aims at understanding the underlying genetic causes of human diseases. The main problem of

---

✉ Kittakorn Sriwanna  
kittakorn.sri@gmail.com

<sup>1</sup> School of Computer and Information Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Muang, Chiang Rai 57100, Thailand

<sup>2</sup> IQ-D Research Unit, School of Information Technology, Mae Fah Luang University, Muang, Chiang Rai 57100, Thailand



microarray data is that the data is high dimension (around ten thousand attributes), while the small sample sizes (few hundred instances) [45]. Having a much higher number of attributes than the instances inherently causes most classification algorithms to exhibit poor predictive performance, with increase in computational time [8,44,52]. Feature discretization is one alternative with the capability to overcome the aforementioned difficulties encountered by many classifiers [40,42,51].

Discretization or so-called quantization is a data reduction preprocessing technique in data mining. It converts a numeric or continuous attribute to a nominal or categorical counterpart. Although the result of data discretization may lead to loss of information, it possesses several advantages. First, some algorithms can only deal with nominal values, which require an embedded discretization or an external discretization algorithm. C4.5 [46] is an example that requires the former treatment. Association rule discovery technique is an example of a learning model that makes use of external discretization prior analysis [12,13]. For the second advantage, after discretization, the subsequence mining process may be more efficient as the data are reduced and simplified. This results in more patterns being revealed and a decline in time requirement for classification modeling [29,55,60]. Moreover, the effectiveness of classification [5,30,47] and Label Ranking [18] are increasing after discretization.

Discretization techniques can be classified into several different ways, such as supervised versus unsupervised, splitting versus merging, direct versus incremental, univariate versus multivariate, and more [26,54]. Supervised methods consider the class information, whereas unsupervised ones do not. Splitting algorithms start from one interval and recursively select the best cut point to split the instances into two intervals, while merging methods begin with the set of single value intervals and iteratively merge adjacent intervals. Direct techniques require inputting a number of intervals supplied by the user. Example direct methods are equal-width and equal-frequency discretization algorithms [20]. The number of intervals is equal for all attributes in these algorithms. In contrast, incremental methods do not require the number of intervals, but they require the stopping criterion to stop the discretization process in order to yield the best number of intervals of each attribute. The univariate category discretizes each attribute independently without considering its relationship between other attributes. However, multivariate methods consider other attributes to determine the best discretization criterion.

There are some discretization approaches to microarray data. Some studies [8] apply standard discretization algorithms such as information entropy minimization (IEM) [22] and proportional k-interval discretization (PKID) [61] to improve the predictive accuracy of microarray data. The z-score discretization (ZDISC) [42] is also proposed for discretizing biomedical data. It exploits z-score for the continuous attribute by normalizing all continuous values to the z values and then binning procedure using the z values, this step similar to equal-width and equal-frequency discretization, causing attributes to have the same number of intervals. Another method called efficient Bayesian discretization (EBD) [39,40] is based on Bayesian score [9] that is reported to be competent for finding the highest EBD score, using the Bayesian score for all possible intervals grouping of an attribute, and then select the set of intervals that give highest EBD score. Wang et al. [56] proposed biology-constrained gene expression discretization, which is appropriate for analyzing cancer datasets. The biology-constrained gene expression algorithm has three discretization criterion based on class distribution diversity (CDD). The ur-CAIM [14] concentrated on the imbalance data. It extends class-attribute interdependence maximization discretization (CAIM) in order to improve the running time and quality of an interval. The empirical result shows a significant advantage with unbalance data.

Recently, many discretization algorithms introduced in the literature lean toward the multivariate family. Graph clustering-based discretization algorithm recently published [54] considers the similarity or distance between data points. Based on an empirical study with standard datasets, it is able to surpass well-known algorithms. In microarray data, detecting similarities among genes is one of the most important stages, which explore the relationship between gene expression data [4,43,62]. Similarity measure provides useful information to clustering and pattern recognition, which find the biologically meaningful groups and predict the functions of genes [57]. To the best of our knowledge, there is no multivariate discretization algorithm particularly invented for microarray data, i.e., the similarity of expression across the genes has not been considered so far.

Given this insight, in this paper, graph clustering-based discretization of splitting and merging method [54] is extended to the problem of microarray data. This extension considers three similarity measures of Euclidean distance, cosine similarity, and Pearson correlation that has been widely used to analyze microarray data [4,43,62] including the case of microarray data clustering [27]. Moreover, this study adds an additional variable ( $\alpha$ ) in such a way to model the weighting weight between the similarity of gene expressions (distance) and the similarity of class labels, which reflect the significance of both in discretization.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 provides a brief materials and methods as to set the scene for proposed work and following discussions. In Sect. 3, details of the proposed approaches based on three similarity measures are presented with related issues being explained. The performance evaluation is included in Sect. 4, based on a set of published real microarray datasets. This paper is concluded in Sect. 5, with possible future work.

## 2 Materials and methods

This section provides a summary of three topics. First topic provides basis of three similarity measures that are implemented in the proposed methods. The second topic introduces graph clustering-based discretization algorithms that recently published and extended in this research. Finally, the third topic presents the related discretizers that employed in this experimental study.

### 2.1 Data distance measure (pairwise similarity measures)

Throughout this paper, let  $n$  be the number of instances,  $d$  is the number of attributes,  $u$  and  $v$  are the sample instances. Let the set of clusters or intervals be  $\pi_k = \{C_1, \dots, C_k\}$ , where  $C_i$  is a cluster at  $i$ th in  $k$  subclusters.

#### 2.1.1 Euclidean distance

It is simply a geometric distance in a multidimensional space, which is a multivariate extension of the *Pythagorean distance* between two points. The formula for this distance between data points  $u(u_1, \dots, u_d)$  and  $v(v_1, \dots, v_d)$  with  $d$  dimensions is shown in Eq. 1.

$$E(u, v) = \sqrt{\sum_{i=1}^d (u_i - v_i)^2} \quad (1)$$

### 2.1.2 Cosine similarity

This measure calculates the cosine of the angle between two vectors or samples. The cosine similarity of samples  $u$  and  $v$ ,  $C(u, v)$ , is represented as Eq. 2. Two samples with the same direction have a cosine similarity value of 1 and  $-1$  if two vectors diametrically opposed. For positive feature values, in a positive space, the value lies between 0 and 1.

$$C(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^d u_i v_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^d u_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^d v_i^2}} \quad (2)$$

### 2.1.3 Pearson correlation

The Pearson correlation coefficient is defined as the covariance of the two variables or samples divided by the product of their respective standard deviations. It is normally used to measure the gene expression data [43]. The sample Pearson correlation coefficient ( $P$ ),  $P(u, v)$  is defined as Eq. 3, where  $\bar{u}$  and  $\bar{v}$  are the mean of  $u$  and  $v$ , respectively, and  $s(u)$  and  $s(v)$  are the sample standard deviations of  $u$  and  $v$ , respectively. The  $P$  value ranges from  $-1$  to  $1$ , where  $1$  means the samples are totally positive correlation,  $0$  no correlation, and  $-1$  totally negative correlation.

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^d (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{(n-1)s(u)s(v)} \quad (3)$$

## 2.2 Graph clustering-based discretization algorithm

Two graph clustering-based discretization algorithms of merging method (GraphM) and splitting method (GraphS) recently published [54], which aim to prevent partitioning of the natural group of data. The algorithms use the similarity the data pair based on distance and class label. The discretization criterion is based on the concept of *normalized association* ( $NAsso$ ) [53]. The algorithms include three main stages of: create the affinity matrix (AF matrix), create discretization schemes, and transform numeric to nominal attribute.

### 2.2.1 Create the affinity matrix (AF matrix)

AF matrix is constructed using the pairwise distances and class similarity as shown in Eq. 4, where  $\text{sim}(u, v)$  is similarity between data point  $u$  and  $v$ ,  $\text{sim}C(u, v)$  is class-label similarity,  $\text{sim}P(u, v)$  is a pairwise similarity based on Euclidean distances, and  $d$  is a number of attributes, respectively. The similarity of pairwise distance based on Euclidean distance (see Eq. 1) is divided by  $\sqrt{d}$  in order to rescale the value between 0 and 1 (see Eq. 16 for details). Note that, before calculating the pairwise distances, all attributes are rescaled in order to give the same treatment.

$$\text{sim}(u, v) = \text{sim}C(u, v) + \text{sim}P(u, v), \quad (4)$$

provided that

$$\text{sim}C(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } u \text{ and } v \text{ have the same class label,} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

and

$$\text{sim}P(u, v) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^d (u_i - v_i)^2}{d}} \tag{6}$$

### 2.2.2 Create discretization scheme

Discretization scheme of continuous attribute  $A$  ( $DS_A$ ) is a set of discrete and disjoint intervals, which has been arranged in ascending order. This is shown by Eq. 7, where  $i$  is cut point in  $i^{th}$  of  $A$ .

$$DS_A = \{(-\infty, \text{cut}_1], (\text{cut}_1, \text{cut}_2], \dots, (\text{cut}_{k-1}, +\infty)\} \tag{7}$$

The algorithms partition attribute  $A$  into  $k$  intervals by iteratively splitting (for GraphS) or merging (for GraphM) the interval based on the discretization criterion of  $N_{\text{Asso}}$ . This is formally given in Eq. 8, where  $N_{\text{Asso}}(\pi_k)$  is  $N_{\text{Asso}}$  value of the set of partitioning or clustering  $\pi_k$  that has  $k$  subclusters of  $\{C_1, \dots, C_k\}$ , and  $\omega(C_i, C_i)$  and  $\omega(C_i, \bar{C}_i)$  are the sum of weighted edges of inter-cluster edges and intra-cluster edges [11] of  $C_i$ , respectively.

$$N_{\text{Asso}}(\pi_k) = N_{\text{Asso}}(C_1) + N_{\text{Asso}}(C_2) + \dots + N_{\text{Asso}}(C_k) \tag{8}$$

provided that

$$N_{\text{Asso}}(C_i) = \frac{\omega(C_i, C_i)}{\omega(C_i, C_i) + \omega(C_i, \bar{C}_i)} \tag{9}$$

The stopping criterion of the algorithms is defined by Eqs. 10 and 11, where  $N_{\text{Asso}}(\pi_i)$  and  $N_{\text{Asso}}(\pi_{i-1})$  are  $N_{\text{Asso}}$  values of the graph partitioning results with the set of  $i$  and  $i - 1$  clusters, respectively. In addition,  $\beta$  is the significant improvement percentage, and  $k$  is the number of intervals. If the stopping criterion is true, the discretization will stop and the result is given as  $\pi_* = \pi_{i-1}$ .

$$N_{\text{Asso}}(\pi_i) < N_{\text{Asso}}(\pi_{i-1}) \times \beta \tag{10}$$

and

$$k \geq 2 \tag{11}$$

### 2.2.3 Transform numeric to nominal

The numeric attributes are transformed to nominal attributes using the discretization schemes, which replace the numeric values using the interval values identified by the aforementioned phase.

### 2.3 Related discretizers

Recently, in the literature, discretization leans toward the multivariate method. EMD, GraphM, and GraphS are an example discretizers that are recently published. As the information among attributes is used in discretization, they obtain high performance. GraphS and GraphM use graph partitioning technique to generate the best set of intervals by considering the similarity between instances. It is the first/new technique that utilizes the graph partitioning to the work of discretization as shown in the previous section. The details of EMD and

other univariate discretizers that are employed in the experimental study are summarized as follows.

An autonomous discretization algorithm (Ameva) [28] is a univariate method. Its discretization criterion is based on  $\chi^2$  values. The goals of Ameva are to maximize the dependency relationship between the target class and an attribute and minimize the minimum number of intervals.

Class-attribute interdependence maximization discretization algorithm (CAIM) [37] is a univariate method. It is a greedy approach which finds the minimum number of discrete intervals, while minimizing the loss of class-attribute interdependency. However, it generally generates the number of intervals equal to the number of classes.

ChiMerge [36] is a univariate method. The discretization criterion is based on  $\chi^2$  values. It selected the adjacent interval that is given as the highest  $\chi^2$  values to merge until the  $\chi^2$  values are less than setting threshold.

The evolutionary multivariate discretizer (EMD) [48] is a multivariate method. It applies a genetic algorithm to search the best set of interval among attributes. EMD defines a fitness function for the lower both classification error and number of cut points. The chromosome is encoded for all possible cut points of all continuous attributes. Therefore, in high-dimensional data, the algorithm requires a lot of time in order to find the optimal result.

Fixed frequency discretization (FFD) and proportional  $k$ -interval discretization (PKID) [61] are univariate methods. These algorithms maintain discretization bias and variance by tuning the interval frequency and the interval numbers. FFD discretizes such that all intervals have approximately the setting of sufficient interval frequency. PKID set the interval size equal to the interval number.

Information entropy minimization (IEM) [22] is a univariate method. Its discretization criterion is based on the overall effectiveness of entropy reduction. IEM is binary discretization, which generates a single cut point that obtains the best entropy value.

ur-CAIM [15] is a univariate method. It improves discretization criterion of CAIM in order to generate a more flexible number of intervals and require lower running time. The algorithm can cope with balanced and imbalanced data.

Zeta [31] is a univariate method. It is discretized by specifying the number of intervals. The discretization criterion of Zeta is based on maximum accuracy when each value of an independent variable must predict a different value of a dependent variable.

### 3 Proposed approach: graph clustering-based discretization

#### 3.1 The proposed extensions

According to the results of the paper in [54], GraphM and GraphS mainly achieve high predictive accuracy (ACC) and high area under the ROC curve (AUC) against 11 well-known discretization algorithms over 30 standard datasets and 20 imbalanced datasets, compared using 4 classifiers of C4.5, KNN, NB, and SVM. The average Friedman rankings and  $P_{\text{Holm}}$  of ACC for 30 standard datasets and 4 classifiers show that GraphS and GraphM fall in the first and second best ranking, respectively. Furthermore, the average Friedman rankings and  $P_{\text{Holm}}$  of AUC for 20 imbalanced datasets and all classifiers demonstrated that GraphS and GraphM obtain the first and second best ranking, respectively. The research prevents partitioning the natural groups of data using the similarity between instances. However, the similarity measure is not suitable for higher dimension of data.

In the current research, GraphM and GraphS are extended to the problem of microarray data. The extension aims to consider the similar patterns of gene expression and the similar class labels together, which is the multivariate method. In this study, two extensions of an alpha parameter and pairwise similarity measures are proposed.

### 3.1.1 The alpha parameter

In the work of [54], the similarity of gene expressions and similarity of class labels are calculated as equal weighting. In this case of high dimensional data, if equally weighting the class similarity and pairwise similarity, the similarity of amount thousand of gene expression (attributes) is threat same as only one class-attribute results in lower consider the similarity of gene expression, the results may lead to important information loss. Therefore, in this study, the similarity measure (see Eq. 4 for details) is extended to increase the weight-determination parameter ( $\alpha$ ) as shown in Eq. 12, which can adapt to increase to consider the similarity of gene expression.

$$\text{sim}(u, v) = (\alpha)\text{sim}C(u, v) + (1 - \alpha)\text{sim}P(u, v), \quad (12)$$

The parameter is the weighted rate of score between the similar patterns of gene expression and the similarity of class labels. The value of  $\alpha$  ranges between 0 and 1, 0 means the similarity of genes to consider only the similar gene expression, and 1 considers only the similar class labels.

### 3.1.2 The similarity measures

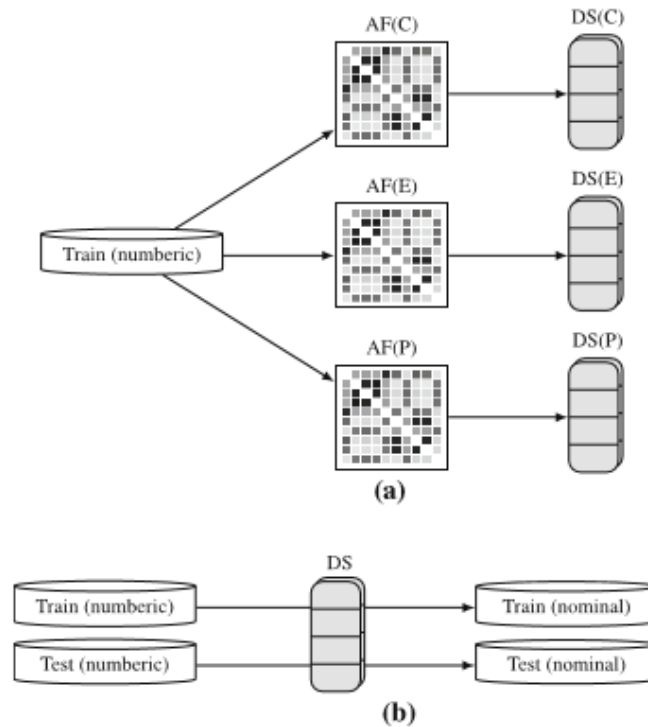
The microarray data are numeric values, and the distance/similarity between genes can be exploited for the purpose of discretization. In this study, one distance measure of Euclidean distance and two similarity measures of cosine and Pearson correlation are considered. These measures are effective and widely used in microarray data [4,43,62]. The pairwise similarity ( $\text{sim}P(u, v)$ ) in Eq. 12 is extended to implement these three measures, with the formal definitions being stated in Eqs. 13, 14, and 15, respectively.

$$\text{sim}P_E(u, v) = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^d (u_i - v_i)^2}{d}} \quad (13)$$

$$\text{sim}P_C(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^d u_i v_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^d u_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^d v_i^2}} \quad (14)$$

$$\text{sim}P_P(u, v) = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^d (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{(n-1)s(u)s(v)} \right) \quad (15)$$

The values of these measures are neatly bounded in [0,1], in which 1 means  $u$  and  $v$  highest similarity and 0 otherwise. In Eq. 14, because each attribute is rescaled between 0 and 1 (see Eq. 16 for details), the outcome of cosine similarity lies between 0 and 1. In Eq. 15, because the outcome of Pearson correlation ranges from  $-1$  to  $1$ , the measure is added by one and then divided by two in order to rescale in [0,1].



**Fig. 1** The framework of the graph clustering-based discretization approach of: **a** create affinity matrix (AF) and discretization scheme (DS), where AF(C), AF(E), and AF(P) are the AF based on  $\text{sim}P_C$ ,  $\text{sim}P_E$ , and  $\text{sim}P_P$ , respectively. DS(C), DS(E), and DS(P) are the DS results that are discretized using AF(C), AF(E), and AF(P), respectively, **b** transforms numeric attribute of training and testing datasets to nominal attribute using discretization scheme

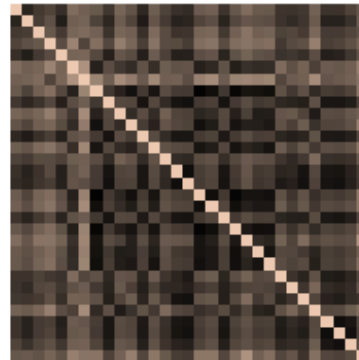
### 3.2 Details of the proposed algorithm

The entire process of the proposed framework is summarized in Fig. 1. It includes three main stages. First, create the affinity matrix (AF). Each element in AF contains the similarity. This stage considers three similarity measures of: cosine similarity, Euclidean distance, and Pearson correlation. Therefore, the algorithm generates three AF matrices according to these similarities. Second generates discretization schemes (DS) of the dataset using its own AF (see Fig. 1a for details). Finally, in the third stage, the numeric attribute is transformed into the nominal attribute using the discretization schemes (see Fig. 1b for details). The details of framework are summarized as follows.

#### 3.2.1 Create pairwise affinity matrix (AF)

The pairwise affinity matrix (AF matrix) is an  $n \times n$  dimension that contains the similarity scores of the pair of instances. The score ranges between 0 and 1, where a high score means the pair has high similarity. Before calculating the score, each data point  $x_i$  in the numeric attribute  $A_j$  is rescaled between 0 and 1 in order to give all the same treatment as shown in

**Fig. 2** The affinity matrix of Lung Cancer-Ontario dataset, order by attribute  $A_1$



Eq. 16, where  $val_{ij}^*$  is the new rescale value of  $val_{ij}$ , and  $\min_{A_j}$  and  $\max_{A_j}$  are the minimum and maximum values of the attribute  $A_j$ , respectively.

$$val_{ij}^* = \frac{val_{ij} - \min_{A_j}}{\max_{A_j} - \min_{A_j}} \quad (16)$$

The similarity score ( $\text{sim}(u, v)$ ) is computed using Eq. 12, where  $\text{sim}^P(u, v)$  is based on three similarity measures of: Euclidean distance (Eq. 13), cosine correlation (Eq. 14), and Pearson correlation (Eq. 15). These three similarity measures are considered in order to find the appropriate similarity measure for the study of microarray data. The similarity measure requires  $\alpha$  parameter from the user. In order to provide a practical means that users can make the best use of the parameter, behavior of  $\alpha$  is investigated with respect to its values. The value that gives the best result is 0.2, 20% for the similarity of class labels and 80% for gene expression, and the related discussion is provided in Sect. 4.3.

An example of AF matrix is shown in Fig. 2. It uses the sample of Lung Cancer-Ontario dataset (see Sect. 4.1 for details) and uses the similarity measure of cosine similarity with the  $\alpha$  that is 0.2. The dataset has 31 instances, and the AF matrix is an  $31 \times 31$  elements. In the example, a mini dark square box indicates high similarity and light square box indicates low similarity.

### 3.2.2 Create discretization scheme (DS) for GraphM

This stage generates the discretization scheme (DS) of each attributes one by one. In order to find DS of attribute  $A_j$  ( $DS_{A_j}$ ), there are four main steps as follows:

- Step 1** Reorder AF: In order to compute the discretization criterion, this step reorders AF in ascending, and each row and column of AF is reordered in terms of attribute  $A_j$ . However, in programming technique, the AF ordering can be avoided. The technique generates an identification number (ID) for each instance, which associates with a row/column number of AF. Then, reorder only attribute  $A_j$  with its ID. In order to compute the discretization criterion, the algorithm can access the AF using the ID. Therefore, the algorithm does not lose time for AF ordering.
- Step 2** Create the initial intervals: The initial intervals (clusters) are the intervals separated by the possible cut points. The cut point is the midpoint of the adjacent



- pairs with distinct values after sorting the attribute. If there are  $m$  distinct values of the attribute, there are  $m$  initial intervals.
- Step 3** Merge the best pair of adjacent intervals: All adjacent intervals are calculated the  $N_{Asso}$  value (see Eq. 8 for details). The pair that gives the highest  $N_{Asso}$  value is selected to merge. This step merges the best adjacent intervals until all intervals are grouped to a single interval. Each step of merging is saved in order to look backward to find the best set intervals.
- Step 4** Find the best set of intervals: This step looks backward from a single interval and gives the best set number of intervals is 2 ( $\pi_2$ ). The best set of intervals will change to the next higher number of intervals ( $\pi_3, \pi_4, \dots$ ) if the stopping criterion is false as shown in Eqs. 10 and 11; otherwise, stop looks backward.
- Step 5** Generate discretization scheme: The set of cut points that separate the best set of intervals is transformed to discretization scheme as Eq. 17, where  $DS_{A_j}$  is a discretization scheme of attribute  $A_j$ , and  $cut_1$  to  $cut_k - 1$  are the cut-point selections.

$$DS_{A_j} = \{(-\infty, cut_1], (cut_1, cut_2], \dots, (cut_k - 1, +\infty)\} \quad (17)$$

Discretization scheme is a set of real numbers (real interval) which is a connected portion of real line. Each attribute value can lie on only one interval, between two endpoints.

The example of GraphM is shown in Fig. 3a. It uses the sample of Lung Cancer-Ontario dataset, which has 31 instances. The example shows the process of finding the discretization scheme of the first attribute ( $A_1$ ) of the dataset using the AF. The minimum and maximum values of  $A_1$  are 0.14 and 28.33, respectively. First of all, the AF is reordered by  $A_1$  as shown in Fig. 2. Note that, in programming, AF does not reordered, and the attribute with its ID is reordered instead and after that finds the initial intervals. There are 28 distinct values of the attribute, the same values are grouped to an interval, and there are 28 initial intervals ( $\pi_{28}$ ). In the figure, the mini box indicates the similarity between the instances of the row  $i$ th and the column  $j$ th, in which the dark color indicates high similarity and light color indicates low similarity. The big square box that groups mini boxes represents the interval that groups instances at  $i$ th or  $j$ th within the box. After that, find the best interval pair. The best interval pair is the adjacent intervals that obtain highest score as calculate using the discretization criterion (see Eq. 8 for details). The best interval pair is merged and finds the best interval pair again. The number of intervals decreases one by one as shown in the figure. After all intervals are grouped to a single interval, GraphM looks backward in order to find the best set of intervals. At the looking from  $\pi_2$  to  $\pi_3$ , there is no significance improving the discretization criterion, and the stopping criterion is true. The result of the best set of intervals is  $\pi_2$  with one cut point at 0.4925,  $DS_{A_1} = \{(-\infty, 0.4925], (0.4925, +\infty)\}$ .

### 3.2.3 Create discretization scheme (DS) for GraphS

In order to find DS of attribute  $A_j$  ( $DS_{A_j}$ ), based on GraphS there are four main steps as follows:

- Step 1** Reorder AF: This step is the same as GraphM, see **Step 1** in Session 3.2.2 for details.
- Step 2** Find the best cut point: If there are  $n$  distinct values of the attribute, there are  $n - 1$  possible number of cut points. All possible cut points are computed the

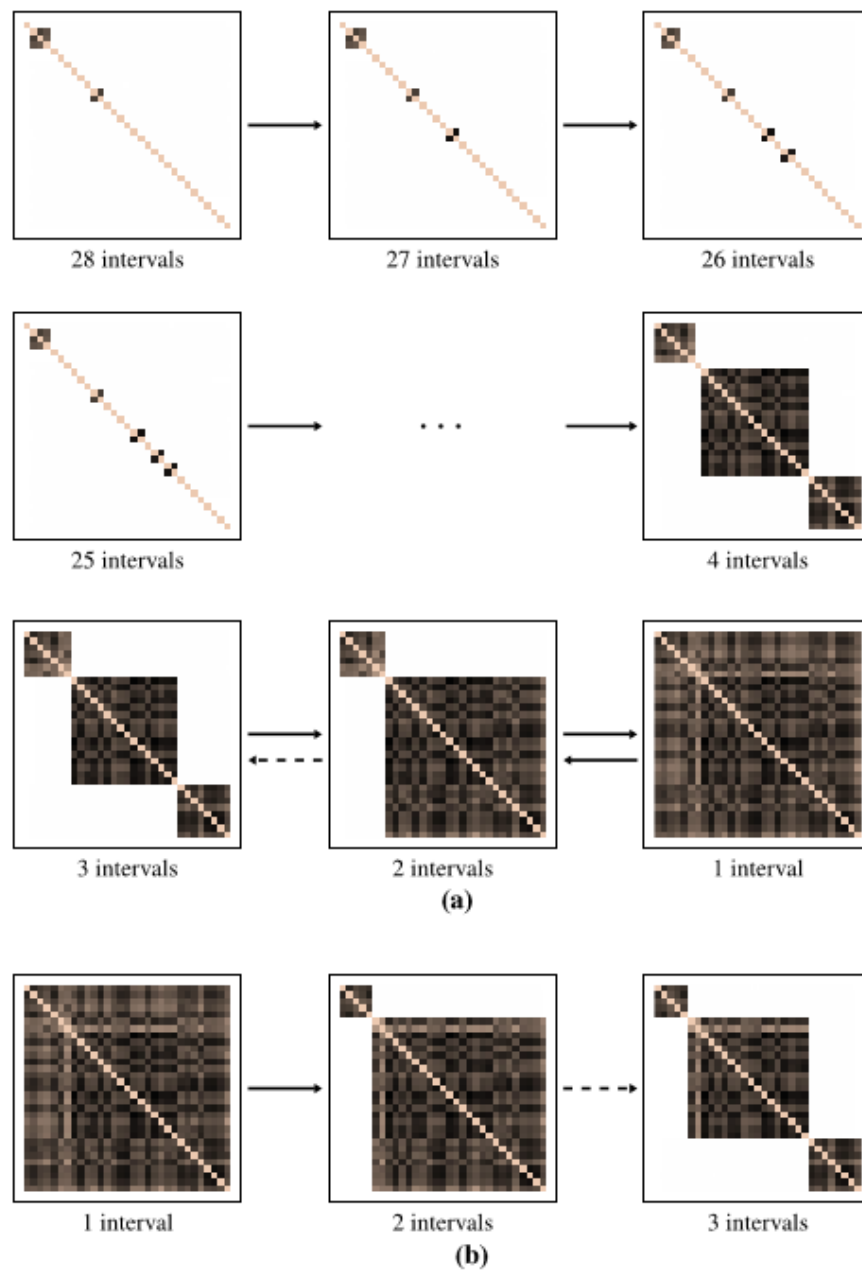


Fig. 3 An example of AF matrices of the discretization process of **a** GraphM and **b** GraphS, which discretize the attribute  $A_1$  of the Lung Cancer-Ontario dataset

- $N_{\text{Asso}}$  value (see Eq. 8 for details) and then selected the cut point that gives the highest value.
- Step 3** Check the stopping criterion: The best cut point is checked using the stopping criterion as shown in Eqs. 10 and 11. If the criterion is true, stop partitioning and go to step 4. Otherwise, partition the intervals using the best cut point and save the cut point to the set of cut-point selections. After that, go to step 2, find the best cut point again until the stopping criterion is true.
- Step 4** Generate discretization scheme: The set of cut-point selections is transformed to discretization scheme, see Step 5 in Session 3.2.2 for details.

The example of this stage is shown in Fig. 3b, which uses the sample of Lung Cancer-Ontario dataset again. At the beginning, there is a single interval ( $\pi_1$ ). The AF is reordered by  $A_1$  values and then finds the best cut point using the discretization criterion. The best cut point is 0.33, and the DS of this stage is  $\{(-\infty, 0.33], (0.33, +\infty)\}$ . The cut point is accepted because the stopping criterion is false, and the minimum partitions or intervals must be equal or greater than two. In the figure, two big square boxes represent two intervals ( $\pi_2$ ) that are divided using the cut point. The algorithm finds the best cut point again that is 1.1875. The DS of this stage is  $\{(-\infty, 0.33], (0.33, 1.1875], (1.1875, +\infty)\}$ , which lead to have three intervals ( $\pi_3$ ). Because  $N_{\text{Asso}}(\pi_3)$  is lower than  $N_{\text{Asso}}(\pi_2) \times \beta$ , the stopping criterion is true and rejects the cut point. Hence, the result of the best set of intervals is  $\pi_2$  with one cut point at 0.33,  $DS_{A_1} = \{(-\infty, 0.33], (0.33, +\infty)\}$ .

### 3.2.4 Transforms numeric to nominal attribute

Each value of a numeric attribute is transformed into nominal value using the discretization scheme of the attribute. The value that lays into the DS interval is transformed to its interval name. In this study, the interval name is similar to the interval, such as “(inf\_cut1],” “(cut1\_cut2],” and “(cut2\_inf).”

## 4 Performance evaluation

### 4.1 Investigated datasets

The experimental evaluation is conducted on 20 real datasets obtained from the ELVIRA biomedical dataset repository<sup>1</sup> and R package data microarray.<sup>2</sup> Table 1 summarizes the details of these datasets. Some datasets are supplied with a test set, separate to training and testing sets. These datasets are Breast Cancer, E2A PBX1, Hyperdip50, MLL leukemia, and TEL AML1. The rest datasets are not supplied test set. In this study, these datasets are random separated to training data (80%) and testing data (20%). All datasets are collected and provided in supplementary material.<sup>3</sup> Because some numeric attributes have a small number of distinct values, it could be ambiguous with the nominal attribute. Therefore, in this study, in Table 1, a numeric attribute with no more than two distinct values is regarded as a nominal attribute.

These microarray datasets are high-dimensional data, ranging from a thousand to fifteen thousand attributes, particularly for Sun dataset that has 54,612 features. Also, most of them

<sup>1</sup> <http://leo.ugr.es/elvira/DBCRepository>.

<sup>2</sup> <https://www.rdocumentation.org/packages/datamicroarray/versions/0.2.3>.

<sup>3</sup> <https://kittakorn.crru.ac.th/kais/2018>.

Graph clustering-based discretization approach to microarray data

**Table 1** Description of microarray datasets: number of data points ( $n$ ), number of instances in the minority classes ( $n_{\min}$ ), minority class ratio ( $k_{\min}$ ), number of attributes ( $d$ ), number of numeric attributes ( $d^N$ ), number of nominal attributes ( $d^O$ ), and number of classes ( $c$ )

Dataset	$n$		$n_{\min}$	$k_{\min}$	$d$	$d^N$	$d^O$	$c$																																																																																																																																																																																																																																																		
BreastCancer	78	(train)	34	0.436	24,481	24,188	293	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	19	(test)	7	0.368					Burczynski	102	(train)	22	0.216	22,283	22,283	0	3	25	(test)	4	0.160	CentralNervousSystem	48	(train)	16	0.333	7129	7129	0	2	12	(test)	5	0.417	Chiaretti	102	(train)	1	0.010	12,625	12,625	0	6	26	(test)	0	0.000	Chin	94	(train)	37	0.394	22,215	22,215	0	2	24	(test)	6	0.250	Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2	21	(test)	7	0.333	ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0
Burczynski	102	(train)	22	0.216	22,283	22,283	0	3																																																																																																																																																																																																																																																		
	25	(test)	4	0.160					CentralNervousSystem	48	(train)	16	0.333	7129	7129	0	2	12	(test)	5	0.417	Chiaretti	102	(train)	1	0.010	12,625	12,625	0	6	26	(test)	0	0.000	Chin	94	(train)	37	0.394	22,215	22,215	0	2	24	(test)	6	0.250	Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2	21	(test)	7	0.333	ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040								
CentralNervousSystem	48	(train)	16	0.333	7129	7129	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	12	(test)	5	0.417					Chiaretti	102	(train)	1	0.010	12,625	12,625	0	6	26	(test)	0	0.000	Chin	94	(train)	37	0.394	22,215	22,215	0	2	24	(test)	6	0.250	Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2	21	(test)	7	0.333	ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																					
Chiaretti	102	(train)	1	0.010	12,625	12,625	0	6																																																																																																																																																																																																																																																		
	26	(test)	0	0.000					Chin	94	(train)	37	0.394	22,215	22,215	0	2	24	(test)	6	0.250	Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2	21	(test)	7	0.333	ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																		
Chin	94	(train)	37	0.394	22,215	22,215	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	24	(test)	6	0.250					Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2	21	(test)	7	0.333	ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																															
Chowdary	83	(train)	35	0.422	22,283	22,283	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	21	(test)	7	0.333					ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2	12	(test)	6	0.500	E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																												
ColonTumor	50	(train)	16	0.320	2000	2000	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	12	(test)	6	0.500					E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	9	0.080	Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																									
E2A PBX1	215	(train)	18	0.084	12,558	10,322	2236	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	112	(test)	9	0.080					Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2	36	(test)	6	0.167	Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																						
Gordon	145	(train)	25	0.172	12,533	12,533	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	36	(test)	6	0.167					Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	22	0.196	LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																			
Hyperdip50	215	(train)	42	0.195	12,558	10,322	2236	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	112	(test)	22	0.196					LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5	41	(test)	1	0.024	Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																
LungCancer Harvard1	162	(train)	5	0.031	12,600	12,600	0	5																																																																																																																																																																																																																																																		
	41	(test)	1	0.024					Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2	8	(test)	3	0.375	Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																													
Lungcancer ontario	31	(train)	12	0.387	2,880	2,880	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	8	(test)	3	0.375					Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2	19	(test)	1	0.053	MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																										
Lung Michigan	77	(train)	9	0.117	7129	7129	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	19	(test)	1	0.053					MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3	15	(test)	3	0.200	Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																							
MLL leukemia	57	(train)	17	0.298	12,582	12,582	0	3																																																																																																																																																																																																																																																		
	15	(test)	3	0.200					Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10	21	(test)	0	0.000	Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																				
Nakayama	84	(train)	3	0.036	22,283	22,283	0	10																																																																																																																																																																																																																																																		
	21	(test)	0	0.000					Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2	20	(test)	6	0.300	Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																	
Singh	82	(train)	36	0.439	12,600	12,600	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	20	(test)	6	0.300					Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4	36	(test)	3	0.083	TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																														
Sun	144	(train)	20	0.139	54,612	54,612	0	4																																																																																																																																																																																																																																																		
	36	(test)	3	0.083					TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2	112	(test)	27	0.241	Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																																											
TEL AML1	215	(train)	52	0.242	12,558	10,322	2236	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	112	(test)	27	0.241					Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2	35	(test)	4	0.114	Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																																																								
Tian	138	(train)	32	0.232	12,625	12,625	0	2																																																																																																																																																																																																																																																		
	35	(test)	4	0.114					Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																																																																					
Yeoh	198	(train)	13	0.066	12,625	12,625	0	6																																																																																																																																																																																																																																																		
	50	(test)	2	0.040																																																																																																																																																																																																																																																						

are unbalance data, especially for Lung Cancer-Harvard that has the minority class only 3.1% ( $k_{\min} = 0.031$ ).

## 4.2 Experimental design

An experiment is set up to investigate the performance of the proposed algorithms compared to 9 discretization algorithms. In the comparison, 4 classifiers of: C4.5 [46], K-nearest neighbors (KNN) [1], Naive Bayes (NB) [34], and support vector machine (SVM) [17] classifiers that are in data mining [58,59] are examined.

### 4.2.1 The performance measures

In this study, three main measures of classification performances, number of intervals, and running time are used to evaluate the efficiency of the discretization algorithms. *The classification performances* After discretization, the nominal dataset is classified with 4 classifiers of C4.5, KNN, NB, and SVM. In this study, the results of learning are evaluated using predictive accuracy (ACC). The predictive accuracy is mostly used to measure for classification. However, in this study, many datasets are imbalanced data and imbalanced class label. The predictive accuracy may not be suitable, which receives good accuracy while predicting the majority class. Therefore, two measures of the area under the ROC curve (AUC) [10,33] and Cohen's Kappa rate (Kappa) [6,7] are increased to evaluate in the comparison.

AUC and Kappa are widely used in microarray data and imbalance data classification [41, 50]. The AUC measures the diagnostic accuracy of a test which lies between 0 and 1. The high value of these metrics is the better accurate test. The high value, the better accurate test. The Kappa is a statistic which measures the degree of agreement between the class labels. The Kappa value ranges from  $-1$  to  $1$ , the high Kappa value exhibits the strong agreement, the accuracy is more credible. Kappa is designed as a test statistic for inter-rater agreement between raters or observers. It takes into account the agreement among classes, which are suitable to evaluate imbalance dataset. Therefore, Kappa is an important performance for evaluating the imbalance data and microarray data [35,38]. *The number of intervals* The number of intervals should be a small number which is easier to understand the data pattern. A large number of intervals may cause the learning to be slow and ineffective [16,26]. However, a too small number of the intervals may lead to lose classification performance [15]. Moreover, the discretization result produces a single interval, and the attribute is not used in a classification learning. This study compared the average number of intervals per attribute and reports it with its standard deviation. *The running times* The running times in this study are evaluated in the process of discretization, not included the learning time of the classifier. The running time should not take too long, especially in this case of microarray data that high dimension of attributes. In this study, the datasets are supplied test set, and the discretization algorithms run once and report the running time (in seconds).

### 4.2.2 Statistical analysis

*Ranking of discretization algorithms* In this study, the ranking of discretization algorithms obtains from Friedman test [23,24]; the lower rank value is the better ranking. It is nonparametric statistical test for testing the difference between several related samples. The Friedman

test shows that at least one algorithm is significantly different from at least one other algorithm (using a level of significance  $\alpha = 0.05$ ). The Holm post hoc test [25,32] is used to find the  $p$  value of the post hoc Holm ( $p_{\text{Holm}}$ ) of each pair comparison. The discretization algorithm that obtains the lowest rank value is set as a control algorithm. The control algorithm is compared against the rest algorithms. This ranking performs with 3 comparisons of: ACC, AUC, and Kappa.

*Pairwise comparison* In this study, the Wilcoxon signed-rank test is used to find the significant differences between the sample pair. It is a nonparametric statistical hypothesis test, which tests for the median difference. This study reports the Wilcoxon signed-rank test using the  $p$  value. If the value is greater than the specified significant level, not rejected the null hypothesis, there is no evidence of a significant difference of the pair. This test performs with three comparisons of: ACC, AUC, and Kappa.

### 4.2.3 Compared discretization algorithms

Two proposed approaches of graph clustering-based discretization of merging method (GraphM) and splitting method (GraphS) are tested to three similarity measures based on Euclidean distance, cosine similarity, and Pearson correlation. The test shows that the cosine similarity gives the classification performances well of both GraphM and GraphS, see Session 4.3 for details. *Graph clustering-based discretization of merging method using cosine similarity – GraphM(C)* and *graph clustering-based discretization of splitting method using cosine similarity – GraphS(C)* are selected to evaluate the other well-known discretization algorithms.

In order to properly examine the potential of the proposed approach of GraphM(C) and GraphS(C), they are evaluated against 9 state-of-the-art discretization algorithms. All discretization algorithms are implemented in Java which are Ameva [28], CAIM [37], ChiMerge [36], EMD [48], FFD [61], IEM [22], PKID [61], ur-CAIM [15], and Zeta [31], with various discretization types. This study takes ur-CAIM algorithm, distributing from the authors of ur-CAIM,<sup>4</sup> EMD program is derived from the authors of EMD, and the other discretization algorithms are taken from KEEL software [2,3]. EMD and ur-CAIM are recently published which show high classification performance. The details of these discretization algorithms are summarized in Sect. 2.3.

### 4.2.4 Parameter settings

Many discretization algorithms and classification algorithms desire the input parameters from the user. Those variables are specifically set for the present study in accordance with Table 2. The parameters of the discretizers are set as recommended by the works [26,49]. For C4.5 classifier, the parameters are setted as a default of the WEKA data mining toolkit [21]. For KNN classifier, the parameters are setted as the work [19]. This work uses KNN classifier to classify the microarray data, which  $k = 1$  seems to be the best choice.

For the proposed methods, the  $\beta$  is set to 1.01, the same the work of [54], and the  $\alpha$  is set to 0.2, which give the highest classifier's performance, see the next section for details.

<sup>4</sup> [www.uco.es/grupos/kdis/wiki/ur-CAIM](http://www.uco.es/grupos/kdis/wiki/ur-CAIM).

**Table 2** Parameters of classifiers and discretizers

Method	Parameters
<b>Classifier</b>	
C4.5	Pruned tree = <i>true</i> , confidence = 0.25, minimum example per leaf = 2
KNN	$k = 1$ , distanced function = euclidean distance
<b>Discretizer</b>	
ChiMerge	Confidence threshold = 0.05
EMD	Population size = 50, $M_e = 10,000$ , $\alpha = 0.7$ , $R_{rate} = 0.1$ , $R_{perc} = 0.5$
FFD	Frequency size = 30
FUSINTER	$\alpha = 0.975$ , $\lambda = 1$
GraphS, GraphM	$\alpha = 0.2$ , $\beta = 1.01$

### 4.3 Similarity measures analysis of the proposed methods and its parameter sensitivities

Based on three pairwise similarity measures and two proposed approaches of GraphM and GraphS, there are 6 couplings to be examined that are GraphM(C), GraphS(C), GraphM(E), GraphS(E), GraphM(P), and GraphS(P). The words of “(C),” “(E),” and “(P)” denote the proposed methods using the pairwise similarity measure based on cosine similarity, Euclidean distance, and Pearson correlation, respectively.

The summary of experimental results of GraphM(C), GraphM(E), and GraphM(P) with the different  $\alpha$  parameters is shown in Figs. 4 and 5. The classification performances over 20 datasets and 4 classifiers of ACC, AUC, and Kappa of these three methods are shown in Fig. 4. The result demonstrates that GraphM(C) and GraphS(C) obtain highest performance over all classifications at  $\alpha = 0.2$ . The result suggests that both GraphM and GraphS perform well with the pairwise similarity measure based on cosine similarity at  $\alpha = 0.2$ . As such, this study selects GraphM(C) and GraphS(C) with  $\alpha = 0.2$  to compare the other well-known discretization algorithms.

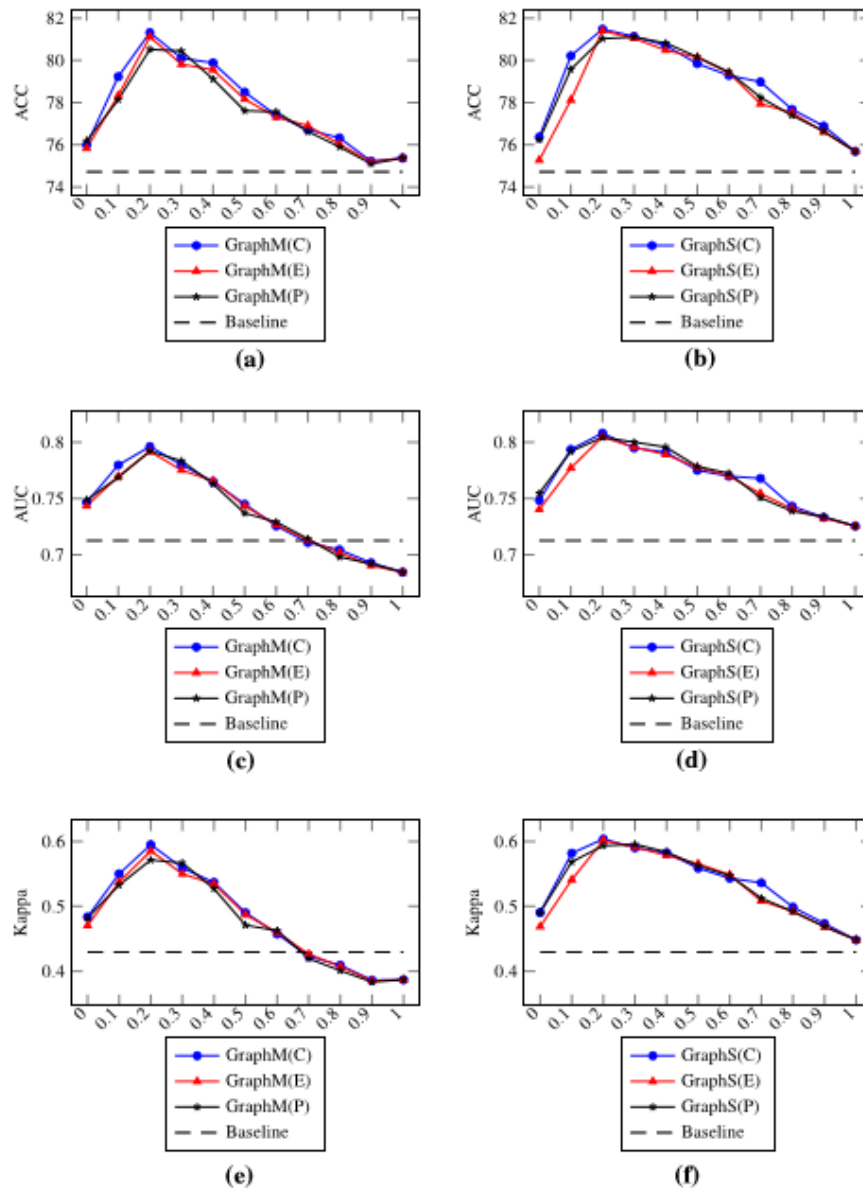
The experimental results of a number of intervals of GraphM and GraphS are illustrated in Fig. 5(a, b). In the figures, a small  $\alpha$  value, high weight of pairwise similarity measure, low weight of class-label similarity produced a small number of intervals. Because each similarity value of the pair in high dimension is minimally different, improvement in the criterion value is low (see Fig. 6a for details). Therefore, the stopping criterion is quickly satisfied. In contrast, if only considering the class-label similarity ( $\alpha = 1$ ), the larger difference leads to slow stopping (see Fig. 6b for details).

Regarding the average running time of all datasets, GraphM appears to be faster than GraphS, especially for GraphM(C) (see Fig. 5c, d for details).

### 4.4 Experimental results and analysis

In the experimental results, EMD cannot discretize Sun dataset that is an extremely high dimension of data. It runs several days and requires a large memory to run. Therefore, in order to compare the average classification performances, average number of intervals, average running time, and statistical analysis of Friedman rankings and Wilcoxon signed-rank

Graph clustering-based discretization approach to microarray data



**Fig. 4** The relations of  $\alpha \in \{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\}$  with **a** ACC of GraphM, **b** ACC of GraphS, **c** AUC of GraphM, **d** AUC of GraphS, **e** Kappa of GraphM, and **f** Kappa of GraphS, which consider three similarity matrices. Note that, the dashed horizontal line is the baseline, the classification performance without discretization



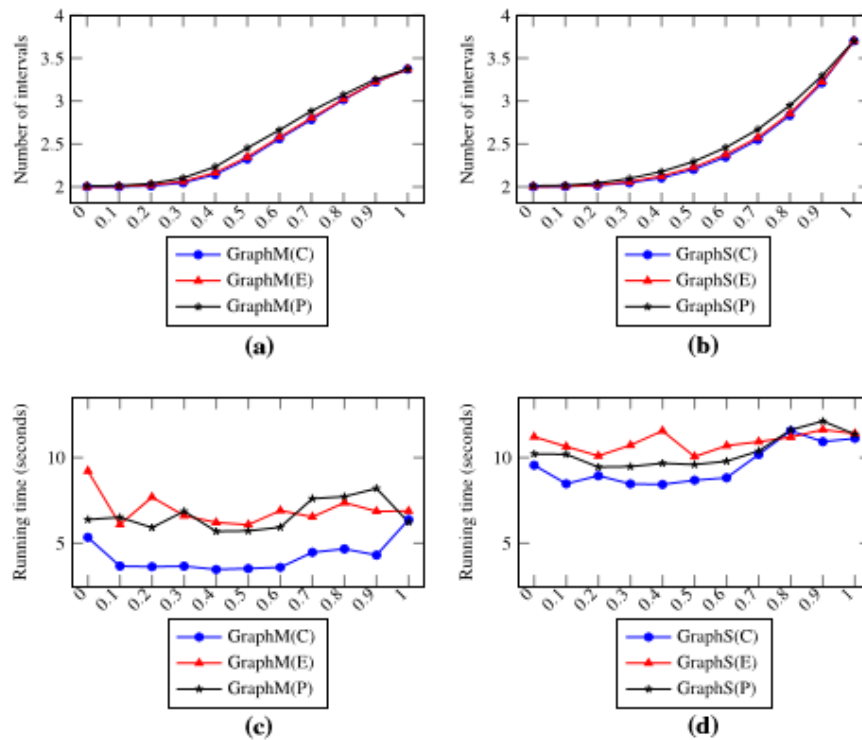
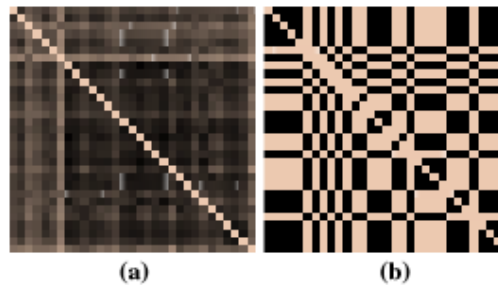


Fig. 5 The relations of  $\alpha \in \{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\}$  with a number of intervals of GraphM, b number of intervals of GraphS, c running times of GraphM, and d running times of GraphS, which consider three similarity matrices

Fig. 6 The difference between AF matrices with a  $\alpha = 0$  and b  $\alpha = 1$ . Note that, these matrices contain the similarity of Lung Cancer-Ontario dataset and reorder by first attribute



test, this study evaluates on 19 datasets, excluding Sun dataset. However, the experimental results of Sun dataset are presented and summarized in Sect. 4.4.2. Note that, all experimental results are provided in supplementary material.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> <https://kittakorn.crru.ac.th/kais/2018>.

#### 4.4.1 Classification performances

The classification performances of ACC, AUC, and Kappa are summarized in Table 3. It compares 11 discretization algorithms over 19 datasets and 4 classifiers. Each row in the table that is given highest performance is highlighted in bold face background.

**Predictive accuracy (ACC)** The average ACC result as presented in Table 3 shows that GraphM(C) and GraphS(C) generally outperform other discretization algorithms. Regarding the average predictive accuracy of all datasets and all classifiers, GraphS(C) and GraphM(C) obtain the first and second highest values, which are 82.23% and 82.09%. The third, fourth, and fifth highest values belong to ChiMerge (80.20%), IEM (78.99%), and CAIM (78.27%), respectively. On the average predictive accuracy of EMD, it is interesting to notice that it achieves poor predictive accuracy (71.47%). That is because it becomes difficult for EMD to find the optimal result in high dimension.

**Area Under the ROC Curve (AUC)** In Table 3, the result shows that GraphS(C) obtains the highest AUC value for C4.5, KNN, and SVM classifiers, while the highest AUC for NB belongs to IEM. GraphM(C) achieves the second highest AUC for KNN and SVM classifiers. In summary across all datasets and classifiers, the first, second, and third highest AUC belongs to GraphS(C) (0.811), GraphM(C) (0.799), and ChiMerge (0.778), respectively.

**Kappa** Table 3 presents the Kappa results with different datasets and classifiers. The results show that GraphM(C) and GraphS(C) mostly obtain the top two highest Kappa value. Regarding C4.5, KNN, and SVM classifiers, GraphS(C) and GraphM(C) achieve the first and second highest value, respectively. For NB classifier, the highest Kappa belongs to ChiMerge, while GraphM(C) and GraphS(C) obtain the second highest Kappa value. In the average Kappa for 19 datasets and 4 classifiers, the proposed methods outperform and are highly different from the other discretization algorithms. The top three highest Kappa value belongs to GraphS(C) (0.609), GraphM(C) (0.601), and ChiMerge (0.559), respectively.

The conclusion of these three classification performances is that GraphS(C) and GraphM(C) clearly outperform the compared discretization algorithms in terms of ACC, AUC, and Kappa.

#### 4.4.2 Classification performances on Sun dataset

The classification performance results on the Sun dataset are presented in Table 4. In the average ACC for all classifiers, Ameva obtains the highest ACC (68.75), while GraphS(C) and GraphM(C) obtain the second and third highest value, which are 67.36 and 66.67, respectively. The top three discretizers that obtain highest AUC are GraphS(C) (0.755), IEM (0.753), and GraphM(C) (0.751), respectively. Finally, in the Kappa results, the top three highest Kappa values belong to Ameva (0.499), GraphS(C) (0.497), and GraphM(C) (0.487), respectively. The classification performance results reveal that GraphS(C) and GraphM(C) fall in the top three highest performance. The empirical study with the Sun dataset indicates that the proposed method can cope with a very high dimension of data.

#### 4.4.3 Number of intervals

The average numbers of intervals per attribute of 19 datasets are shown in Fig. 7a. The results reveal that EMD generates the lowest number of intervals, which is close to 1. The second average lowest number of intervals belongs to IEM (1.17). The third and fourth average lowest numbers of intervals belong to GraphM(C) and GraphS(C). The proposed algorithms generate

**Table 3** Average ACC, AUC, and Kappa of 9 well-known discretization algorithms and 2 proposed approaches on 19 microarray datasets using C4.5, K-nearest neighbors (KNN), Naive Bayes (NB), and support vector machine (SVM) classifiers

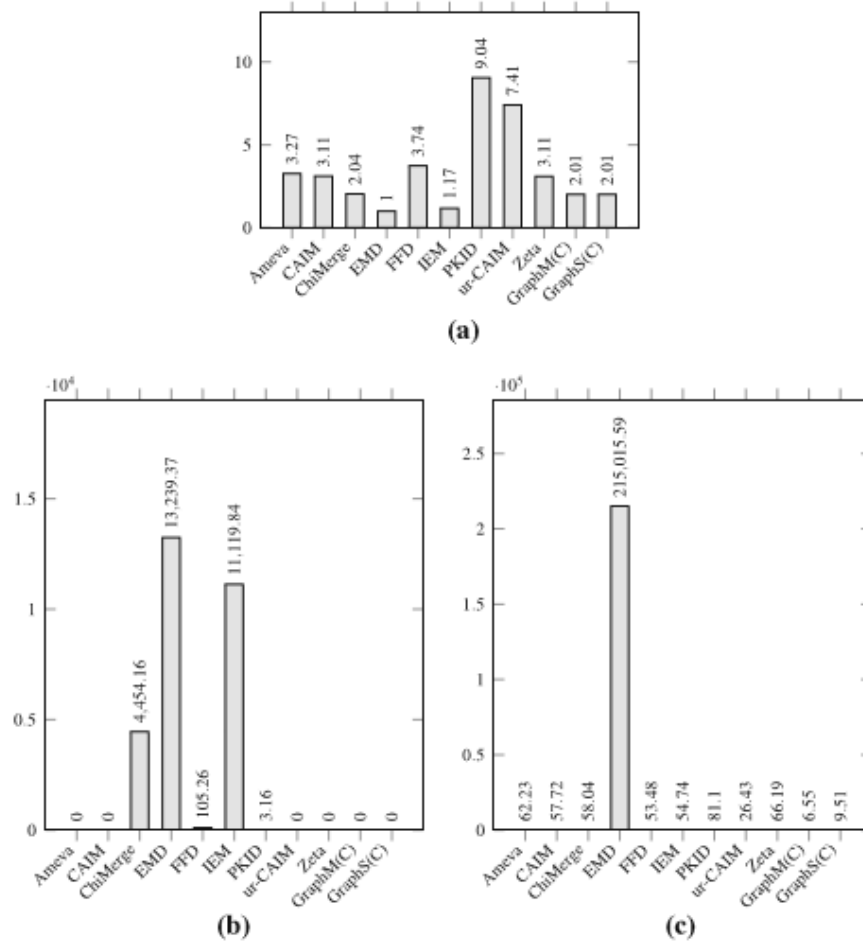
Evaluation Measure	Classifier	State-of-the-art discretization algorithms										Proposed methods	
		Ameva	CAIM	ChiMerge	EMD	FFD	IEM	PKID	ur-CAIM	Zeta	GraphM(C)	GraphS(C)	
ACC	C4.5	78.66	80.06	81.99	72.70	75.55	78.71	73.42	80.29	78.72	<b>83.26</b>	82.75	
	KNN	80.85	78.15	82.31	75.35	81.34	82.07	78.30	81.81	74.56	86.34	<b>86.73</b>	
	NB	77.26	80.53	81.48	74.57	81.45	<b>82.86</b>	79.01	75.46	75.97	81.71	81.65	
	SVM	71.36	74.21	75.01	63.25	66.77	72.33	64.21	67.29	72.62	77.05	<b>77.77</b>	
	All Classifiers	77.03	78.24	80.20	71.47	76.28	78.99	73.74	76.21	75.47	<b>82.09</b>	<b>82.23</b>	
AUC	C4.5	0.775	0.801	0.821	0.708	0.740	0.776	0.725	0.795	<b>0.835</b>	0.816	<b>0.838</b>	
	KNN	0.709	0.742	0.792	0.761	0.766	0.831	0.726	0.781	0.638	0.835	<b>0.853</b>	
	NB	0.776	0.810	0.836	0.769	0.844	<b>0.877</b>	0.823	0.751	0.750	0.853	0.852	
	SVM	0.604	0.669	0.662	0.513	0.548	0.620	0.520	0.577	0.614	0.690	<b>0.701</b>	
	All Classifiers	0.716	0.755	0.778	0.688	0.725	0.776	0.698	0.726	0.709	0.799	<b>0.811</b>	
Kappa	C4.5	0.571	0.593	0.644	0.425	0.468	0.567	0.386	0.595	0.586	<b>0.653</b>	<b>0.654</b>	
	KNN	0.450	0.507	0.623	0.458	0.544	0.641	0.455	0.591	0.294	0.697	<b>0.711</b>	
	NB	0.470	0.603	0.620	0.450	0.603	<b>0.647</b>	0.598	0.434	0.388	0.630	0.627	
	SVM	0.239	0.364	0.351	0.032	0.100	0.274	0.046	0.175	0.245	0.424	<b>0.445</b>	
	All Classifiers	0.433	0.517	0.559	0.341	0.429	0.532	0.371	0.449	0.378	0.601	<b>0.609</b>	

Note that the highest performance of each row is highlighted in bold face

**Table 4** The results of ACC, AUC, and Kappa of 9 well-known discretization algorithms and 2 proposed approaches on Sun dataset using C4.5, K-Nearest Neighbors (KNN), Naive Bayes (NB), and support vector machine (SVM) classifiers

Evaluation measure	Classifier	State-of-the-art discretization algorithms										Proposed methods	
		Ameva	CAIM	ChiMerge	EMD	FFD	IEM	PKID	ur-CAIM	Zeta	GraphM(C)	GraphS(C)	
ACC	C4.5	61.11	52.78	41.67	N/A	63.89	52.78	58.33	66.67	50.00	52.78	58.33	
	KNN	77.78	61.11	<b>80.56</b>	N/A	77.78	66.67	72.22	77.78	52.78	77.78	77.78	
	NB	<b>72.22</b>	69.44	66.67	N/A	66.67	69.44	66.67	<b>72.22</b>	69.44	69.44	69.44	
	SVM	63.89	69.44	63.89	N/A	44.44	66.67	44.44	47.22	<b>72.22</b>	66.67	63.89	
	All classifiers	<b>68.75</b>	63.19	63.19	N/A	63.19	63.89	60.42	65.97	61.11	66.67	67.36	
AUC	C4.5	0.673	0.635	0.593	N/A	<b>0.748</b>	0.703	0.738	0.721	0.605	0.688	0.719	
	KNN	0.788	0.658	0.818	N/A	0.841	0.761	0.813	0.801	0.580	<b>0.842</b>	<b>0.842</b>	
	NB	0.759	0.779	0.732	N/A	0.763	<b>0.810</b>	0.732	0.757	0.763	0.770	0.767	
	SVM	0.682	0.717	0.687	N/A	0.500	<b>0.740</b>	0.500	0.548	0.696	0.703	0.692	
	All classifiers	0.725	0.697	0.707	N/A	0.713	0.753	0.696	0.707	0.661	0.751	<b>0.755</b>	
Kappa	C4.5	0.380	0.249	0.168	N/A	0.459	0.304	0.341	<b>0.488</b>	0.215	0.270	0.344	
	KNN	0.642	0.348	<b>0.691</b>	N/A	0.661	0.510	0.578	0.644	0.172	0.662	0.662	
	NB	<b>0.569</b>	0.543	0.495	N/A	0.495	0.549	0.495	<b>0.569</b>	0.529	0.544	0.544	
	SVM	0.405	0.510	0.424	N/A	0.000	0.488	0.000	0.067	<b>0.541</b>	0.472	0.437	
	All classifiers	<b>0.499</b>	0.412	0.445	N/A	0.404	0.463	0.354	0.442	0.364	0.487	0.497	

Note that the highest performance of each row is highlighted in bold face, and N/A means the result is not available due to large memory requirement



**Fig. 7** The result of **a** average number of intervals per attribute, **b** average number of removed attributes per dataset, and **c** average execution time per dataset

a number of intervals close to 2, which are 2.01. The average number of intervals of EMD and IEM is less than 2 intervals. It means that some attributes have no cut-point selection, especially for EMD. As such, a single-interval attribute may be fetched to the process of classification modeling. The discretizer should not produce a single interval many attributes. The numbers of attributes have a single interval, and the numbers of removed attributes are summarized in Fig. 7b. The result shows that EMD generates the highest average number of removed attributes, in fact, removing 13,239.37 attributes per dataset. The second and third highest numbers of removed attributes belong to IEM and ChiMerge, which are 11,119.84 and 4,454.16 attributes per dataset, respectively. Unlike EMD, IEM, and ChiMerge that are an implicit coupling of supervised feature selection and discretization, the proposed algorithms concentrate the latter, with the possibility to combine with many advanced feature selection methods.

#### 4.4.4 Running time

Figure 7c presents the average actual computational time (in seconds) per dataset, required for the discretization process. The proposed algorithms are implemented in Java, using the library of WEKA data mining software [21] and KEEL software [2,3]. All experiments are conducted on an Intel(R) Xeon(R) CPU@2.40 GHz and 4 GB RAM.

In the average running time of 19 datasets, GraphM(C) and GraphS(C) show the first and second lowest running times, which are 6.55 and 9.51 seconds, respectively. The time complexity per attribute of GraphM is  $\mathcal{O}(2n^2)$ , and GraphS is  $\mathcal{O}(cn^2)$ , where  $n$  is the number of instances and  $c$  is number of cut points of an attribute. The primary complexity time is  $n$ . In this case of microarray data, which are small number of instances and high number of attributes, the algorithms run fast. Even though the proposed algorithms are a multivariate method, the number of attributes does not effect an increase in running time. That is because the proposed algorithms use the similarity between instances which store in the AF matrix. The matrix is created once and shared for the discretization of other attributes. It is interesting to notice that EMD requires extremely long running times, around 60 hours per dataset. That

**Table 5** Friedman ranking test for ACC, with respect to 19 datasets and all classifiers

Discretizer	Ranking	$P_{Holm}$
GraphS(C)	4.3487	–
GraphM(C)	4.4211	0.893002
ChiMerge	4.9408	0.542219
IEM	5.4145	0.142801
CAIM	5.9276	0.013355
ur-CAIM	6.2105	0.002696
Ameva	6.3487	0.001208
FFD	6.4605	0.000607
PKID	6.9408	0.000012
Zeta	7.2434	0.000001
EMD	7.7434	0

**Table 6** Friedman ranking test for AUC, with respect to 19 datasets and all classifiers

Discretizer	Ranking	$P_{Holm}$
GraphS(C)	4.0329	–
GraphM(C)	4.4145	0.478189
IEM	4.8355	0.271501
ChiMerge	5.0329	0.189234
CAIM	6.2171	0.000197
FFD	6.5592	0.000013
ur-CAIM	6.6579	0.000006
Ameva	6.7434	0.000003
PKID	6.8026	0.000002
Zeta	7.2039	0
EMD	7.5	0

**Table 7** Friedman ranking test for Kappa, with respect to 19 datasets and all classifiers

Discretizer	Ranking	$P_{Holm}$
GraphS(C)	4.0592	–
GraphM(C)	4.2895	0.668668
ChiMerge	4.7632	0.381485
IEM	5.1711	0.11634
CAIM	5.9934	0.001298
ur-CAIM	6.3026	0.000152
Ameva	6.4474	0.000054
FFD	6.5461	0.000027
PKID	7.0724	0
Zeta	7.3487	0
EMD	8.0066	0

**Table 8** The  $p$  value of Wilcoxon test pair between GraphM(C) and 9 compared discretization algorithms, with respect to 19 dataset and all classifiers

The observation pairs	ACC	AUC	Kappa
GraphM(C) – Ameva	0.0001	0	0
GraphM(C) – CAIM	0.0006	0	0.0001
GraphM(C) – ChiMerge	0.05	0.0764	0.0817
GraphM(C) – EMD	0	0	0
GraphM(C) – FFD	0	0	0
GraphM(C) – IEM	0.0105	0.2931	0.0135
GraphM(C) – PKID	0	0	0
GraphM(C) – ur-CAIM	0.0002	0.0001	0
GraphM(C) – Zeta	0	0	0

**Table 9** The  $p$  value of Wilcoxon test pair between GraphS(C) and 9 compared discretization algorithms, with respect to 19 dataset and all classifiers

The observation pairs	ACC	AUC	Kappa
GraphS(C) – Ameva	0	0	0
GraphS(C) – CAIM	0.0001	0	0
GraphS(C) – ChiMerge	0.0351	0.0021	0.0242
GraphS(C) – EMD	0	0	0
GraphS(C) – FFD	0	0	0
GraphS(C) – IEM	0.0098	0.0293	0.0066
GraphS(C) – PKID	0	0	0
GraphS(C) – ur-CAIM	0	0	0
GraphS(C) – Zeta	0	0	0

is because EMD is an evolutionary algorithm. It is difficult to find the optimal fitness value with an extremely number of genes encodings (more than ten thousand genes).

#### 4.4.5 Statistical analysis

**Ranking of discretization algorithms** The average Friedman rankings of 11 discretization algorithms of 19 datasets and classifiers with respect to 3 comparisons of ACC, AUC, and

Kappa are shown in Tables 5, 6, and 7, respectively. Because all the  $p$  values of these comparisons based on Friedman test are 0.000, all the algorithms are not equivalent ranking, and  $p_{\text{Holm}}$  of Holm post hoc test can be computed as shown in the third column. This study sets the significant level to 0.01, and if  $p_{\text{Holm}}$  is equal or greater than 0.01, there is no evidence of a significant difference of the pair. The results show that GraphS(C) and GraphM(C) are equivalent ranking and obtain the best ranking for ACC, AUC, and Kappa. However, they are not significantly different to ChiMerge and IEM (including CAIM for ACC).

**Pairwise comparison** Based on Wilcoxon signed-rank test, the proposed methods are compared to 9 well-known discretization algorithms. The pairwise tests for GraphM(C) and GraphS(C) are shown in Tables 8 and 9. These tables show  $p$  value of the test for ACC, AUC, and Kappa. Mostly, GraphM(C) and GraphS(C) are not significantly different from ChiMerge and IEM. However, using the significance level of 0.05, GraphM(C) is significantly better for 23/27 comparisons, excluding IEM for AUC and ChiMerge for ACC, AUC, and Kappa. Furthermore, GraphS(C) is significantly better for all comparisons. This nonparametric tests confirm that the proposed methods generally outperform those compared methods provided the evaluation with ACC, AUC, and Kappa metrics.

## 5 Conclusion

This paper proposes two new discretization algorithms for the analysis of microarray data. They extend graph clustering-based discretization of splitting method (GraphS) and merging method (GraphM). These extensions modify the similarity evaluation with the weight ratio. Further, the measure considers three distant/similarity of Euclidean distance, cosine similarity, and Pearson correlation. As the results, there are 6 different proposed methods based on 2 proposed discretization procedures and 3 similarity measures. Based on cosine similarity, GraphM(C) and GraphS(C) show the highest classification performance among the aforementioned six. With this insight, GraphM(C) and GraphS(C) are used to evaluate against 9 state-of-the-art discretization algorithms. The results of classification performance and statistical test over 19 real microarray datasets and 4 classifiers indicate that GraphM(C) and GraphS(C) often outperform the compared discretizers regarding three metrics of ACC, AUC, and Kappa. In addition, the proposed methods obtain the lower number of intervals and require lower running times. Beyond these achievements, the prominent future work includes an extensive study for the behavior of the discretization algorithms with the task of dimension reduction and gene selection.

**Acknowledgements** The authors would like to thank KEEL software [2,3] for distributing the source code of discretization algorithms, and the authors of EMD [48] for EMD program, and the authors of ur-CAIM [15] for distributing the ur-CAIM program.

## References

1. Aha DW, Kibler D, Albert MK (1991) Instance-based learning algorithms. *Mach Learn* 6(1):37–66
2. Alcalá-Fdez J, Sánchez L, García S, del Jesus M, Ventura S, Garrell J, Otero J, Romero C, Bacardit J, Rivas V, Fernández J, Herrera F (2009) Keel: a software tool to assess evolutionary algorithms for data mining problems. *Soft Comput* 13(3):307–318
3. Alcalá J, Fernández A, Luengo J, Derrac J, García S, Sánchez L, Herrera F (2010) Keel data-mining software tool: data set repository, integration of algorithms and experimental analysis framework. *J Mult Valued Logic Soft Comput* 17(255–287):11



4. Baralis F, Bruno G, Fiori A (2011) Measuring gene similarity by means of the classification distance. *Knowl Inf Syst* 29(1):81–101
5. Bay SD (2001) Multivariate discretization for set mining. *Knowl Inf Syst* 3(4):491–512
6. Ben-David A (2008a) About the relationship between roc curves and cohen's kappa. *Eng Appl Artif Intell* 21(6):874–882
7. Ben-David A (2008b) Comparison of classification accuracy using cohen's weighted kappa. *Expert Syst Appl* 34(2):825–832
8. Bolón-Canedo V, Sánchez-Marroño N, Alonso-Betanzos A (2010) On the effectiveness of discretization on gene selection of microarray data. In: *The 2010 international joint conference on Neural networks (IJCNN)*. IEEE, pp 1–8
9. Boullé M (2006) Modl: A bayes optimal discretization method for continuous attributes. *Machine learning* 65(1):131–165
10. Bradley AP (1997) The use of the area under the roc curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognit* 30(7):1145–1159
11. Brandes U, Gaertler M, Wagner D (2003) *Experiments on graph clustering algorithms*. Springer, Berlin
12. Cai R, Hao Z, Wen W, Wang L (2013) Regularized gaussian mixture model based discretization for gene expression data association mining. *Appl Intell* 39(3):607–613
13. Cai R, Tung AK, Zhang Z, Hao Z (2011) What is unequal among the equals? ranking equivalent rules from gene expression data. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 23(11):1735–1747
14. Cano A, Nguyen DT, Ventura S, Cios KJ (2016) ur-caim: improved caim discretization for unbalanced and balanced data. *Soft Comput* 20(1):173–188
15. Cano A, Nguyen D, Ventura S, Cios K (2014) ur-caim: improved caim discretization for unbalanced and balanced data. *Soft Comput* 20:1–16
16. Catlett J (1991) On changing continuous attributes into ordered discrete attributes. In: *Machine learning: IJWSL-91*. Springer, pp 164–178
17. Cortes C, Vapnik V (1995) Support-vector networks. *Mach Learn* 20(3):273–297
18. de Sá CR, Soares C, Knobbe A (2015) Entropy-based discretization methods for ranking data. *Inf Sci*
19. Deegalla S, Boström H (2007) Classification of microarrays with knn: comparison of dimensionality reduction methods. In: *Intelligent data engineering and automated learning-IDEAL 2007*. Springer, pp 800–809
20. Dougherty J, Kohavi R, Sahami M (1995) Supervised and unsupervised discretization of continuous features. In: *Prieditis A, Russell S (eds) Machine learning proceedings 1995*. Morgan Kaufmann, San Francisco, pp 194–202
21. Durrant B, Frank E, Hunt L, Holmes G, Mayo M, Pfahringer B, Smith T, Witten I (2014) *Weka 3: Data mining software in java*. Machine Learning Group at the University of Waikato
22. Fayyad U, Irani K (1993) Multi-interval discretization of continuous-valued attributes for classification learning. In: *IJCAI*, pp 1022–1029
23. Friedman M (1937) The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *J Am Stat Assoc* 32(200):675–701
24. Friedman M (1940) A comparison of alternative tests of significance for the problem of m rankings. *Ann Math Stat* 11(1):86–92
25. García S, Fernández A, Luengo J, Herrera F (2010) Advanced nonparametric tests for multiple comparisons in the design of experiments in computational intelligence and data mining: Experimental analysis of power. *Inf Sci* 180(10):2044–2064
26. Garcia S, Luengo J, Sáez JA, López V, Herrera F (2013) A survey of discretization techniques: taxonomy and empirical analysis in supervised learning. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 25(4):734–750
27. Giancarlo R, Bosco GL, Pinello L (2010) Distance functions, clustering algorithms and microarray data analysis. In: *Learning and intelligent optimization*. Springer, pp 125–138
28. Gonzalez-Abril L, Cuberos FJ, Velasco F, Ortega JA (2009) Ameva: an autonomous discretization algorithm. *Expert Syst Appl* 36(3):5327–5332
29. Han J, Kamber M, Pei J (2011) *Data mining: concepts and techniques*, 3rd edn. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco
30. Hayashi Y, Setiono R, Azcarraga A (2016) Neural network training and rule extraction with augmented discretized input. *Neurocomputing* 207:610–622
31. Ho KM, Scott PD (1997) Zeta: a global method for discretization of continuous variables. In: *Proc. Third intl conf. knowledge discovery and data mining (KDD97)*, pp 191–194
32. Holm S (1979) A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand J Stat* 65–70
33. Huang J, Ling CX (2005) Using auc and accuracy in evaluating learning algorithms. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 17(3):299–310

34. John GH, Langley P (1995) Estimating continuous distributions in bayesian classifiers. In: Proceedings of the eleventh conference on uncertainty in artificial intelligence, UAI'95, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, pp 338–345
35. Kautz T, Eskofier BM, Pasluosta CF (2017) Generic performance measure for multiclass-classifiers. *Pattern Recognit* 68:111–125
36. Kerber R (1992) Chimerge: discretization of numeric attributes. In: Proceedings of the tenth national conference on artificial intelligence, Aaai Press, pp 123–128
37. Kurgan LA, Cios KJ (2004) Caim discretization algorithm. *IEEE Trans Knowl Data Eng* 16(2):145–153
38. Li J, Fong S, Mohammed S, Faiidhi J (2016) Improving the classification performance of biological imbalanced datasets by swarm optimization algorithms. *J Supercomput* 72(10):3708–3728
39. Lustgarten JL, Gopalakrishnan V, Grover H, Visweswaran S (2008) Improving classification performance with discretization on biomedical datasets. In: AMIA annual symposium proceedings, Vol. 2008, American Medical Informatics Association, p 445
40. Lustgarten JL, Visweswaran S, Gopalakrishnan V, Cooper GF (2011) Application of an efficient bayesian discretization method to biomedical data. *BMC Bioinform* 12(1):309
41. Lv J, Peng Q, Chen X, Sun Z (2016) A multi-objective heuristic algorithm for gene expression microarray data classification. *Expert Syst Appl* 59:13–19
42. Madhu G, Rajinikanth T, Govardhan A (2014) Improve the classifier accuracy for continuous attributes in biomedical datasets using a new discretization method. *Procedia Comput Sci* 31:671–679
43. Nguyen V-A, Lió P (2009) Measuring similarity between gene expression profiles: a bayesian approach. *BMC Genom* 10(Suppl 3):S14
44. Ong HF, Mustapha N, Sulaiman MN (2014) An integrative gene selection with association analysis for microarray data classification. *Intell. Data Anal.* 18(4):739–758
45. Piatetsky-Shapiro G, Tamayo P (2003) Microarray data mining: facing the challenges. *ACM SIGKDD Explor Newsl* 5(2):1–5
46. Quinlan JR (1993) C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA
47. Rahman MG, Islam MZ (2016) Discretization of continuous attributes through low frequency numerical values and attribute interdependency. *Expert Syst Appl* 45:410–423
48. Ramirez-Gallego S, Garcia S, Benitez J, Herrera F (2015a) Multivariate discretization based on evolutionary cut points selection for classification. *IEEE Trans Cybern PP*(99):1–1
49. Ramirez-Gallego S, Garcia S, Benitez JM, Herrera F (2015b) Multivariate discretization based on evolutionary cut points selection for classification
50. Ruan J, Jahid MJ, Gu F, Lei C, Huang Y-W, Hsu Y-T, Mutch DG, Chen C-L, Kirma NB, Huang TH-M (2016) A novel algorithm for network-based prediction of cancer recurrence. *Genomics*
51. Sang Y, Qi H, Li K, Jin Y, Yan D, Gao S (2014) An effective discretization method for disposing high-dimensional data. *Inf Sci* 270:73–91
52. Shang C, Shen Q (2005) Aiding classification of gene expression data with feature selection: a comparative study. *Int J Comput Intell Res* 1(1):68–76
53. Shi J, Malik J (2000) Normalized cuts and image segmentation. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 22(8):888–905
54. Sriwanna K, Boongoen T, Iam-On N (2017) Graph clustering-based discretization of splitting and merging methods (graphs and graphm). *Human-Centric Comput Inf Sci* 7(1):21
55. Sriwanna K, Puntumapon K, Waiyamai K (2012) An enhanced class-attribute interdependence maximization discretization algorithm. In: *Advanced data mining and applications*. Springer, pp 465–476
56. Wang H-Q, Jing G-J, Zheng C (2014) Biology-constrained gene expression discretization for cancer classification. *Neurocomputing* 145:30–36
57. Wei D, Jiang Q, Wei Y, Wang S (2012) A novel hierarchical clustering algorithm for gene sequences. *BMC Bioinform.* 13(1):174
58. Wu X, Kumar V (2009) *The top ten algorithms in data mining*, 1st edn. Chapman & Hall, Boca Raton
59. Wu X, Kumar V, Quinlan JR, Ghosh J, Yang Q, Motoda H, McLachlan GJ, Ng A, Liu B, Philip SY (2008) Top 10 algorithms in data mining. *Knowl Inf Syst* 14(1):1–37
60. Yang P, Li J-S, Huang Y-X (2011) Hdd: a hypercube division-based algorithm for discretisation. *Int J Syst Sci* 42(4):557–566
61. Yang Y, Webb GI (2009) Discretization for naive-bayes learning: managing discretization bias and variance. *Mach Learn* 74(1):39–74
62. Yu Z, You J, Li L, Wong H-S, Han G (2012) Representative distance: a new similarity measure for class discovery from gene expression data. *IEEE Trans NanoBiosci* 11(4):341–351



**Kittakorn Sriwanna** is a lecturer at the School of Computer and Information Technology, Chiang Rai Rajabhat University (CRRU), Thailand, since 2009. He received his Ph.D. in computer engineering at Mae Fah Luang University (MFLU) in 2017. He obtained his MEng degree in computer engineering from Kasetsart University (KU) in 2012 and received his BEng degree in computer engineering (first class honors) from Naresuan University (NU) in 2008. His primary research interests are in the area of machine learning, data mining, data preprocessing, and data reduction.



**Tossapon Boongoen** is an Associate Professor at the School of Information Technology, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. He obtained Ph.D. in Artificial Intelligence and Natural Language Processing (funded by UK MOD) from Cranfield University in 2003 and worked as Postdoctoral Research Associate (PDRA, funded by UK EPSRC) at Aberystwyth University, between 2007 and 2010. His PDRA work focused on applying data analytic and fuzzy system to intelligence monitoring. He has been the leader of research projects in exploiting biometrics technology for anti-terrorism in southern provinces of Thailand, funded by Thai Ministry of Defense. He also serves as a committee and reviewer of several venues, IEEE SMC, IEEE TKDE, Knowledge Based Systems, AMB Express, Data-Enabled Discovery and Applications, International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications, for instance.



**Natthakan lam-On** is an Assistant Professor at the School of Information Technology, Mae Fah Luang University. She received Ph.D. in Computer Science from Aberystwyth University in 2010, funded by Royal Thai Government. Her Ph.D. work won the Thesis Prize of 2012 by Thai National Research Council. Her present research of improving face classification for anti-terrorism and crime protection has been funded by Ministry of Science and Technology. She serves as an editor for International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies and as a committee and reviewer of several venues, IEEE SMC, IEEE TKDE, Machine Learning, for instance.

ชื่อ – สกุล

นายมยุร ไยบัวเทศ

ตำแหน่งทางวิชาการ

อาจารย์

**ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ เผยแพร่**

Ravi Upra, Rungsan Chairsricharoen, and Mayoon Yaibuates (2021). “Personal Cloud P2P,” *Wireless Personal Communications*, Vol. 119, pp. 2837–2857, 2021.

Mayoon Yaibuates Rungsan Chairsricharoen. (2020). A Combination of ICMP and ARP for DHCP Malicious Attack Identification. In *International Conference on Digital Arts, Media and Technology and ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer, and Telecommunications Engineering*. 11-14 Mar 2020, Chonburi, Thailand, pp.15-19.

Mayoon Yaibuates Rungsan Chairsricharoen. (2019). Starvation Delayed DHCP Service for Enabling Pool Recovery. *Malaysian Journal of Computer Science*, Special Issue (2/2019: Information and Electrical Engineering), pp.15-34.



## Personal Cloud P2P

Ravi Upra<sup>1</sup> · Rungsan Chaisricharoen<sup>2</sup> · Mayooy Yaibuates<sup>3</sup>

Accepted: 15 March 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2021

### Abstract

Small and medium sized businesses have lacked of good and automate backup system. Data storages are unreliable and tend to fail without any warning. Whereas, personal computers are already equipped with terabytes of hard drives. This is enormous space for personal or business use. Under normal working conditions, more than half of total storage space is not being used. It is scattered in all connected devices. This paper proposes pooling unused storage resources to create a personal private cloud. The process will be transparent to the users by having a reliable drive with an auto backup built in. The proposed system solution uses a replica-based model in which three sets of the same information would distribute and keep in three different nodes. All the participated nodes are peer-to-peer (P2P) and are decentralized. Therefore, private cloud system can support small or medium businesses as backup system or business sharing drives without adding any cost.

**Keywords** Personal Cloud · Private Cloud · P2P · Decentralize · Storage

### 1 Introduction

Unused resources, such as storage, memory, processing power, and bandwidth are scattered within small and medium businesses. Today, personal computers are already equipped with terabytes of hard drive storage spaces, which is a huge space for small or medium businesses. The total space needed for operating system (OS), programs, and related work documents, should not surpass 1 TB. Combining all the unused spaces within the domain can create a huge personal cloud system.

---

✉ Dr. Mayooy Yaibuates  
mayooy.yai@crru.ac.th

Dr. Ravi Upra  
ravi@technocom.co.th

Asst. Prof. Dr. Rungsan Chaisricharoen  
rungsan.cha@mfu.ac.th

<sup>1</sup> Chiangrai Technocom Part., Ltd., Chiang Rai, Thailand

<sup>2</sup> School of Information Technology, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand

<sup>3</sup> School of Computer and Information Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand

Most small and medium enterprises have one common problem, they fail to have decent backup systems due to lack of budget or knowledge insufficiency. According to the surveys conducted, in 2016, from 96 small businesses in the local area [1], 76% were worried about data backup, more than 50% found that data backup software are too complicated, nearly 60% of storage resources were not being used, and businesses owners were aware of this. Lost data can lead to costly downtime, lower productivity, and a decrease in the company's ability to compete in this digital era. Moreover, a recent study from a security software company showed that small business owners were missed about data backup when compared with changing their password for security reason [2]. Data breaches referred to a situation where sensitive or confidential data was lost, stolen, or put at a risk [3, 4]. The recent study by Ponemon Institute [5] found that the average cost of confidential data breaches per record had increased nearly 23% from \$145 in the year 2013 to \$154 in the year 2015. Small businesses lacked the budget for supporting public cloud, and the trends from 2016 for public cloud were declined due to the concern of privacy and price [6].

The objective of this paper is to utilize unused storage resources, which are scattered within the domain of small business areas. Turning those free spaces to create a personal cloud and be able to support a good and automate backup system for small business areas. This paper is an ongoing research of Workgroup Distribution File System (WDFS) [7, 8] which was introduced on the concept of pooling resources like storage. WDFS creates multiple sets of data, which are generated from one single node or source and redistributed to multiple nodes within a local domain.

## 2 Literature Review

Peer-to-peer (P2P) network and P2P algorithm, is commonly used for resource sharing like files, video, music, etc. Due to large numbers of connected devices, the numbers could expand to millions or billions of nodes; a P2P algorithm was introduced to share resources among connected nodes. Most of the P2P algorithm adopts the use of Distributed Hash Table (DHT) [9], making it faster to routes from source node to destination node for retrieving, updating, or adding resources such as files and etc. The key concept of P2P is decentralize system, in which all nodes are freely to communicate. All nodes are self-administrator (no administrator, or source to control nodes). Minimum infrastructure—no complex infrastructure required. Nodes need to be connected and registered in order to become part of a P2P network. Fault-tolerance and redundancy is the key advantages for P2P. No single point of failure; when some nodes are unavailable or inactive, resources still could be retrieving from neighbour's node due to multiple and redundancy of resources. This mean to share resources that could be direct access from source node to destination node and share across entire network. Algorithm related to P2P like Chord [9], Pastry [10], Gnutella [11], Napsters [12] were common algorithms and were applied in many P2P application e.g. Bittorrent [13], Spotify, Napster, Utorrent, Tor, and etc. This paper focused on using some basic key concepts of P2P specifically decentralize of nodes and data replicas for fault-tolerance. Unlike using Chord or Pastry algorithm, this paper, nodes are selected base on reliability of nodes (not by fastest route as in most P2P algorithm). The scope or range of network is within local network (Workgroup). For communication, query will broadcast to all related nodes within domain instead of using a complex algorithm like

chord, as not a large number in term of nodes or peers for small and medium enterprise businesses network.

Backing up sensitive or confidential data is a crucial step for small and medium businesses. Data loss may occur from failure of hardware, software, or malware, which could lead to enormous spending for recovery of information. Small business areas tend to have this problem due to inadequate investment for a good backup system or backup systems is too complicated for implementation. While looking at today's trends in the technology of backing up information, external storage devices, such as a USB stick or USB external hard drive, is the easiest way to use. The critical problem with these types of devices is the tedious work of copying, and pasting, and repeating the steps several times and every day of working period. Small businesses often tend to bypass this process, which in turn leads to crisis. NAS (Network-Attached Storage) [14] could prove to be useful, but it is again too complicated for small businesses to learn or make extra budgets needed to hire an implementer or administrator for maintaining the system. NAS could also be a large investment for small businesses. Another solution is using cloud backup systems, such as Dropbox. An online backup [15] is consider easy and more transparent to a lot of users. Many companies offered a free trial with a little space for personal use. Storing information is convenient but vulnerable as well [16]. Businesses need to pay extra cost for more spaces that also come with more expense for the company. Another concern for small business's owner is the privacy. According to the nature of competency in businesses area, preserving information and steps in protecting privacy of information are the crucial steps. The possibility of a cloud service provider is ceasing to exist. In the past, the Megaload website has just quit and ceased giving information. Another trend is Storage Area Network (SAN), which uses a high bandwidth network, such as fiber optics, which are connected with multiple sources and multiple storages. It utilizes redundancies in both hard drives and power supplies. Their price ranges from \$100,000 to a million dollars. The SAN require real specialists to install as well as maintain the system and tend to involve a substantial investment. The SAN did not fit well in a small business area because large investments and the knowledge required for maintaining the system.

There are two factors concerning P2P backup (1) the speed of transferring information and security, and (2) the privacy of information. A good algorithm or method can help speed up the transfer from one node to the other. Compression can help reduce data transfer time and is accomplished by looking for repeated patterns or predictability, or common areas of information. Compression can be dividing into two categories: Lossless and Lossy compression [17] Lossy compression is mostly used in multimedia sectors, such as digital photo, digital audio or digital video. This type of compression reduces the size of the original files and discards [18] unnecessary data while maintaining nearly the same quality of that digital photo or video. At the present time, in the digital world, streaming digital video over the internet and lossy compression has become more and more in demand as it reduces the time to transfer from one end to the other. The problem with lossy compression is that when it decompresses or recovers backup files, the recovered files are nearly original but not the same as the original. When compared to Lossy compression, the Lossless [19] compression helps in reducing the original file or information, but at the same time, these files or information can be recovered to their original state without losing any information. The drawback of using lossless compression is its decompressing factor. It takes a longer time to compress as well as to decompress information back to their original. Examples for this are LZW, DEFLATE, BZIP2, LZMA, and LZO and etc.

There are two types of encryption available: Asymmetric encryption [20], where two keys are used, one for encryption (Public Key) and one for decryption (Private Key).

Asymmetric encryption is widely used in protecting the communication of information from one end to the other end. The process starts by using the Public key to encrypt the information before sending out. The information is then decrypted using the Private key when reached the other end. This process is secure and fit for applications that need to transfer information back and forth privately. On the other hand, the symmetric encryption [21] or a secret key is mostly used for encrypting files. Files will be encrypted and decrypted by using a single key. The owner or person who has the key will be able to decrypt the files. There are many encryption algorithms in symmetric encryptions, such as Advanced Encryption Standard (AES) [22] encryption to protect data that is transfer onto other machines. AES was introducing in January 1997, and The National Institute of Standards and Technology's (NIST) chose encryption algorithm proposed by Rijndael to be used in AES [23].

### 3 Methodology

The objective of this paper is to utilize unused storage resources. Resources are scattered within the connected devices or nodes. Figure 1 demonstrates the overview of the proposed method. Participant node represents nodes that support sharing storage spaces and form a personal private cloud P2P. Source node represents a type of node that uses space from this private cloud. By using P2P in the process, nodes can communicate with each other without any servers. No additional hardware or setup is required.

Conceptual main process for creating personal cloud P2P was shown in Fig. 2. In the creation of private cloud P2P, three main processes are required. The first main process consists of registering nodes into the system, enabling that node to participate in the process. When the system detects changes made on cloud drive for examples including, adding new files, deleting files etc. It then updates the changes. Updating process is in the second level process. Second level process contributes more in selecting nodes and distributing

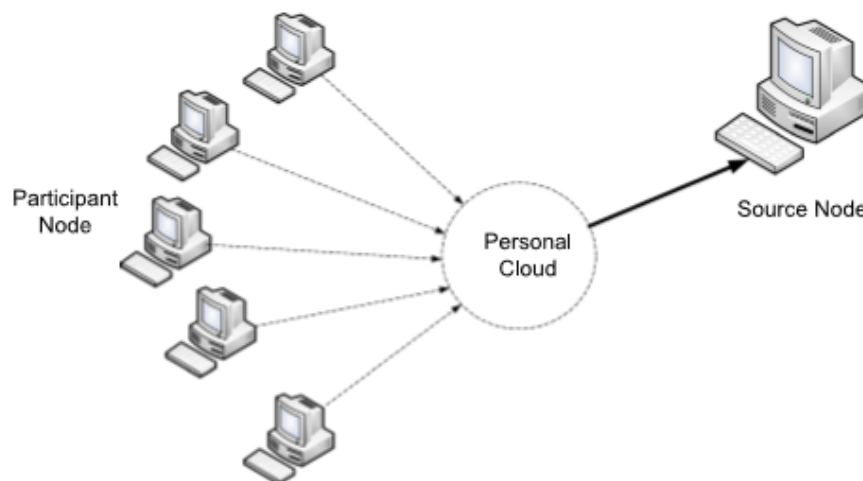


Fig. 1 Creating personal cloud P2P by using unused storage spaces from participating nodes



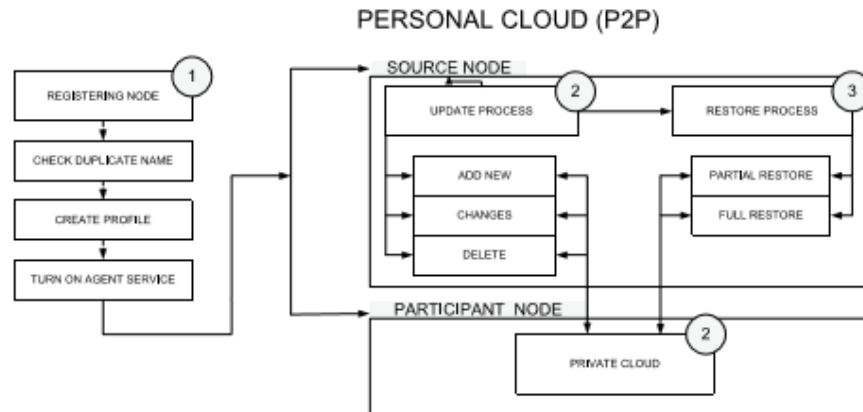


Fig. 2 Conceptual main process for creating personal cloud P2P

files to the selected nodes. The third process focuses on restoring files back to the original node. The process of restoring can either be partial or full restoration.

### 3.1 Node Definitions

Nodes are devices that play a role in P2P automate backup system. Devices participating as node require initial setup e.g. node's name, password setting, participating drive, and etc. Node can be any of these two types.

#### 3.1.1 Source Node

Source nodes are nodes that use free spaces from other nodes to store information.

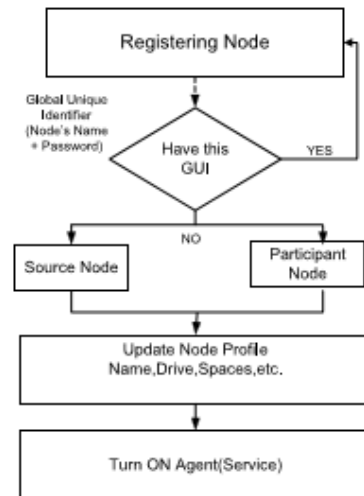
#### 3.1.2 Participant Node

Participant nodes are nodes that share its own free spaces with other nodes.

### 3.2 Registering Node

From Fig. 3, a registering node is a process of signing in a node when used only for the first time. All the nodes have one Global Unique Identifier (GUI) which identifies each node. GUI value is created from the node's name and node's password of the device. The node needs to pick types of node's role to take part, such as source nodes or participant nodes. The password is also used by a source node in protecting data privacy. Source nodes use passwords to encrypt data before distributing it to the other nodes. After the registering process is done, an agent or service will turn on and start collecting related attributes of that node. The node will now be ready for the second process. In the second process, the source node is now ready to update changes in its cloud drive. At the same time, the participant node is ready to be shared for storage spaces.

**Fig. 3** Process in registering node



### 3.3 Updating Process

When data changes are detected on the source's node, a query will be sent to all active nodes. All participant nodes need to be prepared for a self-reliability checkup and reply. This value will be used by source node for decision-making. In every node, an agent acts as a service as it collects, calculates, and replies. Types of collected attributes such as device on time, free storage spaces, bandwidth play a major role. With the help of weighted mean calculation, more weight could be added on to certain focus attributes. The focus attributes are device status (on/off) and bandwidth. The more nodes are in active state (on) the better reliability they have. Weight value denoted by  $W$ .

#### 3.3.1 Active (A)

Active is the percentage on/off time of nodes or devices. Active is more concerned with the average on period of the node. Finding the value of Active (A) consists of two parts as followed:

Find the average on time of node on a certain day.

$A_t$  is the average on time of the day at that specific time in percentage

$F$  is the frequency in seconds that the agent will need to run

$T_1$  is the total count in a day to achieve 100 percent

$$T_1 = \frac{86400}{F} \quad \text{where 86400 is seconds in a day}$$

$T_c$  is the total number of count at that specific time

$$A_t = \left( \frac{100}{T_1} \right) \times T_c \tag{1}$$

Recalculate using past history average on time.

In terms of reliability, the above Eq. (1) value does not answer the question. The above node achieved 70% on state on this particular day and one can assume it represents the

most reliable node. However, that same node was off for 2 weeks, which made it the most unreliable node. That's the reason why past on/off history of the node must be required and the value from Eq. (1) needs to be recalculated by adding the past-history value.

$A_t$  is the average on time of the node in percentage from Eq. (1).

$A_g$  is the history average on time of that node

$W1$  is the weight of attribute  $A$

$D$  is the days different from history average on time ( $A_g$ ) last date to current average on time ( $A_t$ ). If node is off for longer than a day, the average history of node will be reducing by half per day.

$$\begin{aligned} \text{if } D > 2, \quad A_g &= \left(\frac{A_g}{2}\right), \quad D = (D2, D3, \dots, Dn) \\ A &= \left(\frac{A_t + A_g}{2}\right) \times W1 \quad \text{Or} \\ A &= \left(\frac{\left(\left(\frac{100}{11}\right) \times Tc\right) + A_g}{2}\right) \times W1 \end{aligned} \tag{2}$$

### 3.3.2 Processor Power ( $P$ )

Processing power of node, denoted by  $P$ .

$P$  is the average free processing power remain of the node

$P_t$  is the free processing power remain of the day at that specific time

$P_g$  is the history average processing power remain of the node

$W2$  is the weight of attribute  $P$

$$P = \left(\frac{P_t + P_g}{2}\right) \times W2 \tag{3}$$

### 3.3.3 Memory ( $M$ )

Memory availability of a node, denoted by  $M$ .

$M$  is the average free memory available of the node

$M_t$  is the average free memory available of the day at that specific time

$M_g$  is the history average free available memory of the node

$W3$  is the weight of attribute  $M$

$$M = \left(\frac{M_t + M_g}{2}\right) \times W3 \tag{4}$$

### 3.3.4 Bandwidth ( $B$ )

Bandwidth availability of a node, denoted by  $B$ .

$B$  is the average available bandwidth of the node

$B_t$  is the average available bandwidth of the day at that specific time

$B_g$  is the history average available bandwidth of the node  
 $W4$  is the weight of attribute  $B$

$$B = \left( \frac{Bt + Bg}{2} \right) \times W4 \tag{5}$$

### 3.3.5 Score (Sc)

Represent the value calculated from the above attributes Eqs. (2)–(5). Different weighted means were added to different attributes. The more weight means the more focus on that specific attribute. In this equation, Active and Bandwidth are the key attributes that were focused. Score indicates the average score of a particular node at a given time, denoted by  $Sc$ , and it is derived from

$$Sc = \frac{(2) + (3) + (4) + (5)}{\sum_{i=1}^n wi} \text{ or } \frac{A + P + M + B}{\sum_{i=1}^n wi} \text{ or } \frac{\left( \left( \frac{At+Ag}{2} \right) W1 \right) + \left( \left( \frac{Pt+Pg}{2} \right) W2 \right) + \left( \left( \frac{Mt+Mg}{2} \right) W3 \right) + \left( \left( \frac{Bt+Bg}{2} \right) W4 \right)}{\sum_{i=1}^n wi} \tag{6}$$

$\sum wi=9$ , in which we focus more on-time of node as well as bandwidth.  
 $W1=4; W2=1; W3=1; W4=3$ .

From Eq. (6), weighted means value applied focusing more on certain attributes like active (on/off) and bandwidth. If more devices with a good bandwidth, the more they will likely be selected. There is the need to be taken into consideration that if too much data is transferred to the same node, this could lead to a crisis whereby devices or nodes fail. From Fig. 4, testing weighted value to on-time attributes in detecting node distribution and finding the most suitable weight for on-time attribute. If more weight is added to on-time, the less node distribution occurs, the same node will be selected repeatedly. If weight is more than 4, nodes distribution becomes less effective.

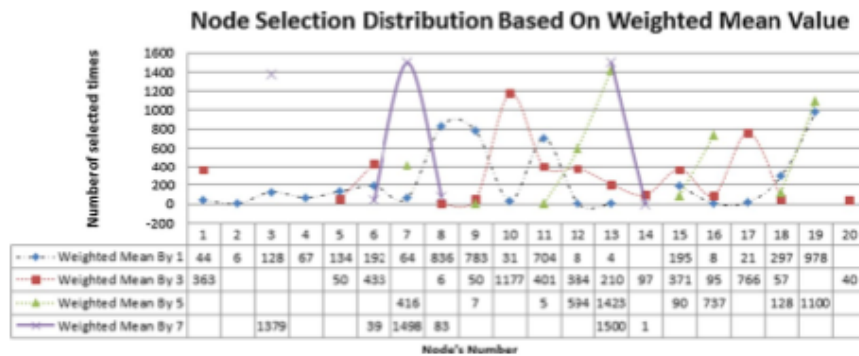


Fig. 4 Node distribution based on weighted mean value

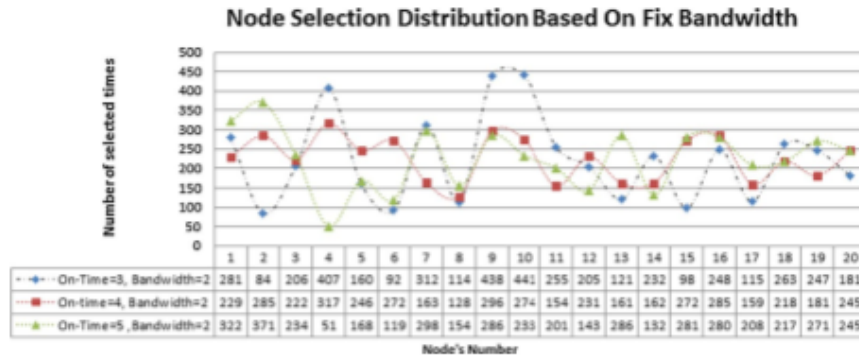


Fig. 5 Node selection distribution based on fix bandwidth=2

From Fig. 5, weighted mean value of 2 is added to bandwidth resulting in the best weight value for on-time attribute. From previous experiment as shown in Fig. 4, weight value for on time should not exceed 4. The best distribute value weight can be 3 or 4 and 3 is being selected and use in the Eq. (6) where  $W1 = 3$ (On-time) and  $W4 = 2$  (Bandwidth).

### 3.3.6 Storage (S)

$St$  and  $Ss$  are attributes related to storage.  $St$  is the remaining free spaces in percentage, and  $Ss$  are the real size in bytes of remaining free space of a node. These two attributes are collected and sent along with the other attributes for node selection process.

### 3.4 Selection of Node for Distribution-I

When source node is ready to distribute files to other nodes, it will broadcast request query selection command. A source node waits for a certain period of time to get all the feedback from all the active participant nodes. It then creates a table for decision-making based on the information replied. The table will be sorted based on the score ( $Sc$ ) value received from nodes.

$Sc$  is the score value of the participant node

$St$  is the remaining free spaces in percentage

Table 1 Sorted table based on the score received from participant nodes

Node Name	IP Address	Response Time (Rt)	Score (Sc)	St%	Ss (KB)
Sak	192.168.0.78	7	68	18	23,773
Ravi	192.168.0.12	5	67	70	8,192
Jeff	192.168.0.99	7	55	67	4,101,005
Upra	192.168.0.45	4	53	25	1,205,316
Thida	192.168.0.13	4	51	40	851
Phot	192.168.0.10	8	42	39	422,202
John	192.168.0.15	4	32	89	325,736

$S_s$  is the real size in bytes of remaining free space of a node in Kilobyte (Kb)

As shown in Table 1. Attribute value collected from all the participant are being sorted base on score ( $Sc$ ) value, which recorded name Sak to be the first candidate node for distributing data. In term of data reliability, all participant nodes need to undergo selection of node for distribution-II.

### 3.5 Selection of Node for Distribution-II

In this process, participant nodes that provide minimum remaining space than required will be removed. Data transferred to the same winner node will occur in case of too much. Therefore, the result in a catastrophe if those nodes fail or become inactive. For reliability, systems need to undergo processes that ensure data will be equally distributed to all nodes. A system should not rely on one particular node. In this process, past-history of files transferred to a given node value is used to avoid distributing more data to a given node. Other attributes such as score from Eq. (6) as well as new attributes were used in the process.

#### 3.5.1 Score ( $Sc$ )

Value receives from previous calculation Eq. (6). The greater score ( $Sc$ ) means the better security of information. As more weight is added to the on-state (Active attribute).

#### 3.5.2 Percentage of files transferred to those nodes base on past history ( $Fp$ )

The more files are transferred to the same node, the higher the risk. Files should be equally distributed to as many nodes as possible. A percentage of files transferred to a given node can be calculated by

$$Fp = \left( \frac{100}{Ft} \right) \times Fn, \quad (7)$$

$$Ifp = 100 - Fp \quad (\text{the more } Fp \text{ mean the less } Ifp)$$

Less  $Ifp$  makes node likely not to be choose.

Where:

$Ft$  is the total file size transferred out

$Fn$  is the total file size transferred to a given participant node

$Fp$  is total file transferred to a given participant node in percentage

$Ifp$  is invert of percentage file transfer ( $Fp$ )

#### 3.5.3 Remaining free space ( $St$ )

A higher percentage means there is more free space available to hold new distributed files.

#### 3.5.4 Response mean time of Node ( $Rn$ )

$$Rn = \left( \frac{100}{Rf} \right) \times Rt \quad (8)$$

Where:

*Rf* is the fastest response time  
*Rt* is the response time from the reliability query of the participant node  
 A faster response time can ensure that the node is closer or has a good bandwidth.

### 3.5.5 Final Score (*F<sub>s</sub>*)

This represents the value calculated from the above attributed Eqs. (6), (7), (8) and *St* value. Different weighted means were added to different attributes. The more the weight, the more focus there will be on that specific attribute. In this equation, Score (*Sc*) and Response mean-time (*Rn*) are the key attributes that were focused on. Final Score indicates the average score of a particular node at a given time, denoted by *F<sub>s</sub>*. All the nodes will be sorted based on their final score.

All the nodes will be sort base on their final score, denoted by *F<sub>s</sub>*.

$$F_s = \frac{(Sc \times W1) + (Ifp \times W2) + (St \times W3) + (Rn \times W4)}{\sum_{i=1}^n wi} \text{ or}$$

$$F_s = \frac{(Sc \times W1) + (Ifp \times W2) + (St \times W3) + (Rn \times W4)}{\sum_{i=1}^n wi} \text{ or} \tag{9}$$

$$\frac{(Sc \times W1) + \left( \left( 100 - \left( \frac{100}{Rt} \right) Fn \right) \times W2 \right) + (St \times W3) + (Rn \times W4)}{\sum_{i=1}^n wi}$$

where  $\sum wi$  = Total weighted mean, which is 9. *W1*=2, *W2*=3, *W3*=1, *W4*=1 Weighted mean use the same pattern as Eq. (6).

As shown in Table 2. After node selection for distribution-II, using *F<sub>s</sub>* value to resort the entire participant node. Table name John is to be the first candidate node for distributing data. In case of using 3 replica or 3 sets of data, the next lower value of *F<sub>s</sub>* after John will be selected accordingly.

**Table 2** Sorted node based from Final Score (*F<sub>s</sub>*)

<i>F<sub>s</sub></i>	Node Name	IP Address	Response Time ( <i>Rt</i> )	Score ( <i>Sc</i> )	<i>St</i> %	<i>S<sub>s</sub></i> (KB)
65	John	192.168.0.15	4	32	89	325,736
56	Ravi	192.168.0.12	5	67	70	8192
54	Jeff	192.168.0.99	7	55	67	4,101,005
45	Thida	192.168.0.13	4	51	40	851
41	Phot	192.168.0.10	8	42	39	422,202
35	Upra	192.168.0.45	4	53	25	1,205,316
25	Sak	192.168.0.78	7	68	18	23,773
...	...	...	...	...	...	...

### 3.6 Data Reliability

#### 3.6.1 History of Distributed Data to a Given Node

In this paper, the replica-based model is used to ensure data reliability. The initial number of replica per set is three. The same information will be distributed to three different nodes. If there is more available space than required, a number of replica sets can be increased to acquire more data reliability. The number can be increased by  $n+1$  where  $n$  represents the current number of replica set. Another scenario is when nodes tend to be in an off state more than in on state, which makes data less reliable. It is good practice to increase more replica sets. The following headings help ensure data reliability and stability.

#### 3.6.2 Replication for Data Reliability

This model used data replication-based and three replicas to be the basic number for data reliability. The number can be more or less based on the total free space collected from all the nodes, as well as the self-reliability checkup of all the Participant nodes.

#### 3.6.3 Self-Reliability Checkup

If more devices are in an off state or unreliable, it is recommended that the replica be increased from  $n$  to  $n+1$  where  $n$  is the current number of replica set. If the average Participant node current score is below the minimum requirement or below the recorded history mean score. Therefore, there is a need to add more replica to the current set.

Current average participant-node reliability ( $C_g$ )

$$C_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad (10)$$

where  $S_{mi}$  is the current mean score value of that particular participant node from 1 to  $n$  node.

#### 3.6.4 History Average Participant-Node Reliability ( $H_g$ )

$H_g$  is the most efficient average Participant-Node reliability value. If the current average Participant-Node Reliability ( $C_g$ ) Eq. (10) is more than  $H_g$  value, value of  $H_g$  will be replaced with this new current average value ( $C_g$ ). If the current average Participant-Node Reliability ( $C_g$ ) is lower than the value  $H_g$  by at least 50% then consider adding more replica for data reliability. If  $C_g < H_g$  by 50%, then consider adding replica.

#### 3.6.5 Disk Space Consideration

The more the number of free spaces available on client machine, the more sets of replica can be added. More replicas make data more reliable.

$T_s$  is the total number of disc spaces

$$T_s = \sum_{i=1}^n S_{ti} \quad (11)$$



where  $S_t$  is the total free space of each node from 1 to n node  
 $S_s$  is the total required spaces for distribution

$$S_s = S_p \times R_p$$

Where  $S_p$  is the total space required and  $R_p$  is the number of replicas (default=3 set) If  $T_s > S_s$ , then the number of replicas can be added, making the data more reliable. The more number of replicas means better reliability of data, but this too also traded in with more load, network bandwidth, processors power, memory, etc. In this research, three replicas are used and

$$\text{if } T_s > S_s \text{ and } \frac{T_s}{S_s} > R_p \text{ (Rp default = 3)} \tag{12}$$

The replicas can then be add up by one, so that two portions of the remaining can still be used for more data backup.

### 3.7 Recovering Process

In Fig. 6, source node can recover files in two ways. Partially lost or fully recovered. In partially lost files, the source node requests updates from all the participant nodes and compares it with its own recorded file system. Any difference in the file system will be inform and allow to select before the process for partial recovery of the selected files.

Full recovery is the design in case of completely lost files or device failure. The owner of the source node need to setup and use the same previous password. WDFS will request a list of files available in all the participant nodes of that particular user and

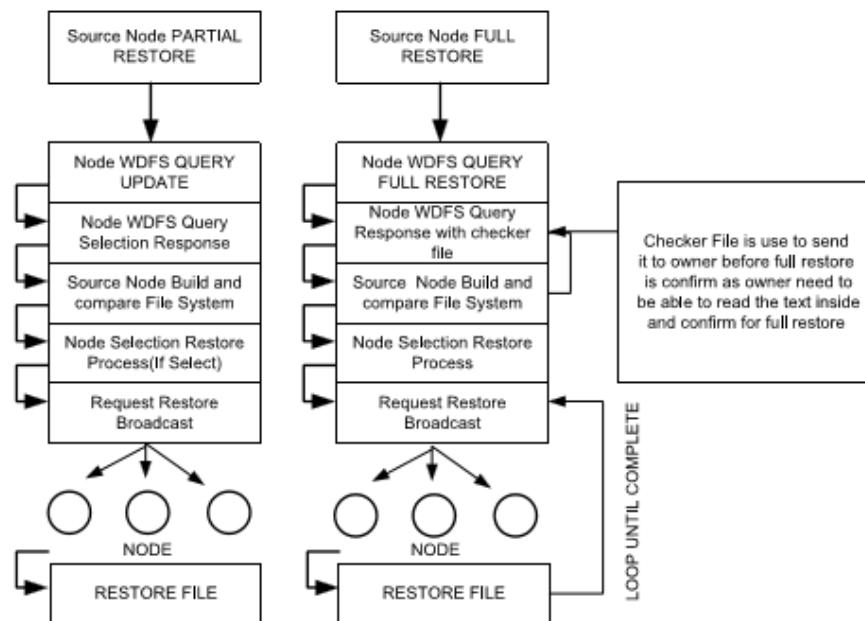


Fig. 6 Partial restore and full restore

build a new file system. When in full restore mode, the participant node will send the checker file for the source node to decrypt and test if they could read the file or not. If the source node understands the file, then they can confirm a full restore. However, in case of unable to read the file because of incorrect password. The restoration process will not be able to start, as the files are encrypted using AES 128 bits.

### 3.8 Confirm Up-to-Date Function

From Fig. 7, confirm up-to-date function is used by all nodes to update and synchronize with source nodes. Participant nodes use the reply information to compare with its File Allocation Table (FAT). It then updates the difference in order to be synchronizing with the source node. When source node sends the command, it expects all participant nodes to reactivate the same command back to the source. The source then replies to each individual participant node. Therefore, they can update themselves. In the case of a file being deleted on a source node, it is important to note that the same file can still be located on participant node. Source nodes can then make a partial recovery of that file or send this updated command to delete and prepare the participant node to update with the source node.

### 3.9 Compressing Information

In this paper, the file needs to be compressed before distributing over the networks to selected nodes or devices. The key advantages of compressing are reducing the spaces required and increasing the transfer time. In this paper, the Zip compression is used, which is a lossless compression. Files are compressed and encrypted to protect the privacy of information before distributing. Files or data recovered from the participant node need to be de-compressed and reverted to their original state. Zip will be used to compress and decompress the files. The Zip file permits many types of compression algorithm and it is the most common compression algorithm.

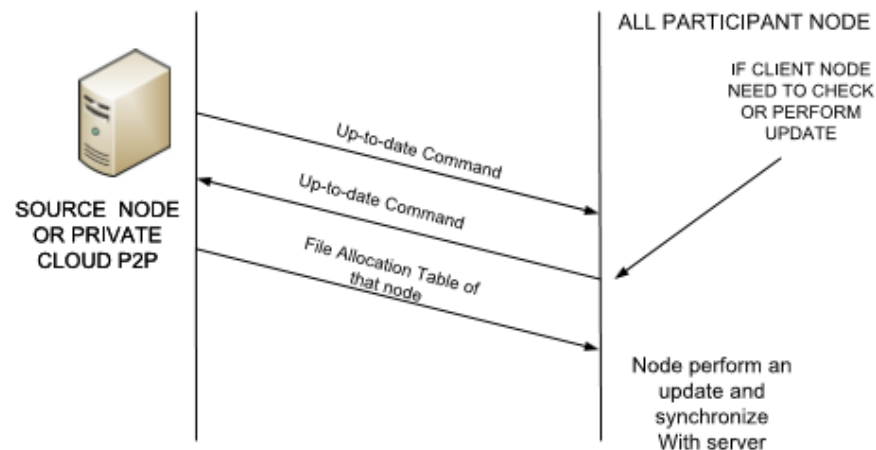


Fig. 7 Update command, delete old files and make the participant node up to date with the source node

### 3.10 Privacy of Information

For privacy, the file needs to go through an encryption process before distributing. In this paper, the focus is on using the symmetric encryption. The secret key is the password, which was setup earlier before using WDFS. AES 128 bits is chosen since it is more secure when compared to DES and 3DES, and produces faster results and consumes less processing power. The AES can choose by using 128, 192 and 256 bits. The more bit means better security, but it also consumes more memory and processing power. For further security, in the future, Hash codes such as MD5 function can also be added to the hash security key before using AES. Files after encryption are then distributed to the selected nodes or devices.

## 4 Experiment

From Fig. 8, two simulations were setup based on the fixed attributes and variable attributes. Fixed attributes were assigned the best attribute's value, such as the response time < 4 ms or available bandwidth up to 90%. The concept of this simulation is to perceive how each node will be selected when their respected attributes are the same as other nodes. In the second simulation, random value is given to each attribute based on real scenario. According to the research, there should be a diverse selection of nodes. Some nodes will acquire an outstanding selection due to the higher attributes value.

Figure 9(a) show total size of data distributed to nodes. With fix attributes (blue color line), nodes are nearly equally distributed. Whereas variable attributes (red color line), higher attributes value receives more chance than nodes with lower attributes. Figure 9(b) showed total number of nodes being selected. The same pattern was found (see on left-hand side graph). Nodes with fix attributes (blue color line), were equally selected. Whereas nodes with variable attributes (red color line), higher value attributes nodes are being selected more than nodes with lower attributes value. When the attributes changes in a real environment (such as the processing power, the bandwidth, active time), node

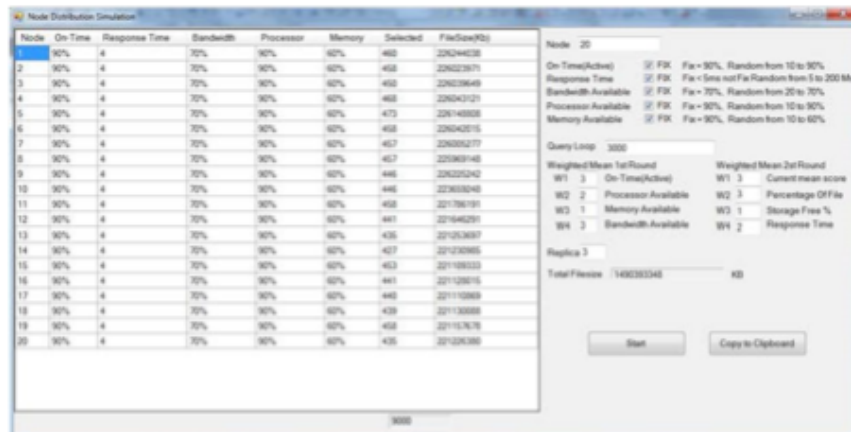


Fig. 8 Node distribution simulation software

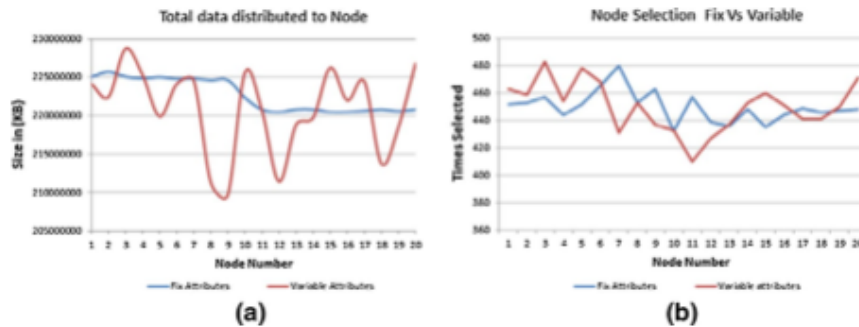


Fig. 9 Fix attributes versus variable attributes node

selection will also changes. Since the focus is more on reliability of information on the participant nodes, not on the fastest route. Nodes attributes will be using as well as some other formulated calculation will apply to make data reliability as well as availability.

Another experiment setup for the P2P distributed backup. Two machines with a Core i5 CPU which has 4 Core, 8 GB of memory, installed with MS Windows, MySQL database, simulation for P2P backup program and Virtual Box (Virtual Machine). Four virtual machines were setup on each computer and assigned 1 CPU core, 1GB of RAM and 20 GB hard drive. The Simulation program installed as an agent onto each Virtual Machine as shown in Fig. 10.

When new files were added, changed, or deleted on the source node, simulation program communicates for the best node selection. Distributing files onto the best node client's machine is based on available spaces, bandwidth, and reliability. MySQL database keeps track of the distributed file on other machines or acts as the File Allocation Table (FAT) as shown in Fig. 11.

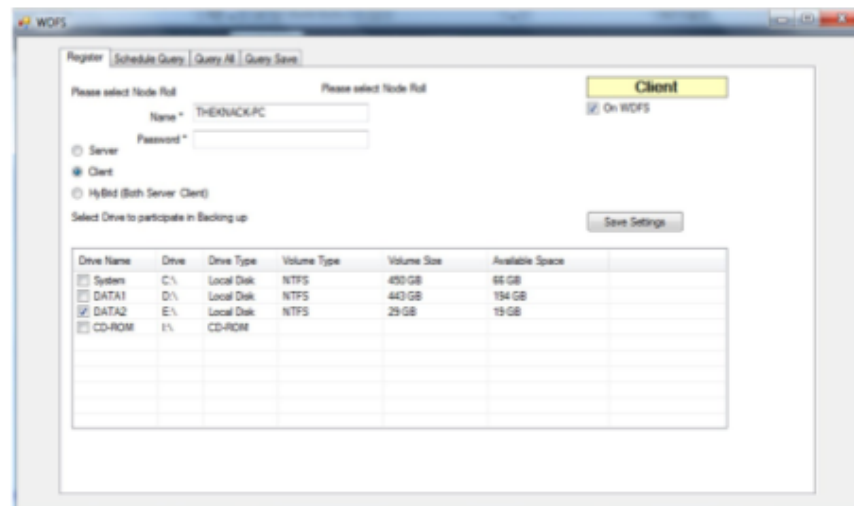


Fig. 10 Simulation program for P2P distribution

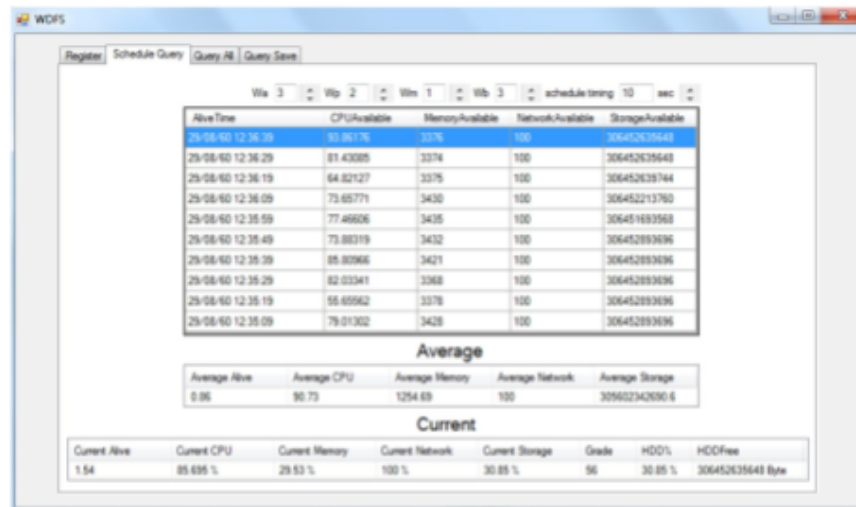


Fig. 11 Self-reliable check up client agent

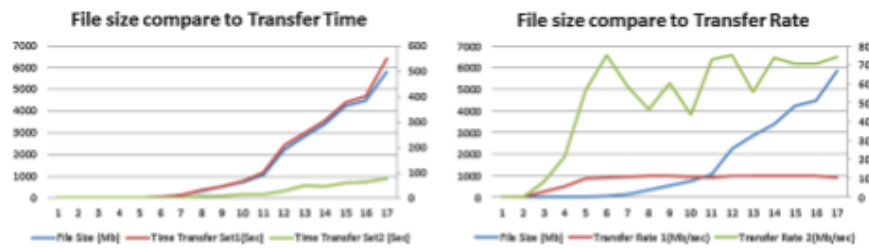


Fig. 12 File size compare to transfer time and also transfer rate

In the third experiment, files, total size of 25.3 GB, were distributed back and forth between nodes to get the average transfer speed. There were two types of network speed, 100 Mb and 1000 Mb. From Fig. 12, it can be deduced that the network speed 1000 Mb could perform better than the 100 Mb, around 5–8 times faster depending on the network traffic. The transfer speed did not have much effect if the file size is lower than 100 MB. If it is more than 100 MB, much difference in transfer time can be noticed between these two networks.

From Fig. 13, Absolute Time is the real network speed in the laboratory without any noise or interference object that could reduce down the speed. The example above is tested with 100 Mb/Sec of Ethernet port and found to have a deviation of maximum value around 11% from the absolute value when the files are getting bigger in size from 1 MB to 6 GB, which makes information arrive slower than expected. In the real world, this is normal as due to the network traffic and the busyness of participate devices, such as the available processor slot. In our case, time does not have much effect as doing batch distribution. Work is done or files are being distributed, transparently, one after the other. Only during the final stage, users will be updated about current folder changes.

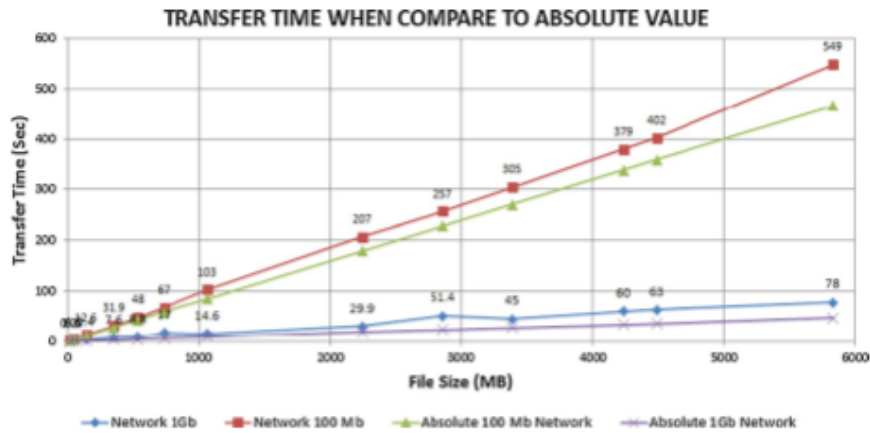
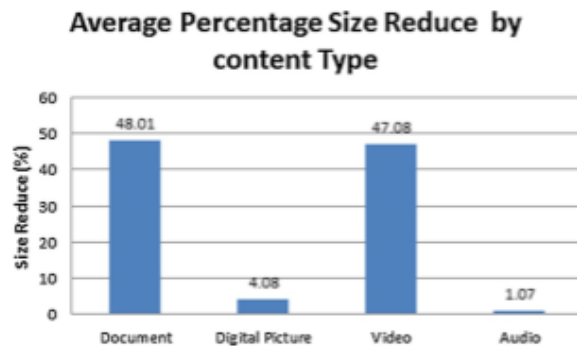


Fig. 13 Absolute transfer time compare to real time transfer

Fig. 14 Size reduced in percentage compared to content type



From Fig. 14, after running through many types of content on the user’s machine, it could be concluded that the average over all compression is around 30–80%, depending on the types of content that are on the user’s machine. In this experiment, we did all four types of content and we could compress and reduce the size to around 43.96%. The original total in bytes was 3580.42 MB and it did compress down to 2006.22 MB. The bigger the file size, the longer the time it will take for processing. If the ratio of compression is low, it indicates less time for recovering. When compression is high, decompression takes longer. In these experiments, a system needs to process encryption after compression. If the ratio of compression is low, it means more time is required for encryption. This is due to the fact that more data needs to be processed in encryption. If the ratio of compression is high, it will require less time for encryption, as there is less data to process. Documents that are usually

used in business such as word, excel, wav, pdf, etc. are easily decompressed and can save up to 80% of space when compared to digital photo or video, which are already lossy compress in format, such as JPEG.

## 5 Conclusion

Resources tend to expand in capacity year by year due to the advancement in technology. This paper proposes P2P distribution file systems for small business offices. This can prove to be a useful way to pool and utilize left over storage resources. The proposed system helps small businesses in term of solving problem regarding data reliability. This ensures that important information will always be backed up and secured. In terms of cost and budget, the proposed system poses no extra charge as it utilizes the left over resources within the network. This paper shows an example of pooling unused storage to create personal cloud. This is then used as an automated backup system without any extra cost. P2P distributed file system uses a batch file-processing running in background mode. It completes tasks one by one and is not bound by time. P2P distribution file systems within the domain pose a significant role in the future due to faster network speed at lower cost. Another advantage of the proposed model is a speedy the recovery process such as selection of the best node and best protocol to apply.

## References

1. Upra, R. (2016). Survey Local Small and Medium Business 8–12 October 2016. Resource document. Retrieved July 2020, from <https://tinyurl.com/y8z6zhue>.
2. Eddy, N. (2013). Small Businesses Unprepared for Data Loss, Lack Backup Policies, eWeek, November 14. Resource document. Eweek. <http://www.eweek.com/security/small-businesses-unprepared-for-data-loss-lack-backup-policies> Accessed July 2020.
3. Yaibuates, M., & Chairicharoen, R. (2019). Starvation delayed DHCP service for enabling pool recovery. *Malaysian Journal of Computer Science*. <https://doi.org/10.22452/mjcs.sp2019no2.2>
4. Yaibuates, M., & Chairicharoen, R. (2020). A combination of ICMP and ARP for DHCP. In *Proceeding of the 5th international conference on digital arts, media and technology and 3rd ECTI Northern section conference on electrical, electronics, computer and telecommunications engineering*. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN48261.2020.9090760>
5. Ponemon Institute. (2015). Cost of Data Breach Study: Global Analysis. Retrieved July 2020, from <https://nhlearningsolutions.com/Portals/0/Documents/2015-Cost-of-Data-Breach-Study.PDF>.
6. Womack, B. (2015). Dell Says 'Large' Number of Companies Return From Public Cloud. Resource document. Bloomberg. Retrieved July 2020, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-05-09/dell-says-large-number-of-companies-return-after-pricey-public-cloud>.
7. Upra, R., & Chairicharoen, R. (2014). Workgroup Distribution File System (WDFS) for personal cloud system. <https://doi.org/10.1109/JICTEE.2014.6804091>
8. Upra, R., Yaibuates, M., & Chairicharoen, R. (2016). Data recovery for workgroup distribution file system (WDFS). In *Proceedings of the 6th global wireless summit, 2016, GWS 2016* (pp. 68–71).
9. Stoica, I., Morris, R., Liben-Nowell, D., Karger, D. R., Kashoek, M. F., Dabek, F., & Balakrishnan, H. (2003). Chord: a scalable Peer-to-peer lookup protocol for Internet applications. *IEEE/ACM Transactions on Networking*. <https://doi.org/10.1109/TNET.2002.808407>.
10. Rowstron, A. & Druschel, P. (2001). Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *Proceedings of the IFIP/ACM international conference on distributed systems platforms Heidelberg, 2001* (pp. 329–350).
11. Matei, R., Lamnitchi, A., & Foster, P. (2002). Mapping the gnutella network. *IEEE Internet Computing*. <https://doi.org/10.1109/4236.978369>.

12. Parameswaran, M., Susarla, A., & Whinston, A. B. (2001). P2P networking: an information sharing alternative. *IEEE Computer Society*. <https://doi.org/10.1109/2.933501>.
13. Guo, L., Chen, S., & Xiao, Z. (2007). A performance study of BitTorrent-like peer-to-peer systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2007.070116>.
14. Katz, R. H. (1992). Network-attached storage systems. In *Proceedings of scalable high performance computing conference, 1992. SHPCC-92*. <https://doi.org/10.1109/SHPCC.1992.232686>
15. Qiu, S., Zhou, J. & Yang, T. (2013). Versioned file backup and synchronization for storage clouds. In *Proceedings of the 13th IEEE/ACM international symposium on cluster, cloud, and grid computing*. <https://doi.org/10.1109/CCGrid.2013.60>
16. Katal, A., Gupta, N., Sharma, S. (2012). Information storage on the cloud: A survey of effective storage management system. In *Proceeding of the 2012 students conference on engineering and systems*. <https://doi.org/10.1109/SCES.2012.6199040>
17. Pinho, A. & Neves, A. (2006). Lossy-to-lossless compression of images based on binary tree decomposition. In *Proceeding of the 2006 international conference on image processing*. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2006.312812>
18. Rufai, M.A., Anbarjafari, G., & Demirel, H. (2013). Lossy medical image compression using Huffman coding and singular value decomposition. In *Proceeding of the 21st signal processing and communications applications conference (SIU)*, 2013. <https://doi.org/10.1109/SIU.2013.6531592>
19. Robert, L., & Nadarajan, R. (2009). Simple lossless preprocessing algorithms for text compression. *IET Software*. <https://doi.org/10.1049/iet-scn:20070106>.
20. Fanfara, P., Danková, E. & Dufala, M. (2012). Usage of asymmetric encryption algorithms to enhance the security of sensitive data in secure communication. In *Proceeding of the IEEE 10th international symposium on applied machine intelligence and informatics, 2012*. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2012.6208959>
21. Bharadwaj, Y. & Chakraverty, S. (2013). A design pattern for symmetric encryption. In *Proceeding of 2013 international conference on control computing communication & materials*. <https://doi.org/10.1109/ICCCCM.2013.6648912>
22. Guo, G., Qian, Q. & Zhang, R. (2015). Different implementations of AES cryptographic algorithm. In *Proceeding of 2015 IEEE 17th international conference on high performance computing and communications, 2015 IEEE 7th international symposium on cyberspace safety and security, and 2015 IEEE 12th international conference on embedded software and systems*. <https://doi.org/10.1109/HPCC-CSS-ICSS.2015.215>
23. Lu, C., & Tseng, S. (2002). Integrated design of AES (Advanced Encryption Standard) encrypter and decrypter. *Proceedings of IEEE International Conference on Application- Specific Systems, Architectures, and Processors*. <https://doi.org/10.1109/ASAP.2002.1030726>.

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Ravi Upra** received B.Sc. in Computer Science from Khon Kaen University, M.Sc. in Internet Information Technology from Naresuan University Phayao Campus and Ph.D. in Computer Engineering from Mae Fah Luang University. Currently he is a CEO of Chiangrai Technocom Part., Ltd., Chiang Rai, Thailand.





**Rongsan Chalsricharoen** received B.Eng., M.Eng. and Ph.D. degrees from the department of computer engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand. He is an assistant professor at the school of information technology, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. His research interests are computational intelligence, analog circuits and devices, wireless networks and optimization techniques.



**Mayoon Yalbuates** received B.Eng. in Computer Engineering from Mae Fah Luang University, M.Sc. in Network Engineering from Mahanakorn University of Technology and Ph.D. in Computer Engineering from Mae Fah Luang University. He is a lecturer at the school of computer and information technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand. His research interests include computer network and cyber security.

# A Combination of ICMP and ARP for DHCP Malicious Attack Identification

Mayoon Yaibuates  
School of Computer and Information Technology  
Chiang Rai Rajabhat University  
Chiang Rai, Thailand  
mayoon.yai@cru.ac.th

Roungsan Chaisricharoen  
School of Information Technology  
Mae Fah Luang University  
Chiang Rai, Thailand  
roungsan.cha@mflu.ac.th

**Abstract**— Internet Control Message Protocol (ICMP) is very useful when diagnostic network problem. ICMP is being used and turns on automatically by an Operating System. For security reason, this protocol can be at ease turn off temporary or permanently by security administrators such as an event of preventing, delaying attackers from incorrectly identifying devices. The ICMP disabling leads to a fundamental problem in the previous model— identifying Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) malicious request by implementing ICMP. To overcome this specific problem, the proposed model will be implementing Address Resolution Protocol (ARP) in conjunction with ICMP for identifying malicious IP address request through DHCP.

**Keywords**—DHCP Starvation Attack, DHCP, ICMP, ARP, Network Security

## I. INTRODUCTION

The Internet Protocol (IP) address is used by every devices that communicates over a TCP/IP network as its logical address. Without an IP address the network device will not be able to communicate with others. Normally, there are two common ways to configure the IP address on each device. Firstly, a user could either configure the IP address of their device manually. Another way is to have each device acquire its IP address dynamically through dynamic methods. DHCP is a protocol used for providing IP address and configuration parameters such as network address, subnet mask, and default router to network devices dynamically. Without the use of DHCP in the network for providing the following network parameters, the situation can become time consuming and inconvenient for completing a task. It is imperative that the network user must configure the IP address and network parameters to their device manually [1]. Moreover, incorrect configuration will deny the device from accessing to the network and services. That is the reason why DHCP server is one of the most important network infrastructures [2].

During the development of DHCP, security was not consider as critical issue as it is in the present time. Lack of security concerns during protocol development has resulted in suffering from network threats. DHCP starvation attack is one of the methods used by attackers to exhaust all available IP address in the server pool. To establish DHCP starvation attack, attackers basically send a large amount of DHCPDISCOVER messages using a fake unique physical network identity, MAC Address, to target network. Each of these messages must respond by all existing DHCP server in that network as defined in RFC3121 [3]. Therefore, attackers could deny the IP address allocation to the legitimate users by

exhausting all the available IP addresses. DHCP starvation attack is considered as a Denial of Service (DoS) attack [4].

ICMP is very handy when diagnostic network problem. Ping is one of well-known ICMP implemented application. ICMP is being used and turns on automatically by an Operating System. To mitigating the DHCP Starvation attack, ICMP has been introduced as a method to successfully identify and recover the IP addresses that hold by the attackers [5-7]. The checker based on this method simply sends ICMP Echo request message with the target IP address as destination and makes decision that correspond with the response behavior. However, ICMP could be block by the host firewall due to security concern. Security administrators believe in not replying to ICMP like Echo reply message will definitely prevent or delay attackers from attacking the devices. Attackers will have no idea that devices are still alive and active. Moreover, ICMP Echo request message can also be used by the attackers to attack network [8], as a result, the ICMP was mostly not allowed when configured the firewall [9]. In case of the firewall configured to block ICMP on the client devices, the mitigation technique based on ICMP is unable to identify DHCP malicious request correctly. This could cause the problem in detecting for legitimate users [10].

This study is about to propose DHCP malicious request detection that overcome the limitation of the method proposed by Yaibuates and Chaisricharoen [5]. Instead of using only one step for malicious identification, this paper proposed two steps malicious identification. The first step is by using ICMP to identify the type of request. In case of no ICMP Echo reply message sent from the target host, ARP could be used as additional step to identify the malicious request by sending ARP request message to the target IP address. As define in RFC 5227 on IPv4 address conflict detection, the host's own IP address same as target IP address of ARP request message must respond with an ARP reply message [11]. The identification will have made based on the response behavior.

## II. BACKGROUND THEORY AND RELATED WORKS

### A. Overview of ICMP

ICMP has been designed for working with IP in order to report errors messages which occurred during packet transmission to the original host. There are many types of ICMP. Ping is one of the outstanding of ICMP implemented application. The packet size of ICMP Echo service header is 8 bytes. The Type field is used to differentiate between Echo request and reply message, 8 represents Echo request message

while 0 is Echo reply message. Fig. 1 illustrates ICMP operation.



Fig. 1. ICMP operation

**B. ICMP based Malicious Attack Identification Method for DHCP**

Yaibuates and Chairsicharoen [5] proposed a method for mitigating DHCP starvation attack by identifying malicious request ICMP Echo service was used as a mechanism to identify the IP address which had taken by attackers. Fig. 2 demonstrates the identification process.



Fig. 2. The DHCP malicious request identification based on ICMP[5]

All of the issued IP address will be collected by the DHCP server. In identification process, ICMP Echo message will be sent to all collected IP addresses. As an assumption that ICMP Echo service has been implemented in every internet devices. Consequently, the legitimate host should be able to respond back with ICMP Echo reply message while the IP address that had taken by an attacker will never be respond.

The advantages of the identification based on ICMP over the work based on cryptography is compatible with all existing DHCP client without any modification. However, the following method cannot identify the legitimate user with firewall configured to block ICMP message. As shown in Fig. 3, firewall on the client's side block ICMP, thus the ICMP Echo reply message will not be sent by this client. As a result, the identification result for the IP address hold by this legitimate client will be considered as malicious.

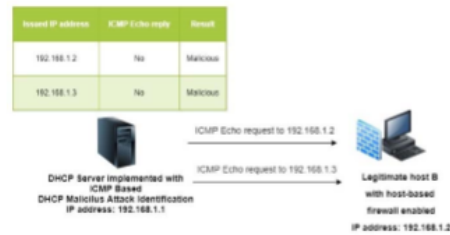


Fig. 3. The problems of the request identification based on ICMP with client behind the firewall

**C. Overview of ARP**

ARP was defined by RFC 826 in November 1982 by David C. Plummer [12]. It is an Internet Standard STD 37. It is a communication protocol used for mapping from IP addresses to Ethernet addresses (MAC address). This mapping plays a very important role in the Internet protocol suite.

Knowing only destination IP address is not enough for communicating with the other host in local area network, the sender device must know the MAC address of the destination. ARP protocol has been designed for helping sender device use its known receiver IP address to obtain the corresponding MAC address. There are two types of ARP messages: ARP request and ARP reply message.

**D. ARP Operation**

To send IP packet to the other host, the local ARP cache table (the mapping table of IP address and MAC address) on the sender host should be query using target IP address. If the mapping of target IP address appears, the corresponding target MAC address will write to the data packets and send directly to the destination. Otherwise, the ARP request and ARP reply message will be used for handle this mapping task.

Suppose a network consisting of two hosts: host A and host B. An ARP operation when host A sends an IP packet to host B in the first time is shown as the following steps:



Fig. 4. A scenario of using ARP for mapping IP address with MAC address

1. Host A queries A's local ARP cache table for the MAC address of B using B's IP address. Since in Fig. 4 there is no mapping of IP address and MAC address for B, ARP operation will be used for handle this mapping task.

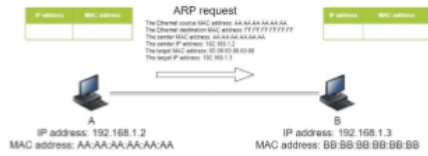


Fig. 5. The process of using ARP to acquire MAC address

2. Fig. 5 illustrates an initial of ARP request on host A. An ARP request message was send by A using A's MAC address as an Ethernet frame source address and broadcast MAC address (FF:FF:FF:FF:FF:FF) as an destination address. The purpose of this ARP message is to ask the host's own IP address as same as target IP address for its MAC address. The following message is composed of sender IP address, sender MAC address, target IP address, and target MAC address (all zeros).

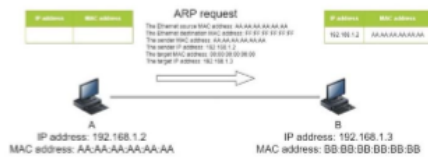


Fig. 6. The process of updating local ARP table on receiver host

3. The receiver who owns IP address as same as target IP address located in ARP request message, host B, will update its local ARP cache table using A's IP address and MAC address.



Fig. 7. The process of sending mapping of IP address and MAC address

4. An ARP reply message is sent back to the requester, host A, using A's MAC address as Ethernet destination address. The packet is composed of sender IP address, sender MAC address, target IP address, and target MAC address.



Fig. 8. The process of updating local ARP table on sender host

5. The host's own MAC address as same as Ethernet destination address of the ARP reply message (host A) will update its local ARP cache table with the received information. Finally, host A can send IP packet to the target (Host B) located in local area network using Ethernet address.

### III. PROPOSED METHOD

This work is based on the method proposed by Yaibuates and Chairicharoen [5]. They proposed one step for malicious identification by using ICMP Echo service to identify the type of request. In case of no ICMP Echo reply message for the target host. This work added more one step in malicious identification. To clearly clarify the added step, ARP will be used to identify the malicious request by sending ARP request message to the target IP address. As define in RFC 5227 on IPv4 address conflict detection, the host's own IP address same as target IP address of ARP request must respond with an ARP reply. The identification will be made according to the response behavior. Fig. 9 illustrates the flowchart of the proposes method.



Fig. 9. The flowchart of the proposes model

A scenario shows in Fig. 10, illustrates the using of ARP to overcome the limitation of purely using ICMP for identifying the type of client. Three IP addresses, 192.168.1.2, 192.168.1.3, and 192.168.1.4 were issued by the DHCP server. An IP address 192.168.1.2 was issued to host B while 192.168.1.3 was issued to host C.

To identify the type of request, a DHCP server will implement the propose method by sending ICMP Echo request packets to all allocated IP addresses. Host C will receive the ICMP Echo request message for its own IP address, 192.168.1.3 after that it will respond to the sender with ICMP Echo reply message. Thus, the server identifies this request as legitimate.

The ICMP Echo request message for 192.168.1.2 will be blocked at host B due to its firewall policy. Although the IP address of 192.168.1.2 was used by host B, an ICMP Echo

reply message for this IP address will not reply to the server. Due to not having ICMP Echo reply message from 192.168.1.2, an ARP request for 192.168.1.2 was sent by the server. Host B, owner of an IP address as same as target IP address located in ARP request message, sends ARP reply message to the server. Thus, the server identifies this request as legitimate.

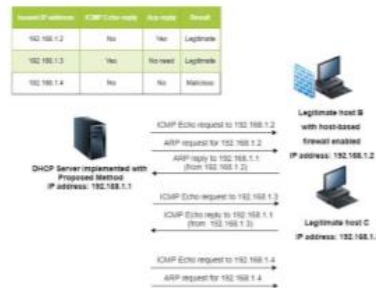


Fig. 10. The using of ARP in conjunction with ICMP to identify the type of request

In the case of an ICMP Echo request message for 192.168.1.4 which is being hold by an attacker. There will be no ICMP Echo reply message sent to the server. The added steps using an ARP request message for 192.168.1.4 that sent by the server. There will be no ARP reply message sent to the server. When there was no ARP reply message sent to the server, the server identifies this request as malicious.

#### IV. EXPERIMENTAL

The Cisco packet tracer (network simulator) is used to simulate the ability of ARP in identifying the type of IP address request in case of blocked ICMP by the host firewall. In the experiment, consists of A DHCP server, host A, host B, and host C (in Fig.11). Host A and B are legitimate while C is an attacker. The DHCP server assigns 192.168.1.13 to host A, 192.168.1.14 to host B, and 192.168.1.15 to host C. Firewall was turned on and configured to block ICMP only on host B.

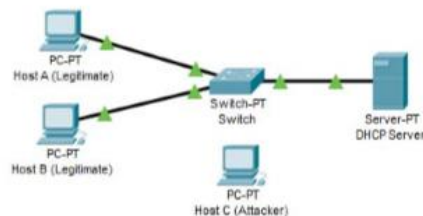


Fig. 11. Network diagram of the experimental

After the server assigns the IP address to its client. The server will then verify the type of the request using ICMP. As shows in Fig. 12, the server sends ICMP Echo request message to 192.168.1.13. Host A, owns IP address as same as the

received ICMP Echo request message, replies to the server with ICMP Echo reply message. Thus, the server considers the request as originate from legitimate client

```
C:\>ping 192.168.1.13
Pinging 192.168.1.13 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.13: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.13: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.13: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.13: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.13:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms
```

Fig. 12. The result of request identification based on ICMP for legitimate client with firewall disabled

In case of 192.168.1.4, the server sends ICMP Echo request message to 192.168.1.14. Although host B owns the IP address as same as ICMP Echo request, there will no ICMP Echo reply message from host B since Firewall on host B was turned on and do not allow ICMP. The result for the following case is shown in Fig 13.

```
C:\>ping 192.168.1.14
Pinging 192.168.1.14 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 192.168.1.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```

Fig. 13. The result of request identification based on ICMP for the legitimate client with the firewall enabled

In Fig 14, the server uses additional step by using ARP to identify the type of request for 192.168.1.14. Host B, owns the IP address of 192.168.1.14, replies to the server with its IP address and MAC address. Thus, the server considers the request as originate from legitimate client

```
C:\>ping 192.168.1.14
Pinging 192.168.1.14 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 192.168.1.14:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

C:\>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
192.168.1.14          0006-2a3e-c102       dynamic
```

Fig. 14. The result of request identification based on ARP for the legitimate client with the firewall enabled

In case of 192.168.1.15, the server sends both ICMP Echo request and ARP request message to 192.168.1.15. The result for the following case is shown in Fig. 15.

```
C:\>ping 192.168.1.15
Pinging 192.168.1.15 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 192.168.1.15:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

C:\>arp -a
No ARP Entries Found
```

Fig. 15. The result of request identification from the proposed method for the malicious client

In Fig. 15, the IP address offers to DHCP starvation attacker will never be use. As a result, the server neither received ICMP Echo reply nor ARP reply message from 192.168.1.15. Thus, the server considers the request as originate from malicious client

#### V. CONCLUSION

Firstly, the DHCP security issues with its current mitigation method based on ICMP has been discussed. In case of the firewall configured to block ICMP on the client devices, the mitigation technique based on ICMP is unable to identify DHCP malicious request correctly. This could cause the problem in detecting for legitimate users. This paper aims to overcome its limitations By introducing the using of ARP conjunction with ICMP to identify the DHCP malicious request. The experiment result shows that ARP could be used to identify the DHCP malicious request effectively.

#### REFERENCES

- [1] R. Droms, "Automated configuration of TCP/IP with DHCP," *IEEE Internet Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 45-53, Jul. 1999. Accessed on: Dec, 12, 2017. doi: 10.1109/4236.780960, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/780960>
- [2] C. Lin, T. Su, and Z. Wang, "Summary of High-availability DHCP Service Solutions," in *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Broadband Network and Multimedia Technology (IC-BNMT)*, Shenzhen, China, 2011, pp. 1-5 [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6155886>
- [3] R. Droms, "Dynamic Host Configuration Protocol," *Internet Engineering Task Force*. [Website]. Available: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2131>, Accessed on Dec. 7, 2019.
- [4] G. Narasimha, M. J. Reddy, "Increasing Network Efficiency by Preventing Attacks at Access Layer", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 5, no. 5, 2014, pp. 37-41. Accessed on: Dec, 12, 2017. doi: 10.15623/ijret.2014.0517007, [Online]. Available: <https://ijret.org/volumes/2014-03/17/IJRET20140317007.pdf>
- [5] M. Yaibuates and R. Chaisricharoen, "ICMP Based Malicious Attack Identification Method for DHCP," in *Proceedings of the 4th Joint International Conference on Information and Communication Technology, Electronic and Electrical Engineering (JICTEE)*, Chiang Rai, Thailand, 2014, pp. 1-5 [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6804073>
- [6] M. Yaibuates, R. Upra, and R. Chaisricharoen, "ICMP Based IP Address Recovery Method for DHCP," in *Proceedings of Global Wireless Summit 2016 (GWS2016)*, Aarhus, Denmark, 2016, pp. 267-271 [Online]. Available: [https://www.riverpublishers.com/pdf/book/RP\\_GSW9788793609297.pdf](https://www.riverpublishers.com/pdf/book/RP_GSW9788793609297.pdf)
- [7] M. Yaibuates and R. Chaisricharoen, "Starvation Delayed DHCP Service for Enabling Pool Recovery," *Malaysian Journal of Computer Science*, Special Issue 2, pp. 15-34, Dec. 2019. Accessed on: Dec, 24, 2019. doi: 10.22452/mjcs.sp2019no2.2, [Online]. Available: <https://ejournal.um.edu.my/index.php/MJCS/article/view/21288/10838>
- [8] N. Gupta, A. Jain, P. Saini, and V. Gupta, "DDoS attack algorithm using ICMP flood," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 2016 [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7725026>
- [9] E. W. Fulp, "Firewalls," in *Computer and Information Security Handbook*, 3rd ed. J. R. Vacca, Ed. Massachusetts: Morgan Kaufmann, 2017, pp.e219-e237.
- [10] N. Sarif and A. Setyanto, "Packet Filtering Based on Differentiated Services Code Point for DHCP Starvation Attacks Prevention," *Jurnal Pakommas*, vol. 4, no. 2, pp. 137-146, October 2019. [Online]. Available: <https://jurnal.kominfo.go.id/index.php/pakommas/article/view/2040204/pdf>
- [11] S. Cheshire, "IPv4 Address Conflict Detection," *Internet Engineering Task Force*. [Website]. Available: <https://www.ietf.org/rfc/rfc5227>, Accessed on Dec. 7, 2019.
- [12] D. C. Plummer, "An Ethernet Address Resolution Protocol -- or -- to 48-bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware," *Internet Engineering Task Force*. [Website]. Available: <https://www.ietf.org/rfc/rfc826>, Accessed on Dec. 7, 2019.

## STARVATION DELAYED DHCP SERVICE FOR ENABLING POOL RECOVERY

Mayoon Yaibuates<sup>1</sup>, Rungsan Chairsicharoen<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Computer and Information Technology, Chiang Rai Rajabhat University  
80 Moo 9, Mueng, Chiang Rai 57100, Thailand

<sup>2</sup>Brain Science and Engineering Innovation Research Group,  
School of Information Technology, Mae Fah Luang University  
333 Moo1, Thasud, Muang, Chiang Rai 57100, Thailand

<sup>3</sup>School of Information Technology, Mae Fah Luang University  
333 Moo1, Thasud, Muang, Chiang Rai 57100, Thailand

E-mail: mayoon.yai@crru.ac.th<sup>1</sup>; rungsan.cha@mfu.ac.th<sup>2\*</sup> (corresponding author)

DOI: <https://doi.org/10.22452/mjcs.sp2019no2.2>

### ABSTRACT

*Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Internet Protocol (IP) address starvation is a method, used by attackers, to breakdown communication over IP network. In order to solve this problem, a method to detect and recover malicious IP address request by using Internet Control Message Protocol (ICMP) protocol has been proposed. However, the ICMP based was not be able to work faster in detecting and recovering the malicious request than the attack rate. This study proposed an ease and effective authentication method to emphasize on limiting the rate of IP addresses request by malicious client during the DHCP discovering process and prevent the DHCP server from being IP address starved. Experimental results revealed that the proposed method was not only limited to the IP addresses requested time by attackers but also able to prevent the DHCP server from facing the IP address starvation attack.*

**Keywords:** DHCP, DHCP starvation attack, DHCP discovering, Network security.

### 1.0 INTRODUCTION

DHCP is a communication protocol for providing IP address and network configuration parameters dynamically to IP network devices. Incorrect configuration leads to a deny in network and access of services to the device. Attackers use DHCP IP address starvation attack to destroy new client's IP network communication by exhausting all available IP addresses in the DHCP server [1]. After launching the attack, attackers may attach their own DHCP server– Rouge DHCP which acts as a DHCP server to provide network configuration parameters to the other legitimate user devices, and assign an IP address of their own computer as a default gateway parameter. As a consequence, there is a possibility for attackers to deny, capture, modify, and analyze every packet such as privacy information, instant messaging, or secret password that had been sent from the attacked device [2].

Attackers send large quantity of DHCP Discover messages to the target network in order to establish a DHCP IP address starvation attack. A spoofed unique physical network identity, media access control (MAC) address, was used in the attacking process. When DHCP server received DHCP Discover messages, it must reply to the sender with the DHCP Offer message. So, attackers can starve the DHCP IP address allocation service by consuming all available IP addresses and cannot give any IP addresses to new requested clients.

ICMP protocol has been introduced as a method to successfully detect and recover the IP addresses that was hold by the attackers in a scenario study [3-4]. The speed of detecting and recovering still has been challenged for practical implementation. The method based on ICMP protocol spent much time in detecting and recovering, this was higher than the attack rate. Therefore, the method to delay the attack rate should be considered.

This study proposed a simple challenge-response authentication method during the DHCP discovering process. This method can limit the rate of IP address request sending by malicious—not faster than legitimate clients. The DHCP

15

server required at least two out of four DHCP Discover messages from challengers, who request an IP address, to initiate the IP address allocation task. The proposed method was evaluated by four main measurements: (1) Amount of time used by an attacker for obtaining IP address comparing with detected and recovered time, (2) Amount of IP address hold by malicious and legitimate clients, (3) Amount of memory usage by comparing to the conventional DHCP sever, it was measured only at the server side since there were no changes at the client side, and (4) Probability difference of clients in obtaining IP address when compared with the conventional DHCP server.

The results showed that the proposed authentication method can delay the attack rate and prevent the server from starvation attacks with a slightly consuming memory. The probability of the general DHCP server to receive DHCP Discover message was higher than the modified DHCP server. However, there was no effect on the legitimate clients.

## 2.0 LITERATURE REVIEWS

The related literature works on DHCP are on the history of DHCP and its operation, the security issues in DHCP, and existing DHCP starvation mitigation techniques.

### 2.1 The History of DHCP and Operation

DHCP, a client-server based network protocol, has been used for automating that assigns the network configuration parameters of TCP/IP implementation system [5]. DHCP was developed by the Internet Engineering Task Force (IETF) Dynamic Host Configuration (DHC), a well-recognized working group as part of the Daft Standard in 1997. The protocol consists of two parts - DHCP server and DHCP client. DHCP server is responsible for allocating network address and other protocol stack configuration parameters to DHCP client. The protocol relies on User Datagram Protocol (UDP) [6].

Normally DHCP protocol provides a hand check by using four DHCP messages which are DHCP Discover, DHCP Offer, DHCP Request, and DHCP Ack that is exchanged between client and server to assign a network configuration parameters automatically. Figure 1 demonstrates the process of DHCP operation. When DHCP client is connected to the network, it will broadcasts DHCP Discover message to the network in order to find the DHCP server which is located in a connected network. A DHCP server that receives the broadcast message will check its available IP addresses; an unused address will be selected and responded to the DHCP Offer message for the requesting client. After the client receives the DHCP Offer message, the client will uses these configuration parameters to setting an IP address before sending the DHCP Request message which is to be confirmed by accepting these setting parameters. The DHCP server that receives the DHCP Request message will return the DHCP Ack message as an acknowledgement to the client.

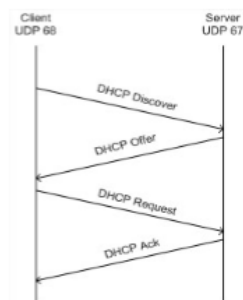


Fig. 1: DHCP protocol operation



A study done by [7], they investigated on how the DHCP client and server exchange their messages. They claimed that if the DHCP client did not receive any DHCP Offers from the server, it will send DHCP Discover message four times with a gap of 2 seconds in every 5 minutes. [8] also agreed and added their findings that DHCP Discover messages would be sent by the DHCP client until it received a DHCP Offer message from the server. Moreover, there was nothing specified in RFCs on demonstrating how the client should handle the case when there were no DHCP Offer messages responding from the server. They also found that client's behavior in different operating systems including Windows XP, Windows 7, IOS 5.0.1, Symbian S60 5th, and Android (2.3.7) will attempt to resend DHCP Discover messages to the server.

## 2.2 Security Issues in DHCP

At the beginning of DHCP development, security was not that critical as in the present time. The following protocol did not provide any authentication mechanisms between client and server. That was a reason why the protocol became the target of various attacks, namely DHCP starvation and Rouge DHCP.

DHCP starvation attack is considered as Denial of Service (DoS) attack. It is an easy way for an attacker to prevent the attacked device from accessing to network and services. *Scapy*, *Gobbler*, and *Yersinia* are well-known tools for attackers to launch DHCP starvation attack. Attackers will send many DHCP Discover messages with spoofing MAC address for consuming all of the useable IP addresses on the DHCP Server. For this reason, the new legitimate client will be denied from obtaining an IP address and network configuration parameters from the DHCP server.

After the DHCP starvation attack had run successfully, an attacker may setup their own DHCP server, and Rouge DHCP, by turning the DHCP Server function on and provide the malicious network parameters such as default gateway, DNS server to the victim [9]. Thus, an attacker can capture, modify, and analyze any information that had been sent from attacked devices. The rouge DHCP can be effectively prevented by implementing DHCP snooping in a network switch [10]. The function of DHCP snooping can also be implemented in Wireless network by using Wireless Controller [11].

## 2.3 Existing DHCP Starvation Mitigation Techniques

The survey was conducted for reviewing on the existing techniques for mitigating DHCP starvation. In this research, the mitigation techniques were divided into two categories namely cryptology based and non-cryptology based.

### 2.3.1 Cryptology based

At the early stage, a secret shared key was used in an authentication between the DHCP client and server, which was done in a token based format [12]. However, the token was a plaintext which could be easily sniffed by any attackers. To prevent attackers from sniffing the secret shared key, the digital certificate based has been proposed for authenticating the DHCP message between DHCP client and server [13-18]. Even though the authentication was based on the digital certificate it could be an efficient way for preventing DHCP starvation attack, by verifying the legitimate client and server. The certificate requires a more complex environment to fulfill this objective. In fact, the key that is used between the DHCP client and server must be shared before initialing normal DHCP operation. Due to this reason, the DHCP starvation attack mitigation techniques which is based on cryptology are rarely implemented in the real world networks [19].

### 2.3.2 Non-cryptology based

A number of research works agreed that configuring the port security in network switch can mitigate DHCP starvation attack [10, 20-21]. Even though port security could work well in wired network, this method could not be applied with the shared medium network like Wi-Fi. The research [22] introduced the enhancement of port security

which could work with the shared medium network. The estimate numbers of contending users at each port had been used for a fairly IP addresses allocation. However, attackers still have consumed all allocated IP addresses to each port and move to another port by switching to other Wireless Access Point [23]. A method for detecting and recovering malicious IP address request by using ICMP protocol has been proposed [3-4]. These methods can use to detect and recover IP address from the malicious request accurately in spite of the fact that the ICMP based could not detect the malicious request and recover the IP address hold by attackers faster than the attack rate. Therefore, the reduction of time spent for IP address request by attackers need to be focused on for more practical implementation.

### 3.0 METHODOLOGY

Before proposing the DHCP starvation mitigation method, the behavior of legitimate and malicious DHCP client was studied and summarized. After that, the researchers proposed the method based on the results found on this study. The results were analyzed and compared for a proposed method with a general DHCP server in terms of probability.

#### 3.1 Investigation on Behavior of Legitimate and Malicious DHCP Client

There were two network scenarios, used to investigate the behavior of a legitimate and malicious DHCP client, 100 legitimate and 100 malicious IP address requests, (1) with and (2) without a DHCP server. In this investigation, the number of 100 DHCP Discover messages that were sent from a malicious client could be enough to reveal the characteristic of a malicious request. The characteristics of malicious request results are shown in Table 1. Since the reference from Khan et al. [7] claimed that if the DHCP client did not receive any DHCP Offers from the server, it will send a DHCP Discover message four times with a gap of two seconds. The results from none of the DHCP servers studied supported this, it was found that the malicious client sent only one DHCP Discover message per spoofed MAC address whether it received a DHCP Offer from the server or not. To clarify the reason of using the client without DHCP server investigation could be stated that the case of none DHCP server was used to study the characteristics of the client in depth, practically with the characteristics of a malicious client. In this investigation, legitimate IP address requests were sent from a DHCP client using Windows 7 Service Pack1. In addition, the malicious IP address requests were sent from a packet injection tool (*Scapy*) which operates on Kali Linux version 1.1.0. The justification of using different OS for the client was due to the legitimate client DHCP Discover requests that were being sent directly from the protocol stack of Windows 7 Service Pack 1, whereas *Scapy* generated malicious requests and was required to be run on a Kali Linux version 1.1.0 operating system.

Table 1: The distinction behaviors of a legitimate and malicious client

Scenario	Legitimate		Malicious	
	without DHCP Server	with DHCP Server	without DHCP Server	with DHCP Server
Number of DHCP Discover messages	400	100	100	100
Number of DHCP Discover messages per IP address request	4	1	1	1
Number of DHCP Discover messages with the same MAC address	400	100	0	0
Duration time between each DHCP Discover messages	>2s	>2s	<0.1ms	<0.1ms
Number of DHCP Offer messages	0	100	0	100
Number of DHCP Request messages	0	100	-	0
Deliver time for DHCP Request message to the DHCP Server	-	<4ms	-	-

18

Number of DHCP Ack messages	0	100	0	0
-----------------------------	---	-----	---	---

Without a DHCP server scenario, the legitimate client sent four DHCP Discover messages per IP address request since it did not received any DHCP Offer message from the server, while malicious clients sent only one DHCP Discover message per IP address request in order to subscribe to the DHCP service. The duration time between each message of the legitimate (more than 2 seconds) was higher than the malicious request (less than 0.1 milliseconds).

In contrast with the DHCP server scenario, both clients sent one DHCP Discover message per IP address request. The legitimate client sent only one DHCP Discover message because it received a DHCP Offer message. DHCP Request messages were sent by the legitimate client whereas no DHCP Request message was sent from a malicious client. The time spent by the legitimate client to deliver DHCP Request message after it received the DHCP Offer message was less than 4 milliseconds. In the case without a DHCP server the legitimate client sent four DHCP messages because there was no DHCP Offer message to replying to the legitimate client. Thus, in the case without a DHCP server, the duration times between each DHCP Discover message were counted by using the four DHCP Discover messages. On the other hand, in the case with a DHCP server, the duration times between each DHCP Discover messages were counted with only one message as same as the malicious client. The DHCP Offer message was replied to as being legitimate.

The different behaviors of legitimate and malicious requests were identified as three key behaviors. First, malicious clients spoofed its MAC address then sent one DHCP Discover message per spoofed MAC address while legitimate clients sent four DHCP Discover messages with its own MAC address. Second, the duration time between each DHCP Discover message sent by a malicious client was a lot faster than a legitimate client. Finally, there were no other types of DHCP messages except for the DHCP Discover messages being sent by the malicious client. To launch a DHCP starvation attack, sending only a large number of DHCP Discover messages to the target DHCP server is enough to starve the IP address allocation services. Since the DHCP server responds to a DHCP Discover message with a DHCP Offer message. So, there would be no other type of DHCP messages being sent from the malicious client.

### 3.2 DHCP Starvation Delay and Prevention

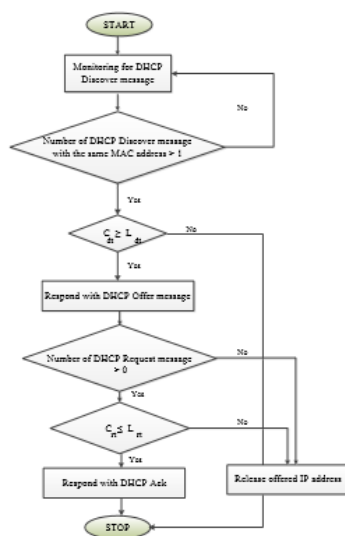


Fig. 2: The flowchart showing the procedure of the proposed method.

In the DHCP discovering process, there are three differences in behaviors between the legitimate and malicious client. The proposed method used them to make decisions for completing the rest of IP address allocation task. Figure 2 illustrated the proposed authentication method for delaying the attackers IP address time and prevented the DHCP server from a starvation attack.

In the proposed method, the DHCP server required at least two DHCP Discover messages with identical MAC address from the challenger to initiate an IP address allocating task. The first reached message is used as a purpose challenge. If the challenger transmits another message with the same MAC address to the server in proper time, the server will send the DHCP Offer message to that challenger. The condition of the proposed authentication method for sending the DHCP Offer to the challenger can be defined as the logic below:

$$(N_d > 1) \wedge (C_d \geq L_d) \tag{1}$$

The abbreviation could be represented as follows;  $N_d$  denotes the number of DHCP Discover message with the same MAC address. Challenger deliver time ( $C_d$ ) is the time in second used by the challenger to deliver two DHCP Discover messages with the same MAC address to the server.  $C_d$  can be computed from the time different between the first and the second DHCP Discover messages timestamp. Legitimate deliver time ( $L_d$ ) is the minimum based time in second used by the legitimate DHCP client to deliver two DHCP Discover messages with the same MAC address to the server.  $L_d$  aims to limit the IP address request rate under the conditional of having same MAC address. In case that  $C_d \geq L_d$ , the DHCP Request message must be sent to the server by the challenger within  $L_r$  time window for completing the IP address allocation task. The condition can be expressed in logical as,

$$(N_r > 0) \wedge (C_r \leq L_r) \tag{2}$$

$N_r$  is the number of DHCP Request message. Challengers request time ( $C_r$ ) is the time in second that the challenger delivers the DHCP Request messages to the server. Legitimate request time ( $L_r$ ) is the maximum based time in second used by the legitimate DHCP client for sending DHCP Request message to the DHCP server after it received the DHCP Offer.



Fig. 3: The set-up scenario with malicious and legitimate DHCP client

The set-up scenario of two DHCP clients: malicious (computer A) and legitimate (computer B) shown in Figure 3 is used to explain the authenticating method. The stable value of  $L_d$  is set as 2 seconds whereas  $L_r$  is 1 second. Normally, after the legitimate client receives the DHCP Offer message from the DHCP server the legitimate client responds to the DHCP server with a DHCP Request message within 4 milliseconds. In contrast with a malicious client, the malicious never responded to any DHCP Offer messages sent from the DHCP server. The deliver time for a DHCP Request message was designed for use in an assumption case. The malicious user modifies their tools to act like a legitimate client by sending two DHCP Discover messages to overcome our proposed authentication. In this case, the malicious client has to spend the same amount of time as the legitimate client. Even though there are four DHCP Discover messages sent from computer A to the DHCP server, none have the same MAC address. According to the logical condition defined in Eq. (1), there is no IP address assigned to computer A. In contrast, computer B sent two DHCP Discover messages with the same MAC address to the DHCP server. The value of  $C_d$  is 3 seconds (calculated from 03:58:20 - 03:58:17) which is greater than  $L_d$ . As a consequence, the DHCP Offer is sent to computer B. Based on the logical condition in Eq. (2), the value of  $C_r$  is 1 second (calculated from 03:58:22 - 03:58:21) which is equal to  $L_r$ . Therefore, the IP address is assigned to computer B.

### 3.3 Probability Analysis

In DHCP Discovering, since the IP address is necessary for communicating with other network devices and services the client will send another DHCP Discover message if there is no DHCP Offer message response from the server.

In general, with a DHCP operation, the DHCP server requires receiving at least one DHCP Discover message from the client device to initiate the address allocation process. Thus, the probability for the DHCP server receiving any DHCP Discover messages out of four sent messages can be expressed using a tree diagram; each probability should be multiplied along the branches and added to vertically. The sum of the probabilities for any set of branches is always 1. The following below is an example:

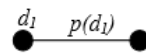


Fig. 4: The tree diagram of the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending one DHCP Discover message ( $d_1$ )

First, in Figure 4, when the client is connected to the network, the first DHCP Discover message ( $d_1$ ) is sent in order to locate the DHCP server and attach to the DHCP service that is provided in the network. So, the probability of the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending one DHCP Discover message is expressed as:

$$P(D)=P(d_i) \tag{3}$$

Where:

$P(D)$  is the probability for the DHCP server receiving any DHCP Discover messages.

$p(d_i)$  is the probability of each DHCP Discover messages to be received by the DHCP server.

$1-p(d_i)$  is the probability of each DHCP Discover messages unable to reach the DHCP server.

$d_i$  is the DHCP Discover message.

However, in Figure 5, in the case of the first DHCP Discover message being unable to reach the server, the probability of the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_2$ ) can be written as:

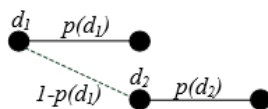


Fig. 5: The tree diagram of the DHCP server receiving any DHCP Discover message from sending two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_2$ )

$$P(D) = p(d_1)+(1-p(d_1)) p(d_2) \tag{4}$$

According to Figure 6, in the situation that the first two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_2$ ) are unable to reach the server, the probability of the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending three DHCP Discover messages ( $d_1$ ,  $d_2$ , and  $d_3$ ) can be given as:

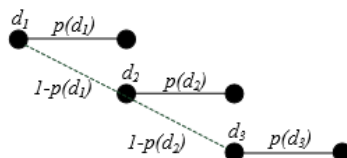


Fig. 6: The tree diagram of the DHCP server receiving any DHCP Discover message from sending three DHCP Discover messages ( $d_1$ ,  $d_2$ , and  $d_3$ )

$$P(D) = p(d_1) + (1 - p(d_1))p(d_2) + (1 - p(d_1))(1 - p(d_2))p(d_3) \tag{5}$$

Finally, Figure 7, if none of the three messages reach the server, the probability of the DHCP server receiving any DHCP Discover messages can then be calculated by using the Eq. (6):

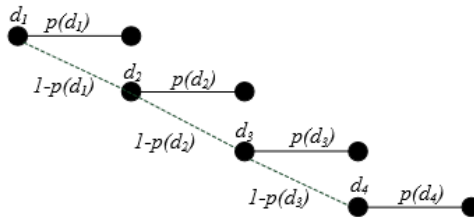


Fig. 7: The tree diagram of the DHCP server receiving any DHCP Discover message from sending four DHCP Discover messages ( $d_1, d_2, d_3,$  and  $d_4$ )

$$P(D) = p(d_1) + (1 - p(d_1))p(d_2) + (1 - p(d_1))(1 - p(d_2))p(d_3) + (1 - p(d_1))(1 - p(d_2))(1 - p(d_3))p(d_4) \tag{6}$$

From Eq. (6) Let:  $p(d_1) = p(d_2) = p(d_3) = p(d_4) = p(d_i)$ ; the probability for the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending four DHCP Discover messages ( $d_1, d_2, d_3,$  and  $d_4$ ) can be written as:

$$P(D) = p(d_i) + (1 - p(d_i))p(d_i) + (1 - p(d_i))^2p(d_i) + (1 - p(d_i))^3p(d_i) \tag{7}$$

The probabilistic model for the DHCP server receiving any DHCP Discover messages from sending four DHCP Discover messages can be computed as:

$$P(D) = -p(d_i)(-4 + 6p(d_i) - 4p(d_i)^2 + p(d_i)^3) \tag{8}$$

In our proposed method, there are six possible cases that two out of four DHCP Discover messages would be able to reach the DHCP server. These possible cases are represented by tree diagrams as the following:

First, Figure 8, when the client is connected to the network, the first DHCP Discover message is sent not only for locating the DHCP server and attending to the DHCP service that is provided in the network, but also initiating the challenge process with the server. After that, the second DHCP Discover message is sent to the server for confirming that it is a legitimate client. So, the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages, as in this case, can be expressed as:

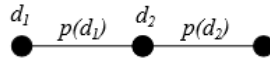


Fig. 8: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_2$ ) from sending two DHCP Discover messages

$$P(MD) = p(d_1)p(d_2) \tag{9}$$

Where:

$P(MD)$  is the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages.

$p(d_i)$  is the probability of each DHCP Discover messages to be received by the DHCP sever.

$1 - p(d_i)$  is the probability of each DHCP Discover messages unable to reach the DHCP server.

$d_i$  is the DHCP Discover message.

Second, Figure 9, in the situation where the second DHCP Discover message ( $d_2$ ) is unable to reach the server, but the first and third DHCP Discover messages( $d_1$  and  $d_3$ ) were able to reach the server, the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages can be given as:

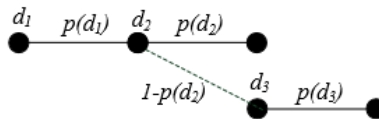


Fig. 9: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_3$ ) from sending three DHCP Discover messages

$$P(MD) = p(d_1) (1-p(d_2)) p(d_3) \tag{10}$$

Third, for Figure 10, in the situation that second and third DHCP Discover messages ( $d_2$  and  $d_3$ ) are unable to reach the server, but the first and fourth DHCP Discover messages were able to reach the server, the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_4$ ) can be given as:



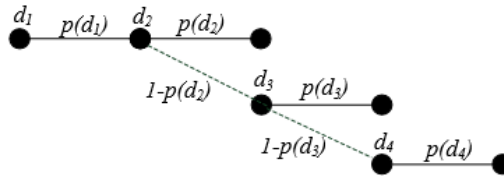


Fig. 10: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_4$ ) from sending four DHCP Discover messages

$$P(MD) = p(d_1) (1-p(d_2)) (1-p(d_3)) p(d_4) \tag{11}$$

Fourth, for Figure 11, in the situation that the first DHCP Discover message ( $d_1$ ) is unable to reach the server, but the second and third DHCP Discover messages ( $d_2$  and  $d_3$ ) were able to reach the server, the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages can be given as:

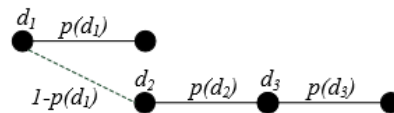


Fig. 11: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_2$  and  $d_3$ ) from sending three DHCP Discover messages

$$P(MD) = (1-p(d_1)) p(d_2) p(d_3) \tag{12}$$

Fifth, for Figure 12, in the situation that the first and third DHCP Discover messages ( $d_1$  and  $d_3$ ) are unable to reach the server, but the second and fourth DHCP Discover messages were able to reach the server, the probability for the modified DHCP server receiving the two DHCP Discover messages ( $d_2$  and  $d_4$ ) can be given as:

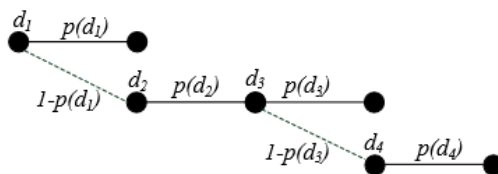


Fig. 12: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_2$  and  $d_4$ ) from sending four DHCP Discover messages

$$P(MD) = (1-p(d_1)) p(d_2) (1-p(d_3)) p(d_4) \tag{13}$$

Sixth, for Figure 13, in the situation that the first and second DHCP Discover messages are unable to reach the server, but the third and fourth DHCP Discover messages were able to reach the server, the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages can be given as:

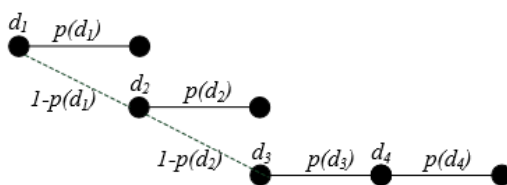


Fig. 13: The tree diagram of the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages ( $d_3$  and  $d_4$ ) from sending four DHCP Discover messages

$$P(MD) = (1-p(d_1)) (1-p(d_2)) p(d_3) p(d_4) \tag{14}$$

Hence, the overall probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages from sending four DHCP Discover messages can be given as:

$$P(MD) = p(d_1)p(d_2) + p(d_1) (1-p(d_2)) p(d_3) + p(d_1) (1-p(d_2)) (1-p(d_3)) p(d_4) + (1-p(d_1)) p(d_2) p(d_3) + (1-p(d_1))p(d_2) (1-p(d_3)) p(d_4) + 1-p(d_1)) p(d_2) (1-p(d_3)) p(d_4) \tag{15}$$

From Eq. (15) Let:  $p(d_1) = p(d_2) = p(d_3) = p(d_4) = p(d_i)$ ; the probability for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages can be written as:

$$P(MD) = p(d_i)^2 + p(d_i)^2 (1-p(d_i)) + p(d_i)^2 (1-p(d_i))^2 + p(d_i)^2 (1-p(d_i)) + p(d_i)^2 (1-p(d_i))^2 + p(d_i)^2 (1-p(d_i))^2 \quad (16)$$

Finally, the probabilistic model for the modified DHCP server receiving two DHCP Discover messages can be computed as:

$$P(MD) = p(d_i)^2 (6-8p(d_i) + 3p(d_i)^2) \quad (17)$$

The percentage loose in probability of the modified DHCP server by requiring two DHCP Discover messages to be reached by the server at any value of  $p(d_i)$  comparing to the DHCP discovering in general method can be computed by Eq. (8) minus Eq. (17) expressed as:

$$P(D \text{ and } MD_{Diff}) = (-4(-1+p(d_i))^3 p(d_i)) \quad (18)$$

$P(D \text{ and } MD_{Diff})$  represents the differentiation values between the value of  $P(D)$  and  $P(MD)$ .

#### 4.0 RESULT AND DISCUSSION

##### 4.1 DHCP Starvation Delayed

In this experiment, the network consisted of a DHCP server implemented with the proposed method and 30 malicious clients. In this case, the malicious client pretended to be a legitimate client by sending more than one DHCP Discover messages and delivering DHCP Request after it received the DHCP Offer. In the DHCP server implemented with the proposed method, the constant value of  $L_{\text{att}}$  was set to 2 seconds and  $L_r$  was set to 1 second.

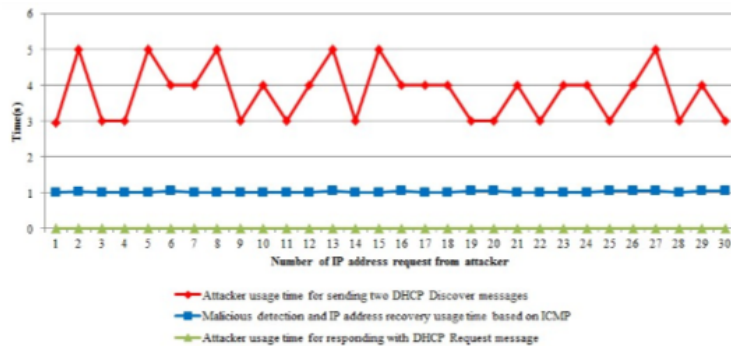


Fig. 14: The time used for detect and recovery IP addresses comparing with the time used by attacker to ruin each IP address

Figure 14 is the results from delaying the attackers' attack rate. Advance attackers may able to modify their tools by sending more than one DHCP Discover message with the same MAC address per round. However, our proposed method can limit the attack rate by using  $L_{dt}$  and  $L_{rt}$  since the interval time of DHCP Discover messages in each round should be greater or equal to  $L_{dt}$  and the DHCP Request must be delivered to the DHCP server within time  $L_{rt}$ . Although the attacker could be able to ruin the IP address, the attacker had to spend at least the same amount of time as legitimate clients (at least 2 seconds). Moreover, the ruin time (3-5 seconds) was greater than usage time for detection and recovery (less than 1.5 seconds) by the server. Thus, the detection and recovery method based on ICMP can be applied effectively.

#### 4.2 DHCP Starvation Prevention

In this experiment, the network consisted of a DHCP server implemented with the proposed method, a legitimate client running on Windows 7 Service Pack1, and malicious client ran *Scapy* on Kali Linux version 1.1.0. Both clients sent 100 IP address requests. A malicious client sent an IP address request using the DHCP Discover message with an interval of 0.1 second. In the DHCP server implemented with the proposed method, the constant value of  $L_{dt}$  was set to 2 seconds and  $L_{rt}$  was set to 1 second. The time used in the experiment for  $L_{dt}$  is 2 seconds which corresponded with Khan et al. [7]. Their work claimed that if the DHCP client did not receive any DHCP Offer messages from the server, it will send a DHCP Discover message four times with a gap of 2 seconds. Moreover, the information was gathered from section 3.1 as shown in Table 1 (Duration time between each DHCP Discover message >2 seconds). The time used in the experiment for  $L_{rt}$  is 1 second which is based on the information gathered from section 3.2 as shown in Table 1 (Deliver time for DHCP Request message to the DHCP Server <4 milliseconds). The value of  $L_{rt}$  is set to 1, which had included the possibilities of the delay in network transmission. The delay may lead the value of delivery time for the DHCP Request message to the DHCP Server greater than 4 milliseconds but the value of  $L_{rt}$  should not be less than 1 second.

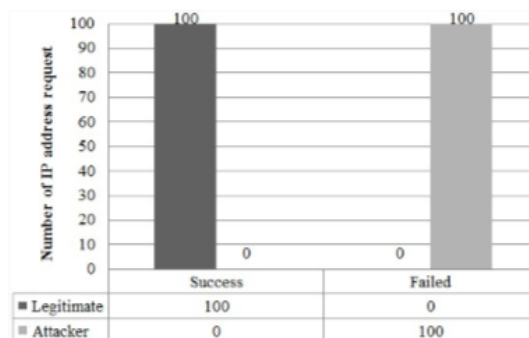


Fig. 15: The prevention accuracy result of DHCP server implemented with proposed method

The experimental results from Figure 15 indicate that the DHCP server implemented with the proposed method could prevent the attacker from obtaining the IP address. Meanwhile, the legitimate client was still able to obtain the IP address. This reflected on the effectively tolerance towards the DHCP IP address starvation attack of the proposed method.

### 4.3 Resource Consuming

The comparison of resource consuming between conventional DHCP service and DHCP service implemented with the proposed method was measured by using the memory usage value. The Performance monitor tool was used to collect maximum memory usage of the DHCP service. The maximum memory used by the conventional DHCP service and the DHCP service implemented with the proposed method was measured in two situations; normal and under attacked. In both situations, a legitimate client performed 100 IP address requests. A malicious client sent 100 fake DHCP Discover messages with an interval of 0.1 second only in an attack situation.

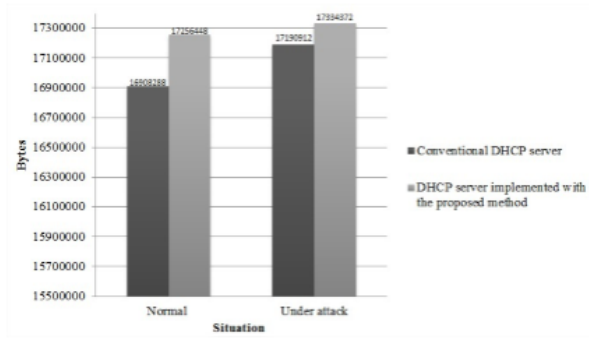


Fig. 16: The result of maximum memory usage comparison

The comparison of maximum memory used by conventional DHCP server and DHCP server implemented with the proposed method is shown in Figure 16. The result found that the DHCP service implemented with the proposed method consumes more memory than the conventional DHCP service. The reason was that the proposed method added more incoming request checking steps when it was compared to the conventional DHCP service. However, the legitimate client was still able to obtain the IP address.

### 4.4 Probability Difference

The probability analysis result of general DHCP discovering process by comparing the value of  $P(D)$  from calculation ( $P(D)_{Cal}$ ) with  $P(D)$  from experiment ( $P(D)_{Exp}$ ) was made in order to prove the proposed probabilistic model in Eq. (8).

The researchers tested the probability for the general DHCP server receiving any DHCP Discover messages ( $P(D)_{Exp}$ ) three times (round 1, round2, and round 3). The compared average values of  $P(D)_{Exp}$  with  $P(D)_{Cal}$ ,  $P(D)_{Exp}$  was computed by collecting the number of DHCP Offer messages after sending 100 IP address requests to the conventional DHCP server. Each round of the IP address request contained four DHCP Discover messages. The probability of each DHCP Discover messages to be received by the DHCP server was set from 0.1 to 1. Therefore, the  $P(D)_{Exp}$  is the ratio of the numbers of DHCP Offer messages per the number of IP address request. The values of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$  with difference  $p(d_i)$  are shown in Table 2.

Table 2: The values of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$  with different values of  $p(d_i)$

$p(d_i)$	$P(D)_{Exp}$			Average of $P(D)_{Exp}$	$P(D)_{Cal}$
	round 1	round 2	round 3		
0.1	0.323	0.33	0.36	0.3377	0.3439

0.2	0.61	0.57	0.55	0.5767	0.5904
0.3	0.76	0.77	0.76	0.7633	0.7599
0.4	0.85	0.91	0.87	0.8767	0.8704
0.5	0.93	0.92	0.91	0.9200	0.9375
0.6	1	0.97	0.99	0.9867	0.9744
0.7	1	1	0.99	0.9967	0.9919
0.8	1	1	1	1	0.9984
0.9	1	1	1	1	0.9999
1	1	1	1	1	1

The graph in Figure 17 shows the similarity between the values of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$ . The average values of the  $P(D)_{Exp}$  agree well with the calculated values. Moreover, the value of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$  both depend on the value of  $p(d_i)$  in the same way. If the value of  $p(d_i)$  increases, the value of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$  also increase. If the value of  $p(d_i)$  decreases then the value of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(D)_{Exp}$  also decrease.

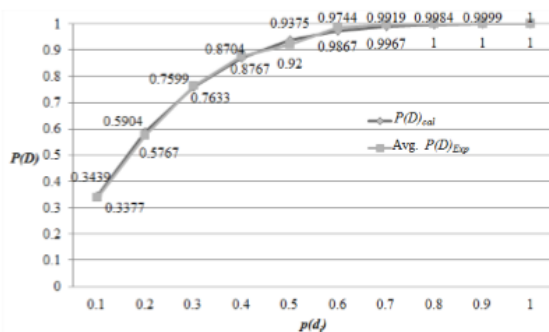


Fig. 17: The value of  $P(D)_{Cal}$  versus the average of  $P(D)_{Exp}$

The probability analysis result of modified DHCP discovering process was made by comparing the value of  $P(MD)$  from calculation ( $P(MD)_{Cal}$ ) with  $P(MD)$  from experiment ( $P(MD)_{Exp}$ ) for proving our proposed probabilistic model in Eq. (17).

The researchers tested the probability for the modified DHCP server receiving two out of four DHCP Discover messages ( $P(MD)_{Exp}$ ) three times (round 1, round2, and round 3). To compared average values of  $P(MD)_{Exp}$  with  $P(MD)_{Cal}$ ,  $P(MD)_{Exp}$  was computed by collecting the number of DHCP Offer messages from sending 100 IP address request to the conventional DHCP server. Each round of the IP address request contained four DHCP Discover messages. The probability of each DHCP Discover messages to be received by the DHCP server was set from 0.1 to 1 in each round of the IP address request. Therefore, the  $P(MD)_{Exp}$  is the ratio of the numbers of DHCP Offer messages per the number of IP address request. The values of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$  with difference  $p(d_i)$  are shown in Table 3.

Table 3: The values of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$  with different values of  $p(d_i)$

$p(d_i)$	$P(MD)_{Exp}$			Average of $P(MD)_{Exp}$	$P(MD)_{Cal}$
	round 1	round 2	round 3		
0.1	0.05	0.04	0.04	0.0433	0.0523
0.2	0.17	0.16	0.17	0.1667	0.1808
0.3	0.34	0.35	0.34	0.3433	0.3483
0.4	0.59	0.48	0.5	0.5233	0.5248
0.5	0.66	0.74	0.63	0.6767	0.6875
0.6	0.84	0.77	0.84	0.8167	0.8208
0.7	0.93	0.94	0.93	0.9333	0.9162
0.8	0.93	0.99	0.99	0.9700	0.9728
0.9	1	0.99	1	0.9967	0.9963
1	1	1	1	1	1

The graph in Figure 18 shows the similarity between the value of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$ . The value of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$  were both affected by the value of  $p(d_i)$  in the same direction. On one hand, if the value of  $p(d_i)$  increases then the both value of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$  increase. On another hand, if the value of  $p(d_i)$  decreases then the value of  $P(MD)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Exp}$  decrease.

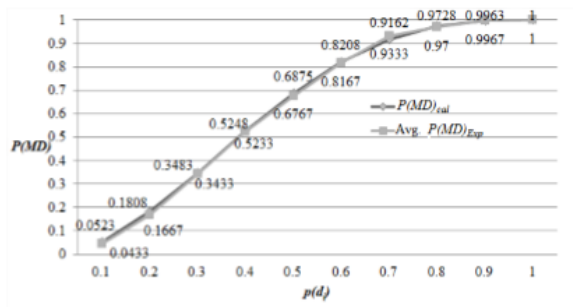


Fig. 18: The values of  $P(MD)_{Cal}$  versus the average of  $P(MD)_{Exp}$

In Figure 19, the value of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Cal}$  were both affected by the value of  $p(d_i)$  in the same direction. The probability of the general DHCP server to receive DHCP Discover message was higher than the modified DHCP server. Since general DHCP server requires only one DHCP Discover message whereas the modified DHCP server requires two DHCP Discover messages to reach the server. However, the value of in  $P(D \text{ and } MD)_{diff}$  tended to decrease when the values  $p(d_i)$  was increased from 0.3 to 1. There was't any difference between  $P(D)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Cal}$  at the value of  $p(d_i)$  equal to 1.

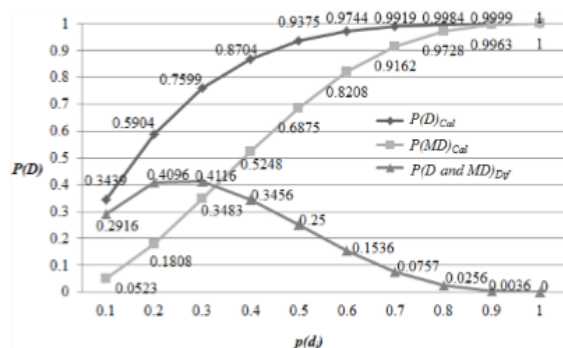


Fig. 19: The difference values of  $P(D)_{Cal}$  and  $P(MD)_{Cal}$  are in  $P(D \text{ and } MD)_{Diff}$

In the real local area network (LAN), the value of  $p(d_i)$  may be affected by any network failures. The cause of a network failure can be divided into physical failure and logical failure. They are commonly known as a hardware failure and a software failure [24]. In case of the hardware failure, the client could not be able to communicate with the other people; this can easily be addressed by checking the network interface and the transmission medium. In the software failure, the client may sometimes able to communicate with each other. This may be caused by the transmission delay and link congestion. By increasing the bandwidth of transmission medium this could reduce the link congestion. Thus, this solution could be considered as an option to minimize the impact of  $p(d_i)$ .

### 5.0 CONCLUSION

In this current study, the researchers have proposed the authentication method for DHCP discovering process based on a challenge-response authentication. The results showed that the proposed method can limit the IP addresses requested time by attackers and prevent the DHCP server from the IP address starvation attack by tradeoff with memory consumption and probability of the server to receive DHCP Discover message compared with conventional DHCP server without required any changes in DHCP clients. To avoid the key problem that detectors could not be able to detect the malicious request faster than the attack rate occurs in ICMP based technique, the proposed method can delay the attacker's IP addresses requested time. Consequently, the ICMP based can apply to the server, detect and recover hold IP addresses by the attacker efficiently, since the detection and recovery time was less than the time spent by attacker on obtaining IP addresses. Moreover when comparing with other non-cryptography based techniques, our proposed could be able to work with all existing DHCP-enabled client without the requirement of any modification or additional equipment.



## REFERENCES

- [1] U. Salasabi, M. T. Ali, M. M. Islam, "A Practical Approach to Asses Fatal Attacks in Enterprise Network to Identify Effective Mitigation Techniques". *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, 2(9), 2014, pp. 298-307.
- [2] S. Naaz, F. A. Badroo, "Investigating DHCP and DNS Protocols Using Wireshark". *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 18(3), 2016, pp.1-8.
- [3] M. Yaibuates , R. Chaisricharoen, "ICMP Based Malicious Attack Identification Method for DHCP", In *proceedings of the 4th Joint International Conference on Information and Communication Technology, Electronic and Electrical Engineering (JICTEE)*, 2014, pp.1-5.
- [4] M. Yaibuates, R.Upra, R. Chaisricharoen. "ICMP Based IP address Recovery Method for DHCP". In *proceedings of the 6th Global Wireless Summit (GWS)*, 2016, pp.267-271.
- [5] R. Droms, "Automated configuration of TCP/IP with DHCP". *IEEE Internet Computing*, 3(4), 1999, pp. 45-53.
- [6] R. Droms, "Dynamic Host Configuration Protocol", <https://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt> , 1997.
- [7] M. Khan, S. Alshomrani, S. Qamar, "Investigation of DHCP Packets using Wireshark", *International Journal of Computer Applications*, 63(4),2013, pp. 1-9.
- [8] T. Yang, L. Li, Q. Ma, (2012). "Mitigating Aggregated Traffic of DHCP Discover Messages draft-yang-dhc-ipv4-dis-01", <https://www.ietf.org/proceedings/84/slides/slides-84-sunset4-11.pdf>, 2012.
- [9] P. Wilson, "Rogue Servers", *Network Security*, 2003(8), pp. 16-18.
- [10] G. Narasimha, M. J. Reddy, "Increasing network efficiency by preventing attacks at access layer", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 2014, pp. 37-41.
- [11] Cisco Systems, Inc., "Enterprise Mobility 7.3 Design Guide", <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob73dg/emob73.html>, 2015.
- [12] R. Droms, W. Arbaugh, "Authentication for DHCP messages", <https://www.ietf.org/rfc/rfc3118.txt>, 2001.
- [13] J. Demerjian, A. Serhrouchni, "DHCP Authentication Using Certificates", *Security and Protection in Information Processing Systems*. Springer, 2004, pp. 457-472.
- [14] Y. I. Jerschow, C. Lochert, B. Scheuermann, M. Mauve, "CLL: A Cryptographic Link Layer for Local Area Networks", in *proceedings of the 6th International Conference on Security and Cryptography for Networks*, 2008, pp.21-38.
- [15] C. A. Shue, A. J. Kalafut, M. Gupta, "A Unified approach to intra-domain security", In *proceedings of the 12th International Conference on Computational Science and Engineering(CSE)*, 2009, pp.219-224.
- [16] S. Duangphasuk, S. Kungpisdan, S. Hankla, "Design and implementation of improved security protocols for DHCP using digital certificates", in *proceedings of the 17th IEEE international conference on Networks*, 2011. pp. 287-292.
- [17] D. D. Dinu, M.Togan, (2014). "DHCP server authentication using digital certificates", in *proceedings of the 10th International Conference on Communications (COMM)*, 2014, pp.1-6.
- [18] O.S. Younes, "A Secure DHCP Protocol to Mitigate LAN Attacks", *Journal of Computer and Communications*, 2016(4). pp. 39-50.

- [19] N. Tripathi, N. Hubballi, "Detecting stealth DHCP starvation attack using machine learning approach", *Journal of Computer Virology and Hacking Techniques*, 2017, pp. 1-12.
- [20] Juniper Networks, Inc., "Complete Software Guide for Junos® OS for EX Series Ethernet Switches, Release 12.3" [https://www.juniper.net/documentation/en\\_US/junos12.3/information-products/topic-collections/ex-series/software-all/book-software-ex-series-123-all.pdf](https://www.juniper.net/documentation/en_US/junos12.3/information-products/topic-collections/ex-series/software-all/book-software-ex-series-123-all.pdf), 2013.
- [21] Cisco System, Inc., "Using Port Security to Mitigate a DHCP Starvation Attack", <https://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob30dg/SecInteg.pdf>, 2007.
- [22] H. Mukhtar, K. Salah, & Y. Iraqi, "Mitigation of DHCP starvation attack", *Computers and Electrical Engineering*, 38(5), 2012, pp. 1115-1128.
- [23] N. Hubballi, N. Tripathi, "A closer look into DHCP starvation attack in wireless networks", *Computers & Security*, 2017(65), pp. 387-404.
- [24] Y. Han, X. Zhao, J. Li, "Computer Network Failure and Solution", *Journal of Computer Hardware Engineering*, 1(1), 2018, pp. 16-26.



### ตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

#### Intelligent Medicine Cabinet for The Elderly and The Visually Impaired by Using RFID Technology

ทิพนธ์พงศ์ สมมะวัง<sup>1</sup> ธนศ คณะดี<sup>2</sup> กมล บุญล้อม<sup>3</sup> อธิคม ศิริ<sup>4</sup> กานต์ทิศา บุญล้อม<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์ความร่วมมือราชอาณาจักรสันไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจเรียงราย

80 หมู่ 9 ถนน ทพท. ไร่อิน อ. เมือง จ. เชียงราย 57100 โทรศัพท์: 053-776395 ต่อ 111 E-mail: thanat-kanadee@hotmail.com, kamo1\_boon@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันจากสถิติการดำเนินงานจดทะเบียนผู้พิการทั่วประเทศ ไทย ณ วันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2552 มีประชากรผู้พิการรวมทั้งสิ้น 855,973 ราย ออกของผู้พิการทางสายตาทั่วโลกสูงถึง 37 ล้านคนทั่วโลก และประเทศไทยยังได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในปี พ.ศ. 2547-2548 โดยมีจำนวนประชากรผู้สูงอายุ 60+ คิดเป็นร้อยละ 10.2-10.4 ของประชากรไทยทั้งประเทศซึ่งคาดว่าจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ ประมาณปี พ.ศ. 2567-2568 ปัญหาการอ่านที่ผิดปกติประเภทหรือหมดอายุเกิดขึ้นอย่างมากกับสังคมผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา เนื่องจากไม่สามารถอ่านฉลากยาได้ในกรณีของการทางสายตาหรือปัญหาการมองเห็นทางสายตาของผู้สูงอายุ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายจากการใช้ยาได้ จากหลักการและเหตุผลที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น ทางผู้วิจัยเห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องการพัฒนาและนำเอาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย เช่น การนำเอาเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีเข้ามาช่วยในการระบุชนิดของยาพลาคคือ สามารถระบุชนิดของยาได้ สามารถบอกถึงวันเดือนปี ที่หมดอายุของยา สามารถบอกวิธีการใช้ยาเป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี โดยตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี สามารถบอกชนิดของยาและวิธีการใช้ยา วัน เดือน ปี ที่หมดอายุของยา โดยจะมีหน่วยประมวลผลและสั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางจอแอลซีดีร่วมกับสัญญาณเสียงซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการอ่านที่ไม่ถูกต้องหรือปัญหาของยาที่หมดอายุสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เทคโนโลยี อาร์เอฟไอดี, เครื่องอ่านฉลากยา, ตู้เก็บยาอัจฉริยะ

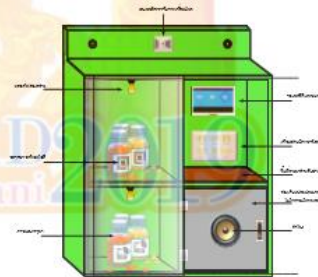
#### Abstract

Presently, from the statistics of the registration of people with disabilities throughout Thailand, as of September 30, 2009, the total population of disabled people is 855,973. The elderly society in the year 2004-2005 With the population aged over 60, accounting for 10.2-10.4

percent of the entire of thai population. which the ages are expected to enter the elderly society by about 2024-2025 critical increased such as elderly and the visually impaired age. Due to the inability to read the drug label, the case of visually impaired or vision problems of the elderly become in the danger of drug are based on the principles and reasons mentioned. The researchers believe that it is necessary to develop and adopt modern electronic technology, such as adopting RFID technology to help identify the type of drug. We can specify the type of medicine that the date of expiration in the drug instructions of drugs used etc. In this research, we designed and built intelligent drug storage cabinets for the elderly and the visually impaired. The RFID technologies are intelligent medicine cabinet for the elderly and the visually impaired using RFID technology to verifying the type of drug and the date of drug expiration. The microprocessor and processing unit can communicate with the user via the LCD together such as audio signal, flashlight that can reduce the problem of the drug benefit to use for the elderly and the visually.

Keywords : RFID technology, Drug Label Reader, Intelligent Drug Storage Cabinet

#### 1. บทนำ



รูปที่ 1 ตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

ในปี 2561 ประเทศไทยมีผู้สูงอายุสูงถึง 1 ใน 5 ของประชากร ทั้งหมดมากกว่าประชากรเด็ก และผู้ที่มีปัญหาทางสายตาในประเทศไทย มีมากถึง 600,000 คน โดยประมาณ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณที่มากและหากเกิดการเจ็บป่วยและจำเป็นต้องรับประทานยา ซึ่งหากรับประทานยาทั้งหมดอาจหรือรับประทานยาที่เกินขนาดอาจเกิดความเสี่ยงและได้รับอันตรายจากการรับประทานยาที่ไม่ถูกต้องได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟ ไอดี จากรูปที่ 1 โดยผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟ ไอดี สามารถบอกชนิดของยาและวิธีการใช้ยาวันเดือนปีทั้งหมดของยา โดยจะมีหน่วยประมวลผลและสั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางจอแอลซีดี ร่วมกับสัญญาณเสียงซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาการใช้ยาที่ไม่ถูกต้องหรือปัญหาของยาทั้งหมดสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาได้เป็นอย่างดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ ต่อไป

2. ทฤษฎีและหลักการทำงาน



รูปที่ 2 ไลอะแกรมระบบ

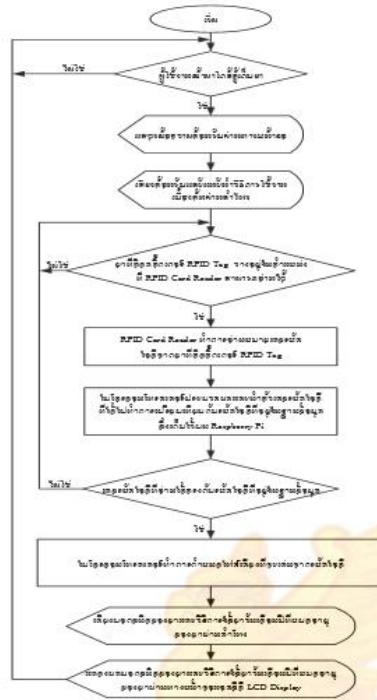
จากรูปที่ 2 หลักการทำงานของผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟ ไอดี ได้มีการพัฒนาและนำเอาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย เช่น การนำเอาเทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟไอดีเข้ามาช่วยในการระบุชนิดของยา ผลก็คือ

สามารถระบุชนิดของยาได้ สามารถบอกถึงวันเดือนปีทั้งหมดของยา สามารถบอกวิธีการใช้ยาเป็นต้น ซึ่งในการออกแบบและสร้างผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟ ไอดี เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีโลอิจาร์เอฟ ไอดี สามารถบอกชนิดของยาและวิธีการใช้ยาวันเดือนปีทั้งหมดของยา โดยเมื่อเริ่มการทำงานระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีผู้ใช้งานเข้ามาใกล้ผู้เก็บยาหรือไม่หากเข้ามาใกล้ในระยะตำแหน่งของเซนเซอร์ตรวจจับความร้อนก็จะทำการส่งเสียงเตือนรับและแนะนำการใช้งานผู้เก็บยาเบื้องต้น จากนั้นเมื่อผู้ใช้งานได้ทำการหยิบยาที่มีสติ๊กเกอร์ RFID Tag 13.56 MHz ติดอยู่แล้วนำไปวางในตำแหน่งที่มีเครื่องอ่าน RFID Card Reader RC522 เครื่องอ่าน RFID Card Reader RC522 จะทำการอ่านหมายเลขรหัสไอดีจากยาที่มีสติ๊กเกอร์ RFID Tag 13.56 MHz จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลและนำตัวเลขรหัสไอดีที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับรหัสไอดีที่อยู่ในฐานข้อมูลซึ่งเก็บไว้บน Raspberry Pi หากตรงกับข้อมูลชุดไหนก็จะทำการส่งสัญญาณข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการกำหนดไฟส์เสียงที่จะเล่นจากรหัสไอดีพร้อมกับส่งงานให้โมดูลเสียง DF Player MP3-TF-16P Mini ทำการเล่นเสียงที่มีกรบันทึกบอกชนิดของยาและวิธีการใช้ยาวันเดือนปีทั้งหมดของยาและทำการแสดงผลทางด้านจอแอลซีดี LCD Display

รูปที่ 3 การทำงานของระบบ RFID

RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่ Tag และ Reader ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่งมาทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังรูปที่ 3

3. วิธีการดำเนินงานและการทดลอง



รูปที่ 4 แผนกการทำงานระบบ

จากรูปที่ 4 การทำงานของผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี เมื่อเริ่มการทำงานระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีผู้ใช้งานเข้ามาใกล้ตู้เก็บยาหรือไม่ หากเข้ามาใกล้ในระยะตำแหน่งของเซนเซอร์ตรวจจับความถี่ก็จะทำการส่งเสียงเตือนรับและแนะนำการใช้งานตู้เก็บยาเบื้องต้น จากนั้นเมื่อผู้ใช้งานได้ทำการหยิบยาที่มีสติ๊กเกอร์ RFID Tag 13.56 MHz ติดอยู่แล้วนำไปวางในตำแหน่งที่มีเครื่องอ่าน RFID Card Reader RC522 เครื่องอ่าน RFID Card Reader RC522 จะทำการอ่านหมายเลขรหัสไอดีจากยาที่มีสติ๊กเกอร์ RFID Tag 13.56 MHz จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลและนำตัวเลขรหัสไอดีที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับรหัสไอดีที่อยู่ในฐานข้อมูลซึ่งเก็บไว้บน Raspberry Pi หากตรงกับข้อมูลชุดไหน

ก็จะทำการส่งสัญญาณข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการกำหนดไฟลีสี่เสียงที่จะเล่นจากรหัสไอดีพร้อมกับส่งงานให้โมดูลเสียง DF Player MP3-TF-16P Mini ทำการเล่นเสียงที่มีการบันทึกบอกรหัสของยาและวิธีการใช้ยาวันเดือนปีที่หมดอายุของยา และการแสดงผลทางด้านจอแอลซีดี LCD Display

4. ผลการทดลอง

1. ขั้นตอนการทดสอบผลการดำเนินการทดลองผู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีโดยทำการทดลองการอ่านไอดี จากตัวสติ๊กเกอร์ tag ที่ติดกับขวดยา และทำการอ่านเป็นแนวตรงความยาวของระยะทาง 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการ ทดสอบการอ่านจากตัวสติ๊กเกอร์ tag ที่ติดกับขวดยา และทำการอ่านเป็นแนวตรงความยาวของระยะทาง ที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ครั้ง ต่อการทดสอบรอบ และทำการทดสอบซ้ำ 10 รอบ และหาค่าความผิดพลาด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ดังสมการที่ 1 และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระยะการอ่านตัวสติ๊กเกอร์ tag

ครั้งที่	ระยะทาง 5 เซนติเมตร	ระยะทาง 4 เซนติเมตร	ระยะทาง 3 เซนติเมตร	ระยะทาง 2 เซนติเมตร
1	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
2	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
3	อ่านไม่ได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
4	อ่านได้	อ่านไม่ได้	อ่านได้	อ่านได้
5	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
6	อ่านไม่ได้	อ่านไม่ได้	อ่านไม่ได้	อ่านได้
7	อ่านไม่ได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
8	อ่านไม่ได้	อ่านได้	อ่านได้	อ่านได้
9	อ่านไม่ได้	อ่านไม่ได้	อ่านได้	อ่านได้
10	อ่านไม่ได้	อ่านไม่ได้	อ่านไม่ได้	อ่านได้
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด	60%	40%	20%	0%

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

เมื่อ  $\bar{x}$  (เอ็กซ์บาร์) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต  
 $\sum x$  คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า  
 $n$  คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 11

11<sup>th</sup> ECTI-CARD 2019, Ubon Ratchathani Thailand

2. ขั้นตอนการทดสอบการแสดงผลของชนิดของยา ของตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตา โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี โดยจะทดสอบการแสดงผลชนิดของยาและหาค่าความถูกต้องในการแสดงผลชนิดของยา ทำการทดสอบและแสดงจำนวน 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี ดังสมการที่ 2 และตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการอ่านค่าชนิดของยา

ครั้งที่	จำนวนชนิดของยา	จำนวนชนิดของยาที่อ่านได้ (ชนิด)
1	25	23.5
2	25	25.5
3	25	26
4	25	26.5
5	25	24
6	25	25.5
7	25	24.5
8	25	25
9	25	26
10	25	27
ค่าเฉลี่ย	25	25.35
เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1.4%

$$\text{ค่าความผิดพลาดเบี่ยงเบนมาตรฐาน} = \frac{E-S}{s} \times 100 \quad (2)$$

S = ความกว้างมาตรฐานของระยะของข้าว  
E = ความกว้างของระยะที่ได้จากการทดลอง

**5. สรุปผลการทดลอง**

จากการออกแบบระบบตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี สามารถสรุปผลการทดลองได้ระยะเวลาของการอ่านแถบ RFID ที่ดีที่สุดคืออยู่ที่ระยะ 2 เซนติเมตร ซึ่งจะไม่เกิดข้อผิดพลาดและเมื่อระยะการอ่านที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดจากการอ่านมากขึ้นตาม และจากการทดลองการอ่านจำนวนชนิดของยาสามารถบอกได้ว่าระบบตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ที่ 1.4%

ซึ่งมีค่าที่น้อยมาก ซึ่งเราสามารถนำไปใช้ในการต่อออกการใช้งานในด้านอื่นได้ในอนาคต



รูปที่ 5 ตู้เก็บยาอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี

**6. กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ภายใต้การสนับสนุนความร่วมมือจากกองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ รหัสโครงการ 6216120203 กิจกรรมหลัก สนับสนุนการเข้าร่วมแข่งขันทักษะต่างๆ

**เอกสารอ้างอิง**

- [1] ประติฐ อัครอกพัฒนา. การออกแบบวงจรไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [2] Deo, A.S.; Walker, I.D. "Minimum effort inverse kinematics for redundant manipulators." Robotics and Automation, IEEE Transactions, 1997
- [3] Zhiyong Wang; Ghorbel, F.H. "Control of closed kinematic chains using a singularly perturbed dynamic model." CDC. 43rd IEEE Conference on year 2004
- [4] Embedded System Design with the Atmel AVR Microcontroller, Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems.

**ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน**

**Solar Drying Cabinet Controls the Temperature and Humidity with a Microcontroller by using Internal Ventilation Fan Speed Control Techniques**

ฤทธิรงค์ วงศ์แพร่พันธ์, ธเนศ คณະติ, กมล บุญล้อม, อธิคม สิริ และ พงศธร อารักคิด

ศูนย์ความเชี่ยวชาญทางคลื่นไมโครเวฟและเทคโนโลยีหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

80 หมู่ 9 ถนน พหลโยธิน อ. เมือง จ. เชียงราย 57100 โทรศัพท์: 053-776395 ต่อ 111 E-mail: thanat-kanadee@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้นำพลังงานความร้อนที่ได้รับจากรังสีอาทิตย์มาใช้ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อใช้แล้วสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ไม่วันหมด อีกทั้งประเทศไทยมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการนำพลังงานรังสีอาทิตย์มาใช้ทางด้านความร้อน เนื่องจากมีปริมาณรังสีรวมจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี เฉลี่ยวันละ 18 MJ/m<sup>2</sup> หรือ คิดเป็น 5.05 kW/m<sup>2</sup>. ซึ่งเพียงพอในการนำไปใช้งานด้านความร้อน โดยกลุ่มอุตสาหกรรมการอบแห้ง ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อแปรรูป เป็นกลุ่มหนึ่งที่ต้องการส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนทางด้านพลังงาน ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นนวัตกรรมอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้มีการนำพลังงานความร้อนที่ได้รับจากรังสีอาทิตย์มาใช้ และปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นคือ ปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในตู้ขณะที่กำลังอบแห้งมีปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดไอน้ำซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งลดลง ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน เป็นนวัตกรรมที่สามารถรักษาอุณหภูมิและกำจัดความชื้นโดยทำการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศที่ทำการขับไล่ความชื้นภายในตู้อบ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบซึ่งหากมีความชื้นเกิดขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลมเพื่อขับไล่ความชื้น โดยอัตราความเร็วของมอเตอร์พัดลมจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่อยู่ภายในตู้อบ ซึ่งทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิและขับไล่ความชื้นที่อยู่ภายในตู้อบได้เป็นอย่างดี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมอื่นต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์, ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

**Abstract**

Solar drying cabinets are another innovation that has been used to heat energy received from the sun's rays. And one problem is The amount of moisture that occurs within the cabinet while being drying has a large amount of water, causing steam which will reduce the drying efficiency. Solar drying cabinet controls the temperature and humidity with a microcontroller by using internal ventilation fan speed control techniques. Is an innovation that can maintain the temperature and eliminate moisture by controlling the ventilation fan speed which expel moisture inside the oven. The microcontroller will read the temperature and humidity values in the oven, which if moisture occurs The microcontroller will generate a pulse signal to control the fan motor speed to expel moisture. The speed of the fan motor depends on the moisture content inside the oven. Which makes it possible to maintain the temperature and repel moisture inside the oven as well Which can be used in other industrial applications in the future

Keywords: RFID technology, Drug Label Reader, Intelligent Drug Storage

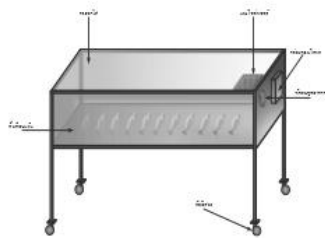
**1. บทนำ**

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นโดยส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อน ไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย ปัญหาที่เกิดขึ้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไปนั้นเมื่อมีปริมาณความชื้นภายในตู้มากจะเกิดไอน้ำซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งเกิดความล่าช้าและก่อให้เกิดเชื้อราบนวัสดุที่อบแห้ง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน จากรูปที่ 1 โดยตู้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วย



โมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน สามารถรักษาอุณหภูมิและกำจัดความชื้นที่เกิดขึ้นภายในตู้อบได้เป็นอย่างดี โดยจะมีหน่วยประมวลผล โมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นตัวควบคุมและสั่งการมอเตอร์พัดลมให้หมุนด้วยความเร็วตามปริมาณของความชื้น โดยทำการอ่านค่าปริมาณความชื้นภายในตู้อบและทำการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลมเพื่อขับไล่ความชื้นซึ่งความเร็วของมอเตอร์พัดลมจะมีอัตราความเร็วจนสอดคล้องกับปริมาณความชื้นส่งผลให้ตู้อบสามารถเก็บความร้อนและไม่เกิดการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการขับไล่ความชื้นได้เป็นอย่างดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยโมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน

2. ทฤษฎีและหลักการทำงาน



รูปที่ 2 ไลอะแกรมระบบ

จากรูปที่ 2 หลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยโมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน ได้มีการพัฒนาและนำวิธีการ

ควบคุมความเร็วมอเตอร์พัดลมที่ทำหน้าที่ขับไล่ความชื้น ผลคือ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยโมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน สามารถขับไล่ความชื้นและเก็บอุณหภูมิความร้อนได้เป็นอย่างดีเนื่องจากการเปิดมอเตอร์พัดลมไล่ความชื้นตลอดเวลาจะเป็นการดูดเอาความร้อนออกจากภายในตู้อบด้วย ซึ่งในการออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยโมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน สามารถขับไล่ความชื้นและรักษาอุณหภูมิได้เป็นอย่างดีเริ่มการทำงาน โมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าความชื้นภายในตู้อบ โดยจะนำค่าความชื้นที่อ่านได้มาทำการประมวลผลเปรียบเทียบกับความเร็วของมอเตอร์พัดลมที่เหมาะสมแล้วทำการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อส่งไปยัง Motor Drive H-Bridge เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์พัดลมที่ทำหน้าที่ขับไล่ความชื้นภายในตู้อบ



รูปที่ 3 รูปคลื่นสัญญาณพัลส์

จากรูปที่ 3 PWM ออกจาก Pulse Width Modulation คือการนำสัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณที่ีต้องการปรับความกว้างของพัลส์มาเปรียบเทียบกับ ตัวอย่างเช่น ถ้านำสัญญาณสามเหลี่ยมมาเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟที่กระแสตรง จะได้ความกว้างของพัลส์คงที่ และความกว้างของพัลส์นั้นจะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณไฟที่กระแสตรง PWM นั้นโดยทั่วไปจะมีการสร้างลูกคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ออกมาโดยกำหนดคาบของสัญญาณ (Period) ให้สั้น ๆ ซึ่งปกติคาบจะจะมีค่าไม่เกิน 33 ms (30 Hz) สำหรับการทดลองทั่วไป และอาจมีค่าน้อยถึง 0.01 ms (100KHz) หรือน้อยกว่าในงานอุตสาหกรรมบางชนิด หลักการสำคัญของ PWM คือการปรับเปลี่ยนความกว้างของลูกคลื่นในแต่ละคาบ โดยถ้าลูกคลื่นสั้นก็จะทำให้แรงดันเฉลี่ยที่ออกมามีค่าน้อยและถ้าลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ยก็จะมีความมากขึ้น จากรูปด้านล่าง Vเฉลี่ย

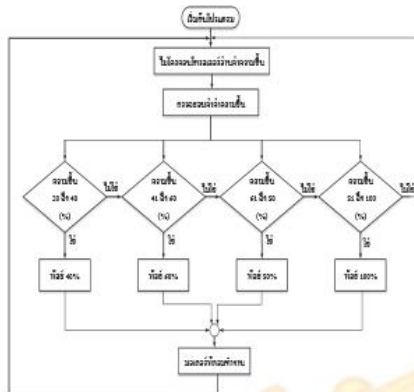
**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 11

11<sup>th</sup> ECTI-CARD 2019, Ubon Ratchathani Thailand

(เส้นสีส้ม) จะสูงหรือต่ำนั้นขึ้นอยู่กับความกว้างของลูกคลื่น ซึ่งความกว้างของลูกคลื่นนี้เรียกว่า pulse width หรือ Duty Cycle Pulse width จะต้องน้อยกว่าค่าความยาวคาบเสมอ Duty Cycle จะมีหน่วยเป็น % ของความยาวคาบ เช่น ถ้าคาบ = 10ms และ Duty Cycle = 40% นั้นหมายความว่า Pulse width = 10ms \* 0.4 = 4ms เป็นต้น

**3. วิธีการดำเนินงานและการทดลอง**



รูปที่ 4 แผนผังการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 4 และตารางที่ 1 หลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วพัดลมระบายอากาศภายใน เมื่อเริ่มการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าความชื้นภายในตู้อบแห้งจะนำค่าความชื้นที่อ่านได้มาทำการประมวลผลเปรียบเทียบกับความเร็วของมอเตอร์พัดลมที่เหมาะสมโดยเมื่อมีความชื้นตั้งแต่ 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่ค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 40% (duty cycle) แล้วส่งไปยังวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (H-bridge drive motor) เมื่อมีความชื้นตั้งแต่ 41 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่ค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 60% (duty cycle) แล้วส่งไปยังวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (H-bridge drive motor) เมื่อมีความชื้นตั้งแต่ 61 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่ค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 80% (duty cycle) แล้วส่งไปยังวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (H-bridge drive motor) และเมื่อความชื้นตั้งแต่ 81 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่ค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 100% (duty cycle) แล้วส่งไปยังวงจรขับเคลื่อน

มอเตอร์ (H-bridge drive motor) เพื่อทำการควบคุมความเร็วพัดลมมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์พัดลมที่ขับไล่ความชื้นหมุนด้วยความเร็วที่สอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในตู้อบ

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นที่สัมพันธ์กับค่าความกว้างพัลส์

ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ความกว้างพัลส์ (% Duty cycle)
20 - 40	40
41 - 60	60
61 - 80	80
81 - 100	100

**4. ผลการทดลอง**

1. ขั้นตอนการทดสอบผลการดำเนินการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีควบคุมอุณหภูมิความชื้น ทำการทดลองโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น DHT22 ทำการทดสอบอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00น. ถึง 16.00น. แต่ละชั่วโมงทำการอ่านค่า 5 ครั้ง ห่างกันทุก 12 นาที แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่มีควบคุม

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (องศา)					เฉลี่ย	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
9	39	38	40	41	40	40	16	15	16	17	15	16
10	42	44	46	45	45	45	17	16	16	15	17	16
11	48	49	50	51	50	50	18	17	19	18	17	18
12	54	55	54	56	55	55	20	21	22	21	20	21
13	55	56	55	54	56	55	22	21	23	21	22	22
14	54	56	55	56	54	55	21	23	24	23	21	22
15	53	53	54	55	55	55	20	21	22	21	21	21
16	50	52	51	50	52	51	20	20	19	21	21	20
17	48	45	46	45	44	46	19	20	18	19	18	19
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา)						50	ความชื้นเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)					19

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 11

11<sup>th</sup> ECTI-CARD 2019, Ubon Ratchathani Thailand

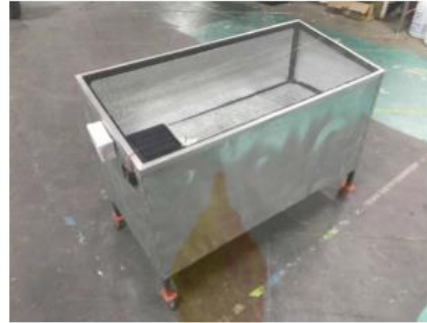
2. ขั้นตอนการทดสอบผลการดำเนินการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วที่ลดระยะเวลาการคายไอน้ำ ทำการทดลองโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น DHT22 ทำการทดสอบอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. แต่ละชั่วโมงทำการอ่านค่า 5 ครั้ง ห่างกันทุก 12 นาที แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นที่มีการควบคุม

เวลา (น.พ.ต.)	อุณหภูมิ (องศา)						ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
9	41	41	42	40	42	41	16	17	17	16	18	17	
10	54	52	54	53	55	54	18	19	18	17	19	18	
11	63	62	64	63	64	63	20	22	21	21	20	21	
12	65	65	64	65	66	65	22	21	23	22	23	22	
13	66	67	66	68	67	67	23	24	23	22	24	23	
14	65	64	65	64	65	65	22	23	21	23	22	22	
15	65	64	63	65	64	64	21	23	22	21	23	22	
16	57	55	56	57	56	56	20	19	20	21	20	20	
17	53	51	52	51	50	51	19	18	17	18	16	18	
อุณหภูมิเฉลี่ย (องศา)						58	ความชื้นเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)						20

**5. สรุปผลการทดลอง**

จากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วที่ลดระยะเวลาการคายไอน้ำ สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีมีการควบคุมอุณหภูมิความชื้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบ 50 องศาเซลเซียส และมีความชื้นภายในตู้เฉลี่ย 19 เปอร์เซ็นต์ และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วที่ลดระยะเวลาการคายไอน้ำ มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบ 58 องศาเซลเซียส และมีความชื้นภายในตู้เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถบอกได้ว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วที่ลดระยะเวลาการคายไอน้ำ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการห่อหุ้มการใช้ในงานในด้านอื่นได้ในอนาคต



รูปที่ 5 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมอุณหภูมิความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เทคนิคการควบคุมความเร็วที่ลดระยะเวลาการคายไอน้ำ

**6. กิตติกรรมประกาศ**

ขอแสดงความขอบคุณแก่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้สนับสนุนทุนวิจัยและมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายผู้ให้โอกาสและการสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้รวมถึงจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำวิจัยและสมาชิกภายในกลุ่มที่ร่วมแรงร่วมใจช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานพร้อมทั้งร่วมฝ่าอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

- [1] ประยุทธ์ อัครเอกผานิน. การออกแบบวงจรไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [2] Deo, A.S.; Walker, I.D. "Minimum effort inverse kinematics for redundant manipulators." Robotics and Automation, IEEE Transactions, 1997.
- [3] Zhiyong Wang; Ghorbel, F.H. "Control of closed kinematic chains using a singularityperturbed dynamic model." CDC. 43rd IEEE Conference on year 2004.
- [4] Embedded System Design with the Atmel AVR Microcontroller, Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems.
- [5] Pehlivan, A.U.; Sergi, F.; OMalley, M.K. "A Subject-Adaptive Controller for Wrist Robotic Rehabilitation." Mechatronics, IEEE/ASME Transactions, 2015.