

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย



สารนิพนธ์
ของ
วรรณพงษ์ นันทยาธร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ
กรกฎาคม 2560

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรรมโยธาในประเทศไทย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ

กรกฎาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ

กรกฎาคม 2560

วรรณพงษ์ นันทยาร. (2560). การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย. สารนิพนธ์ บธ.ม.(การจัดการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์: อาจารย์ ดร.กัลยกิตต์ กิริตอังกูร.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วิศวกรโยธา ที่ใช้หรือรู้จักกันนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) จำนวน 400 คนในประเทศไทย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ สถิติ Independent Sample t-test สถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) สถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) ผลการวิจัยพบว่า

ผลการวิเคราะห์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 26-35 ปี มีประสบการณ์การทำงาน 7-12 ปี และมีลักษณะงานที่รับผิดชอบคืองานควบคุมการสร้างและการผลิต

ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยลักษณะผู้รับนวัตกรรมในด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

INNOVATION ADOPTION OF THE FINITE ELEMENT METHOD
AMONG CIVIL ENGINEERS IN THAILAND



Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Master of Business Administration Degree in Management
at Srinakharinwirot University

July 2017

Watthanapong Nantayatron. (2017). *Innovation Adoption of the Finite Element Method among Civil Engineers in Thailand*. Master's Project, M.B.A. (Management) Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor: Kanyakit Keeratiangkoon, Ph.D.

The purpose of this research was to study "innovation adoption of Finite Element Method among civil engineers in Thailand." The samples were obtained from four hundred engineers in Thailand who know and used the finite element method. Questionnaires were used as instruments to collect data and the hypotheses were tested by an independent sample t-test, one-way ANOVA and Multiple Regression Analysis: MRA which had Independent Variables. The results of the research revealed the following:

Most of the sample were male, aged is between twenty six to thirty five years old and seven to twelve years of with controlling and production.

Engineers with differences in terms of gender, age, work experience and job description did not have any differences in terms of the finite element method innovation adoption process.

Engineers with different personal characteristics demonstrated differences in the Finite Element Method innovation adoption process in terms of innovator, early adopters and early majority at a statistically significant level of 0.05.

Innovative characteristics, such as relative advantage, compatibility, complexity, testability and observability have a relationship with the finite element method innovation adoption process. Innovative characteristics, in terms of relative advantage, include complexity, testability and observability had a relationship with the finite element method innovation adoption process at a statistically significant level of 0.05. The relationship was also positive.

สารนิพนธ์

เรื่อง การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

ของ

วรรณพงษ์ นันทยาธร

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์จัตตชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2560

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.กัลยกิตติ์ กীরติอังกูร) (อาจารย์ ดร.กัลยกิตติ์ กীরติอังกูร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจน์ระวี อนันต์อัครกุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สันติ เต็มประเสริฐสกุล)

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.กัลยกิตติ์ กิริตอังกูร อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่านับแต่เริ่มต้นจนเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำที่มีคุณค่าช่วยเหลือและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในสารนิพนธ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนาภรณ์ วัฒนอักษรกุล และ อาจารย์ ดร.สันติ เติมประเสริฐสกุล ที่กรุณาเป็นกรรมการเพิ่มเติมในการสอบสารนิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องอันเป็นประโยชน์และกรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพของเครื่องมือ ทั้งยังให้คำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณสิริ พันธุ์ไร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัย อีกทั้งให้ความเมตตาด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน ตลอดจนผู้มีส่วนสำเร็จต่องานวิจัยชิ้นนี้

สุดท้ายนี้ คุณประโยชน์และความดีอันพึงได้จากสารนิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา บรรพบุรุษ บุรพจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ชี้นำ แนวทางที่ดีและมีคุณค่าตลอดจนสำเร็จการศึกษา

วรรณพงษ์ นันทยาธร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
สมมติฐานการวิจัย.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
แนวความคิดและทฤษฎีด้านลักษณะประชากรศาสตร์.....	10
แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับนวัตกรรม.....	13
ความหมายและความสำคัญของวิศวกร.....	34
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method).....	37
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	42
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	44
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
การจัดทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	49
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)	
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน.....	89
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สังเขปการวิจัย.....	91
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
การอภิปรายผลการวิจัย.....	101
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	109
ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป.....	111
บรรณานุกรม.....	112
ภาคผนวก.....	116
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	126

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
2 แสดงแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรม.....	23
3 แสดงองค์ประกอบของอัตราการรับนวัตกรรม.....	26
4 แสดงกราฟ S-Shaped curve.....	27
5 แสดงการแบ่งกลุ่มลักษณะของผู้รับนวัตกรรม.....	29
6 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์.....	37



บัญชีตาราง

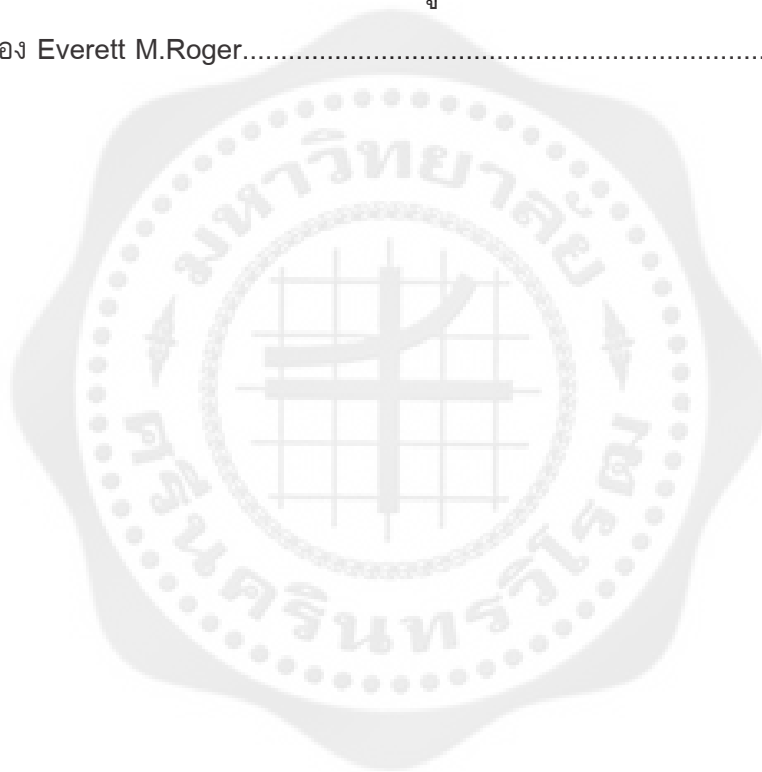
ตาราง	หน้า
1 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะงานที่รับผิดชอบ.....	60
2 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะของผู้รับนวัตกรรม.....	62
3 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะของผู้รับนวัตกรรม (รวบรวมข้อมูลใหม่).....	63
4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม.....	64
5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม.....	65
6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านความซับซ้อน.....	66
7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการทดลองได้.....	67
8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการสังเกตได้.....	68
9 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกระดับการยอมรับนวัตกรรม.....	69
10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับระดับการยอมรับนวัตกรรม.....	69
11 แสดงการทดสอบความแปรปรวนและการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามเพศ โดยใช้สถิติ t-test ทดสอบ.....	71
12 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มอายุ โดยใช้ Levene's test.....	73
13 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามอายุ.....	73
14 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามอายุ โดยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD).....	74
15 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มประสบการณ์การทำงานโดยใช้ Levene's test.....	76

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน....	76
17 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน โดย เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD).....	77
18 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยใช้ Levene's test.....	79
19 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะงานที่รับผิดชอบ....	79
20 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดย เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD).....	80
21 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มลักษณะผู้รับนวัตกรรม โดยใช้ Levene's test.....	82
22 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม.....	82
23 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม โดย เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Dunnett's T3.....	83
24 สรุปตัวแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดที่เข้าสมการความถดถอยเชิงพหุ.....	85
25 ค่าความแปรปรวนร่วมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกร โยธาในประเทศไทย (ANOVA).....	85
26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐานของตัวแปร อิสระที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Coefficients)...	86

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
27	แสดงสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน.....	89
28	แสดงจำนวนข้อแบบสอบถาม และประเภทการวัดข้อมูล.....	94
29	แสดงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพรรณนาของแต่ละตัวแปร.....	95
30	แสดงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อ...	95
31	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของลักษณะของผู้รับนวัตกรรมของงานวิจัยและทฤษฎี ของ Everett M.Roger.....	106



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

โลกในปัจจุบันมีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างไม่หยุดนิ่งจากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ การประดิษฐ์คิดค้นพัฒนานวัตกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และยังเป็นเครื่องมือหนึ่งในการพัฒนาประเทศ นวัตกรรมมีส่วนในการพัฒนาประเทศในหลายๆด้าน อาทิ ด้านเศรษฐกิจ ด้านการคมนาคม ด้านการสื่อสาร ด้านสาธารณสุข ฯลฯ จึงไม่แน่ว่าโลกที่ประเทศต่างๆของโลกทั้งหลายต่างให้ความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมอยู่เสมอ เพราะการพัฒนา นวัตกรรมส่งผลต่อความมั่นคงของชาติเป็นอย่างยิ่ง

การพัฒนานวัตกรรมมักจะมีวิศวกรเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ที่กล่าวเช่นนั้นเนื่องจาก วิศวกรเปรียบเสมือนสื่อกลางในการนำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์กับสิ่งที่มีอยู่เดิม ให้มี ประสิทธิภาพดีขึ้น แก้ไขปัญหาของสิ่งนั้นได้ ลดการใช้ทรัพยากร ลดการใช้แรงงานหรือเพื่อเพิ่มความ ปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น หลายๆประเทศมองเห็นถึงความสำคัญของวิศวกรจึงส่งเสริมให้มีผลิต วิศวกรที่มีคุณภาพออกสู่ตลาดแรงงาน เพื่อเป็นส่วนช่วยในการผลักดันเศรษฐกิจในด้านต่างๆ ใน ประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน รัฐบาลพยายามส่งเสริมให้เกิดการผลิตวิศวกรในหลายๆสาขา มีการเปิด คณะวิศวกรรมศาสตร์มากมายหลายสถาบัน ในปัจจุบันวิศวกรได้กระจายไปอยู่ในหลายๆหน่วยงาน ทั้งภาครัฐ และเอกชน วิศวกรหลายท่านก็ได้ผันเปลี่ยนอาชีพไปก็มีไม่น้อย แต่สิ่งหนึ่งที่ไม่เคยเปลี่ยน คือแนวคิดแบบวิศวกรซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้เกือบทุกอาชีพในสังคม ทั้งนี้จึงไม่น่าแปลกใจเลยที่ เศรษฐกิจของประเทศไทยสามารถเติบโตได้อย่างก้าวกระโดดในช่วง 30 ปี ที่ผ่านมา

หน้าที่หนึ่งที่วิศวกรต้องปฏิบัติ คือ การคำนวณออกแบบสิ่งก่อสร้างต่างๆ วิศวกรบางคน อาจจะมีหน้าที่หลักคือการคำนวณออกแบบสิ่งก่อสร้าง บางคนอาจจะใช้การคำนวณแก้ไขการ ออกแบบ และเชื่อว่าวิศวกรทุกคนต้องได้รับการเรียนเรื่องการออกแบบสิ่งก่อสร้างมาไม่มากนัก โดยส่วนมากการคำนวณออกแบบสิ่งก่อสร้างจะใช้วิธีอย่างง่ายในการคิดคำนวณตามทฤษฎี สิ่ง ที่ตามมาจากการคำนวณอย่างง่ายคือ ความแม่นยำและถูกต้องของผลลัพธ์ และในทุกวันนี้สิ่งก่อสร้าง ต่างๆ มีรูปร่างหรือลักษณะที่ซับซ้อนมากขึ้น การคำนวณตามทฤษฎีในกระดาษหรือใช้โปรแกรม พื้นฐานทั่วไปในการคำนวณอาจจะไม่เพียงพอกับความซับซ้อนนั้น จึงทำให้เกิดนวัตกรรมการ ออกแบบโดยใช้ระเบียบวิธี

ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) โดยนวัตกรรมสามารถวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างที่มีความซับซ้อนสูงและลักษณะพิเศษได้

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) จัดได้ว่าเป็นการออกแบบขั้นสูง การใช้วิธีการดังกล่าวจะช่วยลดความผิดพลาดในการออกแบบ สามารถวิเคราะห์ได้อย่างละเอียดและยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานอีกด้วย แต่เนื่องจากการออกแบบด้วยวิธีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มีความซับซ้อนและข้อกำหนดมาก จึงทำให้การใช้อยู่ในวงจำกัด วิศวกรบางคนหรือองค์กรหลายๆ องค์กรเลือกที่จะไม่ใช้นวัตกรรมนี้ โดยมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ในงานวิจัยนี้จะได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้ให้นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) อยู่ในวงจำกัดของวิศวกรโยชามาจากสาเหตุใดและนำเสนอข้อคิดเห็นในการแก้ไขต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยชาในประเทศไทย โดยจำแนกตามลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ
2. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับลักษณะผู้รับนวัตกรรม อันประกอบด้วย ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยชาในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของนวัตกรรม อันประกอบด้วย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยชาในประเทศไทย

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” ผลของการวิจัยจะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย
2. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย
3. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการใช้งาน เพื่อให้วิศวกรมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มากขึ้น
5. เพื่อให้วิศวกรในสาขาอื่นๆ สามารถนำผลจากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในสายงานต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร ได้แก่ วิศวกรโยธา ที่ใช้หรือรู้จักกับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และไม่สามารถระบุจำนวนประชากรที่แน่นอนได้

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วิศวกรโยธาซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณหาขนาดตัวอย่างในกรณีที่ไม่ทราบประชากรที่แน่นอน (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545: 74) คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของทาโร่ ยามาเน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ยอมรับได้ 5% หรือ 0.05 จากสูตรที่คำนวณจะได้กลุ่มตัวอย่าง 385 คน และผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 4% ของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจึง รวมเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 คน

วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการสุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีตามขั้นตอน ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ วิศวกร จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง แบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ที่สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ขั้นที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (Quota Sampling) โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่าง ทำการสำรวจที่ สภาวิศวกรและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวนแห่งละ 200 ตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้ จัดเก็บข้อมูลที่ สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวน 400 คน

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

1.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

1.1.1 เพศ

1.1.2 อายุ

1.1.3 ประสบการณ์การทำงาน

1.1.4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบ

1.2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

- 1.2.1 กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)
- 1.2.2 กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)
- 1.2.3 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)
- 1.2.4 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)
- 1.2.5 กลุ่มล่าช้า (Laggards)

1.3 คุณลักษณะของนวัตกรรม

- 1.3.1 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative Advantage)
- 1.3.2 การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม (Compatibility)
- 1.3.3 ความซับซ้อน (Complexity)
- 1.3.4 การทดลองได้ (Testability)
- 1.3.5 การสังเกตได้ (Observability)

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

2.1 การยอมรับนวัตกรรม

นิยามศัพท์เฉพาะ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจความหมายของคำและข้อความเฉพาะที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอให้คำนิยามศัพท์เฉพาะต่างๆ ไว้ดังนี้

1. วิศวกรโยธา หมายถึง ผู้ที่ประกอบอาชีพทางด้านวิศวกรรม มีหน้าที่ ศึกษาวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบ ตรวจสอบแก้ไขปัญหาและควบคุมการผลิต อาทิ การก่อสร้างสิ่งก่อสร้าง การออกแบบและผลิตรถยนต์ การควบคุมเครื่องจักรกลโรงงานต่างๆ เป็นต้น

2. ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม หมายถึง ลักษณะความเร็วที่บุคคลสามารถยอมรับนวัตกรรม มองเห็นประโยชน์ของนวัตกรรมใหม่ๆ มีความกล้าที่จะนำนวัตกรรมใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ และติดตามการพัฒนานวัตกรรม ค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระดับ ดังนี้

2.1 กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) เป็นกลุ่มบุคคลที่มีความพร้อมทางเศรษฐกิจในการเสี่ยงทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่ง กล้าได้กล้าเสีย ไม่กลัวความล้มเหลว แต่ไม่ถือเป็นแบบอย่างให้แก่ผู้รับนวัตกรรมในกลุ่มอื่นๆ ที่รับช้ากว่าได้

2.2 กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) เป็นกลุ่มบุคคลผู้ที่ได้รับการยอมรับจากคนอื่นๆ ในสังคม ชุมชน มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรองอย่างรอบคอบในการตัดสินใจ ประสบผลสำเร็จในอาชีพ มีฐานะทางสังคมที่ดี เป็นแบบอย่างให้แก่ผู้อื่นได้ ในการทำงานถ่ายทอดเทคโนโลยี อาจใช้ประโยชน์จากผู้รับนวัตกรรมในกลุ่มนี้โดยขอความร่วมมือให้ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำ ผู้รับนวัตกรรมในกลุ่มอื่นๆ ได้

2.3 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) เป็นกลุ่มใหญ่ของผู้ยอมรับที่ต้องอาศัยการดูอย่างผู้อื่นที่ประสบผลสำเร็จ ก่อน เพื่อให้เกิดความมั่นใจมากขึ้น แล้วจึงตัดสินใจ

2.4 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) เป็นกลุ่มผู้รับกลุ่มใหญ่อีกกลุ่มหนึ่งที่มีลักษณะที่ขาดความมั่นใจ ในการตัดสินใจ

2.5 กลุ่มล่าช้า (Laggards) มีกลุ่มบุคคลที่มีฐานะทางเศรษฐกิจ สังคมไม่ค่อยดี ยึดถือความเชื่อ และค่านิยมเดิมอย่างเหนียวแน่น มีความลังเลสงสัยในสิ่งแปลกใหม่ มีความเป็นอนุรักษ์นิยมสูง

3. คุณลักษณะของนวัตกรรม หมายถึง ความเฉพาะตัวของนวัตกรรมซึ่งบุคคลเปิดรับพิจารณา ปฏิเสธหรือยอมรับ โดยมีลักษณะเปรียบเทียบ 5 ประการดังนี้

3.1 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative Advantage) คือ ระดับขั้นของประโยชน์จากนวัตกรรมที่บุคคลรับรู้เมื่อเปรียบเทียบนวัตกรรมนั้นกับแนวคิด การปฏิบัติ ที่มีอยู่แต่เดิม สามารถวัดการเปรียบเทียบนั้นได้ในหลายรูปแบบ อาทิ ความสะดวกในการใช้ ความเร็วในการปฏิบัติงานหรือการลงทุนในการทำงาน เป็นต้น

3.2 การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม (Compatibility) คือ ระดับของความเข้ากันได้ของบุคคลและนวัตกรรม โดยไม่ขัดแย้งกับประสบการณ์ที่มีอยู่ของบุคคลนั้นตลอดจนการตอบสนองต่อวิถีชีวิต

3.3 ความซับซ้อน (Complexity) คือ ระดับความซับซ้อนที่บุคคลจะเข้าใจถึงนวัตกรรม ข้อดี ข้อเสีย ความจำกัดของนวัตกรรมรวมทั้งข้อได้เปรียบเมื่อใช้นวัตกรรมมาประยุกต์ใช้

3.4 การทดลองได้ (Testability) คือ ระดับของการนำนวัตกรรมไปทดลองหรือประยุกต์ใช้ในงานได้ที่ทำอยู่ได้

3.5 การสังเกตได้ (Observability) คือ ระดับของความสามารถในการสังเกตผลจากการนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ โดยพิจารณาจากความเข้าใจลักษณะของการปฏิบัติการ

4. การยอมรับนวัตกรรม หมายถึง กระบวนการทางสมองที่เริ่มตั้งแต่การเรียนรู้ นวัตกรรมผ่านขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การได้ยินเกี่ยวกับนวัตกรรมใหม่ครั้งแรก จนกระทั่งเกิดการยอมรับที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นอย่างสม่ำเสมอในที่สุด และการยอมรับคือการตัดสินใจของผู้บริโภคที่จะเปลี่ยนเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นประจำ มี 5 ขั้นตอนดังนี้

4.1 **ขั้นรู้จัก (Awareness)** หรือการรับทราบ ขั้นแรกนี้เป็นขั้นที่ผู้บริโภคเกิดการเรียนรู้แล้วว่า ได้มีสิ่งใหม่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคใหม่ วิธีการปฏิบัติใหม่ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ เป็นต้น ผู้บริโภคยังไม่กล้าทดลองใช้ ไม่ประสงค์นำมาปฏิบัติงานในปัจจุบัน เนื่องจากว่ายังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอ

4.2 **ขั้นสนใจ (Interest)** เป็นขั้นที่ผู้บริโภคเกิดความสนใจในนวัตกรรมถ้าเห็นว่า สอดคล้องกับปัญหาที่ผู้บริโภคประสบอยู่หรือตรงกับความสนใจ หลังจากนั้นผู้บริโภคจะเริ่มหาข้อเท็จจริง หาข้อมูลและข่าวสารมากขึ้น โดยการค้นหาข้อมูลจากบุคคลใกล้ชิดและสื่อต่างๆ

4.3 **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เมื่อผู้บริโภคได้ข้อมูลเพียงพอต่อการตัดสินใจก็จะพิจารณาว่านวัตกรรมมีความเหมาะสมกับตนเพียงใด จะได้ผลคุ้มค่าหรือไม่ นวัตกรรมนั้นมีความยากหรือมีข้อจำกัดอะไรบ้าง แล้วจึงตัดสินใจว่าจะทดลองใช้สิ่งใหม่หรือไม่

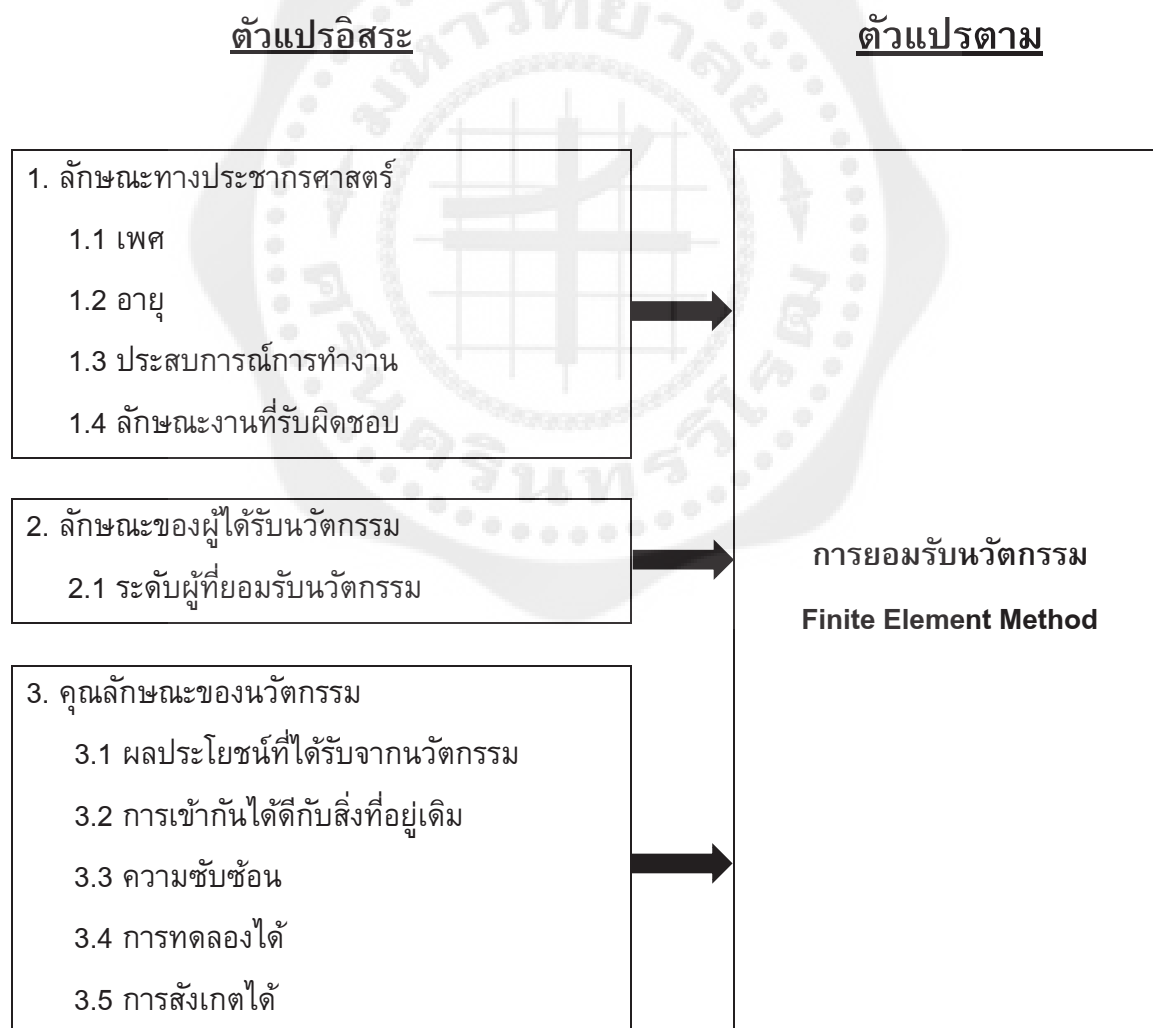
4.4 **ขั้นทดลอง (Trial)** เมื่อผู้บริโภคได้ผ่านการไตร่ตรองมาแล้วและตัดสินใจที่จะทดลองปฏิบัติตามความคิดใหม่ๆ โดยที่ผู้บริโภคอาจทดลองใช้หรือปฏิบัติตามเพื่อจะดูผลว่าเป็นที่พอใจมากน้อยเพียงใดและตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมนั้นและนำมาใช้อย่างถาวรหรือไม่

4.5 **ขั้นการยอมรับ (Adoption)** เมื่อผู้บริโภคได้ทดลองนวัตกรรมจนเป็นที่พอใจแล้วก็จะยอมรับและปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งนวัตกรรมนั้นกลายเป็นวิธีการที่ผู้บริโภคยึดถือปฏิบัติโดยถาวร ซึ่งถือว่าเป็นขั้นสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวรของผู้บริโภคในการนำสิ่งใหม่ๆ มาใช้

5. ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หรือ Finite Element Method หรือ FEM คือ เทคนิควิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับการหาคำตอบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อมๆ กับสมการปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากการกำจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ (สำหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่) หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์เช่น Euler method, Runge–Kutta methods

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานทางการวิจัย

1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน

3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรม



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

1. แนวความคิดและทฤษฎีด้านลักษณะประชากรศาสตร์
2. แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับนวัตกรรม
 - 2.1 ความหมายของนวัตกรรม
 - 2.2 ประเภทนวัตกรรม
 - 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม
 - 2.4 แบบจำลองกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรม
 - 2.5 คุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรม
 - 2.6 การอธิบายอัตราการยอมรับนวัตกรรม
 - 2.7 อัตราการยอมรับ
 - 2.8 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม
 - 2.9 กระบวนการยอมรับนวัตกรรม
3. ความหมายและความสำคัญของวิศวกร
4. ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวความคิดและทฤษฎีด้านลักษณะประชากรศาสตร์

ลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ เป็นความหลากหลายด้านภูมิหลังของบุคคลซึ่ง ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ลักษณะโครงสร้างของร่างกาย ความอาวุโสในการทำงาน เป็นต้น โดยจะแสดงถึงความเป็นมาของแต่ละบุคคลจากอดีตถึงปัจจุบัน ในหน่วยงานหรือในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย พนักงานหรือบุคลากรในระดับต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะพฤติกรรมการแสดงออกที่แตกต่างกัน มีสาเหตุมาจากความแตกต่างทางด้านประชากรศาสตร์ หรือภูมิหลังของบุคคลนั่นเอง

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2538: 41) กล่าวว่า การแบ่งส่วนตลาดตามตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ครอบครัว จำนวนสมาชิกในครอบครัว ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน ลักษณะงานประชากรศาสตร์เป็นลักษณะที่สำคัญ และสถิติที่วัดได้ของประชากร และช่วยในการกำหนดตลาดเป้าหมาย ในขณะที่ลักษณะด้านจิตวิทยาและสังคม วัฒนธรรมช่วยอธิบายถึงความคิดและความรู้สึกของกลุ่มเป้าหมายนั้น ข้อมูลด้านประชากรจะสามารถเข้าถึงและมีประสิทธิผลต่อการกำหนดตลาดเป้าหมาย คนที่มีลักษณะประชากรศาสตร์ต่างกันจะมีลักษณะทางจิตวิทยาต่างกันโดยวิเคราะห์จากปัจจัยดังนี้

1. อายุ (Age) เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุแตกต่างกัน โดยนักการตลาดจะสามารถใช้ประโยชน์จากอายุเป็นการแบ่งส่วนตลาดได้

2. เพศ (Sex) เป็นตัวแปรที่สำคัญเช่นกัน โดยสตรีจะเป็นเป้าหมาย และเป็นผู้บริโภคที่มีอำนาจซื้อสูง ไม่ว่าจะเป็นสินค้าประเภทใดก็ตาม เช่น สินค้าสำหรับผู้ชายและเด็ก ก็มักจะสังเกตได้ว่าผู้ที่ตัดสินใจซื้อมักเป็นสตรีมากกว่าเพศอื่น

3. ลักษณะครอบครัว (Material Status) เป็นเป้าหมายสำคัญของนักการตลาด โดยจะให้ความสนใจกับจำนวน และลักษณะบุคคลในครัวเรือนที่ใช้สินค้าใดสินค้านั้น เพื่อใช้ในการพัฒนากลยุทธ์การตลาดให้เหมาะสมกับผู้บริโภคกลุ่มนี้

4. รายได้ การศึกษา และอาชีพ (Income, Education and Occupation) ซึ่งนับเป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดส่วนของการตลาด โดยทั่วไปนักการตลาดจะสนใจผู้บริโภคที่มีความร่ำรวย มีอำนาจซื้อสูง แต่คนที่มียาได้ปานกลางถึงต่ำ จะเป็นตลาดที่มีขนาดใหญ่

อดุลย์ จาตุรงคกุล (2543: 38-39) กล่าวว่า ลักษณะทางประชากรศาสตร์ รวมถึงอายุ เพศ วงจรชีวิตของครอบครัว การศึกษา รายได้ เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญต่อนักการตลาด เพราะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ (Demand) ในตัวสินค้าทั้งหลาย การเปลี่ยนแปลงทางประชากรศาสตร์ชี้ให้เห็นถึงการเกิดขึ้นของตลาดใหม่ และตลาดอื่นก็จะหมดไป หรือลดความสำคัญลง ลักษณะประชากรศาสตร์ที่สำคัญมี ดังนี้

1. อายุ นักการตลาดต้องคำนึงถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของประชากรในเรื่องของอายุด้วย

2. เพศ จำนวนสตรี (สมรสหรือโสด) ที่ทำงานนอกบ้านเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ นักการตลาดต้องคำนึงถึงว่าปัจจุบันสตรีเป็นผู้ซื้อรายใหญ่ซึ่งที่แล้มาผู้ชายเป็นผู้ตัดสินใจซื้อนอกจากนั้นบทบาทของสตรีและบุรุษมีบางส่วนที่ซ้ำซ้อนกัน

3. วงจรชีวิตของครอบครัว ขั้นตอนแต่ละขั้นของวงจรชีวิตของครอบครัว เป็นตัวกำหนดที่สำคัญของพฤติกรรม ขั้นตอนของวงจรชีวิตของครอบครัวแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนนี้จะมีพฤติกรรมที่ซื้อที่แตกต่างกัน

4. การศึกษาและรายได้ การศึกษามีอิทธิพลต่อรายได้เป็นอย่างมาก การรู้ว่าอะไรเกิดขึ้นกับการศึกษาและรายได้เป็นสิ่งสำคัญ เพราะแบบแผนการใช้จ่ายขึ้นอยู่กับรายได้ที่ตนมี

กฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 อาศัยอำนาจตามความในบทนิยามคำว่า “วิชาชีพวิศวกรรม” และ “วิชาชีพวิศวกรรมควบคุม” ในมาตรา 4 และมาตรา 5 แห่งพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล โดยระบุความตามข้อ 3 งานในวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมแต่ละสาขา มีดังต่อไปนี้

1. งานให้คำปรึกษา หมายถึง การให้ข้อเสนอแนะ การตรวจวินิจฉัย หรือการตรวจรับรองงาน
2. งานวางโครงการ หมายถึง การศึกษา การวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม หรือการวางแผนของโครงการ
3. งานออกแบบและคำนวณ หมายถึง การใช้หลักวิชาและความชำนาญเพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้าง การสร้าง การผลิต หรือการวางแผนโรงงานและเครื่องจักร โดยมีรายการคำนวณ แสดงเป็นรูป แบบ ข้อกำหนด หรือประมาณการ
4. งานควบคุมการสร้างหรือการผลิต หมายถึง การอำนวยความสะดวก หรือการควบคุมเกี่ยวกับการก่อสร้าง การสร้าง การผลิต การติดตั้ง การซ่อม การดัดแปลง การรื้อถอนงาน หรือการเคลื่อนย้ายงานให้เป็นไปโดยถูกต้องตามรูป แบบ และข้อกำหนดของหลักวิชาชีพวิศวกรรม
5. งานพิจารณาตรวจสอบ หมายถึง การค้นคว้า การวิเคราะห์ การทดสอบ การหาข้อมูล และสถิติต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ หรือประกอบการตรวจสอบวินิจฉัยงาน หรือในการสอบทาน
6. งานอำนวยความสะดวก หมายถึง การอำนวยความสะดวกการใช้ การบำรุงรักษางาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานหรือระบบ ให้เป็นไปโดยถูกต้องตามรูป แบบ และข้อกำหนดของหลักวิชาชีพวิศวกรรม

จากแนวคิดและทฤษฎีที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นแนวทางการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับลักษณะทางด้านประชากรศาสตร์ เช่น เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะหน้าที่รับผิดชอบ ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

2. แนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม

2.1 ความหมายของนวัตกรรม

การศึกษาเรื่องนวัตกรรม (Innovation) ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่เป็นระยะเวลาที่นานมาแล้ว แต่การให้ความหมายหรือคำนิยามของนวัตกรรม ตลอดจนความเข้าใจกันยังแตกต่างออกไปตามมุมมองและประสบการณ์ของนักวิจัยแต่ละคน ในท้ายที่สุดก็ยังไม่สามารถกำหนดคำนิยามให้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปได้ (Gopalakrishnan; & Bierly. 1997)

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2549) นวัตกรรม (Innovation) มีรากศัพท์มาจาก innovare ในภาษาละติน แปลว่า “ทำสิ่งใหม่ขึ้นมา” และได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ นวัตกรรม คือ การสร้างหรือพัฒนาสิ่งใหม่ ทั้งในรูปแบบของสินค้าบริการหรือกระบวนการโดยเน้นการใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มรายได้ หรือลดต้นทุนของธุรกิจและมีประโยชน์หรือก่อให้เกิดผลกระทบที่ดีต่อเศรษฐกิจและสังคม

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559: ออนไลน์) นวัตกรรม หมายถึง การทำสิ่งต่างๆ ด้วยวิธีใหม่ๆ และยังสามารถหมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางความคิด การผลิต กระบวนการ หรือองค์กร ไม่ว่าจะการเปลี่ยนนั้นจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติ การเปลี่ยนอย่างถอนรากถอนโคน หรือการพัฒนาต่อยอด ทั้งนี้ มักมีการแยกแยะความแตกต่างอย่างชัดเจน ระหว่างการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่ม และนวัตกรรม อันหมายถึงความคิดริเริ่มที่นำมาประยุกต์ใช้อย่างสัมฤทธิ์ผล (McKeown. 2008) และในหลายสาขา เชื่อกันว่าการที่สิ่งใดสิ่งหนึ่งจะเป็นนวัตกรรมได้นั้น จะต้องมีความแปลกใหม่อย่างเห็นได้ชัด และไม่เป็นแค่เพียงการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญ เป็นต้นว่า ในด้านศิลปะ เศรษฐศาสตร์ เศรษฐกิจ และนโยบายของรัฐ ในเชิงเศรษฐศาสตร์นั้น การเปลี่ยนแปลงนั้นจะต้องเพิ่มมูลค่า มูลค่าของลูกค้า หรือมูลค่าของผู้ผลิต เป้าหมายของนวัตกรรมคือการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก เพื่อทำให้สิ่งต่างๆ เกิดเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น นวัตกรรมก่อให้เกิดได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และเป็นที่มาสำคัญของความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ

เศรษฐชัย ชัยสนิท (2553) ได้ให้ความหมายของคำว่า นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง การทำสิ่งต่างๆ ด้วยวิธีการใหม่ๆ และยังสามารถหมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางความคิด การผลิต กระบวนการ หรือองค์กร ไม่ว่าจะการเปลี่ยนนั้นจะเกิดขึ้นจากการพัฒนาต่อยอด การเปลี่ยนแปลง การประยุกต์หรือกระบวนการ และในหลายสาขา เชื่อกันตรงกันว่า การที่สิ่งใดสิ่งหนึ่งจะเป็นนวัตกรรมได้นั้น จะต้องมีความใหม่อย่างเห็นได้ชัด และความใหม่นั้นจะต้องเพิ่มมูลค่าสิ่งต่าง ๆ ได้ อีกด้วย โดยเป้าหมายของนวัตกรรมคือการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวก เพื่อทำให้สิ่งต่างๆ เกิด

เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น นวัตกรรมก่อให้เกิดผลิตผลเพิ่มขึ้น และเป็นที่มาสำคัญของความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมของชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2546: 2) “นวัตกรรม” (Innovation) หมายถึง วิธีการใหม่ๆ ที่นำมาใช้ ซึ่งไม่เคยใช้ในหน่วยงานนั้นมาก่อน อาจเป็นวิธีการใหม่ที่ใช้เป็นครั้งแรก หรืออาจเป็นวิธีการใหม่ที่เคยใช้ในหน่วยงานอื่นมาก่อน

เสนห์ จุย์โต (2548: 2) นวัตกรรม คือ สิ่งซึ่งจะทำให้เกิดความดีกว่า เหนือกว่า และแตกต่างจากคนอื่น นวัตกรรมเป็นความคิดด้านสร้างสรรค์ประกอบด้วยกระบวนการบริหารและความคิดทางสังคมเพื่อรวมรวบให้เกิดการแก้ปัญหาหากกลับไปใช้ภายในสังคมภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด และเป็นกระบวนการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ และนำไปใช้ในทางปฏิบัติมีผลทำให้วิธีการในการทำสิ่งต่างๆ ดีขึ้นกว่าเดิม

อรนุช ลิ้มตศิริ (2543: 4) นวัตกรรม คือ แนวความคิด การกระทำหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ซึ่งพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่หรือเป็นการค้นพบขึ้นใหม่โดยไม่ได้ปรับปรุงจากสิ่งที่มีอยู่ ในการพัฒนาหรือการสร้างนวัตกรรมนั้นได้กระทำอย่างเป็นระบบ มีการทดลองและปรับปรุงจนกระทั่งมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ เมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์จริงสามารถช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

กิดานันท์ มลิทอง (2540: 245) กล่าวว่า นวัตกรรมเป็นแนวคิด การปฏิบัติ หรือ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ที่ยังไม่มีใครเคยมีใช้มาก่อนหรือเป็นการพัฒนาดัดแปลงจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้ทันสมัยและใช้ได้ผลดียิ่งขึ้น เมื่อนำมาใช้จะช่วยให้การทำงานนั้นได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าเดิม ทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน

เดวิด สมิท (David Smith. 2010: 5) ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรมเป็นสิ่งที่ใหม่ที่เกิดขึ้น นวัตกรรมมาจากภาษาละติน “โนวา” ซึ่งมีความหมายว่าใหม่ นวัตกรรมเป็นสิ่งที่มีความแปลกใหม่และแตกต่าง โดยทั่วไปนวัตกรรมส่วนใหญ่จะระดับของความแปลกใหม่และความแตกต่างทำให้ถูกจับเป็นคำจำกัดความที่ดีที่สุดของนวัตกรรม (An innovation is something that new. The world innovation is derived from the Latin word “nova” meaning new. However, merely being new does not quite catch the essence of innovation. An innovation is also normally something is novel and different. Just how different, as we shall see later in this

chapter, varies enormously, but typically most innovations have a degree of novelty about them, this newness and novelty is captured in most definitions of innovation.)

ทอมัส ฮิวส์ (Thomas Hughes. 1989: 30) ให้ความหมาย “นวัตกรรม” ว่าเป็นการนำวิธีการใหม่ มาปฏิบัติ หลังจากได้ผ่านการทดลอง หรือได้รับการพัฒนามาเป็นขั้นๆแล้ว โดยเริ่มตั้งแต่การคิดค้น (Invention) การพัฒนา (Development) ซึ่งอาจมีการทดลองปฏิบัติก่อน (Pilot Project) แล้วจึงนำไปปฏิบัติจริง ซึ่งแตกต่างไปจากการปฏิบัติเดิม

มอร์ตัน (Morton. J.A. 1971: 13) ได้ให้นิยามของนวัตกรรมไว้ในหนังสือ Organizing for Innovation ของเขาว่านวัตกรรม หมายถึง การทำให้ใหม่ขึ้นอีกครั้ง (Renewal) ซึ่งหมายถึงการปรับปรุงของเก่าและการพัฒนาศักยภาพของบุคลากร ตลอดจนหน่วยงานหรือองค์กรนั้นๆ นวัตกรรมไม่ใช่การจัดหรือล้มล้างสิ่งเก่าให้หมดไป แต่เป็นการปรับปรุงเสริมแต่ง และพัฒนาเพื่อความอยู่รอดของระบบ

เอฟเวอเรท เอ็ม.โรเจอร์ (Everett M.Rogers. 1983: 20) ได้ให้ความหมายของคำว่า นวัตกรรม (Innovation) ว่า นวัตกรรมคือ ความคิด การกระทำ หรือสิ่งใหม่ ซึ่งถูกรับรู้ว่าเป็นสิ่งใหม่ๆ ด้วยตัวบุคคลแต่ละคนหรือหน่วยอื่น ๆ ของการยอมรับในสังคม (Innovation is a new idea, practice or object, that is perceived as new by the individual or other unit of adoption.)

จากความหมายที่ได้กล่าวมาผู้วิจัยสรุปได้ว่า นวัตกรรมหมายถึง แนวความคิด ที่จะนำไปสู่วิธีการใหม่ๆ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ หรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น มีการทดลองและนำสิ่งที่ได้จากการทดลองนี้มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน เมื่อนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ย่อมก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงแก่องค์กร และยังสามารถซึ่งประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่องานหรือผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

2.2 ประเภทนวัตกรรม

ประเภทของนวัตกรรมได้ถูกแบ่งไว้หลายประเภท โดยเกณฑ์การแบ่งประเภทก็แตกต่างกันไปตามลักษณะขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ สามารถจำแนกและสรุปได้ ดังนี้

1. การจำแนกตามเป้าหมายของนวัตกรรม

1. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไว้ว่า นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาและนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคโนโลยี หรือวิธีการใช้ก็ได้ รวมไปถึงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่

มีอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (รักษ์ วรกิจโกศาตรม. 2547) สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ มาจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ 1) โอกาสทางด้านเทคโนโลยี หมายถึง องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครื่องมือ อุปกรณ์ และกระบวนการที่จะทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เกิดขึ้นได้ และ 2) ความต้องการของตลาด หมายถึง ความต้องการของผู้ใช้ ที่มีความต้องการในผลิตภัณฑ์ใหม่นั้น และพร้อมที่จะซื้อหรือใช้ และส่งผลทำให้ผู้เป็นเจ้าของนวัตกรรมได้รับประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจหรือสังคม (Capon et al. 1992); (Ettlit; & Reza. 1992); (Gopalakrishnan; & Damanpour. 1997)

2. นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไว้ว่า นวัตกรรมกระบวนการ หมายถึง การประยุกต์ใช้แนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการใหม่ๆ ที่ส่งผลให้กระบวนการผลิต และการทำงานโดยรวมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดอย่างเห็นได้ชัด (รักษ์ วรกิจโกศาตรม. 2547) จากความหมายดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านวัตกรรมกระบวนการ เป็นเรื่องของการเปลี่ยนแปลงในองค์กร ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือ กรรมวิธีการผลิต การจักจำหน่าย หรือรูปแบบการจัดการองค์กร ทั้งนี้โดยมีเป้าหมายที่จะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ให้ไปถึงมือผู้บริโภคหรือผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อองค์กรมากที่สุด (Capon et al. 1992); (Ettlit; & Reza. 1992); (Gopalakrishnan; & Damanpour. 1997)

2. การจำแนกตามระดับของการเปลี่ยนแปลง

1. นวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน (Radical Innovation) เป็นนวัตกรรมที่มีระดับความใหม่ ในลักษณะที่มีความแตกต่างไปจากกรรมวิธี และแนวคิดเดิมไปอย่างสิ้นเชิง หรือเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบถอนรากถอนโคน (Schilling. 2008) ดังนั้น นวัตกรรมที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบเฉียบพลัน จึงมีนัยสำคัญมากกว่าการปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิม แต่เป็นการออกแบบและใช้แนวคิดใหม่ทั้งหมดในการพัฒนานวัตกรรม (Smith. 2006) นวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน (Radical Innovation) จะทำให้เกิดการออกแบบที่เป็นต้นแบบใหม่ของนวัตกรรม (New Dominant Design) รวมถึงแนวคิดของการออกแบบ และรายละเอียดขององค์ประกอบและโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมด้วย Rothwel; & Gardner. (1989)

2. นวัตกรรมในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation) นวัตกรรมประเภทนี้เป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นจำนวนมาก และมีความถี่ในการเกิดบ่อยมากกว่านวัตกรรมในลักษณะเฉียบพลัน โดยมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยเป็นค่อยไป มีการปรับปรุงระบบให้มี

ประสิทธิภาพสูงขึ้นที่ละเล็กละน้อย จากเทคโนโลยีหรือสิ่งที่มีอยู่เดิม (รักษ์ วรกิจโกคาทร. 2547); (Gatignon. 2002); (Schilling. 2008) นวัตกรรมในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation) เป็นนวัตกรรมที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยจะพัฒนาจากพื้นฐานแนวคิดหรือการออกแบบจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่มีอยู่เดิม ทั้งนี้ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงจะมีมากน้อยเพียงไรก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญและข้อมูลความต้องการของลูกค้าที่องค์กรมีอยู่ (Ettlit. 1984); (Gopolakrishnan; & Dammanpour. 1997); (Tidd et al. 2001); (Schilling. 2008)

3. การจำแนกตามขอบเขตของผลกระทบ

1. นวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Technological Innovation) เป็นนวัตกรรมที่มีพื้นฐานหรือขอบเขตของการพัฒนามาจากเทคโนโลยี โดยในปัจจุบันการพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีมีบทบาทและความสำคัญต่อหลายๆ อุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยี ช่วยทำให้การพัฒนานวัตกรรมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภค และสร้างความได้เปรียบในเชิงการแข่งขันได้เป็นอย่างดี รวมทั้งเป็นนวัตกรรมที่มีแรงผลักดันที่สำคัญของความก้าวหน้าในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมืองสิ่งแวดล้อม และความเป็นอยู่ของประชากร (พันธุ์อาจชัยรัตน์. 2547); (Utterback; & Suarez. 1993); (Schilling. 2008)

2. นวัตกรรมทางการบริหาร (Administrative Innovation) นวัตกรรมทางการบริหารเป็นเรื่องของการคิดค้นและเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิธีการ ตลอดจนกระบวนการจัดการองค์การใหม่ ที่ส่งผลให้ระบบการทำงาน การผลิตการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการให้บริการขององค์การมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น การบริหารองค์การในลักษณะโครงสร้างองค์การแบบเมตริกซ์ การใช้แนวคิด Balanced Score Card ในการวางแผนและประเมินผลงานขององค์การ (รักษ์ วรกิจโกคาทร. 2547)

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม

เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1971: 13) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการแพร่กระจาย นวัตกรรม การแพร่กระจายเป็นกระบวนการที่นวัตกรรมมีการส่งต่อผ่านช่องทางต่างๆ ไปสู่สมาชิกในสังคม ภายใต้ทฤษฎีนี้การแพร่กระจายนวัตกรรมนี้ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัย หลักที่มีอิทธิพลต่อความคิดใหม่ๆ ดังนี้

1. นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง แนวคิด แนวปฏิบัติ หรือวัสดุสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่บุคคลผู้หนึ่งเห็นว่าใหม่ สำหรับเขา ทั้งนี้อาจเป็นหนทางใหม่ในการกระทำกิจกรรมหนึ่งๆ ก็ได้ มิใช่

หมายถึงวัตถุเป็นส่วนใหญ่แต่อย่างเดียวแต่อาจเป็น ปัจจัยการผลิต เครื่องมือ สารเคมี หรือ เทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปจากเดิม หรืออาจเป็นการปฏิบัติที่ปรับปรุงหรือพัฒนาแล้วก็ได้ สิ่งใหม่อาจไม่ได้หมายถึงความใหม่ในตัวนวัตกรรมนั้นเพียงอย่างเดียว แต่หมายรวมถึงความใหม่ด้านความรู้ ทักษะ หรือการตัดสินใจที่จะกระทำหรือปฏิบัติในสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วย

นวัตกรรมที่แพร่กระจายและเป็นที่ยอมรับของคนในสังคมนั้น โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นความคิดและส่วนที่เป็นวัตถุ นวัตกรรมใดๆ จะถูกยอมรับหรือไม่นั้น นอกจากจะเกี่ยวกับตัวผู้รับ ระบบสังคม และการรับสารแล้ว ตัวของนวัตกรรมเองก็มีความสำคัญ

นวัตกรรมที่ยอมรับได้ง่ายควรจะต้องมีลักษณะ 5 ประการ โดยนวัตกรรมที่มีลักษณะ ตรงกันข้ามกันกับ 5 ประการ ต่อไปนี้มักจะเป็นที่ยอมรับได้ยาก

1. ประโยชน์มากกว่าเดิมที่เข้ามาแทนที่ (Relative Advantage)
2. มีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมในสังคมที่จะรับ (Compatibility)
3. ไม่มีความสลับซับซ้อนมากนัก (Complexity)
4. สามารถแบ่งทดลองครั้งละน้อยได้ (Trialability)
5. สามารถมองเห็นหรือเข้าใจได้ง่าย (Observability)

2. ช่องทางการติดต่อสื่อสาร (Communication Channels) หมายถึง กระบวนการที่คนสร้างและแบ่งปันข้อมูลข่าวสารถึงกันและกัน การแพร่กระจายถือเป็นหนึ่งในกระบวนการติดต่อสื่อสารที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารที่ก่อให้เกิดแนวความคิดใหม่ๆ โดยสิ่งที่มีความจำเป็นในกระบวนการแพร่กระจายคือ การแลกเปลี่ยนข่าวสาร ความคิด จากคนๆหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่งหรือหลายๆ คน ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยกระบวนการที่เกี่ยวข้องอีก 4 ประการคือ

1. นวัตกรรม
2. การยอมรับนวัตกรรมในระดับปัจเจกบุคคลที่มีประสบการณ์ ความรู้ นวัตกรรม
3. ปัจเจกบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ยังไม่มีประสบการณ์ ความรู้ หรือนวัตกรรมนั้นๆ
4. ช่องทางการติดต่อสื่อสารที่ทำการติดต่อระหว่างบุคคลทั้งสองกลุ่ม

ช่องทางการสื่อสารระดับกว้าง (Mass Media Channels) เป็นช่องทางที่มีประสิทธิภาพ และสร้างการยอมรับที่รวดเร็วให้แก่ผู้ใช้งานในแง่ของการมีอยู่นวัตกรรมนั้นๆ ในขณะที่ช่องทางการสื่อสารระดับบุคคล (Interpersonal Channels) จะให้ผลดีกว่าในแง่ของการชักชวนให้คนคล้อยตาม และยอมรับในความคิดใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคนในสังคมที่ทำการส่งสารถึงกันมีสถานะทางสังคมในระดับเดียวกัน การศึกษาเหมือนกัน ก็จะช่วยเพิ่มโอกาสในการชักชวนและทำให้คนคล้อยตาม

อีกด้วย ซึ่งการสื่อสารระดับบุคคลนี้จำเป็นต้องใช้การเผชิญหน้าระหว่างบุคคลมากกว่าสองคนขึ้นไป นอกจากนั้นแล้วยังมีช่องทางสื่อสารที่มีบทบาทสำคัญอีกหนึ่งช่องทางคือ การสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต ที่เป็นการแพร่กระจายของนวัตกรรมไปสู่ผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

3. ระยะเวลา (Time) เป็นปัจจัยที่สามของกระบวนการแพร่ทางนวัตกรรม เพื่อบอกถึงกระบวนการในการแพร่กระจายนวัตกรรมต้องอาศัยระยะเวลาและมีลำดับขั้นตอนเพื่อให้เกิดปรับตัวและยอมรับนวัตกรรม ซึ่งปัจจัยระยะเวลานี้เองประกอบไปด้วยกระบวนการสำคัญ 3 ประการคือ

1. กระบวนการตัดสินใจเพื่อเลือกที่จะยอมรับหรือปฏิเสธนวัตกรรม
2. การยอมรับนวัตกรรมในระดับบุคคลเปรียบเทียบกับสมาชิกคนอื่นๆ ในสังคม
3. อัตราการยอมรับนวัตกรรมของคนในสังคม ซึ่งวัดโดยจำนวนของสมาชิกในสังคมที่ทำการยอมรับนวัตกรรมนั้นๆ ในช่วงเวลาที่กำหนด

4. ระบบสังคม (Social System) มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายและการรับนวัตกรรม กล่าวคือสังคมสมัยใหม่ของสังคมจะเอื้อต่อการรับนวัตกรรม ทั้งความเร็วและปริมาณที่จะรับ (Rate of Adoption) เพราะมีบรรทัดฐานและรับค่านิยมของสังคมที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นเมื่อมีการแพร่กระจายสิ่งใหม่เข้ามา สังคมก็จะยอมรับได้ง่าย ส่วนสังคมโบราณหรือสังคมที่ติดยึดกับความเชื่อต่างๆ ซึ่งเป็นสังคมล่าหลังจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับสังคมสมัยใหม่ ความเร็วของการแพร่กระจายและปริมาณที่จะรับนวัตกรรมจึงเกิดได้ช้ากว่าและน้อยกว่าหรือไม่ยอมรับเลยก็ได้

2.4 แบบจำลองกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรม

เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1971: 167) กระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรม (A Model of The Innovation Decision Process) มีอยู่หลายแบบด้วยกันในงานวิจัยนี้จะนำเสนอแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจของ Rogers ซึ่งถือเป็นต้นแบบของแบบจำลองในปัจจุบัน และใช้กันอย่างแพร่หลาย แบบจำลองนี้ได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการตัดสินใจสามารถแบ่งเป็นระยะต่างๆ ได้ 5 ระยะ ดังนี้

1. ขั้นเกิดความรู้ (Knowledge) จะเริ่มต้นขึ้นเมื่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการรับนวัตกรรมได้รับการกระตุ้นจากทางกายภาพหรือทางสังคม จึงเกิดการเปิดรับและให้ความสนใจในนวัตกรรมนั้น เป็นขั้นที่ผู้บริโภคจะรับรู้ได้ว่ามีผลิตภัณฑ์หรือสินค้าใหม่เกิดขึ้น แล้วสามารถเรียนรู้ถึงการก่อประโยชน์และหน้าที่ของผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมนั้นได้ แต่ยังไม่ตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์หรือ

นวัตกรรมนั้น ตอบสนองความต้องการหรือสามารถแก้ไขปัญหาได้หรือไม่ ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมที่บุคคลจะได้รับจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 ความรู้จักนวัตกรรม (Awareness Knowledge) ความรู้ประเภทนี้เป็นความรู้ที่ทำให้เกิดการตื่นตัวต่อนวัตกรรม เป็นการรับรู้ว่านวัตกรรมได้เกิดขึ้นแล้วและสามารถทำหน้าที่ได้บ้าง

ประเภทที่ 2 ความรู้วิธีการใช้นวัตกรรม (How to Knowledge) ความรู้ประเภทนี้ได้จากการติดต่อสื่อสารกับสื่อมวลชน การติดต่อกับหน่วยงานราชการที่ทำการเผยแพร่นวัตกรรมหรือการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการ ความรู้ประเภทนี้จะช่วยให้สามารถใช้นวัตกรรมได้อย่างถูกต้อง ยิ่งนวัตกรรมมีความซับซ้อนมากขึ้นเท่าใด ความจำเป็นในการเรียนรู้วิธีการใช้นวัตกรรมยิ่งมากขึ้นเท่านั้น การขาดซึ่งความรู้วิธีการใช้จะส่งผลอย่างมากในการนำไปสู่การปฏิิเสณวัตกรรม

ประเภทที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับหลักการของนวัตกรรม (Principles Knowledge) ความรู้ประเภทนี้เป็นความรู้ในเรื่องกฎเกณฑ์เบื้องต้นของนวัตกรรม การที่บุคคลจะบรรลุถึงความรู้ประเภทนี้ได้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของบุคคลได้ด้านต่าง ๆ สรุปได้เป็น 3 ด้านดังนี้

1) สถานภาพทางเศรษฐกิจของสังคมและการศึกษา ผู้ที่มีระดับการศึกษาสูงและมีรายได้สูงจะเป็นผู้ที่รับความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมได้เร็วกว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาน้อยและมีรายได้น้อย

2) พฤติกรรมการเปิดรับข่าวสาร ผู้ที่เปิดรับสื่อมวลชนตลอดจนผู้นำทางความคิดและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ทางสังคม มักจะได้รับความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมได้เร็วกว่าผู้ที่มีลักษณะตรงกันข้าม

3) บุคลิกภาพแบบเปิด ผู้ที่มีความสนใจเรียนรู้ มีการติดต่ออย่างกว้างขวาง ไม่รังเกียจการติดต่อสัมพันธ์กับคนอื่น จะเป็นผู้ที่รับความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมได้เร็ว

การยอมรับนวัตกรรมนี้แตกต่างกันออกไปตามแต่ละบุคคลแต่ละกลุ่ม ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเรียนรู้นวัตกรรมนั้น โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็ว (Early) และผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมช้ากว่า (Late) จากการศึกษพบว่า ผู้รับนวัตกรรมได้เร็วมักจะมีระดับการศึกษา สถานภาพเศรษฐกิจ การเปิดรับสื่อมวลชนและการสื่อสารระหว่างบุคคล รวมไปถึงการมีส่วนร่วมในสังคมสูงหรือมากกว่ากลุ่มที่ยอมรับนวัตกรรมช้า และยังมีโลกทัศน์ที่กว้างกว่าอีกด้วย

2. ขั้นการโน้มน้าวชักจูง (Persuasion) เป็นขั้นตอนที่แต่ละบุคคลใช้เวลาในการรับรู้ วัตรกรรมหรือใช้เวลาในการการเรียนรู้ถึงวิธีปฏิบัติหรือใช้วัตรกรรมนั้นๆ แม้จะมีการเรียนรู้แล้วอาจไม่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติก็ได้ ขั้นตอนการโน้มน้าวชักจูงนี้จะมีผลต่อบุคคลในการพัฒนา ทัศนคติต่อวัตรกรรมในขั้นความรู้สึก (Affective or Feeling) จะผิตกับขั้นตอนการเกิดความรู้ที่ ขั้นตอนของทัศนคติจะเกิดขึ้นในขั้นตอนเกิดความรู้ (Cognitive or Thought) ในการก่อตัวของ ทัศนคติของผู้บริโภคต่อวัตรกรรมนั้น ผู้บริโภคจะได้ทดลองใช้สินค้าทางอ้อม เช่น จากคำบอกเล่า ปากต่อปาก การทำเช่นนี้จะช่วยให้ผู้บริโภคลดความลังเลที่จะใช้หรือไม่ใช้ผลิตภัณฑ์หรือวัตรกรรม ใหม่ ถึงแม้ผู้บริโภคจะมีความลังเลลดลงและมีทัศนคติด้านบวกต่อวัตรกรรมนั้น แต่ก็ไม่อาจมั่นใจว่า ผู้บริโภคจะเปลี่ยนแปลงทัศนคติด้านบวกในกระบวนการยอมรับของผู้บริโภคอย่างแท้จริง ถึงแม้ว่า ผู้บริโภคอาจมีทัศนคติที่ดี แต่ไม่สามารถทำให้ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์หรือวัตรกรรมนั้นทันทีทันใด ระยะงูใจจึงเป็นระยะที่บุคคลทดลองรับวัตรกรรมนั้นภายในใจ

1) ทัศนคติที่มีต่อวัตรกรรม คือ ทัศนคติที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ชอบหรือไม่ ชอบต่อวัตรกรรม ทัศนคตินี้มีอิทธิพลต่อวัตรกรรมที่กำลังเผยแพร่และวัตรกรรมที่จะมีการเผยแพร่ ในอนาคต

2) ทัศนคติทั่วไปที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง คือ ทัศนคติอย่างกว้างๆ ที่เอื้ออำนวยให้ กลุ่มเป้าหมายเปลี่ยนแปลง ทัศนคตินี้เป็นทัศนคติที่ดีต่อวัตรกรรมทำให้ประชาชนรู้จักพัฒนาตนเองและแสวงหาข่าวสารเกี่ยวกับวัตรกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อตนเอง

3. ขั้นการตัดสินใจ (Decision) ขั้นตอนนี้เป็นเวลาของผู้บริโภคใช้ เพื่อตัดสินใจ ยอมรับหรือปฏิเสธวัตรกรรม ถ้าผู้บริโภคยอมรับวัตรกรรมแล้วอาจยอมรับตลอดไป การรับ วัตรกรรม คือ การตัดสินใจใช้ผลิตภัณฑ์หรือวัตรกรรมนั้นอย่างเต็มที่หรือใช้ปฏิบัติอย่างดีที่สุด การ รับวัตรกรรมรวมถึงข้อผูกพัน (Commitment) ทางพฤติกรรมและทางจิตวิทยาต่อวัตรกรรมนั้น ในช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะมีปัจจัยอื่นมาผลักดันให้เลิกใช้วัตรกรรมนั้น การปฏิเสธวัตรกรรมคือ การ ตัดสินใจไม่รับวัตรกรรมนั้น การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธวัตรกรรมนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถ ในการทดลองใช้ในปริมาณจำกัด วัตรกรรมใดที่บุคคลสามารถทดลองใช้ได้จะทำให้บุคคลนั้นรู้สึก เสียภัย การตัดสินใจยอมรับวัตรกรรมจะน้อยลงและนำไปสู่การยอมรับวัตรกรรมในที่สุด การ ตัดสินใจของผู้บริโภคนั้นอาจมีการสร้างทางเลือก (Options) ซึ่งได้มีการพิจารณารูปแบบการ ตัดสินใจ 3 รูปแบบ คือ

1) การตัดสินใจที่มีการเลือก (Optional Decision) เป็นปกติวิสัยที่ผู้บริโภคมักมีทางเลือกมากกว่า 1 ทางเลือก นั่นคือผู้บริโภคมักมีทางเลือกในการปฏิบัติหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งทดแทนเสมอ ทั้งนี้จะมีทางเลือก 2 ลักษณะคือ ยอมทำตาม (Yes) และไม่ยอมทำตาม (No)

2) การตัดสินใจร่วมกัน (Collective Decision) เป็นการใช้อิทธิพลของกลุ่ม ในการตัดสินใจ กล่าวคือ จะมีการปรึกษาหารือกันในกลุ่มเพื่อให้ช่วยตัดสินใจ การตัดสินใจที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้การยอมรับนวัตกรรมมีความเหมาะสม ในทางตรงข้ามการตัดสินใจที่ลำช้าอาจจะทำให้ไม่ทันการณ์และเป็นไปได้ว่านวัตกรรมนั้นจะล้าสมัยลงไป

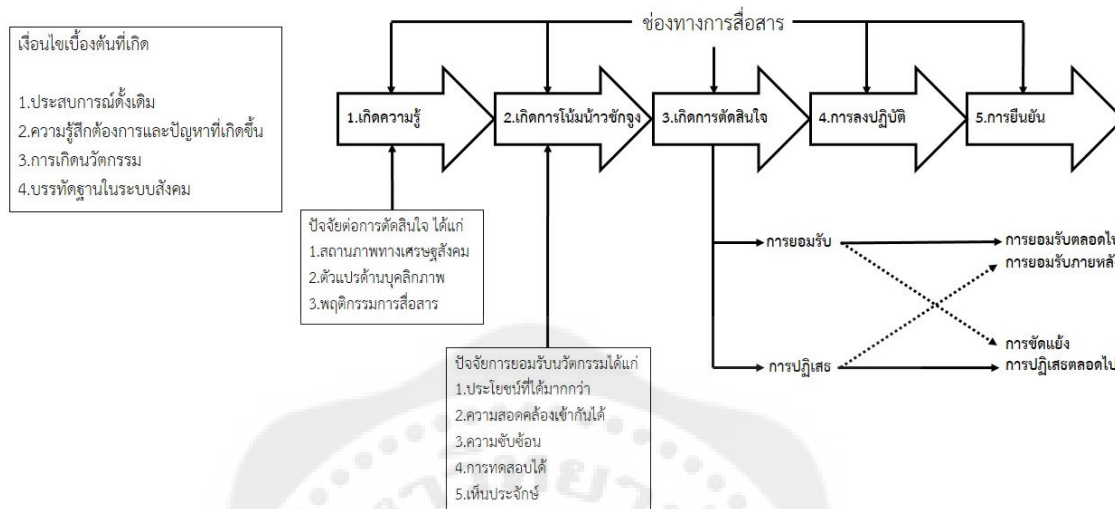
3) การตัดสินใจโดยอำนาจหน้าที่ (Authority Decision) เป็นการตัดสินใจภายใต้กฎหมายหรือกรอบทางสังคม การตัดสินใจเช่นนี้มักถูกกระทำโดยผู้มีอำนาจทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ อาทิ บ้านผู้ใหญ่มักมีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ก็จะมีความเป็นไปได้ที่ผู้ใหญ่มักจะส่งเสริมให้ลูกบ้านติดตั้งโซล่าเซลล์เช่นกัน เป็นต้น

4. ขั้นการลงมือปฏิบัติหรือทดลองใช้ (Implementation) เกิดขึ้นเมื่อบุคคลนั้นรับนวัตกรรมไปใช้ ระยะการปฏิบัติจะแตกต่างจากระยะอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ กล่าวคือ ระยะรับรู้ ระยะสนใจและระยะตัดสินใจล้วนแล้วแต่เป็นระยะการรับนวัตกรรม เกิดขึ้นภายในใจของผู้มีศักยภาพที่จะรับนวัตกรรม ในขณะที่ระยะปฏิบัตินี้เป็นระยะของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ระยะดังกล่าวนี้จะใช้กลยุทธ์การตลาดเพื่อสังคมจะมีผลอย่างมาก อาทิ การเปิดโอกาสให้ทดลองใช้นวัตกรรมโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย หรือมีการส่งเสริมให้ใช้นวัตกรรมในรูปแบบอื่นๆ เป็นต้น

5. ระยะยืนยัน (Confirmation) เป็นกระบวนการที่ผู้รับนวัตกรรมแสวงหาการสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อรับนวัตกรรม หากนวัตกรรมนั้นไม่สามารถบูรณาการให้เข้ากับการปฏิบัติวิถีชีวิตของผู้รับนวัตกรรม และการได้รับข่าวสารที่ขัดแย้งกับนวัตกรรม จะทำให้ผู้รับนวัตกรรมอาจเลิกใช้นวัตกรรมได้ การเลิกใช้นวัตกรรมเป็นปัญหาที่สำคัญมากในกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรม

ผู้บริโภคหรือผู้รับนวัตกรรมจะต้องบรรลุขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการยอมรับนวัตกรรมมาตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนสุดท้ายนั้น คือขั้นการยืนยัน จะเป็นส่วนที่ผู้บริโภคหรือผู้รับนวัตกรรมจะแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อย้ำความเชื่อมั่นในการตัดสินใจของตน ข่าวสารที่เหมาะสมจะผ่านสื่อที่ผู้บริโภคหรือผู้รับนวัตกรรมใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน คุณสมบัติที่แตกต่างกันไปของสื่อแต่

ละประเภท จะทำให้ผู้บริโภคหรือผู้รับนวัตกรรมมีทัศนคติและพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก



ภาพประกอบ 2 แสดงแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรม

2.5 คุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรม

เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1983: 213) กล่าวว่า ในการสื่อสารเรื่องนวัตกรรม ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมหรือไม่คือ คุณลักษณะของนวัตกรรม กล่าวคือ การที่ผู้รับนวัตกรรมจะยอมรับหรือปฏิเสธนวัตกรรมมีผลมาจากปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ คุณลักษณะของนวัตกรรม ถึงแม้ว่านวัตกรรมจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ถ้าบุคคลหรือผู้รับนวัตกรรมนั้นเห็นว่าไม่มีประโยชน์ก็อาจจะเกิดการปฏิเสธนวัตกรรมนั้นได้ คุณลักษณะของนวัตกรรมที่เอื้อประโยชน์ต่อการยอมรับนวัตกรรมได้แก่

1. ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative Advantage) คือ ระดับของการรับรู้ว่าคุณลักษณะนั้นมีคุณสมบัติดีกว่าที่คิดไว้หรือดีกว่าสิ่งที่มีอยู่เดิม ถ้าหากนวัตกรรมมีข้อดีและให้ประโยชน์ต่อผู้ใช้นวัตกรรมนั้นมากเท่าใด ก็จะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับนวัตกรรมมากขึ้นเท่านั้น หรือระดับของประโยชน์ที่ได้รับของนวัตกรรมที่บุคคลจะรับรู้เมื่อเปรียบเทียบนวัตกรรมนั้นกับแนวคิด การปฏิบัติ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม และหากทราบว่านวัตกรรมนั้นมีประโยชน์กว่าสิ่งที่มีอยู่เดิมหรือสามารถใช้แทนสิ่งที่มีอยู่เดิมได้ ก็จะส่งผลให้แนวโน้มที่จะยอมรับนวัตกรรมนั้นมากขึ้น

ดังนั้นยังสามารถรับรู้ได้ถึงผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมมากขึ้นเท่าใด อัตราในการรับนวัตกรรมนั้นก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น

2. การเข้ากันได้กับสิ่งที่มีอยู่เดิม (Compatibility) คือ ระดับของนวัตกรรมที่มีความสอดคล้องกับคุณค่า ประสิทธิภาพ และความต้องการที่มีอยู่แล้วในตัวผู้รับนวัตกรรมนั้น หากนวัตกรรมนั้นสามารถเข้ากันได้กับสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมา โอกาสที่จะได้รับการยอมรับได้ง่ายขึ้น หรือระดับของการเข้ากันได้ที่รับรู้ได้ว่า นวัตกรรมนั้นไม่ขัดแย้งกับค่านิยมที่มีอยู่เดิม ประสิทธิภาพในอดีต และความต้องการของผู้มีศักยภาพที่จะรับนวัตกรรม ตลอดจนความต้องการของสังคมโดยรวม ดังนั้นหากนวัตกรรมใดสอดคล้องกับค่านิยม ประสิทธิภาพ และความต้องการของบุคคลและสังคม นวัตกรรมนั้นจะแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

3. ความซับซ้อน (Complexity) คือ ระดับของความเชื่อว่านวัตกรรมนั้นมีความยากต่อการเข้าใจและการนำไปใช้ นวัตกรรมบางอย่างสามารถทำความเข้าใจและนำมาใช้ได้ง่าย ในขณะที่บางอย่างมีความซับซ้อนและเข้าใจยากกว่า นวัตกรรมที่มีความซับซ้อนกว่ามีโอกาสน้อยที่จะได้รับการยอมรับมากกว่า หรือระดับของความซับซ้อนที่บุคคลรับรู้เกี่ยวกับความเข้าใจในนวัตกรรมและการนำนวัตกรรมนั้นไปใช้ หากนวัตกรรมนั้นซับซ้อนมาก ทั้งในด้านแนวคิดและด้านการประยุกต์ใช้ นวัตกรรมเป็นสิ่งที่เข้าใจยากจึงมีแนวโน้มที่บุคคลจะรับนวัตกรรมนั้นได้ช้าหรือไม่รับนวัตกรรมนั้นโดยสิ้นเชิง ดังนั้นบุคคลมีแนวโน้มที่จะรับนวัตกรรมที่ไม่ซับซ้อนและเข้าใจได้ง่ายเร็วกว่านวัตกรรมที่ซับซ้อนและเข้าใจยาก และในการแพร่กระจายนวัตกรรมใดๆ ผู้แพร่กระจายจะต้องทำให้ผู้มีศักยภาพที่จะได้รับนวัตกรรมเข้าใจถึงนวัตกรรมนั้นๆ ได้ง่าย

4. การทดลองได้ (Trialability) คือ ระดับของนวัตกรรมที่สามารถมองเห็นผลจากการทดลองหรือปฏิบัติ เพื่อให้เห็นถึงผลได้จริง อย่างน้อยที่สุดภายใต้สภาพที่จำกัด ความคิดเหล่านี้สามารถทดลองได้อย่างเป็นขั้นตอน หรือเป็นช่วงๆ ไป นวัตกรรมใดที่เปิดโอกาสให้บุคคลสามารถทดลองและประเมินผลได้ นวัตกรรมนั้นก็น่าจะมีแนวโน้มที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

5. ความสามารถสังเกตและสื่อสารได้ (Observability) คือ ระดับของความสามารถสังเกตและสื่อสารผลของนวัตกรรมนั้นได้ หากนวัตกรรมใดเป็นนวัตกรรมที่บุคคลสามารถสังเกตผลของนวัตกรรมได้หรือสามารถสื่อสารผ่านนวัตกรรมได้ นวัตกรรมนั้นก็น่าจะมีแนวโน้มที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ดังนั้น กลยุทธ์หนึ่งที่ยอมรับใช้ในการแพร่กระจายนวัตกรรม คือการให้บุคคลที่เป็นที่รู้จักหรือเป็นที่ยอมรับในนวัตกรรมนั้นเสียก่อน เพื่อดึงใจให้สมาชิกในองค์กรรับนวัตกรรมนั้นด้วย

อดุลย์ จาตุรงค์กุล (2543: 283) กล่าวว่า ปัจจัยที่จะช่วยให้มีการเข้าใจและยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเหล่านี้

1. การมีข้อดีมากกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เก่า (Relative Advantage) ขึ้นอยู่กับขนาดของข้อดีที่คิดค้นขึ้นมาใหม่นั้นมีมากกว่า หรือดีกว่า ถ้าหากทำให้เห็นได้ว่ามีคุณข้อดีมากกว่าของเก่ามาก การเข้าตลาดและการยอมรับก็จะสามารถเป็นไปได้โดยรวดเร็ว

2. ความสอดคล้องกับความเข้าใจของผู้บริโภค (Compatibility) กล่าวคือ การยอมรับเป็นไปได้โดยรวดเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ใหม่ กับวิถีปฏิบัติของผู้บริโภคที่เป็นอยู่ ถ้าหากว่าผู้บริโภคต้องใช้กำลังความคิดเพื่อพยายามเข้าใจสิ่งใหม่นี้ค่อนข้างมาก และอาจทำให้ถึงกับต้องมีการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมให้แตกต่างไปจากเดิมด้วยแล้ว การยอมรับก็จะเป็นไปได้โดยเชื่องช้า และการเข้าสู่ตลาดก็จะพลอยช้าไปด้วย

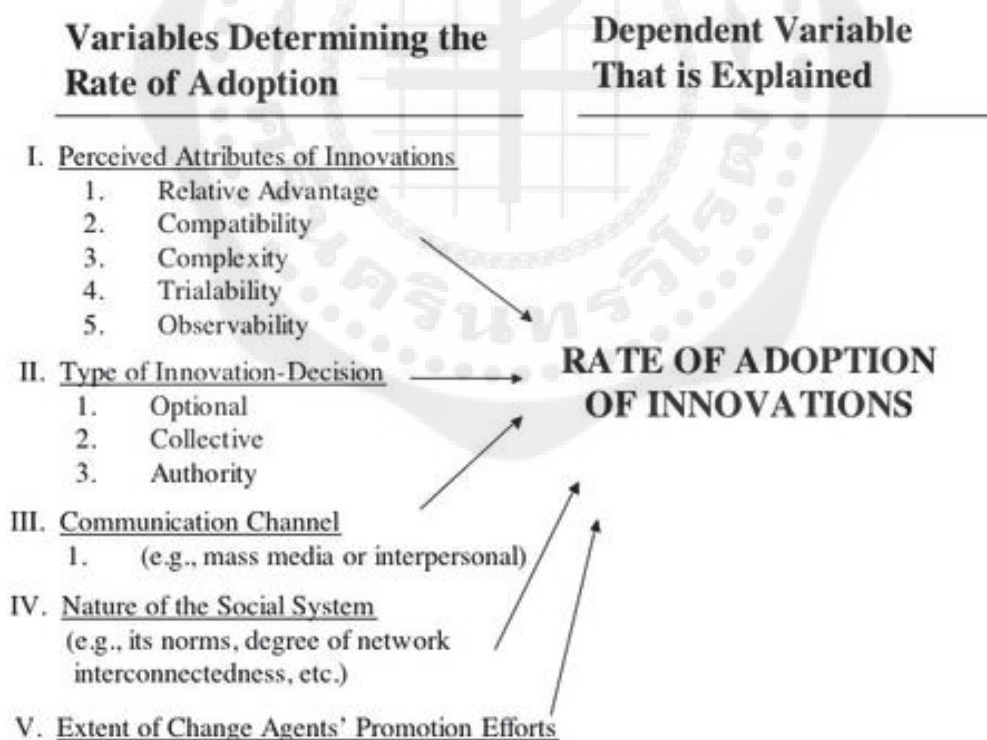
3. ความสลับซับซ้อนของสิ่งที่คิดค้นใหม่ (Complexity) ถ้าหากการเข้าใจและการใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นไปได้ยาก เพราะเหตุที่ผลิตภัณฑ์ใหม่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากแล้ว การแพร่กระจายเข้าสู่ตลาดจะเป็นไปได้โดยเชื่องช้า และตลาดที่จะครอบคลุมได้ถึงก็จะแคบหรือมีไม่มากนัก

4. การสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ (Divisibility) ความหมายในที่นี้คือ ขึ้นอยู่กับว่าผลิตภัณฑ์ใหม่จะสามารถให้อะไรทดลองในหลายๆขนาดหรือไม่ ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใหม่เปิดช่องให้มีการทดลองในหลายๆขนาดเป็นขนาดเล็กขนาดใหญ่แล้ว ผู้บริโภคย่อมจะมีโอกาสทดลองดูจากบางส่วนได้ ผู้บริโภคที่ได้ทดลองก็จะมีจำนวนมากกว่า การเข้าสู่ตลาดจะเป็นไปได้โดยเร็วและกว้างกว่า จะเห็นได้ว่าการทดลองซื้อของใหม่

5. ความสามารถที่จะถ่ายทอดเป็นข้อมูลไปยังบุคคลอื่นๆ (Observability) ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใหม่นั้น สามารถถ่ายทอดเป็นข้อมูลไปได้โดยรวดเร็วและง่ายแล้ว การเข้าตลาดก็จะรวดเร็วด้วย

2.6 การอธิบายอัตราการยอมรับนวัตกรรม

เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1983: 233) กล่าวว่าอัตราการรับเป็นสิ่ง เชื่อมโยงกับนวัตกรรมที่รับโดยคนในสังคมในช่วงเวลาที่จำกัด ดังนั้นอัตราการรับเป็นตัวบ่งชี้ ทางด้านตัวเลขของการรับนวัตกรรม รูปแบบที่สำคัญของตัวแปรในการอธิบายอัตราการรับนวัตกรรม คือคุณลักษณะที่มองเห็นได้ จากตารางภาพประกอบ 3 ค่าความแปรปรวนจะมีค่าร้อยละ 49 - 87 ความแปรปรวนในอัตราการรับได้ขยายตัวมาจากการให้เหตุผลทั้งห้า ประโยชน์เชิงสัมพัทธ์ (Comparative Advantage) ความเข้ากันได้หรือความไม่ขัดแย้งกัน (Compatibility) ความซับซ้อน (Complexity) ความสามารถทดลองได้ (Testability) ความสามารถสังเกตและสื่อสารได้) ยังมีตัวแปร อีกคือ 1. รูปแบบของการตัดสินใจใช้นวัตกรรม (Type of Innovation Decision) 2. ลักษณะของการ ติดต่อสื่อสารที่เผยแพร่รณนวัตกรรมด้วยหลายวิธี (Communication Channels) 3. ธรรมชาติของ ระบบสังคม (Nature of the Social System) 4. การเพิ่มเติมการสนับสนุนของผู้มีอิทธิพล (Extent of Change Agents Promotion Effort)

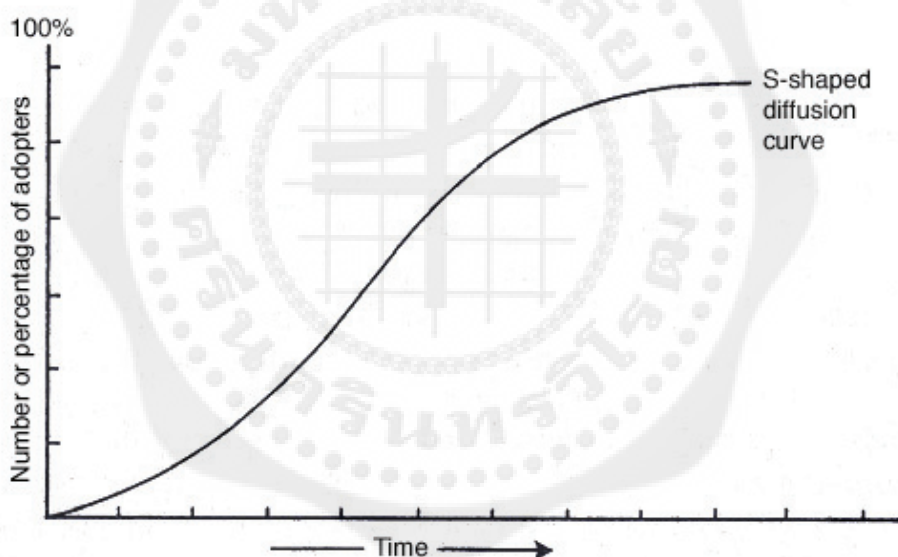


ภาพประกอบ 3 แสดงองค์ประกอบของอัตราการรับนวัตกรรม

2.7 อัตราการยอมรับ

อัตราการยอมรับหรือ Rate of Adoption คือความเร็วโดยเปรียบเทียบที่นวัตกรรมนั้นได้รับการยอมรับจากจำนวนคนทั่วไปในสังคม และเมื่อนำเอาจำนวนคนทั่วไปในสังคมที่ยอมรับนวัตกรรมมาเขียนกราฟแบบจำนวนสะสมเทียบกับเวลา ผลลัพธ์ที่ได้คือกราฟของ “S-Shaped curve”

นวัตกรรมส่วนใหญ่จะมีอัตราการยอมรับเป็นรูป S-Shaped นวัตกรรมแต่ละชนิดก็ให้ผลของกราฟที่ต่างกัน สิ่งที่แตกต่างกันของแต่ละนวัตกรรมคือ Slope หรือความชันของเส้นกราฟ ถ้านวัตกรรมใดมีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว S-Shaped curve ก็จะมีความชันมาก แต่ถ้านวัตกรรมใดมีการแพร่กระจายต่ำ S-Shaped curve ก็จะมีลักษณะลาด นอกจากนั้น S-Shaped curve สำหรับนวัตกรรมเดียวกัน ก็อาจมีความแตกต่างกันไปถ้าอยู่ในสังคมที่แตกต่างกันด้วย



ภาพประกอบ 4 แสดงกราฟ S-Shaped curve

2.8 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1983: 245-251) กล่าวว่า การหาเกณฑ์มาตรฐานการยอมรับนวัตกรรมมักเผชิญปัญหาหลักอยู่ 3 ข้อคือ

1. การกำหนดจำนวนของประเภทการยอมรับนวัตกรรมเพื่อสร้างกรอบความคิด
2. การเลือกส่วนองค์ประกอบของระบบหนึ่งเพื่อให้ครอบคลุมประเภทแต่ละประเภท
3. การกำหนดวิธีการ และค่านิยมทางสถิติ

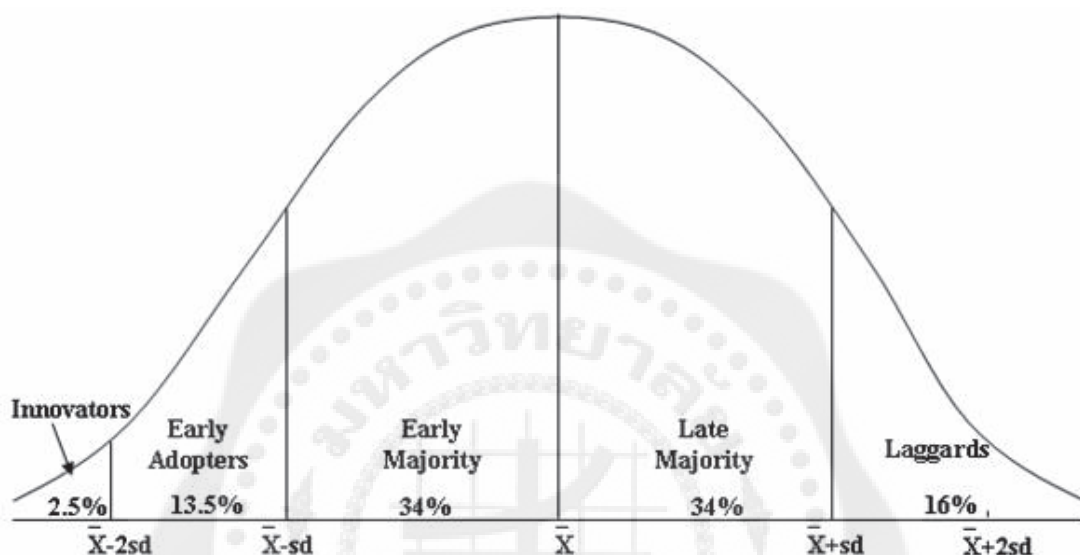
การกำหนดหลักเกณฑ์เรื่องการจัดประเภทการยอมรับนวัตกรรมยังไม่มีกำหนดที่แน่นอน เนื่องจากการปรับปรุงใหม่ และระดับของแต่ละบุคคลในการยอมรับนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับความคิดใหม่ การปรับปรุงใหม่ ทั้งหมดนี้มีมิติที่เกี่ยวข้องกัน โดยแต่ละคนจะมีมากหรือน้อยแตกต่างกันออกไปตามระบบสังคม การแบ่งสถานะสังคมว่าอยู่ในระดับสูง กลาง หรือต่ำนั้นอาศัยกลไกทางความคิดเข้ามาเป็นตัวบ่งชี้ในการแบ่ง เพื่อให้ง่ายต่อการจัดประเภทของการยอมรับนวัตกรรมในกรณีที่ข้อมูลมีไม่มากเพียงพอในการแบ่งประเภท ตามทฤษฎีแล้วการจัดประเภทจะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบคือ

1. ครอบคลุมทุกหน่วยที่ต้องการศึกษา
2. มีลักษณะเฉพาะของประเภท
3. หลักการจะเป็นประเภทเดียวกัน

สิ่งสำคัญในการแบ่งประเภทผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมคือ ต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากการแบ่งตามความถี่ปกตินั้นมีหลายตัวแปรที่สามารถนำมาใช้ในการแบ่งประเภทของผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ การหาตัวแปรที่ใช้แบ่งประเภทอย่างหนึ่งคือ การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของกลุ่มตัวอย่าง ตัวแปรที่ใช้อีกอย่างหนึ่งคือ การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวอธิบายความแปรปรวนโดยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สามารถนำไปใช้แบ่งกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ ถ้าหากลากเส้นตั้งแบ่งเขตค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานบนค่าเฉลี่ยแต่ละด้านแล้วส่วนโค้งที่ได้จะแบ่งเป็นกลุ่มตามผลของกลุ่มตัวอย่างที่ออกมาโดยแสดงออกมาเป็นค่าร้อยละในแต่ละกลุ่มดังนี้

1. กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)
2. กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)
3. กลุ่มผู้ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็ว (Early Majority)
4. กลุ่มผู้ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า (Late Majority)
5. กลุ่มผู้ทีล่าหลัง (Laggards)



ภาพประกอบ 5 แสดงการแบ่งกลุ่มลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

จากภาพแสดงการแบ่งกลุ่มลักษณะของผู้รับนวัตกรรมพบว่า พื้นที่บริเวณด้านซ้ายจนถึงค่าเฉลี่ยลบด้วยสองเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้น ครอบคลุมช่วงร้อยละ 2.5 คือกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม พื้นที่บริเวณตั้งแต่ค่าเฉลี่ยลบด้วยสองเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจนถึงค่าเฉลี่ยลบด้วยหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้น ครอบคลุมช่วงร้อยละ 13.5 คือกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย พื้นที่บริเวณตั้งแต่ค่าเฉลี่ยลบด้วยหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจนถึงค่าเฉลี่ยนั้น ครอบคลุมช่วงร้อยละ 34.0 คือกลุ่มผู้ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็ว พื้นที่บริเวณตั้งแต่ค่าเฉลี่ยจนถึงค่าเฉลี่ยบวกด้วยหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นครอบคลุมช่วงร้อยละ 34.0 คือกลุ่มผู้ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า พื้นที่บริเวณตั้งแต่ค่าเฉลี่ยบวกด้วยหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจนถึงค่าเฉลี่ยบวกด้วยสองเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นครอบคลุมช่วงร้อยละ 16.0 คือกลุ่มผู้ทีล่าหลัง และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) เป็นคนกลุ่มแรกที่มีจำนวนประมาณร้อยละ 2.5 ที่ยอมรับและนำนวัตกรรมไปใช้ จุดเด่นของคนกลุ่มนี้คือ มีความสนใจในความคิดใหม่ ชอบเสี่ยงหรือทดลองจึงทำให้มีความโดดเด่นจากกลุ่มอื่นๆ รูปแบบของการสื่อสารในกลุ่มนี้จะเป็นแบบเรียบง่าย การจะเป็นกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรมนั้นต้องพร้อมด้วยหลายองค์ประกอบ อาทิ จะต้องมีความรู้ทางการเงินที่มั่นคง สามารถที่จะยอมรับในความสูญเสียได้ มีความสามารถในการเข้าใจและประยุกต์ใช้ทางเทคนิคที่จำเป็น และจะต้องสามารถรับมือกับความไม่แน่นอนที่มีอย่างสูงของนวัตกรรมได้ ในช่วงเวลาที่มีการยอมรับนวัตกรรมไปใช้นั้น ผู้นำทางนวัตกรรมอาจจะไม่ได้รับความสนใจจากคนในสังคม ผู้นำทางนวัตกรรมจะต้องแสดงตนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการแพร่กระจาย ด้วยการนำความคิดใหม่มาริเริ่มในระบบ ผู้นำนวัตกรรมจึงมีหน้าที่เปรียบเสมือน Gatekeeper

2. กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) เป็นคนกลุ่มที่สองที่มีจำนวนประมาณร้อยละ 13.5 ที่ยอมรับและนำนวัตกรรมไปใช้ ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่ายเป็นพวกคนในท้องถิ่นมากกว่ากลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม โดยคนกลุ่มนี้จะมีระดับความเป็นผู้นำมากกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่น้อยกว่ากลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม มักจะขอข้อมูลเกี่ยวกับนวัตกรรมจากกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม และจะมีแนวโน้มที่จะยอมรับนวัตกรรมตามกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม กระบวนการแพร่กระจายของนวัตกรรมนั้นจะรวดเร็วขึ้น เนื่องจากคนกลุ่มนี้จะนำเสนอนวัตกรรมแก่คนอื่นๆ ในสังคม โดยที่คนกลุ่มนี้สังคมได้ให้การเคารพเป็นที่นับถือ เมื่อได้รับนวัตกรรมมาคนกลุ่มนี้ต้องทำการตัดสินใจในเรื่องการรับนวัตกรรมอย่างรอบคอบก่อนที่จะนำเสนอแก่คนรอบข้าง เพื่อลดความไม่แน่นอนของความคิดใหม่

3. กลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็ว (Early Majority) เป็นคนกลุ่มที่สามที่มีจำนวนประมาณร้อยละ 34.0 ที่ยอมรับและนำนวัตกรรมไปใช้ มีขนาดกลุ่มคนเยอะที่สุดหนึ่งในสองของการแบ่งลักษณะของผู้รับนวัตกรรมและสัดส่วนคิดเป็นหนึ่งส่วนสามของทั้งหมด โดยกลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็วนี้มักจะมีปฏิสัมพันธ์บ่อยครั้งกับคนรอบข้าง แต่ไม่ค่อยมีความเป็นผู้นำมากนัก คนกลุ่มนี้อยู่ในตำแหน่งระหว่างกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่ายและกลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า ทำให้กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่เป็นตัวเชื่อมที่สำคัญในกระบวนการแพร่กระจาย บางครั้งอาจจะมีการปรึกษาหารือกันก่อนที่จะยอมรับความคิดใหม่ และคิดว่า “ไม่ได้เป็นคนแรกที่ทดลองของใหม่ และไม่ได้เป็นคนสุดท้ายที่จะเก็บของเก่าไว้”

4. กลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า (Late Majority) เป็นคนกลุ่มที่สี่ที่มีจำนวนประมาณร้อยละ 34.0 ที่ยอมรับและนำนวัตกรรมไปใช้ มีขนาดเท่ากับกลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็ว คนกลุ่มนี้ยอมรับความคิดใหม่หลังจากที่คนส่วนใหญ่ (สามกลุ่มแรก) ยอมรับ การยอมรับที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมากจากการเพิ่มขึ้นของคนรอบข้างที่ยอมรับนวัตกรรมไปแล้ว และการได้มาซึ่งนวัตกรรมจะมาด้วยความสงสัยและระมัดระวัง กลุ่มผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับนวัตกรรมช้าจะไม่นิยมรับนวัตกรรมจนกว่าคนส่วนใหญ่จะยอมรับนวัตกรรม ความกดดันจากคนรอบข้างเป็นแรงกระตุ้นที่ทำให้เกิดการยอมรับนวัตกรรม

5. กลุ่มผู้ที่ล่าช้า (Laggards) เป็นคนกลุ่มสุดท้ายที่มีจำนวนประมาณร้อยละ 16.0 ที่ยอมรับและนำนวัตกรรมไปใช้ พวกเขาไม่มีความเป็นผู้นำ มักแยกตัวอยู่อย่างโดดเดี่ยว สิ่งที่ใช้อ้างอิงสำหรับคนกลุ่มนี้คืออดีต จึงทำให้การตัดสินใจมักจะเกิดขึ้นตามสิ่งที่เคยทำมาก่อน กลุ่มผู้ที่ล่าช้ามีแนวโน้มที่จะสงสัยในนวัตกรรมและอาจจะเกิดการต่อต้าน ท้ายที่สุดเหตุผลที่คนกลุ่มนี้ไม่ยอมรับนวัตกรรมคือมุมมองของพวกเขาเอง

โรเจอร์และชูเมคเกอร์ (Rogers and Shoemaker. 1971: 35) ทำให้สามารถแบ่งลักษณะของผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมออกเป็น 2 ประเภทคือ ยอมรับนวัตกรรมเร็วกว่า และผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมช้ากว่า ซึ่งสามารถสรุปลักษณะความแตกต่างของผู้ยอมรับนวัตกรรมทั้งสองประเภทได้ดังนี้

1. ความแตกต่างด้านสถานภาพทางสังคมและเศรษฐกิจ โรเจอร์สและชูเมคเกอร์ (Rogers and Shoemaker) ได้ทำการศึกษาถึงความแตกต่างของผู้ยอมรับนวัตกรรมตามลักษณะทางประชากรที่มีความสัมพันธ์กับผู้ยอมรับนวัตกรรม ไว้ดังนี้

อายุ : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วไม่มีความแตกต่างจากผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

สถานภาพทางสังคม : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีสถานภาพทางสังคมสูงกว่า มีรายได้และทรัพย์สินมากกว่า มีอาชีพดีกว่าและมีระดับการดำรงชีวิตที่ดีกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ความเป็นเจ้าของทรัพย์สิน : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วเป็นเจ้าของสิ่งที่เป็นหน่วยใหญ่กว่า ผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ระดับการยอมรับนวัตกรรม : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วเป็นผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมนั้นหรือคล้าย ๆ นวัตกรรมนั้นไปใช้ มากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ความเชี่ยวชาญ : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็ว มีการกระทำที่ใช้ความเชี่ยวชาญมากกว่า ผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

2. ความแตกต่างด้านบุคลิกภาพ โดยเหตุที่ผู้ยอมรับนวัตกรรมมีลักษณะเฉพาะที่เป็นปัจเจกบุคคล และผ่านกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการขัดเกลาทางสังคมที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านบุคลิกภาพซึ่งส่งผลต่อการยอมรับนวัตกรรมดังนี้

ระบบความเชื่อ ; ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็ว ยึดถือระบบความเชื่อแบบฝังหัวน้อยกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ความสามารถในการคิดในลักษณะนามธรรม : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีความสามารถในการคิดเรื่องที่เป็นนามธรรมได้ดีกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้าสามารถยอมรับนวัตกรรมบนพื้นฐานของสิ่งเร้าที่ไม่มีตัวตนได้ดีกว่า

การใช้เหตุผล : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีการใช้เหตุผลดีกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า มีความสามารถในการใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดเพื่อการบรรลุเป้าหมาย

ความฉลาด : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีความฉลาดมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ทัศนคติต่อการเปลี่ยนแปลง : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีทัศนคติที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลง และมีทัศนคติที่ชอบการเสี่ยงภัยมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า ความเชื่อทางด้านวิทยาศาสตร์และโซกลาง : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์มากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้ากว่า และมีความเชื่อ ถือโซกลาง พรหมลิขิตน้อยกว่าผู้รับนวัตกรรมช้า

ระดับความตั้งใจและความปรารถนา : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีระดับความตั้งใจที่จะทำสิ่งต่าง ๆ ให้บรรลุวัตถุประสงค์สูงสุดกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า อีกทั้งยังมีความปรารถนาหรือความต้องการ ศึกษา อาชีพ เกียรติยศ และอื่น ๆ สูงกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

3. ความแตกต่างในด้านพฤติกรรมการสื่อสาร ผู้ยอมรับนวัตกรรมในฐานะที่เป็นสมาชิกของสังคม จะมีพฤติกรรมสื่อสารระหว่างตนเองกับบุคคลอื่น ๆ ในสังคมที่ต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาของพบว่าตัวแปรทางด้านพฤติกรรมการสื่อสารที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรมได้แก่

การมีส่วนร่วมในสังคม : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีส่วนร่วมในสังคมมากกว่า และสามารถเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบสังคมได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่จะเป็นสมาชิกของระบบสังคมที่มีบรรทัดฐานตามแบบทันสมัย และเป็นสมาชิกของระบบสังคมที่มีบูรณการอย่างดี มากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ความเป็นสากล : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีความเป็นสากลไม่ผูกพันกับท้องถิ่นมากนัก และมักมีกลุ่มอ้างอิงเป็นบุคคลภายนอกสังคม มีการเดินทางไปมาหาสู่คนภายนอกสังคมมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

การติดต่อกับผู้นำการเปลี่ยนแปลง : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีการติดต่อกับผู้นำการเปลี่ยนแปลงมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า การเข้าถึงสื่อมวลชน : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีโอกาสในการเข้าถึงสื่อมวลชน ได้มากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

การแสวงหาข่าวสาร : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีการแสวงหาข่าวสารเกี่ยวกับนวัตกรรมมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมดีกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

ระดับการเป็นผู้นำความคิด : ผู้ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีระดับการเป็นผู้นำทางความคิดมากกว่าผู้ยอมรับนวัตกรรมช้า

2.9 กระบวนการยอมรับนวัตกรรม

ฟิลลิปป์ คอทเลอร์ (Philip Kotler. 2007: 611) กล่าวถึง กระบวนการยอมรับนวัตกรรมไว้ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นรู้จักหรือรับทราบ (Awareness) เป็นขั้นแรกที่บุคคลรับรู้ว่ามีความคิดใหม่ สิ่งใหม่หรือวิธีปฏิบัติใหม่ๆ เกิดขึ้นแล้วนวัตกรรมมีอยู่จริง แต่ยังไม่มีความรู้รายละเอียดของสิ่งนั้นอยู่
2. ขั้นสนใจ (Interest) เป็นขั้นที่บุคคลจะรู้สึกสนใจในนวัตกรรมนั้นทันทีที่เขาเห็นว่าตรงกับปัญหาที่เขาประสบอยู่ หรือตรงกับความต้องการ และจะเริ่มหาข้อเท็จจริงและข่าวสารมากขึ้น โดยอาจสอบถามจากเพื่อนซึ่งเคยได้ทดลองทำมาแล้ว หรือเสาะหาความรู้จากผู้ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้นเพื่อสนองตอบความอยากรู้ของตนเอง
3. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ในขั้นตอนนี้บุคคลจะพิจารณาว่า นวัตกรรมนั้นจะมีความเหมาะสมกับเขาหรือไม่ จะให้ผลคุ้มค่าเพียงใด หลังจากที่ได้ศึกษานวัตกรรมนั้นมาระยะหนึ่งแล้ว นวัตกรรมนั้นมีความยากและข้อจำกัดสำหรับเขาเพียงใด และจะปรับให้เข้ากับสถานการณ์ได้อย่างไร แล้วจึงตัดสินใจว่าทดลองใช้ความคิดใหม่ๆ นั้นหรือไม่
4. ขั้นทดลอง (Trial) เป็นขั้นตอนที่บุคคลได้ผ่านการไตร่ตรองมาแล้วและตัดสินใจที่จะทดลองปฏิบัติตามความคิดใหม่ๆ ซึ่งอาจทดลองเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด การทดลองปฏิบัตินี้เป็นเพียงการยอมรับนวัตกรรมชั่วคราว เพื่อดูผลว่าควรตัดสินใจยอมรับโดยถาวรหรือไม่
5. ขั้นยอมรับ (Adoption) ถ้าการทดลองของบุคคลได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ก็ยอมรับความคิดใหม่ๆ อย่างเต็มที่และขยายการปฏิบัติออกไปเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งนวัตกรรมนั้นกลายเป็นวิธีการที่เขายึดถือปฏิบัติโดยถาวรต่อไป ซึ่งถือเป็นขั้นสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวร

3. ความหมายและความสำคัญของวิศวกร

American Engineers' Council for Professional Development (ECPD, ซึ่งต่อมาคือ ABET) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์เอาไว้ดังนี้

วิศวกรรมศาสตร์คือการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาโครงสร้าง, เครื่องจักร, เครื่องมือ, หรือกระบวนการผลิต หรืองานเพื่อการใช้ประโยชน์สิ่งเหล่านี้โดดเด่นหรือประยุกต์เข้าด้วยกัน หรือเพื่อการสร้างหรือใช้งานสิ่งเหล่านั้นด้วยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ใช้งานอย่างหมดจด หรือเพื่อการพยากรณ์พฤติกรรมของสิ่งเหล่านั้นภายใต้สภาวะที่เจาะจง สิ่งทีกล่าวนี้อาจต้องคำนึงถึงความมุ่งหมายในการใช้งาน, ความคุ้มค่าในการปฏิบัติการ และความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินด้วย

หน้าที่ที่สำคัญที่สุดและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของวิชาชีพวิศวกรก็คือ การระบุ ทำความเข้าใจ และขยายความหมายของ "ข้อจำกัด" ในการออกแบบ เพื่อสร้างผลลัพธ์ที่ได้ผล และเพียงแค่ว่าความสำเร็จในเชิงเทคนิคนั้นยังไม่ถือว่าดีพอ หากแต่จะต้องบรรลุความต้องการที่เหนือไปจากขอบข่ายเชิงเทคนิคอีกด้วย "ข้อจำกัด" ในที่นี้นั้นอาจจะหมายถึง ทรัพยากรที่มี งบประมาณ จินตนาการ หรือเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสำหรับการปรับปรุงพัฒนาต่อ และปัจจัยอื่นๆ เช่น ราคา ความปลอดภัย ความต้องการของตลาด ผลิตภาพ และสามารถใช้งานได้จริงในภาคสนามอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อทำความเข้าใจใน "ข้อจำกัด" วิศวกรจะต้องนำเอาความต้องการที่เจาะจงมาวิเคราะห์เพื่อสร้างขอบเขตซึ่งใช้งานได้จริงสำหรับการผลิตหรือปฏิบัติการ

วิศวกรรมศาสตร์นั้นคล้ายคลึงกับวิทยาศาสตร์ที่มีขอบข่ายกว้างขวางจนสามารถแตกแยกย่อยลงมาได้หลายสาขาย่อย และในแต่ละสาขาย่อยต่างก็มองตัวเองในสายงานต่างๆทางวิศวกรรม ถึงแม้ว่าในช่วงแรก วิศวกรจะถูกฝึกศึกษามาในสาขาใดสาขาหนึ่ง แต่หลังจากผ่านประสบการณ์งานในสายวิศวกรรมมาแล้ว วิศวกรผู้นั้นอาจจะมีความสามารถในการทำงานได้หลากหลายสาขา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงวิศวกรเพียง วิศวกรรมโยธา โดยมีนิยามและหน้าที่ ดังต่อไปนี้

นิยามอาชีพ

วิศวกรรมโยธาเป็นสาขาที่กว้างขวางและมีบทบาทต่อสังคมมากที่สุดสาขาหนึ่งของ วิศวกรรมศาสตร์ งานของวิศวกรโยธาเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคาร สะพาน เขื่อน ถนนและสิ่ง ปลูกสร้างอื่นๆอีกมากมาย วิศวกรโยธามีหน้าที่วางแผน ออกแบบ และควบคุมการก่อสร้างตั้งแต่ งานขนาดเล็กไปจนถึงโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตีกระฟ้า ท่าอากาศยาน ศูนย์การผลิตและ ควบคุมบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้วิศวกรโยธายังมีบทบาทสำคัญในการคิดค้นและพัฒนาระบบขนส่ง และระบบสาธารณูปโภคในอนาคต เช่น การออกแบบระบบรถไฟฟ้าอนาคตซึ่งใช้แรงแม่เหล็กเพื่อออก แรงยกตัวและเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Magnetic levitation trains)

ลักษณะหน้าที่ของงานที่ทำ

วางแผน จัดระบบงาน และควบคุมงานสร้างถนน สะพาน อุโมงค์ และสิ่งอำนวยความสะดวก สะดวกในการขนส่งต่างๆ ทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร ตลอดจนการติดตั้ง การใช้และการ บำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกและระบบสาธารณสุขอื่นๆ พิจารณาโครงการ และทำงานสำรวจเพื่อหา สถานที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการ ก่อสร้าง สำรวจและประเมินลักษณะ และความหนาแน่นของ การจราจรทางอากาศ ทางบก และทางน้ำเพื่อพิจารณาว่าจะมีผลต่อโครงการอย่างไรบ้าง สำรวจดู พื้นผิวดินและใต้ผิวดินว่าจะมีผลต่อการก่อสร้างอย่างไร และเหมาะสมที่จะรองรับสิ่งก่อสร้างเพียงใด ปรึกษาหารือในเรื่องโครงการกับผู้ชำนาญงานสาขาอื่นๆ เช่น วิศวกรไฟฟ้า หรือวิศวกรช่างกล วาง แผนผังรากฐาน ท่อสายไฟ ท่อต่างๆ และงานพื้นดินอื่นๆ คำนวณความเค้น ความเครียด จำนวนน้ำ ผลอันเนื่องมาจากความแรงของลมและอุณหภูมิ ความลาด และเหตุอื่นๆ เตรียมแบบแปลนรายงาน ก่อสร้าง และจัดทำประมาณการวัสดุและประมาณการราคา เลือกชนิดของเครื่องมือขนย้ายดิน เครื่องจักรกรอก เครื่องจักรกล และเครื่องมืออื่นๆ ที่จะใช้ในงานก่อสร้าง จัดทำตารางปฏิบัติงานและ ควบคุมให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนที่วางไว้ ทดสอบ และตรวจสอบโครงสร้างทั้งเก่า และใหม่ ตลอดจนวางแผนและจัดระบบงานซ่อม

วิศวกรรมโยธาในแขนงต่าง ๆ

1. วิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและคำนวณ สิ่งก่อสร้าง การศึกษาในสาขานี้จะเน้นในทางด้าน งานคำนวณวิเคราะห์ ออกแบบโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง และแรงต้านทานของวัสดุ เพื่อหาวัสดุและ ขนาดของวัสดุที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ งานที่เกี่ยวข้องได้แก่ การก่อสร้างอาคาร เขื่อนหรือสะพาน เป็นต้น

2. วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ (Construction Engineering and Management)

ศึกษาเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารเป็นหลัก โดยเน้นศึกษาทางด้านระบบการสร้างอาคาร การวางแผนงาน การประเมินราคาค่าก่อสร้าง นอกจากนี้ ในบางสถาบันจะมีการสอนเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และระบบสุขาภิบาลภายในอาคาร

3. วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering)

ศึกษาแยกเป็น 2 สาขาหลักคือระบบและวัสดุ โดยงานทางด้านระบบจะเน้นทางด้านการวางแผน การจราจร และการจัดการทางด้านงานจราจร โดยทำการศึกษาถึงประโยชน์และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบถนน สำหรับงานทางด้านวัสดุจะเน้นในการศึกษาวัสดุในการทำถนน ได้แก่ คอนกรีตและยางมะตอย เป็นหลัก โดยศึกษาถึงกรรมวิธีในการสร้างถนนและปรับปรุงถนน

4. วิศวกรรมเทคนิคธรณี (Geotechnical engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และวิศวกรรมของดิน เพื่อการวิเคราะห์ ออกแบบ และแก้ปัญหาด้านวิศวกรรมโยธา

5. วิศวกรรมธรณี (Geological engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ วิศวกรรมของหิน และธรณีวิทยาประยุกต์ เพื่อการวิเคราะห์ ออกแบบ และแก้ปัญหาด้านวิศวกรรมโยธาและเหมืองแร่

6. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (Environmental Engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการระบบสิ่งแวดล้อมในน้ำและในอากาศ การปรับปรุงคุณภาพของของเสีย

7. วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ (Water Resource engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับงานทางด้านแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำฝน และระบบการระบายน้ำ รวมทั้งการก่อสร้างคู คลอง และแม่น้ำ

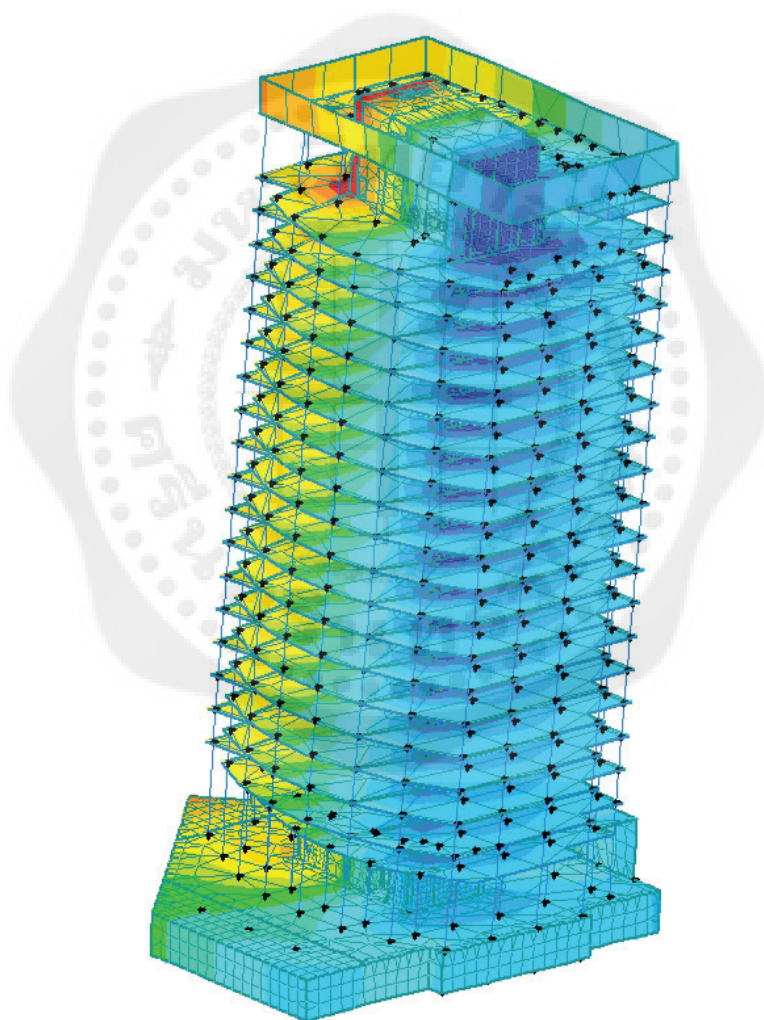
8. วิศวกรรมสำรวจ (Survey Engineering)

ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำรังวัดและงานทางด้านสำรวจ สำหรับใช้ในทางด้านแผนที่ รวมถึงการศึกษาทางด้าน จีพีเอส (GPS) และ ภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics หรือ Geographic information system; GI

4. ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

4.1 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์หาการกระจาย ความเค้น ความเครียดในชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหรือโครงสร้างอาคารด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนหรือโครงสร้างที่มีความซับซ้อนที่ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีธรรมดา ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการคำนวณมากขึ้น จึงทำให้การวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ทำได้ละเอียด ถูกต้อง รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย



ภาพประกอบ 6 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้เข้ามามีอิทธิพลต่อการออกแบบงานทางวิศวกรรมเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันวิศวกรในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อาคารและโครงสร้าง เป็นต้น ล้วนนำการใช้งานไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์เพื่อป้องกันและป้องกันปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นจากการออกแบบได้โดยตรงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องลองผิดลองถูกดังเช่นเคยทำกันมาในอดีต

4.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการวิเคราะห์ปัญหาใดปัญหาหนึ่งนั้น ปัญหานั้นมักประกอบด้วยสมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ผลแม่นยำที่ประดิษฐ์ขึ้นมาได้จะประกอบด้วยค่าของตัวแปรตามของตำแหน่งต่าง ๆ กันบนรูปลักษณะของปัญหานั้น

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ยังบ่งชี้เป็นในว่าผลเฉลยของแต่ละเอลิเมนต์นั้นจำเป็นต้องสอดคล้อง (Satisfy) กับสมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมาให้สำหรับปัญหานั้นๆ ซึ่งหมายความว่าวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องเริ่มพิจารณาที่แต่ละเอลิเมนต์ โดยทำการสร้างสมการสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาที่พิจารณาอยู่นั้นจากนั้นจึงนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์มาประกอบเข้าด้วยกันก่อให้เกิดระบบสมการรวม ซึ่งในความหมายทางกายภาพก็คล้ายกับการนำทุกเอลิเมนต์มาประกอบรวมเข้าด้วยกันก่อให้เกิดเป็นรูปร่างลักษณะทั้งหมดของปัญหาที่แท้จริง แล้วจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมาให้ลงไปในระบบสมการรวมนี้ก่อนทำการแก้ทั้งระบบสมการดังกล่าว เพื่อหาผลเฉลยโดยประมาณที่ต้องการตามตำแหน่งต่างๆ ของปัญหา

กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยทั่วไปประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ
2. การเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์
3. การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์
4. การรวมสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เข้าด้วยกันแล้วแก้สมการระบบใหญ่
5. การคำนวณหาค่าอื่น ๆ ที่เหลือ

อย่างไรก็ตามการที่จะได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงนั้น ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องมีองค์ความรู้ในหลาย ๆ ด้าน นับตั้งแต่คณิตศาสตร์ขั้นสูง ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ความเข้าใจในส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และประสบการณ์การใช้กราฟิกส์ซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทอดรัฐ แวตักดิ์ (2556) ได้ศึกษาเรื่องการยอมรับนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ตโฟนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุระหว่าง 21-30 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานเอกชน/ลูกจ้าง มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 30,001 บาทขึ้นไป และมีสถานภาพโสด

ผู้บริโภคที่มีเพศ อาชีพ รายได้ สถานภาพ แตกต่างกันมีผลต่อพฤติกรรมการซื้อแอปพลิเคชัน ในด้านค่าใช้จ่ายในการซื้อโดยเฉลี่ยต่อเดือน และด้านการใช้แอปพลิเคชันเฉลี่ยต่อวัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ การยอมรับนวัตกรรมในด้านสอดคล้องกับความต้องการ และการยอมรับนวัตกรรมในด้านสามารถทดลองการใช้ได้โดยรวม มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อแอปพลิเคชัน ด้านค่าใช้จ่ายในการซื้อแอปพลิเคชันโดยเฉลี่ยต่อเดือน

สิทธิณัฐ บัวขจร (2556) ได้ศึกษาเรื่องลักษณะของบุคคลและนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นมีพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันด้านช่องทางติดตั้งมีความสัมพันธ์กับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และคุณลักษณะของนวัตกรรมในด้านความเข้ากันได้กับวิถีชีวิตและด้านความซับซ้อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันด้านราคามีความสัมพันธ์กับ อายุ อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และคุณลักษณะของนวัตกรรมในด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานเชิงเปรียบเทียบกับสินค้าที่มีอยู่เดิม ด้านการเข้ากันได้กับวิถีชีวิต ด้านความซับซ้อน และด้านการทดลองได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชันด้านประเภทมีความสัมพันธ์กับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และคุณลักษณะของนวัตกรรมในด้านการสังเกตและสื่อสารได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ธีรพงศ์ อุณตันเตยานนท์ (2554) ได้ศึกษาเรื่องการยอมรับนวัตกรรมมีความสัมพันธ์กับแนวโน้มการใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ของผู้ใช้บริการ ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย อายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี มีการศึกษาระดับปริญญาตรี มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท มีสถานภาพโสด ใช้บริการเครือข่าย AIS และมีความเร็วของเครือข่าย 3G หรือ 4G ที่ใช้บริการปัจจุบันไม่เกิน 10 Mbps ผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนใหญ่ มีการยอมรับนวัตกรรมด้านประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมด้านความสอดคล้อง ด้านความซับซ้อน ด้านการทดสอบได้ และด้านการสังเกตได้ อยู่ในระดับสูง

ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีเพศต่างกัน มีแนวโน้มการใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แตกต่างกัน ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน สถานภาพ ใช้เครือข่ายปัจจุบัน และความเร็วเครือข่าย ต่างกัน มีแนวโน้มการใช้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แตกต่างกัน และการยอมรับนวัตกรรมมีความสัมพันธ์กับแนวโน้มการใช้บริการเครือข่าย ดังนั้นแนวโน้มการใช้บริการระบบ 3G/4G ในอนาคต ในทิศทางเดียวกันในระดับต่ำ ด้านการบอกต่อให้บุคคลอื่นใช้บริการ 3G/4G โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวในระดับค่อนข้างต่ำ

จรัสศรี สงนวล (2553) ได้ศึกษานวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ล ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นต่อลักษณะนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ล 5 ด้าน ประกอบด้วยด้านการสังเกตอยู่ในระดับดีมาก ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมอยู่ในระดับดี ด้านการทดลองได้อยู่ในระดับดี และด้านความซับซ้อนอยู่ในระดับปานกลาง กระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ล 5 ด้าน ประกอบด้วย ขั้นรู้จัก ขั้นสนใจ ขั้นประเมินผล ขั้นทดลอง และขั้นการยอมรับอยู่ในระดับมาก

ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศที่ต่างกันมีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ลในขั้นสนใจ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ด้านอายุที่ต่างกันมีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ลในขั้นรู้จัก และ ขั้นทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้านรายได้ต่อเดือนที่ต่างกันมีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ลในขั้นสนใจ และ ขั้นทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้านอาชีพที่ต่างกันมีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ลในขั้นสนใจ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความเป็นเจ้าของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ตร้าแอปเปิ้ลที่ต่างกัน มีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมทั้ง 5 ด้านได้แก่ ขั้นรู้จัก ขั้นสนใจ ขั้นประเมิน ขั้นทดลอง และขั้นการยอมรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

กฤษฎา หวังศิริ (2553) ได้ศึกษาเรื่องการยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรณีศึกษา บริษัท เทเล อินโฟ มีเดีย จำกัด (มหาชน) พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีลักษณะบุคลิกภาพของผู้รับนวัตกรรมในระดับมาก ลักษณะนวัตกรรมด้านประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก และลักษณะนวัตกรรมด้านการ

เข้ากันได้ดีกับสิ่งที่มีอยู่เดิม ด้านความซับซ้อน ด้านการทดสอบได้ และด้านการสังเกตได้ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง และคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่มีอยู่เดิม ด้านความซับซ้อน และด้านการทดลองมีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมสมุดหน้าเหลือง โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

กนกเกศ ประชุมพรรณ (2552) คุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ไอโฟน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรม ด้านข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน ด้านความสอดคล้องเข้ากันได้ ด้านความซับซ้อน ด้านการทดสอบได้ ด้านความสามารถที่จะสื่อสาร โดยรวมอยู่ในระดับมาก และการยอมรับนวัตกรรม ขั้นรู้จัก ขั้นสนใจ ขั้นประเมินผล ขั้นทดลอง ขั้นการยอมรับ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ผู้บริโภคมที่มีเพศ อายุ และอาชีพที่แตกต่างกัน มีกระบวนการยอมรับนวัตกรรมนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ไอโฟนขั้นการยอมรับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และคุณลักษณะของนวัตกรรมมีความสัมพันธ์กับกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ไอโฟน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Anurupa Kundu (2010) เรื่อง A People-Centric approach in adoption of Innovation: A review and directions for future research กล่าวว่า ลักษณะของผู้รับนวัตกรรมมีส่วนสำคัญอย่างมากในการยอมรับนวัตกรรม ความยืดหยุ่นขององค์กรส่งผลต่อจิตวิทยาส่วนบุคคลของผู้รับนวัตกรรม Digman (1990) ได้กล่าวถึง ลักษณะส่วนบุคคลทั้ง 5 อันได้แก่ บุคลิกภาพ ความพึงพอใจ ความรู้สึกรับรู้ ความมั่นคงในอารมณ์ และความสนใจ ซึ่งนอกเหนือจากปัจจัยทั้ง 5 แล้ว บุคคลที่มีความสร้างสรรค์ มีความอยากรู้อยากเห็น มีจินตนาการและความเป็นศิลปิน การเปิดประสบการณ์ ดังกล่าว จะส่งผลให้สามารถยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” นั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างและนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร ได้แก่ วิศวกรโยธา ที่ใช้หรือรู้จักนวัตกรรมการระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และไม่สามารถระบุจำนวนประชากรที่แน่นอนได้

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นวิศวกรโยธา เนื่องจากไม่ทราบจำนวนประชากร ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณหาขนาดตัวอย่างในกรณีที่ไม่ทราบประชากรที่แน่นอน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2545: 74) คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของทาโร่ ยามาเน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ยอมรับได้ 5% หรือ 0.05 จากสูตรที่คำนวณจะได้กลุ่มตัวอย่าง 385 คน และผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 4% ของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 คนรวมเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 คน

$$n = \frac{Z^2 1 - \frac{\alpha}{2pq}}{E^2}$$

แทนค่า	n	=	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	Z	=	ระดับความเชื่อมั่น
	E	=	ผิดพลาดสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้
	p	=	สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่าง
	q	=	สัดส่วน $1 - p$

สำหรับกรณีนี้ไม่ทราบค่า p และ q แต่เนื่องจากค่า p และ q จะมีค่าสูงสุด เมื่อ $p = 0.5$ และ $q = 0.5$

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ จะได้ $Z = 0.95$ มีค่าเท่ากับ 1.96
 $E = 0.05$ หรือ 5 %

$$\text{แทนค่าในสูตร} \quad \frac{(1.96)(1.96)(0.5)(0.5)}{(0.05)(0.05)} \\ \frac{(3.8416)(0.25)}{0.0025}$$

$n = 384.16$ หรือ 385 ตัวอย่าง

จากการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 385 ตัวอย่าง และผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 4% ของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงรวมขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 400 ตัวอย่าง โดยวิธีการเลือกตัวอย่างจะใช้วิธีตามขั้นตอนดังนี้

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถระบุได้ ว่ามีจำนวนประชากรที่แน่นอน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ที่สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ขั้นที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (Quota Sampling) โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่าง ทำการสำรวจที่ สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวนแต่ละ 200 ตัวอย่าง ดังนี้

ขั้นที่ 3 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้ จัดเก็บข้อมูลที่ สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวน 400 คน

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งสร้างขึ้นเพื่อศึกษา ลักษณะของบุคคลและพฤติกรรมที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ เพศ อายุ ระดับประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยลักษณะการตั้งคำถามที่มีการกำหนดตัวเลือกคำตอบไว้แล้ว เพื่อให้ผู้ตอบเลือกตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้เท่านั้น และเป็นคำตอบเดียวที่ตรงกับความเป็นจริงของผู้ตอบมากที่สุด มี 5 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 เพศ เป็นแบบสอบถามชนิดปลายปิด ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทนามบัญญัติ (Nominal scale) โดยมีคำตอบให้เลือกดังนี้

- 1) ชาย
- 2) หญิง

ข้อที่ 2 อายุ เป็นแบบสอบถามชนิดปลายปิด ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทเรียงลำดับ (Ordinal Scale) โดยมีคำตอบให้เลือกดังนี้

- 1) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี
- 2) 26-35 ปี
- 3) 36-45 ปี
- 4) ตั้งแต่ 46 ปี ขึ้นไป

ข้อที่ 3 ประสบการณ์การทำงาน เป็นแบบสอบถามชนิดปลายปิด ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทเรียงลำดับ (Ordinal Scale) โดยมีคำตอบให้เลือกดังนี้

- 1) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี
- 2) 7-12 ปี
- 3) 13-18 ปี
- 4) 19-24 ปี
- 5) 25 ปีขึ้นไป

ข้อที่ 4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบ เป็นแบบสอบถามชนิดปลายปิด ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทเรียงลำดับ (Ordinal Scale) โดยมีคำตอบให้เลือกดังนี้

- 1) งานให้คำปรึกษา
- 2) งานวางแผนโครงการ
- 3) งานออกแบบและคำนวณ
- 4) งานควบคุมการสร้างและการผลิต
- 5) งานพิจารณาตรวจสอบ
- 6) งานอำนวยความสะดวก

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม เกี่ยวกับการรับสิ่งใหม่ๆ ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธา ซึ่งลักษณะคำถามเป็นแบบสอบถามแบบปลายปิด (Close-Ended Response Question) โดยใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น (Interval Scale) ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 1	หมายถึง	น้อยที่สุด
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	น้อย
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	มาก
ระดับคะแนน 5	หมายถึง	มากที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมาย

การกำหนดเกณฑ์เฉลี่ยในการอธิบายผลคำนวณ โดยใช้สูตรการคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น ดังนี้ (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2548:149)

$$\begin{aligned}
 \text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} &= \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \\
 &= \frac{5 - 1}{5} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยของลักษณะผู้รับนวัตกรรม มีดังนี้

1.00 – 1.80	หมายถึง	กลุ่มล่าช้า (Laggards)
1.81 – 2.60	หมายถึง	กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)
2.61 – 3.40	หมายถึง	กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)
3.41 – 4.20	หมายถึง	กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)
4.21 – 5.00	หมายถึง	กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรรมโยธาในประเทศไทย ใช้
ระดับการวัดข้อมูลแบบเลือกตอบ (Check list) ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative
Advantage) การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม (Compatibility) ความซับซ้อน (Complexity) การทดลอง
ได้ (Testability) และการสังเกตได้ (Observability) ซึ่งลักษณะคำถามเป็นแบบสอบถามแบบปลาย
ปิด (Close-Ended Response Question) โดยใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น (Interval
Scale) ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	เห็นด้วย
ระดับคะแนน 5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การกำหนดเกณฑ์เฉลี่ยในการอธิบายผลคำนวณ โดยใช้สูตรการคำนวณความกว้างของ
อันตรภาคชั้น ดังนี้ (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2548:149)

$$\begin{aligned}
 \text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} &= \frac{\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด} - \text{ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \\
 &= \frac{5 - 1}{5} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยของลักษณะนวัตกรรม มีดังนี้

1.00 – 1.80	หมายถึง	มีระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.81 – 2.60	หมายถึง	มีระดับไม่เห็นด้วย
2.61 – 3.40	หมายถึง	มีระดับไม่แน่ใจ
3.41 – 4.20	หมายถึง	มีระดับเห็นด้วย
4.21 – 5.00	หมายถึง	มีระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ใช้ระดับการวัดข้อมูลแบบเลือกตอบ (Check list) ซึ่งลักษณะคำถามเป็นแบบสอบถามแบบปลายปิด (Close-Ended Response Question) โดยใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาคชั้น (Interval Scale) มีทั้งหมด 5 ข้อแบ่งตามระดับขั้นการยอมรับนวัตกรรม ได้แก่ ขั้นรู้จัก ขั้นสนใจ ขั้นประเมินผล ขั้นทดลอง ขั้นยอมรับ ในแต่ละขั้นจะกำหนดระดับคะแนนในแต่ละขั้นไว้ดังนี้

ระดับคะแนน 1	หมายถึง	น้อยที่สุด
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	น้อย
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	มาก
ระดับคะแนน 5	หมายถึง	มากที่สุด

จากนั้นนำคะแนนสุดท้ายที่ผู้ตอบแบบสอบถามได้ตอบมาแปลความหมาย โดยมีความหมายดังนี้

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนจากแบบสอบถาม มีดังนี้

ระดับการยอมรับ	ช่วงคะแนน	คะแนน
ขั้นรู้จัก	1 – 5	1 – 5
ขั้นสนใจ	1 – 5	6 – 10
ขั้นประเมินผล	1 – 5	11 – 15
ขั้นทดลอง	1 – 5	16 – 20
ขั้นยอมรับ	1 – 5	21 – 25

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1. ศึกษาข้อมูลจากหนังสือเอกสารแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม เพื่อให้ครอบคลุมตามความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สร้างแบบสอบถามและนำเสนอต่ออาจารย์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องขอคำแนะนำในการนำมาปรับปรุงแก้ไข
3. นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแล้วเสนอต่ออาจารย์เพื่อพิจารณาตรวจสอบอีกครั้ง ให้สมบูรณ์ก่อนนำไปทำการทดลอง
4. นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 รายเพื่อทดสอบว่าคำถามในแต่ละข้อและในแต่ละส่วนของแบบสอบถามสามารถสื่อความหมายได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยต้องการหรือไม่
5. นำแบบสอบถามที่ได้ไปทำการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 นำไปโดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha - coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545: 34-35)
6. นำแบบสอบถามที่ได้แก้ไขแล้วไปทำการทดสอบเบื้องต้น (Pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ชุด แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (α - Coefficiency) ของ Cronbach (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545:34-35) ค่าอัลฟาที่ได้จะแสดงถึงระดับความคงที่ของแบบสอบถาม โดยค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากแสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง และค่าที่ใกล้ 0 มากแสดงว่ามีความเชื่อมั่นต่ำ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามที่ยอมรับได้ ควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นซึ่งผลการทดสอบความเชื่อมั่นของชุดคำถามในแบบสอบถามมีดังนี้
 - 6.1 ด้านลักษณะผู้รับนวัตกรรม มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.820
 - 6.2 ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.855
 - 6.3 ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.799
 - 6.4 ด้านความซับซ้อน มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.726
 - 6.5 ด้านการทดลองได้ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.812
 - 6.6 ด้านการสังเกตได้ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.799

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างตามประชากรที่กำหนดไว้ โดยจะนำแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างตอบพร้อมทั้งอธิบาย และให้คำแนะนำในการตอบซึ่งการวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” แหล่งในการรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1. แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.1 ผู้วิจัยเตรียมแบบสอบถามให้เพียงพอกับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

1.2 นำแบบสอบถามซึ่งหาคุณภาพแล้ว ไปขอความร่วมมือจากกลุ่มผู้บริโภคร่วมตามสถานที่ที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และอธิบายวิธีตอบแบบสอบถามก่อนให้ผู้ตอบแบบสอบถามเริ่มต้นทำ และทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามด้วยตนเอง

2. แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิจัยโดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมจากตำราที่เกี่ยวข้องวิทยานิพนธ์สารนิพนธ์เอกสารและวารสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

4. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูล

1. ตรวจสอบข้อมูล (Editing) ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถาม โดยแยกแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์ออก

2. การลงรหัส (Coding) นำแบบสอบถามที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้วมาลงรหัสตามที่ได้กำหนดรหัสไว้ล่วงหน้า

3. การประมวลผลข้อมูลที่ลงรหัสแล้ว นำมาบันทึกโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการอธิบายข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามส่วนที่ 1 ด้านลักษณะประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับประสบการณ์การทำงานและลักษณะหน้าที่รับผิดชอบ นำมาแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)
2. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามส่วนที่ 2 ด้านลักษณะผู้รับนวัตกรรม นำมาแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)
3. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามส่วนที่ 3 ด้านลักษณะนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative Advantage) การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม (Compatibility) ความซับซ้อน (Complexity) การทดลองได้ (Testability) และการสังเกตได้ (Observability) นำมาแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) คำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
4. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามส่วนที่ 4 ด้านการยอมรับนวัตกรรม นำมาคำนวณหาค่าแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยเลือกใช้สถิติ ดังนี้

1. สมมติฐานที่ 1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะหน้าที่รับผิดชอบ แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน สถิติที่ใช้ทดสอบ คือ

1.1. Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน ใช้ทดสอบสมมติฐานที่ 1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ประกอบด้วยเพศ

1.2. One Way ANOVA ใช้ในการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบรายคู่ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างอายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะหน้าที่รับผิดชอบ กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

2. สมมติฐานที่ 2 ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ที่มีต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน สถิติที่ใช้ทดสอบคือ One Way ANOVA ใช้ในการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบรายคู่ได้แก่ ความแตกต่างของลักษณะผู้รับนวัตกรรม กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธา เช่นกัน

3. สมมติฐานที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรม มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Multiple Regression Analysis หรือสถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ เนื่องจากข้อมูลลักษณะนวัตกรรมเป็นข้อมูลประเภทอัตราภาคชั้น (Interval Scale) และการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธา เป็นข้อมูลประเภทอัตราภาคชั้น (Interval Scale) เช่นกัน

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1. สถิติเชิงพื้นฐาน ได้แก่

1.1 การหาค่าร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{f}{x} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์
	f	แทน	ความถี่ของคะแนน
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

1.2 การหาค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2545: 48)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

1.3 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2545:49)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n(\sum x)^2 - ([\sum x])^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	$S.D.$	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง
	x	แทน	คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง
	$n - 1$	แทน	จำนวนตัวแปรอิสระ
	$(\sum x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

2. สถิติที่ใช้ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

ค่าความเชื่อมั่นของชุดคำถาม (Reliability of the test) โดยการใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (α – Coefficient) ด้วยวิธีครอนบัค (Cronbach's alpha) (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2545: 35)

$$\alpha = \frac{k \overline{Con var lance / Variance}}{1 + (k - 1) \overline{Con var lance / Variance}}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามในส่วนที่กำหนด
	k	แทน	จำนวนคำถามของแบบสอบถาม
	$\overline{Con var lance}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าแปรปรวนระหว่างคำถามต่าง ๆ
	$Variance$	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าแปรปรวนของคำถาม

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 กลุ่มเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 คือเพศ ใช้สถิติวิเคราะห์ค่าที (Independent t-test sample) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน โดยใช้สูตร (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546:165-166)

กรณีความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน $S_1^2 = S_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าการแจกแจงใช้พิจารณาใน t-distribution
	$\bar{X}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	$\bar{X}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	S_1^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	S_2^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	n_1	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	n_2	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	df	=	$n_1 + n_2 - 2$

กรณีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน $S_1^2 \neq S_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]}}$$

$$df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}}$$

3.2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่มเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 ลักษณะผู้รับนวัตกรรมและสมมติฐานข้อที่ 2 ลักษณะนวัตกรรม ใช้สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance) โดยใช้สูตรหาค่า F ใช้กรณีค่าความแปรปรวนเท่ากัน (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2545: 176-200)

$$F = \frac{MS_B}{MS_W}$$

เมื่อ	F	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F
	MS_B	แทน	ค่าประมาณของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean Square between Groups)
	MS_W	แทน	ค่าประมาณของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean Square within Groups)

โดยมีองศาอิสระ (Degree of Freedom หรือ df) ดังนี้

$$\begin{aligned} df &= n-1 \\ df (B) &= p-1 \\ df (W) &= n-p \end{aligned}$$

เมื่อ	n	แทน	จำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมด (คน)
	p	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

กรณีพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการตรวจสอบเป็นรายคู่ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้สูตรตามวิธี Least Significant Difference (LSD) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร (กัลยา วาณิชยปัญญา. 2545: 161)

$$LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-k} \sqrt{MSE \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right]}$$

โดยที่ $n_i \neq n_j$ และ $n = n - k$

เมื่อ	LSD	แทน	ค่าผลต่างนัยสำคัญที่คำนวณได้สำหรับกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มที่ i และ j
	$t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-k}$	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาในการแจกแจงแบบ t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และชั้นของความเป็นอิสระภายในกลุ่ม
	MSE	แทน	ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม
	n_i	แทน	จำนวนข้อมูลของกลุ่ม i
	n_j	แทน	จำนวนข้อมูลของกลุ่ม j

3.3 ใช้ค่า Brown-Forsythe (β) กรณีค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

(Hartung. 2001: 300) มีสูตรดังนี้

$$\beta = \frac{MS_{(B)}}{MS_{(W)}}$$

โดยค่า
$$MS_{(W)} = \sum_{i=1}^k \left(1 - \frac{n_i}{N}\right) S_1^2$$

เมื่อ	β	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณา Brown-Forsythe
	$MS_{(B)}$	แทน	ค่าประมาณของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean Square between Groups)
	$MS_{(W)}$	แทน	ค่าประมาณของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean Square within Groups) สำหรับ Brown-Forsythe
	k	แทน	จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง
	n_i	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่ม i
	N	แทน	ขนาดของประชากร
	S_1^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ i_1

กรณีผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบเป็นรายคู่เพื่อดูว่ามีคู่ใดที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Dunnett's T3 (วิเชียร เกศสิงห์. 2543: 116) มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{MS_{(w)} \left[\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_j} \right]}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน T-distribution
	$MS_{(w)}$	แทน	ค่าประมาณของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean Square within group) สำหรับ Brown-Forsythe
	$\bar{X}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ i
	$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ j
	n_i	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มที่ i
	n_j	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มที่ j

3.4 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ ซึ่งมีมากกว่า 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA) จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรอิสระ (X) ของประชากรจะเห็นว่ากลุ่มตัวแปรอิสระ ($\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตามได้ส่วนหนึ่ง ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถอธิบายได้นี้ เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (Error : ε) การวิเคราะห์เชิงถดถอยแบบพหุคูณจะเป็นการพยากรณ์หาค่าสัมประสิทธิ์ α และ β_1 จากค่าสถิติ a และ b ที่ได้จากการคำนวณโดยกลุ่มตัวอย่าง โดยหลักการวิเคราะห์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้จะต้องเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ทำให้ สมการดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองรวมกันน้อยที่สุด (Ordinary Least Square : OLS)

สมการถดถอยเชิงพหุคูณของประชากร

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

สมการถดถอยเชิงพหุคูณของกลุ่มตัวอย่าง

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$$

โดยที่	X	แทน	ตัวแปรอิสระ
	Y	แทน	ตัวแปรตาม
	k	แทน	จำนวนตัวแปรอิสระ

เมื่อ α และ a เป็นจุดตัดแกน Y ของสมการถดถอยหรือค่าของ Y เมื่อให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดเท่ากับศูนย์

ส่วน β และ b เป็นสัมประสิทธิ์ถดถอย (Partial regression coefficient) ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ซึ่งหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Y) เมื่อตัวแปรอิสระนั้นเปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยตัวแปรอิสระตัวอื่นมีค่าคงที่

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ a และ b สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$a = Y - b_1X_1 - b_2X_2 - \dots - b_kX_k$$

$$b_i = \frac{\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

การวิเคราะห์เชิงถดถอยเชิงพหุคูณมีเงื่อนไขที่สำคัญ คือ

1. ความผิดพลาด (Error) ต้องเป็นตัวแปรสุ่ม และมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ
2. ความแปรปรวนของตัวแปรตาม (Y) ในทุกค่าของตัวแปรอิสระ (X) จะต้องเท่ากัน
3. ค่าความผิดพลาดของตัวแปรตาม (Y) แต่ละค่าเป็นอิสระกัน
4. ตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์จะต้องเป็นอิสระกัน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” โดยการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

P	แทน	ค่าร้อยละ หรือ เปอร์เซนต์
f	แทน	ความถี่ของคะแนน
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของคะแนน (Sum of Squares)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของคะแนน (Mean of Squares)
df	แทน	ชั้นของความเป็นอิสระ (Degree of Squares)
F-Ratio	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณา f-Distribution
LSD	แทน	Least Significant Difference
H_0	แทน	สมมติฐานหลัก (Null hypothesis)
H_1	แทน	สมมติฐานรอง (Alternative hypothesis)
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
**	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบคำอธิบาย โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน

3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยนำเสนอในรูปแบบของจำนวน และร้อยละ ดังนี้

ตาราง 1 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะงานที่รับผิดชอบ

ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	371	92.8
	หญิง	29	7.2
	รวม	400	100.00
อายุ	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี	69	17.2
	26-35 ปี	158	39.5
	36-45 ปี	102	25.5
	ตั้งแต่ 46 ปี ขึ้นไป	71	17.8
	รวม	400	100.00
ประสบการณ์การทำงาน			
	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี	103	25.8
	7-12 ปี	115	28.7
	13-18 ปี	77	19.3
	19-24 ปี	56	14.0
	25 ปีขึ้นไป	49	12.2
	รวม	400	100.00

ตาราง 1 (ต่อ)

ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ลักษณะงานที่รับผิดชอบ		
งานให้คำปรึกษา	35	8.7
งานวางโครงการ	36	9.0
งานออกแบบและคำนวณ	123	30.8
งานควบคุมการสร้างและการผลิต	134	33.5
งานพิจารณาตรวจสอบ	42	10.5
งานอำนวยความสะดวก	30	7.5
รวม	400	100.00

จากตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 400 คน จำแนกตาม เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ได้ดังนี้

1. เพศ พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง โดยเป็นเพศชาย จำนวน 371 คน คิดเป็นร้อยละ 92.80 และเป็นเพศหญิงจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 7.20 ตามลำดับ

2. อายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 26-35 ปี มีจำนวนมากที่สุด คือ 158 คน คิดเป็นร้อยละ 39.50 รองลงมาคืออายุระหว่าง 36-45 ปี มีจำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50 รองลงมาคืออายุตั้งแต่ 46 ปี ขึ้นไป มีจำนวน 71 คน คิดเป็นร้อยละ 17.80 และกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 69 คน คิดเป็นร้อยละ 17.20 ตามลำดับ

3. ประสบการณ์การทำงาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์การทำงาน 7-12 ปี มีจำนวนมากที่สุด คือ 115 คน คิดเป็นร้อยละ 28.7 รองลงมาคือประสบการณ์การทำงานต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี มีจำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 25.8 รองลงมาคือประสบการณ์การทำงาน 13-18 ปี มีจำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 19.3 รองลงมาคือประสบการณ์การทำงาน 19-24 ปี มีจำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 และกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์การทำงาน 25 ปีขึ้นไป มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 49 คน คิดเป็นร้อยละ 12.2 ตามลำดับ

4. ลักษณะงานที่รับผิดชอบ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะงานควบคุมการสร้างและการผลิต จำนวนมากที่สุด คือ 134 คน คิดเป็นร้อยละ 33.5 รองลงมามีลักษณะงานออกแบบและคำนวณ มีจำนวน 123 คน คิดเป็นร้อยละ 30.8 รองลงมามีลักษณะงานพิจารณาตรวจสอบ มีจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 10.5 รองลงมามีลักษณะงานวางโครงการ มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 9.0 รองลงมามีลักษณะงานให้คำปรึกษา มีจำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 8.7 และกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะงานอำนวยความสะดวก มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 30 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

จากการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม ประกอบด้วย ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า โดยข้อมูลส่วนนี้จะแสดงเป็น จำนวนในแต่ละกลุ่ม ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และจำนวนร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 2 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม	จำนวน (คน)	Min	Max	$\bar{X}$	ร้อยละ
กลุ่มล่าช้า (Laggards)	1	1.00	1.00	1.00	0.2
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)	5	2.40	2.60	2.48	1.2
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)	114	2.70	3.40	3.19	28.5
กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)	243	3.50	4.20	3.80	60.8
กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)	37	4.30	5.00	4.49	9.3
รวม	400				100.00

จากตาราง 2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม ในการวิจัย จำนวน 400 คน จำแนกตาม กลุ่มล่าช้า (Laggards) กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) โดยแจกแจงความถี่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและจำนวนร้อยละ ได้ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) จำนวนมากที่สุด คือ 243 คน คิดเป็นร้อยละ 60.8 โดยมีค่าต่ำสุด 3.50 ค่าสูงสุด 4.20 และค่าเฉลี่ย 3.80 รองลงมาคือกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.5 โดยมีค่าต่ำสุด 2.70 ค่าสูงสุด 3.40 และค่าเฉลี่ย 3.19 รองลงมาคือกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 9.3 โดยมีค่าต่ำสุด 4.30 ค่าสูงสุด 5.00 และค่าเฉลี่ย 4.49 รองลงมาคือกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.2 โดยมีค่าต่ำสุด 2.40 ค่าสูงสุด 2.60 และค่าเฉลี่ย 2.48 และกลุ่มล้าหลัง (Laggards) มีจำนวนน้อยที่สุด คือ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.2 โดยมีค่าต่ำสุด 1.00 ค่าสูงสุด 1.00 และค่าเฉลี่ย 1.00 ตามลำดับ

เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรมของผู้ตอบแบบสอบถาม มีความถี่ของข้อมูลการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอและบางกลุ่มมีจำนวนความถี่น้อยเกินไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลใหม่เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของข้อมูลมีความสม่ำเสมอ เพื่อทำการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งได้กลุ่มใหม่ คือ กลุ่มล้าหลัง (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะของผู้รับนวัตกรรม (รวบรวมข้อมูลใหม่)

ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม	จำนวน (คน)	Min	Max	$\bar{X}$	ร้อยละ
กลุ่มล้าหลัง (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)	6	1.00	2.60	2.23	1.4
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)	114	2.70	3.40	3.19	28.5
กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)	243	3.50	4.20	3.80	60.8
กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)	37	4.30	5.00	4.49	9.3
รวม	400				100.00

จากตาราง 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม (รวบรวมข้อมูลใหม่) ในการวิจัย จำนวน 400 คน จำแนกตาม กลุ่มล่าหลัง (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) โดยแจกแจงความถี่และจำนวนร้อยละได้ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) จำนวนมากที่สุด คือ 243 คน คิดเป็นร้อยละ 60.8 โดยมีค่าต่ำสุด 3.50 ค่าสูงสุด 4.20 และค่าเฉลี่ย 3.80 รองลงมาคือกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.5 โดยมีค่าต่ำสุด 2.70 ค่าสูงสุด 3.40 และค่าเฉลี่ย 3.19 รองลงมาคือกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 9.3 โดยมีค่าต่ำสุด 4.30 ค่าสูงสุด 5.00 และค่าเฉลี่ย 4.49 และกลุ่มล่าหลัง (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 1.4 โดยมีค่าต่ำสุด 1.00 ค่าสูงสุด 2.60 และค่าเฉลี่ย 2.23 ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ประกอบด้วย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ โดยข้อมูลส่วนนี้จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย และ S.D. ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้าน
ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม

ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ	3.95	0.49	เห็นด้วย
2. ประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ	3.95	0.59	เห็นด้วย
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณออกแบบ	4.07	0.56	เห็นด้วย
4. ให้ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบที่แม่นยำ	3.98	0.57	เห็นด้วย
ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมโดยรวม	3.98	0.40	เห็นด้วย

จากตาราง 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.98 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมที่อยู่ในระดับเห็นด้วย คือ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณออกแบบ การให้ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบที่แม่นยำ การประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ และการสะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 3.98 3.95 และ 3.95 ตามลำดับ

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม

การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่าง ๆ	2.44	1.10	ไม่เห็นด้วย
2. สอดคล้องกับประสิทธิภาพการออกแบบของท่าน	2.41	1.05	ไม่เห็นด้วย
3. สอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์	2.92	1.00	ไม่แน่ใจ
4. สอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เช่น การป้องกันแผ่นดินไหว	3.61	0.68	เห็นด้วย
การเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิมโดยรวม	2.84	0.77	ไม่แน่ใจ

จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับการเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิมพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.84 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิมที่อยู่ในระดับเห็นด้วย คือ ความสอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เช่น การป้องกันแผ่นดินไหว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมที่อยู่ในระดับไม่แน่ใจ คือ ความสอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมที่อยู่ในระดับไม่เห็นด้วย คือ ความสอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่างๆ และความสอดคล้องกับประสบการณ์การออกแบบของท่าน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 และ 2.41 ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านความซับซ้อน

ความซับซ้อน	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สามารถเข้าใจวิธีการใช้ได้ง่าย	2.33	1.00	ไม่เห็นด้วย
2. สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย	2.35	1.03	ไม่เห็นด้วย
3. สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ	2.39	1.06	ไม่เห็นด้วย
4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาคารได้ง่าย เช่น เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน เพียง ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น	3.58	0.72	เห็นด้วย
ความซับซ้อนโดยรวม	2.66	0.77	ไม่แน่ใจ

จากตาราง 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับความซับซ้อนพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.66 เมื่อพิจารณารายชื่อพบว่า

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านความซับซ้อนที่อยู่ในระดับเห็นด้วย คือ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาคารได้ง่าย เช่น เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน เพียง ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.58

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านความซับซ้อนที่อยู่ในระดับไม่เห็นด้วย คือ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย สามารถเข้าใจวิธีการใช้ได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.39 2.35 และ 2.33 ตามลำดับ

ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการทดลองได้

การทดลองได้	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. มีการทดลองใช้งาน จากโปรแกรมทดลองฟรี	3.96	0.61	เห็นด้วย
2. มีการอบรมวิธีการใช้งานเบื้องต้น	4.04	0.58	เห็นด้วย
3. มีคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด	4.04	0.53	เห็นด้วย
4. มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ หรือแก้ปัญหาการใช้งาน	4.04	0.54	เห็นด้วย
การทดลองได้โดยรวม	4.01	0.43	เห็นด้วย

จากตาราง 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับการทดลองได้พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.01 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการทดลองได้ที่อยู่ในระดับเห็นด้วย คือ มีการอบรมวิธีการใช้งานเบื้องต้น มีคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ หรือแก้ปัญหาการใช้งาน และมีการทดลองใช้งาน จากโปรแกรมทดลองฟรี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 4.04 4.04 และ 3.96 ตามลำดับ

ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมด้านการสังเกตได้

การสังเกตได้	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ระยะเวลาการทำงาน ออกแบบลดลง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น	3.98	0.56	เห็นด้วย
2. การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการ ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น	4.08	0.54	เห็นด้วย
3. การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ ผลการ วิเคราะห์ที่ละเอียด เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น	4.01	0.52	เห็นด้วย
4. การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นภาพและแสดง รายละเอียดงานที่ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณ แบบอื่น	4.02	0.53	เห็นด้วย
การสังเกตได้โดยรวม	4.02	0.38	เห็นด้วย

จากตาราง 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับการสังเกตได้ได้พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.02 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า

ลักษณะนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการทดลองได้ที่อยู่ในระดับเห็นด้วย คือ การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นภาพและแสดงรายละเอียดงานที่ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียด เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ระยะเวลาการทำงานออกแบบลดลง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 4.02 4.01 และ 3.98 ตามลำดับ

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับการยอมรับนวัตกรรม ได้แก่ ขั้นรู้จัก ขั้นสนใจ ขั้นประเมินผล ขั้นทดลอง ขั้นยอมรับ โดยนำเสนอในรูปแบบของจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ S.D. ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตาราง 9 แสดงจำนวน (ร้อยละ) ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับการยอมรับนวัตกรรม

การยอมรับนวัตกรรม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อยู่ในระดับขั้นรู้จัก	21	5.3
อยู่ในระดับขั้นสนใจ	34	8.5
อยู่ในระดับขั้นประเมินผล	161	40.2
อยู่ในระดับขั้นทดลอง	85	21.3
อยู่ในระดับขั้นยอมรับ	99	24.7
รวม	400	100.00

จากตาราง 9 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับการยอมรับนวัตกรรม ในการวิจัยจำนวน 400 คน จำแนกตาม ระดับการยอมรับนวัตกรรม ได้แก่ ขั้นรับทราบ ขั้นสนใจ ขั้นประเมินผล ขั้นทดลอง ขั้นยอมรับปฏิบัติ โดยแจกแจงความถี่และจำนวนร้อยละ ได้ดังนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการยอมรับนวัตกรรมอยู่ในขั้นประเมินผล จำนวนมากที่สุด คือ 161 คน คิดเป็นร้อยละ 40.2 รองลงมามีระดับการยอมรับนวัตกรรมอยู่ในขั้นยอมรับจำนวน 99 คน คิดเป็นร้อยละ 24.7 รองลงมามีระดับการยอมรับนวัตกรรมอยู่ในขั้นทดลอง จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 21.3 รองลงมามีระดับการยอมรับนวัตกรรมอยู่ในขั้นสนใจ จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 8.5 และมีระดับการยอมรับนวัตกรรมอยู่ในขั้นรู้จัก จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 5.3 ตามลำดับ

ตาราง 10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับระดับการยอมรับนวัตกรรม

ระดับการยอมรับนวัตกรรม	ระดับความสำคัญ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
การยอมรับนวัตกรรม	15.14	5.93	อยู่ในระดับขั้นประเมินผลนวัตกรรม

จากตาราง 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับขั้นประเมิณผลนวัตกรรม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.14

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน

การวิจัยครั้งนี้ ได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ 3 ข้อ คือ

สมมติฐานข้อที่ 1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.1 เพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

H_0 : เพศชายและหญิง มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

H_1 : เพศชายและหญิง มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบค่า t โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test) ใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อ 2-tailed Prop.(p) มีค่าน้อยกว่า 0.05

โดยจะทำการตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อนโดยใช้ Levene's test ซึ่งตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อ ค่า Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05

ตาราง 11 แสดงการทดสอบความแปรปรวนและการทดสอบความแตกต่าง ของการยอมรับ
 นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามเพศ โดยใช้
 สถิติ t-test ทดสอบ

การยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์	Levene's test for Equality of Variances		เพศ	$\bar{X}$	t-test for Equality of Means			Sig. (2-tailed)
	F	Sig			S.D.	df	t	
การยอมรับนวัตกรรม								
Equal variances assumed	1.429	0.233	ชาย	15.25	1.420	398	1.244	0.214
Equal variances not assumed			หญิง	13.83				

จากตาราง 11 ผลการทดสอบความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเพศ พบว่า การยอมรับนวัตกรรม
 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.233 ซึ่งมีค่ามากกว่า
 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนเท่ากัน จึงใช้ Equal variances assumed ดังนั้น สำหรับค่า t-test
 for Equality of Means โดยพิจารณาผลการทดสอบสมมติฐานได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของ การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของ
 วิศวกรโยธาในประเทศไทย พบว่า มีค่า Sig.(2-tailed) เท่ากับ 0.214 ซึ่งมากกว่า 0.05 คือยอมรับ
 สมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) หมายความว่า เพศชายและหญิง มีการยอมรับ
 นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับ
 นัยสำคัญ 0.05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.2 อายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

H_0 : อายุที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

H_1 : อายุที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance: One Way ANOVA) การทดสอบสมมติฐานใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน ถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง F-test และถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง Brown-Forsythe test ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 และถ้าสมมติฐานข้อใดปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน จะนำไปเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบ Least Significant Difference (LSD) หรือ Dunnett's T3 เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

โดยจะตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน โดยใช้ Levene's test ซึ่งตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05

ตาราง 12 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มอายุ โดยใช้ Levene's test

การยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	Levene's test	df1	df2	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	1.540	3	396	0.204

จากตาราง 12 ผลการทดสอบ Levene Statistic Test เปรียบเทียบกลุ่มอายุกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ดังนี้

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.204 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของกลุ่มอายุอย่างน้อย 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ F-test

ตาราง 13 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามอายุ

การยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์	แหล่งความ แปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	ระหว่างกลุ่ม	10.040	3	3.347	0.095	0.963
	ภายในกลุ่ม	14001.550	396	35.357		
	รวม	14011.590	399			

จากตาราง 13 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.963 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) อายุที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เพื่อให้ทราบว่า อายุที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกันเป็นรายคู่ใดบ้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ตาราง 14 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามอายุ โดยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

อายุ	$\bar{X}$	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี	26-35 ปี	36-45 ปี	ตั้งแต่ 46 ปีขึ้นไป
		15.46	15.14	14.95	15.08
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี	15.46	-	0.324 (0.705)	0.483 (0.602)	0.379 (0.706)
26-35 ปี	15.14	-0.324 (0.705)	-	0.158 (0.834)	0.054 (0.949)
36-45 ปี	14.98	-0.483 (0.602)	-0.158 (0.834)	-	-0.104 (0.910)
ตั้งแต่ 46 ปีขึ้นไป	15.08	-0.379 (0.706)	-0.054 (0.949)	0.104 (0.910)	-

จากตาราง 14 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามอายุ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี 26-35 ปี 36-45 ปี และตั้งแต่ 46 ปีขึ้นไป ค่า Sig. เท่ากับ 0.705 0.602 0.706 0.834 0.949 และ 0.910 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) หมายความว่า อายุที่แตกต่างกันมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.3 ประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

H_0 : ประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance: One Way ANOVA) การทดสอบสมมติฐานใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน ถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง F-test และถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง Brown-Forsythe test ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 และถ้าสมมติฐานข้อใดปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน จะนำไปเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบ Least Significant Difference (LSD) หรือ Dunnett's T3 เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

โดยจะตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน โดยใช้ Levene's test ซึ่งตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05

ตาราง 15 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มประสบการณ์การทำงาน โดยใช้

Levene's test

การยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	Levene's test	df1	df2	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	1.454	4	395	0.216

จากตาราง 15 ผลการทดสอบ Levene Statistic Test เปรียบเทียบกลุ่มประสบการณ์การทำงานกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ดังนี้

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.216 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของกลุ่มอายุอย่างน้อย 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ F-test

ตาราง 16 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน

การยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์	แหล่งความ แปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	ระหว่างกลุ่ม	213.951	4	53.488	1.531	0.192
	ภายในกลุ่ม	13797.639	395	34.931		
	รวม	14011.590	399			

จากตาราง 16 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.192 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เพื่อให้ทราบว่า ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกันเป็นรายคู่ใดบ้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ตาราง 17 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน โดยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ประสบการณ์การทำงาน	$\bar{X}$	ต่ำกว่า หรือ เท่ากับ 6 ปี	7-12 ปี	13-18 ปี	19-24 ปี	25 ปี ขึ้นไป
		16.12	14.24	14.89	15.03	15.71
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี	16.12	-	1.882 (0.079)	1.230 (0.168)	1.090 (0.267)	0.411 (0.688)
7-12 ปี	14.24	-1.882 (0.079)	-	-0.652 (0.454)	-0.792 (0.411)	-1.470 (0.145)
13-18 ปี	14.89	-1.230 (0.168)	0.652 (0.454)	-	-0.139 (0.893)	-0.818 (0.449)
19-24 ปี	15.03	-1.090 (0.267)	0.792 (0.411)	0.139 (0.893)	-	-0.678 (0.558)
25 ปี ขึ้นไป	15.71	-0.411 (0.688)	1.470 (0.145)	0.818 (0.449)	0.678 (0.558)	-

จากตาราง 17 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามประสบการณ์การทำงาน พบว่า

กลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์การทำงาน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี 7-12 ปี 13-18 ปี 19-24 ปี และ 25 ปีขึ้นไป ค่า Sig. เท่ากับ 0.079 0.168 0.267 0.688 0.454 0.411 0.145 0.893 0.449 และ 0.558 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) หมายความว่า ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกันมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

H_0 : ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance: One Way ANOVA) การทดสอบสมมติฐานใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน ถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง F-test และถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง Brown-Forsythe test ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 และถ้าสมมติฐานข้อใดปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน จะนำไปเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบ Least Significant Difference (LSD) หรือ Dunnett's T3 เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

โดยจะตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน โดยใช้ Levene's test ซึ่งตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05

ตาราง 18 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยใช้

Levene's test

การยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	Levene's test	df1	df2	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	1.844	5	394	0.103

จากตาราง 18 ผลการทดสอบ Levene Statistic Test เปรียบเทียบกลุ่มลักษณะงานที่รับผิดชอบกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ดังนี้

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.103 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของกลุ่มลักษณะงานที่รับผิดชอบอย่างน้อย 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ F-test

ตาราง 19 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะงานที่รับผิดชอบ

การยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์	แหล่งความ แปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	ระหว่างกลุ่ม	76.521	5	15.304	0.433	0.826
	ภายในกลุ่ม	13935.069	394	35.368		
	รวม	14011.590	399			

จากตาราง 19 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า Sig. เท่ากับ 0.826 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เพื่อให้ทราบว่า ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกันเป็นรายคู่ใดบ้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะงานที่รับผิดชอบ โดยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ลักษณะงานที่รับผิดชอบ	$\bar{X}$	งานให้คำปรึกษา	งานวางโครงการ	งานออกแบบและคำนวณ	งานควบคุมการสร้างและการผลิต	งานพิจารณาตรวจสอบ	งานอำนวยความสะดวก
		14.45	15.16	15.52	14.96	15.76	14.30
งานให้คำปรึกษา	14.45	-	-0.709 (0.616)	-1.071 (0.348)	-0.505 (0.655)	-1.304 (0.338)	0.157 (0.915)
งานวางโครงการ	15.16	0.709 (0.616)	-	-0.361 (0.748)	0.203 (0.855)	-0.595 (0.660)	0.866 (0.556)
งานออกแบบและคำนวณ	15.52	1.071 (0.348)	0.361 (0.748)	-	0.565 (0.447)	-0.233 (0.826)	1.228 (0.311)
งานควบคุมการสร้างและการผลิต	14.96	0.505 (0.655)	-0.203 (0.855)	-0.565 (0.447)	-	-0.799 (0.448)	0.662 (0.581)
งานพิจารณาตรวจสอบ	15.76	1.304 (0.338)	0.595 (0.660)	0.233 (0.826)	0.799 (0.448)	-	1.461 (0.304)
งานอำนวยความสะดวก	14.30	-0.157 (0.915)	-0.866 (0.556)	-1.228 (0.311)	-0.662 (0.581)	-1.461 (0.304)	-

จากตาราง 20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะงานที่รับผิดชอบ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะงานที่รับผิดชอบ งานให้คำปรึกษา งานวางโครงการ งานออกแบบและคำนวณ งานควบคุมการสร้างและการผลิต งานพิจารณาตรวจสอบ งานอำนวยความสะดวก ค่า Sig. เท่ากับ 0.616 0.348 0.655 0.338 0.915 0.748 0.855 0.660 0.556 0.447 0.826 0.311 0.448 0.581 และ 0.304 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_1) หมายความว่า ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกันมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานข้อที่ 2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน

H_0 : ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้าที่ต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้าที่ต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะใช้การทดสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance: One Way ANOVA) การทดสอบสมมติฐานใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน ถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง F-test และถ้าความแปรปรวนแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ให้ทดสอบสมมติฐานจากตาราง Brown-Forsythe test ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 และถ้าสมมติฐานข้อใดปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ที่มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน จะนำไปเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีการทดสอบ Least Significant Difference (LSD) หรือ Dunnett's T3 เพื่อหาว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

โดยจะตรวจสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มก่อน โดยใช้ Levene's test ซึ่งตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

H_1 : ค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

ผลการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อค่า Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05

ตาราง 21 แสดงการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มลักษณะผู้รับนวัตกรรม โดยใช้

Levene's test

การยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	Levene's test	df1	df2	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	7.202*	3	396	0.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 21 ผลการทดสอบ Levene Statistic Test เปรียบเทียบกลุ่มลักษณะงานที่
รับผิดชอบกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ดังนี้

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า
Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าความแปรปรวนของกลุ่มลักษณะงานที่
รับผิดชอบอย่างน้อย 2 กลุ่มแตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ
Brown-Forsythe

ตาราง 22 แสดงการทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของ
วิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม

Brown-Forsythe	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
การยอมรับนวัตกรรม	3.026*	3	76.823	0.035

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 22 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างของการยอมรับนวัตกรรม
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม โดย
ใช้สถิติ Brown-Forsythe พบว่า

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีค่า
Sig. เท่ากับ 0.033 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง
(H_1) หมายความว่า ลักษณะผู้รับนวัตกรรมแตกต่างกัน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอ
ลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

ดังนั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีทดสอบแบบ Dunnett's T3 เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลการทดสอบ ดังนี้

ตาราง 23 แสดงการเปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม โดยเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Dunnett's T3

ลักษณะผู้รับ นวัตกรรม	$\bar{X}$	กลุ่มล่าช้า (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับ ช้า (Late Majority)	กลุ่มส่วนใหญ่ที่ ยอมรับเร็ว (Early Majority)	กลุ่มผู้ที่ยอมรับ นวัตกรรมได้ ง่าย (Early Adopters)	กลุ่มผู้นำทาง นวัตกรรม (Innovator)
		10.3333	14.1667	15.6337	15.4595
กลุ่มล่าช้า (Laggards) และ กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)	10.3333	-	-3.83333 (0.123)	-5.30041* (0.031)	-5.12613* (0.050)
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)	14.1667	3.83333 (0.123)	-	-1.46708* (0.030)	-1.29279 (0.249)
กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ ง่าย (Early Adopters)	15.6337	5.30041* (0.031)	1.46708* (0.030)	-	0.17429 (0.868)
กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)	15.4595	5.12613* (0.050)	1.29279 (0.249)	-0.17429 (0.868)	-

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 23 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามลักษณะผู้รับนวัตกรรม พบว่า

วิศวกรที่มีลักษณะผู้รับนวัตกรรมอยู่ในกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) กับกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) และกลุ่มล่าช้า (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) มีค่า Sig. เท่ากับ 0.031 0.050 และ 0.030 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) หมายความว่า วิศวกรที่มีลักษณะผู้รับนวัตกรรมที่แตกต่างกันมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิศวกรกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม

(Innovator) มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สูงกว่ากลุ่มล่าช้า (Laggards) โดยมีผลต่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.12613 และกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สูงกว่ากลุ่มล่าช้า (Laggards) และกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) โดยมีผลต่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.30041 และ 1.46708 ตามลำดับ

สมมติฐานข้อที่ 3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

H_0 : คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

H_1 : คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) โดยเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยด้วยเทคนิค Enter ใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ กำหนดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อน e มีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ค่าแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเป็นค่าคงที่ไม่ทราบค่า และตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย และสามารถนำมาสร้างสมการความถดถอยเพื่อทำนายการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม นวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้

ตาราง 24 สรุปตัวแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดที่เข้าสมการความถดถอยเชิงพหุ

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error. of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.422 ^a	0.178	0.168	5.43819	1.930

a. Predictors: (Constant), AllRelative, AllCompatibility, AllComplexity, AllTestability, AllObservability

b. Dependent Variable: AllAdoption

จากตาราง 24 สรุปตัวแบบที่ได้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของตัวแปรที่เข้าสมการ (R_{AllRelative, AllCompatibility, AllComplexity, AllTestability, AllObservability}) มีความสัมพันธ์ที่ระดับ 0.422 ซึ่งตัวแปรอิสระที่นำเข้าสมการสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยมีความน่าเชื่อถืออยู่ที่ร้อยละ 17.80 (ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2 = 0.178$) ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ = 5.43819 ค่าสถิติความเป็นอิสระกันของค่าคลาดเคลื่อน (Durbin-Watson) = 1.930 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.500 แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

ตาราง 25 ค่าความแปรปรวนร่วมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (ANOVA)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F-test	Sig.
1 Regression	2522.131	5	504.426	17.056	0.000 ^b
Residual	11652.109	394	29.574		
Total	14174.240	399			

a. Dependent Variable: AllAdoption

b. Predictors: (Constant), AllRelative, AllCompatibility, AllComplexity, AllTestability, AllObservability

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANOVA) เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ในสมการถดถอยสามารถใช้ทำนายการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยได้ โดยใช้สถิติทดสอบ F-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมด้วยสถิติทดสอบ F-test มีค่าเท่ากับ 17.056 โดยที่ df มีองศาอิสระเป็น 5, 394 ค่าเฉลี่ยกำลังสองเท่ากับ 504.426 ค่า Sig =

0.000 ระดับความเชื่อมั่น 100% สรุปได้ว่า ตัวแปรอิสระสามารถใช้ทำนายการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยได้

ตาราง 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐานของตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Coefficients)

Model	Unstandardized		Standardized	T-test	Sig.
	Coefficients		Coefficients		
	B	Std.Error	Beta		
1 ค่าคงที่ (Constant)	-16.952	3.628		-4.672	0.000*
AllRelative (X_1)	2.400	0.803	0.162	2.990	0.003*
AllCompatibility (X_2)	-0.331	0.533	-0.043	-0.621	0.535
AllComplexity (X_3)	0.951	0.535	0.123	1.778	0.076*
AllTestability (X_4)	1.302	0.684	0.095	1.905	0.058*
AllObservability (X_5)	3.898	0.887	0.250	4.396	0.000*

a. Dependent Variable: AllAdoption

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

ตาราง 26 จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามของสมการถดถอย ด้วยสถิติ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% พบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (AllRelative) มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน 2.400 (T-test = 2.990, Sig = 0.003) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ความซับซ้อน (AllComplexity) มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน 0.951 (T-test = 1.778, Sig = 0.076) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ การทดลองได้ (AllTestability) มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน 1.302 (T-test = 1.905, Sig = 0.058) ซึ่งมี

ความสัมพันธ์ในเชิงบวก และคุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ การสังเกตได้ (AllObservability) มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมาตรฐาน 3.898 (T-test = 4.396, Sig = 0.000) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก สำหรับ คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม (AllCompatibility) มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเมื่อนำเข้าสู่สมการมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ

ผู้วิจัยจึงได้นำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวทำนายมาเขียนเป็นสมการทำนายการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Y) โดยใช้ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอยดังนี้

$$Y = -16.952 + 2.400(X_1) - 0.331(X_2) + 0.951(X_3) + 1.302(X_4) + 3.898(X_5)$$

เมื่อ	Y	แทน	การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
	X ₁	แทน	ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม
	X ₂	แทน	ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม
	X ₃	แทน	ด้านความซับซ้อน
	X ₄	แทน	ด้านการทดลองได้
	X ₅	แทน	ด้านการสังเกตได้

ผลการศึกษารูปได้ดังนี้

หากวิศวกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (X₁) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลทำให้การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Y) เพิ่มขึ้น 2.400 หน่วย ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อีก 4 ด้านคงที่

หากวิศวกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านความซับซ้อน (X₃) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลทำให้การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Y) เพิ่มขึ้น 0.951 หน่วย ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อีก 4 ด้านคงที่

หากวิศวกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านการสังเกตได้ (X_4) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลทำให้การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Y) เพิ่มขึ้น 1.302 หน่วย ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อีก 4 ด้านคงที่

หากวิศวกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านการทดลองได้ (X_5) เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลทำให้การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย (Y) เพิ่มขึ้น 3.898 หน่วย ทั้งนี้เมื่อกำหนดให้คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์อีก 4 ด้านคงที่



สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

ตาราง 27 แสดงสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน	ผลการทดสอบ สมมติฐาน	สถิติที่ใช้
สมมติฐานข้อที่ 1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน		
สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.1 เพศที่ต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	ไม่เป็นไปตาม สมมติฐาน	Independent t-test
สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.2 อายุที่ต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	ไม่เป็นไปตาม สมมติฐาน	One Way ANOVA
สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.3 ประสบการณ์การทำงานที่ต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	ไม่เป็นไปตาม สมมติฐาน	One Way ANOVA
สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่ต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	ไม่เป็นไปตาม สมมติฐาน	One Way ANOVA

ตาราง 27 (ต่อ)

สมมติฐาน	ผลการทดสอบ สมมติฐาน	สถิติที่ใช้
สมมติฐานข้อที่ 2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้าลง ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน		
การยอมรับนวัตกรรม	เป็นไปตามสมมติฐาน	One Way ANOVA
สมมติฐานข้อที่ 3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย		
การยอมรับนวัตกรรม	เป็นไปตามสมมติฐาน	Multiple Regression Analysis

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากลยุทธ์เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการขององค์กร และเพื่อใช้เป็นข้อมูลแก่ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าไปใช้ในการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

สังเขปการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยจำแนกตามลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ
2. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับลักษณะผู้รับนวัตกรรม อันประกอบด้วย ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของนวัตกรรม อันประกอบด้วย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยเรื่อง “การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย” ผลของการวิจัยจะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย
2. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่มี

ผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

3. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการใช้งาน เพื่อให้วิศวกรมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มากขึ้น

5. เพื่อให้วิศวกรในสาขาอื่นๆ สามารถนำผลจากการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในสายงานต่อไป

สมมติฐานทางการวิจัย

1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน

3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร ได้แก่ วิศวกรโยธา ที่ใช้หรือรู้จักนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และไม่สามารถระบุจำนวนประชากรที่แน่นอนได้

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วิศวกรโยธาซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณหาขนาดตัวอย่างในกรณีที่ไม่ทราบประชากรที่แน่นอน (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545: 74) คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของทาโร ยามาเน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ยอมรับได้ 5% หรือ 0.05 จากสูตรที่คำนวณจะได้กลุ่มตัวอย่าง 385 คน และผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 4% ของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 15 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจึง รวมเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 400 คน

วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการสุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีตามขั้นตอน ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ วิศวกร จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง แบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ที่สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ขั้นที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (Quota Sampling) โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่าง ทำการสำรวจที่ สภาวิศวกรและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวนแห่งละ 200 ตัวอย่าง

ขั้นที่ 3 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความสะดวก (Convenience Sampling) เพื่อรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้ จัดเก็บข้อมูลที่ สภาวิศวกร และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวน 400 คน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสอบถามสำหรับใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ มีการออกแบบโครงสร้างของแบบสอบถามประกอบด้วย 4 ส่วน ซึ่งมีคำถามทั้งหมดจำนวน 39 ข้อ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

ส่วนที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ส่วนที่ 4 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

โดยในแต่ละส่วนจะประกอบด้วยคำถามต่างๆ และมีการวัดข้อมูลในแต่ละข้อคำถามดังรายละเอียดในตาราง 28

ตาราง 28 แสดงจำนวนข้อแบบสอบถาม และประเภทการวัดข้อมูล

คำถาม	ลักษณะคำถาม	ประเภทการวัดข้อมูล
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ข้อที่ 1 เพศ	แบบสอบถามปลายปิด	Nominal Scale
ข้อที่ 2 อายุ	แบบสอบถามปลายปิด	Ordinal Scale
ข้อที่ 3 ประสบการณ์การทำงาน	แบบสอบถามปลายปิด	Ordinal Scale
ข้อที่ 4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบ	แบบสอบถามปลายปิด	Nominal Scale
ส่วนที่ 2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม		
จำนวน 10 ข้อ	แบบสอบถามปลายปิด Semantic Differential Scale	Interval Scale มี 5 ระดับ
ส่วนที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์		
จำนวน 20 ข้อ	แบบสอบถามปลายปิด Semantic Differential Scale	Interval Scale มี 5 ระดับ
ส่วนที่ 4 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์		
จำนวน 5 ข้อ	แบบสอบถามปลายปิด Semantic Differential Scale	Interval Scale มี 5 ระดับ

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับแบบสอบถามในการวิจัยนี้ มีการวิเคราะห์ใน 2 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ในการอธิบายลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลลักษณะผู้รับนวัตกรรม ลักษณะนวัตกรรม และข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย และการวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 29 แสดงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพรรณนาของแต่ละตัวแปร

แบบสอบถาม	สถิติที่ใช้
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าร้อยละ (Percentage)
ส่วนที่ 2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม	ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
ส่วนที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรม	ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
ส่วนที่ 4 การยอมรับนวัตกรรม	ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตาราง 30 แสดงสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อ

สมมติฐาน	สถิติที่ใช้
สมมติฐานข้อที่ 1.	
1.1 เพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน	Independent t-test
1.2 อายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน	One Way ANOVA

ตาราง 30 (ต่อ)

สมมติฐาน	สถิติที่ใช้
1.3 ประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกร โยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	One Way ANOVA
1.4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกร โยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน	One Way ANOVA
สมมติฐานข้อที่ 2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ ยอมรับช้า และผู้ที่ล้าหลัง ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกร โยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน	One Way ANOVA
สมมติฐานข้อที่ 3.	
3.1 คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธา	Multiple Regression Analysis

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปของกลุ่ม
ตัวอย่าง โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 92.80 มีอายุอยู่
ในช่วงระหว่าง 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 39.50 มีประสบการณ์การทำงาน คิดเป็นร้อยละ 28.70 มี
ลักษณะงานที่รับผิดชอบ คิดเป็นร้อยละ 33.50

ส่วนที่ 2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย
(Early Adopters) จำนวน 243 คน คิดเป็นร้อยละ 60.80

ส่วนที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อคุณลักษณะของนวัตกรรมโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.50 ซึ่งเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า

ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม

ความสำคัญของผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณออกแบบ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย รองลงมาได้แก่ การให้ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบที่แม่นยำ การประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ และการสะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ ตามลำดับ

ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม

ความสำคัญของการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม มีความคิดเห็นอยู่ในระดับไม่แน่ใจ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นที่มีความสอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เช่น การป้องกันแผ่นดินไหว มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย รองลงมาได้แก่ ความสอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับไม่แน่ใจ รองลงมาได้แก่ คือ ความสอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่างๆ และความสอดคล้องกับประสบการณ์การออกแบบของท่าน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ตามลำดับ

ด้านความซับซ้อน

ความสำคัญของความซับซ้อน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับไม่แน่ใจ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาคารได้ง่าย เช่น เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน เพียง ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย คือ รองลงมาได้แก่ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่ายและสามารถเข้าใจวิธีการใช้ได้ง่าย มีความคิดเห็นอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ตามลำดับ

ด้านการทดลองได้

ความสำคัญของการทดลองได้ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

4.01 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าการมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ หรือแก้ปัญหาการใช้งานเบื้องต้น มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย รองลงมาได้แก่ การมีคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด การมีกรอบวิธีการใช้งาน และการมีการทดลองใช้งาน จากโปรแกรมทดลองฟรี ตามลำดับ

ด้านการสังเกตได้

ความสำคัญของการสังเกตได้ มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

4.02 และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า

กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย รองลงมาได้แก่ การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียด เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่นและการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ระยะเวลาการทำงานออกแบบลดลง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น ตามลำดับ

ส่วนที่ 4 การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับขั้นประเมินผล คิดเป็นร้อยละ 40.20 รองลงมาอยู่ในระดับขั้นยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 24.70 รองลงมาอยู่ในระดับขั้นทดลอง คิดเป็นร้อยละ 21.30 รองลงมาอยู่ในระดับขั้นสนใจ คิดเป็นร้อยละ 8.50 และอยู่ในระดับขั้นรู้จัก คิดเป็นร้อยละ 5.30 ตามลำดับ และมีระดับการยอมรับนวัตกรรมโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 15.14 ซึ่งหมายถึงระดับการยอมรับโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับขั้นประเมินผล

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานข้อที่ 1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การทำงานและลักษณะงานที่รับผิดชอบ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.1 เพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิศวกรที่มีเพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.2 อายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิศวกรที่มีอายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.3 ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิศวกรที่มีประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สมมติฐานย่อยข้อที่ 1.4 ลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิศวกรที่มีลักษณะงานที่รับผิดชอบที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 2. ลักษณะผู้รับนวัตกรรม ได้แก่ ผู้นำทางนวัตกรรม ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว ผู้ที่ส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า และผู้ที่ล่าช้า ที่แตกต่างกันมีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิศวกรที่มีลักษณะผู้รับนวัตกรรมที่แตกต่างกัน มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 3. คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์พบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย โดยคุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.1 ส่วนการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม มีความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างไม่มีนัยสำคัญ และสามารถเขียนสมการถดถอยเชิงพหุได้ดังนี้

$$Y = -16.952 + 2.400(X_1) - 0.331(X_2) + 0.951(X_3) + 1.302(X_4) + 3.898(X_5)$$

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย มีประเด็นที่น่าสนใจมาอภิปราย ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 26-35 ปี มีประสบการณ์การทำงาน 7-12 ปี และมีลักษณะงานที่รับผิดชอบคืองานควบคุมการสร้างและการผลิต ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย เนื่องจากอาชีพวิศวกรนั้นส่วนมากจะเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 26-35 ปีนั้นเป็นกลุ่มที่ให้ความสนใจในนวัตกรรมมากกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่นๆ และมีประสบการณ์การทำงานมาในระดับหนึ่ง

2. ผลการวิจัยเกี่ยวกับลักษณะของผู้รับนวัตกรรม แบ่งกลุ่มวิศวกรเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มล่าช้า (Laggards) กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามมีลักษณะของผู้รับนวัตกรรมอยู่ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) เมื่อพิจารณาจากข้อพบว่า ลักษณะของผู้รับนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ท่านยอมรับนวัตกรรมก่อนคนอื่น ท่านมีความกล้าที่จะทดลองสิ่งใหม่ๆ แม้จะไม่มีข้อมูล ท่านไม่กลัวความล้มเหลวในการเริ่มทำสิ่งที่ไม่เคยทำมาก่อน ท่านเป็นผู้นำนวัตกรรมเข้ามาใช้อย่างสม่ำเสมอ ท่านเห็นประโยชน์ของนวัตกรรมอยู่เสมอ ท่านศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนวัตกรรมอยู่เสมอ ท่านยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ท่านไม่ยึดติดกับค่านิยมเดิมๆ ท่านไม่มีความลังเลในการศึกษาสิ่งแปลกใหม่ และลักษณะของผู้รับนวัตกรรมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ท่านมักซื้อสินค้ารุ่นใหม่ในช่วงแรกที่สินค้าเข้าตลาด ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) ได้แก่ พวกผู้นำคนในท้องถิ่น โดยคนกลุ่มนี้จะมีระดับความเป็นผู้นำมากกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่น้อยกว่ากลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม มักจะขอข้อมูลเกี่ยวกับนวัตกรรมจากกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม และจะมีแนวโน้มที่จะยอมรับนวัตกรรมตามกลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม กระบวนการแพร่กระจายของนวัตกรรมนั้นจะรวดเร็วขึ้น เนื่องจากคนกลุ่มนี้จะนำเสนอนวัตกรรมแก่คนอื่นๆ ในสังคม โดยที่คนกลุ่มนี้สังคมได้ให้การเคารพเป็นที่นับถือ เมื่อได้รับนวัตกรรมมาคนกลุ่มนี้ต้องทำการตัดสินใจในเรื่องการรับนวัตกรรมอย่างรอบคอบก่อนที่จะนำเสนอแก่คนรอบข้าง เพื่อลดความไม่แน่นอนของความคิดใหม่ ดังนั้นบทบาทของกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) คือช่วยลดความไม่มั่นคง ไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากการยอมรับนวัตกรรมนั้นๆ และถ่ายทอดนวัตกรรมผ่านการสื่อสารระหว่างบุคคล

3. ผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม การเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม ความซับซ้อน การทดลองได้ และการสังเกตได้เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า

3.1 วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม โดยผลรวมด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมอยู่ในระดับเห็นด้วย ได้แก่ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณออกแบบ สามารถให้ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบที่แม่นยำ ทำให้ประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ และสะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M.Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า ระดับของการรับรู้ว่าคุณลักษณะนั้นมีคุณสมบัติดีกว่าที่คิดไว้หรือดีกว่าสิ่งที่มีอยู่เดิม ถ้าหากนวัตกรรมมีข้อดีและให้ประโยชน์ต่อผู้ใช้นวัตกรรมนั้นมากเท่าใด ก็จะทำให้มีโอกาสที่จะยอมรับนวัตกรรมมากขึ้นเท่านั้น หรือระดับของประโยชน์ที่ได้รับของนวัตกรรมที่บุคคลจะรับรู้เมื่อเปรียบเทียบนวัตกรรมนั้นกับแนวคิด การปฏิบัติ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม และหากทราบว่านวัตกรรมนั้นมีประโยชน์กว่าสิ่งที่มีอยู่เดิมหรือสามารถใช้แทนสิ่งที่มีอยู่เดิมได้ ก็จะส่งผลให้แนวโน้มที่จะยอมรับนวัตกรรมนั้นมากขึ้น ดังนั้นยังสามารถรับรู้ได้ถึงผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมมากขึ้นเท่าใด อัตราในการรับนวัตกรรมนั้นก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น

3.2 วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิม โดยผลรวมด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมอยู่ในระดับเห็นด้วย ได้แก่ ความสอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เช่น การป้องกันแผ่นดินไหว คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ ได้แก่ ความสอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์ และคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านการเข้ากันได้กับสิ่งที่อยู่เดิมอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ได้แก่ ความสอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่างๆ ความสอดคล้องกับประสบการณ์การออกแบบของท่าน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M.Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า ระดับของนวัตกรรมที่มีความสอดคล้องกับคุณค่า ประสบการณ์ และความต้องการที่มีอยู่แล้วในตัวผู้รับ

นวัตกรรมนั้น หากนวัตกรรมนั้นสามารถเข้ากันได้ดีกับสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมา โอกาสที่จะได้รับการยอมรับได้ง่ายขึ้น หรือระดับของการเข้ากันได้ที่รับรู้ ว่า นวัตกรรมนั้นไม่ขัดแย้งกับค่านิยมที่มีอยู่เดิม ประสพการณ์ในอดีตและความต้องการของผู้มีศักยภาพที่จะรับนวัตกรรม ตลอดจนความต้องการของสังคมโดยรวม ดังนั้นหากนวัตกรรมใดสอดคล้องกับค่านิยมประสพการณ์และความต้องการของบุคคลและสังคมนวัตกรรมนั้นจะแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

3.3 วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านความซับซ้อน โดยผลรวมด้านความซับซ้อนมีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับไม่แน่ใจ เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านความซับซ้อนอยู่ในระดับเห็นด้วย ได้แก่ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาคารได้ง่าย เช่น เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน เฟือง ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านความซับซ้อนอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ได้แก่ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอร์เรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M. Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า ระดับของความเชื่อว่านวัตกรรมนั้นมีความยากต่อการเข้าใจและการนำไปใช้ นวัตกรรมบางอย่างสามารถทำความเข้าใจและนำมาใช้ได้ง่าย ในขณะที่บางอย่างมีความซับซ้อนและเข้าใจยากกว่า นวัตกรรมที่มีความซับซ้อนกว่ามีโอกาสที่จะได้รับการยอมรับมากกว่า หรือระดับของความซับซ้อนที่บุคคลรับรู้เกี่ยวกับความเข้าใจในนวัตกรรมและการนำนวัตกรรมนั้นไปใช้ หากนวัตกรรมนั้นซับซ้อนมาก ทั้งในด้านแนวคิดและด้านการประยุกต์ใช้ นวัตกรรมเป็นสิ่งที่เข้าใจยากจึงมีแนวโน้มที่บุคคลจะรับนวัตกรรมนั้นได้ช้าหรือไม่รับนวัตกรรมนั้นโดยสิ้นเชิง ดังนั้นบุคคลมีแนวโน้มที่จะรับนวัตกรรมที่ไม่ซับซ้อนและเข้าใจได้ง่ายเร็วกว่านวัตกรรมที่ซับซ้อนและเข้าใจยาก และในการแพร่กระจายนวัตกรรมใดๆ ผู้แพร่กระจายจะต้องทำให้ผู้มีศักยภาพที่จะได้รับนวัตกรรมเข้าใจถึงนวัตกรรมนั้นๆ ได้ง่าย

3.4 วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการทดลองได้ โดยผลรวมด้านการทดลองได้มีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านการทดลองได้อยู่ในระดับเห็นด้วย ได้แก่ ควรมีการอบรมวิธีการใช้งานเบื้องต้น ควรคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด ควรมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ หรือแก้ปัญหาการใช้งาน และควรมีการทดลองใช้งาน จากโปรแกรมทดลองฟรี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอร์เรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett

M.Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า ระดับของนวัตกรรมที่สามารถมองเห็นผลจากการทดลองหรือปฏิบัติ เพื่อให้เห็นถึงผลได้จริง อย่างน้อยที่สุดภายใต้สภาพที่จำกัด ความคิดเหล่านี้สามารถทดลองได้อย่างเป็นขั้นตอน หรือเป็นช่วงๆไป นวัตกรรมใดที่เปิดโอกาสให้บุคคลสามารถทดลองและประเมินผลได้ นวัตกรรมนั้นก็น่าจะมีแนวโน้มที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

3.5 วิศวกรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้านการสังเกตได้ โดยผลรวมด้านการสังเกตได้มีระดับความเห็นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้านการทดลองได้อยู่ในระดับเห็นด้วย ได้แก่ การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นภาพและแสดงรายละเอียดงานที่ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียด เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ระยะเวลาการทำงานออกแบบลดลง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอร์เรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M.Roger. 1971: 13) ที่กล่าวว่า ระดับของความสามารถสังเกตและสื่อสารผลของนวัตกรรมนั้นได้ หากนวัตกรรมใดเป็นนวัตกรรมที่บุคคลสามารถสังเกตผลของนวัตกรรมได้หรือสามารถสื่อสารผ่านนวัตกรรมได้ นวัตกรรมนั้นก็น่าจะมีแนวโน้มที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ดังนั้น กลยุทธ์หนึ่งที่ยอมรับในการแพร่กระจายนวัตกรรม คือการให้บุคคลที่เป็นที่รู้จักหรือเป็นที่ยอมรับในนวัตกรรมนั้นเสียก่อน เพื่อจูงใจให้สมาชิกในองค์กรรับนวัตกรรมนั้นด้วย

4. ผลการวิจัยจากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะประชากรศาสตร์ ลักษณะผู้รับนวัตกรรม และคุณลักษณะของนวัตกรรม กับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย จำแนกตามสมมติฐานพบว่า

4.1 เพศชายและเพศหญิงมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา หวังศิริ (2553) การยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรณีศึกษา บริษัท เทเล อินโฟ มีเดีย จำกัด (มหาชน) พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีการยอมรับนวัตกรรมไม่แตกต่างกัน สาเหตุจากนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถใช้ได้ทั้งเพศชายและหญิง

4.2 กลุ่มอายุมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ เทอดรัฐ แวศักดิ์ (2556) การยอมรับนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าอายุมีการยอมรับนวัตกรรมไม่แตกต่างกัน สาเหตุจากสังคมปัจจุบันเป็นสังคมการรับรู้ข้อมูลข่าวสารหรือการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นไปอย่างรวดเร็ว

4.3 กลุ่มประสบการณ์การทำงาน มีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anurupa Kundu (2010) เรื่อง A People-Centric approach in adoption of Innovation: A review and directions for future research กล่าวว่า นอกจากคุณลักษณะของนวัตกรรมทั้ง 5 ประการที่ส่งผลต่อการยอมรับนวัตกรรมแล้ว การเปิดประสบการณ์ส่วนบุคคลมีผลให้การยอมรับนวัตกรรมเกิดขึ้นง่าย บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ ชอบการเรียนรู้ มีจินตนาการ และความคิดมีศิลปะ จะช่วยให้บุคคลดังกล่าวมีการยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย ดังนั้นไม่ว่าจะมีประสบการณ์การทำงานมากหรือน้อยก็จะเกิดการยอมรับนวัตกรรมไม่แตกต่างกัน

4.4 กลุ่มลักษณะงานที่รับผิดชอบมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ไม่แตกต่างกัน ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ โรเจอร์และชูเมเกอร์ (Rogers and Shoemaker 1971: 35) กล่าวว่า ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็วมีสถานภาพทางสังคมสูงกว่า มีรายได้และทรัพย์สินมากกว่า มีความตั้งใจที่จะทำสิ่งต่างๆ ให้บรรลุวัตถุประสงค์และการมีส่วนร่วมในสังคมมากกว่าผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า ผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมเร็วจะมีการแสวงหาข่าวสารเกี่ยวกับนวัตกรรมและเข้าถึงสื่อมวลชนได้มากกว่าผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมช้า สาเหตุคือวิศวกรในทุกลักษณะงานสามารถรับรู้และเข้าถึงนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ อีกทั้งในหลักสูตรการเรียนการสอนวิศวกรรมนั้น ได้มีการระบุเรื่องนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการเรียนการสอนอีกด้วย ดังนั้นวิศวกรส่วนใหญ่จึงรู้จักนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.5 ลักษณะผู้รับนวัตกรรมมีการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิพันธุ์ บัวขจร (2556) ลักษณะของบุคคลและนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีลักษณะผู้รับนวัตกรรมอยู่ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) มีผลต่อพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการไอโอเอสของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของลักษณะผู้รับนวัตกรรม พบว่า กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator) จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 9.3 กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) จำนวน 243 คน คิดเป็นร้อยละ 60.8 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) จำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.5 กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.2 และกลุ่มล่าช้า (Laggards) มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.2 โดยทั้งหมดไม่สอดคล้องกับทฤษฎีของ เอฟเวอเรท เอ็ม โรเจอร์ (Everett M.Roger. 1971: 13) กล่าวคือ มีสัดส่วนของลักษณะผู้รับนวัตกรรมในทางทฤษฎีแตกต่างกันกับงานวิจัย

ตาราง 31 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของลักษณะของผู้รับนวัตกรรมของงานวิจัยและทฤษฎีของ

Everett M.Roger

ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม	งานวิจัยครั้งนี้	ทฤษฎี Everett M.Roger
	ร้อยละ	ร้อยละ
กลุ่มล่าช้า (Laggards)	0.2	16.0
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับช้า (Late Majority)	1.2	34.0
กลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority)	28.5	34.0
กลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)	60.8	13.5
กลุ่มผู้นำทางนวัตกรรม (Innovator)	9.3	2.5
รวม	100.00	100.00

ทั้งนี้วิศวกรเป็นอาชีพที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ความเป็นผู้นำมากกว่ากลุ่มอาชีพอื่นๆ จึงมีแนวโน้มที่จะยอมรับนวัตกรรมและเกิดกระบวนการแพร่กระจายของนวัตกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้วิศวกรส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters)

4.6 คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับนวัตกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 นั้นหมายถึงหากค่าคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการยอมรับนวัตกรรมเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา หวังศิริ (2553) การยอมรับนวัตกรรมของ สมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรณีศึกษา บริษัท เทเล อินโฟ มีเดีย จำกัด (มหาชน) พบว่า คุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรมไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สาเหตุจากนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีประโยชน์จากการใช้สูง วิศวกรจึงเล็งเห็นว่าหากใช้นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน ดังนั้นหากต้องการให้การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทยเพิ่มขึ้น ควรสนับสนุนให้วิศวกรเห็นถึงประโยชน์ของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ อาทิ ความสะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ ช่วยในการประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ เมื่อวิศวกรเห็นประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แล้ว ก็จะทำให้วิศวกรเกิดระดับการยอมรับที่มากขึ้น

4.7 คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ ความซับซ้อน มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับนวัตกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 นั้นหมายถึงหากค่าคุณลักษณะของนวัตกรรม เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการยอมรับนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรัสศรี สงนวล (2553) นวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ค ดราแอปเปิ้ล ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่าความซับซ้อนมีความสัมพันธ์กับกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ค ดราแอปเปิ้ล สาเหตุที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกน้อยนั้น ($0.951X_3$) ขึ้นอยู่กับความยากต่อการเข้าใจและการนำไปใช้ นวัตกรรมบางอย่างสามารถทำความเข้าใจและนำมาใช้ได้ง่าย ในขณะที่บางอย่างมีความซับซ้อนและเข้าใจยากกว่า นวัตกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าจะมีโอกาสที่จะได้รับการยอมรับมากกว่า

4.8 คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ การทดลองได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับนวัตกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 นั้นหมายถึงหากค่าคุณลักษณะของนวัตกรรม เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการยอมรับนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา หวังศิริ (2553) การยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรณีศึกษา บริษัท เทเล อินโฟ มีเดีย จำกัด (มหาชน) พบว่าคุณลักษณะของนวัตกรรม ด้านการทดลองใช้มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สาเหตุคือความคิดใหม่ๆ หากมีการวางแผนเป็นแนวทางในการใช้จะทำให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างรวดเร็วกว่านวัตกรรมอื่นๆ นวัตกรรมที่ทดลองได้จะมีความเชื่อมั่นในการทดลองมากกว่านวัตกรรมอื่นๆ

4.9 คุณลักษณะของนวัตกรรม ได้แก่ การสังเกตได้ มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับ นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการยอมรับนวัตกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 นั้นหมายถึงหากค่าคุณลักษณะของนวัตกรรม เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการยอมรับนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรัสศรี สงนวล (2553) นวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ค ดราแอปเปิ้ล ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร พบว่าการสังเกตได้มีความสัมพันธ์กับกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ค ดราแอปเปิ้ล สาเหตุคือความเป็นรูปธรรม สามารถสัมผัสได้จริง สามารถสาธิตให้เห็นถึงข้อดีข้อเสีย หากนวัตกรรมใดเป็นนวัตกรรมที่บุคคลสามารถสังเกตผลของนวัตกรรมได้ นวัตกรรมนั้นจะมีแนวโน้มที่จะแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม ในด้านเพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะงานที่รับผิดชอบ ไม่มีผลต่อระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถใช้ได้กับวิศวกรทุกคน โดยไม่จำกัดเพศ อายุ ประสบการณ์การทำงาน และลักษณะงานที่รับผิดชอบ แต่จะแตกต่างกันไปตามแต่ละส่วนงานที่ได้รับมอบหมาย โดยในปัจจุบันนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ถูกนำมาประกอบการสอนในระดับปริญญาตรี เพื่อให้วิศวกรได้รู้จักและสามารถนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพเพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้ ดังนั้นนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นที่แพร่หลายในหมู่วิศวกร

2. ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 2 ด้านมีข้อเสนอแนะดังนี้

2.1 ด้านการเข้ากันได้ดีกับสิ่งที่อยู่เดิม สภาวิศวกรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรทำการปรับปรุงเรื่องต่อไปนี้ในเรื่อง ความสอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์ ความสอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่างๆ และความสอดคล้องกับประสบการณ์การออกแบบของท่าน ควรปรับปรุงให้มีการชี้แจงการระบบปฏิบัติการที่รองรับกับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทุกที่ ควรทำความเข้าใจเพื่อปรับทัศนคติของวิศวกรที่มีต่อการออกแบบรูปแบบเครื่องมือต่างๆ พร้อมทั้งมีการแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบการออกแบบที่ใช้อยู่เดิมกับการออกแบบด้วยนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้เกิดการยอมรับในนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มากขึ้น

2.2 ด้านความซับซ้อน สภาวิศวกรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรทำการปรับปรุงเรื่องต่อไปนี้ในเรื่อง สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย และสามารถเข้าใจวิธีการใช้ได้ง่าย ควรปรับปรุงให้มีการทดลองใช้ คู่มือ การอบรม รวมไปถึงการมีผู้เชี่ยวชาญแนะนำ เมื่อเป็นเช่นนี้ หากสภาวิศวกรหรือผู้เกี่ยวข้องควรส่งเสริมในเรื่องดังกล่าว จำทำให้ความซับซ้อนของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ลดลง และจะส่งผลให้เกิดระดับการยอมรับนวัตกรรมเพิ่มมากขึ้น

3. ลักษณะผู้รับนวัตกรรมกับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากงานวิจัยพบว่า วิศวกรส่วนมากอยู่ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) แต่มีการยอมรับนวัตกรรมเฉลี่ยอยู่ในระดับขั้นประเมิณผล ผู้วิจัยจึงคิดเห็นว่า สภาวิศวกรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรจะปรับปรุงส่งเสริมให้วิศวกร ได้ทดลองใช้นวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ให้มากขึ้น หรือส่งเสริมการใช้อย่างจริงจังในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ การยอมรับนวัตกรรมจะเพิ่มขึ้นได้สูงสุดเมื่อผู้ที่ทดลองใช้นวัตกรรมนั้นสามารถแพร่กระจายนวัตกรรมนี้ไปยังบุคคลอื่นได้ อีกทั้งควรกระตุ้นวิศวกรที่อยู่ในกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) ให้มีลักษณะของผู้รับนวัตกรรมเพิ่มสูงขึ้น โดยการพัฒนาทักษะทางความคิดใหม่ๆ ปรับมุมมองให้นำสิ่งใหม่ๆเข้ามาผนวกรวมเข้ากับแนวคิดที่มีอยู่เดิม เมื่อวิศวกรสามารถปรับเปลี่ยนจากกลุ่มส่วนใหญ่ที่ยอมรับเร็ว (Early Majority) มาเป็นกลุ่มผู้ที่ยอมรับนวัตกรรมได้ง่าย (Early Adopters) ได้จะส่งผลช่วยให้การแพร่กระจายของนวัตกรรมเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

4. อิทธิพลระหว่างคุณลักษณะของนวัตกรรมและระดับการยอมรับนวัตกรรม จากงานวิจัยพบว่า ลักษณะผู้รับนวัตกรรมสามารถพยากรณ์ระดับการยอมรับนวัตกรรม ซึ่งมีความน่าเชื่อถือร้อยละ 17.7 นั้นหมายถึงลักษณะผู้รับนวัตกรรมสามารถพยากรณ์ระดับการยอมรับนวัตกรรมได้ แต่ไม่ใช่ปัจจัยหลักในการเปลี่ยนแปลงระดับการยอมรับนวัตกรรมของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ผู้วิจัยคิดเห็นว่าน่าจะมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ระดับการยอมรับนวัตกรรมเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปัจจัยที่คาดว่าจะน่าจะเกี่ยวกับระดับการยอมรับนวัตกรรมคือ ความเป็นองค์กรนวัตกรรมในบริษัทที่วิศวกรทำงานอยู่

องค์กรที่ให้นวัตกรรมเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้องค์กรประสบความสำเร็จจึงต้องทำเรื่องนวัตกรรมให้เป็นวัฒนธรรมองค์กร โดยสรรหาบุคคลที่มีหัวคิดค้นที่สามารถพัฒนาต่อไปได้ โดยการให้อิสระทางความคิด ทางารพูด และในการทำงาน แต่อยู่ในระเบียบวินัยที่กำหนด รวมถึงการเปิดโอกาสให้บุคลากรในองค์กรได้รังสรรค์ผลงานใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อขับเคลื่อนองค์กรให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ซึ่งผู้บริหารจะต้องมีความยืดหยุ่น กล้าเสี่ยงกับสิ่งใหม่ๆ เพื่อปรับองค์กรให้เป็นผู้นำเชิงรุก พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นที่แปลกใหม่ รวมถึงผลักดันให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการระดมสมองให้เกิดการคิดค้นสิ่งใหม่ เพื่อนำไปสู่การวิจัยและพัฒนาจนเกิดนวัตกรรมขึ้นมา การสร้างองค์กรนวัตกรรมจะส่งผลโดยตรงกับผู้รับนวัตกรรมและระดับการยอมรับนวัตกรรม ผู้วิจัยจึงคิดเห็นว่า การสร้างองค์กรนวัตกรรมน่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มากขึ้น

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้เกี่ยวกับระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในครั้งนี้ศึกษาจากกลุ่มวิศวกรทั้งหมดโดยไม่ได้เจาะจงกลุ่ม ดังนั้นในครั้งถัดไปควรศึกษากลุ่มตัวอย่างวิศวกรที่มีลักษณะงานที่รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณเพียงกลุ่มเดียว เพราะกลุ่มที่มีลักษณะงานที่รับผิดชอบงานออกแบบจะคุ้นเคยหรือมีความรู้จักกับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มากกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งคาดว่าจะให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมต่อไป

2. การวิจัยในครั้งนี้ใช้ตัวแปรด้านลักษณะทางประชากรศาสตร์ ลักษณะผู้รับนวัตกรรม และคุณลักษณะของนวัตกรรม เพื่อหาความสัมพันธ์กับระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผู้วิจัยจึงคิดว่าการวิจัยครั้งถัดไปควรมีตัวแปรอื่น เช่น ความเป็นองค์กรนวัตกรรม แรงจูงใจ เป็นต้น เพื่อหาตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความสัมพันธ์กับระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป

3. การวิจัยในครั้งนี้การหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผู้รับนวัตกรรม และคุณลักษณะของนวัตกรรมกับระดับการยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นใช้วิธีหาดถถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) วิธีการนี้สามารถหาความสัมพันธ์ได้ในระดับหนึ่ง ผู้วิจัยคิดเห็นว่าการวิจัยครั้งถัดไปควรจะใช้วิธีการหาความสัมพันธ์อื่นๆ มาใช้ เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ Correlation Analysis หรืออื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่เกิดขึ้น



บรรณานุกรม

- กัลยา วาณิชบัญชา. (2545). *การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2546). *การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. กรุงเทพฯ: ชวนพิมพ์.
- กฤษฎา หวังศิริ. (2553). *การยอมรับนวัตกรรมของสมุดหน้าเหลืองของผู้ใช้โทรศัพท์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรณีศึกษา บริษัท เทเล อินโฟ มีเดีย จำกัด (มหาชน)*. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- จรัสศรี สงนวล. (2553). *นวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการยอมรับนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์แม็คบุ๊ก ดราแอปเปิ้ล ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร*. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เทพพนม เมืองแมน; และ สวิง สุวรรณ. (2540). *พฤติกรรมองค์กรการ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ธงชัย สันติวงษ์. (2526). *การบริหารงานบุคคล*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- (2533). *การบริหารทรัพยากรมนุษย์*. พิมพ์ครั้งที่ 11 (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: ประชุมช่าง.
- บุญม้น ธนาศุภวัฒน์. (2537). *จิตวิทยาองค์กรการ*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2542). *ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงแก้ไข. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิบูล ทีปะปาล. (2550). *พฤติกรรมองค์กรสมัยใหม่ Organizational behavior in the 21st century*. กรุงเทพฯ: อมรรการพิมพ์.
- พิมจัน เล้าเรืองศิลป์. (2548). *ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของพนักงาน บริษัท เค.เอส. มาสเตอร์ จำกัด กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการทั่วไป)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. ถ่ายเอกสาร.
- รังสรรค์ ประเสริฐศรี. (2548). *พฤติกรรมองค์กรการ*. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559). *นวัตกรรม*. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2559, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/นวัตกรรม>

- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559). *ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์*. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2559, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์>
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2548). *การวิจัยการตลาด ฉบับมาตรฐาน Marketing research*. กรุงเทพฯ: Diamond Business World.
- เศรษฐชัย ชัยสนิท (2553) *นวัตกรรม คืออะไร*. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2559. จาก <http://it.east.spu.ac.th/informatics/admin/knowledge/A307Innovation%20and%20Technology.pdf>
- สิทธิณัฐ บัวขจร. (2556). *ลักษณะของบุคคลและนวัตกรรมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้แอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการไอโอเอส ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร*. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์; พัทธ์ผจง วัฒนสินธุ์; อัจฉรา จันท์ฉาย; และประกอบ คุปรัตน์. (2553, ตุลาคม-ธันวาคม). นวัตกรรม: ความหมาย ประเภท และความสำคัญ ต่อผู้ประกอบการ. *วารสาร คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. 33(128): ไม่ปรากฏเลขหน้า.
- สมพงษ์ เกษมสิน. (2519). *การบริหารงานบุคคลแผนใหม่*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2549). *การจัดการนวัตกรรมสำหรับผู้บริหาร Innovation Management for Executives (IMEs)*. กรุงเทพฯ: ซีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- เสน่ห์ จัฏโศ. (2548). *การบริหารนวัตกรรมแนวใหม่*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อดุลย์ จาตุรงค์กุล. (2543). *พฤติกรรมผู้บริโภค*. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อรนุช ลิ้มตศิริ. (2543). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เอกสารประกอบการสอนวิชาการระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของ ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง.
- เอ็ด สาระภูมิ. (2529). *พฤติกรรมบุคคลในองค์กร*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์
- Alderfer, Clayton P. (1969). An Empirical Test of a New Theory of Human Needs. *Organizational Behaviour and Human Performance*. 4(2): 142-175.

- Anurupa Kundu; Debdulal Dutta Roy. (2010). *A People-Centric approach in adoption of Innovation: A review and directions for future research*. Indian: Indian Statistical Institute.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.
- Herzberg, Frederick. (1968). *Motivation Moral and Management*. New York: John Wiley and Sons.
- Katz, Daniel; & Kahn Robert, L. (1978). *The social psychology of organization*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- Maslow, A.H. (1964). *Motivation and Personality*. New York: Harper Row.
- McClelland, D.C. (1961). *The Achieving Society*. New York: The Free Press.
- Morton, J.A. (1971). *Organizing of Innovation: a System Approach to Technical Management*. New York: McGraw-Hill.
- Perterson, E; & Plowman, G.E. (1953). *Business Organization and Management* 3rd ed. Homewood, IL: Richard D, Irwin.
- Philip Kotler. (2007). *Marketing Management*. 12th ed. Prentice-Hall.
- Rogers, Everett M. (1971). *Communication of Innovations-A Cross Cultural Approach*. New York: The Free Press, A Division of Macmillan Publishing Co., Inc.
- (1983). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press: A Division of Macmillan Publishing Co., Inc.
- Rogers, Everett M; and Floyd F. Shoemaker. (1971). *Communication of Innovations-Across Cultural Approach*. New York: The Free Press, A Division of Macmillan.
- Ryan, T.A.; & Smith. P.C. (1954). *Principle of industrial psychology*. New York: The Ronald Press Company.
- Schemerhorn, J.R.; et al. (1991). *Managing Organizational Behavior*. 4th ed. New York: John Wiley & Son.
- Simon, Herbert A. (1980). *The Role of the Leader in Public Administration*. New York: McMillan.
- Smith, C. (2010). *Exploring innovation*. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Thomas, P.Hughes. (1989). *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970*. New York: Viking Penguin.





ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม



แบบสอบถาม

เรื่อง

การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ใช้ประกอบการศึกษาวิจัย การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของวิศวกรโยธาในประเทศไทย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อแนะนำในการตอบแบบสอบถาม

1. กรุณาตอบคำถามทุกข้อ
2. กรุณาเติมข้อความลงในช่องว่าง หรือเติมเครื่องหมาย x ลงในช่องว่างให้ตรงกับความ
เป็นจริงและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด
3. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะของประชากรศาสตร์

ส่วนที่ 2 ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม

ส่วนที่ 3 คุณลักษณะของนวัตกรรม

ส่วนที่ 4 การยอมรับนวัตกรรม

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่กรุณาสละเวลา
และให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ลงในช่องว่าง [] ที่ตรงกับความจริงของท่านเพียงคำตอบเดียว

1. เพศ

[] ชาย

[] หญิง

2. อายุ

[] ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 ปี

[] 26-35 ปี

[] 36-45 ปี

[] ตั้งแต่ 46 ปี ขึ้นไป

3. ประสบการณ์การทำงาน

[] ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี

[] 7-12 ปี

[] 13-18 ปี

[] 19-24 ปี

[] 25 ปีขึ้นไป

4. ลักษณะงานที่รับผิดชอบ*

[] งานให้คำปรึกษา

[] งานวางโครงการ

[] งานออกแบบและคำนวณ

[] งานควบคุมการสร้างและการผลิต

[] งานพิจารณาตรวจสอบ

[] งานอำนวยความสะดวก

หมายเหตุ *

(1) งานให้คำปรึกษา หมายถึง การให้คำแนะนำ การตรวจวินิจฉัย หรือการตรวจรับรองงาน

(2) งานวางโครงการ หมายถึง การศึกษา การวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม หรือการวางแผนของโครงการ

(3) งานออกแบบและคำนวณ หมายถึง การใช้หลักวิชาและความชำนาญเพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้าง การสร้าง การผลิต หรือการวางแผนโรงงานและเครื่องจักร โดยมีรายการคำนวณ แสดงเป็นรูป แบบ ข้อกำหนด หรือประมาณการ

(4) งานควบคุมการสร้างหรือการผลิต หมายถึง การอำนวยความสะดวก หรือการควบคุมเกี่ยวกับการก่อสร้าง การสร้าง การผลิต การติดตั้ง การซ่อม การดัดแปลง การรื้อถอนงาน หรือการเคลื่อนย้ายงานให้เป็นไปโดยถูกต้องตามรูป แบบ และข้อกำหนดของหลักวิชาชีพวิศวกรรม

(5) งานพิจารณาตรวจสอบ หมายถึง การค้นคว้า การวิเคราะห์ การทดสอบ การหาข้อมูลและสถิติต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ หรือประกอบการตรวจสอบวินิจฉัยงาน หรือในการสอบทาน

(6) งานอำนวยความสะดวก หมายถึง การอำนวยความสะดวกการใช้ การบำรุงรักษางาน ทั้งที่เป็นชิ้นงานหรือระบบ ให้เป็นไปโดยถูกต้องตามรูป แบบ และข้อกำหนดของหลักวิชาชีพวิศวกรรม

ส่วนที่ 2 : ลักษณะของผู้รับนวัตกรรมของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ตรงกับตัวท่านมากที่สุด

ลักษณะของผู้รับนวัตกรรม		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1.	ท่านยอมรับนวัตกรรมก่อนคนอื่น					
2.	ท่านมีความกล้าที่จะทดลองสิ่งใหม่ๆ แม้จะไม่มีข้อมูล					
3.	ท่านไม่กลัวความล้มเหลวในการเริ่มทำสิ่งที่ไม่เคยทำมาก่อน					
4.	ท่านเป็นผู้นำนวัตกรรมเข้ามาใช้อย่างสม่ำเสมอ					
5.	ท่านเห็นประโยชน์ของนวัตกรรมอยู่เสมอ					
6.	ท่านมักซื้อสินค้ารุ่นใหม่ในช่วงแรกที่สินค้าเข้าตลาด					
7.	ท่านศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนวัตกรรมอยู่เสมอ					
8.	ท่านยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา					
9.	ท่านไม่ยึดติดกับค่านิยมเดิมๆ					
10.	ท่านไม่มีความลังเลในการศึกษาสิ่งแปลกใหม่					

ส่วนที่ 3 : คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะของนวัตกรรม		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
ผลประโยชน์ที่ได้รับจากนวัตกรรม (Relative Advantage) ท่านคิดว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มีประโยชน์ในด้านต่อไปนี้ มากกว่าการคำนวณออกแบบด้วยวิธีอื่น มากน้อยเพียงใด						
1.	สะดวกในการใช้ในการคำนวณออกแบบ					
2.	ประหยัดเวลาในการคำนวณออกแบบ					
3.	เพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณออกแบบ					
4.	ให้ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบที่แม่นยำ					
การเข้ากันได้กับสิ่งที่มีอยู่เดิม (Compatibility) ท่านคิดว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มีความเหมาะสมและสอดคล้องในด้านใดต่อไปนี้						
1.	สอดคล้องกับการใช้งานของท่าน เช่น การคำนวณออกแบบต่างๆ					
2.	สอดคล้องกับประสบการณ์การออกแบบของท่าน					
3.	สอดคล้องกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ท่านมี เช่น คอมพิวเตอร์					
4.	สอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เช่น การป้องกันแผ่นดินไหว					
ความซับซ้อน (Complexity) ท่านคิดว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) สามารถใช้งานได้ง่ายในด้านใดต่อไปนี้						
1.	สามารถเข้าใจวิธีการใช้ได้ง่าย					
2.	สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย					
3.	สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีอื่นๆ					
4.	สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาคารได้ง่าย เช่น เครื่องจักรที่มีความซับซ้อน เฟือง ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น					

ส่วนที่ 3 (ต่อ): คุณลักษณะของนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะของนวัตกรรม		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
การทดลองได้ (Testability)						
โอกาสที่ท่านจะทดลองใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) เมื่อ						
1.	มีการทดลองใช้งาน จากโปรแกรมทดลองฟรี					
2.	มีการอบรมวิธีการใช้งานเบื้องต้น					
3.	มีคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด					
4.	มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ หรือแก้ปัญหาการใช้งาน					
การสังเกตได้ (Observability)						
ความชัดเจนของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)						
ว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง						
1.	การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ระยะเวลาการทำงาน ออกแบบลดลง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น					
2.	การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้สามารถใส่เงื่อนไขการ ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น					
3.	การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ ผลการ วิเคราะห์ที่ละเอียด เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น					
4.	การใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้เห็นภาพและแสดง รายละเอียดงานที่ออกแบบได้สมจริง เมื่อเทียบการคำนวณแบบอื่น					

ส่วนที่ 4 : การยอมรับนวัตกรรมระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

การยอมรับนวัตกรรม

1. ท่านรู้จักระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

☐ รู้จัก (ทำข้อต่อไป)

☐ ไม่รู้จัก (จบแบบสอบถาม)

โปรดระบุระดับการรู้จัก

(น้อยที่สุด) 1 2 3 4 5 (มากที่สุด)

--	--	--	--	--

2. ท่านค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

☐ ค้นหา (ทำข้อต่อไป)

☐ ไม่ค้นหา (จบแบบสอบถาม)

โปรดระบุระดับการค้นหา

(น้อยที่สุด) 1 2 3 4 5 (มากที่สุด)

--	--	--	--	--

3. ท่านทราบความแตกต่างระหว่างการคำนวณออกแบบทั่วไปและระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

☐ ทราบความแตกต่าง (ทำข้อต่อไป)

☐ ไม่ทราบความแตกต่าง (จบแบบสอบถาม)

โปรดระบุระดับการทราบความแตกต่าง

(น้อยที่สุด) 1 2 3 4 5 (มากที่สุด)

--	--	--	--	--

4. ท่านเคยทดลองใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM)

☐ เคยทดลองใช้ (ทำข้อต่อไป)

☐ ไม่เคยทดลองใช้ (จบแบบสอบถาม)

โปรดระบุระดับการทดลองใช้

(น้อยที่สุด) 1 2 3 4 5 (มากที่สุด)

--	--	--	--	--

5. ถ้าท่านมีโอกาสท่านจะใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ในการใช้งานครั้งต่อไป

☐ ใช่

☐ ไม่ใช่

โปรดระบุระดับการใช้

(น้อยที่สุด) 1 2 3 4 5 (มากที่สุด)

--	--	--	--	--



ภาคผนวก ข

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถาม

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม

รายชื่อ	ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน
1. ผศ.ดร.กาญจน์ระวี อนันต์อัครกุล	อาจารย์ประจำภาควิชาบริหารธุรกิจ ภาควิชาบริหารธุรกิจคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.สันติ เต็มประเสริฐสกุล	อาจารย์ประจำภาควิชาบริหารธุรกิจ ภาควิชาบริหารธุรกิจคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์



ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ชื่อ ชื่อสกุล	นาย วรรณพงษ์ นันทยาธร
วันเดือนปีเกิด	2 สิงหาคม 2532
สถานที่เกิด	เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	43 สมเด็จพระเจ้าพระ ชอย 12 คลองสาน กทม. 10600
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	52 อาคารนิยะพลาซ่า ชั้น 19 บริษัท ไทยมารูเคน จำกัด แขวงสุริยวงศ์ เขตบางรัก กทม. 10500
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2555	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) จาก มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2560	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ