

นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INNOVATIVE SYSTEM TO IMPROVE ENERGY SAVING BEHAVIOR IN PUBLIC SCHOOL

Mr. Wuttiapan Kiatruangkrai



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Technopreneurship and Innovation

Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---------------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล |
| โดย | นายวุฒิพันธุ์ เกียรติเรืองไกร |
| สาขาวิชา | ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร.มงคลชัย วิริยะพินิจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ |

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร ชุตินทรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิษฐ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.มงคลชัย วิริยะพินิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม ไปรา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(เรืออากาศตรี ดร.โตศักดิ์ ทัศนานุตรวิยะ)

วุฒิพันธุ์ เกียรติเรืองไกร : นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล (INNOVATIVE SYSTEM TO IMPROVE ENERGY SAVING BEHAVIOR IN PUBLIC SCHOOL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.เอกชัย ลีลาภรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.มงคลชัย วิริยะพินิจ, ผศ. ดร.วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ, 330 หน้า.

การวิจัยเรื่อง “นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” มีวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ (1) เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล (2) เพื่อพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล (3) เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเรียนตัวอย่างภายหลังการทดสอบใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล (4) เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) โปรแกรมคอมพิวเตอร์เกม Power School (2) อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) (3) แบบสัมภาษณ์ (4) แบบสังเกตการณ์ (5) แบบสอบถาม โดยกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาประกอบด้วย บุคลากรที่อยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตการศึกษามัธยมศึกษา ที่อยู่ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ ได้แก่ ผู้บริหาร อาจารย์ นักเรียน และผู้บริหารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการรณรงค์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และการไฟฟ้านครหลวง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ paired t-test ผลการวิจัยพบว่า

1. อุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล 3 อันดับแรก ได้แก่ (1) การให้คุณค่า และ นโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล (2) เวลาและความสำคัญ และ (3) การให้ผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด

2. กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนครั้งของพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานลดลงระหว่าง 20-46% เมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล และมีผลประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าหลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. กลุ่มตัวอย่างให้การยอมรับการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ทั้งในด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ ด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน และ ด้านความตั้งใจที่จะใช้งาน อยู่ในระดับ ยอมรับอย่างมาก

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อผู้วิจัย

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5487811820 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT

KEYWORDS: ENERGY CONSERVATION / ENERGY SAVING / PUBLIC SCHOOL / GAMIFICATION

WUTTIPAN KIATRUANGKRAI: INNOVATIVE SYSTEM TO IMPROVE ENERGY SAVING BEHAVIOR IN PUBLIC SCHOOL. ADVISOR: ASSOC. PROF. EKACHAI LEELARASMEE, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. MONGKOLCHAI WIRIYAPINIT, Ph.D., ASST. PROF. WARALAK VONGDOIWANG SIRICHAROEN, Ph.D., 330 pp.

This thesis aims at developing Innovative system to improve energy saving behavior in public school. The objectives of study are: (1) to discover the barriers that obstruct electricity saving in public school (2) to develop Innovative system to improve energy saving behavior in public school accorded to those barriers (3) to discover the effect of Innovative system to improve energy saving behavior in public school to saving behavior of sample classrooms (4) to assess the acceptance from users of Innovative system to improve energy saving behavior in public school.

The methodology of this study was Research and Development (R&D). Research instruments consisted of (1) a computer game "Power School" (2) Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) (3) interview record sheet (4) Observation record sheet (5) Questionnaire. Samples of this study were consisted of persons in public school which under Office of the basic education commission, Ministry of Education, such as School management, teacher and students. The management from organization which related to electricity saving campaign such as Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) and Metropolitan Electricity Authority (MEA) also included. Quantitative statistics used in this study were frequency distributions, percentage, mean, standard deviation and paired t-test.

The thesis pinpoints that:

1. The top three important barriers obstructed saving electricity in public school are; (1) Value and Distortionary fiscal and regulatory policies (2) Time and priority (3) misplaced incentive
2. The electricity wasted behavior of samples were reduced from 20-46% when use the Innovative system to improve energy saving behavior in public school and saving behavior evaluation after experiment were significant higher at the .05 critical alpha level.
3. The technology acceptances from user for the Innovative system to improve energy saving behavior in public school were evaluated as accepted for all aspects.

| | |
|--|------------------------------|
| Field of Study: Technopreneurship and Innovation | Student's Signature |
| Management | Advisor's Signature |
| Academic Year: 2016 | Co-Advisor's Signature |
| | Co-Advisor's Signature |

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัย จาก “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต” เพื่อดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.เอกชัย ลีลารัมย์ และ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ. ดร. มงคลชัย วิริยะพินิจ และ ผศ. ดร. วรลักษณ์ วงศ์โดยหวัง ศิริเจริญ ในการให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบ ให้คำแนะนำใน การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้เสียสละเวลาในการพิจารณา แสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บริหารโรงเรียน ครูอาจารย์ และนักเรียนของโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ที่ได้สละเวลาให้ความร่วมมือและสนับสนุน การทำวิจัยนี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่าน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพ | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 14 |
| คำถามงานวิจัย..... | 15 |
| ขอบเขตการทำวิจัย | 15 |
| ข้อจำกัดของการวิจัย..... | 17 |
| คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย | 18 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 19 |
| บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 21 |
| แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่ศึกษา..... | 21 |
| การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า และสถานการณ์การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของ ประเทศไทย .. | 21 |
| แนวคิดเกี่ยวกับอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า..... | 27 |
| แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน..... | 35 |
| แนวคิดเกมพีเคชั่น..... | 47 |
| แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 53 |
| แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรม | 64 |
| แนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับใช้งานของผู้ใช้ | 67 |
| เอกสารและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษา | 68 |
| บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย | 81 |
| ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียน” | 83 |
| ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 87 |
| ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริม เชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 116 |
| ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 4 “การศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์” | 122 |
| บทที่ 4 การดำเนินการวิจัย | 124 |
| การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | 124 |
| การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาล | 132 |
| การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล | 151 |
| การศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ | 161 |
| บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ | 189 |
| สรุปผลการวิจัย | 194 |
| อภิปรายผลการวิจัย | 203 |
| ข้อเสนอแนะ | 230 |
| รายการอ้างอิง | 233 |

| | |
|---|-----|
| ภาคผนวก ก รายชื่อโรงเรียนในสังกัด สพฐ. ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 117 แห่ง | 254 |
| ภาคผนวก ข รายนามผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ | 262 |
| ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 266 |
| ภาคผนวก ง ตัวอย่างหน้าจอ และ วิธีการใช้งานแอปพลิเคชันของโปรแกรม Power School.... | 290 |
| ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการ สังเกตการณ์ | 302 |
| ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากกิจกรรมทำทนาย . | 309 |
| ภาคผนวก ช ผลการทดสอบจากโปรแกรม SPSS | 314 |
| ภาคผนวก ซ รายชื่อบริษัทจัดการพลังงานที่ลงทะเบียนกับ ESCO จำนวน 58 แห่ง (ข้อมูลจาก สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ปี 2551) | 317 |
| ภาคผนวก ฌ Best Practices: นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล | 321 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 330 |

สารบัญตาราง

| | | |
|--------------|---|-----|
| ตารางที่ 1.1 | ตัวอย่างรายจ่ายค่าไฟฟ้าของโรงเรียนในสังกัด สพฐ. (หน่วย: บาท)..... | 8 |
| ตารางที่ 2.1 | อุปสรรคสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในมหาวิทยาลัย ของ 3 ประเทศในยุโรป | 33 |
| ตารางที่ 3.1 | เงื่อนไขการเลือกโควตาโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอสัมภาษณ์..... | 84 |
| ตารางที่ 3.2 | กิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าประยุกต์ตามแนวทางของ EPPO..... | 109 |
| ตารางที่ 3.3 | แสดงรายละเอียดการออกแบบเมนูและกราฟฟิกของแอปพลิเคชันโปรแกรม เกม Power School..... | 110 |
| ตารางที่ 3.4 | รายละเอียดการออกแบบส่วนเซฟเวอร์ และโครงสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรม เกม Power School..... | 111 |
| ตารางที่ 4.1 | การจัดหมวดหมู่ (Classification) ของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน | 125 |
| ตารางที่ 4.2 | ลำดับความสำคัญของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียนตามความเห็นของผู้บริหารโรงเรียน | 126 |
| ตารางที่ 4.3 | พฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนการใช้ นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาล | 136 |
| ตารางที่ 4.4 | พฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังใช้ นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาล | 139 |
| ตารางที่ 4.5 | ค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation) | 145 |
| ตารางที่ 4.6 | Paired Sample Test ของการประเมินพฤติกรรมโดยนักเรียนเอง | 146 |
| ตารางที่ 4.7 | Paired Sample Test ของการประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ปกครอง นักเรียน..... | 149 |
| ตารางที่ 4.8 | จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านการรับรู้ถึง ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) | 153 |

| | | |
|---------------|--|-----|
| ตารางที่ 4.9 | จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) | 154 |
| ตารางที่ 4.10 | จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) | 154 |
| ตารางที่ 4.11 | จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) | 155 |
| ตารางที่ 4.12 | สรุปผลการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ได้จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากแบบสอบถาม | 155 |
| ตารางที่ 4.13 | การยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลของผู้บริหารโรงเรียนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง | 159 |
| ตารางที่ 4.14 | การประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและการผลิต..... | 164 |
| ตารางที่ 4.15 | การประเมินการลงทุนเริ่มต้น และการประเมินค่าใช้จ่ายต่อปีขั้นต่ำ | 183 |
| ตารางที่ 4.16 | Cost – Benefit Analysis เมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เทียบจากโครงการทดลองในโรงเรียนศรีอยุธยา (กรณีต่ำสุด)..... | 186 |
| ตารางที่ 4.17 | Cost – Benefit Analysis เมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เทียบจากโครงการทดลองในโรงเรียนศรีอยุธยา (กรณีสูงสุด)..... | 187 |
| ตารางที่ 5.1 | การจัดหมวดหมู่ (Classification) ของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน | 217 |

สารบัญภาพ

| | | |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 1.1 | ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการทั่วประเทศ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 – 2548 | 3 |
| รูปที่ 1.2 | ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 - 2548 | 5 |
| รูปที่ 1.3 | ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงกลาโหม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 - 2548 | 5 |
| รูปที่ 1.4 | ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 – 2548 | 6 |
| รูปที่ 1.5 | จำนวนของอาคารควบคุมแต่ละประเภทในประเทศไทย | 7 |
| รูปที่ 2.1 | ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 – 2554 | 26 |
| รูปที่ 2.2 | แผนภาพโมเดลของทฤษฎี The Theory of Reasoned Action | 37 |
| รูปที่ 2.3 | แผนภาพโมเดลของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of planned behavior) | 37 |
| รูปที่ 2.4 | แบบจำลองเกมพีเคชั่นที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ | 51 |
| รูปที่ 2.5 | ภาพจำลองการทำงานของระบบมีเตอร์อัจฉริยะ | 54 |
| รูปที่ 2.6 | โครงสร้างพื้นฐานของระบบมีเตอร์อัจฉริยะ | 54 |
| รูปที่ 2.7 | กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Booz Allen Hamilton | 61 |
| รูปที่ 2.8 | กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ Cooper's Stage-Gate Model | 62 |
| รูปที่ 2.9 | กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford and Di Benedetto | 63 |
| รูปที่ 2.10 | กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Ulrich and Eppinger | 63 |
| รูปที่ 2.11 | โมเดล Technology push and Market pull | 66 |
| รูปที่ 2.12 | แผนภาพ Technology Acceptance Model | 68 |
| รูปที่ 2.13 | ภาพตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Kukui Cup | 72 |

| | | |
|-------------|--|----|
| รูปที่ 2.14 | ภาพตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Power House | 74 |
| รูปที่ 2.15 | แนวทางวิจัยที่ 1 ศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในโรงเรียนอยู่ในปัจจุบัน..... | 75 |
| รูปที่ 2.16 | แนวทางวิจัยที่ 2 พัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล | 76 |
| รูปที่ 2.17 | แนวทางวิจัยที่ 3 ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล | 78 |
| รูปที่ 2.18 | กรอบแนวคิดงานวิจัยในภาพรวม | 79 |
| รูปที่ 3.1 | แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัยในภาพรวม | 82 |
| รูปที่ 3.2 | แนวทางวิจัยที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 83 |
| รูปที่ 3.3 | ขั้นตอนการทำวิจัยหัวข้อ “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 85 |
| รูปที่ 3.4 | แนวทางวิจัยที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 88 |
| รูปที่ 3.5 | ค่าไฟฟ้าในโรงเรียนศรีอยุธยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2559 | 89 |
| รูปที่ 3.6 | ขั้นตอนการทำวิจัยหัวข้อ “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 91 |
| รูปที่ 3.7 | แผนผังของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียนรัฐบาล | 92 |
| รูปที่ 3.8 | แนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) | 93 |
| รูปที่ 3.9 | หน้าจอแสดงผลภาพโปรแกรม Power School | 94 |
| รูปที่ 3.10 | โมดูลกล่องดิจิตอล | 95 |
| รูปที่ 3.11 | แผนผังแสดงส่วนประกอบของ คอมพิวเตอร์บอร์ด Raspberry-Pi..... | 95 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| รูปที่ 3.12 | โมดูลอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi..... | 96 |
| รูปที่ 3.13 | อุปกรณ์ Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) | 96 |
| รูปที่ 3.14 | Flow Chart ของ WIEAM | 97 |
| รูปที่ 3.15 | ตัวอย่างแสดงการเลือกพื้นที่เพื่อตรวจสอบสถานะอุปกรณ์..... | 98 |
| รูปที่ 3.16 | ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่แสดงสถานะ เปิด - ปิด ของหลอดไฟฟ้า | 98 |
| รูปที่ 3.17 | ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่แสดงสถานะของเครื่องปรับอากาศ..... | 99 |
| รูปที่ 3.18 | ตัวอย่างกระบวนการทำงานของ Image comparison สำหรับเครื่องปรับอากาศ ... | 100 |
| รูปที่ 3.19 | ตัวอย่างกระบวนการทำงานของ Image comparison สำหรับหลอดไฟฟ้า..... | 101 |
| รูปที่ 3.20 | ตำแหน่งของพัดลมไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อเปิดใช้งาน..... | 102 |
| รูปที่ 3.21 | ลักษณะการใช้งานโปรแกรมเกม Power School..... | 103 |
| รูปที่ 3.22 | หน้าจอหลักอินของ Power School | 104 |
| รูปที่ 3.23 | หน้าจอการสร้างตัวละครของ Power School..... | 104 |
| รูปที่ 3.24 | หน้าจอแสดงการเลือกทำกิจกรรม(ควส) ของ Power School..... | 105 |
| รูปที่ 3.25 | หน้าจอแสดงคะแนนที่ผู้เล่นได้รับในโปรแกรม Power School..... | 106 |
| รูปที่ 3.26 | หน้าจอแสดงตารางผู้นำใน Power School | 106 |
| รูปที่ 3.27 | หน้าจอแสดงระดับขั้นต่างๆใน Power School | 108 |
| รูปที่ 3.28 | หน้าจอแสดงตัวอย่างการเลือกผู้ได้รับรางวัลใน Power School..... | 108 |
| รูปที่ 3.29 | แนวทางวิจัยที่3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”..... | 117 |
| รูปที่ 3.30 | ขั้นตอนการวิจัยหัวข้อ “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบ ส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” | 118 |
| รูปที่ 4.1 | แบบจำลองเกมพีเคขั้นที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ | 132 |
| รูปที่ 4.2 | สภาพห้องเรียน 4/1 | 134 |
| รูปที่ 4.3 | สภาพห้องเรียน 4/2..... | 135 |

รูปที่ 5.6 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอปพลิเคชัน Empower for Schools226

รูปที่ 5.7 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอปพลิเคชันโปรแกรม Kukui Cup..... 227



บทที่ 1

บทนำ

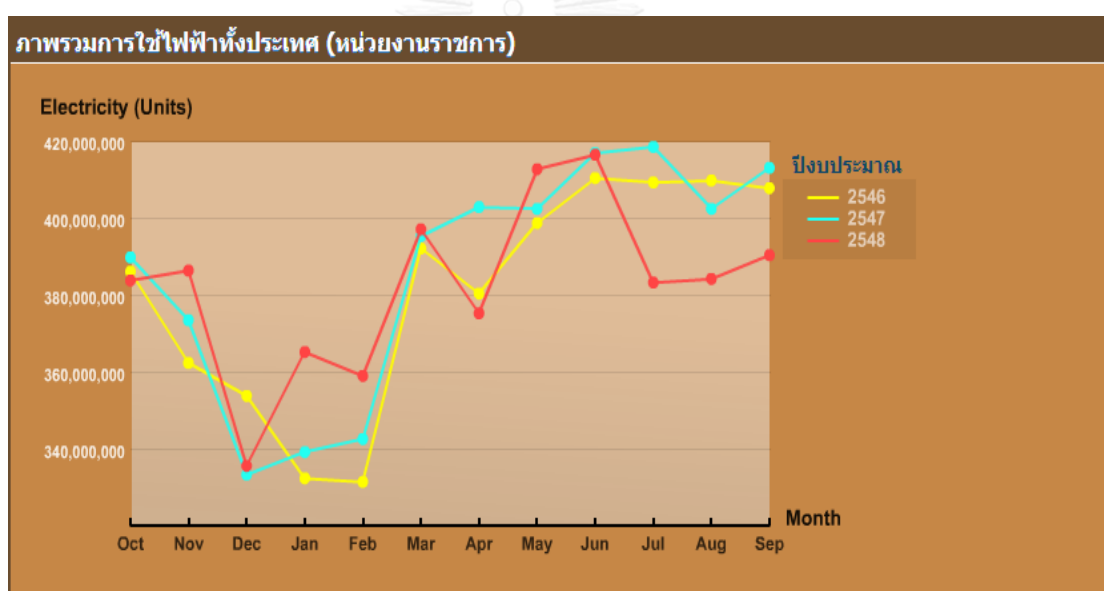
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับชีวิตมนุษย์ในยุคปัจจุบันในหลายๆ ภาค ส่วน ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่ามนุษย์ในยุคนี้ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้หากปราศจากพลังงานไฟฟ้า และจากการที่เราผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าส่วนใหญ่ เราได้มาจากการพึ่งพาพลังงานจากการเผาซากฟอสซิลเป็นหลัก เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือ ถ่านหิน และจากการสำรวจพบว่าแหล่งพลังงานสำรองของโลก มีการประมาณการว่า น้ำมันสำรองจะมีใช้ได้อีกแค่ 25 ปีเท่านั้น (EIA, 2013) จากการที่ประเทศไทยต้องนำเข้าปิโตรเลียมจากต่างประเทศเป็นจำนวนเกือบ 90% เพื่อใช้ในการบริโภคในประเทศ ซึ่งส่วนหนึ่งก็รวมไปถึงการนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า จึงทำให้ประเทศไทยเสี่ยงที่จะตกอยู่ในภาวะขาดความมั่นคงทางพลังงาน ต้องสูญเสียเงินตรามหาศาลเพื่อใช้ในการนำเข้าปิโตรเลียมและถ่านหินทุกปี ซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ นอกจากนี้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน โดยในปี พ.ศ. 2549 ได้มีการสำรวจและพบว่าประเทศไทยมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 22,272 เมกะวัตต์ ซึ่งทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเองนั้นมีกำลังการผลิตเพียงแค่ 15,975 เมกะวัตต์ เท่านั้น ส่วนที่เหลือนั้นได้มาจากการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน และการซื้อจากโรงผลิตไฟฟ้าย่อยส่วนบุคคล (EGAT, 2008) ดังจะเห็นจากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (DEDE, 2013) ที่ระบุว่าในปี 2556 ประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ อันได้แก่ พลังงานจากถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และไฟฟ้าจากพลังน้ำ คิดรวมเป็นมูลค่าถึง 1.42 ล้านล้านบาท แม้ว่าทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง

ประเทศไทย จะมีนโยบายในการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอับความต้องการ และมีความพยายามในการนำเอานโยบายพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ก็ยังคงไม่สามารถเพียงพอต่อความต้องการได้ จึงทำให้จำเป็นต้องนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว และพม่า ถึงกว่า 10,682 ล้านกิโลวัตต์ต่อปี (DEDE, 2011) เพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มีมากขึ้น เพราะฉะนั้นการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงมีความสำคัญอย่างมากทั้งในภาคเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

จากปัญหาด้านการขาดแคลนพลังงานในระดับสากล และระดับประเทศดังกล่าว รัฐบาลไทยจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งก็ได้ออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เพื่อเป็นการส่งเสริมการประหยัดพลังงานโดยได้กำหนดค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของอาคารสำหรับอาคารใหม่ และต้องมีการจัดหาผู้จัดการพลังงานสำหรับอาคารเก่า ในการจัดทำรายงานแผนข้อมูลการใช้และแผนการปรับลดการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง (อรรถวิน เศรษฐบุตร, 2546) และจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2556 รัฐบาลต้องการให้หน่วยงานราชการเป็นผู้นำในการประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับองค์กรธุรกิจ และภาคประชาชน จึงได้ออกนโยบายรณรงค์ให้หน่วยงานราชการทุกหน่วยช่วยกันหามาตรการในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงาน ทั้งนี้ไม่ได้มุ่งเน้นที่การลดค่าใช้จ่าย แต่มุ่งเน้นให้เกิดการใช้ไฟฟ้าให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และคณะรัฐมนตรีได้มีมติ ประกาศเป้าหมายให้หน่วยงานราชการทุกภาคส่วนช่วยกันลดการใช้พลังงานลงอย่างน้อย 10% จากเดิม โดยมอบหมายให้สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ในสังกัดกระทรวงพลังงานเป็นผู้รับผิดชอบ และกำกับดูแล (EPPO, 2015).

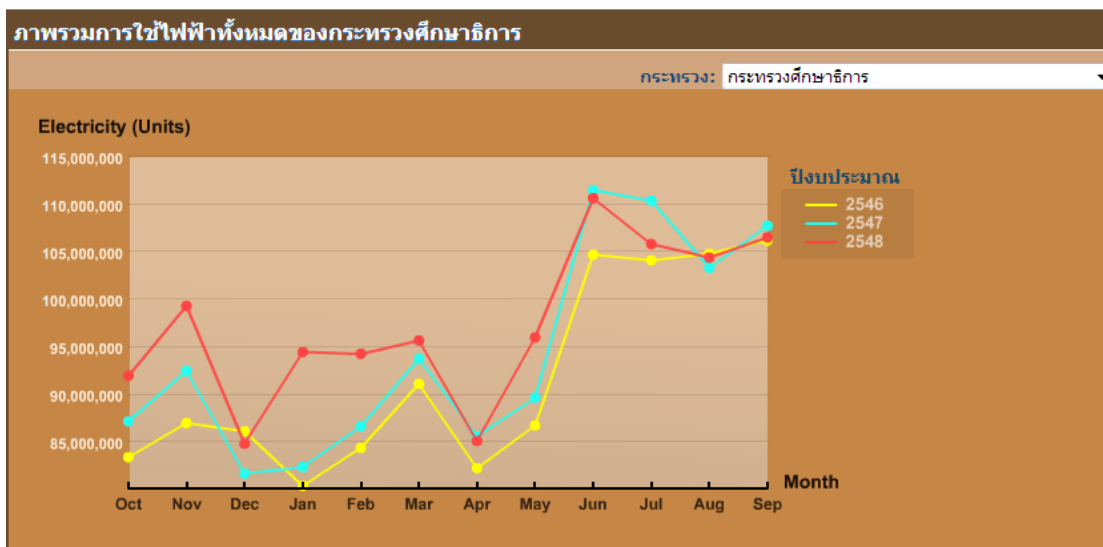
จากนโยบายของรัฐบาลดังกล่าว จึงทำให้หน่วยงานราชการจำเป็นต้องทบทวน และหาวิธีการเพื่อที่จะลดการใช้พลังงานในหน่วยงานของตนเองลง ซึ่งจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการที่จัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าหน่วยงานราชการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนเป็นจำนวนสูงสุดถึง 418 ล้านหน่วย ตามรูปที่ 1.1 หากคิดเป็นค่าใช้จ่ายในอัตราเฉลี่ยจากการไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่อัตราประมาณ 4 บาทต่อหน่วย (รวมค่าบริการและค่า Ft) จะพบว่ารัฐบาลมีรายจ่ายค่าไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่องบประมาณของแผ่นดินสูงสุดถึงเดือนละ 1,672 ล้านบาทเลยทีเดียว



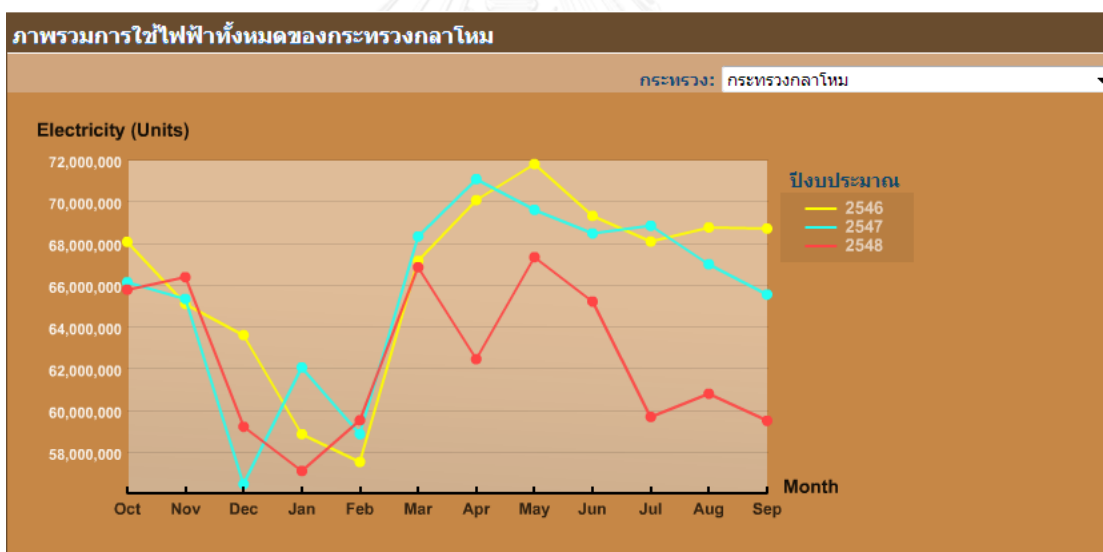
รูปที่ 1.1 ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการทั่วประเทศ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 – 2548

อย่างไรก็ตาม หน่วยงานราชการนั้นประกอบไปด้วยหน่วยงานที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นกระทรวง กรม กอง และสำนักงานต่างๆ ซึ่งมีจำนวนและปริมาณการใช้ที่ย่อมแตกต่างกันออกไป ซึ่งหากพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกออกเป็นรายกระทรวง จะพบว่ากระทรวงศึกษาธิการ เป็นกระทรวงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนสูงที่สุด จากรูปที่ 1.2 พบว่า

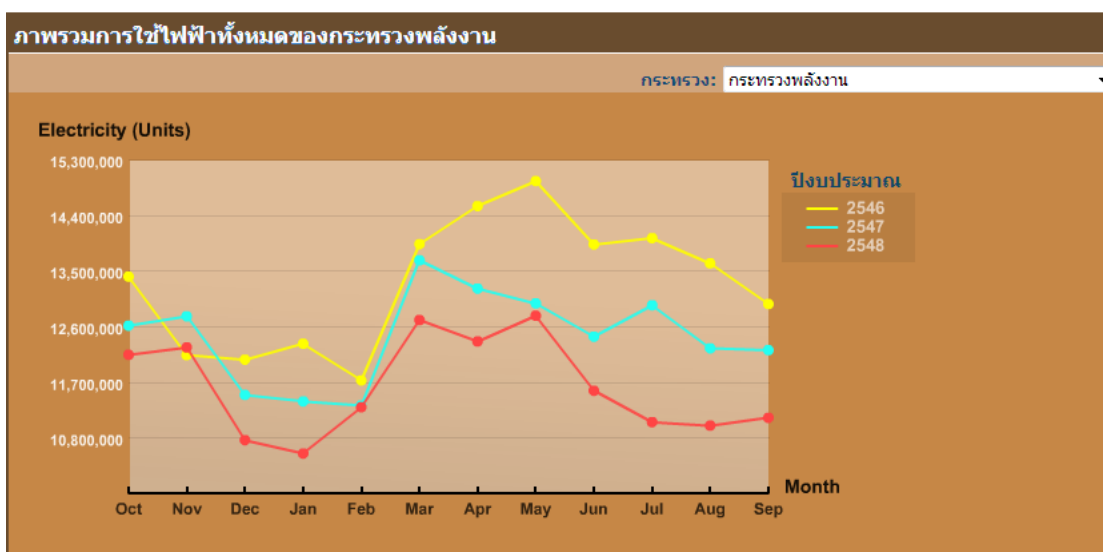
จำนวนการใช้ไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือนของกระทรวงศึกษาธิการ เป็นจำนวน 111 ล้านหน่วยต่อเดือน คิดเป็นจำนวนเงินค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ 222 ล้านบาท เมื่อนำไปเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าโดยรวมของหน่วยงานราชการทั้งหมดจะพบว่าค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายของกระทรวงศึกษาธิการและหน่วยงานในสังกัดมีอัตราส่วนมากกว่า 1 ใน 4 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกระทรวงสำคัญอื่นๆ เช่น กระทรวงกลาโหม และกระทรวงพลังงาน จะพบว่าทั้ง 2 กระทรวงนั้น มีจำนวนการใช้ไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือนเพียงแค่ 71 ล้านหน่วย และ 15 ล้านหน่วยตามลำดับ จึงแสดงให้เห็นว่ากระทรวงศึกษาธิการนั้นเป็นหน่วยงานราชการที่มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด อีกทั้งยังพบว่ากระทรวงศึกษาธิการ ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าดังจะเห็นได้จากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันทุกปี ซึ่งในทางกลับกัน หลายกระทรวงได้แสดงให้เห็นถึงความพยายามและความสำเร็จในการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 1.3 และ 1.4 เพราะฉะนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมุ่งเน้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าหน่วยงานอื่นๆ เมื่อทำการศึกษาแผนผังองค์กรของกระทรวงศึกษาธิการ จะพบว่ากระทรวงศึกษาธิการนั้นมีหน่วยงานย่อยในสังกัดซึ่งเป็นโรงเรียนมากที่สุด โดยข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติระบุว่าในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนโรงเรียนที่อยู่ในความดูแลของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นจำนวนถึง 30,922 แห่งทั่วประเทศ



รูปที่ 1.2 ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 - 2548



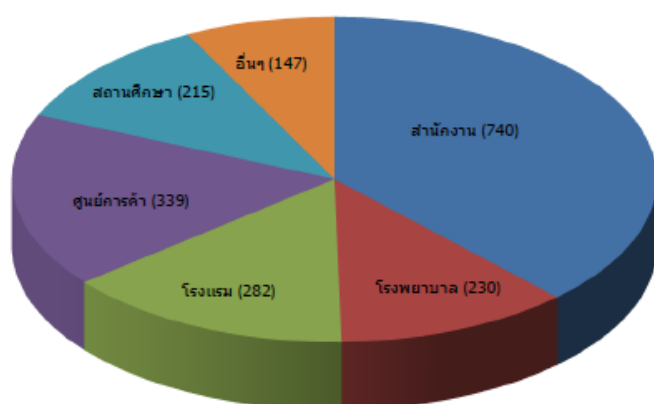
รูปที่ 1.3 ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงกลาโหม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 - 2548



รูปที่ 1.4 ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 – 2548

นอกจากนี้ยังพบว่าผลการประเมินการใช้ไฟฟ้าของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ระบุว่า ในภาพรวมของโรงเรียนในสังกัด สพฐ. ไม่สามารถที่จะลดการใช้พลังงานลงได้ตามนโยบายของรัฐบาล โดยในปี พ.ศ. 2557 – 2559 มีค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาตรฐาน (Standard Electricity Utilization, SEU) (KWh; กิโลวัตต์-ชั่วโมง) อยู่ที่ 3,657,112.80, 3,083,837.00 และ 3,127,381.50 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตัวเลขประมาณการการใช้ไฟฟ้าที่ควรจะเป็นของหน่วยงานในสังกัด สพฐ. ที่จัดทำขึ้นจากการนำปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการนั้น เช่น พื้นที่ใช้สอย จำนวนบุคลากร เวลาที่ใช้ปฏิบัติงานมาคำนวณ ซึ่งเมื่อมีการวัดค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงในปี 2557 - 2559 กลับพบว่าหน่วยงานในสังกัด สพฐ. มีค่าอยู่ที่ 4,084,702.50, 4,627,060.50 และ 4,821,825.50 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (KWh) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากโรงเรียนในสังกัด สพฐ. ไม่สามารถที่จะควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามมาตรฐาน หากแต่ยังมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นเรื่อยๆ อีกด้วย

และหากมองในมุมมองของลักษณะอาคาร ยังพบอีกว่า จำนวนอาคารควบคุมในประเทศไทย ซึ่งมีทั้งสิ้น 1,953 แห่ง โดยแบ่งเป็นอาคารของเอกชนจำนวน 1,161 แห่ง และอาคารของราชการจำนวน 792 แห่ง (วิชัยชาญ เจริญสุข, 2553 อ้างถึงในสุนิษฐา รักธรรมมั่น, 2555: บทคัดย่อ) พบว่าจำนวนของอาคารประเภทสำนักงานมีอยู่ 740 แห่ง ศูนย์การค้า 339 แห่ง โรงแรม 282 แห่ง โรงพยาบาล 230 แห่ง สถานศึกษา 215 แห่ง และอื่นๆ 147 แห่ง ตามรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 จำนวนของอาคารควบคุมแต่ละประเภทในประเทศไทย

จากภาพแสดงให้เห็นว่าอาคารประเภทสถานศึกษา ถือเป็นอาคารประเภทหนึ่งที่มีจำนวนคิดเป็นอัตราส่วนใกล้เคียงกับโรงแรม และโรงพยาบาล จึงถือได้ว่าเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับการใช้พลังงานด้วยเช่นเดียวกัน สำหรับลักษณะโครงสร้างของอาคารในโรงเรียนนั้น จะพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะถูกจัดสรรเป็นห้องเรียน ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะเป็นห้องอาจารย์ และห้องทำกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในโรงเรียน หากนำมาเปรียบเทียบจะพบว่าโรงเรียนทั่วไปจะมีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นนักเรียน มากกว่าครู อาจารย์ และบุคลากร ในอัตราส่วนที่มากกว่าหลายเท่า อีกทั้งการใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนมักจะไม่มีการควบคุมอย่างเข้มงวด หมายถึงผู้ใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะนักเรียน จะเป็นผู้ควบคุม เปิด - ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนของตนเองเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากครู อาจารย์ หรือเจ้าหน้าที่ด้านอื่นๆ

ไม่สามารถที่จะเข้ามาช่วยควบคุมได้ตลอดเวลา เพราะมีภารกิจด้านอื่นๆที่ต้องกระทำ จึงทำให้มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนทำได้ไม่ดีพอหากผู้ใช้ไฟฟ้าในโรงเรียน โดยเฉพาะนักเรียนมีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสม จากข้อมูลในเว็บไซต์ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้มีการเก็บสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนอยู่ ซึ่งพบว่าช่วงเวลาที่โรงเรียนปิดภาคการศึกษา ไม่มีการเรียนการสอน (เดือนเมษายน ของทุกปี) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนลดลงจากช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนปกติอย่างเด่นชัด ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างรายจ่ายค่าไฟฟ้าของโรงเรียนในสังกัด สพฐ. (หน่วย: บาท)

| โรงเรียน | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. |
|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| โรงเรียน | 52 | 52 | 52 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| เตรียมอุดมศึกษา | 80,953 | 138,052 | 86,628 | 136,258 | 106,760 | 80,073 | 52,275 | 56,890 | 201,138 | 192,085 | 148,670 | 146,701 |
| สตรีวิทยา | 69,198 | 124,989 | 114,540 | 131,091 | 138,327 | 72,940 | 46,825 | 76,186 | 184,299 | 152,891 | 139,290 | 134,796 |
| ราชวินิตมัธยม | 34,962 | 54,746 | 46,184 | 57,969 | 47,921 | 34,682 | 24,243 | 35,318 | 76,208 | 65,607 | 59,674 | 57,834 |
| มัธยมวัดสิงห์ | 77,212 | 87,580 | 73,739 | 82,075 | 111,688 | 59,558 | 57,385 | 68,869 | 114,944 | 124,293 | 106,714 | 86,610 |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากข้อมูลตารางที่ 1.1 จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนของผู้ใช้ที่เป็นนักเรียนนั้น ส่งผลเป็นอย่างมากต่อภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน เพราะฉะนั้นหากโรงเรียนต้องการที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง ย่อมต้องให้ความสำคัญต่อการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเรียนและผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มนักเรียนด้วย ซึ่งมาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานราชการ ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้แนะนำถึงวิธีต่างๆ ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่โดยสรุป สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทางคือ การปรับปรุงด้าน

เทคนิค เช่น การใช้อุปกรณ์ประหยัดไฟเบอร์ 5 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี การติดตั้งฉนวนความร้อนหรือมู่ลี่เพื่อบังแสงและความร้อน หรือการแยกผังสวิตช์ควบคุมหลอดไฟฟ้า และพัฒนาให้สอดคล้องกับความจำเป็น ซึ่งในส่วนแรกนี้เป็นการปรับปรุงในเชิงเทคนิคโดยใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยผสมผสานกับเทคนิคการบริหารจัดการด้านพลังงานของอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า แนวทางนี้มีข้อดีคือสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว แต่ข้อด้อยคือแนวทางนี้ต้องการงบประมาณที่ค่อนข้างสูง ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านพลังงานมาช่วยแนะนำและให้คำปรึกษา จึงจะทำให้แนวทางนี้ประสบผลสำเร็จได้ อย่างไรก็ตาม การที่โรงเรียนอยู่ในสังกัดรัฐบาลทำให้โรงเรียนต้องพึ่งพาเงินงบประมาณที่จัดสรรมาจากรัฐบาลเป็นส่วนใหญ่ และงบประมาณเหล่านั้นก็จำเป็นที่จะต้องนำไปใช้สอยในส่วนที่เป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของโรงเรียน เช่น การซ่อมแซมอาคาร ห้องเรียน และการจัดหาครุภัณฑ์ที่ใช้ในการเรียนการสอน เป็นต้น จึงทำให้หลายโรงเรียนไม่มีงบประมาณเพียงพอที่จะนำมาลงทุนเพื่อพัฒนาโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับอีกแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า คือการปรับปรุงพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง จนนำไปสู่การประหยัดพลังงาน เช่น การรณรงค์ปิดไฟ ปิดเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. การรณรงค์ให้ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาเริ่มงาน และควรปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาเลิกใช้งานเล็กน้อย เพื่อประหยัดไฟ หรือ การปิดสวิตช์ไฟ และเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดเมื่อเลิกใช้งาน เป็นต้น ซึ่งแนวทางนี้มีข้อดีคือใช้เงินลงทุนที่ไม่สูงมากนัก ไม่ต้องการความรู้ด้านเทคนิคเฉพาะทาง แต่ข้อเสียคือต้องใช้เวลา และความพยายามในการโน้มน้าวเพื่อปรับพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งหากมองในมุมมองของโรงเรียนรัฐบาล แนวทางการปรับปรุงพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นทางเลือกที่

สามารถทำได้ทันที โดยไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณเข้ามาเกี่ยวข้อง อีกทั้งการปรับปรุงเพื่อสร้างเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น นักเรียน ก็สอดคล้องกับหน้าที่ความรับผิดชอบของโรงเรียน เพราะโรงเรียนมีหน้าที่ในการจัดการเรียนการสอน และให้การศึกษาแก่เยาวชนของชาติ โดยพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวดที่ 1 บททั่วไปความมุ่งหมาย และหลักการมาตรา 6 ที่ระบุไว้ว่าการจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และตอบสนองต่อแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2545 - 2559 ที่กำหนดวัตถุประสงค์ไว้สามประการคือ การพัฒนาคนอย่างรอบด้านและสมดุล สร้างสังคมคุณธรรมภูมิปัญญาและการเรียนรู้ และพัฒนาสภาพแวดล้อมของสังคมตลอดจนตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550 – 2554 ในยุทธศาสตร์ที่ 1 คือ ยุทธศาสตร์การพัฒนาคุณภาพคนและสังคมไทยสู่สังคมแห่งภูมิปัญญา และการเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพื่อการพัฒนาคนให้มีคุณธรรมนำความรู้เกิดภูมิคุ้มกันเพื่อการเสริมสร้างสุขภาวะคนไทยให้มีสุขภาพแข็งแรงทั้งกาย และใจ มีความสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในสภาพแวดล้อมที่น่าอยู่ และเพื่อการเสริมสร้างคนไทยให้อยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างสันติสุข (ปัญญา ประดิษฐ์บาทูภา, 2554) โรงเรียนจึงมีหน้าที่ที่สำคัญนอกเหนือไปจากการให้ความรู้ในด้านวิชาการ แต่ยังคงมีหน้าที่ในการปลูกฝังค่านิยม แนวคิด และพฤติกรรมอันพึงประสงค์ให้กับนักเรียนอีกด้วย ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ให้การสนับสนุนว่า โรงเรียนมีบทบาทสำคัญในการที่จะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมของเยาวชนได้จริง การอบรม ให้ความรู้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จะช่วยยกระดับทางการศึกษา และส่งผลต่อการปรับระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของนักเรียน (Edmonds (1979), Summers & Wolfe (1977),

Brookover et al, (1979), Reynolds and Cuttance (1992), Mortimore (1998), และ Battistich et al, (1999)). เพราะฉะนั้นจึงเห็นได้ว่านอกจากโรงเรียนจะต้องดำเนินงานตามนโยบายให้การศึกษากับประชาชนในด้านวิชาการแล้ว โรงเรียนยังมีหน้าที่ที่จะต้องปลูกฝังจิตสำนึกที่ดีให้กับนักเรียนในสังกัดของตนเอง โดยที่จิตสำนึกด้านอนุรักษ์พลังงานก็เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่ง ที่ทางโรงเรียนควรที่จะปลูกฝังให้กับนักเรียนของตนเอง จากความสำคัญดังกล่าว หน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ก็เล็งเห็นความสำคัญในการส่งเสริมการประหยัดพลังงานในโรงเรียน ได้มีการริเริ่มโครงการโรงเรียนสีเขียวเพื่ออบรม และปลูกฝังจิตสำนึกในการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจุดเริ่มต้น (EGAT, 2011) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ที่ได้จัดโครงการ Energy Mind Award เพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน โดยเป็นรูปแบบของการประกวดแข่งขัน ซึ่งโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการจะได้รับรางวัลหากสามารถปฏิบัติตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เป็นต้น

แม้ว่าแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้ เป็นแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างมากในปัจจุบัน แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากลักษณะ และรูปแบบของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละองค์กร หน่วยงาน และสถานที่ ย่อมทำให้จำเป็นที่จะต้องมีความรู้และมาตรการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปด้วย จึงมีความจำเป็นที่โรงเรียนจะต้องศึกษาถึงลักษณะและรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน รวมถึงพฤติกรรม การใช้พลังงานไฟฟ้าของบุคลากรในโรงเรียนของตนอีกด้วย เพื่อที่จะใช้กำหนดแนวทางและมาตรการประหยัดไฟฟ้าที่ถูกต้องและเหมาะสม หากปราศจากระบบตรวจสอบและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพ ก็เป็นการยากที่ผู้ใช้จะสามารถวางมาตรการให้สอดคล้องกับพฤติกรรม

จากใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเอง เพราะจะไม่สามารถรับรู้ได้ว่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น เกิดจากที่ไหน เวลาใด และจากพฤติกรรมใด (Darby, 2001) อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีของระบบสื่อสาร และสารสนเทศที่ก้าวหน้าในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อที่จะนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ ซึ่งหนึ่งในอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากคือ มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ที่สามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าและบันทึกพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ตลอดจนสามารถนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาทำรายงานบันทึก โดยแบ่งการใช้เป็นออกช่วงระยะเวลา เพื่อให้ทางผู้ใช้ได้สำรวจ และเรียนรู้พฤติกรรมของตนเอง อันสามารถที่จะนำไปสู่การปรับใช้พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าได้ในอนาคต ซึ่งแนวทางดังกล่าวเรียกว่าการใช้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) เพื่อแทรกแซงและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าให้ผู้ใช้ได้ตระหนัก และลดการใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองของตนเอง (Faruqui et al, 2009, Martinez et al, 2010) นอกจากการแทรกแซงพฤติกรรมโดยใช้ผลสะท้อนกลับ ยังมีการแทรกแซงพฤติกรรมอีกหลายรูปแบบ เช่น การตกลงผูกมัด (Commitment) การให้ผลตอบแทน (Incentive) และ แนวทางอื่นๆ ที่สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เช่นกัน

ถึงแม้ว่าการนำเอาระบบมิเตอร์อัจฉริยะ และการใช้ผลสะท้อนกลับจะเป็นแนวทางที่มีประโยชน์และได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงในการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่การนำมาประยุกต์ใช้กับโรงเรียนยังพบว่ามีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ไม่ว่าจะเป็นความยากลำบากในด้านกายภาพ เช่น ปัญหาการติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์อัจฉริยะ อันเนื่องมาจากความเก่าแก่ของอาคารโรงเรียน รวมทั้งความซับซ้อนของระบบสายไฟฟ้าในโรงเรียนซึ่งไม่ค่อยเป็นระเบียบเรียบร้อยนัก หรือภาวะเบียดด้านพัสดุของราชการที่เข้มงวด ตลอดจนอุปสรรค (Barriers) หลายประการที่ขัดขวางความพยายามในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าขององค์กร ซึ่งสามารถเห็นได้จากผลสรุป

รายงานการวิจัยของ Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) ไม่ว่าจะเป็นการขาดเงินลงทุนพัฒนาอุปกรณ์ หรือระบบเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Lack of Capital) ผู้บริหารขาดวิสัยทัศน์เกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านพลังงาน (Lack of Vision) การได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (Misplaced Incentive) หรือผู้ใช้พลังงานในหน่วยงานไม่เห็นคุณค่าของการอนุรักษ์พลังงาน (Value) เป็นต้น (OECD, 2011) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้การรณรงค์ประหยัดพลังงานในโรงเรียนเป็นไปด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้ากลุ่มใหญ่ที่สุดในโรงเรียน หรือนักเรียน เป็นผู้ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากภาระค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า และนโยบายประหยัดพลังงานจากรัฐบาล ซึ่งจะแตกต่างกับคณะผู้บริหาร ครู อาจารย์ และบุคคลากรอื่นๆ ในโรงเรียน ซึ่งเป็นข้าราชการ และลูกจ้างของรัฐบาล ที่ต้องปฏิบัติตามนโยบายรัฐบาลอย่างเคร่งครัด เพราะฉะนั้นการที่จะส่งเสริมกลุ่มนักเรียนซึ่งเป็นกลุ่มเด็กและเยาวชนให้สนใจที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้น จำเป็นที่จะต้องหาเครื่องมือที่เหมาะสมที่สามารถดึงดูด หรือโน้มน้าวให้เด็กและเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือที่เป็นที่นิยมและได้รับการยอมรับเป็นอย่างมากในปัจจุบันก็คือเกม ซึ่งมีผลการวิจัยที่ระบุถึงการใช้สื่อเกมส์ อิเล็กทรอนิกส์ว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการสื่อถึงเยาวชนในปัจจุบัน (Kahn et al., 2013; Paperny, 2004; Schinke et al., 2010) รวมถึงผลการสำรวจของ Software Industry Promotion Agency of Thailand (SIPA) ในปี 2014 ก็ยังพบว่ากลุ่มเด็กและเยาวชนของไทยเป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมการเล่นเกมอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นเกมจึงถือเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่มีความใกล้ชิด และมีอิทธิพลต่อเด็กและเยาวชนเป็นอย่างมาก

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลขึ้น เพื่อให้โรงเรียนรัฐบาลสามารถใช้เป็น

เครื่องมือในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตน เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายและนโยบายที่ได้รับจากรัฐบาล โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่โรงเรียนประสบอยู่ในปัจจุบัน เริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับบริบทของอุปสรรคในการประหยัดพลังงานภายในโรงเรียนในด้านต่างๆ เพื่อหาความต้องการของผู้ใช้ จากนั้นก็จะทำการศึกษาถึงแนวทางการแทรกแซงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาบูรณาการกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในการพัฒนาเกม และเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้กับนักเรียน ซึ่งเป็นเยาวชนมาประกอบกันเพื่อที่จะช่วยแก้ไขปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว แล้วจึงดำเนินการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สามารถนำไปใช้งานในโรงเรียนได้อย่างเหมาะสม เพื่อจะนำไปสู่การส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ลดจากสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตามนโยบายของรัฐบาล ซึ่งจะนำไปสู่การช่วยลดการนำเข้าพลังงาน และช่วยส่งเสริมความมั่นคงทางพลังงานของประเทศไทยได้ในอนาคต ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558 – 2579 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558) ของรัฐบาลในการส่งเสริมการศึกษา วิจัย พัฒนาเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน และการประชาสัมพันธ์สร้างปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

3. เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเรียนตัวอย่างภายหลังการทดสอบใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

คำถามงานวิจัย

1. อุปสรรคประเภทใดที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบัน
2. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถใช้งานได้อย่างไร
3. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเรียนตัวอย่างได้อย่างไร
4. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถได้รับการยอมรับจากผู้ใช้หรือไม่

ขอบเขตการทำวิจัย

1. ด้านประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาล ในเขตกรุงเทพมหานคร ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 1 และ 2 ที่อยู่ในความดูแลของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีสถานศึกษาทั้งหมด 119 แห่ง อันประกอบไปด้วย 2 กลุ่ม คือ ผู้บริหารโรงเรียน และนักเรียน เนื่องจากตามทฤษฎี Cognitive Development

ของ Jean Piaget ได้อธิบายถึงการพัฒนาความคิดกับช่วงอายุของเด็ก โดยช่วงอายุที่เด็ก จะเริ่มมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดนามธรรม (Formal Operational Stage) เริ่มจากอายุ 12 ปีเป็นต้นไป ซึ่งเด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะเริ่มลดน้อยลง เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม เริ่มเป็นตัวของตัวเอง ต้องการอิสระ แต่เข้าใจเหตุผลของผู้อื่น และรู้จักการใช้เหตุผลได้เป็นอย่างดี (Piaget, 1976) เพราะฉะนั้น แนวคิดเกี่ยวกับ พฤติกรรมการอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมที่เป็นเหตุเป็นผล จึง เหมาะสมที่จะนำไปถ่ายทอดให้กับเด็กที่ศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาเป็นต้นไป

2. ด้านเนื้อหา งานวิจัยนี้เป็นแบบงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

โดยการศึกษาอุปสรรคในโรงเรียนเพื่อใช้กำหนดเป็นความต้องการ ในการพัฒนา นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่ง ประกอบด้วย การบูรณาการแนวคิดการแทรกแซงพฤติกรรมเข้ากับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน การ นำไปดำเนินการทดสอบแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) โดยมุ่งเน้นที่ การศึกษาผลลัพธ์ด้านพฤติกรรมเป็นสำคัญ แล้วจึงนำไปดำเนินการทดสอบการยอมรับ จากผู้ใช้งาน

3. ด้านเวลา และสถานที่ ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้ทั้งแบบสอบถาม และการ

สัมภาษณ์ประชากรกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งการสังเกตการณ์ โดยจะทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ บริเวณเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนโรงเรียนสูงที่สุด และมีการใช้พลังงาน ไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นในประเทศไทย โดยจะทำการจัดเก็บข้อมูลในเวลา ราชการ คือ วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ เวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. โดยห้องเรียนตัวอย่างจะ เป็นห้องเรียนชั้น ม.4/1 4/2 และ 4/3 ของโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ

4. ด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ศึกษาเทคโนโลยีเกมิพีเคชั่นเพื่อนำมาปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอื่นเป็นส่วนประกอบ เช่น เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เทคโนโลยีสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication)

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาลที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น ซึ่งยังมีโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาลที่อยู่ในจังหวัดอื่นอีกด้วย และไม่รวมโรงเรียนเอกชน
2. ประเภทของอุปสรรค การกำหนดตัวแปรที่เป็นประเภทของอุปสรรคแต่ละด้านอาจไม่ลึกซึ้งและไม่ครอบคลุมทั้งหมด
3. การวัดระดับพฤติกรรม เป็นลักษณะการประเมินทัศนคติของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นจิตวิสัย (Subjective) ถึงแม้ว่าจะได้มีการใช้มาตราลิเคิร์ต (Likert scale) ก็อาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยเฉพาะการวัดพฤติกรรมการใช้และการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
4. ข้อบังคับของราชการ และโรงเรียน เป็นการจำกัดด้านระยะเวลาและสถานที่ในการเข้าทำการวิจัยและทดลอง ส่งผลต่อจำนวนของห้องเรียนตัวอย่างที่สามารถเข้าร่วมในงานวิจัยนี้
5. การทดสอบใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ในงานวิจัยนี้ เป็นการทดสอบแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว โดยไม่มี

กลุ่มควบคุม และปัจจัยควบคุมอื่นที่ครบถ้วนตามรูปแบบของการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) และมุ่งเน้นการปรับพฤติกรรมของผู้ใช้เท่านั้น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. เกมมิฟิเคชัน (Gamification) เป็นแนวคิดการนำเอากลไกของเกม เช่น องค์ประกอบเกมส์ (Game Element) และเทคนิคการออกแบบเกมส์ (Game Design Technique) มาประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นที่ไม่ใช่เกม (Non-game Context) เช่น การดำเนินธุรกิจ การเรียน การสอน การปลูกฝังแนวความคิด หรือเพื่อปรับปรุงการมีส่วนร่วม ประสบการณ์ และ พฤติกรรมของมนุษย์
2. โรงเรียนรัฐบาล (Public School) หมายถึงสถานที่สำหรับฝึกสอนนักเรียนภายใต้การดูแลของครูหรืออาจารย์ มีระบบการศึกษาอย่างเป็นทางการ ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาภาคบังคับ ในระบบการเรียนนี้ นักเรียนจะผ่านโรงเรียนตามลำดับ ประกอบไปด้วยโรงเรียนประถมสำหรับเด็กเล็ก และโรงเรียนมัธยมสำหรับเด็กโต โดยได้รับงบประมาณและการกำกับดูแลจากกระทรวงศึกษาธิการ ของรัฐบาล
3. การประหยัดพลังงานไฟฟ้า (Electricity Saving) เป็นรูปแบบของการประหยัดพลังงานแบบหนึ่ง และเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation) โดยมุ่งเน้นที่พฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า รวมถึงการสร้างค่านิยมและจิตใต้สำนึกการใช้พลังงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบัน
2. สามารถพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
3. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล สามารถสร้างผลกระทบในเชิงบวกต่อพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของห้องเรียน ตัวอย่าง
4. สามารถสร้างการยอมรับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลจากผู้ใช้ได้
5. สามารถปลูกฝังแนวความคิดในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับนักเรียน ซึ่งสามารถนำไปถ่ายทอดให้กับบุคคลในครอบครัว เพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นผลดีต่อประเทศชาติทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม
6. สามารถนำไปสู่การสร้างผลกระทบเชิงบวกในด้านสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาค และระดับโลก เช่น การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือการสร้างคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจ และจับตามองในระดับนานาชาติ

จากที่กล่าวมาข้างต้นในบทที่ 1 นี้ ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงที่มาของปัญหาและสถานการณ์ในปัจจุบัน ซึ่งทำให้โรงเรียนในสังกัดรัฐบาลนั้นจำเป็นต้องหาแนวทาง และมาตรการประหยัด

พลังงานไฟฟ้าอย่างเร่งด่วน เพื่อแก้ไขปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานในโรงเรียน เพื่อตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาล และที่สำคัญที่สุด เพื่อปลูกฝังค่านิยม จิตสำนึก และพฤติกรรมรักษ์พลังงานให้กับนักเรียนของตน ซึ่งเป็นเยาวชนของชาติผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการที่จะร่วมกันช่วยแก้ไขวิกฤตด้านพลังงานของไทยในอนาคต โดยผู้วิจัยจะได้เอาข้อมูลในบทนี้ นำไปเป็นแนวทางในการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยในอดีตเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และนำไปสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยในบทที่ 2 ต่อไป



บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่องนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี หลักการเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้รับ สำหรับกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมีแนวทางการจัดทำดังนี้

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่ศึกษา

1. การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า และสถานการณ์การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย
2. แนวคิดเกี่ยวกับอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
3. แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน
4. แนวคิดเกมิพีเคชั่น
5. แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
6. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
7. แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรม
8. แนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับการใช้งานของผู้ใช้

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า และสถานการณ์การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย

ก. พลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานที่สำคัญมากในปัจจุบัน ซึ่งประชาชนทุกคนต้องใช้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐาน และยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม โดย

พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เราได้มาในปัจจุบันนั้น เกิดจากการที่โรงผลิตไฟฟ้าได้นำเอาเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซ มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542) โดยมีการอธิบายลักษณะของพลังงานไฟฟ้า (Sheldrick and McGill, 1988) ได้ดังนี้ คือ 1) พลังงานเป็นโมคภณท์ ซึ่งผู้ใช้จะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อค่าใช้จ่ายก็ต่อเมื่อถึงเวลาต้องจ่ายเงิน หรือได้รับใบเรียกเก็บค่าใช้จ่าย 2) พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ ในโลกยุคปัจจุบันพลังงานยิ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นสิ่งสำคัญ จากการที่เรากำลังเผชิญกับภาวะการขาดแคลนพลังงานไปทั่วโลก และ 3) พลังงานเป็นทรัพยากรที่ต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม การผลิตพลังงานในปัจจุบัน มีความเกี่ยวข้องไปยังสิ่งแวดล้อมอื่นๆ มากมาย เช่น การขุดเหมือง การกลั่นน้ำมันและก๊าซ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น โดยในระบบของการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีส่วนประกอบสำคัญแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก (Goran, 2008) ประกอบด้วย 1) การผลิตไฟฟ้า 2) การจัดส่งพลังงานไฟฟ้าแบบแรงสูง 3) การจัดส่งพลังงานไฟฟ้าแบบแรงต่ำ และ 4) การใช้งานไฟฟ้า

ข. การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า กระทรวงพลังงาน ได้ให้ความหมายของการอนุรักษ์พลังงานไว้ว่า การอนุรักษ์พลังงานคือ การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และผลิตพลังงานด้วย (ศูนย์ประสานงานการเรียนรู้ด้านพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553) และจากงานวิจัยของ ชาญชัย ทองประสิทธิ์ (2551) ได้ระบุถึงแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไว้ดังนี้ 1) การใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่าโดยการสร้างค่านิยมและจิตใต้สำนึกในการใช้พลังงาน 2) การใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าจะต้องมีการวางแผนและควบคุมการใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดมีการลด

การสูญเสียพลังงานทุกขั้นตอน มีการตรวจสอบและดูแลการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา เพื่อลดการรั่วไหลของพลังงาน เป็นต้น 3) การใช้พลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ 4) การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าเบอร์ 5 หลอดผอมประหยัดไฟ เป็นต้น 5) การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิง เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้เชื้อเพลิงให้พลังงานได้มากขึ้น 6) การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยการนำวัสดุที่ชำรุดนำมาซ่อมใช้ใหม่ การลดการทิ้งขยะที่ไม่จำเป็น หรือการหมุนเวียนกลับมาผลิตใหม่ (Recycle) นอกจากนี้ ยังระบุว่า การอนุรักษ์พลังงานนั้นบุคลากรในหน่วยงานต้องมีความร่วมมือร่วมใจกันมีใช้ทำเฉพาะฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือคนใดคนหนึ่ง เพราะทุกคนในหน่วยงานก็เป็นผู้ใช้พลังงานเหมือนกันมากน้อยแตกต่างกันตามภารกิจ และหน้าที่แต่ละบุคคล คนหนึ่งเห็นความสำคัญและให้ความร่วมมือ แต่อีกคนปล่อยปละละเลยไม่เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานก็จะไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ค. การอนุรักษ์พลังงาน กับ การจัดการด้านอุปสงค์ (Demand Side Management) การจัดการด้านอุปสงค์กับพลังงานไฟฟ้า สืบเนื่องจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานในช่วงทศวรรษที่ 70 ซึ่งส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงขึ้น รวมไปถึงอัตราเงินเฟ้อและดอกเบี้ย จึงทำให้หน่วยงานด้านพลังงานทั่วโลกได้ตระหนักถึงการจัดการอุปสงค์ด้านพลังงานขึ้น (Gellings, 2000) ซึ่งการทำจัดการด้านอุปสงค์นั้น จากงานวิจัยของ Parveen et al. (2012) กล่าวว่า เป็น การบริหารจัดการให้หน่วยงานด้านพลังงานไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงเวลาหรือจำนวนการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และ 2) เพื่อสนับสนุนการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Parveen et al. (2012) ยังได้ระบุถึงประโยชน์ของการจัดการด้านอุปสงค์ ยกตัวอย่างเช่น 1) ช่วยชะลอการ

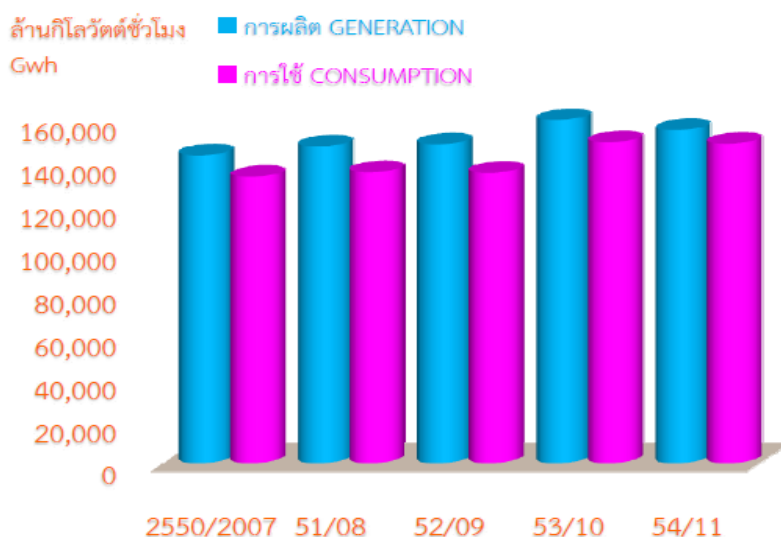
ก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ 2) ประสิทธิภาพในการลงทุนเกี่ยวกับโครงข่ายการขนส่งไฟฟ้าที่มีมูลค่าสูง 3) ลดการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ 4) ลดมลพิษที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า 5) ลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า 6) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง 7) ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาโรงไฟฟ้า 8) ลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า และ 9) เพิ่มความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม การจัดการด้านอุปสงค์ให้ประสบผลสำเร็จก็ยังคงประสบกับอุปสรรค ซึ่งถูกระบุไว้ในงานวิจัยของ (Goran, 2008) คือ 1) การขาดโครงสร้างพื้นฐานด้าน ICT เช่น มิเตอร์อัจฉริยะ, การติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ 2) การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของการจัดการด้านอุปสงค์ 3) ความซับซ้อนในการใช้มากกว่าระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ 4) ขาดการสนับสนุนและสร้างแรงจูงใจ

ง. สถานการณ์การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้จัดพิมพ์รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย เพื่อเผยแพร่ข้อมูลและข่าวสารเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าเป็นประจำทุกปี ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีสถานการณ์การใช้ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้ (DEDE, 2554) คือ ปี 2554 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านระบบสายส่งของประเทศรวมทั้งสิ้น 148,700 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ลดลงจากปี 2553 ร้อยละ 0.4 โดยมีกำลังการผลิตติดตั้งของระบบไฟฟ้าของประเทศไทยรวม 31,773 เมกะวัตต์ เพิ่มจากปีก่อนร้อยละ 0.9 แบ่งเป็นสัดส่วนของภาครัฐร้อยละ 51.8 และภาคเอกชนร้อยละ 48.2 ในขณะที่การผลิตพลังงานไฟฟ้า ปี 2554 กำลังผลิตพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบรวมทั้งสิ้น มีเพียง 23,388 เมกะวัตต์ ลดลงจากปี 2553 ร้อยละ 6.8 และผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 154,886 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ลดลงจากปี 2553 ร้อยละ 2.9 ซึ่งเป็นสัดส่วนของภาครัฐร้อยละ 47.5 และภาคเอกชนร้อยละ 52.5 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีสูงขึ้น

แต่กำลังผลิตพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบกลับลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหาความไม่มั่นคงทางพลังงานที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ สำหรับการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า พบว่าประเทศไทยต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าน้ำมันดิบรวมทั้งสิ้น 32,389 พันตัน (DEDE, 2554) ซึ่งประเทศไทยไม่มีกำลังการผลิตเชื้อเพลิงที่เพียงพอและจำเป็นต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี นอกจากนี้ ในปี 2554 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าบริเวณแนวชายแดนกับประเทศเพื่อนบ้าน คือ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สหพันธรัฐมาเลเซีย สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า และราชอาณาจักรกัมพูชา โดยมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 10,682 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากปี 2553 ร้อยละ 46.6 โดย เป็นสัดส่วนการนำเข้าจากประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ร้อยละ 99.9 และประเทศสหพันธรัฐมาเลเซีย ร้อยละ 0.1 มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 13,766 ล้านบาท จะเห็นได้ว่าประเทศไทยต้องสูญเสียในเชิงเศรษฐกิจเป็นอย่างมากเกี่ยวกับภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ทั้งนี้หากมองในแง่ของพื้นที่การใช้พลังงาน พบว่า เขตนครหลวงคือ พื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 44,191 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง และเป็นสัดส่วนร้อยละ 29.7 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ในขณะที่เขตภูมิภาคคือ พื้นที่ที่เหลือทั้งหมดของประเทศ มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 104,509 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง และเป็นสัดส่วนร้อยละ 70.3 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ (DEDE, 2554) ซึ่งหากเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ จะพบว่าพื้นที่เขตนครหลวงจะเป็นพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในประเทศไทย

๑. แนวโน้มความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้เก็บข้อมูลสถิติความต้องการไฟฟ้าของระบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 จนถึง ปีพ.ศ. 2558 พบว่า

ประเทศไทยมีแนวโน้มความต้องการไฟฟ้าสูงขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ว่าจะมีบางปีที่ลดลงบ้างเล็กน้อย แต่
ว่าในภาพรวมก็ยิ่งเพิ่มสูงขึ้น (DEDE, 2011) ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2550 – 2554

จากแนวโน้มดังกล่าว (ภัทรภรณ์ หิรัญวงศ์ และ สิงห์พันธุ์ สิงห์เสนี, 2015) มีการพยากรณ์
ว่า ในปี 2579 พลังงานไฟฟ้ายังมีความเพียงพอ และมีราคาอยู่ในระดับที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม
ยังมีความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนในด้านเชื้อเพลิง ความสามารถในการสร้างโรงไฟฟ้าและซื้อ
พลังงานไฟฟ้าได้ตามกำหนด ความต้องการไฟฟ้าในอนาคตที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รวมทั้ง
ความสามารถในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า ซึ่งภาครัฐมีบทบาทในการลดความ
เสี่ยงได้ในหลายแนวทาง คือ สร้างความชัดเจนถึงการเพิ่มสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติใน
การผลิตไฟฟ้าในอนาคต สร้างความเชื่อมั่นให้ประชาชนผ่านกระบวนการที่โปร่งใส และผลักดัน
การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าอย่างจริงจัง และกำกับการผลิตไฟฟ้าให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
เพื่อให้ประเทศไทยมีพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอ ในราคาที่เหมาะสม และมีความยั่งยืนในระยะยาว
จากที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงมี

ความคิดที่จะพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน
 รัฐบาลขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะส่งเสริมพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า
 โดยการสร้างค่านิยมและจิตใต้สำนึกในการใช้พลังงานให้กับนักเรียนภายในโรงเรียนตามแนวทาง
 ในการอนุรักษ์พลังงานของ ชาญชัย ทองประสิทธิ์ (2551) และเพื่อสนับสนุนการจัดการด้านอุป
 สงค์ตามแนวคิดของ Parveen et al. (2012) ให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งผล
 ต่อการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงเรียน และเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศไทย
 อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

แนวคิดเกี่ยวกับอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

จากการศึกษาของ Weber (1997) ได้ให้เหตุผลว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดช่องว่างในการใช้
 พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมาจากอุปสรรค (Barrier) บางประการ โดย Sorrell (2000) ได้อธิบาย
 นิยามของอุปสรรคเอาไว้ว่า เป็นกลไกที่ขัดขวางการลงทุนในเทคโนโลยีสำหรับการใช้พลังงาน
 อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ ผู้วิจัยทำการทบทวนวรรณกรรม และ
 งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา พบว่ามีผู้เชี่ยวชาญได้ทำการแบ่งประเภทของอุปสรรคออกเป็นกลุ่มๆ
 เพื่อเข้าใจถึงลักษณะเฉพาะของอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานแต่ละประเภท เพื่อให้ง่ายต่อการ
 วิเคราะห์และหาวิธีในการขจัดอุปสรรคเหล่านั้น โดยที่งานวิจัยของ Weber (1997) ได้ทำการแบ่ง
 อุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) อุปสรรคที่เกิดจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 กับการเมืองการปกครอง (Institutional barriers) 2) อุปสรรคที่เกิดจากข้อจำกัด หรือเงื่อนไขทาง
 การตลาด (Market failure barrier) 3) อุปสรรคที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงาน หรือองค์กร
 (Organizational barriers) และ 4) อุปสรรคที่เกิดขึ้นจากภายในตัวบุคคล (Behavioral barriers)

ในปี 2000 Sorrell ได้ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ จิตวิทยา และการบริหารองค์กร โดยได้ทำการแบ่งประเภทของอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) อุปสรรคเชิงเศรษฐกิจ (Economical barrier) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับราคา เงินทุน และความเสถียร (Rational barrier) และอุปสรรคจากการตลาดสำหรับตัวสินค้าเอง (Market failure barrier) เช่น ขาดข้อมูลที่ครบถ้วน 2) อุปสรรคที่เกิดจากตัวบุคคลเอง (Behavioral barrier) เช่น ความตระหนักรู้ หรือความเชื่อมั่น และ 3) อุปสรรคที่เกิดภายในองค์กร (Organizational barrier) เช่น หน้าที่และความรับผิดชอบ วัฒนธรรม และกฎระเบียบขององค์กร

ต่อมา Nagesha and Balachandra (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และได้ทำการแบ่งประเภทของอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานออกเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับการขาดความตระหนักรู้ (Awareness and information barriers) อันเกิดมาจากการรับข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน 2) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องข้องกับปัจจัยทางเศรษฐกิจ (Financial and economic barrier) เช่น ราคา และเงินลงทุน 3) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับความไม่เพียงพอของสิ่งอำนวยความสะดวก และโครงสร้างพื้นฐานทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ (Structural and institutional barrier) ส่งผลให้การรับรู้เกี่ยวกับพลังงานต่ำกว่าที่ควร 4) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องข้องกับนโยบายหรือกฎระเบียบที่ออกโดย รัฐบาล หรือหน่วยงานท้องถิ่น (Policy and regulatory barrier) และ 5) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องข้องกับพฤติกรรมและความคิดเห็นส่วนบุคคล (Behavioral and personal barrier) เช่น เจตคติ หรือความรู้สึกต่อการเปลี่ยนแปลง ส่วน Sardanou (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลงทุนเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในประเทศกรีซ และได้แบ่งประเภทของอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานออกเป็น 4 กลุ่ม คล้ายกับ Sorrell คือ 1) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องข้องกับด้านการเงิน การคลัง (Financial

barrier) 2) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับการตลาด การขาย (Market barrier) 3) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับกฎระเบียบและวัฒนธรรมองค์กร (Organizational barrier) และ 4) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิจัยต่างๆ ของมนุษย์ (Human factor barrier) เช่น นิสัย ความเคยชิน แต่ในปีเดียวกันนั้นเอง Schleich and Gruber (2008) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงาน และได้ทำการจำแนกอุปสรรคสำหรับกลุ่มธุรกิจและบริการในประเทศเยอรมันนี้ออกเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับการไม่ได้ประมาณการข้อมูลข่าวสาร และการลงทุนที่ถูกต้องเหมาะสม (Information and other transaction costs) 2) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจวัตร ประสิทธิภาพ หรือความเคยชิน (Bounded rationality) 3) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับการลงทุน การหาแหล่งเงินทุน และการชำระเงินคืน (Capital constraints) 4) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับความผันผวนของราคาพลังงาน หรือความเสี่ยงที่จะขาดทุน (Uncertainty and risk payback) และ 5) อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างผู้ลงทุนสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กับผู้ใช้พลังงาน (Investor user Dilemma) เช่น เจ้าของบ้าน กับ ผู้เช่าบ้าน อย่างไรก็ตาม รายงาน OECD ในปี 2011 ได้ทำการเก็บข้อมูลจากหลากหลายงานวิจัย จากหลากหลายประเทศ และได้ทำการแบ่งประเภทของอุปสรรคต่อการประหยัดพลังงานออกเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับการตลาดของสินค้า (Market) เช่น ค่าใช้จ่ายในการทำธุรกรรม หรือค่าติดตั้ง 2) อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับเงินลงทุนล่วงหน้า หรือความเสี่ยงในการลงทุน (Financial) 3) อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับการขาดความรู้ความเข้าใจ หรือความตระหนัก (Information and awareness) 4) อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับนโยบายหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (Regulatory and Institutional) เช่น การสนับสนุนที่ไม่เหมาะสมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ 5) อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนเทคโนโลยีในท้องถิ่น หรือกำลังการผลิตไม่เพียงพอที่จะใช้และ

บำรุงรักษาการลงทุนพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Technical) ในขณะที่ Kostka et al. (2011) ได้นำเสนอการจัดแบ่งประเภทของอุปสรรค เป็น 3 ประเภทเท่านั้น คือ 1) อุปสรรคด้านการเงินที่ส่งผลต่อการลงทุนด้านเทคโนโลยี และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Financial barrier) 2) อุปสรรคด้านข้อมูลข่าวสาร การขาดข้อมูลที่ครบถ้วน หรือค่าใช้จ่ายในการหาข้อมูลนั้นสูงเกินไป (Informational barrier) และ 3) อุปสรรคภายในองค์กร (Organizational barrier) เช่น ขาดการสนับสนุนจากผู้บริหาร

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในแง่มุมที่หลากหลาย เช่น แง่มุมของทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ ภูมิศาสตร์ และกลุ่มอุตสาหกรรม สำหรับมุมมองในเชิงทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ Brown (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับช่องว่างระหว่างการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพกับอุปสรรคที่ขัดขวางในเชิงเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าความล้มเหลวในเชิงการตลาด ซึ่งเป็นสภาวะการของตลาดที่ละเมิดสมมติฐานทางเศรษฐศาสตร์สำนักนีโอคลาสสิก เกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้ 1) การสร้างแรงจูงใจที่ไม่ตรงจุด (Misplaced incentives) 2) นโยบายและกฎระเบียบทางการคลังที่ไม่เหมาะสม (Distorted fiscal and regulatory policies) 3) ต้นทุนที่ไม่ได้ถูกระบุอยู่ราคา (Un-priced cost) ได้แก่ ผลกระทบด้านลบที่เกิดจากผลิตพลังงาน เช่น ควันเสียที่เกิดจากโรงไฟฟ้า เป็นต้น 4) สินค้าที่มีลักษณะเป็นสาธารณะ (Un-priced goods) และ 5) ข้อมูลไม่เพียงพอและไม่ถูกต้อง (Insufficient and incorrect information) นอกจากนี้ Brown ยังได้ระบุถึง อุปสรรคทางการตลาด (Market Barriers) ซึ่งหมายถึงอุปสรรคที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับความล้มเหลวทางการตลาด (Market failures) ซึ่งประกอบไปด้วย 1) เรื่องพลังงานมีลำดับความสำคัญต่ำ (Low priority of energy issues) 2) อุปสรรคใน

ตลาดทุน (Capital market barriers) และ 3) ตลาดที่ไม่สมบูรณ์สำหรับประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Incomplete markets for energy efficiency)

สำหรับมุมมองในเชิงภูมิศาสตร์ de Groot et al. (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคที่มีต่อการประหยัดพลังงานในบริษัทจำนวน 135 แห่งในประเทศเนเธอร์แลนด์ ผลการศึกษพบว่าอุปสรรคที่สำคัญที่สุดมาจากอุปสรรคทางการเงิน ไม่ว่าจะเป็น ความจำเป็นในการลงทุนด้านอื่นๆ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไม่มีความสำคัญ ปัญหาด้านพลังงานถูกมองข้าม งบประมาณจำกัด ความยากลำบากในการแสวงหาเงินทุน ราคาการลงทุนที่ผันผวน การขาดข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วน และการขาดการประเมินเทคโนโลยีในปัจจุบัน เป็นต้น ส่วน Sardanou (2008) ที่ได้ทำการศึกษาการลงทุนเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในประเทศกรีซ และได้ทำการระบุอุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ข้อจำกัดทางการเงิน ปัญหาของระบบราชการ ความไม่แน่นอนเกี่ยวกับราคาพลังงานในอนาคต การขาดข้อมูลที่ชัดเจนครบถ้วน เป็นต้น ส่วนในประเทศจีน Wang et al. (2008) ได้ทำการสำรวจในหลายพื้นที่ในประเทศจีนเกี่ยวกับอุปสรรคที่ขัดขวางโครงการประหยัดพลังงาน และได้ทำการระบุถึงอุปสรรคที่สำคัญ ได้แก่ การขาดความตระหนักเกี่ยวกับความสำคัญของพลังงาน ข้อจำกัดของกรอบนโยบาย การขาดแรงจูงใจ การขาดเงินทุน การขาดบุคลากรที่มีความสามารถและเคยผ่านการฝึกอบรม และการได้รับข้อมูลข่าวสารที่ไม่เพียงพอ เป็นต้น

ในส่วนของระดับกลุ่มอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยต่างๆ เช่น Nagesha and Balachandra (2006) ซึ่งได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงขั้นตอน และกระบวนการในการหาอุปสรรคที่มีต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการศึกษพบว่า อุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับแรกคือ อุปสรรคทางด้านเศรษฐกิจและการเงิน เช่น การขาดความสามารถในการลงทุน และ

การที่ไม่มีเวลาที่จะมาสนใจปัญหาด้านพลังงาน สำหรับอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับต่อมา คือ อุปสรรคด้านพฤติกรรมและตัวบุคคล ซึ่งเกี่ยวพันถึง การต่อต้านความเปลี่ยนแปลง และการขาดการบังคับใช้ที่ดีพอและ Rohdin and Thollander (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคที่มีต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยการสัมภาษณ์บริษัท 8 แห่งที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่ได้มีการใช้พลังงานอย่างเข้มข้น ภายในประเทศสวีเดน ผลการศึกษาพบว่า อุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพคือ ราคาและความเสี่ยงในการลงทุน การขาดเวลาหรือไม่ให้ความสำคัญต่อเรื่องพลังงาน และการขาดการวัดและตรวจสอบการใช้พลังงานในหน่วยย่อยที่สังกัดในองค์กร เป็นต้น

ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับอุปสรรคต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในสถานศึกษา เช่น Sorrell (2000) ได้ทำการศึกษาอุปสรรคที่มีต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในมหาวิทยาลัยของ 3 ประเทศ ในทวีปยุโรป ได้แก่ ประเทศสหราชอาณาจักร เยอรมันนี และไอร์แลนด์ ซึ่งจากการศึกษา ได้ผลสรุปอุปสรรคสำคัญที่มีต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างกันออกไประหว่างประเทศที่ศึกษา โดยสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุปสรรคสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในมหาวิทยาลัยของ 3 ประเทศในยุโรป

| สหราชอาณาจักร | เยอรมนี | ไอร์แลนด์ |
|---|---|---|
| 1. การเข้าถึงแหล่งเงินทุน | 1. การเข้าถึงแหล่งเงินทุน | 1. การเข้าถึงแหล่งเงินทุน |
| 2. ค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่ | 2. ค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่ | 2. ค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่ |
| 3. ความเสี่ยง | 3. ขาดข้อมูลที่เพียงพอ | 3. การได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ |
| 4. ขาดข้อมูลที่เพียงพอ | 4. แรงจูงใจที่ถูกแยกออก (Split incentives) | 4. แรงจูงใจที่ถูกแยกออก (Split incentives) |
| 5. แรงจูงใจที่ถูกแยกออก (Split incentives) | | 5. ความสัมพันธ์แบบประธาน และตัวแทน |

สำหรับ Kershaw and Simm (2014) ได้ทำการศึกษาอุปสรรคที่มีผลต่อความพยายามลดการใช้พลังงาน เพื่อรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของโรงเรียนในสหราชอาณาจักร ผลจากการศึกษาพบว่า อุปสรรคที่สำคัญคือ กฎหมาย ความกังวลด้านสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายในการทำงาน และยังมีอุปสรรคที่เกิดจากโครงสร้างของโรงเรียนอีก เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในโรงเรียนสมัยใหม่, ความซับซ้อนของระบบอาคารและค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบและเทคโนโลยี นอกจากนี้ Dahle and Neumayer (2001) ก็ได้ทำการศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานในสถานศึกษาของสหราชอาณาจักร โดยทำการศึกษาเพื่อหาอุปสรรคในการประหยัดพลังงานในสถานศึกษา พร้อมทั้งหาวิธีการในการที่จะก้าวข้ามอุปสรรคต่างๆ เหล่านี้ โดยทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคลจากมหาวิทยาลัย จำนวน 6 แห่ง ในลอนดอน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าอุปสรรคมาจาก 4 หัวข้อหลักคือ 1) การขาดทรัพยากรด้านการเงินเพื่อที่จะลงทุนในการประหยัดพลังงาน (Financial) 2) การขาดความตื่นตัวเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน เนื่องจากขาดความรู้ ความเข้าใจ และความสำคัญของการประหยัดพลังงาน (Awareness) 3) ขาดการปลูกฝังวัฒนธรรมที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน จึงทำให้มองข้ามความสำคัญของการประหยัดพลังงานไป (Cultural) และ 4) สถานที่ หรือพื้นที่ที่ย่อมส่งผลต่อ

ความสามารถในการประหยัดไฟฟ้า (Urban) ยกตัวอย่างเช่น อาคารเก่าที่ย่อมมีข้อจำกัดในการวางแผนในการประหยัดไฟฟ้า เพราะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรือการขยับขยายย่อมทำได้ยาก เป็นต้น และยังได้ระบุถึงวิธีการก้าวข้ามอุปสรรคทั้งสิ้น 5 วิธีด้วยกัน คือ 1) เปิดการอบรมแนวทางการประหยัดไฟฟ้าให้กับบุคลากรในองค์กร (Open lectures) 2) การให้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น แผนภาพ ตาราง (Visual means) 3) การผลักดันนโยบายรักษาสิ่งแวดล้อมไปสู่ทางภาคส่วนขององค์กร (Greening the curriculum) 4) การให้นักเรียนได้เป็นส่วนหนึ่งของการสนับสนุนและตัวกลางในการบอกต่อเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม (Students as advocate) และ 5) การกำหนดบทลงโทษและการให้รางวัลอย่างชัดเจนและเหมาะสม เพื่อจูงใจให้บุคลากรประหยัดพลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม (Punishments and rewards) นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับอุปสรรคต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในประเทศไทย เช่น The United Nations Environment Program (UNEP, 2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการหลีกเลี่ยงการปล่อยของเสียและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้ความช่วยเหลือบริษัทต่างๆ ที่อยู่ในภาคพื้นเอเชียแปซิฟิกในการปรับปรุงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ทำการศึกษาจาก 9 ประเทศ คือ บังกลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย มองโกเลีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไทย และเวียดนาม ซึ่งให้ความร่วมมือกับโครงการนี้ ผลการศึกษาพบว่า อุปสรรคสำคัญต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของประเทศไทย ในเชิงของการบริหารจัดการ ได้แก่ 1) ความรู้และข้อมูลข่าวสาร 2) จัดหาเงินทุน และนโยบายเกี่ยวกับพลังงาน ไม่ได้ได้รับความสำคัญจากฝ่ายบริหาร 3) ไม่มีเวลาในการปรับปรุงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 4) ไม่มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม 5) ขาดแคลนเทคโนโลยีและทักษะที่จำเป็น 6) การอุดหนุนด้านพลังงาน 7) ความเสี่ยงในการลงทุน และ 8) ขาด

ความร่วมมือระหว่างภายนอกองค์กร นอกจากนี้ Hasanbeigi et al. (2010) ได้ทำการศึกษาอุปสรรคที่มีต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอ และ ซีเมนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า อุปสรรคที่สำคัญต่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ 1) ขาดทรัพยากรด้านการเงิน 2) ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับการปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ 3) การไม่ให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 4) ความเสี่ยงที่เกิดจากความไม่แน่นอน 5) ขาดการสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร 6) การได้รับข้อมูลข่าวสารที่ไม่เพียงพอ 7) ขาดความรู้ 8) แรงจูงใจที่ถูกแยกออก 9) ขาดการสนับสนุนจากรัฐบาล 10) ขาดความร่วมมือระหว่างภายนอกองค์กร และ 11) ขาดการบังคับใช้กฎหมายจากภาครัฐ

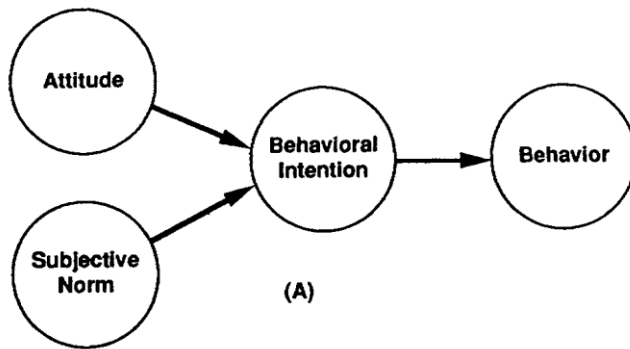
เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยในแง่มุมที่แตกต่างกันตามที่ได้แสดงไว้ข้างต้นแล้ว จึงได้ทำการสรุปโดยรวบรวมความเหมือนและความแตกต่างของอุปสรรคแต่ละชนิด และผู้วิจัยจะนำผลสรุปดังกล่าวไปใช้เป็นแนวทางของการทำวิจัยในขั้นตอนที่เกี่ยวกับการศึกษาอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนในปัจจุบันต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน

ในปัจจุบัน แม้เป็นที่ทราบกันดีว่าพลังงานนั้นมีความจำเป็นต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามก็ยังมีกรพบว่ามีมนุษย์เรามีการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองโดยใช้เหตุ เช่น การศึกษาของ Williams and Matthews (2007) ที่ทำการสำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวนกว่า 4383 ครัวเรือนทั่วประเทศ พบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูญเปล่าถึงมากกว่า 39% โดยที่สาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงาน ได้แก่ 1) การเปิดใช้ระบบปรับอากาศ ทั้งร้อนและเย็น ในบ้านที่ไม่มีคนอยู่ 2) การเปิดใช้ระบบปรับอากาศ ทั้งร้อนและเย็น ในห้องที่ไม่มีคนอยู่ 3) การตั้งค่าเครื่องบังคับ

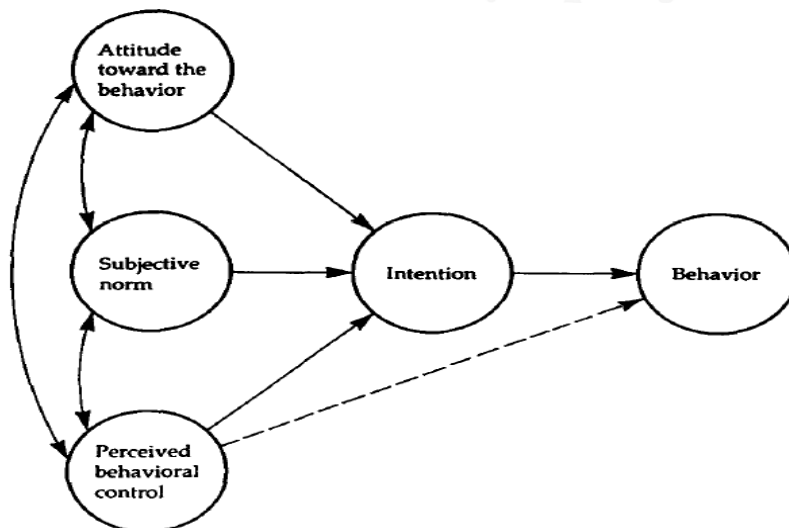
อุณหภูมิต่ำ (Thermostat) ที่สูงเกินไป 4) การรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าโดยปราศจากการใช้งาน 5) การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ซึ่งเห็นได้ว่าพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้ามีส่วนเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากต่อสาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงาน เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ เพื่อที่จะได้เข้าใจ และสามารถหาวิธีการในการปรับเปลี่ยน และเสริมสร้างพฤติกรรมเชิงบวกต่อการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้าได้

ก. แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ ในอดีตได้มีการศึกษาเป็นจำนวนมากเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ ปัจจัยที่มีผลต่อการแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ รวมถึงการศึกษาเพื่อที่จะกำหนดทิศทาง หรือรูปแบบของพฤติกรรม ในปี ค.ศ. 1975, Fishbein and Ajzen (1977) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ และสิ่งที่มีผลต่อการแสดงพฤติกรรมนั้น โดยได้กล่าวว่าเจตนาเชิงพฤติกรรม (Behavioral intention) เป็นสาเหตุของการที่บุคคลแสดงพฤติกรรมที่เฉพาะเจาะจงออกมา ซึ่งเจตนาเชิงพฤติกรรม เกิดขึ้นจากปัจจัย 2 ประการ คือ เจตคติ (Attitude) และบรรทัดฐาน (Subjective Norm) ที่บุคคลมีต่อการกระทำพฤติกรรมนั้น ซึ่งมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมออกมา จากการศึกษา พบว่าพฤติกรรมของมนุษย์สามารถที่จะถูกโน้มน้าว หรือ ชักจูงได้ โดยสามารถสรุปเป็นทฤษฎี The Theory of Reasoned Action ได้ตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภาพโมเดลของทฤษฎี The Theory of Reasoned Action (Fishbein and Ajzen, 1977)

ต่อมา ในปี ค.ศ. 1991 Ajzen (1991) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมจากทฤษฎี The Theory of Reasoned Action พบว่าพฤติกรรมที่มนุษย์แสดงออกมานั้น สามารถที่จะทำความเข้าใจ และ คาดการณ์ได้ โดยจะมีปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อเจตนาธรรมณ์ของบุคคลจนนำไปสู่การ แสดงออกในรูปแบบต่างๆ สามารถสรุปเป็นทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of planned behavior หรือ TPB) ได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพโมเดลของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of planned behavior) (Ajzen, 1991)

โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ 1) เจตคติที่บุคคลพึงมีต่อพฤติกรรมนั้น (Attitude toward the behavior) 2) บรรทัดฐานจากสังคมที่มีต่อพฤติกรรมนั้น (Subjective norm) และ 3) ความยากง่ายหรืออุปสรรคต่อการทำพฤติกรรมนั้น โดยอิงจากประสบการณ์ที่ผ่านมาของตนเองหรือจากผู้อื่น (Perceived behavioral control)

ข. เจตคติ (Attitude) และพฤติกรรม (Behavior) ในอดีต ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อที่จะทราบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติ (Attitude) และพฤติกรรม (Behavior) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาถึงระดับความสัมพันธ์ของเจตคติ ว่าสามารถส่งผลต่อพฤติกรรม โดย Kantola et al., (1984) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนที่อยู่ในเมืองเพิร์ธ รัฐเวสเทิร์นออสเตรเลีย เพื่อทำการหาความสัมพันธ์ของเจตคติ ว่าสามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างไร ผลการศึกษา พบว่าการสร้างเจตคติที่ดีต่อการใช้ไฟฟ้า สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าได้ Gatersleben et al., (2002) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการประหยัดพลังงานเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นครัวเรือนในประเทศเนเธอร์แลนด์ ผลการศึกษา พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมนั้น มีความสัมพันธ์อย่างเห็นได้ชัดกับตัวแปรด้านเจตคติ Poortinga et al., (2004) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในประเทศเนเธอร์แลนด์ เพื่อศึกษาผลกระทบระหว่างเจตคติที่มีต่อการประหยัดพลังงาน เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม กับพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน ผลการศึกษา พบว่าตัวแปรด้านเจตคติมีผลกระทบบางส่วนต่อพฤติกรรมรักษาสิ่งแวดล้อม Scott (1999) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเจตคติ ที่มีต่อพฤติกรรมการรีไซเคิลเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีเจตคติต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมต่ำ จะมีพฤติกรรมการรีไซเคิลเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมต่ำเช่นเดียวกัน Heberlein and Warriner (1983) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนพบว่า ปัจจัยด้านความรู้และเจตคติ ส่งผลกระทบ

เป็นอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน เช่น การเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้าจากช่วงที่มีความต้องการสูงสุด มากกว่าปัจจัยด้านผลตอบแทนทางการเงิน Rowlands et al., (2000) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติและพฤติกรรมรักษาสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษา พบว่าเจตคติด้านบวกต่อการรักษาสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์เล็กน้อยในเชิงบวกกับพฤติกรรมการประหยัดพลังงานภายใน และยังพบว่าเจตคติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน

Gatersleben et al. (2002) ยังได้ทำการศึกษางานวิจัยในอดีต ซึ่งพบว่า เจตคติ สามารถนำไปใช้พยากรณ์ถึงพฤติกรรมที่ตรวจวัดได้ง่าย หรือพฤติกรรมที่ไม่มีผลกระทบทางการเงิน หรือการดำเนินชีวิตประจำวันเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น พฤติกรรมการใช้พลังงาน เป็นต้น จากผลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าเจตคติมีผลกระทบต่อพฤติกรรมของมนุษย์อย่างชัดเจน

นอกจากนั้น งานวิจัยอีกหลายชิ้น ที่ได้ศึกษาแล้วพบว่า การเปลี่ยนแปลงเจตคติ สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระยะยาว หรือพฤติกรรมที่ยั่งยืนได้ เช่น Wilson & Dowlatabadi, (2007) ได้ทำการศึกษาและพบว่า การแทรกแซง (Intervention) ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงเจตตินั้น ถึงแม้ว่าจะส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยในระยะสั้น หากแต่สามารถให้ผลลัพธ์ที่เป็นบวกในระยะยาวได้ Dwyer et al, (1993) ก็ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนเจตคติ และได้ผลการศึกษาว่า การเปลี่ยนแปลงเจตคติ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมแบบยั่งยืน Van Houwelingen and van Raaij (1989) ก็ได้ทำการศึกษาและพบว่า การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถนำไปสู่การสร้างลักษณะนิสัย (Habit) ได้ และนอกจากนี้ บุคคลยังสามารถเปลี่ยนแปลงเจตคติของตนได้ใหม่ตามพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของตนเองได้อีกด้วย โดยสรุปเกี่ยวกับผลสะท้อนกลับ ดังนี้ 1) การที่ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถที่

จะเรียนรู้ถึงผลที่จะตามมาของพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเอง และผลสะท้อนกลับยังสามารถระบุได้ถึงความรู้ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการกระทำใดการกระทำหนึ่ง (Feedback has a learning function or Knowledge of result) 2) นิสัยหรือความเคยชินของผู้ใช้ จะเป็นตัวกำหนดกลุ่มของพฤติกรรมที่ถูกแสดงออก ซึ่งถ้านิสัยหรือความเคยชินได้ถูกกระตุ้นหรือปรับเปลี่ยนโดยผลสะท้อนกลับ ให้ตระหนักในการประหยัดพลังงานแล้ว นิสัยหรือความเคยชินนั้นก็คงอยู่ต่อไป ถึงแม้ว่าไม่ได้รับการกระตุ้นจากผลสะท้อนกลับอีกต่อไป (Feedback is habit formation) และ 3) เมื่อผู้ใช้ได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมการประหยัดพลังงานที่เกิดจากการกระตุ้นโดยผลสะท้อนกลับ หลังจากนั้นผู้ใช้อีกก็จะเกิดการปรับทัศนคติเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานให้เข้ากับพฤติกรรมใหม่ที่เกิดขึ้น (Feedback is the internalization of behavior)

อย่างไรก็ตาม ก็มีงานวิจัยบางชิ้นที่ระบุถึงความเกี่ยวข้องที่ยังไม่ชัดเจน ระหว่างเจตคติ และ พฤติกรรม ซึ่งอาจเป็นเพราะปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ระดับของความรู้ และความตระหนัก Gatersleben et al. (2002), ทำการศึกษาพฤติกรรมของครัวเรือนในประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่าครัวเรือนที่มีเจตคติที่ดีต่อการรักษาสิ่งแวดล้อม มักจะไม่ค่อยตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการที่พวกเขาใช้พลังงาน ทั้งทางตรงและทางอ้อม Darby (2006) ได้แย้งว่าการที่พฤติกรรมที่ไม่ได้ถูกกระทำอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่มีการสร้างเจตคติที่ดีต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อาจเป็นเพราะบุคคลขาดความสามารถที่จะเชื่อมต่อการกระทำของตนเองกับผลกระทบในวงกว้าง หรืออีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ได้ผลการศึกษาว่าความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติและพฤติกรรมนั้นมีเพียงเล็กน้อย อาจเป็นเพราะการศึกษาเหล่านั้นไม่สามารถที่ศึกษาไปถึงปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการควบคุม Guagnano et al., (1995) ได้ทำการศึกษาและได้รายงานถึงหลักฐานว่า เจตคติที่มีต่อการรีไซเคิลนั้น แท้จริงแล้วจะสามารถนำไปพยากรณ์

พฤติกรรมการใช้เชื้อเพลิงได้ก็ต่อเมื่อนำเอาปัจจัยภายนอก เช่น ระดับของความสะดวกสบายมาพิจารณาด้วย เพราะฉะนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าแม้ว่าการสร้างเจตคติด้านอนุรักษ์พลังงานนั้นส่งผลให้ผู้ใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเชิงบวกในการใช้พลังงานของตนเอง แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะให้สรุปได้ว่า การสร้างเจตคติแต่เพียงอย่างเดียว จะสามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเชิงบวกต่อการอนุรักษ์พลังงานของผู้ใช้ได้มากพอ ผู้วิจัยจึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาในบริบทอื่นๆ เพิ่มเติมต่อไป

ค. การแทรกแซงเพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน จากการศึกษางานวิจัยในอดีต ทำให้ทราบว่าพฤติกรรมของมนุษย์สามารถที่จะคาดเดา และเปลี่ยนแปลงได้หากได้รับการปฏิบัติอย่างเหมาะสม ซึ่งหลายงานวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการแทรกแซงหลายรูปแบบ เพื่อที่จะส่งเสริมพฤติกรรมอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ทั้งในระดับครัวเรือน และระดับบุคคล สำหรับการแบ่งกลุ่ม หรือลักษณะของการแทรกแซงเพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานเป็นหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยแต่ละท่าน แต่จากการทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยของ Abrahamse et al., 2005; Dwyer et al., 1993; Guerin et al., 2000; Wood & Newborough, 2003 พบว่าได้การแบ่งกลุ่มของการแทรกแซงออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การแทรกแซงก่อนหน้า (Antecedent intervention) และการแทรกแซงภายหลัง (Consequence intervention) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การแทรกแซงก่อนหน้า (Antecedent Interventions) กลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า หมายถึง การแทรกแซงที่ถูกออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยง (หรือสนับสนุน) พฤติกรรมในอนาคตที่ถูกระบุไว้ ซึ่งหมายถึงการตั้งเป้ากับพฤติกรรมก่อนที่จะเกิดขึ้น กลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า รวมไปถึงการรณรงค์ด้านข้อมูลข่าวสาร เช่น การรณรงค์เพื่อการอนุรักษ์หนังสือ หรือการทำเวิร์คช็อป

อป หรือการกระตุ้น ซึ่งมักจะใช้เวลาสั้นกว่า และมีรายละเอียดน้อยกว่า เช่น ใบปลิว หรือแผ่นพับ รวมไปถึงการใช้ชั้นเชิงโน้มน้าว เช่น การรณรงค์ด้านการตลาด การส่งข้อความบอกถึงประโยชน์ที่จะได้รับ หรือการส่งจดหมายเตือนเกี่ยวกับการกระทำที่ไม่เป็นการอนุรักษ์ เป็นต้น ได้มีการระบุในงานวิจัยต่างๆ เช่น Katzev and Johnson (1987) ได้ทำการศึกษา และแนะนำว่า กลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า ส่งผลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์ได้จำกัด และจำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีอื่นควบคู่ไปนอกเหนือจากการใช้วิธีการให้ข้อมูลเพียงอย่างเดียวหากต้องการให้เกิดส่งผลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์ที่มากพอ และ ย้งยืน Stern (1992) ได้ทำการศึกษา และพบว่าความล้มเหลวของการรณรงค์ให้ข้อมูลข่าวสารที่มากจนเกินไป เนื่องจากละเลยการใช้เทคนิคด้านจิตวิทยาเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าผู้รับสารนั้นได้รับข้อมูลอย่างเหมาะสมและเพียงพอ อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยจาก Abrahamse et al., (2005) ระบุว่าหากใช้กลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า อย่างเหมาะสม ย่อมจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากนำไปใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Darby (2006) ยังได้กล่าวไว้ว่า การให้ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งเป็นการแทรกแซงก่อนหน้า เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคผลสะท้อนกลับ(Feedback) ซึ่งเป็นการแทรกแซงภายหลัง จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแทรกแซงพฤติกรรมการอนุรักษ์ โดยที่งานวิจัยของ Fischer (2007) ที่ได้ให้ผลการศึกษาในทิศทางเดียวกันกับ Darby เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการแทรกแซงภายหลังดังที่จะปรากฏในส่วนถัดไป

2) การแทรกแซงภายหลัง (Consequence Interventions) กลยุทธ์การแทรกแซงภายหลัง ถูกออกแบบเพื่อให้รางวัล ลงโทษ หรือ การแจ้งต่อบุคคล โดยขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่ได้เคยทำผ่านมาแล้วในอดีต โดยจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของบุคคลนั้นต่อไปในอนาคต Wood and Newborough (2003) ได้ให้คำนิยามของ กลยุทธ์การแทรกแซงภายหลังว่า เป็นกลยุทธ์ที่เกี่ยวข้อง

โดยตรงกับพฤติกรรมของผู้บริโภค เช่น ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ที่ให้ข้อมูลกับผู้ใช้เกี่ยวกับการกระทำที่ผ่านมา หรืออีกนัยหนึ่งคือ ความรู้ที่ได้จากผลลัพธ์ ถึงแม้ว่าคำนิยามดังกล่าวจะระบุเพียง ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ว่าเป็นกลยุทธ์การแทรกแซงภายหลัง แต่ว่ากลยุทธ์การแทรกแซงภายหลัง ที่ได้รับความนิยม มีดังต่อไปนี้ ก) ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ข) การให้ผลตอบแทน (Incentives) และ ค) การตกลงผูกมัด (Commitment)

ก) ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ผลสะท้อนกลับ หมายถึง การแก้ไขปรับปรุงหรือควบคุม กระบวนการหรือระบบ (สภาวการณ์ทางสังคม หรือกลไกทางชีวภาพ) โดยอาศัยผลลัพธ์ หรือ ผลกระทบของกระบวนการ การทดลอง หรือ อื่นๆ (Oxford University Press, 1989) สำหรับในบริบทของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน สามารถแบ่งผลสะท้อนกลับ ออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Darby, 2001) คือ 1) ทางตรง เช่น หน้าจอแสดงการใช้ภายในบ้าน, อุปกรณ์ควบคุมการใช้, รูปแบบการชำระเงินล่วงหน้า 2) ทางอ้อม เช่น โปสเตอร์ค่าใช้พลังงาน พร้อมแสดงข้อมูลการใช้ และ 3) แบบไม่ตั้งใจ เช่น การสุ่มตรวจสอบการใช้พลังงาน โดยในอดีตมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสะท้อนกลับ เช่น Darby, (2001) ได้ทำการศึกษาและทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับผลสะท้อนกลับ กว่า 38 เรื่อง ซึ่งมีการใช้เทคนิคผลสะท้อนกลับ ในรูปแบบแตกต่างกันไป และได้ผลสรุปว่า เทคนิคผลสะท้อนกลับนั้น สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้โดยเฉลี่ยถึง 10% Guerin et al., (2000) ได้กล่าวถึงผลการศึกษากับผลสะท้อนกลับ ซึ่งได้ผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกับ Darby คือ เมื่อทำการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกัน ระหว่างบ้านที่ใช้ และ ไม่ได้ใช้เทคนิคผลสะท้อนกลับ พบว่าบ้านที่ใช้เทคนิคผลสะท้อนกลับ มีการใช้พลังงานลดลงถึง 10% McKenzie-Mohr, (1994) ทำการศึกษาเกี่ยวผลสะท้อนกลับ พบว่าการทำการเปรียบเทียบของผลสะท้อนกลับต่อการใช้งานเครื่องปรับอากาศ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก

ถึง 20-30% Stern (1992) ได้ทำการสำรวจครัวเรือนที่ร่วมในโครงการทดลองโดยได้รับรายงานการใช้ไฟฟ้ารายวันของตนเอง ที่เก็บข้อมูลโดยมิเตอร์ และพบว่าการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนดังกล่าวลดลงประมาณ 10-15% Winett & Ester (1983) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยเพื่ออนุรักษ์พลังงาน พบว่าผลสะท้อนกลับ สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 15% และสามารถลดได้สูงถึง 30% ในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด Wood & Newborough (2003) ได้ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบวิธีการแทรกแซงก่อนหน้าด้วยการให้ข้อมูลกับวิธีการ แสดงผลสะท้อนกลับ ต่อการใช้งานเตาไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า วิธีการแบบแทรกแซงก่อนหน้าด้วยการให้ข้อมูล สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้เฉลี่ย 3% ในขณะที่วิธีการแสดงผลสะท้อนกลับ สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้าได้เฉลี่ยมากถึง 15%

ข) การให้ผลตอบแทน (Incentives) การให้ผลตอบแทน เป็นรูปแบบของการช่วยอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการให้รางวัล หรือของรางวัลที่เกี่ยวกับเงินตรา ในขณะที่การลดแรงจูงใจ (Disincentive) จะเป็นรูปแบบของ ความสิ้นเปลือง ค่าปรับ หรือความยากลำบาก ตัวอย่างเช่น การคิดค่าไฟฟ้าที่อัตราสูงขึ้นในบางช่วงเวลาของวัน เช่น Abrahamse et al. (2005) ได้ค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับแรงจูงใจ และพบว่ามีงานวิจัยมากมายที่ให้ผลสรุปว่า การให้ผลตอบแทนให้ผลกระทบในเชิงบวกกับการประหยัดพลังงาน Stern et al., 1986 ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแรงจูงใจกับครัวเรือนตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อทำการเสนอการให้ผลตอบแทนทางการเงินให้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้เกิดการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานมากขึ้นถึง 10 เท่า อย่างไรก็ตามการสร้างให้ผลตอบแทนก็มีข้อจำกัดในการใช้เช่นเดียวกัน ดังจะสามารถเห็นได้จากผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยเช่น Ontario Power Authority (2006) ได้จัดทำรายงานและพบว่าผู้ใช้ที่ติดต่อบริการขอรับความช่วยเหลือในการสนับสนุนเงินลงทุนเพื่อการอนุรักษ์

ได้มีการกล่าวถึงผลการศึกษาเกี่ยวกับการผูกมัด พบว่ากลุ่มผู้ใช้พลังงานที่กรอกแบบสอบถาม พร้อมทั้งยินยอมลงชื่อผูกมัดยินยอมลดการใช้พลังงานด้วยนั้น สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียว โดยเฉลี่ยประมาณ 10 % Abrahamse et al., (2005) พบว่า กลยุทธ์การแทรกแซงแบบการผูกมัด นั้น สามารถส่งผลในระยะยาวแม้ว่าการแทรกแซงจะจบลงแล้วก็ตาม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการผูกมัดต่อสาธารณะ เกี่ยวกับการประหยัดแก๊สและไฟฟ้า สามารถส่งผลกระทบต่อเนื่องกับพฤติกรรมการประหยัดแม้ว่าจะสิ้นการแทรกแซงแล้วกว่า 6 เดือน McKenzie-Mohr (1994) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานโดยมีกลุ่มตัวอย่างครัวเรือนผู้ใช้พลังงานที่ได้เข้าร่วมลงชื่อในการศึกษาอนุรักษ์พลังงาน ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดการใช้ไฟฟ้า 20% และแก๊ส 15% โดยที่ผลการประหยัดนี้ยังคงปรากฏแม้ว่าจะหลังจากการศึกษาเป็นเวลาถึง 1 ปี Winett & Ester, (1983) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดเป้าหมาย (Goal-setting) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการผูกมัด จากการศึกษาพบว่าเมื่อผู้ใช้พลังงานในครัวเรือนได้ทำการแสดงออกถึงเป้าหมายของการอนุรักษ์อย่างชัดเจน สามารถนำไปสู่การประหยัดพลังงานได้มากถึง 20% อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบทบทวนงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการแทรกแซงเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานนั้น ทำให้ทราบว่ายังเกิดความไม่แน่นอน หรือความไม่ชัดเจน เกี่ยวกับผลกระทบที่ได้จากการแทรกแซงในรูปแบบต่างๆ ดังจะเห็นได้จาก งานวิจัยของ Seligman et al. (1981) ได้กล่าวถึงผลการศึกษาจากงานวิจัยของตนเองว่าผลสะท้อนกลับ อาจจะไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบในการประหยัดพลังงานถ้าหากมันถูกรวมเข้ากันกับฟังก์ชันการตั้งเป้าหมายอย่างชัดเจน จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะผสมผสานกลยุทธ์การแทรกแซงหลายๆ วิธีเข้าด้วยกัน มากกว่าที่จะใช้กลยุทธ์การแทรกแซงแต่

เพียงวิธีใดวิธีหนึ่ง อีกทั้งยังจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของแนวคิดอื่นๆ ที่น่าสนใจและเหมาะสมที่จะใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนซึ่งเป็นเด็กและเยาวชน

แนวคิดเกมิฟิเคชัน

การทบทวนงานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการแทรกแซงเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานนั้น ทำให้ทราบว่า การใช้กลยุทธ์แทรกแซงเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการสร้างพฤติกรรมประหยัดพลังงานให้กับผู้ใช้ เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ และรูปแบบการใช้พลังงานที่แตกต่างกันทั้งบุคคล และสถานที่ เป็นต้น ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ van Elburg (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแทรกแซงพฤติกรรมในรูปแบบของผลสะท้อนกลับ และพบว่าประสบความสำเร็จยากลำบากในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ อันมีสาเหตุมาจาก 1) ผลสะท้อนกลับของการใช้พลังงานไม่ได้รับความสนใจจากผู้ใช้งาน การให้ข้อมูลจากผลสะท้อนกลับจากการใช้พลังงานกับผู้ใช้ อาจเป็นแค่การบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าใช้พลังงานไปเพียงเล็กน้อย และสามารถยอมรับได้เมื่อเทียบกับรายได้ของผู้ใช้ 2) การวัดค่าการประหยัดที่เกิดจากวิธีผลสะท้อนกลับทำได้ยาก ในระหว่างการทดลอง ผู้ใช้อาจมีปฏิกิริยาต่อผลสะท้อนกลับต่างออกไปเมื่อผู้ใช้รู้ตัวว่ากำลังถูกสังเกตการณ์อยู่ และ 3) การคงอยู่ของผลสะท้อนกลับ เมื่อผลสะท้อนกลับถูกใช้ร่วมกับการสร้างแรงจูงใจเพื่อประหยัดพลังงาน พฤติกรรมประหยัดพลังงานอาจจะหายไปเมื่อไม่ได้ใช้การสร้างแรงจูงใจต่อ นอกจากนี้ หลายๆ วิธีการที่ได้รับการศึกษา และนำเสนอ นั้น เป็นวิธีการที่ผู้ใช้มักจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากการใช้พลังงานของตนเอง เช่น ผู้ใช้พลังงานในครัวเรือนจะต้องรับผิดชอบในการจ่ายค่าไฟฟ้าที่ตนเองและคนในครอบครัวใช้ เป็นต้น แต่สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น จะมีความแตกต่างออกไปคือ ผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มแรกคือ กลุ่มของบุคลากรที่ทำงาน

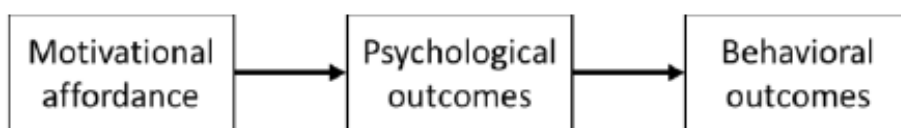
ในโรงเรียน เช่น ผู้บริหาร ครู อาจารย์ ซึ่งมีส่วนรับผิดชอบทั้งทางตรง เช่น ค่าไฟ หรือทางอ้อม เช่น การประเมินผลการปฏิบัติงาน ซึ่งอาจจะต้องมีความรับผิดชอบในพฤติกรรมการใช้พลังงานของตนเอง ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มใหญ่ที่สุดในโรงเรียน คือ นักเรียน อยู่ในฐานะของผู้มาใช้บริการ ไม่ได้มีหน้าที่หรือความรับผิดชอบใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโรงเรียน และไม่ต้องรับผิดชอบใดๆ กับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมการใช้ของตน ย่อมทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในพฤติกรรมการใช้พลังงานของตนเองน้อยกว่ากลุ่มของบุคลากรที่ทำงานในโรงเรียน โดยที่ความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าว เรียกว่า “ความสัมพันธ์แบบประธานและตัวแทน” (Principal-Agent relationship) ซึ่งผู้ใช้ไม่ได้เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของตนเอง จึงทำให้ผู้ใช้ขาดแรงจูงใจต่อการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าว ยังมีพฤติกรรมและเจตคติทางลบซึ่งคอยขัดขวางการสร้างเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงาน (Nagetha and Belachandra , 2006) เช่น 1) ความรู้สึกของการเป็นเพียงส่วนน้อยในกลุ่มประชากร (Feeling of insignificance in the population) 2) การคิดว่าผู้อื่นจะเป็นคนทำ (Others will do: syndrome) 3) การต่อต้านความเปลี่ยนแปลง (Resistance to change) 4) การมีความสุขกับสภาพที่เป็นอยู่ (Happy with status quo) 5) การยุ่งอยู่กับการทำกิจวัตรประจำวัน (Busy with routine functions) และ 6) การพึ่งพาความช่วยเหลือจากผู้อื่น (Dependence on others for help)

ก. เกมพีเคชั่น กับ พฤติกรรม จากการศึกษา พบว่าได้มีผู้ให้คำนิยามของเกมไว้ในอดีต เช่น Salen and Zimmerman (2004) ได้ให้คำนิยามของเกมว่าเป็น ระบบที่ผู้เล่นสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมกับการจำลองความขัดแย้งที่มีการกำหนดกฎเกณฑ์และวัตถุประสงค์ได้ในเชิงปริมาณ Juul (2003) ได้เสนอว่า เกมมีคุณลักษณะเด่นอยู่ด้วยกัน 6 ประการ คือ กฎ (Rules); ตัวแปร (Variables); ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณ (Quantifiable outcomes); ผลลัพธ์ที่คุ่มค่าภาวะ (Value-

laden outcomes); ความพยายามของผู้เล่น (Player effort); การลงทุนของผู้เล่น (Player investment); and ผลพวงที่สามารถต่อรองได้ (Negotiable consequences) ซึ่งเป็นผลกระทบที่นำมาจากชีวิตจริง สำหรับเกมพีเคชั่นนั้น ก็มีรากฐานมาจากเกมเช่นเดียวกัน หากแต่มีองค์ประกอบและรายละเอียดที่แตกต่างออกไป โดยมีผู้ให้คำนิยามของเกมพีเคชั่น เช่น Zichermann and Cunningham (2011) ได้กำหนดคำนิยามของเกมพีเคชั่นว่าเป็น กระบวนการใช้การคิดและกลไกของเกมเพื่อดึงดูดผู้คนและใช้แก้ปัญหา The white paper from Bunchball (Beza, 2011) ซึ่งเป็นผู้ให้บริการด้านการแก้ปัญหาออนไลน์ด้วยวิธีการเกมพีเคชั่น ได้กำหนดคำนิยามของเกมพีเคชั่น ว่าเป็นการประยุกต์ใช้กลไกของเกมเข้ากับกิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่ใช่เกม เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ Deterding et al. (2011) ได้กำหนดคำนิยามของเกมพีเคชั่น ว่าเป็นการใช้องค์ประกอบของวิดีโอเกมในระบบที่ไม่ใช่เกม เพื่อปรับปรุงการมีส่วนร่วมและประสบการณ์ของผู้ใช้ Huotari and Hamari (2012) ได้กำหนดคำนิยามของเกมพีเคชั่น ว่าเป็นกระบวนการซึ่งเพิ่มการให้บริการโดยสร้างแรงบันดาลใจเพื่อปลูกประสบการณ์ด้านเกมตลอดจนผลลัพธ์ทางพฤติกรรม Ribeiro and Ventura (2013) ได้กำหนดคำนิยามของเกมพีเคชั่น ว่าเป็นการใช้คุณสมบัติโดยธรรมชาติของเกมอิเล็กทรอนิกส์ (ความสนุกสนานและการมีส่วนร่วม) มาประยุกต์เข้ากับกิจกรรมการทำงานที่เกิดขึ้นในทุกๆ วัน และจากคำนิยามต่างๆ ในข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้สรุป และนำเสนอานิยามของเกมพีเคชั่นว่าเป็นการนำเอากลไกของเกม เช่น องค์ประกอบเกมส์ (Game Element) และ เทคนิคการออกแบบเกมส์ (Game Design Technique) มาประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นๆ ที่ไม่ใช่เกม (Non-game Context) เช่น การดำเนินธุรกิจ การเรียนการสอน การปลูกฝังแนวความคิด หรือเพื่อปรับปรุงการมีส่วนร่วม ประสบการณ์ และพฤติกรรมของมนุษย์ โดยแนวคิดเกมพีเคชั่นนั้นเป็นแนวคิดที่ค่อนข้างใหม่ในวงการศึกษากำเนิดขึ้นมาในราว ค.ศ. 2008 จากกลุ่ม

อุตสาหกรรมสื่อดิจิทัล และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในปี ค.ศ. 2010 (Detering et al, 2011) เกมฟิเคชันเป็นกลยุทธ์ใหม่ที่มีความสำคัญและทรงพลังในการโน้มน้าวและสร้างแรงจูงใจให้กับกลุ่มคน (Beza, 2011) และยังคงกลายเป็นแนวโน้มใหม่ที่ได้รับความนิยมจากหลายๆ ภาคส่วน เช่น ธุรกิจ การตลาด และบริการในโลกยุคปัจจุบัน เช่น การให้รางวัลแก่ผู้ที่มาซื้อของซ้ำ (Caminal, 2012) รวมถึงในภาคการศึกษา ซึ่งหลายๆ โรงเรียนก็ได้นำเอาเกมมาใช้เป็นสื่อการสอนในวิชาต่างๆ เช่น คณิตศาสตร์ (Bragg, 2007; Ortiz de Guinea and Markus, 2009) ได้ทำการศึกษาด้านเกมฟิเคชันกับพฤติกรรมมนุษย์ และได้พบว่าเกมฟิเคชันมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงผลสะท้อนกลับทางอารมณ์ในเชิงบวก โดยที่เกมฟิเคชันนั้นช่วยสนับสนุนการเข้าสู่รูปแบบใหม่ของพฤติกรรม พร้อมทั้งการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะนิสัย ซึ่งรูปแบบของพฤติกรรมดังกล่าวมักจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ หรือไม่ได้ตั้งใจ จึงทำให้การสร้างแรงจูงใจด้วยการให้รางวัลแบบดั้งเดิมมักจะไม่ค่อยได้ผล สำหรับการสร้างอารมณ์เชิงบวกนั้น เกมฟิเคชันอาจช่วยยกเลิกนิสัยเดิมๆ และช่วยปรับปรุงนิสัยด้วยพฤติกรรมใหม่ ซึ่งสนับสนุนการรักษาเสถียรภาพของพฤติกรรมใหม่ๆ โดยการสร้างสิ่งเร้าที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง Fogg (2009) ก็ได้ทำการศึกษาด้านเกมฟิเคชันกับพฤติกรรมมนุษย์ และได้นำเสนอ Fogg's Behavioral Model (FBM) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้เกมฟิเคชันที่ประสบความสำเร็จนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนแปลง แก่ไข และจัดการพฤติกรรมของมนุษย์ได้ ด้วยการกระตุ้นสร้างแรงจูงใจ เพื่อขีดความสามารถ หรือความสามารถในการรับรู้ และใช้สิ่งกระตุ้นที่เหมาะสมในเวลาที่เหมาะสม Hamari et al. (2014) ได้ทำการศึกษาด้านเกมฟิเคชันกับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยได้นำเสนอแนวความคิด ซึ่งเป็นการเน้นบทบาทของเกมฟิเคชันในการปลูกประสบการณ์ทางด้านจิตใจเช่นเดียวกับที่เกมทั่วไปทำ ในอีกแง่มุมหนึ่งก็ให้ความสำคัญของความเป็นไปได้ของการดำเนินการเกี่ยวกับวัตถุหรือสภาพแวดล้อม (Affordances) ที่ถูก

กระทำให้สำเร็จในเกมิฟิเคชันจะต้องเป็นแบบเดียวกับที่ใช้ในเกมโดยไม่คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้น ซึ่งแนวคิดนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนประกอบหลัก คือ 1. ความเป็นไปได้ของการดำเนินการที่สร้างแรงบันดาลใจ (Motivational affordance) , 2. ผลทางจิตวิทยา (Psychological outcomes) และ 3. ผลทางพฤติกรรม (Behavioral outcomes) ซึ่งนำมาแสดงเป็นแผนภาพได้ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แบบจำลองเกมิฟิเคชันที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ (Hamari et al., 2014)

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า แนวคิดเกมิฟิเคชัน สามารถที่จะสร้างผลกระทบในเชิงบวกต่อพฤติกรรมของผู้ใช้แรงงานกลุ่มหลักในโรงเรียนคือกลุ่มนักเรียน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ประกอบไปด้วยเด็กและเยาวชน เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดไฟฟ้าในโรงเรียนได้ในที่สุด นอกจากนี้ เพื่อให้เห็นถึงศักยภาพของเกมิฟิเคชันที่มีต่อเด็กและเยาวชน ผู้วิจัยจะได้มีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระหว่างเกมิฟิเคชันกับเยาวชนเพิ่มเติมในหัวข้อต่อไป

ข. เกมิฟิเคชัน กับ เยาวชน กลุ่มเยาวชนเป็นกลุ่มที่มีความใกล้ชิดกับเกมเป็นอย่างมาก จากผลการสำรวจของ Software Industry Promotion Agency of Thailand (SIPA) ในปี 2015 เกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคเนื้อหาจากสื่อดิจิทัลในประเทศไทย พบว่า กลุ่มวัยรุ่น และนักเรียน เป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมการเล่นเกมอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่เด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี ผู้ใหญ่ในวัยทำงาน หรือกลุ่มผู้สูงอายุวัยเกษียณนั้นเป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมการเล่นเกมที่ไม่มากนัก (โดยเฉลี่ยต่ำกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์) ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษางานวิจัยในอดีตที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เกมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเยาวชน พบว่ามีหลักฐานอ้างอิงจากหลายๆผลการวิจัยที่ระบุถึงการใช้สื่อเกมอิเล็กทรอนิกส์ว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการสื่อถึงเยาวชนในปัจจุบัน

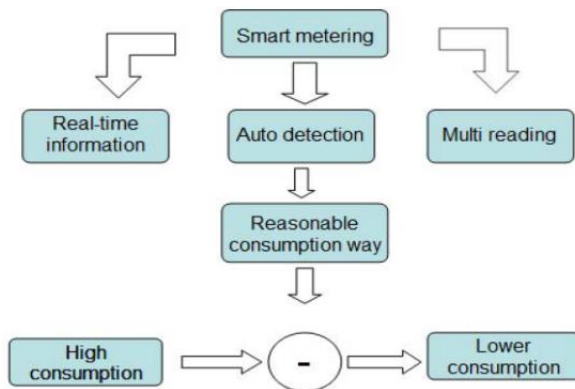
(Kahn et al., 2013; Paperny, 2004; Schinke et al., 2010) งานวิจัยบางชิ้น ยังได้ระบุถึงผลกระทบระยะยาวของวิดีโอเกม เช่น การเพิ่มความร่วมมือ การแบ่งปัน การเห็นอกเห็นใจผู้อื่น และช่วยปรับพฤติกรรมในวัยรุ่น (Gentile, 2009) หรือการเพิ่มพฤติกรรมการเข้าสังคมในเด็ก (Sestir & Bartholow, 2010) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายตัวอย่างจากงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงการใช้เกมเพื่อพัฒนาพฤติกรรมของเยาวชน เช่น LunchTime เป็นเกมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการเรียนรู้ และส่งเสริมการสร้างเจตคติเชิงบวกที่มีต่อโภชนาการ (Orji et al., 2013) หรือการที่ University of California, Berkeley ได้มีการพัฒนาต้นแบบเกมโดยอาศัยทฤษฎีการเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพชีวิต และ สุขภาพของเยาวชน (Paredes et al., 2013) นอกจากนี้ University of California, Davis ยังได้ทำการออกแบบคอมพิวเตอร์เกมที่ชื่อว่า Terra เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพส่วนตัวของวัยรุ่น ในการป้องกันปัญหาน้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน ด้วยการเชื่อมต่อกิจกรรมต่างๆของร่างกายกับจอมอนิเตอร์ โดยที่จอมอนิเตอร์จะตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกายและนำไปสร้างผลในเกม เช่น ผู้เล่นที่มีกิจกรรมเคลื่อนไหวมาก ตัวละครในเกมของผู้เล่นคนนั้นก็แข็งแรงและวิ่งไวกว่าผู้เล่นที่มีกิจกรรมเคลื่อนไหวที่น้อยกว่า เป็นต้น (Ching and Schaefer, 2014) เพราะฉะนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าแนวคิดและวิธีการของเกมฟิเคชันนั้นมีศักยภาพที่จะสามารถเปลี่ยนแปลงและส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดไฟฟ้าของนักเรียน ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้พลังงานไฟฟ้ากลุ่มที่ใหญ่ที่สุดในโรงเรียนได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนนั้นจะนำไปสู่การประหยัดไฟฟ้าของโรงเรียนในภาพรวม และยังสามารถส่งผลในระยะยาวไปสู่การใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของนักเรียนเองอีกด้วย

แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

นอกจากการศึกษาแนวทางเกมิพีเคชั่น เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในอดีตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงาน เพื่อนำมาใช้ประกอบเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ ที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล อันเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ รายละเอียดที่ถูกนำมาศึกษามีดังต่อไปนี้

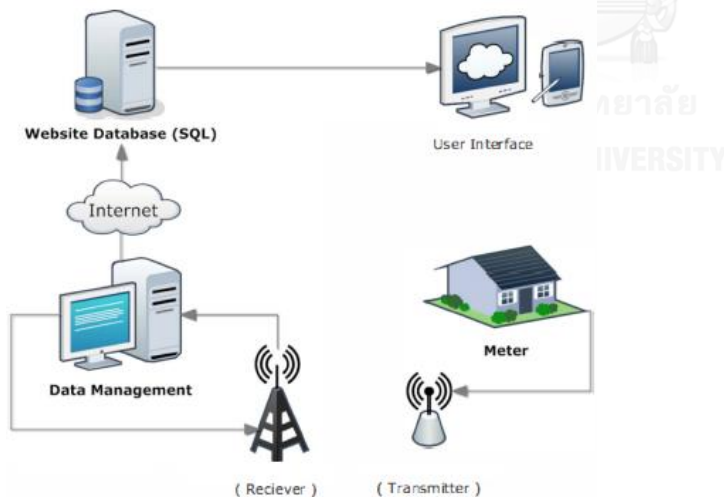
ก. ระบบมิเตอร์อัจฉริยะ มิเตอร์อัจฉริยะ คือ การรวมกันระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานกับระบบที่มีความฉลาด ซึ่งประกอบกันกลายเป็นมิเตอร์อัจฉริยะที่มีความสามารถในการวัดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำสูง (Fang et al, 2010) และมีเตอร์อัจฉริยะเป็นมิเตอร์วัดพลังงานที่ทันสมัย สามารถวัดการใช้พลังงานของผู้ใช้และยังสามารถส่งข้อมูลการใช้ไปยังหน่วยงานด้านพลังงานไฟฟ้า

โดยใช้การสื่อสารแบบสองทาง (Depuru et al, 2011) โดยที่ยังมีความสามารถด้านอื่นๆ อีก คือ 1) สามารถอ่านค่าพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น ไฟฟ้า น้ำ ก๊าซ 2) สามารถให้ข้อมูลการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายได้แบบ Real-time 3) สามารถอ่านข้อมูลได้ทั้งในแบบ remote และ local และ 4. สามารถตรวจจับความผิดปกติเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากนี้มีเตอร์อัจฉริยะยังสามารถที่จะจดจำรูปแบบการใช้พลังงาน (Load) เฉพาะตัว ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ ซึ่งจะปรากฏเป็นกราฟลักษณะเฉพาะตัว (Signature) ทำให้สามารถตรวจจับสถานะการทำงาน เปิด/ปิด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้อีกด้วย (Dong et al. 2012).



รูปที่ 2.5 ภาพจำลองการทำงานของระบบมิเตอร์อัจฉริยะ (Fang et al, 2010)

จากรูปที่ 2.5 อธิบายได้ว่ามิเตอร์อัจฉริยะจะทำการส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ผ่านทางฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมและเกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพอันจะนำไปสู่การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงในท้ายที่สุด



รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของระบบมิเตอร์อัจฉริยะ (Arif et al., 2013)

จากรูปที่ 2.6 สามารถอธิบายถึงโครงสร้างพื้นฐานของระบบมิเตอร์อัจฉริยะ ซึ่งเริ่มจากการที่มีมิเตอร์อัจฉริยะถูกติดตั้งไว้ตามอาคารหรือสถานที่ที่ต้องการ จากนั้นก็ทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร พร้อมทั้งทำการส่งข้อมูลผ่านตัวรับส่งสัญญาณ เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับเข้าไปประมวลผลจากระบบคอมพิวเตอร์ เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น ก็นำเอาผลที่ได้ส่งผ่านไปให้กับผู้ใช้โดยตรงโดยผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น หน้าจอแสดงผล (Display) หรืออุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา พร้อมทั้งยังสามารถจัดเก็บข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทำการเก็บข้อมูลและสามารถถูกเรียกใช้ในภายหลังเมื่อผู้ใช้ต้องการโดยผ่านทางเว็บไซต์ หรืออินเทอร์เน็ตในรูปแบบอื่นๆ จากการศึกษาของ Faruqui et al., (2009) ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่ IHD (In-Home-Display) ของมิเตอร์อัจฉริยะมีต่อพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา โดยได้มีการศึกษาโครงการนำร่องทั้งสิ้น 12 โครงการ นับตั้งแต่ปี 2004 - 2011 จากการศึกษา พบว่าระบบมิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะ ที่มี IHD (In-Home-Display) สามารถกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ถึง 7 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย และสามารถลดลงไปถึงสองเท่า หากมีการใช้ระบบการชำระค่าไฟฟ้างวดหน้า จากการศึกษาที่มิเตอร์อัจฉริยะได้รับความสนใจจากทั่วโลก ในการที่จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน Derbel (2009) จึงได้ทำการศึกษาถึงผลดีและประโยชน์ของการใช้มิเตอร์อัจฉริยะ ซึ่งไม่เพียงแต่ผู้ใช้เท่านั้นที่จะได้รับ ยังรวมไปถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดูแลพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งได้แก่ 1) ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์และเพิ่มความแม่นยำในการอ่านข้อมูลใช้ไฟฟ้า 2) ลดค่าดำเนินการในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 3) รายงานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ หรือรายเดือน 4) สามารถรายงานค่าไฟฟ้าต่อผู้ใช้ได้แบบ Real-time 5) สามารถตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ เช่น ไฟฟ้ารั่ว และ 5) ช่วยผู้ใช้ในการควบคุมค่าใช้จ่ายของตนเอง นอกเหนือจากประโยชน์ในการให้

ข้อมูลเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า (Passive control) ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว มิเตอร์อัจฉริยะเมื่อนำไปประกอบเข้ากับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพก็จะมีความสามารถในการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ สามารถสั่งการ เปิดปิดการใช้ไฟฟ้าได้โดยวางแผนการเปิดปิดตามเวลาโดยจะสอดคล้องเข้ากับชีวิตประจำวันของผู้ใช้ (Active control) ในการศึกษาของ Han and Lim (2010) พบว่าเราสามารถที่จะใช้ระบบมิเตอร์อัจฉริยะเชื่อมต่อเข้ากับระบบการจัดการพลังงานภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัย หอพัก บริษัท หรือหน่วยงานต่างๆ โดยอาศัยการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางเทคโนโลยีคลื่นวิทยุไร้สายระหว่างมิเตอร์และตัวรับสัญญาณต่างๆ เช่น ตัวรับสัญญาณความเคลื่อนไหว (Motion sensing) เพื่อที่ลดการใช้พลังงานในพื้นที่ที่ไม่จำเป็นได้ด้วย

ข. ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ (Occupancy Sensor) เซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่ง ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน Dodier et al. (2006) ได้ให้นิยามของ เซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนามาเพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวหรือการใช้งานของผู้ใช้ในพื้นที่ที่กำหนดไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบริหารจัดการด้านพลังงานและด้านความปลอดภัย ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้มีรูปแบบการพัฒนาแตกต่างกันออกไป ตามแต่เทคนิคที่ใช้ ไม่ว่าจะเป็น passive infrared (PIR), ultrasonic technologies, thermal, sound or image ซึ่งมีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน คือ ทำหน้าที่เสมือนเครื่องควบคุมเวลา (Timer) ส่งสัญญาณไปยังสวิตช์เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ เพื่อทำการปิดไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหลังจากที่ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณได้ว่ามีผู้ใช้อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ยกตัวอย่างเช่น สวิตช์หลอดไฟจะถูกปิดเมื่อระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ไม่พบผู้ใช้อาศัยอยู่ในบริเวณ

นั้นเป็นเวลามากกว่า 5 นาที เป็นต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ในหลายบริบท เช่น Von Neida et al. (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของระบบหลอดไฟฟ้า กับระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ซึ่งถูกติดตั้งในพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยที่กลุ่มตัวอย่างเป็นองค์กร 60 แห่ง ซึ่งเข้าร่วมโครงการ US. Environmental Protection Agency's Green Lights ผลการศึกษาพบว่านอกจากจะช่วยลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองที่เกิดจากการที่ผู้ใช้เปิดไฟทิ้งไว้แล้วไม่อยู่ในห้องใน ระหว่างเวลาทำงานขององค์กร ยังสามารถช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดโดยรวมของอาคารได้อีกด้วย และยังสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดโดยเฉลี่ยได้ 47 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ในพื้นที่ห้องน้ำ และต่ำสุดโดยเฉลี่ย 17 ถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในพื้นที่ห้องพักผ่อน Jennings et al. (2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการควบคุมหลอดไฟส่องสว่างในอาคารสำนักงาน โดยใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ โดยกำหนดการทดสอบเป็น 5 สถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีการติดตั้งระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 20-26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ใช้การเปิดปิดไฟฟ้าแบบปกติ Floyd et al. (1995) ได้ทำการศึกษาผลการใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ในโรงเรียนฟลอริดา โดยใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ที่เป็นแบบ passive infrared or ultrasonic sensing เพื่อควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องพื้นที่ต่างๆของโรงเรียน ผลการศึกษาพบว่าระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้สามารถลดการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยถึง 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้เวลาเพียงแค่ 5 ปี ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าได้เท่ากับเงินที่ได้ลงทุนกับการติดตั้งระบบ Richman et al. (1996) ได้ทำการศึกษาภาคสนามเกี่ยวกับผลการใช้งานระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้แบบ Ultrasonic โดยได้ทำการทดสอบในอาคารจำนวน 8 แห่ง ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดการใช้

พลังงานได้ถึง 13 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ผู้ใช้ในพื้นที่นั้นเป็นพนักงานด้านเทคนิค และลดการใช้พลังงานได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ในกรณีที่ผู้ใช้ในพื้นที่นั้นเป็นพนักงานด้านบริหาร Sarkar et al. (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลการใช้งานระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่แบบใหม่ ซึ่งตรวจจับจากภาพที่บันทึกได้จากกล้องวิดีโอ ผลการศึกษาพบว่าระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ที่ใช้ภาพจากกล้องวิดีโอนอกจากจะสามารถลดข้อเสียบางประการของเซนเซอร์แบบเดิม เช่น ความต้องการอุปกรณ์หน่วยเวลา (Time Delay) ยังสามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานหลายประการที่เซนเซอร์แบบเดิมไม่สามารถทำได้อีกด้วย เช่น ลดผลกระทบการแสงแดดที่รบกวนการทำงานของเซนเซอร์ หรือสามารถความเคลื่อนไหวของผู้ใช้แม้เพียงเล็กน้อย Williams et al. (2012) ได้ทำการศึกษาวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานที่เกิดจากการควบคุมระบบหลอดไฟฟ้าในอาคารพาณิชย์ที่ผ่านมากกว่า 30 ปี ผลการศึกษาพบว่าระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้สามารถช่วยลดการใช้ไฟฟ้าได้มากถึง 24 เปอร์เซ็นต์ Wang et al. (2005) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้กับระบบควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของอากาศในอาคาร ผลการศึกษาพบว่าการใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิ และคุณภาพของอากาศในอาคารนั้นสามารถทำได้ด้วยการการประยุกต์ใช้นโยบายกำหนดค่าที่กลับที่เหมาะสมในช่วงเวลาทำการ เพราะหากตั้งค่าไปในทางที่ประหยัดพลังงานมากเกินไป ผู้ใช้ก็จะรู้สึกอึดอัด หรือไม่สบาย แต่หากตั้งค่าไปในทางความสบายมากเกินไปก็จะไม่เกิดการประหยัดพลังงานขึ้น Garg and Bensal (2000) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้แบบอัจฉริยะขึ้นซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานตามระดับกิจกรรมของผู้ใช้ เช่น ระดับต่ำ ที่เกิดจากผู้ใช้นั่งทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือระดับสูง ที่ผู้ใช้ต้องเคลื่อนไหวตลอดเวลาการทำงาน เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้งานได้สะดวกกว่า

ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่แบบเดิมซึ่งใช้อุปกรณ์หน่วงเวลา (Time Delay) แบบตั้งค่าคงที่ และผลการศึกษพบว่า ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้แบบอัจฉริยะสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเซนเซอร์แบบเดิมได้ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ Maniccia et al. (2001) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการใช้ระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้ที่มีต่อการประหยัดพลังงาน อายุการใช้งานของหลอดไฟ และค่าบำรุงรักษา ผลการศึกษพบว่าระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้สามารถช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ และพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายโดยรวมได้เมื่อมาเทียบกับค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ที่เพิ่มขึ้น Lu et al. (2010) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาาระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ของผู้ใช้แบบใหม่เพื่อนำมาใช้กับระบบ ventilation and cooling (HVAC) ภายในบ้าน อุปกรณ์ที่ถูกพัฒนานี้มีชื่อว่า smart thermostat และได้ถูกนำไปทดสอบการใช้งานกับบ้านทั้งสิ้น 8 หลัง ผลการศึกษพบว่า smart thermostat สามารถช่วยลดการใช้พลังงานโดยไม่กระทบต่อความสบายของผู้ใช้เหมาะอุปกรณ์อื่น ซึ่งวิธีการนี้ใช้เงินลงทุนที่น้อยมาก เพียง 25 เหรียญสหรัฐเท่านั้น แต่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในระบบ ventilation and cooling (HVAC) ในบ้านได้เฉลี่ยถึง 28% โดยไม่ต้องทำให้ผู้ใช้ได้รับผลกระทบจากการใช้แต่อย่างใด

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพบว่าการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะในโรงเรียนนั้นมีอุปสรรคหลายประการ เช่น กฎระเบียบของทางราชการที่ค่อนข้างซับซ้อนในการที่จะขออนุญาตเข้าไปติดตั้งมิเตอร์ และถอนมิเตอร์ออกเมื่อทำการวิจัยเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากต้องดำเนินการตัดต่อสายไฟฟ้า จึงต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน และปัญหาความซับซ้อนของระบบการเดินสายไฟฟ้าในอาคารเรียน ซึ่งมีอาคารเรียนจำนวนมากเป็นอาคารเรียนเก่า และไม่ได้มีการวางแผนการเดินสายไฟฟ้าที่เป็นระเบียบเรียบร้อยมาตั้งแต่ต้น รวมถึงการบำรุงรักษาและต่อเติมสายไฟมักถูกกระทำโดยภารโรง ซึ่ง

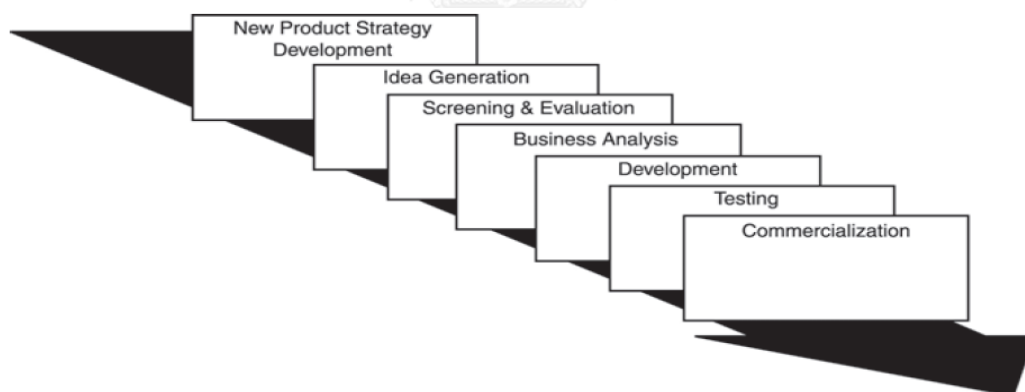
ไม่ได้มีความสามารถเฉพาะทางเกี่ยวกับไฟฟ้าโดยตรง จึงทำให้เกิดความไม่เรียบร้อยขึ้น จึงทำให้ผู้วิจัยต้องหาแนวทางใหม่มาประยุกต์เพื่อสร้างอุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมต่อการใช้งานในโรงเรียน โดยอาศัยแนวความคิดจากฟังก์ชันการทำงานของระบบมิเตอร์อัจฉริยะ ที่สามารถตรวจจับสถานะการทำงาน เปิด - ปิด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ของ Dong et al. (2012) และระบบเซนเซอร์ตรวจจับความคงอยู่ ซึ่งใช้การตรวจจับโดยใช้ภาพที่บันทึกได้จากกล้องจากแนวความคิดของ Sarkar et al. (2008) มาผสมผสานเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานในนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือนวัตกรรมให้ประสบความสำเร็จได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เหมาะสม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน ก็ย่อมที่จะต้องมีการกระบวนการพัฒนาที่แตกต่างกันด้วย ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ยา จำเป็นที่จะต้องพึ่งพาการวิจัยและพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นอย่างสูง เพราะต้องใช้องค์ความรู้เฉพาะทางขั้นสูงในการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ในทางกลับกัน ผลิตภัณฑ์เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม จำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับความต้องการของตลาดหรือผู้ใช้เป็นอย่างสูง ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้ม หรือเทรนด์ ของการแต่งกายยุคปัจจุบัน ฤดูกาล หรือ สีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน จึงทำให้บริษัท จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของตนเอง อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมี กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อยู่มากมาย ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ เช่น

ก. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Booz Allen Hamilton ที่มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) การพัฒนากลยุทธ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ (Development for new product development strategy)
- 2) การสร้างสรรค์แนวความคิด (Idea Generation)
- 3) การคัดกรองและการประเมินแนวความคิด (Screening and Evaluation)
- 4) การวิเคราะห์ด้านธุรกิจ (Business Analysis)
- 5) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Development)
- 6) การทดสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ (Testing)
- 7) การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ไปสู่เชิงพาณิชย์ (Commercialization)

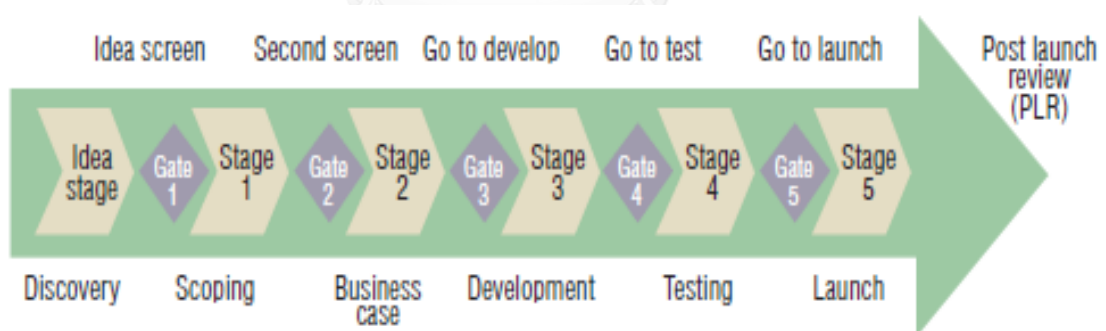


รูปที่ 2.7 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Booz Allen Hamilton (Booz Allen Hamilton, 1982)

ข. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Robert G. Cooper ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน

- 1) การค้นพบโอกาส แนวคิด หรือไอเดียใหม่ๆ Discovery โดยจะมีประตู (Gate) การคัดกรองไอเดีย Idea screening ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไป

- 2) การสำรวจตลาดเบื้องต้นเพื่อกำหนดขอบเขตของผลิตภัณฑ์ scoping โดยจะมีประตู (Gate) การคัดกรองไอดียขึ้นที่สอง second screen ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไป
- 3) การสำรวจความเป็นไปได้ทางธุรกิจ Business case โดยจะมีประตู (Gate) การเข้าสู่กระบวนการพัฒนา Go to development ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไป
- 4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ Development โดยจะมีประตู (Gate) การเข้าสู่กระบวนการทดสอบ Go to test ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไป
- 5) การทดสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ Testing โดยจะมีประตู (Gate) การเข้าสู่กระบวนการนำออกสู่ตลาด Go to launch ก่อนที่จะเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไป
- 6) การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด Launch โดยที่ภายหลังการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดแล้ว ก็จะมีการทบทวนหลังการออกสู่ตลาด Post launch review เพื่อตรวจสอบผลสะท้อนกลับที่ได้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป



รูปที่ 2.8 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ Cooper's Stage-Gate Model (Cooper R. G, 2001)

ค. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford & Di Benedetto ประกอบด้วย

- 1) การระบุและการคัดเลือกโอกาส Opportunity Identification and Selection
- 2) การสร้างสรรค์แนวความคิด Concept Generation

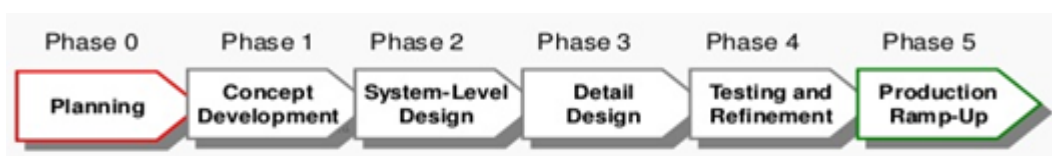
- 3) การประเมินแนวความคิด/โครงการ Concept/Project Evaluation
- 4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Development
- 5) การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด Launch



รูปที่ 2.9 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford and Di Benedetto (Crawford and Di Benedetto, 2008)

ง. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Ulrich and Eppinger ประกอบด้วย

7. การวางแผนเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ Planning
8. การวางแผนทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ Concept Development
9. การออกแบบภาพรวมโครงสร้างผลิตภัณฑ์ System-Level Design
10. การออกแบบรายละเอียดผลิตภัณฑ์ Details Design
11. การทดสอบ และขัดเกลาผลิตภัณฑ์ Testing and Refinement
12. การผลิตเพื่อนำออกสู่ตลาด Production Ramp-Up



รูปที่ 2.10 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Ulrich and Eppinger (Ulrich and Eppinger, 2012)

อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการพิจารณาจากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะได้เลือกกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford & Di Benedetto (2008) มาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เหตุผลเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มีวิธีการวิจัยที่เริ่มจากการศึกษาหาปัญหา และอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบันเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งก็ตรงกับการค้นหาโอกาส (Opportunity Identification) จากนั้นก็ทำการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม (Opportunity Selection) เพื่อทำการสร้างสรรค์แนวคิด (Concept Generation) แล้วจึงนำมาประเมินผล หาแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด (Concept Evaluation) แล้วค่อยนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ (Development) เพื่อนำออกไปสู่ตลาดในที่สุด (Launch)

แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรม

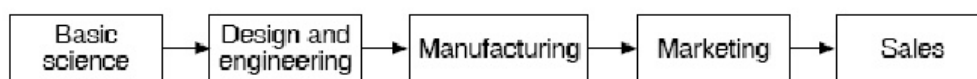
Schumpeter (1911) ได้ให้ความเห็นว่า นวัตกรรม มีความเชื่อมโยงกับการสร้างสิ่งใหม่ หรือสร้างสิ่งที่เคยมีอยู่ด้วยวิธีการใหม่ โดยยกตัวอย่างของนวัตกรรม เช่น การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ด้วยความคิดสร้างสรรค์ การนำเสนอวิธีการผลิตรูปแบบใหม่ การบุกเบิกตลาดใหม่ การครอบครองแหล่งวัตถุดิบใหม่ และการปรับปรุงองค์กรแบบใหม่ ทั้งหมดทั้งปวงเหล่านี้ ล้วนแล้วแต่เชื่อมโยงกับความสามารถในการสร้าง การดำเนินการที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ การบริการ กระบวนการ และรูปแบบใหม่ Tidd and Bessant (2009) ได้ทำการแบ่งชนิดของนวัตกรรมออกเป็น 4 ลักษณะ ที่เรียกว่า “4Ps”

- 1) นวัตกรรมโดยการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือบริการที่นำเสนอ (Product innovation)

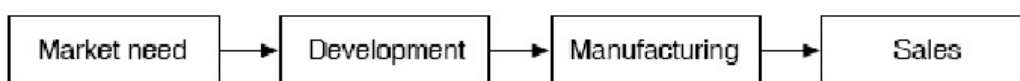
- 2) นวัตกรรมโดยการเปลี่ยนวิธีการสร้างหรือนำเสนอผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Process innovation)
- 3) นวัตกรรมโดยการเปลี่ยนบริบทของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ถูกนำเสนอ (Position innovation)
- 4) นวัตกรรมโดยการเปลี่ยนรูปแบบทางจิตวิทยาซึ่งเป็นกรอบเดิมๆ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Paradigm innovation)

นวัตกรรมสามารถพิจารณาออกเป็นขนาดเล็ก (Incremental) และขนาดใหญ่ (Radical) ซึ่งสร้างความเปลี่ยนแปลงที่มีต่อผลิตภัณฑ์ บริการ และอื่นๆ (Leifers 2002, Tidd et al. 2005, Tidd and Bessant, 2009) ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างออกได้ คือ Incremental เป็นการสร้างนวัตกรรมที่ดีขึ้นหรือปรับปรุงให้ดีกว่าเดิม ในขณะที่ Radical เป็นการสร้างนวัตกรรมที่แตกต่างออกไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง สำหรับกระบวนการสร้างนวัตกรรม ได้มีแบบจำลองมากมายถูกนำเสนอโดยผู้เชี่ยวชาญ ถึงแม้ว่าจะถูกสร้างขึ้นด้วยปัจจัยและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน แต่โดยรวมได้ให้ความเห็นที่คล้ายคลึงกันว่า กระบวนการสร้างนวัตกรรมเป็นขั้นตอนที่มีการเชื่อมต่อกันอย่างเหนียวแน่นที่มาจาก การสร้างไอเดีย (idea generation), การออกแบบวิจัยและพัฒนา (research design and development), การสร้างตัวต้นแบบ (prototype production), การผลิต (manufacturing), การตลาดและการขาย (marketing and sales) (Dooley and O'Sullivan 2001, Rothwell 1994) ซึ่ง Tidd and Bessant (2009) ได้ทำการประมวลและสรุปกระบวนการสร้างนวัตกรรมออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ 1) การค้นหา (search), 2) การคัดเลือก (selection), 3) การดำเนินการ (implementation) และ 4) การยึดครอง (capture) Rothwell (1994) กล่าวว่า ในอดีตกระบวนการสร้างนวัตกรรมถูกออกแบบเป็นลักษณะเส้นตรง และมุ่งเน้นไปที่การผลักดันทาง

วิทยาศาสตร์ (science-pushed) กระบวนการสร้างนวัตกรรมจึงมีรากฐานมาจากหน่วยงานวิจัยภายในองค์กร ต่อมาเมื่อมีการแข่งขันในตลาดที่สูงขึ้น จึงทำให้กระบวนการสร้างนวัตกรรมไม่สามารถดำเนินการแบบเส้นตรง เช่น การการผลักดันทางวิทยาศาสตร์ (science-pushed) ได้อีกต่อไป จำเป็นที่ผู้สร้างนวัตกรรมจะต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคจนนำไปสู่แนวคิดที่เรียกว่า การดึงดูจากความต้องการของลูกค้า (Need Pull) ซึ่งให้ความสำคัญกับลูกค้าเสมือนว่าเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการสร้างนวัตกรรม

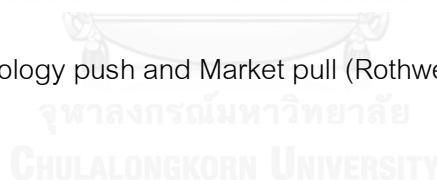


TECHNOLOGY-PUSH (FIRST GENERATION INNOVATION 50's – 60's)



MARKET-PULL (SECOND GENERATION INNOVATION 60's – 70's)

รูปที่ 2.11 โมเดล Technology push and Market pull (Rothwell, 1994)



เพราะฉะนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาและพัฒนา นวัตกรรมกระบวนการ แบบ incremental จากแนวคิดของ Tidd et al. (2005) เพื่อปรับปรุงกระบวนการส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เคยมีมาก่อนให้เหมาะสม และสอดคล้องกับการใช้งานภายในโรงเรียน โดยจะประยุกต์กระบวนการสร้างนวัตกรรมจากแนวคิด Market Pull ของ Rothwell (1994) โดยรับฟังความคิดเห็นจากผู้บริหารโรงเรียนมาเป็นส่วนหนึ่ง ในกระบวนการสร้างนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในงานวิจัยนี้

แนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับใช้งานของผู้ใช้

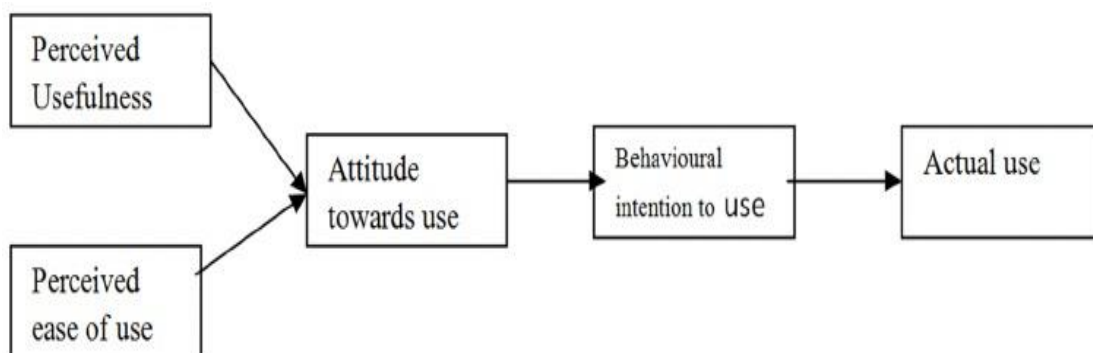
ในปี 1989 Fred D. Davis Jr. ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของมนุษย์โดยได้ทำการศึกษาต่อยอดมาจากทฤษฎี Theory of Reasoned Action (TRA) ของ Ajzen and Fishbein (1977) ซึ่งได้อธิบายว่าพฤติกรรมของมนุษย์นั้น จะถูกกำหนดโดยเจตนาธรรมที่จะแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมา ซึ่ง Davis ก็ได้นำเอาข้อสรุปนี้มาใช้เพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลอง Technology Acceptance Model (TAM) และใช้ศึกษาในบริบทการยอมรับการใช้ระบบสารสนเทศ โดยไม่นำบรรทัดฐานของบุคคลที่อยู่โดยรอบการแสดงผลพฤติกรรม เข้ามาใช้เป็นปัจจัยในการพยากรณ์พฤติกรรมการใช้ที่เกิดขึ้นจริง อย่างไรก็ตาม Davis et al., (1989) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม และได้ปรับปรุง TAM โดยไม่รวมทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม เพื่อให้สามารถอธิบายความตั้งใจได้อย่างละเอียดถี่ถ้วนยิ่งขึ้น และสามารถนำมาใช้พยากรณ์การยอมรับการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศของแต่ละบุคคล และสามารถใช้อธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจ และพฤติกรรมการ ยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตามทฤษฎี TAM แสดงในรูปของแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.11 ซึ่ง Davis ได้ระบุว่า การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้นั้นขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่

- 1) เทคโนโลยีนั้นจะมีประโยชน์ต่อการทำงานของผู้นั้นมากน้อยเพียงใด (Perceived Usefulness) มีปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน คือ สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงาน เพิ่มผลผลิต ประสิทธิภาพของงาน ทำให้การทำงานง่ายขึ้น และความมีประโยชน์ของเทคโนโลยี

2) เทคโนโลยีนั้นมีความยากง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด (Perceived Ease of Use)

มีปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน คือ เรียนรู้ง่าย ควบคุมง่าย ชัดเจน และเข้าใจง่าย มีความยืดหยุ่น ง่าย

ต่อการสร้างความชำนาญ และใช้งานง่าย



รูปที่ 2.12 แผนภาพ Technology Acceptance Model (Davis et al., 1989)

โดยที่ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้แนวคิดแบบจำลองการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) ของ Davis มาใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

เอกสารและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ในบริบทและมุมมองที่แตกต่างกันออกไป เพื่อที่จะสามารถมองเห็นได้ถึงโอกาสที่ผู้วิจัยจะสามารถวิจัยและพัฒนา ต่อยอดจากงานวิจัยต่างๆ เหล่านั้น เพื่อที่จะนำเอาความรู้ทั้งหลายเหล่านั้นมาสรุป หลอมรวมกัน เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลได้อย่างประสบผลสำเร็จ โดยผู้วิจัยได้ทำการแบ่งหมวดหมู่ของงานวิจัยในอดีต และเรียบเรียงไว้ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการประหยัดไฟฟ้าในประเทศไทย

จุไรรัตน์ ธิไหล, (2553) มีการศึกษาเรื่องพฤติกรรมกรรมการประหยัดไฟฟ้าในสถานที่ทำงานของพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ณ โรงไฟฟ้าราชบุรี พบว่าอายุของพนักงาน และความรู้ความเข้าใจ การให้คุณค่าต่อพลังงานไฟฟ้ามีผลต่อพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า วีระ วีระวงศ์สกุล (2542) ได้ศึกษาพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานในที่อยู่อาศัยของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองลำปาง พบว่าประชาชนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเรื่องการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า วิธีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า การบำรุงรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง และยังพบว่าประชาชนที่มีอาชีพ และระดับการศึกษาที่แตกต่างกันทำให้มีพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน ประพันธ์ ศรีนวนล (2544) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานของประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ใช้พลังงานโดยรวมมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น และผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นกลุ่มผู้อยู่อาศัยครัวเรือนก็มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วยเช่นกัน การรณรงค์ และประชาสัมพันธ์ไม่ค่อยได้ผลประชาชนให้เหตุผลในการประหยัดพลังงานว่า เพราะคาดหวังในด้านการประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอันดับแรก รองลงไปเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม และช่วยให้พลังงานหมดช้าลง ตามลำดับ ฉัตรกมล ศรีธัญรัตน์ (2542) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันของนักเรียนหญิงที่ศึกษาในโรงเรียนลำปางกัลยาณี พบว่าความรู้ และทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน สุนาะของครอบครัวที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สุวสา ชัยสุรัตน์ และพัชรี สกุลรัตนศักดิ์ (2552) ศึกษาพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานเพื่อลดภาวะโลกร้อนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ของวิทยาลัยราชพฤกษ์ จังหวัดนนทบุรี ผลของการวิจัยพบว่า นักศึกษาราชพฤกษ์ส่วนใหญ่มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของภาวะโลกร้อนและการประหยัดพลังงานเพื่อลดปัญหาภาวะโลกร้อนในระดับปานกลาง แต่ความแตกต่างด้านความรู้และความเข้าใจ ตลอดจนความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ล้วนมีผลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานของนักศึกษาทั้งสิ้น แจ่มนิดา คณานันท์. (2555) ได้ทำการศึกษาปัจจัยทางจิตสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในที่ทำงานของข้าราชการพลเรือนกระทรวงศึกษาธิการ ผลการวิจัยพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความตระหนักในปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า และการรับรู้ข่าวสารด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มีผลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่ทำงานของข้าราชการพลเรือนกระทรวงศึกษาธิการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยทางจิตและปัจจัยทางสังคม สามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่ทำงานของข้าราชการพลเรือนกระทรวงศึกษาธิการ โดยตัวแปร 4 ตัว ได้แก่ เจตคติที่ดีต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า การรับรู้ความสามารถของตนในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า การเห็นแบบอย่างการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและการรับรู้ข่าวสารด้านการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เป็นตัวทำนายที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตัวทำนายที่สำคัญอันดับแรก ได้แก่ การเห็นแบบอย่างการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และรองลงมาคือ เจตคติที่ดีต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

2. โรงเรียนกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

กฤติมา มะลิวัลย์ (2553) ได้มีการศึกษาการใช้มาตรการเพื่อลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงเรียนหนองจอกพิทยานุสรณ์ กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักเรียนช่วงชั้นที่ ม.1 - 3 จำนวน 15 ห้องเรียน จำนวน 630 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 30 คน โดย

วิธีการสุ่มอย่างง่ายจากห้องเรียนละ 2 คน นำมาผ่านการอบรมที่มุ่งเน้นด้านการดูแลรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้นักเรียนเกิดความตระหนัก ความรู้ความเข้าใจ ซึ่งหลังการติดตามผลภายหลังการอบรม 3 เดือน พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนลดลงถึง 20% Marcell et al. (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานภายในมหาวิทยาลัย Turfs ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้วิธีการ Community-Based Social Marketing ในการกระตุ้นให้นักศึกษาในหอพักมหาวิทยาลัยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้ไฟฟ้าของตน โดยทำการแบ่งนักศึกษาในหอออกเป็นสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มแรก ใช้การอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการประหยัดไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ในขณะที่กลุ่มสอง จะมีการอบรมความรู้ควบคู่ไปกับการใช้เทคนิค Social Marketing ได้แก่ การทำสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษร การให้สิ่งตอบแทน การแจกดึงเกอร์ที่มีโลโก้และคำขวัญเตือนใจ และการลงชื่อผู้ร่วมรณรงค์ในวารสารของมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นการขอบคุณ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การอบรมให้ความรู้ มีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของทั้งสองกลุ่ม โดยที่ผลการสำรวจ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่มีการอบรมความรู้ ควบคู่กับการทำ Social Marketing นั้น มีการแสดงให้เห็นถึงการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของตนเองมากกว่า

3. เกมพีเคชันกับการประหยัดพลังงาน

Brewer et al. (2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเกมและพฤติกรรมประหยัดพลังงาน โดยได้จัดตั้งโครงการที่ชื่อว่า Kukui Cup ซึ่งเป็นโครงการแข่งขันการประหยัดพลังงานระหว่างหอพักในมหาวิทยาลัยฮาวาย โดยโครงการดังกล่าว กำหนดระยะเวลาไว้ที่ 3 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ซึ่งผู้ชนะในแต่ละช่วงจะได้รับรางวัล และผู้ที่ได้รับคะแนนรวมสูงสุดก็ได้รับรางวัล

พิเศษอีกด้วย โครงการนี้ใช้แนวคิดเกมฟิเคชั่นเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ กล่าวคือ ได้มีการนำเอากิจกรรมในชีวิตประจำวันของนักศึกษา เช่น การปิดหลอดไฟเมื่อออกจากห้อง มาผสมผสานเข้ากับกิจกรรมในเกมโดยใช้เว็บไซต์เป็นสื่อกลาง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะถูกแสดงในเว็บไซต์ตามเวลาจริง โดยแบ่งออกตามชั้นและห้องในหอพัก ซึ่งกิจกรรมการแข่งขันในโลกแห่งความจริงจะถูกอธิบายและยืนยันข้อมูลจากโลกของเกมที่ปรากฏในเว็บไซต์ ผู้ออกแบบโครงการ Kukui Cup ระบุว่าเกมฟิเคชั่นช่วยให้มีผู้สนใจเข้าร่วมโครงการนี้มากขึ้น เพื่อให้โครงการแข่งขันการประหยัดพลังงานระหว่างหอพักสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้วางเอาไว้



รูปที่ 2.13 ภาพตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Kukui Cup (Brewer et al., 2011)

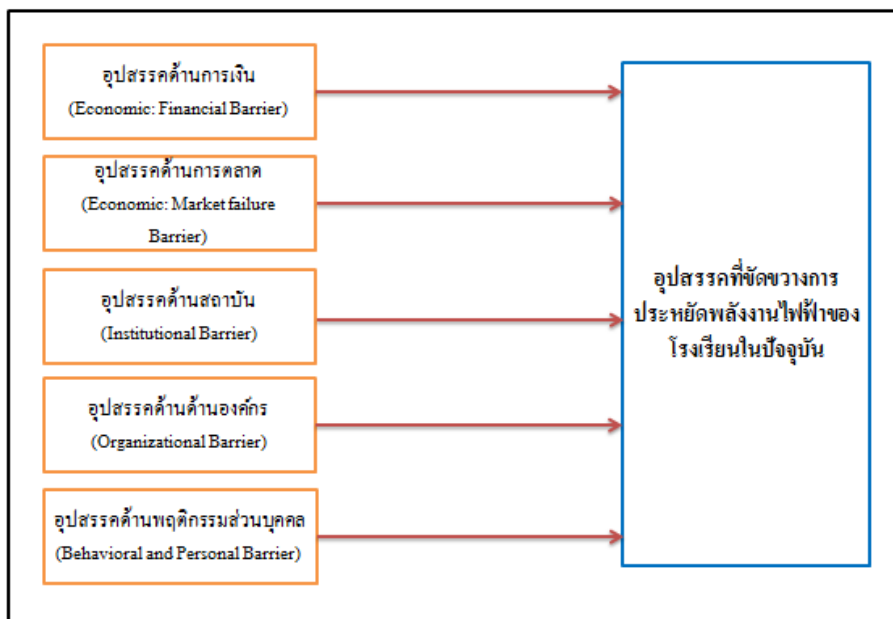
Reeves et al. (2015) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบระหว่างเกมกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยได้ทำการพัฒนาเกมที่ชื่อว่า Power House ขึ้น ซึ่งมีหลายองค์ประกอบของเกมร่วมกัน เช่น เกมที่เล่นในรูปแบบสังคม การให้คะแนนสะสม แสดงตารางคะแนนของผู้นำ มีความท้าทาย มีการแข่งขันกันระหว่างผู้เล่น โดยผู้เล่นสามารถเข้าไปสู่เกมส์ได้โดยผ่านทางเว็บไซต์

สำหรับเนื้อหาโดยหลักของเกมส์คือจะให้ผู้เล่นได้จำลองการใช้ชีวิตอยู่ในบ้าน ซึ่งมีห้องต่างๆ และ อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ หน้าทีของผู้เล่น คือ ทำการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อบุคคลอื่นในบ้านซึ่งเป็น ตัวละครในเกมต้องการใช้ หรือใช้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งเป้าหมายของเกมส์คือให้ผู้เล่นช่วยเหลือ บุคคลในบ้านให้ได้มากที่สุดจนกว่าปริมาณการใช้จะสูงเกินกว่าที่เกมกำหนด งานวิจัยชิ้นนี้ได้ ออกแบบการทดสอบทั้งสิ้น 2 รูปแบบ คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งนำกลุ่มตัวอย่าง 40 คน มาทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้เล่นเกมส์ Power House และอีกกลุ่มหนึ่งให้เล่นเกมส์อื่น เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ จะทำการตรวจสอบพฤติกรรมการประหยัดไฟฟ้าของผู้เล่นโดยการนับจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้า 5 ชิ้น ว่าผู้เล่นทำการปิดอุปกรณ์เป็นจำนวนเท่าไรเมื่อออกจากห้อง ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่ากลุ่มที่เล่นเกมส์อื่น คือ 2.55 และ 0.55 แสดงให้เห็นว่าการเล่นเกมส์นั้นสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้เป็นไปใน ทิศทางเดียวกับประสบการณ์ที่ผู้เล่นได้รับจากเกมส์ สำหรับในส่วนของ การทดลองภาคสนาม ได้มี การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 51 คน เป็นเวลา 30 วัน โดยทำการวัดปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้ ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง 3 ช่วงเวลา คือ ก่อนเล่นเกมส์ ระหว่างการเล่นเกมส์ และภายหลังเล่นเกมส์ เป็นเวลาช่วงละ 10 วัน ผลการทดสอบพบว่าในช่วงระหว่างการเล่นเกมส์นั้น ปริมาณค่าเฉลี่ยการ ใช้ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างลดลงไปประมาณ 2% ซึ่งแสดงให้เห็นเช่นเดียวกันว่า เกมส์สามารถช่วย เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานผู้ใช้ได้



รูปที่ 2.14 ภาพตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Power House (Reeves et al., 2015)

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมแนวคิด และทฤษฎีต่างๆ ที่เหมาะสม และสอดคล้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ จากนั้นได้ทำการสร้างแนวทางวิจัยโดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดแนวทางวิจัยออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย



รูปที่ 2.15 แนวทางวิจัยที่ 1 ศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนอยู่ในปัจจุบัน

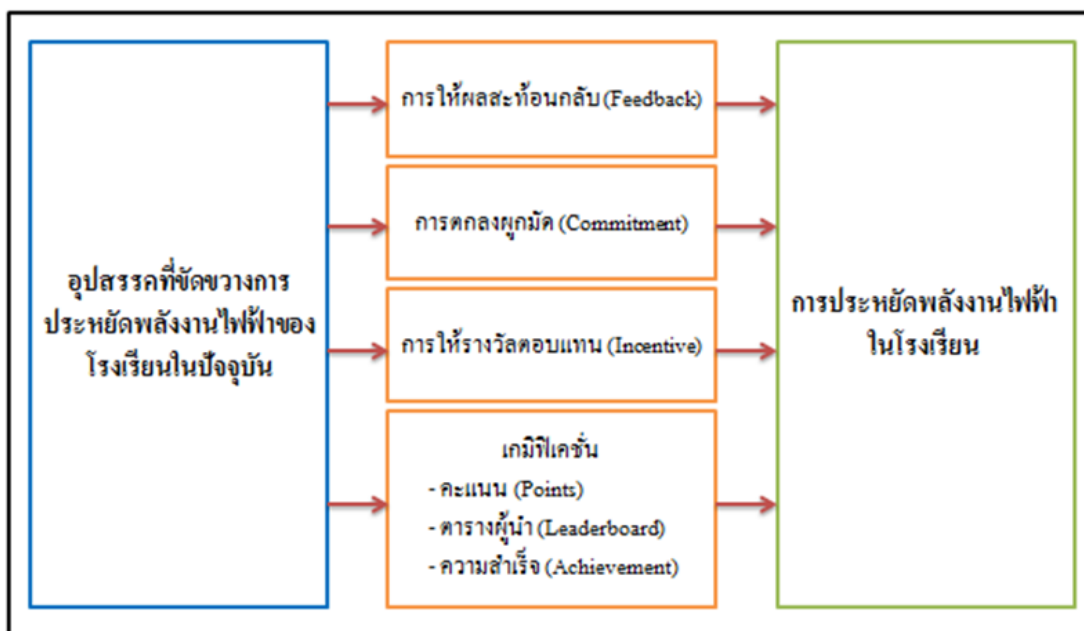
แนวทางวิจัย

1. คำอธิบายแนวทางวิจัยที่ 1

ผู้วิจัยทำการศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนอยู่ในปัจจุบัน เป็นการสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยในอดีต ประกอบด้วยรายละเอียดของอุปสรรคประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ด้านการเงิน (Economic: Financial Barrier)
- 2) ด้านการตลาด (Economic: Market failure Barrier)
- 3) ด้านสถาบัน (Institutional Barrier)
- 4) ด้านองค์กร (Organizational Barrier)
- 5) ด้านพฤติกรรมส่วนบุคคล (Behavioral and Personal Barrier)

จากนั้นนำไปทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบถึงอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนในปัจจุบัน ตามวัตถุประสงค์งานวิจัยข้อที่ 1 แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการวิจัยในขั้นต่อไป



รูปที่ 2.16 แนวทางวิจัยที่ 2 พัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

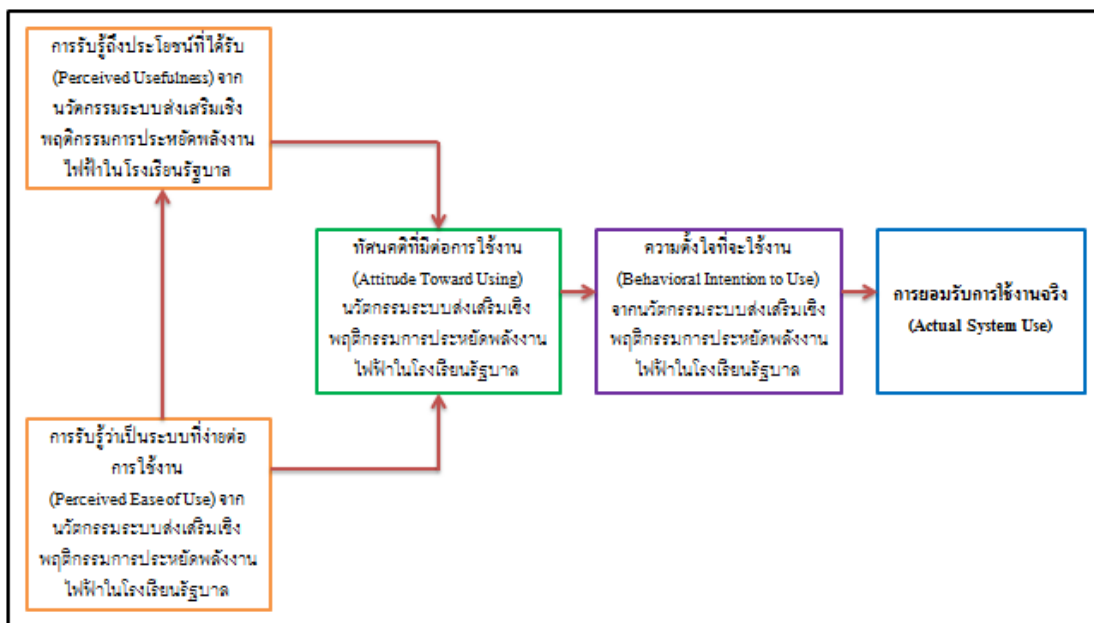
2. คำอธิบายแนวทางวิจัยที่ 2

เมื่อผู้วิจัยได้ผลการวิจัยเกี่ยวกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนในปัจจุบันจากแนวทางวิจัยที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลโดยบูรณาการแนวความคิดการแทรกแซงพฤติกรรมและเกมมิฟิเคชันเพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมกรประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ให้สอดคล้องกับอุปสรรคดังกล่าว และนำไปใช้ทำการทดลอง

ในห้องเรียนตัวอย่าง เพื่อทราบถึงผลกระทบต่อพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของห้องเรียน โดยแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโรงเรียนนั้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากการ ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยในอดีต ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

- 1) แนวคิดการให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback)
- 2) แนวคิดการตกลงผูกมัด (Commitment)
- 3) แนวคิดการให้รางวัลตอบแทน (Incentive)
- 4) แนวคิดเกมิฟิเคชัน (Gamification)

เมื่อผู้วิจัยได้ทราบถึงผลการศึกษาค้นคว้าพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบัน และผลกระทบต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของ โรงเรียนจากการใช้นวัตกรรมระบบฯ แล้ว ก็จะนำนวัตกรรมระบบฯไปทดสอบการยอมรับจากผู้ ใช้ ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2.17 แนวทางวิจัยที่ 3 ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

3. คำอธิบายแนวทางวิจัยที่ 3

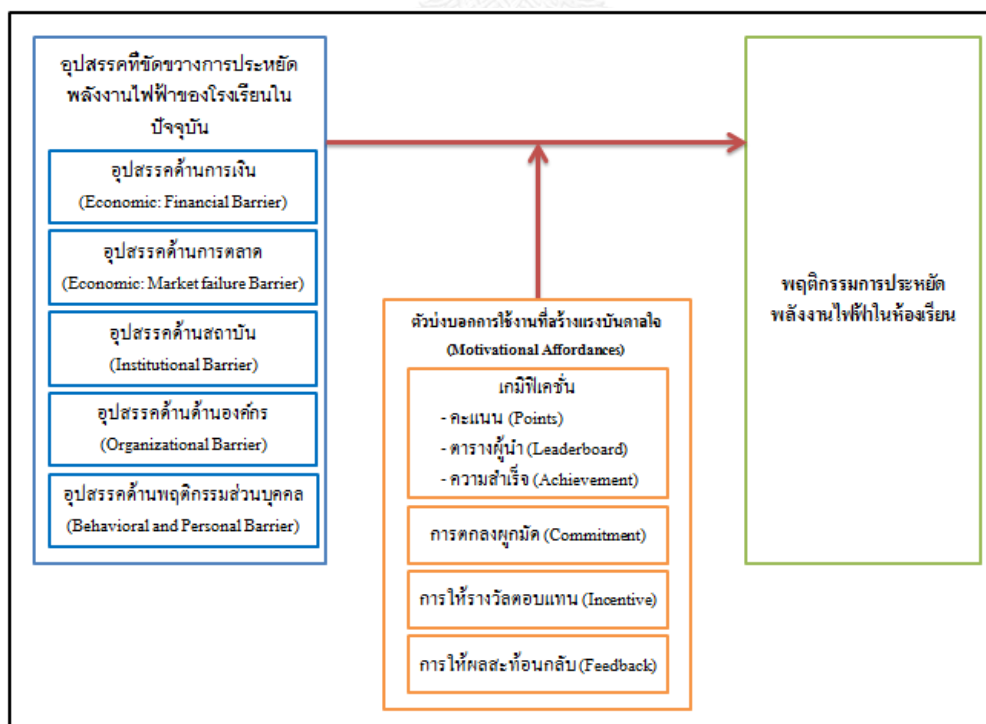
ผู้วิจัยทำการศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เป็นการสังเคราะห์จากโมเดล TAM (Technology Acceptance Model) ในงานวิจัยของ Davis ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

- 1) การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)
- 2) การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use)
- 3) ทศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using)
- 4) ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use)

จากแนวทางวิจัยทั้ง 3 แนวทาง ผู้วิจัยได้นำมารวบรวม ประสานกันจนกลายเป็นกรอบแนวคิด งานวิจัย ต่อไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากแนวทางวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยด้านอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนในปัจจุบันเป็นขั้นตอนแรก จากนั้นนำเอาผลลัพธ์ของอุปสรรคที่ได้มาเป็นตัวแปรต้น แล้วทำการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเพื่อนำมาใช้เป็นตัวแทรกแซง (Intervention) โดยใช้เกมมิฟิเคชัน และเทคนิคการแทรกแซงพฤติกรรม เป็นเครื่องมือเพื่อส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม ซึ่งก็คือ พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในห้องเรียน จากนั้นนำเอานวัตกรรมระบบที่ได้ไปตรวจสอบการยอมรับใช้งานจากผู้ใช้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ตามที่ปรากฏในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 กรอบแนวคิดงานวิจัยในภาพรวม

จากการที่ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยในอดีต โดยเริ่มจากการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า และสถานการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นในอนาคตซึ่งส่งผลทำให้ประเทศไทยตกอยู่ในภาวะไม่มั่นคงทางพลังงาน จากนั้นก็ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานในองค์กร หรือหน่วยงานต่างๆ โดยได้ทำการทบทวนงานวิจัยในอดีตในบริบทที่เกี่ยวข้องจนสามารถจัดแบ่งกลุ่มของอุปสรรค ออกเป็น 5 กลุ่ม เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้เก็บข้อมูลในโรงเรียน รวมถึงยังได้ทำการทบทวนวรรณกรรม และ งานวิจัยต่างๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวคิดในการสร้างสรรค์วิธีการเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน เช่น การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงาน อุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และแนวคิดเกมิพีเคชั่น โดยนำแนวคิดเหล่านั้นมาหลอมรวมกันเพื่อนำไปพัฒนาและสร้างนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ตามกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่และการสร้างสรรค์นวัตกรรม เพื่อให้สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนในปัจจุบัน จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับการใช้ ตามแนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับใช้งานของผู้ใช้ ตามทฤษฎี Technology Acceptance Model และท้ายที่สุดนำไปประเมินเปรียบเทียบการงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานในสถานศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เพื่อนำมากำหนดแนวทางวิจัยทั้ง 3 แนวทาง ตามวัตถุประสงค์งานวิจัย จนสามารถนำไปรวบรวมเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย โดยผู้วิจัยจะได้นำไปออกแบบวิธีการวิจัยที่เหมาะสมในบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

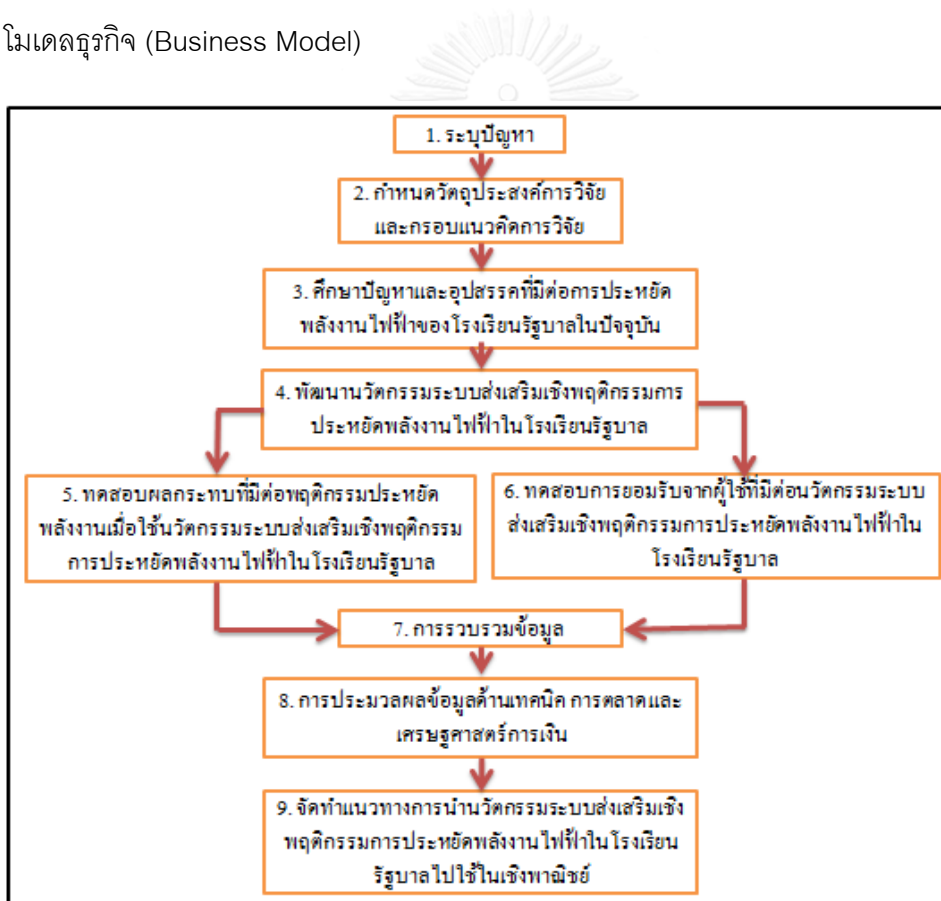
การวิจัยนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน
รัฐบาล เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) ร่วมกับ การวิจัยเชิงคุณภาพ
(Qualitative Research) ด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล (Interviewing) การสังเกตการณ์
(Observation) และ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งกำหนดแนวทางการดำเนินงานการ
วิจัยดังนี้ ประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์
ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ออกเป็น 4 ขั้นตอน
ตามแนวทางวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน
โรงเรียน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลปฐมภูมิ โดยใช้การ
เก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล เพื่อระบุปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัด
พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลอยู่ในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
ในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) ด้วยการศึกษาค้น
คว้าข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลปฐมภูมิ ที่ได้จากการสังเกตการณ์ โดยใช้การประเมินผลด้วย
แบบสอบถาม เพื่อศึกษาและพัฒนานวัตกรรมระบบฯ ที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการ
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สรุปผลได้จากขั้นตอนที่ 1 และสามารถส่งผลกระทบ
เชิงบวกต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างได้

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยให้การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล ร่วมกับ การวิจัยเชิงปริมาณ โดยให้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม เพื่อศึกษาด้านการยอมรับของนวัตกรรมระบบฯจากผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility Study) และโมเดลธุรกิจ (Business Model)

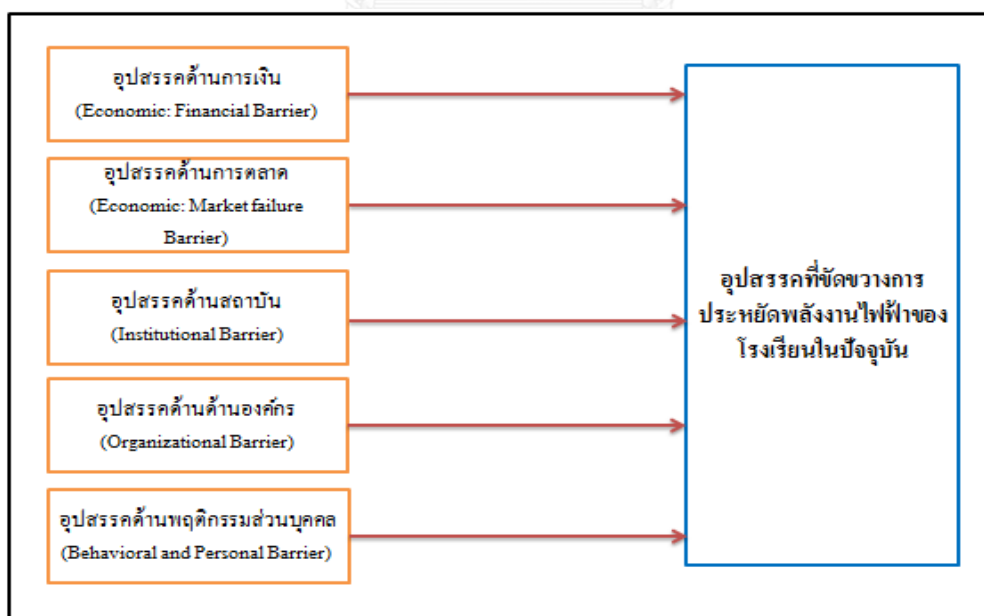


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำวิจัยในภาพรวม

ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. วิธีวิจัย (Research Method)

เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ ที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ข้อมูล และวรรณคดี ที่เกี่ยวข้องกับอุปสรรคในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในหลายบริบท ทั้งในด้าน ทฤษฎี ด้านภูมิศาสตร์ ด้านกลุ่มอุตสาหกรรม รวมถึง การวิจัยเกี่ยวกับอุปสรรคในการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย เพื่อนำมาสรุปกลุ่มประเภทของอุปสรรค และข้อมูลปฐมภูมิ โดยใช้ การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล ซึ่งเหมาะสำหรับศึกษาและวิจัยในเชิงลึก ได้ รายละเอียดดีมาก มีความยืดหยุ่น สามารถได้ข้อเท็จจริงที่ซ่อนเร้นอยู่ เนื่องจากผู้ถูกสัมภาษณ์มี อิสระในการตอบ (สิน พันธุ์พินิจ, 2554) เพื่อระบุปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลปัจจุบัน โดยมีแนวทางวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แนวทางวิจัยที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

2. การออกแบบกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Design)

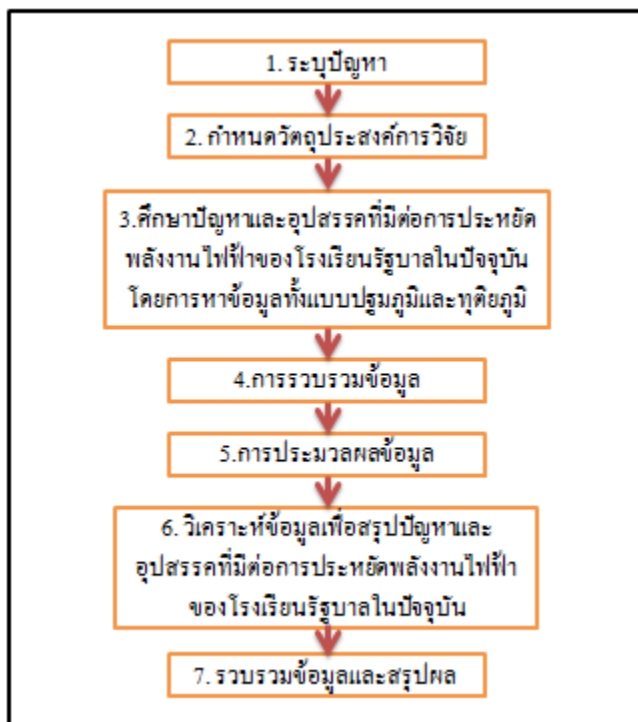
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาล ในเขตกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เขตการศึกษา 1 และ 2 ที่อยู่ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีสถานศึกษาทั้งหมด 119 แห่ง (ดูรายชื่อโรงเรียนได้จากภาคผนวก) จากนั้นคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีคุณสมบัติ คือ มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านกิจการภายในโรงเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การดูแลจัดการด้านพลังงาน ซึ่งได้แก่ ผู้อำนวยการโรงเรียน และ รองผู้อำนวยการโรงเรียน โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกรายชื่อของโรงเรียนแบบโควตา (Quota Sampling) จากเงื่อนไขต่างๆ เช่น อายุของโรงเรียน จำนวนนักเรียน เพศของนักเรียน ระดับชั้นเรียน เป็นต้น จากนั้นทำการติดต่อขออนุญาตผู้อำนวยการของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจที่จะให้สัมภาษณ์ จนได้จำนวนทั้งสิ้น 10 แห่ง (ดูรายชื่อจากภาคผนวก)

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขการเลือกโควตาโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอสัมภาษณ์

| เกณฑ์โควตาของโรงเรียน | | จำนวน (แห่ง) |
|--|------------------------------|--------------|
| อายุของโรงเรียน | น้อยกว่า 30 ปี | 1 |
| | 31 - 60 ปี | 1 |
| | มากกว่า 60 ปี | 1 |
| ขนาดของโรงเรียน (วัดจากจำนวนนักเรียน) | กลาง (500 - 1,499 คน) | 1 |
| | ใหญ่ (1,500 - 2,499 คน) | 2 |
| | ใหญ่พิเศษ (มากกว่า 2,500 คน) | 2 |
| ระดับชั้นเรียน | เฉพาะมัธยมปลาย | 1 |
| เพศของนักเรียน | เฉพาะนักเรียนหญิง | 1 |

3. ขั้นตอนการทำวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการวิจัย โดยแสดงเป็นแผนภาพตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำวิจัยหัวข้อ “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

4. การออกแบบเครื่องมือ (Instrument Design)

ผู้วิจัยออกแบบเครื่องมือโดยการใช้แบบสัมภาษณ์ (Interview Guideline) เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ และนำเครื่องมือดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 3 คน (ดูรายชื่อในภาคผนวก) ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 2 ปี ตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) และกำหนดเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงยอมรับ จากนั้นผู้วิจัยนำ

ข้อเสนอแนะที่ได้ มาปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน แล้วจึงนำไปใช้เก็บข้อมูล

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ผู้วิจัยใช้การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) ที่ผู้วิจัยไม่ได้กำหนดโครงสร้างและคำถามที่จะใช้ในการสัมภาษณ์ไว้ตายตัว ทำให้สามารถยืดหยุ่นในการตั้งคำถามเฉพาะหน้าต่อผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ โดยคำถามที่ใช้ถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended question) ซึ่งให้อิสระกับผู้ให้สัมภาษณ์ในการตอบ (สิน พันธุ์พินิจ, 2554) ในการสัมภาษณ์นั้นจะทำการถามคำถามแต่ละข้อเป็นส่วนบุคคล และทำการขออนุญาตบันทึกเสียงการสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยย่อ และนำมาปรับปรุงเป็นฉบับสมบูรณ์เมื่อทำการฟังบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ในภายหลัง

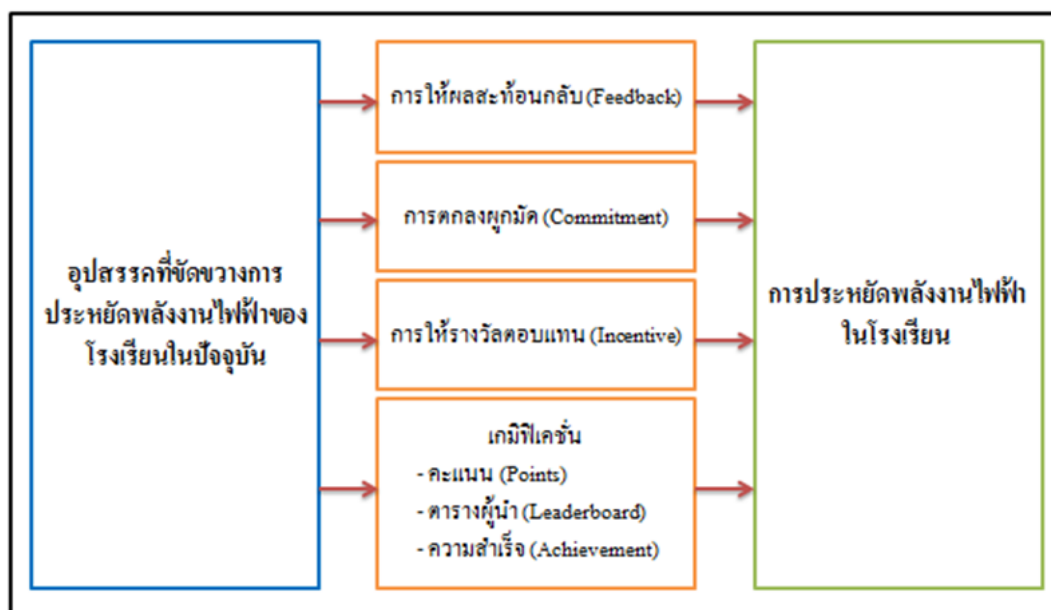
6. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อเป็นกระบวนการสร้างข้อสรุปแบบนิรนัยจากข้อมูลเชิงพรรณนา โดยใช้วิธีการเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยมีการแจกแจงความถี่ของเนื้อหา หรือประเด็นที่เกิดขึ้นแล้วนับ (สิน พันธุ์พินิจ, 2554) ซึ่งใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล ทำการจำแนกหน่วยวิเคราะห์เป็นชนิดของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน แล้วทำการนับความถี่คือจำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วยว่าชนิดของอุปสรรคดังกล่าวมีผลขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง

ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการศึกษา ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

1. วิธีวิจัย (Research Method)

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง 1 กลุ่ม (One group pretest-posttest design) ซึ่งเป็นการวิจัยที่มีการควบคุมตัวแปรเพียงบางส่วน เพื่อให้มีความถูกต้องภายในและภายนอก เนื่องจากนักวิจัยไม่สามารถทำการวิจัยโดยการทดลองอย่างแท้จริงได้ เหมาะสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม หรือ การเรียน (ลิน พันธุ์พินิจ , 2554) โดยจะใช้แบบสอบถามในการทดสอบผลการทดลองร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการสังเกตการณ์ แบบไม่มีส่วนร่วม (Non-participant observation) ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ กับกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นธรรมชาติและข้อมูลที่นอกเหนือความคาดหมาย นอกจากนี้ ยังได้มีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ชิ้นใหม่เพื่อนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการวิจัยอีกด้วย เมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 แล้ว ก็จะนำเอาผลที่ได้ มาทำการตัวแปรในการที่จะพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการศึกษาประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เพื่อให้สอดคล้องกับอุปสรรคภายในโรงเรียน โดยจะได้นำเอาแนวคิดซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการแทรกแซงพฤติกรรมการใช้พลังงาน ได้แก่ การให้ผลสะท้อนกลับ การตกลงผูกมัด การให้รางวัลตอบแทน และเกมพีเคชั่น มาประยุกต์ใช้ ซึ่งจะต้องนำมาทำการประเมินแนวทางที่เหมาะสม แล้วจึงนำไปพัฒนานวัตกรรมระบบฯ ที่ก่อให้เกิดผลต่อพฤติกรรมการศึกษาประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน โดยกระบวนการนี้เป็นกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford and Di Benedetto (2003) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลต่อพฤติกรรมการศึกษาประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน โดยมีแนวทางวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.4

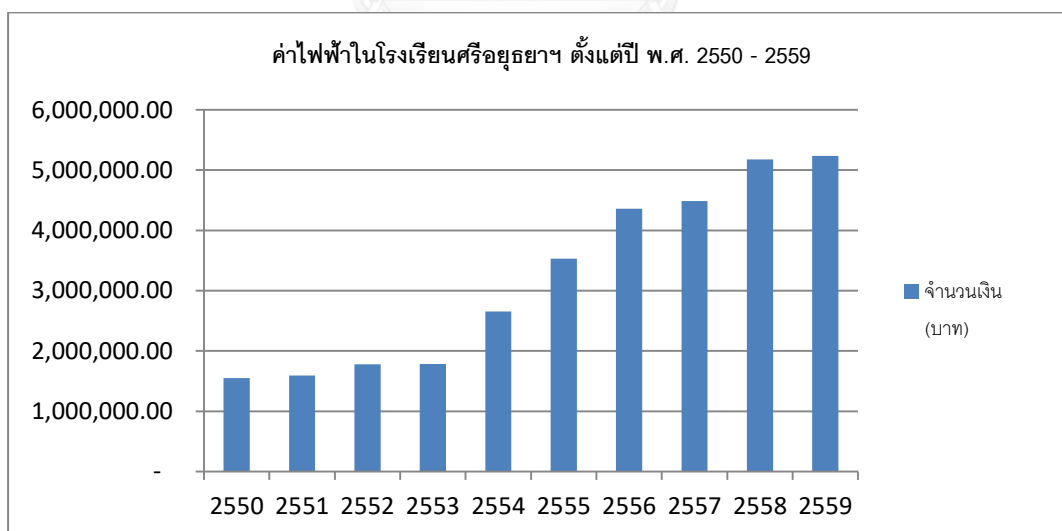


รูปที่ 3.4 แนวทางวิจัยที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

2. การออกแบบกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Design)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นเทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา หรือ เรื่องที่วิจัย (สิน พันธุ์พินิจ, 2554) ซึ่งในที่นี้ คือ ปัญหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน เนื่องจากเมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ถูกบันทึกในรายงานงบประมาณตั้งแต่ปี 2550 พบว่าโรงเรียนศรีอยุธยาฯ มีค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าทั้งสิ้นแค่ 1,552,235.58 บาท ในปี 2550 และมีการใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆทุกปี ซึ่งมีอัตราการใช้เพิ่มสูงขึ้นในปี 2559 ถึง 5,234,733.96 บาท ตามที่แสดงในรูปที่ 3.5 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พิจารณาเงื่อนไขประกอบด้านอื่นเพิ่มเติมคือ ด้านความหลากหลายของประชากร ซึ่งโรงเรียนศรีอยุธยาฯ ถือเป็น

โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษตามเงื่อนไขของกระทรวงศึกษาธิการคือ มีจำนวนนักเรียนมากกว่า 2,500 คน มีระดับชั้นเรียนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงปีที่ 6 โดยมีรับนักเรียนแบบสหศึกษา คือ รับทั้งนักเรียนชาย และหญิง เมื่อผู้วิจัยได้โรงเรียนกลุ่มตัวอย่างแล้ว ก็ได้จัดหนังสือขออนุญาตจาก ผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่ออนุญาตให้ผู้วิจัยสามารถเข้าไปทำการเก็บข้อมูลการวิจัยในโรงเรียนได้ โดยผู้อำนวยการโรงเรียนทำการคัดเลือกห้องเรียนตัวอย่าง เพื่อเข้าสังเกตการณ์และร่วมทำการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลอีกด้วย ผู้อำนวยการโรงเรียน ได้ทำการคัดเลือกห้องเรียนที่ 4/1 4/2 และ 4/3 เป็นกลุ่มห้องเรียนตัวอย่าง โดยให้เงื่อนไขในการเลือกคือ นักเรียนทั้ง 3 ห้อง เรียนอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน จึงมีวิชาเรียนและตารางเรียนที่ใกล้เคียงกัน อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องก็ใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังมีจำนวนนักเรียนในห้องที่ใกล้เคียงกัน คือ 48 42 และ 45 คน ตามลำดับ ทำให้ทั้ง 3 ห้องเรียนมีความเหมือนที่ใกล้เคียงกันเป็นอย่างมาก



รูปที่ 3.5 ค่าไฟฟ้าในโรงเรียนศรีอยุธยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2559

3. อุปกรณ์ในการวิจัยและทดลอง

ก. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งประกอบด้วยสิ่งประดิษฐ์ใหม่ 2 ชิ้น คือ

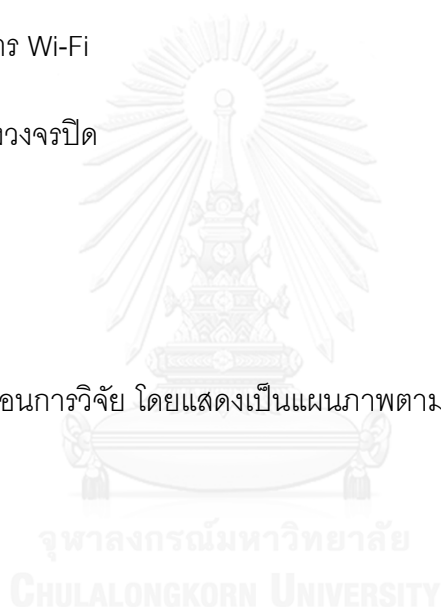
- 1) แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School
- 2) อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM)

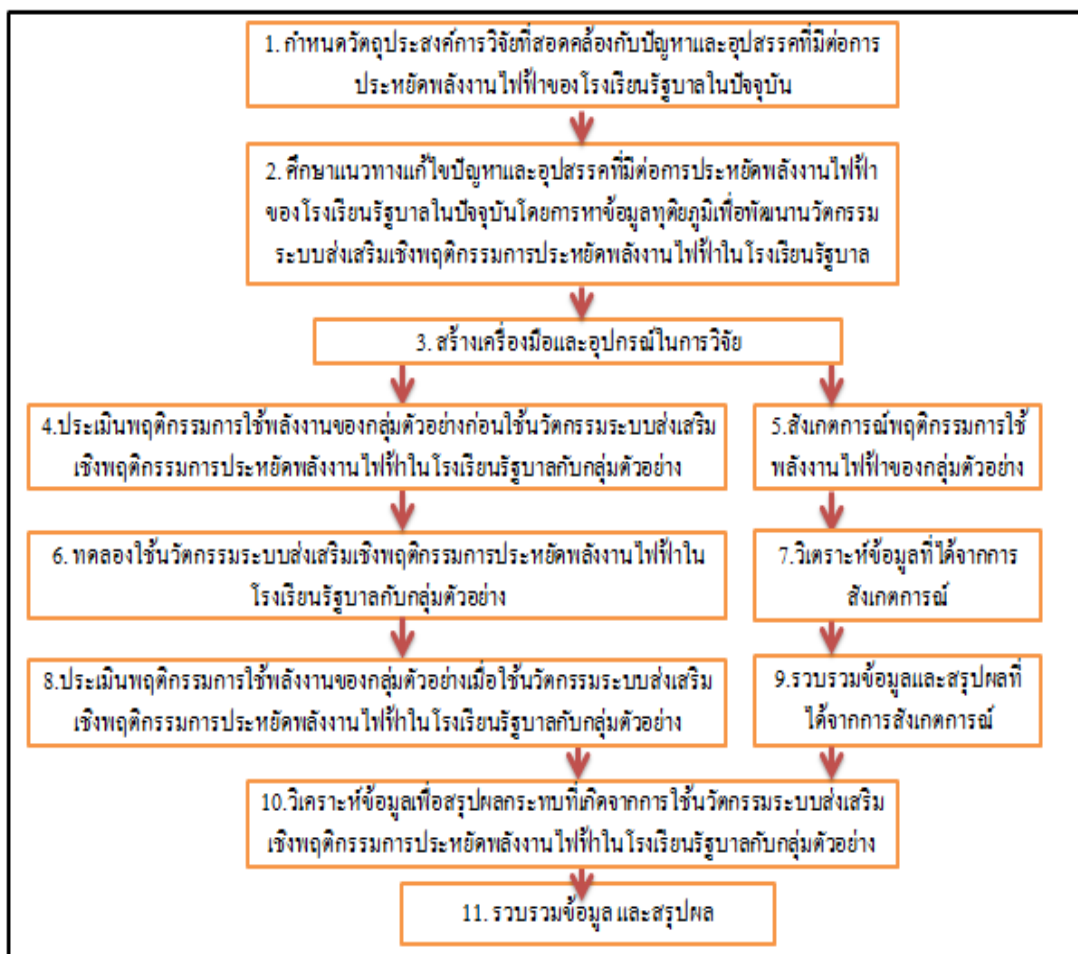
ข. ชุดอุปกรณ์สื่อสาร Wi-Fi

ค. ชุดอุปกรณ์กล่องวงจรปิด

4. ขั้นตอนการทำวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการวิจัย โดยแสดงเป็นแผนภาพตามรูปที่ 3.6

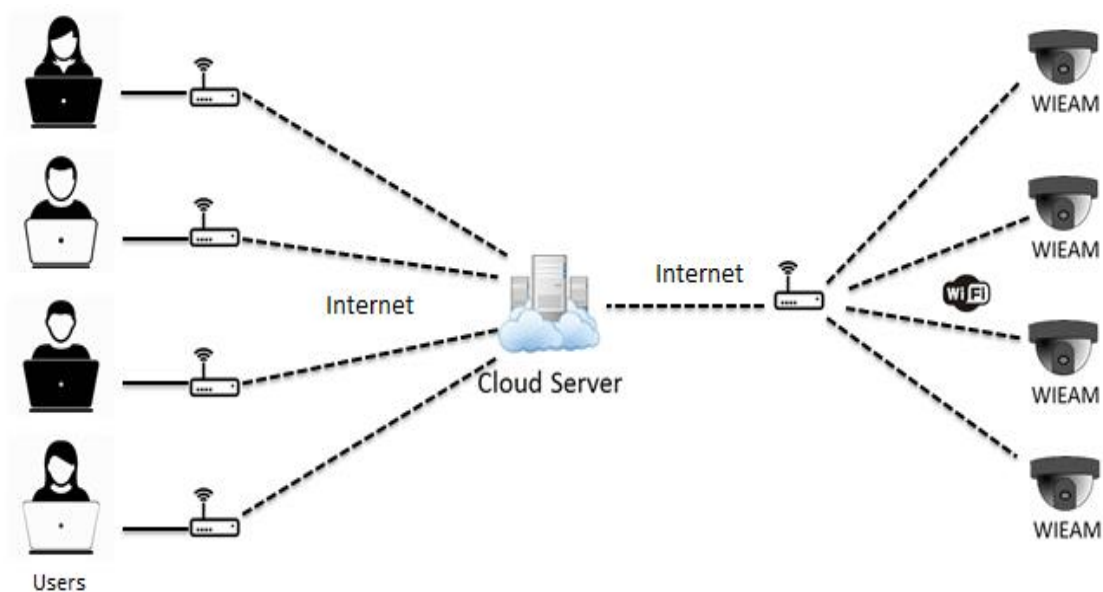




รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำวิจัยหัวข้อ “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

5. การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่สำหรับการวิจัยและทดลอง

ผู้วิจัยต้องทำการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่ขึ้นมาใหม่ด้วยกัน 2 ชิ้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลคือ อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) และแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ซึ่งภาพรวมแผนผังของระบบ มีรายละเอียดตามรูปที่ 3.7

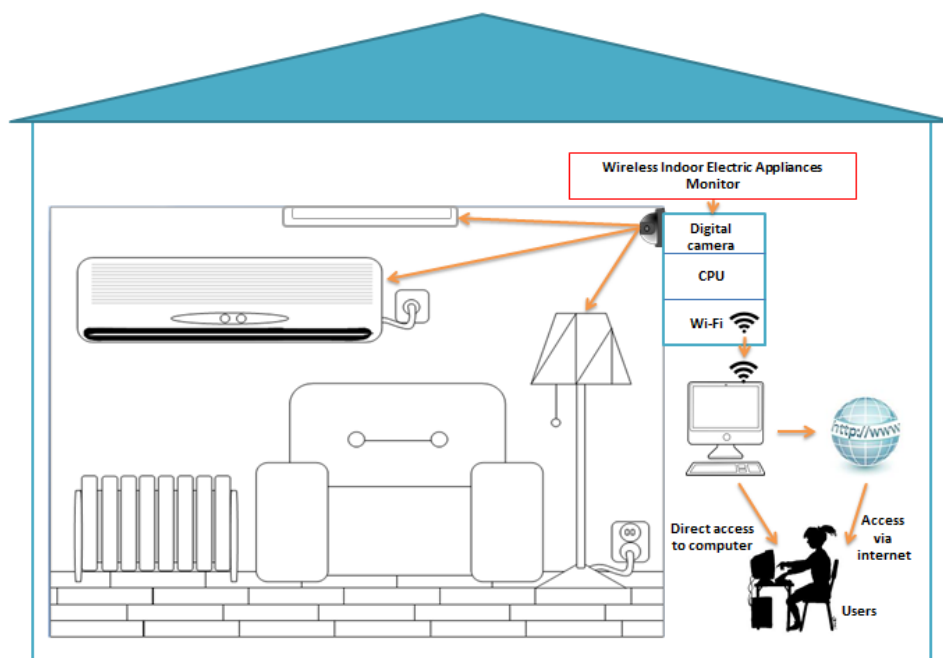


รูปที่ 3.7 แผนผังของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน
รัฐบาล

แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School และ อุปกรณ์ตรวจจัดการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) มีรายละเอียดการพัฒนา ดังนี้

ก. อุปกรณ์ตรวจจัดการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน เพื่อให้ทราบว่านักเรียนในห้องเรียนเปิด - ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามเงื่อนไขการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลหรือไม่ โดยออกแบบให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจัดการใช้ไฟฟ้าไว้ในที่ที่ไม่สะดวกในการต่อสายเคเบิลได้ เช่น บนกำแพง หรือบนเพดาน ทดแทนการใช้อุปกรณ์มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) แบบเดิมซึ่งต้องมีการติดตั้งเข้ากับระบบสายไฟฟ้าของห้องเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ข้อมูลสถานะจะถูกส่งแบบไร้สายไปยังระบบคลาวด์ (cloud) เพื่อให้อุปกรณ์อื่นนำไปใช้ต่อไป โดยที่

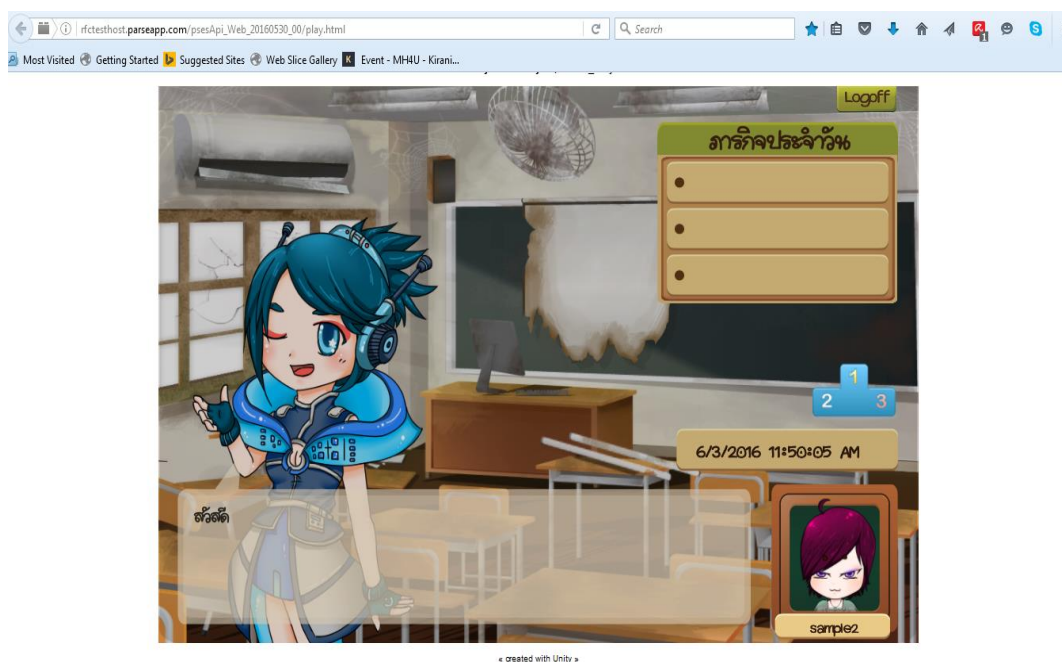
อุปกรณ์ WIEAM 1 ชิ้น จะต้องถูกออกแบบสามารถตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชิ้นในห้องเรียน
ขนาดมาตรฐาน 60 ที่นั่งได้



รูปที่ 3.8 แนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM)

ข. แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการที่จะให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้เข้ามาเล่นและร่วมกิจกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน โดยถือเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของ นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ได้รับการออกแบบมาจากแนวความคิดเกมมิฟิเคชันซึ่งเป็นการนำเอากิจกรรมในชีวิตจริงมาแปรสภาพให้กลายเป็นการเล่นเกม Deterding et al. (2011) และ Ribeiro and Ventura (2013) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างซอฟต์แวร์โปรแกรมเกมให้มีลักษณะเป็น แพลตฟอร์ม (platform) ทำหน้าที่ให้

ผู้ใช้งาน ทำงานร่วมกันบนระบบคลาวด์ (cloud) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C# โดยเครื่องมือที่ใช้พัฒนาเกมคือ Unity3D Game Engine ร่วมกับระบบฐานข้อมูล MongoDB ตัวเกม ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อกับ Cloud Server ด้วยโปรโตคอล Http Get/Post และสามารถให้ข้อมูลจาก WIEAM ได้



รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงภาพโปรแกรม Power School

รายละเอียดในการพัฒนาและการใช้งานของสิ่งประดิษฐ์ทั้งสองมีดังต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) ประกอบไปด้วย 3 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่

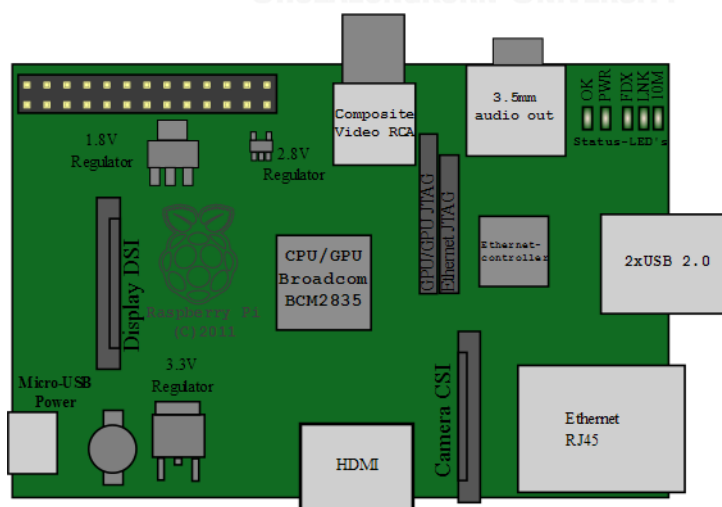
1) โมดูลกล้องดิจิทัลซึ่งใช้ CMOS image sensor chip หมายเลข OV5647 โดยมีความ

ละเอียดของรูปที่ 5 megapixels ดังแสดงในรูปที่ 3.10 โมดูลนี้ถ่ายได้ทั้งภาพนิ่งและภาพวิดีโอ



รูปที่ 3.10 โมดูลกล้องดิจิทัล

2) บอร์ดคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงรุ่น Raspberry-Pi 2B จาก Raspberry-Pi แสดงในรูปที่ 3.11 ซึ่งใช้ชิปประมวลผล BCM2835 ของ Broadcom ซึ่งรวมเอาชิปประมวลผล ARM11 700 MHz และชิปประมวลผลภาพฟิก รวมไว้ด้วยกัน บอร์ดคอมพิวเตอร์นี้มีขนาดประมาณเท่ากับบัตรเครดิต โดยมีการติดตั้งหน่วยความจำ RAM ขนาด 512 Megabytes สำหรับบันทึกภาพ บอร์ดนี้ทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Raspbian ซึ่งมีระบบ Linux เป็นพื้นฐาน และสามารถโปรแกรมบอร์ดโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ C# และ Python บอร์ดคอมพิวเตอร์นี้มีประสิทธิภาพสูงพอสำหรับการประมวลผลตามขั้นตอนวิธีการ (algorithm) สำหรับตรวจจับสถานะการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้นได้



รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงส่วนประกอบของ คอมพิวเตอร์บอร์ด Raspberry-Pi

1) โมดูลอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi แสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งนำมาเชื่อมต่อกับบอร์ดคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ที่มีอัตราความเร็วการสื่อสาร 150 Megabytes ต่อวินาที โดยโมดูลนี้จะช่วยให้ WIEAM ส่งข้อมูลสถานะการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ตรวจจับได้ไปยังคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กได้โดยตรง ซึ่งมีข้อดีกว่าการสื่อสารแบบ Zigbee เพราะไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์สื่อสาร Zigbee ที่ตัวคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก



รูปที่ 3.12 โมดูลอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi

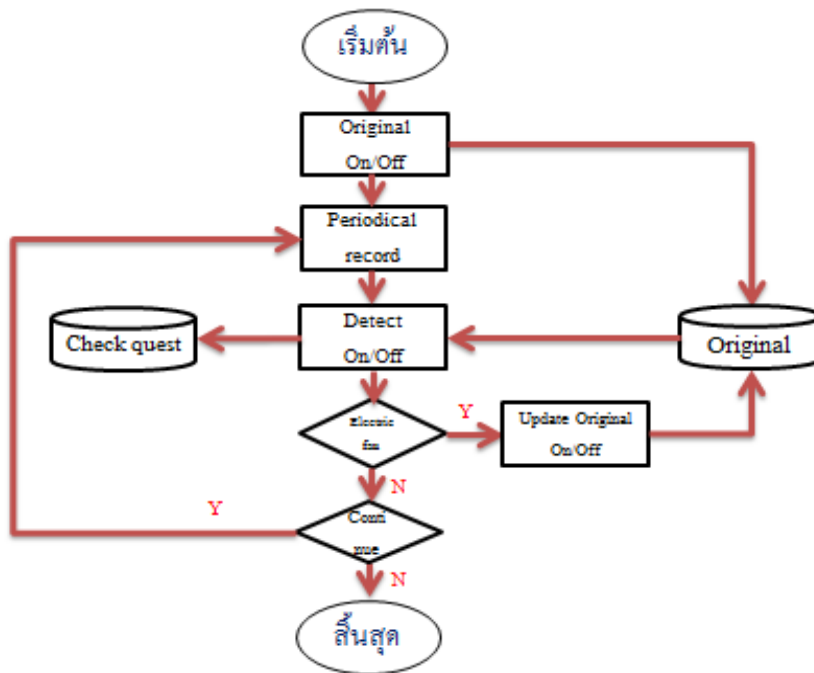
เมื่อนำเอาทั้ง 3 ส่วน มาประกอบกัน ก็จะได้อุปกรณ์ WIEAM ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM)

ผู้วิจัยได้ทำการแสดงหลักการทำงานของ อุปกรณ์ WIEAM ตาม Flow Chart ได้ตามรูปที่

3.14



รูปที่ 3.14 Flow Chart ของ WIEAM

จาก Flow chart ของอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย WIEAM สามารถสรุปวิธีการทำงาน คือ ก่อนเริ่มใช้งาน จะต้องถ่ายภาพของห้องเรียนที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ และอุปกรณ์ฉายภาพประกอบการสอน และเลือกพื้นที่สี่เหลี่ยมที่อุปกรณ์ไฟฟ้าปรากฏในภาพ แล้วเก็บภาพเฉพาะพื้นที่นั้นในขณะที่เปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นภาพต้นฉบับไว้ในหน่วยความจำของ WIEAM ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างแสดงการเลือกพื้นที่เพื่อตรวจสอบสถานะอุปกรณ์



หลอดไฟ สถานะ: ปิด



หลอดไฟ สถานะ: เปิด

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่แสดงสถานะ เปิด - ปิด ของหลอดไฟฟ้า



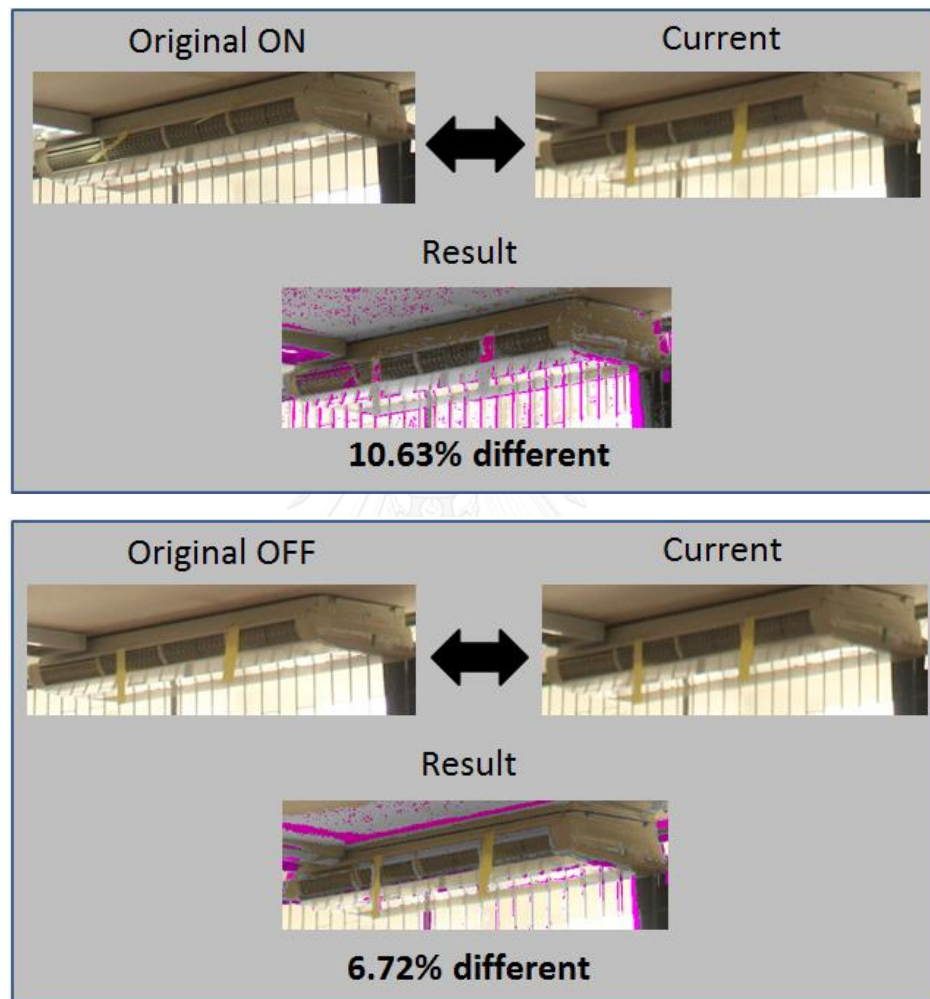
เครื่องปรับอากาศ สถานะ: ปิด

เครื่องปรับอากาศ สถานะ: เปิด

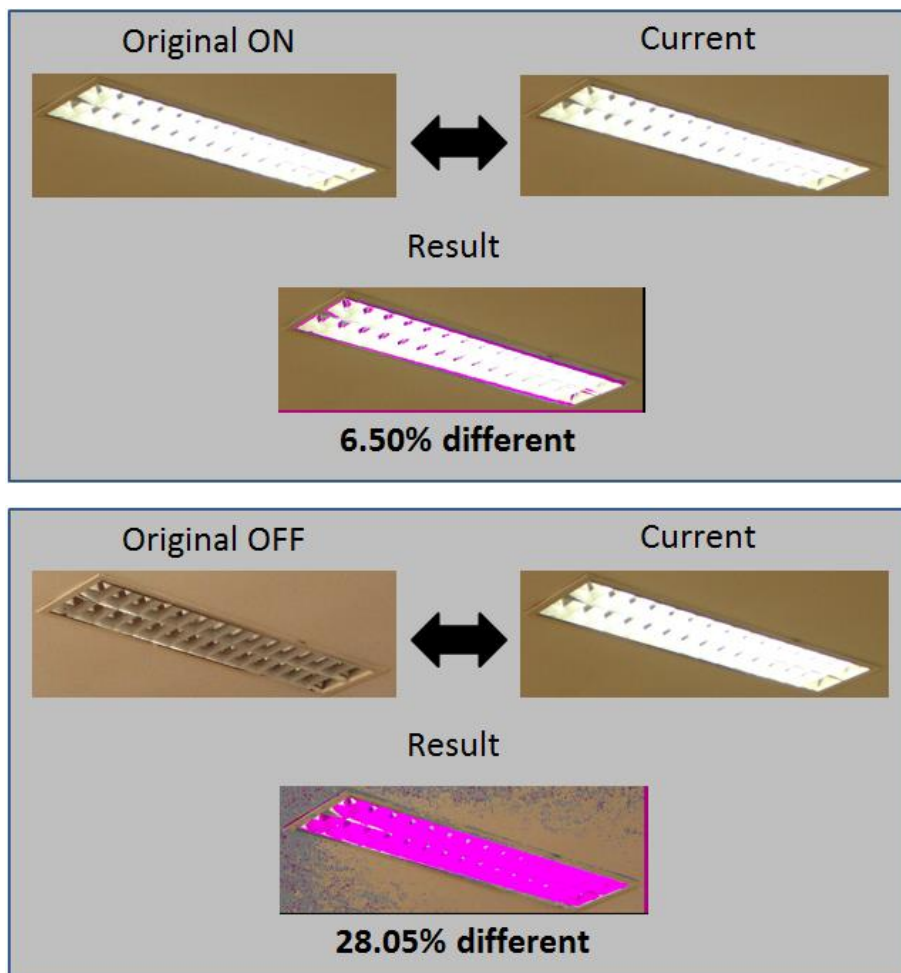
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่แสดงสถานะของเครื่องปรับอากาศ

เมื่อเริ่มใช้งาน อุปกรณ์ WIEAM จะบันทึกภาพห้องเรียนทุก 1 นาที และประมวลผลเพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับในหน่วยความจำตามกระบวนการ Image comparison โดยใช้ Comparison Algorithm แบบ pixel-by-pixel ซึ่งจะทำให้การปรับสเกลของภาพให้เท่ากัน จากนั้นจะทำการแบ่งภาพต้นฉบับ และภาพปัจจุบันที่ต้องการเปรียบเทียบออกเป็น pixel ใช้เทคนิค Ignore Antialiasing และ Movement with different intensity ในการเปรียบเทียบ pixel ของภาพทั้งสอง โดยผลการเปรียบเทียบ pixel ที่มีความแตกต่างกันนั้น จะแสดงเป็นสีชมพู จากนั้นทำการคำนวณจำนวน pixel ที่มีความแตกต่างออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ตามที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.18 และ 3.19 หากรูปที่บันทึกได้ปัจจุบันมีลักษณะรูปที่ตรงกันกับภาพในหน่วยความจำที่แสดงสถานะเปิด อุปกรณ์ WIEAM ก็จะทำการประมวลผลว่าขณะนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้างกล่าวอยู่ในสถานะเปิดหรือปิดใช้งาน โดยดูจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของภาพปัจจุบันกับภาพต้นฉบับที่เก็บเอาไว้ หากภาพปัจจุบันกับภาพ

ต้นฉบับที่เก็บเอาไว้ หากภาพปัจจุบันแตกต่างกับภาพต้นฉบับที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าสถานะเปิดมากกว่าสถานะปิด ก็จะทำการคำนวณสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นปิด หากกลับกัน ก็จะคำนวณสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นเปิด



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างกระบวนการทำงานของ Image comparison สำหรับเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างกระบวนการทำงานของ Image comparison สำหรับหลอดไฟฟ้า

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับพัดลมไฟฟ้า การประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานจะแตกต่างออกไปจากอุปกรณ์ชนิดอื่น กล่าวคือ อุปกรณ์ WIEAM จะทำการตรวจสอบภาพปัจจุบัน กับ ภาพที่อยู่ในหน่วยความจำ ถ้าตรงกันก็จะทำการประมวลผลว่าขณะนั้นพัดลมไฟฟ้าอยู่ในสถานะปิดการใช้งาน หากต่างกันก็จะทำการประมวลผลว่าขณะนั้นพัดลมไฟฟ้าอยู่ในสถานะเปิดการใช้งาน จากนั้นจะทำการบันทึกภาพที่ได้จากปัจจุบันแทนที่ภาพที่อยู่ในหน่วยความจำเพื่อใช้ในการประมวลผลครั้งต่อไป

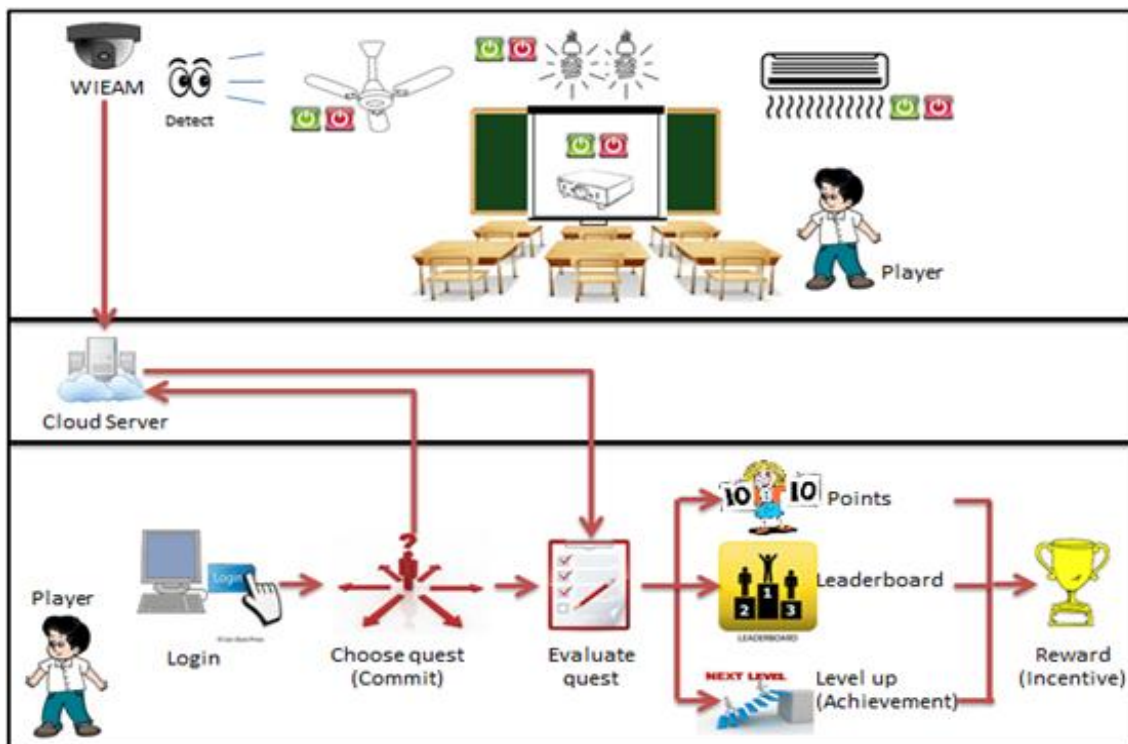


ตำแหน่งของพัดลม จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่เปิดใช้งาน

รูปที่ 3.20 ตำแหน่งของพัดลมไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อเปิดใช้งาน

เมื่ออุปกรณ์ WIEAM ประมวลผลสถานะเปิดหรือปิดการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการส่งข้อมูลผ่าน internet ด้วยโปรโตคอล Http Get/Post ด้วยการเชื่อมต่อกับ Wi-fi Router ซึ่งข้อมูลจาก อุปกรณ์ WIEAM จะถูกส่งขึ้นไปบน Cloud Server เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลกับอุปกรณ์วิจัยอีกชิ้นคือ โปรแกรมเกม Power School โดยใช้บริการ Cloud Server จาก service ของ DigitalOcean.com ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Linux โดยระบบของ Server นั้น ทำงานบน Framework Flask และโปรแกรมเกม Power School จะนำเอาข้อมูลที่ได้จาก อุปกรณ์ WIEAM ไปใช้ในการประมวลผล และ การให้คะแนนต่อไป จากนั้นอุปกรณ์ WIEAM ก็ทำงานต่อไปจนครบจำนวนรอบที่กำหนด

ข. แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School เป็นโปรแกรมที่นำเอากิจกรรมในชีวิตจริงมาสร้างเป็นเกม โดยใส่องค์ประกอบของเกม เช่น การให้คะแนน (Points) ตารางคะแนนผู้นำ (Leader board) และความสำเร็จ (Achievement) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ได้รับความนิยมสูงสุด 3 อันดับแรก (Hamari et al, 2014) ลงไปเพื่อเพิ่มอรรถรส และสุนทรียรสให้กับผู้เล่น เพราะฉะนั้นลักษณะการทำงานของ Power School จึงเป็นไปในเชิงคู่ขนานคือ ผู้ใช้จะเล่นเกมและดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติไปพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.21 โดยมีรายละเอียดการใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.21 ลักษณะการใช้งานโปรแกรมเกม Power School

จากรูปที่ 3.21 สามารถอธิบายการทำงานของแอปพลิเคชัน Power School ได้คือ ผู้เล่นแต่ละคนล็อกอินเข้าไปใน Power School ตามรหัสที่ได้จากผู้ดูแลระบบ (System administrator) ตามที่แสดงในรูปที่ 3.22



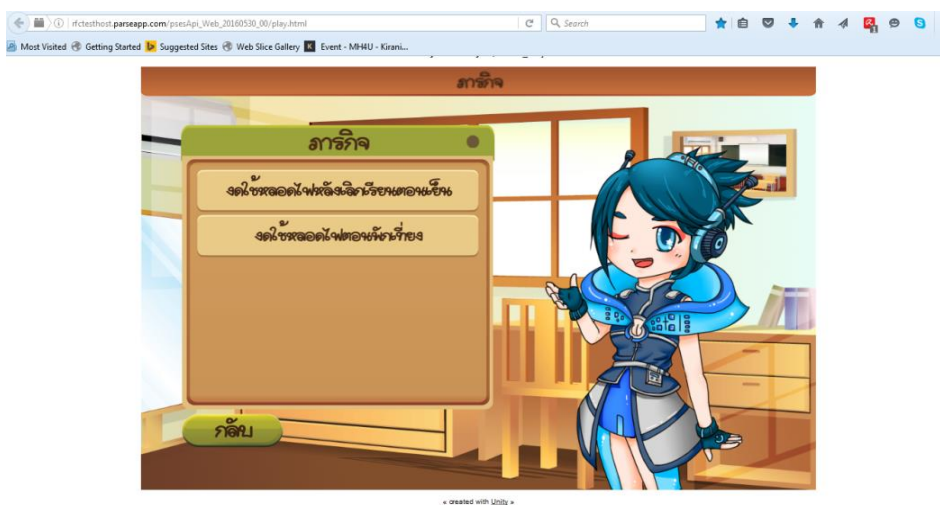
รูปที่ 3.22 หน้าจอล็อกอินของ Power School

สำหรับผู้เล่นที่ทำการล็อกอินเป็นครั้งแรก โปรแกรมจะเข้าไปสู่เมนูให้เลือกตัวละคร ซึ่งผู้เล่นสามารถสร้างตัวละครของตนเองโดยเลือกชื่อตัวละคร เพศ รูปร่าง หน้าตา เสื้อผ้า เพื่อเป็นตัวแทน (Avatar) ที่จะเล่นดังแสดงในรูปที่ 3.23



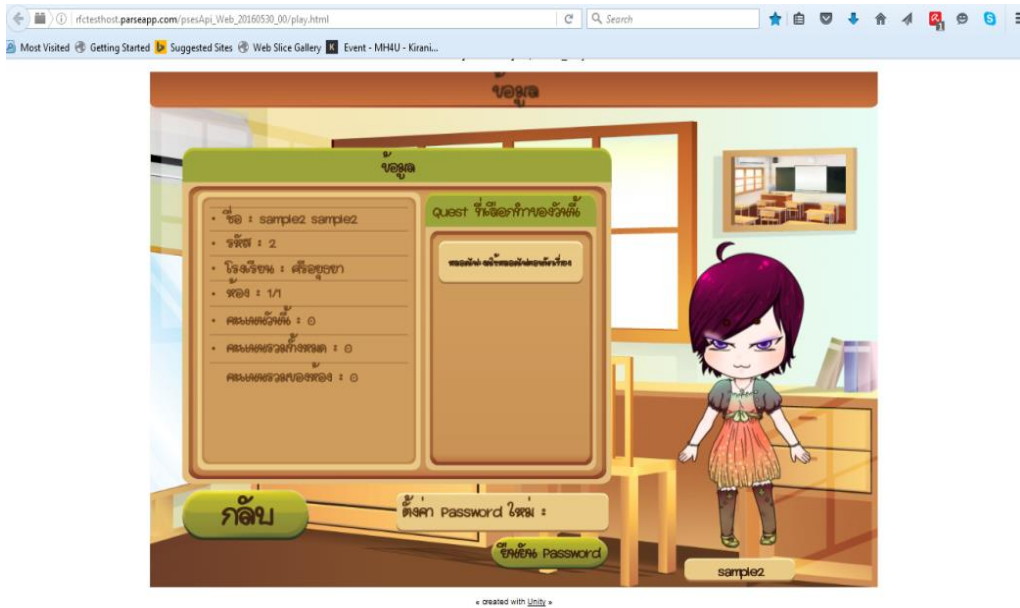
รูปที่ 3.23 หน้าจอการสร้างตัวละครของ Power School

แต่ละวันผู้เล่นสามารถเลือกกิจกรรมประหยัดพลังงาน หรือ เควส (Quest) ที่อยากทำได้ตามสะดวก โดยกิจกรรมนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มตามชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน เช่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟฟ้า เป็นต้นดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 หน้าจอแสดงการเลือกทำกิจกรรม(เควส) ของ Power School

เมื่อเลือกกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว ผู้เล่นก็ดำเนินชีวิตตามปกติในห้องเรียน ระหว่างนั้นอุปกรณ์ WIEAM จะตรวจสอบและบันทึกสถานะทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนของผู้เล่น เมื่อถึงเวลาที่กำหนดโปรแกรมจะปิดรับกิจกรรมของวันนั้น แล้วดึงข้อมูลที่อุปกรณ์ WIEAM ได้บันทึกไว้มาตรวจสอบกับเงื่อนไขของกิจกรรมที่ผู้เล่นได้เลือกไว้ เพื่อดูว่าผู้เล่นสามารถทำกิจกรรมใดสำเร็จบ้าง จากนั้นจึงให้คะแนน (Points) ผู้เล่นในแต่ละกิจกรรมที่สำเร็จ พร้อมทั้งรวมคะแนน (รูปที่ 3.25) และจัดทำตารางผู้นำ (Leader board) ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.25 หน้าจอแสดงคะแนนที่ผู้เล่นได้รับในโปรแกรม Power School



รูปที่ 3.26 หน้าจอแสดงตารางผู้นำใน Power School

ในกรณีที่คะแนนรวมของห้องเรียนถึงระดับที่กำหนดไว้ ผู้เล่นทุกคนในห้องเรียนนั้น จะได้รับความสำเร็จ (Achievement) ด้วยการเลื่อนระดับชั้น (Level up) โดยภาพหน้าจอเมนูของ Power School จะเปลี่ยนจากห้องเรียนที่สกปรกไม่เรียบร้อย เป็นห้องที่สวยงาม สะอาดมากขึ้น โดยที่ระดับชั้นมีอยู่ด้วยกันทั้งสิ้น 3 ระดับดังแสดงในรูปที่ 3.27 รูปภาพหน้าจอแสดงการเลื่อนระดับชั้นในแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School เมื่อครบกำหนดวันเวลาที่ระบุไว้ในโครงการ หรือการรณรงค์ ผู้ดูแลระบบจะประกาศผู้ชนะและมอบรางวัลให้กับผู้ชนะตามที่ได้ตกลงไว้ (Incentive) ดังแสดงในรูปที่ 3.28 สำหรับกิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ใน Power School นั้น ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากแนวทางประหยัดไฟฟ้าสำหรับหน่วยงานราชการ (Guidebook to Reducing Energy Consumption for Government and State Enterprises which provided by Ministry of Energy, Thailand) (EPPO, 2004) และ 108 วิธีประหยัดพลังงาน โครงการรวมพลังหารสอง โดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดคะแนนตามความยากและความท้าทายของกิจกรรม ดังที่แสดงในตารางที่ 3.2



ระดับที่ 1

ระดับที่ 2

ระดับที่ 3

รูปที่ 3.27 หน้าจอแสดงระดับชั้นต่างๆใน Power School



รูปที่ 3.28 หน้าจอแสดงตัวอย่างการเลือกผู้ได้รับรางวัลใน Power School

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าประยุกต์ตามแนวทางของ EPPO

| ชนิดของอุปกรณ์ | กิจกรรมประหยัดพลังงาน |
|-----------------------------|--|
| 1. หลอดไฟฟ้า | <p>ไม่ใช้หลอดไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า</p> <p>ไม่ใช้หลอดไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง</p> <p>ไม่ใช้หลอดไฟฟ้าภายหลังจากเลิกเรียนตอนเย็น</p> |
| 2. เครื่องปรับอากาศ | <p>ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า</p> <p>ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ 10 นาที ก่อนถึงเวลาพักเที่ยง</p> <p>ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศเวลาพักเที่ยง</p> <p>ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ 10 นาที ก่อนถึงเวลาเลิกเรียนตอนเย็น</p> <p>ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศภายหลังจากเลิกเรียนตอนเย็น</p> |
| 3. พัดลมไฟฟ้า | <p>ไม่ใช้พัดลมไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า</p> <p>ไม่ใช้พัดลมไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง</p> <p>ไม่ใช้พัดลมไฟฟ้าภายหลังจากเลิกเรียนตอนเย็น</p> |
| 4. อุปกรณ์ฉายภาพเพื่อการสอน | <p>ไม่ใช้อุปกรณ์ฉายภาพก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า</p> <p>ไม่ใช้อุปกรณ์ฉายภาพเวลาพักเที่ยง</p> <p>ไม่ใช้อุปกรณ์ฉายภาพภายหลังจากเลิกเรียนตอนเย็น</p> |

เมื่อทำการออกแบบขั้นตอนการทำงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยก็จะนำไปสู่ขั้นตอนการเขียนแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเมนูและกราฟฟิกต่างๆของแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ดังที่ปรากฏในตาราง 3.4

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดการออกแบบเมนูและกราฟฟิกของแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School

| ออกแบบเมนูและโครงสร้างการทำงานของ Power School | ออกแบบเมนูและโครงสร้าง สำหรับผู้ดูแล (Administrator) ของ Power School | ออกแบบกราฟฟิกภายใน Power School |
|---|---|---|
| หน้าเมนูล็อกอิน (Login) สำหรับผู้เล่น | หน้าเมนูข้อมูลโรงเรียน | หน้าต่างและปุ่มต่างๆ |
| หน้าเมนูการสร้างตัวละคร | หน้าเมนูข้อมูลห้องเรียน | โลโก้และตัวอักษรที่ใช้แสดงในเกม |
| หน้าเมนูห้องเรียน | หน้าเมนูข้อมูลนักเรียน | ลักษณะต่างๆของตัวละครในเกม เช่น หน้าตา ทรงผม เสื้อผ้า |
| หน้าเมนูข้อมูลตัวละครของผู้เล่น | หน้าเมนูข้อมูลกิจกรรมระดับพลังงาน หรือ Quest | ฉากและสถานที่ภายในเกม |
| หน้าเมนูข้อมูลของกิจกรรมระดับพลังงาน หรือ Quest | หน้าเมนูข้อมูลการเปิดและปิด ช่วงเวลาให้ทำกิจกรรม | อุปกรณ์ต่างๆภายในเกม |
| หน้าเมนูแสดงรายละเอียดของกิจกรรมระดับพลังงาน หรือ Quest | หน้าเมนูสำหรับตรวจให้คะแนนกิจกรรมที่สำเร็จแล้ว | |
| หน้าเมนูเพื่อยืนยันการทำกิจกรรมระดับพลังงาน หรือ Quest | | |

จากนั้นเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของตัวแอปพลิเคชัน โดยเครื่องมือที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคือ Unity3D Game Engine ซึ่งใช้ภาษา C# เป็นภาษาหลักในการพัฒนาโปรแกรม โดยจัดวางกราฟิกภายในตัวเกม และเชื่อมโยงกับสคริปต์ที่ใช้ในการควบคุมคำสั่งในเกมส์ พร้อมทั้งใส่ Sound Effect, Background Music และ Animation เพื่ออรรถรสและความสวยงามต่อไปทำการออกแบบส่วนเซิร์ฟเวอร์ และโครงสร้างฐานข้อมูล เพื่อใช้เก็บข้อมูลของผู้เล่นในระบบออนไลน์ โดย service ที่ใช้จัดการเซิร์ฟเวอร์คือ gamesparks.com ซึ่งใช้ภาษา Javascript ในการสื่อสารกับฐานข้อมูล โดยฐานข้อมูลมีโครงสร้างแบบ MongoDB ซึ่งเป็นฐานข้อมูลประเภท non-relational databases (ไม่มีการสร้าง Table แต่ใช้การเก็บข้อมูลแต่ละ record ในรูปแบบของ Json) สำหรับชุดของข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูล จะแสดงในตารางที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการออกแบบส่วนเซิร์ฟเวอร์ และโครงสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรมเกม

Power School

| ชุดของข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูล | รายละเอียด |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. general Data | ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป |
| 2. openQuest Data | ข้อมูลของระยะเวลาในการเปิดกิจกรรม |
| 3. player Data | ข้อมูลของผู้เล่น |
| 4. quest Data | ข้อมูลของกิจกรรม หรือ เคส |
| 5. quest Log | ข้อมูลแสดงรายละเอียดการเลือกทำกิจกรรม |
| 6. room Data | ข้อมูลห้องเรียน |
| 7. school Data | ข้อมูลโรงเรียน |

ต่อไปทำการโฮสต์ตัวแอปพลิเคชันขึ้นไปบน Cloud Service เพื่อให้สามารถเรียกแอปพลิเคชันขึ้นมาเล่นจาก Web Browser ได้ โดย service ที่ใช้โฮสต์คือ Parse Cloud พร้อมเขียนคำสั่งในการติดต่อและส่งข้อมูล ระหว่างตัวแอปพลิเคชันที่โฮสต์บน Parse Cloud กับเซิร์ฟเวอร์บน gamesparks.com จากนั้นทำการทดลองเล่นเพื่อทดสอบหาข้อผิดพลาดจากระบบและคำสั่งต่างๆ ภายในแอปพลิเคชัน จากนั้นแก้คำสั่งที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการทดลองใช้งาน และทำการเพิ่มคำสั่งหรือเมนูที่จำเป็น จากการทดลองใช้งานเพิ่มเติม เพื่อให้ได้แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ที่เสร็จสมบูรณ์ พร้อมในการใช้งาน และเมื่อออกแบบเสร็จแล้วก็จะทำการสร้างคู่มือวิธีการใช้งานแอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School และ นำไปทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ในนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลต่อไป

6. การออกแบบเครื่องมือวิจัย (Instrument Design)

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสังเกตเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์ (Observation) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบปฐมภูมิ และใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการประเมินทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล สำหรับแบบสังเกตที่ใช้สังเกตการณ์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อน และหลังจากการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น จะมีลักษณะเป็นบัญชีตรวจ (Checklist) เพื่อใช้ในการนับความถี่ของพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานที่เกิดขึ้นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยที่พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าลักษณะต่างๆในรายชื่อ นั้น ผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากแนวทางประหยัดไฟฟ้าสำหรับหน่วยงานราชการ (Guidebook to Reducing Energy Consumption for Government and State Enterprises which provided by Ministry of Energy, Thailand) และ 108 วิธีประหยัดพลังงาน (EPPO, 2004) จากนั้น ผู้วิจัยนำแบบสังเกตที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อในภาคผนวก) ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 2 ปี ตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) และกำหนดเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงยอมรับ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องชัดเจนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บข้อมูล ในส่วนของแบบสอบถามที่ใช้ประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ก่อน และหลังจากการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น มีการแบ่งคำถามออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลทั่วไป 2. ผลประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียน (มีทั้งสิ้น 7 ด้าน คือ การใช้หลอดไฟฟ้า การใช้พัดลมไฟฟ้า การใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอน การใช้เครื่องปรับอากาศ พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป เจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และ ความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า) และ 3. ผลประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนที่ประเมินโดยผู้ปกครอง (ดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบข้อคำถามเพื่อแสดงระดับความคิดเห็น 5 ระดับ เป็นการวัดค่าข้อมูลเป็นแบบลิเคิร์ต (Likert scale) โดยให้กลุ่มตัวอย่าง ระบุระดับของพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 5 โดยได้รับแนวคิดจาก (ประคอง กรวรรณสุด, 2542) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

- | | | |
|---|---------|---|
| 5 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าประหยัดมาก |
| 4 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าประหยัด |
| 3 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าฟุ่มเฟือย |
| 1 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าฟุ่มเฟือยมาก |

และได้นำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีการแปลผลของค่าเฉลี่ยแบ่งเป็น 5 ระดับ ไว้ดังนี้

| | | |
|-----------|---------|-------------------------------|
| 1.00-1.49 | หมายถึง | ฟุ่มเฟือยมาก (ประหยัดน้อยมาก) |
| 1.50-2.49 | หมายถึง | ฟุ่มเฟือย (ประหยัดน้อย) |
| 2.50-3.49 | หมายถึง | ปานกลาง |
| 3.50-4.49 | หมายถึง | ประหยัด |
| 4.50-5.00 | หมายถึง | ประหยัดมาก |

จากนั้น ผู้วิจัยนำแบบประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อในภาคผนวก) ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 2 ปี ตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) และกำหนดเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงยอมรับ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องชัดเจนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บข้อมูล

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

เพื่อให้ผลวิจัยที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 รูปแบบ คือ การสังเกตการณ์ (Observation) และ การใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อให้สามารถนำมาใช้สอบย้อนความถูกต้องได้ ซึ่งมีรายละเอียด คือ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยการสังเกตการณ์ (Observation) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการสังเกตอยู่ภายนอกผ่านการบันทึกภาพโดยกล้องวงจรปิด โดยจะทำการแบ่งการสังเกตออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก สังเกตพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่างก่อนการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยจะใช้เวลาเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งถือเป็น 1 รอบระยะเวลาของตารางเรียน หมายถึง นักเรียนจะมีตารางเรียนและรูปแบบการใช้ห้องเรียนเหมือนกันในทุกๆ สัปดาห์ และช่วงหลัง สังเกตพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลแล้ว โดยจะใช้เวลาเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งถือเป็น 2 รอบระยะเวลาของตารางเรียน จากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ในขณะเดียวกัน

ผู้วิจัยก็ยังทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่าง และประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากผู้ปกครอง โดยทำการเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก สอบถามก่อนการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล และช่วงหลัง สอบถามเมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลแล้ว

8. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

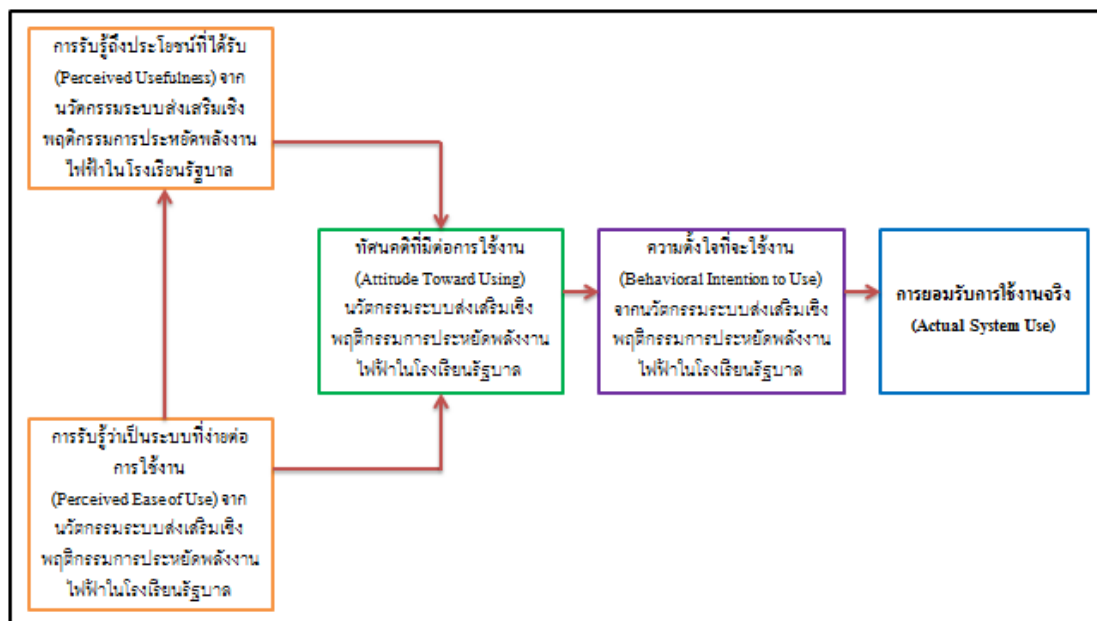
สำหรับการวิเคราะห์ผลการสังเกต ผู้วิจัยใช้วิธีการเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยมีการแจกแจงความถี่ของเนื้อหาหรือประเด็นที่เกิดขึ้นแล้วนับ และใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 ทำการจำแนกหน่วยวิเคราะห์เป็นพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน แล้วทำการนับความถี่คือจำนวนครั้งที่สามารถนับได้จากการสังเกตการณ์ จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง ในส่วนของการวิเคราะห์ผลแบบสอบถาม ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูล โดยการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน หากผิดพลาดก็จะทำการติดต่อผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อขอปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในแบบสอบถาม จากนั้นทำการแยกประเภทของข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ สำหรับสถิติที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแบบสอบถามนั้น ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอนุมานแบบ Paired t-test เนื่องจากเป็นกรณีของประชากรกลุ่มเดียว แต่เก็บข้อมูล 2 ชุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (สิน พันธุ์พินิจ,

2554) จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ว่าผลประเมนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเอง และผลประเมนของผู้ปกครองที่มีต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จะเปลี่ยนแปลงไปในเชิงบวกหรือไม่เมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลแล้ว ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.5 โดยผู้วิจัยจะทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของตาราง

ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

1. วิธีวิจัย (Research Method)

เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้ในการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล (Face-to-face interview) ร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้ในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อศึกษาด้านการยอมรับของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปสู่เชิงพาณิชย์ต่อไป โดยแนวทางวิจัยของขั้นตอนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แนวทางวิจัยที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

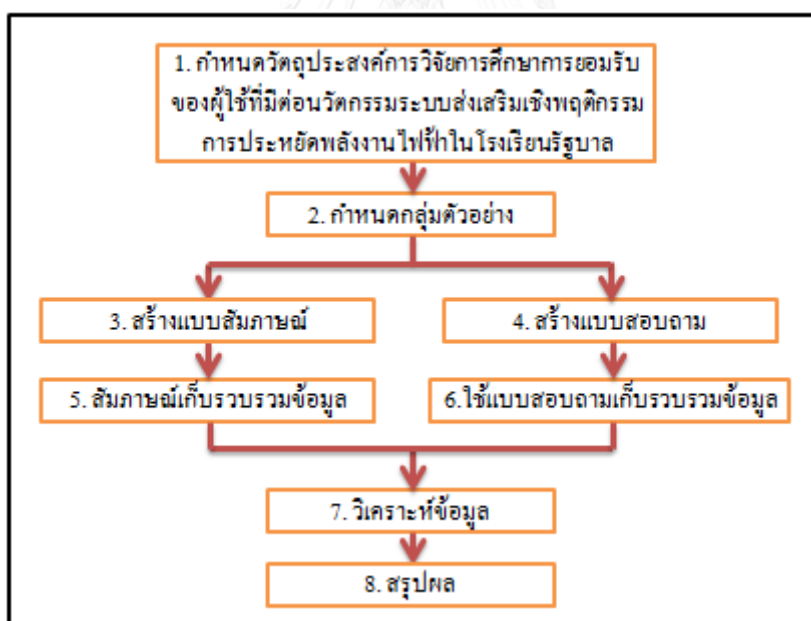
2. การออกแบบกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Design)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ คือ นักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างที่เข้าร่วมทำการทดลองในขั้นตอนที่ 2 ทั้งหมด 126 คน ซึ่งเป็นผู้ใช้โดยตรงของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล สำหรับประชากรที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ คือ ผู้บริหารของโรงเรียนศรีอยุธยาที่อนุญาตให้มีการทดลองใช้นวัตกรรมระบบฯ กับห้องเรียนตัวอย่าง และอาจารย์ผู้ดูแลระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร่วมกับ ผู้ทรงคุณวุฒิจากผู้บริหารโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาอื่นของรัฐบาล ในเขตกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เขตการศึกษา 1 และ 2 ที่อยู่ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิจากผู้บริหารหน่วยงานของภาครัฐ ที่ให้การสนับสนุนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์

พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน คือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งเป็นผู้ใช้โดยอ้อม กล่าวคือ เป็นหน่วยงานที่มีอำนาจตัดสินใจในการอนุมัติชั้นวัตรกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลได้ ซึ่งคัดเลือกจากกลุ่มตัวอย่างที่มีความพร้อมและยินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม และการให้สัมภาษณ์ โดยมีจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสิ้น 5 ท่านในการให้ความคิดเห็น ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิจากการไฟฟ้านครหลวง 1 ท่าน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต 1 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านการบริหารโรงเรียนอื่น อีก 3 ท่าน

3. ขั้นตอนการทำวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขั้นตอนการทำวิจัยออกเป็นส่วนๆ ตามที่ปรากฏในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ขั้นตอนการวิจัยหัวข้อ “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล”

4. การออกแบบเครื่องมือ (Instrument Design)

ผู้วิจัยออกแบบเครื่องมือโดยใช้แบบสัมภาษณ์ (Interview Guideline) เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ และนำดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 3 คน (ดูรายชื่อในภาคผนวก) ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 2 ปี ตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) และกำหนดเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงยอมรับ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) จากนั้นผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะที่ได้ มาปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน แล้วจึงนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหาร และอาจารย์ สำหรับแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่ใช้ในการประเมินทัศนคติของผู้ใช้ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีต่อการยอมรับใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น มีการแบ่งคำถามออกเป็น 5 ส่วน คือ 1. ข้อมูลทั่วไป 2. การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) 3. การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) 4. ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) และ 5. ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) (ดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบข้อคำถามเพื่อแสดงระดับความคิดเห็น 5 ระดับ เป็นการวัดค่าข้อมูลเป็นแบบลิเคิร์ต (Likert scale) โดยให้กลุ่มตัวอย่าง ระบุระดับของพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 5 โดยได้รับแนวคิดจาก (ประคองกรรณสูต, 2542) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

| | | |
|---|---------|----------------------------------|
| 5 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่าเป็นด้วยอย่างมาก |
| 4 | หมายถึง | มีความคิดเห็นว่าเป็นด้วย |
| 3 | หมายถึง | มีความคิดเห็นอยู่ตรงกลาง |

| | | |
|---|---------|-------------------------------------|
| 2 | หมายถึง | มีความคิดเห็นที่ไม่เห็นด้วย |
| 1 | หมายถึง | มีความคิดเห็นที่ไม่เห็นด้วยอย่างมาก |

และได้นำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีการแปลผลของค่าเฉลี่ยแบ่งเป็น 5 ระดับ ไว้ดังนี้

| | | |
|-----------|---------|-------------------|
| 1.00-1.49 | หมายถึง | ไม่ยอมรับอย่างมาก |
| 1.50-2.49 | หมายถึง | ไม่ยอมรับ |
| 2.50-3.49 | หมายถึง | ปานกลาง |
| 3.50-4.49 | หมายถึง | ยอมรับ |
| 4.50-5.00 | หมายถึง | ยอมรับอย่างมาก |

จากนั้น ผู้วิจัยนำแบบประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อในภาคผนวก) ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 2 ปี ตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) (Rovinelli & Hambleton, 1977) และกำหนดเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงยอมรับ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องชัดเจนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำไปใช้ในการเก็บข้อมูล

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งสอบถามทัศนคติของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการยอมรับใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลด้วยการแจกแบบสอบถามผ่านทางอีเมลล์สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่

เป็นนักเรียน เพื่อใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบรายบุคคล (Face-to-face interview) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) โดยคำถามที่ใช้ถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended question) เช่นเดียวกับการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งในการสัมภาษณ์นั้นจะใช้คำถามคำถามแต่ละข้อเป็นส่วนบุคคล และทำการขออนุญาตบันทึกเสียงการสัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการจัดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ เพื่อใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ

6. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

สำหรับการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยมีการแจกแจงความถี่ของเนื้อหา หรือประเด็นที่เกิดขึ้นแล้วนับ และใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 ทำการจำแนกหน่วยวิเคราะห์เป็นปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการยอมรับใช้งานของผู้ใช้ซึ่งอ้างอิงมาจาก TAM โมเดล (Davis, 1989) พร้อมทั้งสอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติมในเชิงเทคนิค เชิงนวัตกรรม และเชิงเศรษฐศาสตร์ และแล้วทำการนับความถี่คือจำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วยกับปัจจัยที่ปรากฏในแต่ละคำถามที่สามารถนับได้จากการสัมภาษณ์ จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง ในส่วนของการวิเคราะห์ผลแบบสอบถาม ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูล โดยการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน หากผิดพลาดก็จะทำการติดต่อผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อขอปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในแบบสอบถาม จากนั้นทำการแยกประเภทของข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ สำหรับสถิติที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การยอมรับใช้งานของผู้ใช้ที่ได้จากแบบสอบถามนั้น ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

สถิติพรรณนาแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง

ระเบียบงานวิจัยขั้นตอนที่ 4 “การศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์”

ผู้วิจัยได้ทำการความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility Study) โมเดลธุรกิจ และการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) สำหรับน่านวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปสู่เชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นปัจจัยประกอบการตัดสินใจลงทุนโครงการ เช่น เรื่องของต้นทุนและผลกำไร หรือผลตอบแทนที่จะได้รับ เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ (Feasibility) หมายถึง การพิจารณาและประเมินผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการเปรียบเทียบกับต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยมีปัจจัยที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณา 4 ประการ ซึ่งประยุกต์มาจากแนวความคิดของ Thomson (2005) ดังนี้

- 1) ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค (Technical Feasibility)
- 2) ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Marketing Feasibility)
- 3) ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน (Economic and Financial Feasibility or Cost Benefit Feasibility)
- 4) ความเป็นไปได้ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Feasibility)

ในบทที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายถึงระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยที่จะได้นำมาใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ โดยที่ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ เริ่มจากขั้นตอนการศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นก็นำผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 มาทำการศึกษาต่อในขั้นที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเพื่อให้สามารถออกแบบนวัตกรรมระบบฯ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้ และทำยที่สุดก็จะนำเอานวัตกรรมระบบฯ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปศึกษาต่อในขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบฯ ทั้งนี้ขั้นตอนการทำวิจัยทั้ง 3 ข้อเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยที่เคยได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 จากนั้น ผู้วิจัยจะได้นำเอาระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยไปดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4 การดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงการนำระเบียบวิธีวิจัย 3 ขั้นตอน ของบทที่ 3 ไปปฏิบัติเพื่อเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน

วิทยานิพนธ์นี้ได้จัดทำแบบฟอร์มที่แสดงอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน โดยทำการจัดหมวดหมู่ จำนวน 5 ประเภท ซึ่งเป็นการสรุปมาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับอุปสรรคในหลากหลายบริบทตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1990 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การจัดหมวดหมู่ (Classification) ของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน

| Category หมวดของอุปสรรค | Typical Barriers ชนิดของอุปสรรค | References อ้างอิง |
|---|--|--|
| Economic: Financial อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านการเงิน การคลัง (2006), Sadianou, (2008), Schleich and Gruber, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Hidden cost (ค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่) | Ostertag, (1999), Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sardanou (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Access to capital (การเข้าถึงแหล่งเงินทุน) | and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sardanou (2008), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Risk (ความเสี่ยง) | Hirst and Brown, (1990), Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Time and Priority (เวลา และ ลำดับความสำคัญ) | Sorrell, (2000), Brown (2001), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sardanou (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Imperfect information (การได้รับข้อมูลที่ incompleteness) | Sorrell, (2000), Brown (2001), de Groot et al. (2001), Rohdin and Thollander (2006), Sardanou (2008), Wang et al. (2008), Schleich and Gruber, (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| Economic: market failure อุปสรรคที่เกิดจากข้อจำกัด หรือ เงื่อนไขทางการตลาด Weber, (1997), Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra, (2006), Sardanou, (2008), Schleich and Gruber, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Split incentives (แรงจูงใจที่แยกแอก) | Hirst and Brown, (1990), Jaffe and Stavins, (1994), Sorrell, (2000), Kershaw and Simm (2014) |
| | Principal-agent relationships/ Misplaced incentive (การสร้างแรงจูงใจที่ไม่เหมาะสม) | Hirst and Brown, (1990), Jaffe and Stavins, (1994), Sorrell, (2000), Brown (2001), Rohdin and Thollander (2006) |
| | Lack of technology and technical skills (ขาดเทคโนโลยี และทักษะ) | Sorrell, (2000), Brown (2001), de Groot et al. (2001), Rohdin and Thollander (2006), Sardanou (2008), Wang et al. (2008), Trianni and Cagno (2011) |
| | Lack of trained manpower (ขาดบุคลากรที่มีความสามารถ) | Riera (1996), Sorrell, (2000), Brown (2001), Sardanou (2008), Wang et al. (2008), Schleich and Gruber, (2008) |
| | Complexity of design and structure (ความซับซ้อนของโครงสร้างและการออกแบบ) | Sorrell, (2000), Brown (2001), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| Institutional อุปสรรคที่เกิดจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเมืองการปกครอง Weber, (1997), Nagetha and Belachandra, (2006), OECD, (2011) | Distortionary fiscal and regulatory policies (นโยบายและกฎระเบียบทางการคลังที่ไม่เหมาะสม) | Brown (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Sardanou (2008) |
| | Incentive structure (โครงสร้างผลตอบแทน) | de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Wang et al. (2008) |
| | Public coordination program (โปรแกรมความร่วมมือระหว่างองค์กรสาธารณะ) | Nagetha and Belachandra (2004), Kershaw and Simm (2014), Wang et al. (2008) |
| Organizational อุปสรรคที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงาน หรือ องค์กร Weber, (1997), Sorrell, (2000), Sardanou, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Poor purchasing process/procedure (กระบวนการซื้อที่ไม่เหมาะสม) | Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Kershaw and Simm (2014) |
| | Lack of energy saving awareness (ขาดความตระหนักในการประหยัดพลังงาน) | Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014), Trianni and Cagno (2011) |
| | Lack of management support (ขาดการสนับสนุนจากผู้บริหาร) | Sorrell, (2000), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Muthulingam et al. (2011), Kershaw and Simm (2014) |
| | Inertia/ change resistant (การต่อต้านการเปลี่ยนแปลง) | Nagetha and Belachandra (2004), Sardanou (2008), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| Behavioral and personal อุปสรรคที่เกิดจากภายในตัวบุคคล Weber, (1997), Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra, (2006), Sardanou, (2008), Schleich and Gruber, (2008) | Values (การให้คุณค่า) | Storn, (1992), Creighton (1999), Nagetha and Belachandra (2004), Wang et al. (2008) |

แล้วจึงนำไปสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียน 10 ท่านที่คัดเลือกตามเกณฑ์ในตารางที่ 3.1 เป็นรายบุคคล โดยให้ผู้บริหารโรงเรียนพิจารณาแต่ละหัวข้อแล้วตอบว่าเห็นด้วยหรือไม่กับอุปสรรคดังกล่าวพร้อมแสดงความเห็นประกอบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีจำแนกประเภทข้อมูล ตามความสอดคล้องเชิงเนื้อหา เทียบกับ หลักการ แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สรุปได้เป็นตารางที่ 4.2 โดยเรียงลำดับหัวข้อตามจำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วยดังนี้

ตารางที่ 4.2 ลำดับความสำคัญของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนตามความเห็นของผู้บริหารโรงเรียน

| ชนิดของอุปสรรค | จำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วย | อันดับ |
|---|---------------------------|--------|
| นโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล Distortionary fiscal and regulatory policies | 9 | 1 |
| การให้คุณค่า Values | 9 | 1 |
| เวลาและลำดับความสำคัญ Time and Priority | 8 | 2 |
| การได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด Principal-agent relationships/ Misplaced incentive | 6 | 3 |
| การได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ Imperfect information | 5 | 4 |
| ความซับซ้อนของการออกแบบและโครงสร้าง Complexity of design and structure | 5 | 4 |
| การเข้าถึงแหล่งเงินทุน Access to capital | 4 | 5 |
| การขาดกำลังคนผ่านการฝึกอบรม Lack of trained manpower | 4 | 5 |
| กระบวนการ/ ขั้นตอนจัดซื้อที่ไม่ดีพอ Poor purchasing process/procedure | 4 | 5 |

รายละเอียดเหตุผลที่ผู้บริหารเลือกอุปสรรคแต่ละหัวข้อมีดังนี้

- 1) ผู้บริหารโรงเรียนเห็นว่านโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล (Distortionary fiscal and regulatory policies) เป็นอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมาตรการควบคุมและประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากรัฐบาล เป็นลักษณะการขอความร่วมมือ ไม่ได้มีเป้าหมาย หรือ มาตรการที่ชัดเจนเพียงพอที่ทางโรงเรียนจะนำไปปฏิบัติได้จริง หากมีก็ไม่ได้มีการ

ประกาศหรือประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง ซึ่งจากสัมภาษณ์ มีผู้บริหารเพียง 1 ท่านเท่านั้น ที่ทราบเกี่ยวกับมาตรการดังกล่าว นอกจากนี้ ผู้บริหารบางท่านยังกล่าวถึงปัญหาความล่าช้าในการทำงานของระบบราชการ ซึ่งมีสายการบังคับบัญชาที่ยาว อาจทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าและการประสานงาน

- 2) อุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนที่สำคัญที่สุดอีกอย่างหนึ่งคือการเห็นคุณค่าหรือ ความสำคัญของพลังงาน (Values) โดยผู้บริหารโรงเรียนให้ความเห็นว่าคนรุ่นใหม่ โดยเฉพาะนักเรียน ได้รับการปลูกฝังการใช้ชีวิตแบบสะดวกสบายมาตั้งแต่ที่บ้าน เช่น การอยู่ในห้องปรับอากาศ การใช้พัดลมไฟฟ้า หรือการเปิดหลอดไฟ ซึ่งหลายครั้งเกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง เช่น เปิดหลอดไฟทิ้งไว้แล้วออกจากห้อง หรือการเปิดพัดลมหลายตัวทั้งที่อยู่เพียงคนเดียวในห้อง เป็นต้น จึงทำให้เคยชินและนำมาปฏิบัติเช่นเดียวกันที่โรงเรียน อีกทั้งครู อาจารย์ หรือ เจ้าหน้าที่ที่มีจำนวนจำกัด ไม่สามารถดูแลนักเรียนได้ตลอดเวลา หากนักเรียนซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนขาดการเห็นคุณค่าของพลังงาน ย่อมทำให้การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนนั้นทำได้ยากลำบาก นอกจากนี้ผู้บริหารบางท่านกล่าวว่าหากพาดพิงถึงค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเมื่อต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียน ทั้งนักเรียน และผู้ปกครองก็มักจะประกาศว่ายินยอมที่จะจ่ายค่าไฟฟ้าเองเพราะต้องการให้นักเรียนเรียนหนังสืออย่างสะดวกสบายเพื่อทำคะแนนได้ดี การประหยัดพลังงานจึงไม่ตอบสนองของความต้องการดังกล่าว
- 3) เวลาและลำดับความสำคัญ (Time and Priority) เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนที่สำคัญเช่นกัน โดยผู้บริหารโรงเรียนให้ความเห็นว่าจุดประสงค์หลักของโรงเรียน คือ การถ่ายทอดวิชาความรู้ และให้การศึกษาแก่นักเรียน

เพราะฉะนั้น งบประมาณและทรัพยากรของโรงเรียนจึงต้องถูกใช้ไปกับโครงการที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการศึกษาของนักเรียน เช่นการปรับปรุงห้องเรียน ซ่อมอุปกรณ์การสอนที่ชำรุด การฝึกอบรมครูอาจารย์ รวมถึงการจ้างครูสอนภาษาชาวต่างประเทศ โครงการประหยัดพลังงานจึงถูกให้ความสำคัญน้อยลง และบางครั้งถึงกับถูกละเลย ตัวอย่างเช่นหลอด LED ซึ่งประหยัดไฟฟ้าได้สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่โรงเรียนไม่สามารถจัดงบประมาณมาเปลี่ยนหลอดเป็นชนิด LED ได้ นอกจากนี้ เวลาในคาบเรียนเกือบทั้งหมด ก็ถูกใช้ไปกับกิจกรรมทางวิชาการ มากกว่ากิจกรรมรณรงค์ประหยัดพลังงาน เพราะไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักของโรงเรียน

4) การได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (Principal-agent relationships/ Misplaced incentive) เป็นอุปสรรคสำคัญในลำดับที่ 3 โดยผู้บริหารให้ความเห็นว่า การที่นักเรียนและบุคลากรในโรงเรียนไม่ได้มีส่วนรับผิดชอบในการจ่ายค่าไฟฟ้า จึงทำให้ไม่ค่อยสนใจที่จะระมัดระวังเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตน เพราะถือว่าโรงเรียนเป็นผู้รับผิดชอบ โดยได้รับงบประมาณจากรัฐบาล โรงเรียนจึงประสบกับความยากลำบากในการรณรงค์ประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ การที่โรงเรียนไม่ได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะสามารถลดการใช้พลังงานในโรงเรียนได้หรือไม่ ย่อมส่งผลกระทบต่อความตั้งใจของผู้บริหารเกี่ยวกับการลงทุนในโครงการรณรงค์เพื่อการประหยัดพลังงาน.

5) ผู้บริหารโรงเรียนให้ความเห็นว่า การได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete information) เป็นอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้ แม้ผู้บริหารบางท่านสามารถเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในโรงเรียนได้อย่างละเอียด ทั้งการแบ่งตามช่วงเวลา แบ่งตามอาคารเรียน หรือตามห้องเรียน แต่ผู้บริหารอีกหลายท่านสามารถรู้ข้อมูลการใช้

ไฟฟ้าได้แค่ยอดรวมค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเท่านั้นโดยไม่ทราบเลยว่าการใช้ไฟฟ้าที่มากเกินไปความจำเป็นมาจากอาคารเรียนใด หรือห้องเรียนใด และด้วยสาเหตุใด ในกรณีนี้ย่อมเป็นการยากที่โรงเรียนจะวางมาตรการประหยัดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ยิ่งกว่านั้นการลงทุนในโครงการประหยัดไฟฟ้าต่างๆจะต้องทำรายงานเปรียบเทียบ ผลดี ผลเสีย หรือประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อเทียบกับการลงทุนซึ่งไม่สามารถทำได้หากไม่มีข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ละเอียดเพียงพอ

- 6) จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียนพบว่า ความซับซ้อนของการออกแบบและโครงสร้าง (Complexity of design and structure) ของโรงเรียน เป็นอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้ กล่าวคือ ผู้บริหารโรงเรียน 5 ท่าน ให้ความเห็นว่า อุปสรรคนี้เกิดจากผังและความต้องการของโรงเรียนเอง เนื่องจากโรงเรียนบางแห่งก่อตั้งมานานกว่า 50 ปีมีอาคารเรียนที่ถูกสร้างในสมัยที่ไม่มีการตระหนักถึงเรื่องการประหยัดพลังงานเหมือนในปัจจุบัน เพราะฉะนั้นโครงสร้างของห้องเรียน แผงวงจรไฟฟ้า และโครงสร้างอื่นๆ จึงไม่ได้คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน แต่คำนึงถึงความสะดวกในงานติดตั้งและการใช้งานเป็นหลัก ตัวอย่างเช่นการติดตั้งสวิตช์ตัวเดียวสำหรับเปิด - ปิดหลอดไฟทั้งห้องนั้นหมายถึง หากมีนักเรียนไม่กี่คนในห้องที่ต้องการนั่งทำงานก่อนกลับบ้าน หลอดไฟทั้งห้องจะถูกเปิดทั้งหมด แทนที่จะเลือกเปิดแค่บางดวงที่จำเป็นหากมีสวิตช์เปิด - ปิดหลอดไฟเป็นชุดย่อยๆ แยกจากกัน นอกจากนี้ความต้องการใช้พลังงานที่มากขึ้นของห้องเรียนในปัจจุบันซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนมากกว่าในอดีต เช่น ไมโครโฟน โปรเจคเตอร์ คอมพิวเตอร์ และเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเครื่องปรับอากาศนั้นเป็น

ที่ต้องการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากอุณหภูมิของกรุงเทพมหานครที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้โรงเรียนประสบกับความยากลำบากในการรณรงค์ประหยัดพลังงาน

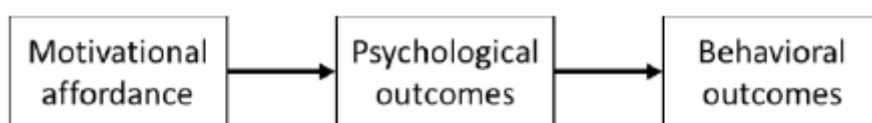
- 7) การเข้าถึงแหล่งเงินทุน (Access to capital) เป็นอุปสรรคสำหรับบางโรงเรียนได้ เนื่องจากโรงเรียนต้องใช้งบประมาณส่วนใหญ่จากรัฐบาลไปกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของนักเรียน ส่วนโครงการรณรงค์ประหยัดพลังงานเป็นกิจกรรมเสริม จึงมักจะได้รับการปันส่วนงบประมาณเพียงเล็กน้อย หรือแทบไม่ได้เลยหากงบประมาณไม่เพียงพอ หากโรงเรียนต้องการที่จะใช้จ่ายในโครงการรณรงค์ประหยัดพลังงาน ก็ต้องหารายได้จากทางอื่นนอกเหนือจากงบประมาณจากรัฐบาล ในกรณีโรงเรียนขนาดใหญ่ และมีชื่อเสียง มักจะไม่มีปัญหาในการหารายได้ เนื่องจากมีโอกาสได้รับบริจาคจากผู้ปกครองจำนวนมาก อีกทั้งยังหารายได้จากการเปิดห้องเรียนพิเศษ เช่น โครงการนานาชาติ เป็นต้น แต่ในกรณีโรงเรียนขนาดเล็ก หรือ ไม่ค่อยมีชื่อเสียงจะไม่สามารถที่จะกระทำได้
- 8) การขาดกำลังคนที่ผ่านการฝึกอบรม (Lack of trained manpower) เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้ด้วย เพราะบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นหาได้ยากในปัจจุบัน หลายโรงเรียนมอบหมายให้ภารโรงเป็นผู้ดูแลซ่อมแซมอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจรไฟฟ้า ระบบท่อน้ำประปา งานทำความสะอาด และงานทำสวน ซึ่งภารโรงส่วนใหญ่มีความสามารถในระดับเบื้องต้นเท่านั้น ในขณะที่ครู อาจารย์ ที่พอจะมีความรู้ในระดับสูง ก็มีภาระด้านการเรียนการสอนที่ล้นมือ จนไม่สามารถที่จะมารับทำหน้าที่ในการรณรงค์ประหยัดพลังงานได้อย่างเต็มที่ ซึ่งหากโรงเรียนปราศจากบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถมาเป็นหัวเรี่ยวหัวแรง

ในการรณรงค์ประหยัดพลังงานก็จะทำให้ขาดประสิทธิภาพ และไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

- 9) ผู้บริหารโรงเรียนบางท่านกล่าวว่า กระบวนการ/ ขั้นตอนจัดซื้อที่ไม่ดีพอ (Poor purchasing procedure) ของหน่วยงานราชการ เป็นรูปแบบที่ไม่เอื้อต่อการรณรงค์ประหยัดพลังงาน เช่น การจัดซื้ออุปกรณ์ทดแทนจะต้องรอให้อุปกรณ์เดิมชำรุดเสียหายก่อน จึงทำให้โครงการจัดหาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟนั้นไม่สามารถทำได้ หรือทำได้ช้า นอกจากนี้ ราคาก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลสำคัญในระเบียบการจัดซื้อของราชการ เพราะต้องดูที่ราคาเป็นหลัก ไม่ใช่ประสิทธิภาพ หรือประโยชน์ใช้สอยที่มากเกินไปที่กำหนด ทำให้โรงเรียนขาดโอกาสในการที่จะทดลองใช้อุปกรณ์ใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง ยกตัวอย่างเช่น หลอดไฟ LED ซึ่งหากว่าโรงเรียนต้องการซื้อมาใช้งาน เจ้าหน้าที่จัดซื้อของโรงเรียนจะต้องทำเอกสารมากมายที่เปรียบเทียบผลดี ผลเสีย หรือประโยชน์ที่ได้รับเมื่อเทียบกับราคาที่สูงขึ้น การทำเอกสารลักษณะนี้ต้องใช้เวลา นาน และยุ่งยาก เจ้าหน้าที่จัดซื้อของโรงเรียนมักเลือกซื้ออุปกรณ์มาตรฐานที่ราคาต่ำที่สุด เพื่อเลี่ยงภาระงานที่ไม่จำเป็น และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง จึงทำให้บางโรงเรียนประสบปัญหาในการรณรงค์ประหยัดพลังงาน

ข้อมูลแบบสอบถามและการสัมภาษณ์นี้แสดงว่าอุปสรรคที่สำคัญที่สุดเป็นอุปสรรคด้านพฤติกรรม เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงเน้นการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปในทิศทางที่สอดคล้องกับการเสริมสร้างพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ในโรงเรียน โดยจะมุ่งเน้นไปที่ผู้ใช้กลุ่มใหญ่ที่สุดคือ กลุ่มนักเรียน ซึ่งเป็นเด็กและเยาวชน ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาแบบจำลองเกมิฟิเคชัน (gamification แสดงในรูปที่ 4.1)

ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ที่นำเสนอโดย Hamari et al. (2014) เพื่อเป็นแนวคิดพื้นฐานในการต่อยอดองค์ความรู้ที่เกิดจากพัฒนาการนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สามารถส่งผลกระทบในเชิงบวกต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวในขั้นตอนวิจัยที่ 2 ต่อไป



รูปที่ 4.1 แบบจำลองเกมิพีเคชั่นที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ (Hamari et al., 2014)

การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

ผู้วิจัยได้นำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ตามวิธีที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 มาปรับทดลองใช้จริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ โดยนวัตกรรมดังกล่าวมีลักษณะสำคัญและวัตถุประสงค์ดังนี้

- 1) ส่งเสริมให้ผู้ใช้มีจิตสำนึก รู้คุณค่าของการอนุรักษ์พลังงาน ยอมสละความสะดวกสบายส่วนตัว เพื่อนำไปสู่พฤติกรรมการประหยัดพลังงานของผู้ใช้
- 2) ไม่เป็ยัดเป็ยนกิจกรรมการเรียน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของโรงเรียน และต้องไม่รบกวนทรัพยากรของโรงเรียนมากเกินไป
- 3) ต้องมีระบบการทำงานที่เชื่อมต่อกรให้รางวัล หรือ ผลตอบแทนได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นธรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยในอดีต ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางและเทคนิคที่เป็นไปได้ที่จะนำมาใช้แก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานในโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบันตามขั้นตอนที่ 2 Concept Generation ตามกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Crawford and Di Benedetto พบว่าแนวคิดในการปรับปรุงพฤติกรรมของผู้ใช้มีทั้งสิ้น 4 แนวได้แก่ 1) การให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) 2) การตกลงผูกมัด (Commitment) 3) การให้สิ่งตอบแทน (Incentive) และ 4) เกมมิฟิเคชัน (Gamification) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาจากขั้นตอนที่ 4.1 ผู้วิจัยได้ทำการประเมินและคัดเลือกเลือกแนวทางสอดคล้องกับปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานในโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบันตามขั้นตอนที่ 3 Concept Evaluation ของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเห็นว่า การให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) เพื่อเน้นการสร้าง ความตระหนักให้กับผู้ใช้โดยการส่งข้อมูลปริมาณการใช้ หรือค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ไม่เหมาะสมต่อการพัฒนานวัตกรรมระบบฯ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้มีส่วนรับผิดชอบสำหรับค่าไฟฟ้านั้น ประกอบกับการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบผลสะท้อนกลับ เช่น มิเตอร์อัจฉริยะนั้นติดขัดปัญหา ด้านเทคนิคที่เกิดจากความเก่าแก่ของอาคารเรียนที่ไม่มีการวางผังวงจรไฟฟ้าที่ดี และข้อจำกัด ด้านกฎระเบียบการใช้อาคารสถานที่ของราชการ จึงต้องใช้กลยุทธ์แทรกแซงพฤติกรรมตามแนวคิด 2 แนวที่เหลือ ซึ่งเหมาะสมต่อการเสริมสร้างพฤติกรรมของเด็กและเยาวชน เพราะฉะนั้น ผู้วิจัยจึงจะได้นำแนวคิดทั้ง 3 ข้อที่กล่าวมาข้างต้น นำไปออกแบบนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

1. การสังเกตการณ์พฤติกรรม

โรงเรียนถูกคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นตอนที่ 3.2 ให้ทดสอบนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่พัฒนาขึ้นคือ โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ตั้งอยู่ที่ 497 ถนนศรีอยุธยา แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร อาคารเรียนหมายเลข 5 ชั้น 4 ห้อง 541 542 และ 543 ซึ่งเป็นห้องเรียนประจำของนักเรียนชั้น ม.4/1 4/2 และ 4/3 ตามลำดับ ซึ่งมีภาพห้องเรียนตามรูปที่ 4.2 - 4.4



รูปที่ 4.2 สภาพห้องเรียน 4/1



รูปที่ 4.3 สภาพห้องเรียน 4/2



รูปที่ 4.4 สภาพห้องเรียน 4/3

จากรูปจะเห็นว่าห้องเรียน 4/2 และ 4/3 มีอุปกรณ์ไฟฟ้าครบทั้ง 4 ชนิด คือ เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟฟ้า เครื่องฉายภาพ และ พัดลมไฟฟ้า ยกเว้นห้องเรียน 4/1 ซึ่งขาด อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้า เนื่องจากชำรุดและถูกนำออกไปซ่อมแซม ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจำนวน 135 คน จากห้องเรียนทั้งสาม แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์หาความถี่ของพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานในหนึ่งสัปดาห์ตามแนวทางประหยัดพลังงานสำหรับหน่วยงานราชการ ของ สนพ. (Guidebook to Reducing Energy Consumption for Government and State Enterprises which provided by Ministry of Energy, Thailand) (EPPO, 2004) และ 108 วิธีประหยัดพลังงาน ของ สนพ. โดยใช้ทฤษฎีจำแนกประเภทข้อมูล ตามความสอดคล้องเชิงเนื้อหา และสรุปข้อมูลเป็นไปตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 พฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

| พฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานก่อนการใช้ นวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | ห้องเรียน | | |
|--|-----------|-----|-----|
| | 4/1 | 4/2 | 4/3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | 1 | 1 | 2 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | 3 | 1 | 2 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | 1 | 4 | 3 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | 2 | 2 | 1 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศเวลาพักเที่ยง | 2 | 2 | 1 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | 1 | 1 |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | 4 | 1 |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | 5 | 5 |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | 1 | 1 |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | 1 | | |
| รวม | 10 | 21 | 17 |

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนห้อง 4/2 มีพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 21 ครั้งต่อสัปดาห์ อันดับที่ 2 คือนักเรียนห้อง 4/3 17 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ในขณะที่นักเรียนห้อง 4/1 มีพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด 10 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่มีจำนวนครั้งมากที่สุดคือการใช้พัดลมไฟฟ้าในช่วงเวลาพักเที่ยง ในขณะที่การสิ้นเปลืองพลังงานเนื่องการใช้อุปกรณ์ฉายภาพหลังเวลาเรียนเกิดขึ้นเพียง 1 ครั้งต่อสัปดาห์เท่านั้น



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดพัดลมและหลอดไฟทิ้งไว้ในเวลาพักกลางวัน



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างพฤติกรรมการณ์เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดพัดลมและหลอดไฟในเวลา ก่อนเข้าเรียนตอนเช้า



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างพฤติกรรมการณ์เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดหลอดไฟทิ้งไว้ในเวลาพัก กลางวัน

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ติดตั้งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการณ์ประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลแล้วทำการสังเกตใหม่ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 พฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

| พฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานเมื่อใช้ นวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | ห้องเรียน | | |
|--|-----------|-----|-----|
| | 4/1 | 4/2 | 4/3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | 3 | 2 | 3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | 3 | 3 | 3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าภายหลังจากเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | 2 | 2 | 2 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | 2 | 2 | 2 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศเวลาพักเที่ยง | 4 | 1 | 3 |
| ใช้เครื่องปรับอากาศภายหลังจากเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | 1 | 2 | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | 3 | 2 |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | 4 | 3 |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าภายหลังจากเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | 2 | 2 |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพเวลาพักเที่ยง | 1 | 1 | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพภายหลังจากเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| รวม (2 สัปดาห์) | 16 | 22 | 20 |
| จำนวนเฉลี่ยต่อสัปดาห์ | 8 | 11 | 10 |

ตารางที่ 4.3 และ 4.4 .แสดงว่าเมื่อทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล นักเรียนห้อง 4/1 4/2 และ 4/3 มีพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงประมาณ 20% 46.62% และ 41.18% ตามลำดับ โดยรูปที่ 4.8 - 4.10 จะแสดงภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามกิจกรรมที่นักเรียนได้เลือกทำ



รูปที่ 4.8 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามกิจกรรมที่นักเรียนได้เลือกทำ



รูปที่ 4.9 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามกิจกรรมที่นักเรียนได้เลือกทำ



รูปที่ 4.10 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตามกิจกรรมที่นักเรียนได้เลือกทำ

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนทั้ง 3 ห้องมีการแสดงพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติมที่เกิดจากการทำกิจกรรมทำทนาย โดยการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักกลางวัน หรือเวลาเลิกเรียนตอนเย็นเป็นเวลา 10 นาที เป็นจำนวนเฉลี่ยรวมกัน 6 ครั้งต่อสัปดาห์ กิจกรรมทำทนายดังกล่าวนี้เป็นทำได้ยาก เพราะนักเรียนต้องเอาใจใส่กับเวลา เพื่อให้จะได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ นักเรียนทั้งห้องยังต้องอดทนต่อความสบายที่น้อยลงจนกว่าเวลาเรียนจะสิ้นสุดลง

รูปที่ 4.11-4.13 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักเป็นเวลา 10 นาที



รูปที่ 4.11 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักเป็นเวลา 10 นาที



รูปที่ 4.12 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักเป็นเวลา 10 นาที



รูปที่ 4.13 ภาพตัวอย่างแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักเป็นเวลา 10 นาที

สรุปได้ว่านวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน
 รัฐบาล สามารถส่งผลกระทบต่อเชิงบวกด้านพฤติกรรมต่อนักเรียนในโรงเรียนศรีอยุธยา ให้มี
 พฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่น้อยลงและแสดงออกถึงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
 ที่มากขึ้น (สำหรับภาพตัวอย่างพฤติกรรมสิ้นเปลืองและประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียน
 สามารถดูเพิ่มเติมได้จากรูปภาพประกอบในภาคผนวก) ผลที่ได้จากการสังเกตการณ์นี้ ผู้วิจัยจะได้
 นำไปทำการสอบเปรียบเทียบกับการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแบบ
 ประเมินของกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. ผลการประเมินจากแบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้แจกแบบประเมินให้นักเรียนในห้องตัวอย่างทั้ง 135 คน คนละ 2 ครั้ง ซึ่งเป็นแบบ
 ประเมินที่มีชุดคำถามเดียวกัน โดยประเมินก่อนการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง

พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล 1 ครั้ง และประเมินหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ 1 ครั้ง ผู้วิจัยได้รับแบบประเมินที่สมบูรณ์กลับมาทั้งสิ้น 126 ชุด คิดเป็น 93เปอร์เซ็นต์ของนักเรียนห้องตัวอย่างทั้งหมด แบบประเมินนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรก ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน หรือส่วนที่ 2 เกี่ยวกับการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ส่วนที่ 3 เป็นการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ โดยให้ผู้ปกครองเป็นผู้ประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมผลการประเมิน และใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 20 ประมวลผลทางสถิติ โดยเริ่มจากนำข้อมูลเหล่านี้ไป ทดสอบความสอดคล้องของผลประเมินที่วัดได้ก่อนและหลังการทดลองใช้นวัตกรรมระบบ ซึ่งหาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Pearson correlation คือ สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลประเมินที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง มีสมมติฐานคือ $H_0 : p = 0$ หรือไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น และ $H_1 : p \neq 0$ หรือมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า $p < \alpha$ แสดงว่า มีความสัมพันธ์กัน และจะยอมรับ H_0 เมื่อค่า $p > \alpha$ แสดงว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน กำหนดที่ $\alpha = .05$ เมื่อทำการทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ ทั้งของนักเรียนและคะแนนประเมินจากผู้ปกครองนักเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกปานกลาง (สามารถดูผลลัพธ์จากโปรแกรม SPSS ได้ในภาคผนวก) ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation)

| การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ | N | Correlation (r) |
|---|-----|-----------------|
| การใช้หลอดไฟฟ้า | 126 | 0.430 |
| การใช้พัดลมไฟฟ้า | 126 | 0.525 |
| การใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอน | 126 | 0.522 |
| การใช้เครื่องปรับอากาศ | 126 | 0.460 |
| พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป | 126 | 0.495 |
| เจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 126 | 0.433 |
| ความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 126 | 0.448 |
| การประเมินจากผู้ปกครอง | 126 | 0.433 |

จากตารางที่ 4.5 พบว่าคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะฉะนั้นจึงสามารถนำไปประมวลผลสถิติ Paired t-test โดยโปรแกรม SPSS ในขั้นตอนต่อไปได้ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ก. ผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired T - Test) โดยแบ่งเป็นการประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในด้านต่างๆ ได้แก่ การใช้หลอดไฟฟ้า การใช้พัดลมไฟฟ้า การใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอน การใช้เครื่องปรับอากาศ พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป เจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และ ความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยจะนำเอาคะแนนรวมของทุกข้อในด้านต่างๆ มารวมกันแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งคะแนนการประเมินในแต่ละข้อจะมีค่าเท่ากับ 1 ถึง 5 จากนั้นทำการทดสอบเป็นคู่ระหว่างพฤติกรรมในด้านเดียวกัน ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ โดยโปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบว่าผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ แตกต่างก่อนการใช้หรือไม่ โดยตั้ง

สมมุติฐานทางสถิติ $H_0: \mu_{\text{post}} = \mu_{\text{pre}}$ และ $H_1: \mu_{\text{post}} \neq \mu_{\text{pre}}$ และกำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ และเป็นทดสอบทางเดียว หากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS แสดงให้เห็นว่าค่า $p > \alpha$ จะยอมรับ H_0 ถ้าค่า $p < \alpha$ จะปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 ซึ่งจากการทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลลัพธ์ตามที่แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 Paired Sample Test ของการประเมินพฤติกรรมโดยนักเรียนเอง

| การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ | N | Mean | S.D. | t | p |
|---|-----|------|------|------|------|
| การใช้หลอดไฟฟ้า | 126 | 2.41 | 3.54 | 7.66 | 0.00 |
| การใช้พัดลมไฟฟ้า | 126 | 2.54 | 3.33 | 8.56 | 0.00 |
| การใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอน | 126 | 2.35 | 3.24 | 8.13 | 0.00 |
| การใช้เครื่องปรับอากาศ | 126 | 2.56 | 3.39 | 8.47 | 0.00 |
| พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป | 126 | 2.37 | 3.01 | 8.86 | 0.00 |
| เจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 126 | 2.57 | 3.90 | 7.39 | 0.00 |
| ความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 126 | 3.02 | 3.84 | 8.84 | 0.00 |

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.6 สามารถอธิบายผลได้ ดังนี้



การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้หลอดไฟฟ้าพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 7.66, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.41)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้พัดลมไฟฟ้าพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปาน

กลาง ($t = 8.56, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.54)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอน พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 8.13, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.35)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้เครื่องปรับอากาศพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 8.47, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.56)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 8.86, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.37)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านเจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็น

ได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 7.39, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.57)

การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 8.84, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 3 (Mean = 3.02)

โดยสรุป จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าผลประเมินเฉลี่ยของพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในทุกด้านเมื่อเทียบก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลมี $p < .05$ (α) จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ หลังใช้นวัตกรรมระบบฯ นักเรียนมีคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกับก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ (สามารถดูผลการคำนวณจากโปรแกรม SPSS ได้ในภาคผนวก)

ข. ผลการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยผู้ปกครองเป็นผู้ประเมิน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบว่าผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยผู้ปกครองหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ แตกต่างกับก่อนการใช้หรือไม่ โดยตั้งสมมุติฐานทางสถิติ $H_0: \mu_{\text{post}} = \mu_{\text{pre}}$ และ $H_1: \mu_{\text{post}} \neq \mu_{\text{pre}}$ และกำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ และเป็นการทดสอบทางเดียว หากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS แสดงให้เห็นว่าค่า $p > \alpha$ จะยอมรับ H_0 ถ้าค่า $p < \alpha$ จะปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 ซึ่งจากการทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่

สัมพันธ์กัน (Paired T - Test) ซึ่งได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.9 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยได้รับการประเมินจากผู้ปกครอง ทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ($t = 6.55, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินโดยได้รับความเห็นจากผู้ปกครอง ภายหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2.44 (Mean = 2.44) และมี $p < .05$ (α) จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ หลังใช้นวัตกรรมระบบฯ นักเรียนมีคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการประเมินของผู้ปกครองแตกต่างกับก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ (สามารถดูผลการคำนวณจากโปรแกรม SPSS ได้ในภาคผนวก)

ตารางที่ 4.7 Paired Sample Test ของการประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ปกครองนักเรียน

| การประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า | N | Mean | S.D. | t | p |
|---|-----|------|------|------|------|
| ไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ | | | | | |
| การประเมินจากผู้ปกครอง | 126 | 2.44 | 4.18 | 6.55 | 0.00 |

* $p < .05$

จากข้อมูลสถิติ Paired t-test ที่ได้รับการประมวลผลจากโปรแกรม SPSS เมื่อนำค่าเฉลี่ยผลรวมของผลประเมินพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในด้านต่างๆ ไปแปลผลให้อยู่ในรูปของ Likert scale เพื่อระบุระดับของพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า 5 ระดับ ตั้งแต่ 1-5 จากแนวคิดของ ประคอง กรรณสูต (2538) จะได้ผลสรุปดังนี้ พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้หลอดไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ อยู่ในเกณฑ์ประหยัด (3.80) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้หลอดไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ อยู่ในเกณฑ์

ประหัดมาก (4.60) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้พัดลมไฟฟ้าของนักเรียนประเมิน
เองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด (3.72) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้าน
การใช้พัดลมไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัดมาก
(4.62) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้อุปกรณ์ฉายภาพประกอบการสอนของนักเรียน
ประเมินเองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด (3.84) พฤติกรรมการใช้พลังงาน
ไฟฟ้าด้านการใช้อุปกรณ์ฉายภาพประกอบการสอนของนักเรียนประเมินเองหลังการใช้นวัตกรรม
ระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัดมาก (4.61) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้
เครื่องปรับอากาศของนักเรียนประเมินเองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด
(3.76) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านการใช้เครื่องปรับอากาศของนักเรียนประเมินเองหลัง
การใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัดมาก (4.51) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้าน
พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไปของนักเรียนประเมินเองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ใน
เกณฑ์ประหัด (3.71) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไป
ของนักเรียนประเมินเองหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัดมาก (4.58) พฤติกรรม
การใช้พลังงานไฟฟ้าด้านเจตคติต่อการประหัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองก่อนการใ
นนวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด (3.94) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านเจตคติต่อการ
ประหัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด
มาก (4.64) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านความสามารถในการประหัดพลังงานไฟฟ้าของ
นักเรียนประเมินเองก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ประหัด (3.88) พฤติกรรมการใ
้พลังงานไฟฟ้าด้านความสามารถในการประหัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนประเมินเองหลังการใ
้
นวัตกรรมระบบฯอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (4.61) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดย

ผู้ปกครองเป็นผู้ประเมินก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ อยู่ในเกณฑ์ประหยัด (4.00) และพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยผู้ปกครองเป็นผู้ประเมินหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (4.61)

จากผลสรุปการประเมินจากแบบสอบถามดังกล่าว เมื่อนำผลสรุปที่ได้ไปสอบย้อนกับผลสรุปจากการสังเกตการณ์ก็พบว่าสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมประหยัดไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปในเชิงบวกเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ย่อมแสดงให้เห็นได้ว่านวัตกรรมระบบฯ มีศักยภาพที่จะสามารถนำไปใช้ในโรงเรียนเพื่อแก้ไขอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานและสร้างผลกระทบในเชิงบวกต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนได้

การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

ภายหลังจากการศึกษา “การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สามารถแก้ไขอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล” ในขั้นตอนที่ก่อนหน้าแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบฯ เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์ โดยมีการแบ่งผลการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ การใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ใช้งานนวัตกรรมระบบฯ โดยตรง และ นักเรียนจากโรงเรียนรัฐบาลอื่นๆ ที่อยู่ในเขต

กรุงเทพฯ) กับการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารโรงเรียนและอาจารย์ผู้ดูแลระดับชั้นในโรงเรียนศรีอยุธยาและผู้บริหารโรงเรียนรัฐบาลอื่นรวมทั้งหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุนด้านการประหยัดไฟฟ้าในโรงเรียน ซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบทางอ้อม (เป็นผู้ที่สามารถอนุมัติใช้งานนวัตกรรมระบบฯ) โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาจากแบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้ทำการส่งแบบประเมินทางอีเมลให้กับนักเรียนในห้องตัวอย่างทั้งสิ้น 126 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ได้เข้าร่วมการทดลองใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลโดยแบบประเมินนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรก จะเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนที่สอง เป็นคำถามเกี่ยวกับทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยแนวคำถามจะประยุกต์มาจาก Technology Acceptance Model (TAM) ของ Davis (1989) โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) และ ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use)

ตารางที่ 4.8 จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)

| การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) | การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. | แปลผล |
|---|-----------------------------|----|---|---|---|-----------|------|----------------|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 1. ข้าพเจ้าคิดว่าสามารถใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้ | 92 | 26 | 6 | - | 2 | 4.63 | 0.72 | ยอมรับอย่างมาก |
| 2. ข้าพเจ้าสามารถใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้เต็มประสิทธิภาพ | 73 | 47 | 4 | - | 2 | 4.50 | 0.71 | ยอมรับอย่างมาก |
| 3. การใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ตรงกับความต้องการของข้าพเจ้า | 77 | 38 | 7 | 1 | 3 | 4.47 | 0.84 | ยอมรับอย่างมาก |
| 4. ข้าพเจ้าคิดว่าการใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า | 79 | 36 | 8 | - | 3 | 4.49 | 0.82 | ยอมรับอย่างมาก |
| 5. ข้าพเจ้าคิดว่าแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนมีประโยชน์ต่อการวางนโยบายและโครงการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | 83 | 33 | 7 | - | 3 | 4.53 | 0.81 | ยอมรับอย่างมาก |
| รวม | | | | | | 4.52 | | ยอมรับอย่างมาก |

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ อยู่ในระดับยอมรับอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52

ตารางที่ 4.9 จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use)

| การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) | การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. | แปลผล |
|--|-----------------------------|----|----|---|---|-----------|------|----------------|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 1. การเรียนรู้ที่จะใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนเป็นเรื่องง่ายสำหรับข้าพเจ้า | 75 | 41 | 6 | 2 | 2 | 4.47 | 0.80 | ยอมรับอย่างมาก |
| 2. ข้าพเจ้าคิดว่าแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน | 75 | 38 | 9 | 2 | 2 | 4.44 | 0.83 | ยอมรับอย่างมาก |
| 3. ข้าพเจ้าคิดว่าการใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนให้เชี่ยวชาญเป็นเรื่องง่าย | 72 | 39 | 11 | 2 | 2 | 4.40 | 0.84 | ยอมรับอย่างมาก |
| 4. ข้าพเจ้าคิดว่าการใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนเป็นเรื่องง่ายที่จะทำให้ได้ประหยัดไฟฟ้าตามที่ต้องการ (เช่น การเลือกกิจกรรมประหยัดไฟ) | 79 | 33 | 11 | 1 | 2 | 4.48 | 0.82 | ยอมรับอย่างมาก |
| 5. ข้าพเจ้าคิดว่าแอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนเป็นเรื่องง่ายในการใช้งาน | 76 | 37 | 9 | 1 | 3 | 4.44 | 0.85 | ยอมรับอย่างมาก |
| รวม | | | | | | 4.45 | | ยอมรับอย่างมาก |

จากตาราง 4.9 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับ ยอมรับอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45

ตารางที่ 4.10 จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using)

| ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) | การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. | แปลผล |
|--|-----------------------------|----|----|---|---|-----------|------|----------------|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 1. ข้าพเจ้าคิดว่าการใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนเป็นแนวคิดที่ดี | 82 | 35 | 6 | - | 3 | 4.53 | 0.80 | ยอมรับอย่างมาก |
| 2. ข้าพเจ้าคิดว่าเมื่อใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนแล้วรู้สึกพอใจ | 78 | 33 | 10 | 3 | 2 | 4.44 | 0.86 | ยอมรับอย่างมาก |
| รวม | | | | | | 4.49 | | ยอมรับอย่างมาก |

จากตาราง 4.10 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการยอมรับเทคโนโลยีด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน อยู่ในระดับ ยอมรับอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49

ตารางที่ 4.11 จำนวน (ความถี่) และร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use)

| ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) | การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ | | | | | ค่าเฉลี่ย | S.D. | แปลผล |
|---|-----------------------------|----|---|---|---|-------------|------|-----------------------|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 1. ข้าพเจ้ายกมือโอกาสใช้ แอปพลิเคชันส่งเสริมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนต่อไป | 77 | 37 | 9 | - | 3 | 4.47 | 0.83 | ยอมรับอย่างมาก |
| 2. ถ้าข้าพเจ้ามีแอปพลิเคชันส่งเสริม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ข้าพเจ้ายินดีที่จะใช้มัน | 79 | 37 | 7 | - | 3 | 4.50 | 0.81 | ยอมรับอย่างมาก |
| รวม | | | | | | 4.49 | | ยอมรับอย่างมาก |

จากตาราง 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศด้านความตั้งใจที่จะใช้งาน อยู่ในระดับ ยอมรับอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ได้จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากแบบสอบถาม

| ปัจจัยต่อการยอมรับเทคโนโลยี | ผลสรุปจากกลุ่มตัวอย่าง |
|---|------------------------|
| ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) | ยอมรับอย่างมาก |
| การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) | ยอมรับอย่างมาก |
| ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) | ยอมรับอย่างมาก |
| ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) | ยอมรับอย่างมาก |

จากตาราง 4.12 สรุปผลการศึกษาที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่สังกัด โรงเรียนของรัฐบาลในเขตกรุงเทพมหานคร ให้การยอมรับใช้งานเทคโนโลยีนวัตกรรมระบบ ส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยให้การยอมรับเป็นอย่างมาก ทั้งด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ทศคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) และ ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use)

2. ผลการศึกษาจากการสัมภาษณ์

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นไปสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้บริหารโรงเรียนและ อาจารย์ประจำระดับชั้นของโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ทั้งสิ้น 2 ท่าน และสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้บริหารโรงเรียนอื่นรวมถึงหน่วยงานที่มีความสำคัญต่อการรณรงค์ประหยัดพลังงานจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและการไฟฟ้านครหลวง เป็นจำนวนทั้งสิ้นจำนวน 5 ท่าน แล้วนำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีจำแนกประเภทข้อมูล ตามความสอดคล้องเชิงเนื้อหา เทียบกับหลักการ แนวคิดที่ประยุกต์มาจาก Technology Acceptance Model (TAM) ของ Davis (1989) เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลตามประเด็นที่ผู้วิจัยสัมภาษณ์ แล้วพิจารณาตามความสม่ำเสมอของข้อมูลที่ผู้บริหารโรงเรียนระบุถึงการยอมรับเทคโนโลยีในด้านต่างๆระหว่างสัมภาษณ์ โดยสรุปข้อมูลเป็นคะแนนตามตาราง 4.13

จากตารางที่ 4.13 สรุปผลการศึกษาที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิจากการไฟฟ้า และผู้บริหารโรงเรียน ทั้งสิ้น 7 ท่าน แสดงให้เห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับใช้งานเทคโนโลยีนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยให้การยอมรับในทุกๆ ด้าน ทั้งด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ทศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) และ ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนรวมเท่ากับ 6.5, 6.83, 7 และ 7 ตามลำดับ โดยมีตัวอย่างรายละเอียดคำสัมภาษณ์ ดังนี้

ในด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านให้ความเห็นส่วนมากสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น “นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการรณรงค์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน” “คิดว่านวัตกรรมระบบทำให้การประหยัดพลังงานง่ายขึ้น เพราะเกมเป็นสื่อที่เข้าถึงเด็กได้ง่าย ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น” และ “นวัตกรรมระบบน่าจะเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ในการช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานในโรงเรียนได้” เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีผู้ทรงคุณวุฒิบางท่านได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับความไม่มั่นใจ เช่น ผู้บริหารโรงเรียนท่านหนึ่งได้แสดงความคิดเห็นว่า “ไม่แน่ใจว่านวัตกรรมระบบจะสามารถช่วยให้การประหยัดไฟฟ้าได้รวดเร็ว เพราะการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม บางครั้งจำเป็นต้องใช้เวลา และนักเรียนแต่ละคนก็มีลักษณะนิสัยที่แตกต่างกัน บางคนเปลี่ยนได้เร็ว บางคนเปลี่ยนได้ช้า” หรือผู้ทรงคุณวุฒิจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่ให้ความคิดเห็นว่าเป็น “ไม่แน่ใจว่านวัตกรรมระบบจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในภาพรวมของทั้งประเทศได้หรือไม่ ยกตัวอย่างกรณีการ

ปิดเครื่องปรับอากาศตอนกลางวัน หากปิดแล้วเปิดพร้อมกัน เครื่องปรับอากาศทุกเครื่องต้องเริ่มทำงานพร้อมกันหมด อาจส่งผลต่อ Peak load รวมของทั้งประเทศได้” เป็นต้น

ในด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านก็ให้ความเห็นส่วนมากสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น “เล่นง่าย แค่เลือกแล้วคลิกด้วยเมาส์” “กิจกรรมที่เล่นเป็นกิจกรรมพื้นฐานไม่ซับซ้อน” หรือ “แค่ดูการสาธิตวิธีการเล่นแค่ครั้งเดียว ก็สามารถเรียนรู้วิธีการเล่น” แต่มีผู้บริหารโรงเรียนแห่งหนึ่งยังแสดงความกังวลใจเกี่ยวกับความยืดหยุ่นในการใช้งานที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ WIEAM ที่ต้องเชื่อมต่อด้วยระบบWi-Fi ซึ่งให้ความคิดเห็นว่า “น่าจะเปิดโอกาสให้โรงเรียนได้เลือกวิธีการเชื่อมต่อที่เหมาะสมเอง”

สำหรับด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using) และความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use) นั้น ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านให้ความคิดเห็นเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด คือ ให้การยอมรับว่านวัตกรรมระบบเป็นแนวคิดที่ดีที่จะนำมาช่วยในการรณรงค์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน เช่น “แนวทางเดิมทั่วไปเช่นการประกาศตามสาย หรือ การจัดบอร์ดความรู้ ไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้กับเด็กนักเรียนได้ นักเรียนน่าจะชอบรูปแบบการเล่นเกมมากกว่า” “เป็นทางเลือกให้กับโรงเรียนที่อาจจะต้องการรณรงค์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ไม่มีงบประมาณหรือทรัพยากรมากพอสำหรับงานก่อสร้าง หรือ ตกแต่งห้องเรียนเพื่อประหยัดพลังงาน” เป็นต้น

ตารางที่ 4.13 การยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลของผู้บริหารโรงเรียนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

| | | |
|---|--|--------|
| ความคิดเห็นของผู้บริหารที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | คะแนนการยอมรับ จากผู้ทรงคุณวุฒิ 7 ท่าน | แปลผล |
| <u>ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)</u> | | |
| ระบบช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการรณรงค์ประหยัดพลังงาน | 7 | ยอมรับ |
| ระบบช่วยให้การประหยัดไฟฟ้าประสบผลสำเร็จ | 7 | ยอมรับ |
| ระบบช่วยให้การประหยัดไฟฟ้าสะดวกรวดเร็ว | 6 | ยอมรับ |
| ระบบช่วยเพิ่มอัตราการประหยัดพลังงาน | 5 | ยอมรับ |
| ระบบช่วยให้การประหยัดพลังงานกลายเป็นเรื่องง่าย | 7 | ยอมรับ |
| ระบบเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ | 7 | ยอมรับ |
| ค่าเฉลี่ย | 6.5 | ยอมรับ |
| <u>ด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use)</u> | | |
| ระบบใช้งานง่าย | 7 | ยอมรับ |

| | | |
|--|---------------------------------------|--------|
| ความคิดเห็นของผู้บริหารที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน | คะแนนการยอมรับจากผู้ทรงคุณวุฒิ 7 ท่าน | แปลผล |
| ระบบเรียนรู้ง่าย | 7 | ยอมรับ |
| ระบบควบคุมการใช้งานได้ง่าย | 7 | ยอมรับ |
| ระบบชัดเจนและเข้าใจง่าย | 7 | ยอมรับ |
| ระบบมีความยืดหยุ่น | 6 | ยอมรับ |
| ง่ายที่จะชำนาญในการใช้ระบบ | 7 | ยอมรับ |
| ค่าเฉลี่ย | 6.83 | ยอมรับ |
| <u>ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Using)</u> | | |
| ระบบเป็นแนวคิดที่ดีในการรณรงค์ประหยัดพลังงาน | 7 | ยอมรับ |
| ระบบมีความน่าพึงพอใจ | 7 | ยอมรับ |
| ค่าเฉลี่ย | 7 | ยอมรับ |
| <u>ความตั้งใจที่จะใช้งาน (Behavioral Intention to Use)</u> | | |
| อยากมีโอกาสใช้ระบบต่อไป | 7 | ยอมรับ |
| ยินดีใช้ถ้ามีระบบพร้อมใช้งาน | 7 | ยอมรับ |
| ค่าเฉลี่ย | 7 | ยอมรับ |

การศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility Study) ในการนำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปสู่เชิงพาณิชย์ มีปัจจัยที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณา 4 ประการ โดยได้ประยุกต์แนวความคิดมาจาก Thomson (2005) ดังนี้

1. ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค (Technical Feasibility)
2. ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Marketing Feasibility)
3. ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน (Economic and Financial Feasibility or Cost Benefit Feasibility)
4. ความเป็นไปได้ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Feasibility)

1. ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

วัตถุประสงค์ คือ เพื่อทราบความเป็นไปได้ในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ด้านเทคนิคสำหรับการพัฒนานวัตกรรมดังกล่าว ประกอบด้วย การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) และ การพัฒนาการพัฒนาแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

ก. การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ ซึ่งมีหน้าที่ในการตรวจสอบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียน โดยมีกล้องดิจิทัล CMOS โมดูล ทำหน้าที่บันทึกภาพ แล้วนำไปประมวลผลผ่าน

คอมพิวเตอร์บอร์ด Raspberry-Pi ซึ่งมีระบบ Linux เป็นพื้นฐาน แอปพลิเคชัน โปรแกรมที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์บอร์ดนี้ เขียนโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ C# และ Python ซึ่งคอมพิวเตอร์บอร์ดนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการประมวลผลขั้นตอนวิธีการ (algorithm) ด้วยแนวคิด Image Recognition สำหรับตรวจจับสถานะการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชิ้น และสามารถทำการสื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi ผ่านโมดูลอุปกรณ์สื่อสารกับคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายได้

ข้อดีของการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า WIEAM

- 1) สามารถตรวจจับสถานะการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียนโดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่อกับระบบฝังสายไฟฟ้า ทำให้สามารถเลือกติดตั้งที่มุมต่างๆของห้องเรียนได้อย่างอิสระ
- 2) สามารถเลือกช่วงระยะเวลาที่ต้องการบันทึกภาพเพื่อทำการประมวลผลได้ เช่น ทุก 1 นาที 5 นาที หรือ 10 นาที เป็นต้น
- 3) สามารถเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับสถานะการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยการเพิ่มขนาดความละเอียดของภาพถ่ายได้
- 4) สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ในต้นบุ้คและระบบเครือข่ายได้โดยตรงโดยที่ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi เพิ่มที่ปลายทาง

ข้อเสียของการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า WIEAM

- 1) การพัฒนาอุปกรณ์ WIEAM อาจจะมีต้นทุนที่สูงอยู่ เนื่องจากยังอยู่ในช่วงการเริ่มต้นพัฒนา
- 2) การพัฒนาอุปกรณ์ WIEAM ต้องอาศัยบุคลากรที่มีประสบการณ์และประสบการณ์ทั้งด้านวิศวกรรม และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

ข. การพัฒนาแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ซึ่งต้องเริ่มจากการออกแบบหน้าจอ ปุ่มเมนูต่างๆ แล้วจึงทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของตัวเกม โดยใช้เครื่องมือคือ Unity3D Game Engine และใช้ภาษา C# เป็นภาษาหลักในการพัฒนาโปรแกรม จากนั้นทำการเขียนภาพกราฟฟิกแล้วเชื่อมเข้ากับสคริปต์ที่ใช้ในการควบคุมคำสั่งในเกม เพิ่มเสียงดนตรีและเอฟเฟคต่างๆ แล้วจึงทำการสร้างฐานข้อมูล และเชื่อมต่อไปบน Cloud Service เพื่อให้สามารถเปิดใช้งานโปรแกรมเกมขึ้นมาเล่นจาก Web Browser ได้

ข้อดีของแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School

- 1) สามารถพัฒนาได้สะดวกรวดเร็วจากเครื่องมือ Unity3D Game Engine
- 2) มีกราฟฟิกภาพการ์ตูน และเสียงดนตรีเพื่อดึงดูดความสนใจของกลุ่มนักเรียนซึ่งเยาวชน
- 3) สามารถเปิดใช้งานโปรแกรมเกมจาก Web Browser ที่ได้รับความนิยม เช่น Explorer Firefox เป็นต้น
- 4) สามารถทำการ Customize ฟังก์ชันต่างๆได้
- 5) ใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว ใช้เวลาในการเล่นเกมเลือกกิจกรรมไม่เกิน 10 นาทีต่อวัน ไม่รบกวนเวลาในการเรียนการสอน

ข้อเสียของแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School

- 1) แอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ยังไม่ได้พัฒนาไปเป็นแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานบนโทรศัพท์มือถือซึ่งน่าจะสามารถเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้งานได้สะดวกและง่ายกว่าในปัจจุบัน
- 2) การกำหนดกิจกรรม (Quest) ยังมีจำนวนจำกัดอยู่ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น โดยต้องสอดคล้องกับการทำงานของอุปกรณ์ WIEAM

3) ขาดระบบการคำนวณปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ตรวจจับได้

ผู้วิจัยได้แนวทางในการประเมินจาก Donald F. Kuratko (2016) โดยมีรายละเอียดในการ

ประเมินแสดงตามตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและการผลิต

| หัวข้อประเมิน | การประเมิน |
|--|---|
| 1. ด้านเทคนิค | |
| ก.เทคโนโลยีที่จะพัฒนามีในตลาด หรือไม่มี | ในตลาดมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับ การประหยัดพลังงานที่เกี่ยวข้องกับเกมอยู่ บ้าง หากแต่ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การ ประหยัดพลังงานในภาคอุตสาหกรรม หรือ ภาคครัวเรือน เป็นหลัก ในส่วนภาคการศึกษา มีเทคโนโลยีที่ใกล้เคียง คือ Empowered School แต่เป็นการพัฒนามุ่งเน้นด้านกลยุทธ์ การผูกมัด (Commitment) ไม่ได้เป็นเกมิฟิ เคชั่นเต็มรูปแบบ |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและการผลิต

| หัวข้อประเมิน | การประเมิน |
|--|--|
| <p>ข. เทคโนโลยีที่จะพัฒนาสามารถรองรับความต้องการของตลาดได้หรือไม่</p> | <p>จากการทดสอบ พบว่าสามารถรองรับความต้องการของตลาดและผู้ใช้งานได้ กล่าวคือ นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เนื่องจากถูกพัฒนาจากแนวความคิดของผู้บริหารโรงเรียนโดยตรง เกี่ยวกับอุปสรรคที่มีอยู่ปัจจุบันในโรงเรียน และ ผู้ใช้งาน ซึ่งก็คือกลุ่มนักเรียน ได้ให้การตอบรับเป็นอย่างดีในการทดลองใช้งาน</p> |
| <p>ค. เทคโนโลยีที่มีอยู่เดิมนั้นสามารถปรับใช้กับนวัตกรรมดังกล่าวได้หรือไม่</p> | <p>เทคโนโลยีที่มีอยู่เดิม อาจจะสามารถนำมาปรับได้ แต่อาจจะต้องมีพัฒนาอุปกรณ์ประกอบเพิ่ม หรือ จัดหาและใช้งานอุปกรณ์มิเตอร์อัจฉริยะได้ถ้าไม่ติดข้อจำกัด สำหรับแอปพลิเคชันอาจจะต้องมีการเขียนใหม่เพิ่มเติมให้เหมาะสมต่อการใช้งาน</p> |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและการผลิต

| หัวข้อประเมิน | การประเมิน |
|------------------------------------|--|
| 2. ด้านการผลิต | |
| ก. ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมวลผล | นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรม ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ต้องการข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน ตารางเวลาเรียนของแต่ละห้องเรียน เพื่อทำ การตั้งค่าอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้าและ แอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ทั้งนี้ โรงเรียนทั่วไปมักจะมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ อยู่แล้ว |
| ข. ความสามารถของบุคลากร | บุคลากรที่ดูแลนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง พฤติกรรมกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียนรัฐบาล จำเป็น ต้องมีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ เช่น อุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้า ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูล และ การใช้งาน แอปพลิเคชันโปรแกรม Power School |

2. ความเป็นไปได้ด้านการตลาด

ผู้วิจัยทำการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด โดยมีการศึกษาข้อมูลดังต่อไปนี้

ก. ข้อมูลเบื้องต้น สภาพตลาด การแข่งขัน

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่า ปัญหาด้านพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญระดับประเทศของประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากขึ้น ทั้งด้านราคาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีสาเหตุมาจากความขาดแคลนของวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ น้ำมัน หรือ แก๊สธรรมชาติ ที่ได้รับการคาดการณ์ว่ากำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ ซึ่งสภาพตลาดที่ปรึกษาด้านระบบอนุรักษ์พลังงานไม่ได้รับการกระตุ้นจากประชาชนทั่วไปเท่าที่ควร แม้ว่า ตั้งแต่ปี 2539 สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ต้องการให้ตลาดที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ประหยัดพลังงานมีความตื่นตัวมากขึ้น โดยการสร้างแคมเปญต่างๆ ในโครงการรณรงค์เรื่องการประหยัดพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้ ปุ่ลุกจิตสำนึกเกี่ยวกับพลังงานและแนะนำวิธีประหยัดพลังงานอย่างง่าย ๆ ให้กับประชาชนทั่วไป อย่างไรก็ตาม ก็เป็นเพียงกระแสที่ตื่นขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ค่อยส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในโรงเรียน และเมื่อแรงกระตุ้นที่มาจากภาครัฐเริ่มลดลง กระแสการตื่นตัวค่อยๆ ลดลงตามไปด้วย ต่อมา การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) และ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการประหยัดพลังงานในโรงเรียน ทั้งนี้ เพื่อที่จะลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลง พร้อมทั้งสร้างจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์พลังงานให้กับเยาวชนไทย จึงได้ทำการริเริ่มโครงการโรงเรียนสีเขียว และ Energy Mind Award ขึ้น โดย กฟผ. ได้จัดตั้งโครงการห้องเรียนสีเขียวขึ้น ตั้งแต่ปี 2541 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกฝังทัศนคติการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ รู้คุณค่าและรักษาสิ่งแวดล้อม ให้แก่เยาวชน โดยผ่านกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียนสีเขียวและกิจกรรมนอกห้องเรียน จนเกิดผลในเชิงพฤติกรรมรวมทั้งขยายผลไปสู่

ครอบครัวและชุมชนต่อไป จนถึงปัจจุบัน กฟผ. ได้จัดตั้งห้องเรียนสีเขียวในโรงเรียนทุกระดับ
ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาทั่วประเทศ ปัจจุบันมีห้องเรียนสีเขียว จำนวน 414 โรงเรียน ในขณะที่
ที่ กฟน. ได้ริเริ่มโครงการ Energy Mind Award ซึ่งเริ่มดำเนินโครงการฯ ตั้งแต่ปี 2551 โดยส่งเสริม
การสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมแก่บุคลากรและเยาวชนในสถานศึกษา
ต่างๆ รวมทั้งการบูรณาการเนื้อหาสาระด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมให้เข้ากับ
หลักสูตรการเรียนการสอนของแต่ละสถานศึกษา เพื่อก้าวสู่ความเป็นเลิศในการเป็นสถานศึกษา
ดีเด่นด้านพลังงาน โดยการดำเนินโครงการฯ มุ่งเน้นในการสร้างจิตสำนึกและการปรับเปลี่ยนพฤติ
กรรมของเยาวชนในสถานศึกษา และค้นพบว่ายิ่งเราสามารถเริ่มต้นการปลูกฝังแก่เยาวชนได้เร็ว
เท่าใด ก็ยิ่งเห็นผลชัดเจนมากเท่านั้น ในปัจจุบัน (พ.ศ.2559) โครงการ Energy Mind Award มี
สถานศึกษาเข้าร่วมโครงการฯรวมทั้งสิ้น 200 โรงเรียน จากโครงการรณรงค์ดังกล่าวพบว่า
สามารถช่วยสร้างกระแสการตื่นตัวในโรงเรียนได้มากขึ้นโดยลำดับ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้กระแส
ตื่นตัวด้านการอนุรักษ์พลังงานมีความยั่งยืน กระทรวงพลังงาน ควรเป็นผู้นำร่วมกับหน่วยงานที่
เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
พลังงาน, การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รวมถึงหน่วยงานที่
เกี่ยวข้องอื่นๆ ควรจะช่วยกันสร้างกระแส กระตุ้นให้ตลาดมีความสนใจในเรื่องการอนุรักษ์ประหยัด
พลังงานมากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่า หากต้องการเข้ามาสู่ตลาดที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์ประหยัด
พลังงาน ควรมีนโยบายที่สอดคล้องหรือสนับสนุนกับนโยบายของภาครัฐ เพื่อเป็นการช่วยส่งเสริม
ให้การประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการจัดการด้านพลังงานสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

ข. คู่แข่งขันในตลาด

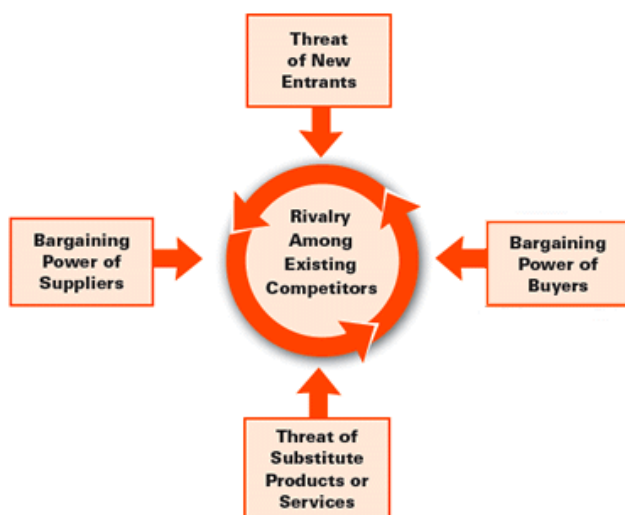
คู่แข่งขันในตลาดได้แก่บริษัทจัดการพลังงานภาคเอกชน ที่รับบริการด้านระบบอนุรักษ์ และประหยัดพลังงานพลังงาน ซึ่งได้รับข้อมูลจากสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สมาคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2551) ทั้งสิ้น 58 แห่ง (ดูรายชื่อในภาคผนวก) จากการสืบค้นประวัติการทำงานของคู่แข่งขันทั้งหมด พบว่าคู่แข่งรายสำคัญที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยมีผลงานอ้างอิงกับลูกค้าที่เป็นหน่วยงานราชการ หรือสถานศึกษา มีดังนี้ บริษัท การันตี เอ็นจิเนียริง จำกัด, บริษัท โกลด์มาร์ก เทคโนโลยี ซัพพลาย จำกัด, บริษัท สมาร์ท เอนเนอจี เซฟวิ่ง จำกัด, บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด, บริษัท ไบนารี แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด, บริษัท เอ็นเนอจี พลัส ดีเวลลอปเมนต์ จำกัด

- 1) บริษัท การันตี เอ็นจิเนียริง จำกัด เคยมีผลงานกับ มหาวิทยาลัยรัตนนคร
- 2) บริษัท โกลด์มาร์ก เทคโนโลยี ซัพพลาย จำกัด เคยมีผลงานกับ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยรัตนนคร และ ธนาคารแห่งประเทศไทย
- 3) บริษัท สมาร์ท เอนเนอจี เซฟวิ่ง จำกัด เคยมีผลงานกับ โรงเรียนนานาชาติ ดิ อเมริกันสกูล ออฟ แบงค็อก, มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต และ มหาวิทยาลัยเกริก
- 4) บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด เคยมีผลงานกับ มหาวิทยาลัยศรีปทุม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- 5) บริษัท ไบนารี แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด เคยมีผลงานกับ โรงเรียนสวนกุหลาบราชวิทยาลัย และ มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่
- 6) บริษัท เอ็นเนอจี พลัส ดีเวลลอปเมนต์ จำกัด เคยมีผลงานกับ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ค. การวิเคราะห์ Five Forces ของตลาด และการวิเคราะห์ SWOT Analysis

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ Five Forces ของตลาดบริษัทจัดการพลังงาน ตามแนวคิดของ

Porter (2008) ดังนี้



รูปที่ 4.14 โมเดล Five Forces (Porter, 2008)

1) สภาวะการแข่งขันในตลาด (Industry rivalry)

ปัจจุบันบริษัทจัดการพลังงานได้เข้าไปมีบทบาทต่อการอนุรักษ์พลังงานในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และ อาคารต่างๆเพิ่มขึ้น ทั้งในด้านการบริการแบบครบวงจร และการบริการช่วยประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ อย่างไรก็ตามตลาดบริษัทจัดการพลังงานในประเทศไทยยังไม่มี การแข่งขันที่รุนแรงมาก เนื่องจากลักษณะการแข่งขันเป็นลักษณะของการมุ่งเน้นไปที่ ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Connection) สาเหตุมาจากการที่สถานประกอบการหรืออาคารอีกหลาย แห่งยังขาดความเชื่อมั่นในการลงทุนด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้กลไกบริษัทจัดการพลังงาน จึงทำให้ความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้ามีบทบาทสำคัญในการสร้างเชื่อมั่น และทำให้บริษัทจัดการพลังงานสามารถดำเนินกิจการได้ ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่บริษัทจัดการพลังงานไม่มีการ แบ่งกลุ่มลูกค้าเป้าหมายอย่างชัดเจน เช่น กลุ่มของลูกค้าขนาดเล็กและกลาง และกลุ่มลูกค้าขนาดใหญ่

ใหญ่ หรือกลุ่มลูกค้าตามประเภทธุรกิจ เช่น อาคารสำนักงาน อาคารโรงงาน สถานที่ราชการ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในส่วนของภาครัฐบาลก็ได้มีการกระตุ้นให้ประชาชนตื่นตัวในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่การออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 การนโยบายสนับสนุนกิจกรรมของธุรกิจจัดการพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ตลอดจนการออกแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558 – 2579 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015) ของรัฐบาลในการส่งเสริมการศึกษา วิจัย พัฒนาเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน และการประชาสัมพันธ์สร้างปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงาน แสดงให้เห็นว่าภาครัฐได้เห็นถึงความสำคัญของพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามกลุ่มลูกค้าในภาคส่วนต่างๆ ในประเทศไทย เช่น ภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ รวมถึงสถานศึกษาก็ยังมีอุปสรรคที่ขัดขวางการอนุรักษ์พลังงานอยู่หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการขาดเงินลงทุนด้านการจัดการพลังงาน การขาดวิสัยทัศน์เกี่ยวกับการจัดการพลังงาน หรือการไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญของพลังงาน ซึ่งอาจทำให้กลุ่มลูกค้ายังไม่มีตระหนักถึงความสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน การช่วยกันประหยัดพลังงาน และผลกระทบด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ดังจะเห็นได้จากผลงานวิจัยจากการสัมภาษณ์ พบว่าผู้บริหารของโรงเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าผู้ใช้พลังงานในโรงเรียนยังไม่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ และคุณค่าของการประหยัดพลังงาน เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้พลังงานกลุ่มหลักที่เป็นนักเรียนจะมุ่งเน้นที่ผลการศึกษา การสอบทำคะแนนในรายวิชาต่างๆ เป็นสำคัญ และถึงแม้ว่าโรงเรียนในสังกัดของภาครัฐจะต้องมีการทำประเมินผลการประหยัดพลังงานตามมติคณะรัฐมนตรีที่ได้เคยประกาศไว้ ก็เป็นการทำเอกสารรายงานส่งตามหน้าที่ที่กำหนดไว้เท่านั้น โดยให้มีการส่งรายงานประเมินการประหยัดพลังงานเป็นประจำทุกปี แต่ภาครัฐเองก็ยังไม่มีความสนใจปฏิบัติต่อผล

ที่ได้จากการประเมินที่ชัดเจนว่าจะมีการให้ประโยชน์ ตักเตือน หรือลงโทษ แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากการตัดสินใจด้านงบประมาณแล้ว พบว่าโรงเรียนในสังกัดรัฐบาลมีกระบวนการในการดำเนินการที่ล่าช้า ทั้งการจัดทำเอกสารจัดซื้อจัดจ้าง การขออนุมัติงบประมาณ ซึ่งใช้เวลาที่ยาวนานกว่าที่จะได้รับการอนุมัติ และบางครั้งอาจจะไม่ได้รับการอนุมัติหากมีความจำเป็นเร่งด่วนด้านอื่นๆ ถึงแม้ว่าผู้บริหารโรงเรียนจะให้ความสำคัญในด้านการอนุรักษ์พลังงานมากเท่าใดก็ตาม แต่ก็ต้องขึ้นฟังงบประมาณที่รัฐบาลจัดสรรมาให้ สำหรับบางโรงเรียนที่สามารถสร้างรายได้เพิ่มเติมได้ เช่น การเปิดสอนโครงการพิเศษต่างๆ เช่น โครงการภาษาอังกฤษ ก็อาจจะนำรายได้ในส่วนนี้มาจัดตั้งเป็นงบประมาณสำหรับการอนุรักษ์พลังงานก็ได้เช่นกัน เพราะฉะนั้น การจะเข้าสู่ตลาดบริษัทจัดการพลังงานในประเทศไทยนั้น ควรมุ่งเน้นไปที่การโฆษณาประชาสัมพันธ์ให้กลุ่มลูกค้า และทำความเข้าใจกับลูกค้า เพื่อให้มีโอกาสได้เข้าพบเพื่อนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับข้อดีของการจัดการพลังงาน และสร้างความเชื่อมั่นว่าลูกค้าจะได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่า

2) สภาวะการเข้ามาของผู้เล่นรายใหม่ (Threat of new entrants)

การเข้าสู่ตลาดของบริษัทจัดการพลังงานแห่งใหม่นั้น แม้ว่าจะไม่ได้ประสบความสำเร็จยากลำบากจากการแข่งขันที่รุนแรงแต่บริษัทใหม่อาจจะต้องใช้เวลาพอสมควรในการสร้างเครือข่ายลูกค้า และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้าเนื่องจากสภาวะของตลาดที่พึ่งพาความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างบริษัทกับลูกค้า เพื่อให้เกิดความเชื่อถือและเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของการบริการด้านจัดการพลังงาน อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการสั่งสมประวัติการบริการที่ดีเพื่อใช้ในการอ้างอิงกับลูกค้าเวลานำเสนอการบริการ ซึ่งหากบริษัทจัดการพลังงานที่เข้ามาใหม่ เป็นบริษัทต่างชาติที่มีขนาดใหญ่ มีความพร้อมทั้งในด้านเทคโนโลยี บุคลากร และเงินทุน รวมถึงมี ประวัติ

การทำงานที่โดดเด่น อ้างอิงได้ และน่าเชื่อถือ ย่อมที่จะสามารถเข้ามาสู่ตลาดได้ง่ายกว่าถ้าหากสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่ดีให้กับลูกค้าได้เป็นผลสำเร็จ

3) สภาวะการต่อรองของผู้ผลิต/ผู้ให้บริการ (Bargaining power of suppliers)

ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการด้านการจัดการพลังงานที่เป็นรายสำคัญ มักจะเป็นบริษัทต่างชาติที่มีเงินทุนสูง มีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า รวมถึงมีประสบการณ์อันยาวนานในการดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน จึงทำให้มีอำนาจต่อรองสูงเมื่อลูกค้าต้องการความเชื่อมั่นจากประสบการณ์ที่ยาวนาน ผลงานในอดีตที่อ้างอิงได้ และเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าหากเป็นกรณีที่เป็นผู้ให้บริการหน้าใหม่ที่ต้องการนำเสนอรูปแบบบริการใหม่ ก็อาจทำให้ลูกค้ามีอำนาจในการต่อรองที่สูงกว่า จนกว่าที่ผู้ให้บริการหน้าใหม่จะสามารถสั่งสมประสบการณ์ทำงานและผลงานอ้างอิงได้มากพอที่จะสร้างความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้าได้

4) สภาวะการต่อรองของลูกค้า (Bargaining power of customers)

สำหรับกลุ่มลูกค้าในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และอาคารต่างๆ ในประเทศไทย ที่ให้ความสำคัญและความสนใจต่อการอนุรักษ์พลังงานนั้น มีความคาดหวังว่าการใช้บริการของบริษัทจัดการพลังงานนั้น จะต้องนำไปสู่การประหยัดพลังงานที่เห็นผลได้เป็นอย่างดีและเป็นรูปธรรมและคุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะฉะนั้นบริษัทจัดการพลังงานจึงจำเป็นที่จะต้องนำเสนอเงื่อนไขการให้บริการที่ดูน่าสนใจและคุ้มค่าในมุมมองของกลุ่มลูกค้า ในปัจจุบัน บริษัทจัดการพลังงานส่วนใหญ่มักจะนำเสนอการให้บริการแบบรับประกันประสิทธิภาพ ต้องมีการวัดผลได้อย่างชัดเจน ว่าสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้จริง มีการรับประกันกับลูกค้าว่า หากไม่สามารถทำได้ตามที่นำเสนอ ก็จะไม่คิดค่าบริการ ทั้งนี้เพื่อให้ลูกค้าเกิดความสบายใจ และความเชื่อมั่นต่อการให้บริการจัดการพลังงาน

เพราะฉะนั้นอำนาจต่อรองของลูกค้าจึงขึ้นอยู่กับความคุ้มค่า และความเสี่ยงจากการบริการอนุรักษ์พลังงานที่บริษัทจัดการพลังงานได้นำเสนอ หากไม่ชัดเจน หรือมีความเสี่ยงสูง อำนาจต่อรองของลูกค้าก็จะมีมากขึ้น แต่ในทางกลับกัน หากการให้บริการมีความชัดเจนว่าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ มีความคุ้มค่าในการลงทุน อำนาจต่อรองของลูกค้าก็จะลดน้อยลง

5) สิ่งที่สามารถเข้ามาทดแทนได้ (Threat of substitutes)

ลูกค้าที่เป็นบริษัทในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม หรืออาคารต่างๆ สามารถที่จะจัดหาสิ่งทดแทนบริษัทจัดการพลังงาน ซึ่งก็คือการจัดตั้งหน่วยงานจัดการพลังงานภายในของตนเองขึ้น ซึ่งทำหน้าที่ดูแลจัดการเกี่ยวกับพลังงานทดแทนการใช้บริการจากบริษัทจัดการพลังงาน อย่างไรก็ตาม การจัดตั้งหน่วยงานจัดการพลังงานภายในนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาพอสมควรในการที่จะพัฒนาบุคลากรให้มีความพร้อมทั้งในด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน อุปกรณ์ หรือเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการจัดการพลังงาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงจากการที่ลงทุนจัดตั้งหน่วยงานจัดการพลังงานภายในขึ้นมาแล้ว แต่ไม่สามารถปฏิบัติงานด้านจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือ ไม่สามารถจัดการประหยัดพลังงานได้คุ้มค่ากับการลงทุน. SWOT Analysis

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ SWOT Analysis เนื่องจาก SWOT Analysis เป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับช่วยในการตัดสินใจในระดับเบื้องต้นและ เป็นข้อมูลตั้งต้นเพื่อใช้ในการวางแผนเชิงกลยุทธ์สำหรับการใช้งานหลากหลายรูปแบบ (Johnson et al. 1989, Bartol and Martin 1991)

1) จุดแข็ง (Strength)

- ก) เป็นการนำข้อมูลจริงเกี่ยวกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานของโรงเรียนในปัจจุบัน ซึ่งได้รับโดยตรงจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียน จึงทำให้ตอบโจทย์ และส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้
- ข) อุปกรณ์ของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาล สอดคล้องต่อกฎระเบียบ และการใช้งานของโรงเรียน
- ค) สร้างเสริมจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงานให้กับเยาวชนไทย เพื่อประโยชน์ต่อประเทศชาติในระยะยาว

2) จุดอ่อน (Weakness)

- ก) เป็นนวัตกรรมจากแนวคิดเกมพีเคซึ่งที่ยังไม่มีในตลาด ทำให้อาจดูไม่น่าเชื่อถือหรือไม่มั่นใจในคุณภาพ เนื่องจากขาดการอ้างอิง
- ข) โรงเรียนจำเป็นต้องมีบุคลากรที่สามารถดูแลอุปกรณ์ และ การใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลได้

3) โอกาส (Opportunities)

- ก) หน่วยงานรัฐบาลและรัฐวิสาหกิจได้รณรงค์สนับสนุนโครงการด้านการประหยัดพลังงาน ซึ่งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถเข้าข่ายที่จะเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการจัดกิจกรรมรณรงค์ได้
- ข) มติคณะรัฐมนตรี ปี พ.ศ. 2556 ซึ่งได้มีนโยบายในการรณรงค์ลดการใช้พลังงานของหน่วยงานราชการ โรงเรียนในสังกัดรัฐบาลสามารถเลือกใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง

พฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเป็นเครื่องมือในการปฏิบัติตามนโยบายของรัฐบาล

4) อุปสรรค (Threat)

ก) แนวโน้มการถูกกีดกันจากผู้เล่นรายใหญ่ในตลาด เนื่องจากเป็นบริษัทใหม่ เพื่อปกป้องส่วนแบ่งตลาด

ข) ทักษะคติของผู้บริหารโรงเรียนบางส่วนที่ยังไม่เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์หรือประหยัดพลังงาน โดยมุ่งเน้นไปที่ความสำเร็จทางด้านวิชาการเพียงอย่างเดียว

ค) ลักษณะการทำงานของโรงเรียนในสังกัดรัฐบาล ที่มีสายบังคับบัญชาที่ยืดยาวทำให้การดำเนินการเป็นไปอย่างล่าช้า รวมถึงการขาดความกระตือรือร้นหรือใส่ใจในเรื่องการอนุรักษ์ประหยัดพลังงานของบุคลากรบางส่วน

จ. การกำหนดตลาดเป้าหมาย

ประกอบด้วย การแบ่งกลุ่มทางการตลาด กลุ่มเป้าหมาย และตำแหน่งทางการตลาด

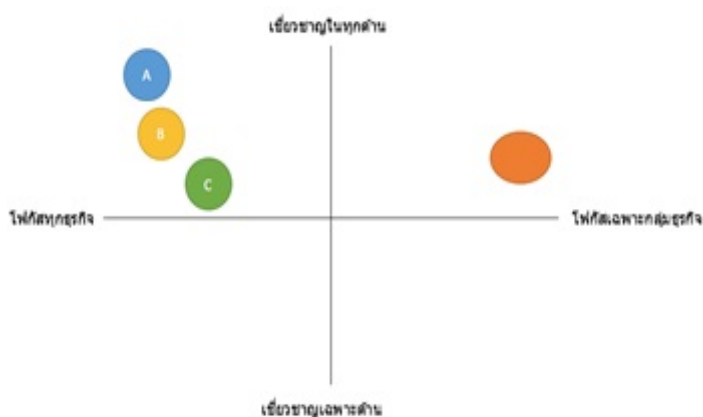
(STP: Segmentation, Targeting, Product Positioning) STP Model เป็นเครื่องมือทางการตลาดที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการแบ่งส่วนตลาด กำหนดกลุ่มเป้าหมาย และวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกนำมาใช้ในประกอบการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดขององค์กรเพื่อให้ธุรกิจบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ต่อไป (Kotler et al, 2014) ซึ่งในงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1) การแบ่งกลุ่มทางการตลาด (Segmentation) แบ่งได้ 2 แบบ คือ การแบ่งกลุ่มตลาดตามความถนัดความเชี่ยวชาญ และการแบ่งกลุ่มตลาดตามขอบเขตการให้บริการ จากการแบ่งกลุ่มการตลาดข้างต้น พบว่าอยู่ในด้านอื่นๆ สำหรับการแบ่งกลุ่มตลาดตามความถนัดความเชี่ยวชาญ

และ ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานสำหรับการแบ่งกลุ่มตลาดตามขอบเขตการให้บริการ เนื่องจากเป็นการให้บริการที่ใช้ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน และอุปกรณ์เฉพาะที่รวมกันเป็นระบบที่ใช้สำหรับสร้างพฤติกรรมอนุรักษ์พลังงานให้กับผู้ใช้ในองค์กรในลักษณะของการควบคุมการใช้พลังงานทางอ้อม (Passive Control) ไม่ใช่การให้บริการด้านแสงสว่างและด้านระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานซึ่งเป็นลักษณะของการควบคุมการใช้พลังงานทางตรง (Active Control)

2) กลุ่มเป้าหมาย (Targeting) เลือกกลุ่มเป้าหมายที่เป็นโรงเรียนที่อยู่ในสังกัดของภาครัฐบาลเป็นกลุ่มหลัก และค่อยต่อยอดกลุ่มรอง มาเป็นโรงเรียนในภาคเอกชน ทั้งนี้เนื่องจากโรงเรียนของรัฐได้รับนโยบายอนุรักษ์พลังงานที่จะต้องดำเนินการอยู่แล้ว ในส่วนของภาคเอกชนเป็นส่วนต่อยอดจากการนำเสนอบริการจากโรงเรียนในภาครัฐ เพื่อให้ขยายตลาดให้กว้างขึ้น ครอบคลุมโรงเรียนอื่นๆ มากขึ้น นอกจากนี้ยังมุ่งไปที่การเข้าไปนำเสนอบริการ และร่วมมือกับโครงการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนอีกด้วย

3) ตำแหน่งทางการตลาด (Positioning) จากการแบ่งกลุ่มทางการตลาดและกลุ่มเป้าหมาย สามารถกำหนดการวางตำแหน่งทางการตลาด (Positioning) ได้ตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ตำแหน่งทางการตลาด (Positioning)

จากรูปที่ 4.15 อธิบายได้ว่า บริษัทคู่แข่งสำคัญมี 3 บริษัทด้วยกัน เนื่องจากเป็นบริษัทที่มีประสบการณ์ในการจัดการอนุรักษ์พลังงานกับสถานศึกษาและหน่วยงานภาครัฐ และมีความเชี่ยวชาญรอบด้าน คือ บริษัท ไบนารี แอนด์ อีควิเมนต์ จำกัด (A), บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด (B) และบริษัท สมาร์ท เอนเนอจี เซฟวิง จำกัด (C) โดยใช้ปัจจัยด้านความถนัดความเชี่ยวชาญ และการเจาะกลุ่มธุรกิจเป้าหมายเป็นเกณฑ์ในการแบ่งแยกตำแหน่งทางการตลาดของแต่ละบริษัท ซึ่งถ้าให้วางตำแหน่งทางการตลาด ก็จะมีแนวโน้มที่จะไปทางความเชี่ยวชาญในทุกด้าน เนื่องจากว่าเป็น แอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ แต่ทั้งนี้การมุ่งเน้นจะอยู่ที่เฉพาะกลุ่มธุรกิจ ซึ่งเน้นที่โรงเรียนเป็นหลัก เพื่อตอบโจทย์แนวคิดการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของเยาวชน

จ. หลักการตลาด: สินค้าหรือบริการ ราคา ช่องทางจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด (Marketing Mix, 4Ps: Product, Price, Place, and Promotion)

ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักการตลาด Marketing Mix หรือ 4Ps ตามแนวคิดของ Kotler ที่ว่า 4Ps เป็นกลุ่มตัวแปรควบคุมที่องค์กรสามารถใช้เพื่อสร้างอิทธิพลต่อการตอบรับของลูกค้า ซึ่ง 4Ps จะช่วยให้องค์กรสามารถสร้างจุดขายที่เป็นเอกลักษณ์ และ ภาพลักษณ์ของสินค้าหรือบริการ (Kotler and Armstrong, 2014) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

| Marketing Mix 4 P's | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| Product | Price | Place | Promotion |
| Variety | List price | Channels | Advertising |
| Quality | Discounts | Coverage | Personal selling |
| Design | Allowances | Locations | Sales promotion |
| Features | Payment period | Inventory | Public relations |
| Brand name | Credit terms | Transportation | Direct marketing |
| Packaging | | Logistics | |
| Services | | Assortments | |

รูปที่ 4.16 โมเดล Marketing Mix หรือ 4Ps (Kotler and Armstrong, 2014)

1) สินค้าหรือบริการ (Product) สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- ก) การบริการให้คำปรึกษาด้านการจัดการพลังงานโดยตรงกับโรงเรียน โดยให้บริการติดตั้งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พร้อมให้บริการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้าและการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School รวมถึงการให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ซึ่งบริการนี้จะทำการลงทุนและคิดค่าใช้จ่ายโดยตรงจากโรงเรียนที่ใช้บริการ ในส่วนที่เกี่ยวกับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งประกอบด้วย ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้า และระบบเครือข่ายในโรงเรียนที่ใช้บริการ จัดทำฐานข้อมูลผู้ใช้ในโรงเรียน และการอนุญาตให้สิทธิเปิดเข้าใช้งานแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ดูแลจัดการการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พร้อมทำรายงานจัดส่งให้โรงเรียนตามระยะเวลาที่กำหนด และให้คำปรึกษา แนะนำตามช่วงระยะเวลาบำรุงรักษาตามที่กำหนด เช่น รายเดือน รายปี
- ข) การบริการให้คำปรึกษาด้านการจัดการพลังงานโดยผ่านโครงการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ โดยให้บริการติดตั้งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พร้อมให้บริการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้าและการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School รวมถึงการให้คำปรึกษาและคำแนะนำให้กับโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการที่สนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งบริการนี้จะทำการลงทุนและคิดค่าใช้จ่ายจากหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุน ในส่วนที่เกี่ยวกับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัด

พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ประกอบด้วย ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้า และระบบเครือข่ายให้กับโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการที่สนับสนุนจากภาครัฐ จัดทำฐานข้อมูลผู้ใช้ในโรงเรียน และการอนุญาตให้สิทธิเปิดเข้าใช้งานแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School ดูแลจัดการการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พร้อมทำรายงานจัดส่งให้โรงเรียน และหน่วยงานภาครัฐ ตามระยะเวลาที่กำหนด ให้คำปรึกษา แนะนำตามช่วงระยะเวลา บำรุงรักษาตามที่กำหนด เช่น รายเดือน รายปี และประเมินผลงานของโรงเรียนต่างๆ ที่เข้าร่วมโครงการตามข้อกำหนดของหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุน

2) ราคา (Price) ในส่วนของการคิดราคาของการบริการ จะทำการคำนวณต้นทุนก่อน แล้วนำมาบวกกำไร 20-30% ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณจะแสดงในหัวข้อความเป็นไปได้ด้าน เศรษฐศาสตร์และการเงินต่อไป

3) ช่องทางจัดจำหน่าย (Place) มีการจัดหาช่องทางจัดจำหน่ายดังต่อไปนี้

ก) เข้าร่วมสมัครเป็นสมาชิกของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย โดยการขึ้นทะเบียนการเป็นบริษัทจัดการพลังงานในประเทศไทยตามหลักเกณฑ์ เพื่อจะทำให้มีโอกาสเปิดช่องทางให้ลูกค้าได้ทำความรู้จักและติดต่อผ่านทางเว็บไซต์ <http://www.thaiesco.org> ซึ่งเป็นศูนย์กลางข้อมูลให้คำปรึกษาและแนะนำ และยังเป็นเป็นศูนย์ข้อมูลที่เผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทจัดการพลังงานอีกด้วย โดยได้รับการสนับสนุนจากสนับสนุนกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

- ข) สร้างเว็บไซต์ขึ้น พร้อมทั้งทำการแสดงข้อมูลสินค้าและบริการ รวมถึงช่องทางการติดต่อ โดยที่สามารถลิงค์มาได้จาก เว็บไซต์ <http://www.thaiesco.org>
- ค) ส่งอีเมลล์ หรือโทรศัพท์ เพื่อขอนัดหมายกับโรงเรียนต่างๆ รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานในสังกัดกระทรวงพลังงาน หรือการไฟฟ้าต่างๆ เพื่อขอแนะนำสินค้าและบริการ ส่ง e-mail

4) การส่งเสริมการตลาด (Promotion)

- ก) ขอความร่วมมือจากรัฐบาล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงพลังงาน โดยการนำเสนอนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาลให้เป็นแนวทางหนึ่งสำหรับช่วยโรงเรียนประหยัดพลังงาน โดยรับเป็นที่ปรึกษาด้านพลังงานให้กับโรงเรียนต่างๆ
- ข) เสนอเข้าร่วมโครงการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่จัดขึ้นเพื่อรณรงค์กระตุ้นให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ประหยัดพลังงาน เช่น โครงการห้องเรียนสีเขียว ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ โครงการ Energy Mind Award ของการไฟฟ้านครหลวง

3. ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของธุรกิจ เป็นการประเมินการลงทุนด้านการเงิน ในการพัฒนาเชิงพาณิชย์ของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของต้นทุน และรายได้ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการดำเนินโครงการในเชิงพาณิชย์ สำหรับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล มีต้นทุนสำหรับการพัฒนา สามารถสรุปได้ดังนี้

| | | |
|---|-------------|-----------------|
| ค่าพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้า WIEAM | 30,000 บาท | |
| ค่าพัฒนาซอฟต์แวร์โปรแกรมเกม Power School | 60,000 บาท | (รวมค่ากราฟฟิก) |
| ค่าใช้จ่ายสำหรับการจดทะเบียนของ web service | 1,000 บาท | (ต่อปี) |
| ค่าใช้จ่ายสำหรับการเช่าพื้นที่ cloud server | 3,000 บาท | (ต่อปี) |
| ค่าใช้จ่ายสำหรับจ้างพนักงาน | 15,000 บาท | (ต่อคน/เดือน) |
| ค่าใช้จ่ายด้านการบริหารจัดการ | 100,000 บาท | (ต่อปี) |

เมื่อพิจารณารายการลงทุนเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายรายปี จะเป็นไปดังตารางที่ 4.15

จากตารางที่ 4.15 สามารถสรุปได้ว่า การดำเนินธุรกิจจะต้องมีรายได้หลังจากหักต้นทุน
 สิ้นค้าจากการขาย (Earnings Before Interest and Taxes: EBIT) ต่อปีไม่ต่ำกว่า 464,000 บาท
 หรือเดือนละประมาณ 38,600 บาท โดยแหล่งรายได้จากการประกอบธุรกิจ ประกอบด้วย
 ค่าบริการรายโครงการ ค่าบริการรายปี และรายได้เสริมอื่นๆ เช่น การอบรมและการให้คำปรึกษา

ตารางที่ 4.15 การประเมินการลงทุนเริ่มต้น และการประเมินค่าใช้จ่ายต่อปีขั้นต่ำ

| รายการ | จำนวนเงิน (บาท) |
|---|-----------------|
| การลงทุนเริ่มต้น | |
| ค่าพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย (WIEAM) | 30,000 |
| ค่าพัฒนาซอฟต์แวร์โปรแกรมเกม Power School | 60,000 |
| รวมค่าลงทุนเริ่มต้น | 90,000 |
| ค่าใช้จ่ายต่อปี | |
| ค่าจดทะเบียนของ web service | 1,000 |
| ค่าเช่าพื้นที่ cloud server | 3,000 |
| ค่าจ้างพนักงาน 2 คน | 360,000 |
| ค่าบริหารจัดการ | 100,000 |
| รวมค่าใช้จ่ายต่อปี | 464,000 |

4. ความเป็นไปได้ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

- ก. ช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพราะสามารถลดมลภาวะที่เกิด จากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงในผลิตไฟฟ้า
- ข. plugs จิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานให้กับบุคลากรในโรงเรียน โดยเฉพาะนักเรียนซึ่งเป็นเยาวชน ให้เห็นคุณค่าและความสำคัญของพลังงาน และมุ่งหวังให้เกิดการถ่ายทอดจิตสำนึกดังกล่าวไปสู่บุคคลในครอบครัวอีกด้วย
- ค. โรงเรียนสามารถสร้างภาพลักษณ์ว่าเป็นองค์กรที่มีความรับผิดชอบต่อสังคม
- จากการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility Study) ในการนำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปสู่เชิงพาณิชย์ ผู้วิจัยได้นำมาสร้างโมเดลธุรกิจ โดยเริ่มจากการสร้าง Business Model Canvas (Osterwalder and Pigneur, 2010) ดังนี้



รูปที่ 4.17 Business Model Canvas ของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

เมื่อได้โมเดลธุรกิจแล้ว จึงทำการออกแบบวิธีการนำเสนอแพคเกจการให้บริการของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้ซอฟต์แวร์โปรแกรม Power School และค่าอุปกรณ์ WIEAM โดยค่าใช้ซอฟต์แวร์โปรแกรม Power School จะแบ่งเป็นค่าแรกเข้าในปีแรก โดยจะคำนวณตามจำนวนห้องเรียนที่ใช้งาน ห้องเรียนละ 500 บาท ในปีต่อไปจะเหลือแค่ห้องเรียนละ 100 บาท สำหรับค่าอุปกรณ์ WIEAM นั้น จะคิดค่าอุปกรณ์พร้อมติดตั้ง ห้องเรียนละ 1 ชิ้น ชิ้นละ 1,000 บาท พร้อม

รับประกันให้ 1 ปี จากนั้นก็ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ โดยอ้างอิงจากข้อมูลสังเกตการณ์ห้องเรียนตัวอย่างในโรงเรียนศรีอยุธยา เพื่อนำไปชี้แจงและทำความเข้าใจกับโรงเรียนอื่นในการที่จะนำเสนอนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในเชิงพาณิชย์ ตามที่แสดงในตาราง 4.16 โดยสมมติให้โรงเรียนสามารถลดพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ต่ำสุดที่ 20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทหลอดไฟฟ้าและพัดลมไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงโรงเรียนลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 2,760 หน่วยต่อปี และเพิ่มพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการทำกิจกรรมปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงโรงเรียนลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 7,080 หน่วยต่อปี จากนั้นนำมาคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่อัตราหน่วยละ 4.1283 บาท ก็จะได้ว่าโรงเรียนสามารถลดค่าไฟฟ้าจากพฤติกรรมสิ้นเปลืองได้ 11,392.2 บาท และลดค่าไฟฟ้าจากการเพิ่มพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 29,230 บาท เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล จะพบว่าโรงเรียนมีโอกาที่จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้คุ้มกับเงินลงทุนได้ภายในระยะเวลาเพียง 3 ปีกว่าเท่านั้น ในขณะที่เดียวกัน หากสมมติให้โรงเรียนสามารถลดพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 46% พบว่าโรงเรียนสามารถลดค่าไฟฟ้าจากพฤติกรรมสิ้นเปลืองได้มากถึง 55,432 บาท และโรงเรียนมีโอกาที่จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้คุ้มกับเงินลงทุนได้ภายในระยะเวลาเพียง 2 ปีเศษเท่านั้น ตามตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 Cost – Benefit Analysis เมื่อใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เทียบจากโครงการทดลองในโรงเรียนศรีอยุธยาฯ (กรณีต่ำสุด)

| ต้นทุน | ปีที่ | | | | | |
|---|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ค่าซอฟต์แวร์ Power School (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 500 บาท) | -30000 | | | | | |
| ค่าอุปกรณ์ WIEAM รวมติดตั้ง (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 1000 บาท) | -60000 | | | | | |
| ค่าบริการรายปี (ปีแรกฟรี) (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 100 บาท) | | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 |
| รวมต้นทุน | -90000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 |
| Discount factor (Discount rate = 10% p.a.) | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |
| Present Value ของต้นทุน | -90000 | -5454.5 | -4958.6 | -4507.8 | -4098 | -3725.5 |
| Cumulative PV ของต้นทุน | -90000 | -95454.5 | -100413.1 | -104920.9 | -109018.9 | -112744.4 |
| ผลประโยชน์ | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการลดพฤติกรรมสิ้นเปลือง (จาก 20% ของพฤติกรรมสิ้นเปลืองที่ลดลง) | | 11392.2 | 11392.2 | 11392.2 | 11392.2 | 11392.2 |
| ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากพฤติกรรมประหยัด (จาก 60% ของเคสปิดแอร์ก่อนเวลา) | | 29230 | 29230 | 29230 | 29230 | 29230 |
| รวมผลประโยชน์ | | 40622.2 | 40622.2 | 40622.2 | 40622.2 | 40622.2 |
| Discount factor (Discount rate = 10% p.a.) | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |
| Present Value ของผลประโยชน์ | | 36929.3 | 33572 | 30520 | 27745.5 | 25223.2 |
| Cumulative PV ของผลประโยชน์ | | 36929.3 | 70501.3 | 101021.3 | 128766.8 | 153990 |
| Cumulative PV หักลบผลประโยชน์และต้นทุน | -90000 | -58525.2 | -29911.8 | -3899.6 | 19747.9 | 41245.6 |

ตารางที่ 4.17 Cost – Benefit Analysis เมื่อใช้วัฏกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด

พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เทียบจากโครงการทดลองในโรงเรียนศรีอยุธยา (กรณีสูงสุด)

| ต้นทุน | ปีที่ | | | | | |
|---|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ค่าซอฟต์แวร์ Power School (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 500 บาท) | -30000 | | | | | |
| ค่าอุปกรณ์ WIEAM รวมติดตั้ง (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 1000 บาท) | -60000 | | | | | |
| ค่าบริการรายปี (ปีแรกฟรี) (คำนวณตามจำนวนห้องเรียน ห้องละ 100 บาท) | | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 |
| รวมต้นทุน | -90000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 | -6000 |
| Discount factor (Discount rate = 10% p.a.) | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |
| Present Value ของต้นทุน | -90000 | -5454.5 | -4958.6 | -4507.8 | -4098 | -3725.5 |
| Cumulative PV ของต้นทุน | -90000 | -95454.5 | -100413.1 | -104920.9 | -109018.9 | -112744.4 |
| ผลประโยชน์ | | | | | | |
| ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการลดพฤติกรรมสิ้นเปลือง (จาก 46% ของพฤติกรรมสิ้นเปลืองที่ลดลง) | | 26202 | 26202 | 26202 | 26202 | 26202 |
| ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากพฤติกรรมประหยัด (จาก 60% ของเคสปิดแอร์ก่อนเวลา) | | 29230 | 29230 | 29230 | 29230 | 29230 |
| รวมผลประโยชน์ | | 55432 | 55432 | 55432 | 55432 | 55432 |
| Discount factor (Discount rate = 10% p.a.) | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.75 | 0.68 | 0.62 |
| Present Value ของผลประโยชน์ | | 50392.7 | 45811.6 | 41646.9 | 37860.8 | 34418.9 |
| Cumulative PV ของผลประโยชน์ | | 50392.7 | 96204.3 | 137851.2 | 175712 | 210130.9 |
| Cumulative PV หักลบผลประโยชน์และต้นทุน | -90000 | -45061.8 | -4208.8 | 32930.3 | 66693.1 | 97386.5 |

ในบทที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยและได้ผลการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่บทที่ 3

คือ ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียน โดยที่ได้ผลว่าอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับแรกในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนได้แก่อุปสรรคที่เกิดจากการเห็นคุณค่าของพลังงาน อันเป็นอุปสรรคด้านพฤติกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิจัยต่อในขั้นตอนที่ 2 เพื่อสรุปหา

แนวคิดที่จะนำมาใช้ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ได้จากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 กล่าวคือ สามารถที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนให้เป็นไปในทิศทางที่ประหยัดมากยิ่งขึ้น โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำวิจัยที่สำคัญอยู่ 2 ชิ้น คือ อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) และ แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School จากนั้นผู้วิจัยได้นำเอานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปทำการวิจัยทดลองที่โรงเรียนตัวอย่าง เพื่อให้ทราบผลว่าสามารถสร้างผลกระทบต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนได้หรือไม่อย่างไร โดยใช้การสังเกตการณ์และแบบสอบถามเพื่อประเมิน เมื่อได้ผลการศึกษาในขั้นตอนนี้ว่า นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลสามารถส่งผลกระทบต่อเชิงบวกต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนได้จริง ผู้วิจัยก็ได้ทำการศึกษาต่อในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งเป็นการศึกษารายอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยใช้การสัมภาษณ์และแบบสอบถาม และได้รับทราบผลการยอมรับจากทั้งผู้ใช้งานจริง คือ นักเรียน และผู้ใช้งานอ้อม คือ ผู้บริหารโรงเรียน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากนั้นผู้วิจัยยังได้ทำการการศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ โดยการศึกษาค่าความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Feasibility Study) เพื่อทราบผลความเป็นไปได้และแนวทางในการนำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปสู่เชิงพาณิชย์ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะได้นำผลการศึกษาทั้งหมดในบทที่ 4 ไปทำการสรุปผลการวิจัย และอภิปรายผลต่อไปในบทที่ 5

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายถึงที่มาของปัญหาด้านความมั่นคงทางพลังงานของประเทศ ไทย และความจำเป็นที่โรงเรียนจะต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน อันเนื่องมาจากนโยบายของ รัฐบาลไว้แล้วข้างต้น จึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการทำวิจัยเรื่องนวัตกรรมระบบ ส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน รัฐบาลที่สอดคล้องกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
3. เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องเรียนตัวอย่างภายหลัง การทดสอบใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียนรัฐบาล
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน
รัฐบาล ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน
โรงเรียน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การเก็บข้อมูลด้วยวิธีการ
สัมภาษณ์แบบรายบุคคล (Face-to-face interview) เพื่อระบุปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการ
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล
พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับอุปสรรคในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในหลายบริบท ซึ่งนำมาสรุปเป็น
ประเภทของอุปสรรค ดังนี้ (1) อุปสรรคด้านการเงิน (2) อุปสรรคด้านการตลาดที่ล้มเหลว (3)
อุปสรรคจากหน่วยงานหรือสถาบันที่เกี่ยวข้อง (4) อุปสรรคด้านกฎระเบียบและวัฒนธรรมองค์กร
และ (5) อุปสรรคด้านพฤติกรรมและความคิดเห็นส่วนบุคคล แล้วจึงนำมาสร้างเป็นประเด็น
คำถามในแบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นเครื่องมือวิจัย จากนั้นจึงนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ ไปทำการ
สัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้บริหารโรงเรียน จำนวน 10 แห่ง โดยใช้คำถามแบบปลายเปิด (Open-
ended question) แล้วจึงนำข้อมูลเกี่ยวกับอุปสรรคในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนที่ได้
จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้บริหารโรงเรียน มาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภท
ข้อมูล ทำการจำแนกหน่วยวิเคราะห์เป็นชนิดของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน
โรงเรียน แล้วทำการนับความถี่คือจำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วยว่าชนิดของอุปสรรคดังกล่าวมีผล
ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วย
ตารางและนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด
พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในโรงเรียนรัฐบาล เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) แบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง 1 กลุ่ม (One group pretest-posttest design) โดยจะใช้แบบสอบถามในการทดสอบผลการทดลองร่วมกับ การวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยการสังเกตการณ์ (Observation) โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 126 คน แบ่งออกเป็น 3 ห้องเรียน คือห้อง 4/1 ห้อง 4/2 และห้อง 4/3 ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 2 เครื่องมือ ได้แก่ รูปแบบการสังเกตการณ์ และแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษเกี่ยวกับอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนจากขั้นตอนที่ 1 มาใช้เป็น แนวทางในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางจัดการที่สอดคล้องกับอุปสรรคจากผลวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแนวคิดด้านพฤติกรรมการใช้พลังงาน แนวคิดด้านอุปกรณ์เพื่อช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แนวคิดด้านเกมพีเคชั่น และอื่นๆ เพื่อนำมาออกแบบและสร้างนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบ ที่ผู้วิจัยต้องทำการประดิษฐ์และพัฒนาเพิ่มเติมอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ 1. อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำหรับใช้ในการตรวจสอบสถานะการทำงาน เปิด - ปิด ของเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน และ 2. แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำหรับใช้เป็นแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นเพื่อเป็น Platform ให้นักเรียนได้เข้ามาร่วมโครงการทดลองใช้งานนวัตกรรมระบบฯ จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลพฤติกรรมกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนห้องตัวอย่างจากโรงเรียนศรีอยุธยา ด้วยการสังเกตการณ์ (Observation) โดยกล้องวงจรปิด ทำการแบ่งการสังเกตออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรก สังเกตพฤติกรรมการใช้

พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่างก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ โดยจะใช้เวลาเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ ช่วงหลัง สังเกตพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเมื่อใช้นวัตกรรมระบบฯ แล้ว โดยจะใช้เวลาเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แล้วจึงวิเคราะห์ผลการสังเกตโดยใช้วิธีการเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ มีการแจกแจงความถี่ของเนื้อหาหรือประเด็นที่เกิดขึ้นแล้วนับ และใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 ทำการจำแนกหน่วยวิเคราะห์เป็นพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน แล้วทำการนับความถี่คือจำนวนครั้งที่สามารถนับได้จากการสังเกตการณ์ จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง

นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งเป็นการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเองของนักเรียน และจากประเมินจากผู้ปกครอง โดยทำการเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรก สอบถามก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ และช่วงหลัง สอบถามเมื่อใช้นวัตกรรมระบบฯแล้ว จากนั้นทำการแยกประเภทของข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ สำหรับสถิติที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแบบสอบถามนั้น ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติอนุมานแบบ Paired t-test ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลัง การใช้นวัตกรรมระบบฯ มาทำการสอบย้อนกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการ

พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ และสรุปประเด็นสำคัญต่างๆ จากนั้นนำเสนอในลักษณะของตารางและคำบรรยาย

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบเชิงลึก (In-depth interview) ร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ คือ นักเรียนห้องเรียนตัวอย่างในโรงเรียนศรีอยุธยา ทั้งสิ้น 126 ตัวอย่าง สำหรับประชากรที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ คือ ผู้บริหารและอาจารย์ประจำระดับชั้น ม.4 ของโรงเรียนศรีอยุธยา ร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิจากผู้บริหารโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาล ในเขตกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เขตการศึกษา 1 และ 2 ที่อยู่ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ อีก 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิจากผู้บริหารหน่วยงานของภาครัฐ ที่ให้การสนับสนุนโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และการไฟฟ้านครหลวง อีกแห่งละท่าน การวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยมีการแจกแจงความถี่ของเนื้อหาหรือประเด็นที่เกิดขึ้นแล้วนับ และใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแล้วทำการนับความถี่ คือจำนวนผู้บริหารที่เห็นด้วยกับปัจจัยที่ปรากฏในแต่ละคำถามที่สามารถนับได้จากการสัมภาษณ์ จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง ในส่วนของกาวิเคราะห์ผลแบบสอบถาม จะทำการแยกประเภทของข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ สำหรับสถิติที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การยอมรับใช้งาน

ของผู้ใช้ที่ได้จากแบบสอบถามนั้น จะวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาแบบต่างๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน จากนั้นทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากผู้บริหารโรงเรียนเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ผู้วิจัยศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้บริหารโรงเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีจำแนกข้อมูลตามความสอดคล้องเชิงเนื้อหา เทียบกับหลักการแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตามประเด็นที่ผู้วิจัยสัมภาษณ์ แล้วพิจารณาตามความเหมาะสม และความสม่ำเสมอของข้อมูล สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ปรากฏในบทที่ 4 จากตาราง แสดงให้เห็นว่า อุปสรรคที่สำคัญที่สุดสำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนคือ นโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล และการให้คุณค่าของพลังงาน เพราะฉะนั้นโรงเรียนจึงควรที่จะมุ่งเน้นหาวิธีการในการที่จะแก้ไขอุปสรรคดังกล่าว อย่างไรก็ตามนโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล เป็นสิ่งที่โรงเรียนไม่สามารถที่จะเข้าไปแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงได้ โรงเรียนจึงต้องมุ่งเน้นแนวทางแก้ไขไปที่การให้คุณค่าของพลังงานของผู้ใช้ในโรงเรียนเป็นสำคัญ โดยจะต้องสอดคล้องกับอุปสรรคที่สำคัญรองลงมาด้วย ได้แก่ เวลาและลำดับความสำคัญ (อันดับ 2) และ

การได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (อันดับ 3) หมายความว่า แนวทางในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น จะต้องมุ่งเน้นที่จะทำให้ผู้ใช้พลังงานในโรงเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของพลังงาน ไม่ใช่พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย และช่วยกันประหยัดพลังงานเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ต้องสามารถช่วยลดอุปสรรคอื่น ๆ ได้ด้วย หรืออย่างน้อยจะต้องไม่เพิ่มเติมปัญหาจากอุปสรรคด้านอื่น เช่น นวัตกรรมระบบฯ จะต้องไม่เพิ่มภาระให้กับโรงเรียน หรือผู้ใช้ในโรงเรียน ในการใช้เวลาเพื่อมาดูแลและจัดการ เนื่องจากโรงเรียน และผู้ใช้ในโรงเรียน มีภาระหน้าที่หลักในเรื่องของการศึกษามากพออยู่แล้ว และ จะต้องช่วยแก้ไขปัญหาการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด โดยต้องเปิดโอกาสให้ผู้ช่วยประหยัดพลังงานในโรงเรียนได้รับผลตอบแทนที่เหมาะสม เพราะหากไม่เป็นเช่นนั้น จะกลายเป็นว่าโรงเรียนเป็นผู้ได้ผลประโยชน์จากการช่วยประหยัดของผู้ใช้เพียงฝ่ายเดียว ก็อาจจะทำให้ผู้ใช้ไม่ได้รับแรงจูงใจในการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล จากการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในตอนที่ 1 ได้ถูกนำมาใช้พัฒนานวัตกรรมระบบฯ และนำไปทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. การประดิษฐ์และพัฒนาอุปกรณ์ประกอบสำหรับการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมระบบฯ

- 1) อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบสถานะการทำงาน เปิด - ปิด ของเครื่องใช้ไฟฟ้า

ในห้องเรียน เช่น หลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ กล้องดิจิทัล คอมพิวเตอร์บอร์ด Raspberry-Pi และโมดูลอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Wi-Fi อุปกรณ์ WIEAM ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Linux โดยจะใช้กระบวนการ Image comparison ในการแยกแยะสถานะการทำงานของเครื่องไฟฟ้าระหว่างภาพต้นแบบที่ถูกเก็บไว้กับรูปที่บันทึกได้ในทุกๆ 1 นาที จากนั้นทำการประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปใน Cloud Server

- 2) แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School เป็นแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นเพื่อเป็น Platform ให้นักเรียนได้เข้ามาร่วมกิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยพัฒนามาจากแนวคิดเกมฟิเคชั่น ซึ่งในที่นี้ ผู้วิจัยได้ใช้ การให้คะแนน (Points) ตารางคะแนนผู้นำ (Leaderboard) และความสำเร็จ (Achievement) เป็นองค์ประกอบ และยังเพิ่มแนวคิดของการตกลงผูกมัด (Commitment) และการให้สิ่งตอบแทน (Incentive) เข้าไปในแอปพลิเคชันด้วย เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพของ Power School โดยเครื่องมือที่ใช้พัฒนาตัวเกมคือ Unity3D Game Engine ซึ่งใช้ภาษา C# เป็นภาษาหลักในการพัฒนาโปรแกรม มี service จัดการเซิร์ฟเวอร์คือ gamesparks.com ซึ่งใช้ภาษา Javascript ในการสื่อสารกับฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบ MongoDB

สำหรับในส่วนของการใช้งาน Power School จะเริ่มต้นจากการให้นักเรียนเข้าไปเลือกกิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนที่ตนเองอยากทำในแต่ละวัน จากนั้น Power School จะทำการตรวจสอบข้อมูลจากอุปกรณ์ WIEAM แล้วจึงให้คะแนนกับผู้เล่นแต่ละคน พร้อมทั้งประมวลผลรวมคะแนนและจัดทำตารางผู้นำ และภายหลังจากโครงการทดลองสิ้นสุดสามารถสรุปผลเพื่อมอบรางวัลให้ตามเงื่อนไขที่ได้ตกลงไว้

เมื่อผู้วิจัยทำการเตรียมอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการวิจัยนวัตกรรมระบบฯ เรียบร้อยแล้ว ก็ได้นำไปติดตั้งที่ห้องเรียน 4/1 4/2 และ 4/3 ของโรงเรียนศรีอยุธยา ซึ่งเป็นห้องเรียนตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการใช้นวัตกรรมระบบฯ โดยได้ทำการแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลการสังเกตการณ์ และผลการประเมินจากแบบสอบถาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข. ผลการสังเกตการณ์

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีจำแนกประเภทข้อมูล ตามความสอดคล้องเชิงเนื้อหา เทียบกับ แนวทางประหยัดไฟฟ้าสำหรับหน่วยงานราชการ และ 108 วิธีประหยัดพลังงานของ EPPO ตามบัญชีตรวจ (Checklist) พบว่าก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ นั้น นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองในโรงเรียนจริงในหลากหลายรูปแบบ โดยนักเรียนห้องตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองมากที่สุด คือ นักเรียนห้อง 4/2 โดยเฉลี่ย 21 ครั้งต่อสัปดาห์ และ ห้อง 4/3 เป็นอันดับรองลงมา คือ เฉลี่ย 17 ครั้งต่อสัปดาห์ และ ห้อง 4/1 มีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองในโรงเรียนน้อยที่สุด คือ 10 ครั้งต่อสัปดาห์

อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้นวัตกรรมระบบฯ ผลการสังเกตการณ์มีความเปลี่ยนแปลงคือ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองมากที่สุดคือห้อง 4/2 มีความถี่ลดลง จาก 21 ครั้ง เหลือเพียงเฉลี่ย 11 ครั้งต่อสัปดาห์ (ลดลงประมาณ 46.62%) และ ห้อง 4/3 เป็นอันดับรองลงมา จาก 17 ครั้ง เหลือเพียงเฉลี่ย 10 ครั้งต่อสัปดาห์ (ลดลงประมาณ 41.18%) และห้อง 4/1 จาก 10 ครั้ง เหลือเพียงเฉลี่ย 8 ครั้งต่อสัปดาห์ (ลดลงประมาณ 20%) นอกจากนี้ผลการสังเกตการณ์ยังพบว่านักเรียนทั้ง 3 ห้องเรียนได้มีการแสดงพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติม ที่เกิดจากการทำกิจกรรมทำท้าย โดยการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาพักกลางวัน หรือเวลาเลิกเรียนตอนเย็นเป็นเวลา 10 นาที เป็นจำนวนเฉลี่ย 6 ครั้งต่อสัปดาห์ แบ่งเป็น ห้อง 4/1 จำนวน 2 ครั้ง ห้อง 4/2 จำนวน 3 ครั้ง และห้อง 4/3 จำนวน 1 ครั้ง

จากผลจากการสังเกตการณ์ แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมระบบฯ สามารถส่งผลกระทบต่อเชิงบวกด้านพฤติกรรมต่อนักเรียนห้องตัวอย่างในโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างนั้น ให้มีการแสดงออกถึงพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่น้อยลงและแสดงออกถึงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและผลที่ได้จากการสังเกตการณ์นี้ ผู้วิจัยจะได้นำไปทำการสอบย้อนกับผลการประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแบบประเมินของกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ค. ผลการประเมินจากแบบสอบถาม

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบสอบถามเพื่อประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 135 คน และได้รับแบบประเมินที่สมบูรณ์กลับมามากทั้งสิ้นจำนวน 126 ชุด ซึ่งคิดเป็นจำนวน 94 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ผลทางสถิติเชิงพรรณนาจากแบบประเมิน

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง ระหว่างช่วงเวลาก่อนการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น ในด้านการใช้หลอดไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 3.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.27 ด้านการใช้พัดลมไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 3.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.30 ด้านการใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอนมีค่าเท่ากับ 3.84 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.26 ด้านการใช้เครื่องปรับอากาศมีค่าเท่ากับ 3.76 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.27 ด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไปมีค่าเท่ากับ 3.71 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.14 ด้านเจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 3.94 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.07 และ ด้านความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 3.88 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.07

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง เมื่อมีการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น ในด้านการใช้หลอดไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 4.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.80 ด้านการใช้พัดลมไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 4.57 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.77 ด้านการใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอนมีค่าเท่ากับ 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.76 ด้านการใช้เครื่องปรับอากาศมีค่าเท่ากับ 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 ด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไปมีค่าเท่ากับ 4.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.73 ด้านเจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 4.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.61 และ ด้าน

ความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.64 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากผู้ปกครอง ระหว่างช่วงเวลาก่อนการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียนรัฐบาลนั้นมีค่าเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.16 ในขณะที่ค่าเฉลี่ย คะแนนประเมินจากผู้ปกครอง ภายหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้นมีค่าเท่ากับ 4.61 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57

2) ผลทางสถิติเพื่อทดสอบความสอดคล้อง

ค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Pearson correlation ของค่าเฉลี่ยคะแนนประเมิน พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ ในด้านการ ใช้หลอดไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 0.43 ด้านการใช้พัดลมไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 0.525 ด้านการใช้เครื่องฉาย ภาพประกอบการสอนมีค่าเท่ากับ 0.522 ด้านการใช้เครื่องปรับอากาศมีค่าเท่ากับ 0.46 ด้าน พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไปมีค่าเท่ากับ 0.495 ด้านเจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.433 และ ด้านความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.448 ส่วน ค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Pearson correlation ของค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรร มการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการประเมินของผู้ปกครอง ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรม ระบบฯ มีค่าเท่ากับ 0.433 ซึ่งการผลของค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนน ประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในทุกด้าน มีความสัมพันธ์กันทางบวกปาน

กลาง จึงมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถนำไปประมวลผลสถิติ Paired t-test ได้

3) ผลทางสถิติ Paired t-test โดยโปรแกรม SPSS

ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง ที่ระดับ $p < 0.05$ คือ ด้านการใช้หลอดไฟฟ้ามี่ค่า t เท่ากับ 7.66 ด้านการใช้พัดลมไฟฟ้ามี่ค่า t เท่ากับ 8.56 ด้านการใช้เครื่องฉายภาพประกอบการสอนมีค่า t เท่ากับ 8.13 ด้านการใช้เครื่องปรับอากาศมีค่า t เท่ากับ 8.47 ด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วไปมีค่า t เท่ากับ 8.86 ด้านเจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี่ค่า t เท่ากับ 7.39 และ ด้านความสามารถในการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี่ค่า t เท่ากับ 8.84 โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 โดยประมาณ ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียน โดยได้รับการประเมินจากผู้ปกครอง ทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ($t = 6.55, p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยได้รับการประเมินจากผู้ปกครอง ภายหลังจากใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 (Mean = 2.44)

จากผลประเมินดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพฤติกรรมประหยัดพลังงานมากขึ้นหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ สูงกว่าก่อนใช้ ทั้งจากการประเมินตนเองและการประเมินของผู้ปกครอง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยนำไปแปลผลได้ว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่างเปลี่ยนจากเกณฑ์ประหยัด ก่อนการใช้นวัตกรรมระบบฯ ไปสู่ เกณฑ์ประหยัดมากหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ ทั้งจากการประเมินโดยนักเรียนเอง และประเมินโดยผู้ปกครอง

ขั้นตอนที่ 3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

ผู้วิจัยแบ่งผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ผลการใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน และผลการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารโรงเรียนและหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุนด้านการประหยัดไฟฟ้าในโรงเรียน ดังนี้

ก. ผลการใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน

จากผลวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มนักเรียนห้องตัวอย่าง ที่ได้รับแบบสอบถามกลับมา จำนวน 126 คน พบว่าเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นในการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ ด้านการรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ด้านทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน และ ด้านความตั้งใจที่จะใช้งาน อยู่ในระดับ ยอมรับอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับเท่ากับ 4.52, 4.45, 4.49 และ 4.49 ตามลำดับ

ข. ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

จากการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 7 ท่าน แสดงให้เห็นว่า ผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับใช้งานเทคโนโลยีนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยให้การยอมรับในทุกๆด้าน ทั้งด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ การรับรู้ว่าเป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน และความตั้งใจที่จะใช้งาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนรวมเท่ากับ 6.5, 6.83, 7 และ 7 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล และข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยขอเสนออภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบัน

จากผลการศึกษาพบว่าในปัจจุบันมีชนิดของอุปสรรคที่สำคัญที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนอยู่ 9 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ 1. อุปสรรคด้านนโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล (Distortionary fiscal and regulatory policies), 2. อุปสรรคที่เกี่ยวกับการเห็นคุณค่า หรือ ความสำคัญของพลังงาน (Values), 3. อุปสรรคด้านเวลาและลำดับความสำคัญ (Time and Priority), 4. อุปสรรคจากการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (Principal-agent relationships/ Misplaced incentive), 5. อุปสรรคจากการได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete information), 6. อุปสรรคด้านความซับซ้อนของการออกแบบและโครงสร้าง (Complexity of design and structure), 7. อุปสรรคด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุน (Access to

capital), 8. อุปสรรคจากการขาดกำลังคนที่ผ่านการฝึกอบรม (Lack of trained manpower) และ

9. อุปสรรคจากกระบวนการ/ ขั้นตอนจัดซื้อที่ไม่ดีพอ (Poor purchasing procedure) โดยมีประเด็นการอภิปรายดังนี้

- 1) อุปสรรคด้านนโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาล (Distortionary fiscal and regulatory policies) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 1 ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Brown (2001) and Sardanou (2008) ที่ได้ให้ความเห็นว่ นโยบายเกี่ยวกับการกำกับดูแลและงบประมาณที่ผิดพลาดของรัฐบาลเป็นปัจจัยสำคัญที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน
- 2) อุปสรรคที่เกี่ยวกับการเห็นคุณค่า หรือความสำคัญของพลังงาน (Values) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 1 เช่นเดียวกัน ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Nagesha and Balachandra (2006) ที่ได้ผลลัพธ์ในงานวิจัยว่า การเห็นคุณค่า หรือความสำคัญของพลังงานของบุคคลในองค์กรเป็นอุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน
- 3) อุปสรรคด้านเวลาและลำดับความสำคัญ (Time and Priority) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 2 ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ de Groot et al. (2001) and Rohdin and Thollander (2006) ที่ได้ระบุว่า อุปสรรคด้านเวลา และลำดับความสำคัญเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน

- 4) อุปสรรคจากการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (Principal-agent relationships/ Misplaced incentive) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 3 ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Sorrell (2000) ซึ่งได้ให้ความเห็นว่าการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุดเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงานในองค์กรการศึกษาระดับสูงในประเทศไอร์แลนด์
- 5) อุปสรรคจากการได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete information) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 4 ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Rohdin and Thollander (2006) and Sardanou (2008) ที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน
- 6) อุปสรรคด้านความซับซ้อนของการออกแบบและโครงสร้าง (Complexity of design and structure) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 4 เช่นกัน ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kershaw and Simm (2014) ที่ได้ผลลัพธ์จากการศึกษาว่าความซับซ้อนของการออกแบบและโครงสร้างเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการลดการใช้พลังงานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
- 7) อุปสรรคด้านการเข้าถึงแหล่งเงินทุน (Access to capital) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Sorrell (2000) and Wang et al. (2008) ที่ระบุว่า การเข้าถึงแหล่งเงินทุนเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน

- 8) อุปสรรคจากการขาดกำลังคนที่ผ่านการฝึกอบรม (Lack of trained manpower) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 5 เช่นกัน ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Wang et al. (2008) and Sardianou (2008) ที่ชี้ให้เห็นว่าการประหยัดพลังงานให้ประสบความสำเร็จจะทำได้ยากลำบากหากปราศจากบุคลากรที่ได้รับการอบรม มีทักษะและความรู้ในด้านพลังงานอย่างเพียงพอ
- 9) อุปสรรคจากกระบวนการ/ ขั้นตอนจัดซื้อที่ไม่ดีพอ (Poor purchasing procedure) ผู้บริหารโรงเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญเป็นอันดับ 5 เช่นเดียวกัน ที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kershaw and Simm (2014) ซึ่งได้ระบุผลลัพธ์ในงานวิจัยว่าเป็นหนึ่งในอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน

2. การพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

ผู้วิจัยขอเสนออภิปรายผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การพัฒนาอุปกรณ์ประกอบนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเพื่อใช้ประกอบการวิจัย และการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล มีประเด็นการอภิปรายดังนี้

ก. การออกแบบและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่สำหรับเป็นอุปกรณ์ประกอบนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเพื่อใช้ประกอบการวิจัย

- 1) การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย ซึ่งมีชื่อว่า Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) ขึ้นมานั้น มีสาเหตุมาจากข้อจำกัดในการใช้มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) คือ ระเบียบของสถานที่ราชการ และความเก่าแก่และยุ่งยากซับซ้อนของระบบสายไฟฟ้าภายในอาคารเรียน ในการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะเพื่อใช้กับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนั้น ในทางเทคนิคแล้วสามารถที่จะทำได้ โดยที่มิเตอร์อัจฉริยะมีความสามารถที่จะสามารถแยกแยะการเปิดหรือปิดใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทต่างๆได้ โดยการตรวจสอบจากรูปแบบของกราฟไฟฟ้าซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถเห็นได้จากงานวิจัยของ Wood and Newborough (2002), Prudenzi (2002) and Weiss et al., (2012) นอกจากนี้มิเตอร์อัจฉริยะยังสามารถที่จะเก็บข้อมูลของหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้อย่างละเอียด แยกแยะและเก็บข้อมูลเวลาการใช้งานได้อย่างแม่นยำ สามารถนำไปใช้ในการจัดทำรายงานประกอบการวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ อย่างไรก็ตาม จากข้อจำกัดที่ว่า ระเบียบของสถานที่ราชการ ไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ประเภทมิเตอร์อัจฉริยะ เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องมีการเดินสายไฟใหม่ ซึ่งจำเป็นต้องยื่นหนังสือเพื่อขออนุญาตอย่างเป็นทางการและอาจจะต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรกว่าจะได้รับอนุญาต นอกจากนี้ ความยุ่งยากซับซ้อนของระบบสายไฟฟ้าภายในอาคารเรียนซึ่งมีอายุการใช้งานมานานก็เป็นอีกข้อจำกัดต่อการใช้มิเตอร์อัจฉริยะ เพราะการวางผังสายไฟในอาคารเรียนเก่า มักจะทำแบบเรียงง่าย ไม่ซับซ้อน เน้นการใช้งานสะดวก และไม่คำนึงถึงความสิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากในอดีต โรงเรียนมีจำนวนห้องเรียน นักเรียน และเครื่องใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น การไม่มี

เบรกเกอร์ที่ใช้เปิด - ปิดการใช้ไฟฟ้าในแต่ละห้อง หรือแต่ละชั้น ในอาคารเรียน หรือการต่อเติมผังห้องเรียนโดยที่ไม่ได้มีการวางผังสายไฟฟ้าควบคุม จึงทำให้ไม่สามารถที่จะติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในแต่ละห้องเรียนได้ จึงทำให้จำเป็นต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจ่ายการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย WIEAM ขึ้น โดยเลือกเอาบางส่วนของฟังก์ชันการทำงานของมิเตอร์อัจฉริยะมาใช้ และพัฒนารูปแบบการใช้งานให้สามารถข้ามข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้ กล่าวคือ สามารถติดตั้งได้โดยที่ไม่ต้องมีการติดตั้งสายไฟใหม่แต่อย่างใด เพราะใช้การรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย และใช้แนวทางที่แตกต่างออกไปจากมิเตอร์อัจฉริยะในการตรวจสอบการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยแทนที่จะตรวจสอบจากกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด ก็เปลี่ยนมาใช้ในการตรวจสอบโดยใช้ภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sarkar et al. (2008) ในการใช้ภาพดิจิทัลตรวจสอบผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในห้อง โดยที่ WIEAM จะใช้ภาพดิจิทัลทำการตรวจสอบการ เปิด - ปิด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแทน

- 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันโปรแกรม Power School จากการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล มุ่งเน้นไปที่การช่วยจัดการและสอดคล้องกับอุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน คือ การเห็นคุณค่าของพลังงานจากผู้ใช้งานในโรงเรียน (Value) โดยใช้แอปพลิเคชันโปรแกรมเกมที่ได้จากแนวคิดเกมพีเคชั่น ที่มีการใช้องค์ประกอบของเกมคือ คะแนน (Points) ตารางผู้นำ (Leaderboard) และ ความสำเร็จ (Achievement) นอกจากเกมพีเคชั่นยังใช้แนวคิดเรื่องการตกลงผูกมัด (Commitment) และ การให้รางวัลตอบแทนอีกด้วย (Incentive) เพื่อสร้างแรงจูงใจ และ ส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานให้ผู้ใช้กลุ่มที่ใหญ่

ที่สุดในโรงเรียน ได้แก่นักเรียน โดยมีอุปกรณ์ประกอบของระบบ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า WIEAM ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านการบันทึก ประมวลผล และส่งข้อมูลสถานะการทำงาน เปิด - ปิด ของเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียนเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้นวัตกรรมระบบฯ จะต้องไม่เบียดบังเวลาและภาระกิจหลักด้านการศึกษาของนักเรียน ซึ่งการเข้าร่วมใช้นวัตกรรมระบบฯ นั้น นักเรียนจะใช้เวลาเพียงแค่ 10 นาทีต่อวันเท่านั้นในการเข้าใช้ และสามารถเข้าใช้ผ่านเว็บไซต์ได้จากคอมพิวเตอร์ที่บ้านของตนเองก่อน หรือหลังเวลาเข้าเรียนได้อีกด้วย และผู้บริหารโรงเรียนก็ไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการดูแลการทำงานของนวัตกรรมระบบฯ มากนัก เพราะระบบมีการทำงานแบบอัตโนมัติ จึงไม่เป็นการรบกวนเวลาการเรียนการสอนของโรงเรียน นอกจากนี้ การที่นวัตกรรมระบบฯ มีช่องทางที่สามารถใช้เพื่อให้โรงเรียนมอบผลตอบแทนให้กับผู้ใช้ที่สามารถช่วยโรงเรียนประหยัดพลังงาน เช่น นักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงสุด หรือ ห้องเรียนที่ทำคะแนนได้สูงสุด อาจได้รับรางวัลจากโรงเรียน เช่น การประกาศเกียรติคุณ การมอบคะแนนพิเศษ หรือ การทุนการศึกษา เป็นต้น ยังสามารถช่วยแก้ไขอุปสรรคที่เกิดจากการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุดอีกด้วย

ข. การวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียน จากการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล จากผลการศึกษาพบว่า ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การสังเกตการณ์ การใช้แบบประเมิน และกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล มีประเด็นการอภิปรายดังนี้

1) การสังเกตการณ์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ถูกใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์มาตั้งแต่อดีต ซึ่งการสังเกตการณ์สามารถแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่กลุ่มตัวอย่างได้กระทำจริง มีการบันทึกรายละเอียดเป็นหลักฐานชัดเจน ไม่จำเป็นต้องกังวลเกี่ยวกับการตีความในการตอบคำถามและความทรงจำหรือความนึกคิดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ McClelland and Cook (1980) ที่ได้ทำการรณรงค์การประหยัดพลังงานในมหาวิทยาลัยโคโลราโด และได้ใช้การสังเกตการณ์เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองของนักศึกษาในแต่ละห้องเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทราบข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง นอกเหนือจากข้อมูลที่บันทึกในบัญชีตรวจ (Checklist) เช่น ลักษณะการสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ก) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่มีผู้ใช้ (Unoccupied waste) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างฟุ่มเฟือย หรือสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ในขณะที่ไม่มีผู้ใช้ซึ่งเป็นนักเรียนอยู่ในห้องเรียนเลยแม้แต่คนเดียว ยกตัวอย่างเช่น การลืมเปิดหลอดไฟฟ้าทิ้งไปขณะเวลาพักรับประทานอาหารกลางวัน หรือการลืมเปิดพัดลมไฟฟ้าทิ้งไว้เมื่อเดินทางกลับบ้านหลังเลิกเรียน เป็นต้น ซึ่งสามารถเห็นตัวอย่างได้จากรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่มีผู้ใช้

ข) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในขณะที่มีผู้ใช้ (Occupied waste) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างฟุ่มเฟือยในขณะที่มีผู้ใช้ซึ่งเป็นนักเรียนอยู่ในห้องเรียน แต่เป็นการใช้พลังงานที่เกินความจำเป็น หรือไม่สมเหตุผล ผล ยกตัวอย่าง เช่น การเปิดหลอดไฟฟ้าทุกดวงในห้องในขณะที่มีนักเรียนอยู่เพียงแค่มักีคน หรือ การเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการเรียนการสอนในขณะที่ไม่มีการเรียนเป็นต้น ซึ่งสามารถเห็นตัวอย่างได้จากรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ภาพตัวอย่างพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานในขณะที่มีผู้ใช้

2) การใช้แบบประเมิน

ผลจากการวิเคราะห์คะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเอง ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล พบว่า ค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired T - Test) พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรม

การใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเองทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับปานกลาง โดยที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก คือ มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเองในด้านต่างๆ ภายหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณมากกว่า 2 แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมระบบฯ มีส่วนช่วยส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่างให้มีความประหยัดมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abrahamse et al. (2005) ที่ระบุว่าหากใช้กลยุทธ์การแทรกแซง อย่างเหมาะสมย่อมจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากนำไปใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น การสร้างแรงจูงใจเพื่อสร้างผลกระทบในเชิงบวกกับการประหยัดพลังงาน และ Fogg (2009) ซึ่งกล่าวว่าการใช้เกมิฟิเคชันที่ประสบความสำเร็จนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไข และจัดการพฤติกรรมของมนุษย์ได้ ด้วยการกระตุ้นสร้างแรงจูงใจ เพื่อขีดความสามารถ หรือความสามารถในการรับรู้ และใช้สิ่งกระตุ้นที่เหมาะสมในเวลาที่เหมาะสม

ผลจากการวิเคราะห์คะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยได้รับการประเมินจากผู้ปกครอง ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.00 และ 4.61 เมื่อทำการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired T - Test) พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการประเมินของผู้ปกครอง ทั้งก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยที่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกคือ มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ตอบแบบประเมินเองภายหลังการใช้นวัตกรรมระบบฯ มีค่าเพิ่มขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 2 แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมระบบฯ มีส่วนช่วยส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนห้องตัวอย่างให้มีความประหยัดมากขึ้น โดยที่ไม่เพียงแต่ส่งผลการประหยัดพลังงานในห้องเรียน

เท่านั้น หากแต่ยังส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในที่อยู่อาศัยของครอบครัวนักเรียนอีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Katzev and Johnson (1987) ที่ได้แนะนำว่า เมื่อใช้กลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้าควบคู่ไปวิธีการอื่น นอกเหนือจากการใช้วิธีการให้ข้อมูลเพียงอย่างเดียว สามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการอนุรักษ์พลังงานที่มากพอ และยั่งยืน ส่วนงานวิจัยของ Pallak and Cummings ที่อ้างถึงใน Abrahamse et al., (2005) ระบุว่ากลยุทธ์การแทรกแซงแบบการผูกมัด (Commitment) นั้นสามารถส่งผลในระยะยาวแม้ว่าการแทรกแซงจะจบลงแล้วก็ตาม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการผูกมัดต่อสาธารณะ เกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน สามารถส่งผลกระทบต่อเนื่องกับพฤติกรรมการประหยัดแม้ว่าจะสิ้นการแทรกแซงแล้วกว่า 6 เดือน และงานวิจัยของ Ortiz de Guinea and Markus (2009) ได้ทำการศึกษาและได้พบว่าเกมพีเคชั้นมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงผลสะท้อนกลับทางอารมณ์ในเชิงบวก ช่วยยกเลิกนิสัยเดิม ปรับปรุงนิสัยด้วยพฤติกรรมใหม่ และสนับสนุนการรักษาเสถียรภาพของพฤติกรรมใหม่

จากผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น หลังใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล หากโรงเรียนมีการใช้นวัตกรรมระบบฯ อย่างต่อเนื่อง และสามารถส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมประหยัดพลังงานตามกิจกรรม (Quests) ในเกมส์ นอกจากจะลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากความประมาท เลินเล่อ เช่น การลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเวลาพักกลางวัน หรือเวลาเลิกเรียน ยังสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกิจกรรมทำทนายพิเศษ เช่น การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนพักกลางวัน หรือเลิกเรียน 10 นาที หากพิจารณาโดยยกตัวอย่างโครงการทดลองจากโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ซึ่งมีชั้นเรียนตั้งแต่มัธยมศึกษาปีที่ 1- 6 แต่ละชั้นเรียนมีด้วยกัน 10 ห้องเรียน โดยแต่ละห้องเรียนมีเครื่องปรับอากาศ

2 เครื่อง ขนาด 20,000 บีทียู เมื่อนำไปคำนวณตามตารางที่ปรากฏในคู่มือการปฏิบัติการใช้พลังงานสำหรับหน่วยงานราชการ และรัฐวิสาหกิจ จะพบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดถึง 59.6 หน่วยต่อวัน ถ้าหากโรงเรียนเปิดเรียนเป็นเวลา 9 เดือน (ปิดภาคเรียน 3 เดือน) โรงเรียนจะมีวันเปิดเรียนโดยเฉลี่ยประมาณ 198 วัน ซึ่งหากนำเอามาคำนวณค่าไฟฟ้าจากอัตราค่าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีอัตราหน่วยละ 4.1283 บาท จะพบว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากถึงปีละเกือบ 5 หมื่นบาทเลยทีเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marcell et al. (2004) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในมหาวิทยาลัย Turf ที่อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยพบว่าหากนักศึกษาช่วยกันปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืน จะช่วยให้มหาวิทยาลัย Turf สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากถึง 40,000 เหรียญสหรัฐต่อปี นอกจากนี้ยังให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Petersen et al. (2007) ที่ได้ทำการทดลองแข่งขันประหยัดพลังงานระหว่างหอพักในวิทยาลัย Oberlin ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าสามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้กว่า 5,000 เหรียญสหรัฐ ในช่วงเวลาที่ทำกรทดลอง

3) กระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

ผู้วิจัยขอเสนออภิปรายผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การเปรียบเทียบกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมรูปแบบเดิม และกระบวนการของนวัตกรรมระบบฯ และการสร้างแรงจูงใจจากกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนวัตกรรมระบบฯ

ก) การเปรียบเทียบกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมรูปแบบเดิมและกระบวนการของนวัตกรรมระบบฯ สำหรับโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบัน มีกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียน แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบในห้องเรียน และแบบนอกห้องเรียน ซึ่งแบบในห้องเรียน ก็จะเป็นการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของพลังงานไฟฟ้า ความจำเป็นในการประหยัดพลังงาน รวมถึงวิธีการประหยัดพลังงานต่างๆ โดยครู อาจารย์ ผ่านการเรียนการสอนในวิชาเรียนที่เกี่ยวข้อง เช่น วิทยาศาสตร์ ส่วนแบบนอกห้องเรียน ก็ได้แก่ การให้ความรู้ การเชิญชวน และการรณรงค์ให้ช่วยกันประหยัดพลังงานในโรงเรียนโดยผ่านทาง การประกาศเสียงตามสาย แผ่นพับ ใบปลิว หรือการจัดบอร์ดโฆษณาประชาสัมพันธ์ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการในรูปแบบเดิมนั้นประสบปัญหาการขาดความร่วมมือจากผู้ใช้อย่างเช่น นักเรียน เนื่องจากอุปสรรคจากการได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด (Principal-agent relationships/ Misplaced incentive) เช่นเดียวกับที่พบจากผลงานวิจัยของ Sorrell (2000) ซึ่งได้ให้ความเห็นว่า การได้รับผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุดเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประหยัดพลังงานในองค์กรการศึกษาระดับสูงในประเทศไอร์แลนด์ โดยกลุ่มผู้ใช้พลังงานเช่นนักเรียน ไม่ได้เป็นผู้ที่ต้องรับผิดชอบในค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้น และไม่ได้เป็นผู้รับผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานเช่นเดียวกัน จึงทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจที่จะให้ความร่วมมือในการประหยัดพลังงาน ซึ่งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ ได้นำเอาแนวความคิดของเกมพีเคชั่น บูรณาการเข้ากับ แนวคิดการแทรกแซงพฤติกรรม นำมาประยุกต์ใช้นวัตกรรมระบบฯ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนลดพฤติกรรมการสิ้นเปลืองพลังงานและในขณะเดียวกันก็เสริมสร้างพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน

ข) การสร้างแรงจูงใจจากกระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนวัตกรรมระบบฯ ได้แนวความคิดมาจากโมเดลเกมิฟิเคชันของ Hamari et al. (2014) ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการสร้างแรงจูงใจ ซึ่งสำหรับนวัตกรรมระบบฯ จะหมายถึงองค์ประกอบของเกมที่ได้รับคามนิยมสูงสุด 3 อันดับ คือ การให้คะแนน ตารางผู้นำ และความสำเร็จ รวมถึง กลยุทธ์การแทรกแซงพฤติกรรม คือ การตกลงผูกมัด และการให้ผลตอบแทน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวข้างต้น จะก่อให้เกิดผลทางจิตวิทยา ซึ่งก็คือแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเอง ซึ่งแต่ละคนก็จะมีแรงจูงใจที่ผสมผสานแตกต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น บางคนต้องการได้คะแนนมากๆ บางคนต้องการให้ชื่อของตนเองเป็นอันดับที่หนึ่ง หรือ บางคนอาจจะต้องการทำตามสัญญาที่ตนเองได้ตกลงเอาไว้ เป็นต้น ซึ่งแรงจูงใจที่เกิดขึ้นนั้น ก็จะกระตุ้นให้เกิดผลทางพฤติกรรมที่ตามมา ซึ่งก็คือ พฤติกรรมการประหยัดพลังงานนั่นเอง

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

จากการอภิปรายผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยขอสรุปถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎี และประโยชน์ในเชิงปฏิบัติของงานวิจัยชิ้นนี้ ดังต่อไปนี้

1. ประโยชน์ในเชิงทฤษฎี

ก. จากการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเภทและชนิดของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในบริษัทที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้พบว่าผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ทำการศึกษาและทำการจัดหมวดหมู่

(Classification) ของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานออกไปแตกต่างกันออกไป ตามมุมมองและความเชี่ยวชาญของผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น เช่น ด้านเศรษฐศาสตร์ จิตวิทยา และการบริหารองค์กร เป็นต้น และจากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้ทำการสรุป และนำเสนอการจัดหมวดหมู่ โดยนำเสนอในรูปแบบของตาราง ตามตารางที่ 5.1

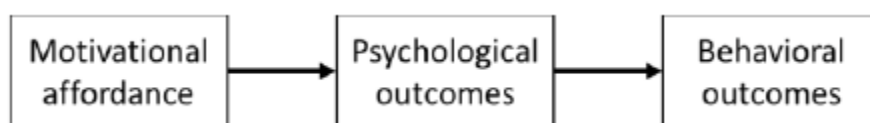
ข. จากการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อทราบถึงผลสัมฤทธิ์ในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่สามารถจัดการอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล และส่งผลกระทบต่อเชิงบวกต่อพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนได้ โดยผู้วิจัยได้นำเอาผลการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ว่าด้วยอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งอุปสรรคที่สำคัญที่สุด คือ อุปสรรคที่มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานซึ่งไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญของพลังงานมาเป็นตัวแปรต้นในการหาแนวคิดที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าหลักในโรงเรียน ซึ่งก็คือกลุ่มนักเรียน

ตารางที่ 5.1 การจัดหมวดหมู่ (Classification) ของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน

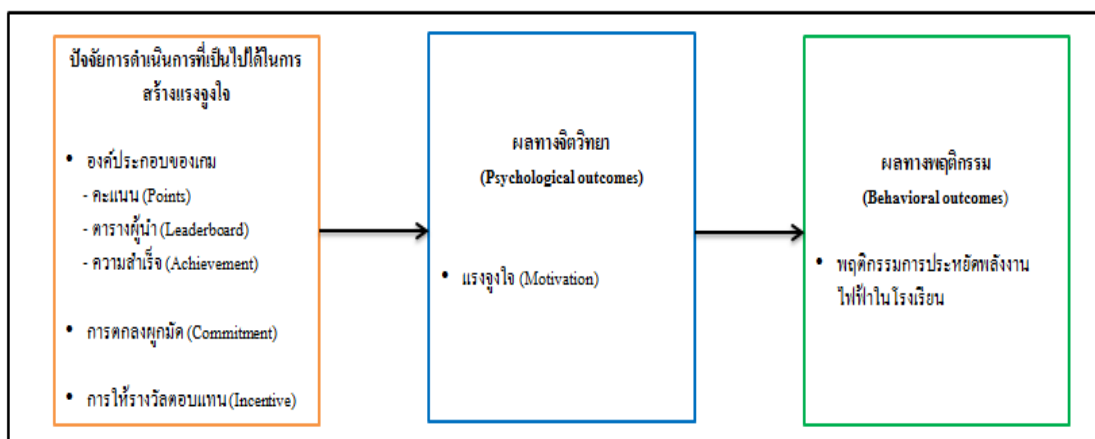
| Category หมวดของอุปสรรค | Typical Barriers ชนิดของอุปสรรค | References อ้างอิง |
|---|--|---|
| Economic: Financial อุปสรรคซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านการเงิน การคลัง (2006), Sadianou, (2008), Schleich and Gruber, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Hidden cost (ค่าใช้จ่ายที่ซ่อนอยู่) | Ostertag, (1999), Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sadianou (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Access to capital (การเข้าถึงแหล่งเงินทุน) | and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sadianou (2008), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Risk (ความเสี่ยง) | Hirst and Brown, (1990), Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Time and Priority (เวลา และ ลำดับความสำคัญ) | Sorrell, (2000), Brown (2001), de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Sadianou (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Economic: market failure อุปสรรคที่เกิดจากข้อจำกัด หรือ เงื่อนไขทางการตลาด Weber, (1997), Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra, (2006), Sadianou, (2008), Schleich and Gruber, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Imperfect information (การได้รับข้อมูลที่ไม่มีสมบูรณ์) |
| Split incentives (แรงจูงใจที่ถูกแยกออก) | | Hirst and Brown, (1990), Jaffe and Stavins, (1994) Sorrell, (2000), Kershaw and Simm (2014) |
| Principal-agent relationships/ Misplaced incentive (การสร้างแรงจูงใจที่ไม่เหมาะสม) | | Hirst and Brown, (1990), Jaffe and Stavins, (1994), Sorrell, (2000), Brown (2001), Rohdin and Thollander (2006) |
| Lack of technology and technical skills (ขาดเทคโนโลยี และทักษะ) | | Sorrell, (2000), Brown (2001), de Groot et al. (2001), Rohdin and Thollander (2006), Sadianou (2008), Wang et al. (2008), Trianni and Cagno (2011) |
| Lack of trained manpower (ขาดบุคลากรที่มีความสามารถ) | | Riera (1996), Sorrell, (2000), Brown (2001), Sadianou (2008), Wang et al. (2008), Schleich and Gruber, (2008) |
| Complexity of design and structure (ความซับซ้อนของโครงสร้างและการออกแบบ) | | Sorrell, (2000), Brown (2001), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| Institutional อุปสรรคที่เกิดจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเมืองการปกครอง Weber, (1997), Nagetha and Belachandra, (2006), OECD, (2011) | Distortionary fiscal and regulatory policies (นโยบายและกฎระเบียบทางการคลังที่ไม่เหมาะสม) | Brown (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Sadianou (2008) |
| | Incentive structure (โครงสร้างผลตอบแทน) | de Groot et al. (2001), Nagetha and Belachandra (2004), Wang et al. (2008) |
| | Public coordination program (โปรแกรมความร่วมมือระหว่างองค์กรสาธารณะ) | Nagetha and Belachandra (2004), Kershaw and Simm (2014), Wang et al. (2008), |
| Organizational อุปสรรคที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงาน หรือ องค์กร Weber, (1997), Sorrell, (2000), Sadianou, (2008), OECD, (2011), Kostka et al., (2011) | Poor purchasing process/procedure (กระบวนการจัดซื้อที่ไม่เหมาะสม) | Sorrell, (2000), de Groot et al. (2001), Kershaw and Simm (2014) |
| | Lack of energy saving awareness (ขาดความตระหนักในการประหยัดพลังงาน) | Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra (2004), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014), Trianni and Cagno (2011) |
| | Lack of management support (ขาดการสนับสนุนจากผู้บริหาร) | Sorrell, (2000), Rohdin and Thollander (2006), Wang et al. (2008), Muthulingam et al. (2011), Kershaw and Simm (2014) |
| Behavioral and personal อุปสรรคที่เกิดจากภายในตัวบุคคล Weber, (1997), Sorrell, (2000), Nagetha and Belachandra, (2006), Sadianou, (2008), Schleich and Gruber, (2008) | Inertia/ change resistant (การต่อต้านความเปลี่ยนแปลง) | Nagetha and Belachandra (2004), Sadianou (2008), Wang et al. (2008), Kershaw and Simm (2014) |
| | Values (การให้คุณค่า) | Stern, (1992), Creighton (1999), Nagetha and Belachandra (2004), Wang et al. (2008) |

โดยผู้วิจัยได้นำเอาโมเดลเกมิฟิเคชั่นของ Hamari et al. (2014) ตามรูปที่ 5.3 มาเป็นต้นแบบในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยมุ่งเน้นการใช้แนวคิดเกมิฟิเคชั่น เพื่อจัดการกับพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานซึ่งไม่เห็นคุณค่า และความสำคัญของพลังงาน ผสมผสานเข้ากับ กลยุทธ์การแทรกแซงพฤติกรรม ได้แก่ การตกลงผูกมัด ที่ใช้การเลือกทำกิจกรรมที่อยากทำ ไม่มีการบังคับและไม่รบกวนเวลาในการเรียนการสอน เพื่อจัดการกับอุปสรรคเกี่ยวกับเวลาและการให้ความสำคัญ และการให้รางวัลตอบแทน เพื่อจัดการกับอุปสรรคเกี่ยวกับการให้ผลตอบแทนที่ไม่ตรงจุด โดยนำมาเป็นปัจจัยการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการสร้างแรงจูงใจจากนั้นนำเอานวัตกรรมระบบฯ ที่ได้ขึ้นไปทำการทดลอง

กับนักเรียนห้องตัวอย่าง โดยได้ผลการศึกษาว່วนวัตกรรมระบบฯ ที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถที่จะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของนักเรียนห้องตัวอย่างได้จริง เป็นการพัฒนาโมเดลเกมิพีเคชั่นเพื่อส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ได้จากการวิจัยนี้ตามรูปที่ 5.4 อันเป็นประโยชน์ในเชิงทฤษฎีที่สามารถจะนำไปศึกษาต่อยอดเพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนและส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานในสถานศึกษา เช่น โรงเรียน วิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัย รวมทั้งองค์กร หรือหน่วยงานอื่นที่ใกล้เคียง และยังสามารนำไปต่อยอดเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในแง่อื่นได้อีกด้วย ซึ่งการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล สามารถถือได้ว่าเป็นการสร้างนวัตกรรมเชิงกระบวนการรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากการพัฒนาแนวคิดและกระบวนการในการที่จะช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ในโรงเรียนที่แตกต่างจากกระบวนการแบบเดิม ซึ่งได้ถูกใช้มาเป็นระยะเวลาานาน แต่ไม่สัมฤทธิ์ผลเท่าที่ควร เนื่องจากกระบวนการเดิมนั้นไม่สอดคล้องกับปัญหาและอุปสรรคที่มีอยู่ในโรงเรียน จึงไม่สามารถสร้างแรงจูงใจเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนได้



รูปที่ 5.3 แบบจำลองเกมิพีเคชั่นที่ส่งผลต่อพฤติกรรมมนุษย์ (Hamari et al., 2014)



รูปที่ 5.4 โมเดลเกมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

2. ประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ

ก. จากการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อทราบถึงอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการที่จะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับชนิดของอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในองค์กรที่เป็นสถานศึกษา ซึ่งองค์กรในลักษณะนี้มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างออกไปจากองค์กรอื่นๆ กล่าวคือ ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ภายในองค์กรไม่มีส่วนรับผิดชอบทั้งทางตรงและทางอ้อมเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เกิดขึ้น แตกต่างกับครัวเรือนซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าต้องรับผิดชอบในการชำระค่าใช้จ่าย (ทางตรง) หรือ องค์กรธุรกิจ ซึ่งค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจะส่งผลกระทบต่อผลประกอบการกำไรขาดทุน จากนั้นก็จะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังผลประโยชน์ที่พนักงาน (ผู้ใช้พลังงาน) จะได้รับ เช่น โบนัส การปรับเงินเดือน เป็นต้น (ทางอ้อม) จึงทำให้พฤติกรรมของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าในสถานศึกษาย่อมมีความแตกต่างออกไปจากผู้ใช้ในองค์กรอื่น อีกทั้งค่าใช้จ่ายพลังงานที่เกิดขึ้นในสถานศึกษา ก็ไม่ได้ถือเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินกิจกรรมหลัก ซึ่งได้แก่การ

เรียนการสอน เพราะฉะนั้นจึงเป็นสาเหตุให้สถานศึกษาที่ย่อมที่จะมีอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างออกไปจากองค์กรอื่นๆ ซึ่งการวิจัยนี้ ก็ได้ชี้ให้เห็นถึงเรื่องดังกล่าว เพราะฉะนั้นผลการศึกษานี้ย่อมมีประโยชน์ในการที่จะทำให้ทั้งสถานศึกษาเอง หน่วยงานที่รับผิดชอบสถานศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะได้นำเอาผลการศึกษานี้ไปใช้ในการที่จะศึกษา วิเคราะห์ วางแผนในการที่จะหาแนวทางเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเชิงนโยบาย และพัฒนาแนวทางปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

ข. จากการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่เพื่อเป็นอุปกรณ์วิจัยขึ้นมา 2 ชิ้น คือ

1) อุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดอันเกิดมาจากการวางผังสายไฟฟ้าที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือไม่เป็นระเบียบแบบแผน เพื่อให้สามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานที่นั้นๆได้ โดยใช้เทคนิค Image Comparison เข้ามาทดแทนเทคนิคการตรวจสอบจากกราฟการใช้ไฟฟ้าแต่เดิม อีกทั้งการทำงานด้วยระบบไร้สายยังทำให้อุปกรณ์ WIEAM สามารถที่จะติดตั้งได้ในทุกมุมของสถานที่ โดยไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อเข้ากับสายไฟฟ้าแต่อย่างใด ทำให้สามารถติดตั้งและถอดออกได้อย่างสะดวก ง่ายตาย และด้วยคอมพิวเตอร์บอร์ดที่มีคุณสมบัติรองรับการเชื่อมต่อเข้ากับ Device อื่นได้ ทำให้อุปกรณ์ WIEAM นั้นสามารถที่จะพัฒนาต่อยอดได้อีก เช่น การติดตั้งเซนเซอร์วัดเสียง เพื่อตรวจสอบความคงอยู่ของผู้ใช้ในสถานที่ เป็นต้น

2) แอปพลิเคชันโปรแกรมเกม Power School แอปพลิเคชันโปรแกรม Power School เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้ เพื่อเป็น Platform ให้กับนักเรียน ซึ่งเป็น

ผู้ใช้ไฟฟ้าได้เข้ามาเลือกทำกิจกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ตนเองสนใจ โดยมีระบบเกมิฟิเคชันในการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เล่น เช่น การให้คะแนน การจัดทำตารางคะแนนผู้นำ และการประสบความสำเร็จ (เลื่อนระดับขึ้น) นอกจากนี้ ยังมีการประยุกต์เทคนิคกลยุทธ์การแทรกแซงพฤติกรรม ได้แก่ การตกลงผูกมัด และการให้รางวัลตอบแทน เพื่อสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เล่นในการที่จะเข้าร่วมทำกิจกรรมพลังงาน จนนำไปสู่พฤติกรรมประหยัดพลังงานได้ในที่สุด โดยแอปพลิเคชันนี้มีลักษณะเป็นภาพการ์ตูน มีเสียงดนตรีประกอบเพื่อดึงดูดกลุ่มเด็กและเยาวชนให้สนใจ ซึ่งการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันนี้ก็ทำได้ง่ายผ่านทาง web browser อีกทั้งใช้เวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมไม่นาน ไม่รบกวนเวลาการเรียนการสอน เมื่อเลือกแล้ว นักเรียนสามารถที่จะดำเนินกิจกรรมประจำวันได้ตามปกติ ไม่กระทบต่อกิจกรรมของนักเรียน

โดยอุปกรณ์วิจัยทั้ง 2 ชิ้นที่กล่าวมานี้ สามารถที่จะนำไปใช้งาน ไม่เพียงแต่ในสถานศึกษา โรงเรียน เท่านั้น หากแต่ยังมีศักยภาพในการที่จะนำไปพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เข้ากับองค์กร หรือ หน่วยงานอื่นๆอีกด้วย

การอภิปรายผลการวิจัยในเชิงเทคโนโลยี นวัตกรรม และ การจัดการ (Technology Innovation Management, TIM)

1. เทคโนโลยี (Technology)

งานวิจัยนี้มีการใช้เทคโนโลยีในการวิจัย คือ เทคโนโลยีตรวจจับการใช้พลังงาน (Energy Detection) ได้แก่ การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้า Wireless Indoor Electric Appliances Monitor (WIEAM) ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีการตรวจจับการใช้พลังงานโดยใช้ภาพด้วยเทคนิค Image Recognition และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) ได้แก่ การพัฒนาแอป

พลิกทัศน์โปรแกรม Power School ซึ่งใช้เทคนิคเกมิฟิเคชัน ผสมผสานเข้ากับกลยุทธ์แทรกแซง ภายหลังในรูปแบบของการตกลงผูกมัด (Commitment) และการสร้างแรงจูงใจ (Incentive) เพื่อ เป็นสื่อกลางให้นักเรียนได้ร่วมทำกิจกรรมเพื่อรณรงค์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน ซึ่ง นำไปสู่การส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานของนักเรียน

2. นวัตกรรม (Innovation)

งานวิจัยนี้มีการใช้นวัตกรรมในการวิจัยคือ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development Process) เป็นการนำเอาแนวคิดของ Crawford and Di Benedetto (2003) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนานวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล โดยเริ่มจากการศึกษาหาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัด พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนรัฐบาลในปัจจุบันเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา (Opportunity Identification) จากนั้นก็ทำการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม (Opportunity Selection) เพื่อ ทำการสร้างสรรค์แนวคิด (Concept Generation) แล้วจึงนำมาประเมินผล หาแนวคิดที่เหมาะสม ที่สุด (Concept Evaluation) แล้วค่อยนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ (Development) เพื่อนำออกไป สูตลาดในที่สุด (Launch) และ แนวคิดการสร้างนวัตกรรมแบบ Incremental ได้แก่ การสร้าง นวัตกรรมที่ดีขึ้นหรือปรับปรุงให้ดีกว่าเดิม (Tidd and Bessant, 2009) ซึ่งการประยุกต์ใช้แนวคิด เกมิฟิเคชันกับการประหยัดพลังงานนั้น เป็นแนวคิดที่มีมาก่อนหน้านี้ ยกตัวอย่างเช่น แอปพลิเคชัน Power House, แอปพลิเคชัน Empowered School และ แอปพลิเคชัน Kukui Cup ซึ่งมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. แอปพลิเคชัน Power House ถูกพัฒนาขึ้นโดย Byron Reeves มหาวิทยาลัย Stanford University ซึ่ง Power House พัฒนาโดยมีพื้นฐานมาจากความรู้ด้านจิตสรีรวิทยา

(Psychophysiology), ประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) และกฎเกณฑ์และการโต้ตอบต่างๆ ในเกมที่จะทำให้เกิดความสนุกสนานเกิดขึ้น (Game mechanics) ซึ่งทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบว่ากลไกการมีส่วนร่วมทั่วไปที่มีอยู่ในเกมที่ได้รับคามนิยมจะช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมของผู้เล่นได้ในโลกแห่งความเป็นจริง Power House นำข้อมูลการใช้พลังงานจริงเข้าไปในระบบแล้วแปลงสภาพให้กลายเป็นเกมออนไลน์ (Online game) ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart meter) ในบ้านของผู้เล่นเข้ากับเครือข่ายสังคม (Social network) ในโลกแห่งความเป็นจริง Power School จะมีฟังก์ชัน Dashboard เพื่อให้ผู้เล่นได้เข้าไปตรวจสอบผลพฤติกรรมการใช้พลังงานของตนเองได้ย้อนหลังไป 24 ชม. และสามารถเปรียบเทียบกับผลพฤติกรรมที่เคยบันทึกไว้ก่อนหน้านี้ พร้อมทั้งทำการสรุปข้อมูลรวมของผู้เล่นรวมถึงคะแนน (Points) ที่สามารถนำไปแลกรางวัลได้ รวมทั้งมีตารางคะแนนผู้นำ (Leaderboard) ที่แสดงถึงผู้เล่นและทีมที่ทำคะแนนได้สูงสุด โดยมีฟังก์ชันที่สามารถเชื่อมต่อเข้าได้กับ Facebook เพื่อประกาศทำทายการแข่งขันกับผู้เล่นอื่นและประกาศความสำเร็จ (Achievement) ของผู้เล่น การเล่นเกมของ Power House นั้น ผู้เล่นจะทำหน้าที่ควบคุมตัวละครจำลองที่อยู่ภายในบ้าน ซึ่งประกอบไปด้วยห้องและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆเช่นเดียวกับกับบ้านธรรมดาทั่วไป โดยผู้เล่นจะต้องควบคุมให้ตัวละครทุกตัวทำกิจกรรมประจำวัน เช่น ซักเสื้อผ้า ทำอาหาร ดูทีวี ให้สำเร็จโดยใช้พลังงานให้น้อยที่สุด โดยเกมจะทำการสอดแทรกให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ที่ผู้เล่นต้องทำซึ่งเป็นข้อมูลการใช้พลังงานในความเป็นจริง เป้าหมายของเกมคือผู้เล่นจะต้องช่วยเหลือตัวละครจำลองที่อยู่ภายในบ้านให้ทำกิจกรรมที่พอใจได้นานที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยใช้พลังงานให้น้อยที่สุดซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนที่ผู้เล่นจะได้รับ



รูปที่ 5.5 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอปพลิเคชันโปรแกรม Power House

ข. แอปพลิเคชัน Empower for Schools ถูกพัฒนาขึ้นโดย Carbon Trust ซึ่งเป็นองค์กรอิสระ ที่คอยให้ความช่วยเหลือกับองค์กรอื่นๆ ทั่วโลกในการช่วยลดก๊าซคาร์บอนจากการใช้พลังงาน เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งแอปพลิเคชัน Empower for Schools นั้นถือเป็น interactive online tool ที่จะช่วยทั้งนักเรียน และบุคลากรในโรงเรียน ช่วยลดก๊าซคาร์บอน ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แอปพลิเคชัน Empower for Schools มีฟังก์ชันในการทำงานคือ การให้คำแนะนำเกี่ยวกับจุดเสี่ยงที่จะเกิดการสิ้นเปลืองพลังงานในโรงเรียน การให้นักเรียนและบุคลากรของโรงเรียนปฏิญาณตนเพื่อทำกิจกรรมประหยัดพลังงานเพื่อลดก๊าซคาร์บอน เช่น การปิดไฟในห้องเรียน การปิดคอมพิวเตอร์ในห้องทำงาน แล้วทำการยืนยันผล นอกจากนี้ยังมีการให้คำแนะนำและการอบรมอย่างเป็นขั้นตอน เกี่ยวกับการพัฒนาระบบหลอดไฟ ระบบทำความร้อน และระบบอื่นๆให้สามารถประหยัดพลังงานในโรงเรียนได้ ซึ่งจากการทำงานร่วมกับโรงเรียนมากกว่า 250 แห่ง พบว่าสามารถช่วยลดการใช้พลังงานในโรงเรียนได้โดยเฉลี่ยถึง 14% เพียงแค่ในระยะเวลาเพียง 3 เดือนแรกเท่านั้น



รูปที่ 5.6 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอปพลิเคชัน Empower for Schools

ค. แอปพลิเคชัน Kukui Cup ถูกพัฒนาขึ้นโดย Robert S. Brewer, Yongwen Xu, George E. Lee, Michelle Katchuck, Carleton A. Moore, Philip M. Johnson จากมหาวิทยาลัยฮาวาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเกมที่มีเป้าหมายนอกเหนือจากแค่ความสนุกสนาน (Serious game) และเป้าหมายนั้นคือเรื่องเกี่ยวกับพลังงาน ซึ่ง Kukui Cup ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้การผสมผสาน 3 กลยุทธ์ที่ได้รับความนิยมในการส่งเสริมการประหยัดพลังงาน คือ 1) ผลสะท้อนกลับ(feedback) จากการใช้พลังงานผ่านทางจอคอมพิวเตอร์แบบ real-time, 2) การตกลงผูกมัด (Commitment) และการตั้งเป้าหมาย (Setting goal) และ 3) การให้ความรู้ (Knowledge) เพื่อสร้างทัศนคติ (Attitude) เกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน เพราะฉะนั้น Kukui Cup จึงมีฟังก์ชันการแสดงผลสะท้อนกลับ (Feedback) ในรูปแบบต่างๆ เพื่อแจ้งและเตือนผู้เล่นถึงการใช้พลังงานของตนเอง รวมทั้งฟังก์ชันของออนไลน์เกมส์ที่มีกิจกรรมให้ความรู้แทรกในหลายแง่มุม อีกทั้งกิจกรรมเกี่ยวกับพลังงานในโลกแห่งความเป็นจริง เช่น การฝึกอบรมและทัศนศึกษา



รูปที่ 5.7 แสดงตัวอย่างหน้าจอของแอปพลิเคชันโปรแกรม Kukui Cup

จากที่ได้กล่าวถึงแอปพลิเคชันทั้ง 3 ที่มีความใกล้เคียงกันกับแอปพลิเคชัน Power School ในงานวิจัย สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) แอปพลิเคชัน Power House ใช้ทั้งกลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า (Antecedent Interventions) ได้แก่ การให้ความรู้กับผู้ใช้สอดแทรกไประหว่างการเล่นเกมส์ และใช้กลยุทธ์การแทรกแซงภายหลัง (Consequence Interventions) ได้แก่ ผลสะท้อนกลับ (feedback) ซึ่งมีการแสดงให้ผู้ใช้เห็นปริมาณการใช้พลังงานของตนเองแบบ real time สำหรับองค์ประกอบของเกมใช้การให้คะแนน (points) ตารางคะแนนผู้นำ (Leaderboard) และระดับความสำเร็จ (Achievement) กระตุ้นให้ผู้เล่นรู้สึกสนุกสนานและสนใจใช้แอปพลิเคชัน

2) แอปพลิเคชัน Empower for Schools ใช้ทั้งกลยุทธ์การแทรกแซงก่อนหน้า (Antecedent Interventions) ได้แก่ การให้ความรู้กับผู้ใช้ และกลยุทธ์การแทรกแซงภายหลัง ได้แก่ การตกลงผูกมัด (Commitment) โดยการให้ผู้ใช้ไปปฏิญาณว่าจะทำกิจกรรมประหยัดพลังงานที่

ตนเองเลือก สำหรับองค์ประกอบของเกมใช้การให้คะแนนกับผู้ใช้ที่แสดงตนว่าทำกิจกรรม
ประหยัดพลังงานที่ตนเองเลือกไว้สำเร็จ โดยให้เป็นคะแนนเป็นจำนวนก๊าซคาร์บอนที่ผู้ใช้ช่วยลด
จำนวนลงได้

3) แอปพลิเคชัน Kukui Cup ใช้ทั้งกลยุทธการแทรกแซงก่อนหน้า ได้แก่ การให้ความรู้กับ
ผู้ใช้ผ่านทางารฝึกอบรมและทัศนศึกษา และกลยุทธการแทรกแซงภายหลัง ได้แก่ ผลสะท้อนกลับ
(feedback) แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ การตกลงผูกมัด (Commitment) คือ ให้ผู้ใช้ได้
เลือกกิจกรรม (Activity) ที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ และการสร้างแรงจูงใจ (Incentive)
ด้วยการนำคะแนนไปแลกของรางวัลที่ระลึกได้ สำหรับองค์ประกอบของเกมใช้การให้คะแนนกับ
ผู้ใช้ที่แสดงตนว่าทำกิจกรรมประหยัดพลังงานที่ตนเองเลือกไว้สำเร็จ ตารางคะแนนผู้นำ
(Leaderboard) แสดงรายชื่อผู้เล่นที่ทำคะแนนได้สูงที่สุด สำหรับองค์ประกอบของเกมใช้การให้
คะแนนกับผู้ใช้ที่แสดงตนว่าทำกิจกรรมประหยัดพลังงานที่ตนเองเลือกไว้สำเร็จ และระดับ
ความสำเร็จ (Achievement) ด้วยการยกระดับ (Level) ของผู้เล่นเพื่อให้สามารถเลือกทำกิจกรรม
ในรูปแบบต่างๆ ได้มากขึ้น

สำหรับแอปพลิเคชัน Powel School ในงานวิจัยนี้ไม่ได้มุ่งเน้นที่การใช้กลยุทธการ
แทรกแซงก่อนหน้า ซึ่งกลยุทธการแทรกแซงก่อนหน้าที่เกี่ยวกับการให้ความรู้ สามารถใช้ในฟังก์ชัน
การประกาศข่าวสารของแอปพลิเคชันได้ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้นำมาเป็นตัวแปรในการทดลอง
เนื่องจากผลการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงเรียนแสดงให้เห็นว่า การขาดความรู้เกี่ยวกับการประหยัด
พลังงานไม่ได้เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานที่สำคัญในโรงเรียน แสดงว่าบุคลากรใน
โรงเรียน มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานที่ดีพอสมควรอยู่แล้ว จึงทำให้แอปพลิเคชัน
Powel School มุ่งเน้นไปที่กลยุทธการแทรกแซงภายหลัง ได้แก่ การตกลงผูกมัด (Commitment)

คือ ให้ผู้ใช้ได้เลือกกิจกรรม (Quest) ที่เป็นกิจกรรมที่สามารถโรงเรียนช่วยประหยัดพลังงานได้ และการสร้างแรงจูงใจ (Incentive) ด้วยการให้รางวัลกับห้องเรียนที่สามารถทำคะแนนได้สูงสุด สำหรับองค์ประกอบของเกมใช้การให้คะแนนกับผู้ใช้ที่แสดงตนว่าทำกิจกรรมประหยัดพลังงานที่ตนเองเลือกไว้สำเร็จ ตารางคะแนนผู้นำ (Leaderboard) โดยแสดงรายชื่อห้องที่ทำคะแนนรวมได้สูงสุดเพื่อเชื่อมโยงกับการให้รางวัล

จากที่สรุปรายละเอียดของแอปพลิเคชัน Powel School และ แอปพลิเคชันอื่นที่เกี่ยวข้องจะพบว่า แอปพลิเคชัน Powel School มีความเป็นนวัตกรรมกระบวนการแบบ Incremental เนื่องจาก

- 1) แอปพลิเคชัน Powel School ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้สำหรับบริบทภายในโรงเรียน กล่าวคือ ถูกสร้างขึ้นเพื่อจัดการกับอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ได้จากการสรุปผลสัมฤทธิ์ของผู้บริหารโรงเรียน เพื่อทดแทนกระบวนการส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบเดิม
- 2) แอปพลิเคชัน Powel School สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับสถานะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า WIEAM เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนได้ทำกิจกรรม หรือเคลส ประหยัดพลังงานที่ตนเองเลือกจริงหรือไม่ เพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการให้คะแนน ซึ่งส่งผลต่อการรับรางวัลได้ ทดแทนการใช้มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการสำหรับการใช้งานภายในโรงเรียน
- 3) แอปพลิเคชัน Powel School เป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันอย่างเต็มรูปแบบคือการนำเอากิจกรรมประหยัดพลังงานในโลกแห่งความจริง มาแปลสภาพให้กลายเป็นการ

เล่นเกม โดยกิจกรรมต่าง ๆ นั้นประยุกต์มาจากคู่มือการปฏิบัติการใช้พลังงานสำหรับ
หน่วยราชการและรัฐวิสาหกิจ

3. การจัดการ (Management)

งานวิจัยนี้มีการใช้การจัดการในการวิจัย คือ การจัดการพลังงานด้านอุปสงค์ (Demand side management) การจัดการพลังงานด้านอุปสงค์ จากงานวิจัยของ Parveen et al. (2012) กล่าวว่า เป็น การบริหารจัดการให้หน่วยงานด้านพลังงานไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงเวลา หรือจำนวนการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ เพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และเพื่อสนับสนุนการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ การส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานให้กับนักเรียน ซึ่งสามารถส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานของโรงเรียน และบ้านของนักเรียน จนนำไปสู่การลดการใช้พลังงานของประเทศ ไทยได้ในภาพรวมจึงถือได้ว่าเป็นการจัดการพลังงานด้านอุปสงค์

ข้อเสนอแนะ

จากผลสรุปและการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไป
ใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การนำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลไปใช้ใน
โรงเรียนอื่น มีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

ก. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลนี้ เหมาะสำหรับโรงเรียนอยู่ในสังกัดของหน่วยงานภาครัฐบาลที่ได้รับผลกระทบจากนโยบายประหยัดพลังงานในหน่วยงานราชการ ทั้งในโรงเรียนที่ยังไม่สามารถทำตามเกณฑ์ที่รัฐบาลกำหนด เพื่อให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนให้ถึงเกณฑ์ที่กำหนด และโรงเรียนที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว แต่ต้องการเพิ่มศักยภาพของตนเองก็สามารถที่จะทำได้อ รวมถึงโรงเรียนทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่ประสบกับปัญหาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า อันส่งผลให้งบประมาณหรือการเงินของโรงเรียนไม่สามารถบริหารงานได้อย่างสะดวกเท่าที่ควร หรือต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายเพื่อนำเอางบประมาณที่เหลือไปพัฒนากิจกรรมด้านการเรียนการสอน ทั้งนี้ นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลยังเหมาะสำหรับโรงเรียนที่มีเป้าหมายที่ต้องการปลูกฝังลักษณะนิสัยที่ดีให้กับนักเรียนของตนเอง นอกเหนือจากการมุ่งเน้นการเรียนทางวิชาการแต่เพียงอย่างเดียว

ข. นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ควรถูกพัฒนาเชื่อมต่อกันในรูปแบบของเครือข่ายระหว่างกลุ่มโรงเรียน และหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของประเทศไทย โดยให้หน่วยงานเหล่านั้นเข้ามาเป็นตัวกลางคอยประสานงาน ให้ความรู้ ความเข้าใจ จัดกิจกรรมและโครงการรณรงค์ต่างๆ โดยอาศัยนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลเป็นสื่อกลางผ่านไปยังโรงเรียนต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น การรณรงค์โครงการ Energy Mind Award ของการไฟฟ้านครหลวง หรือ โครงการโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ก็สามารถใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในการเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมประกวดแข่งขันการประหยัดพลังงานระหว่างโรงเรียนต่างๆ ที่เข้าร่วมโครงการได้ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำวิธี

ปฏิบัติสู่ความเป็นเลิศ (Best practices) เพื่อให้สะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้กับโรงเรียนรัฐบาลอื่น มีรายละเอียดตามภาคผนวก

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

ก. การเพิ่มโครงการทดลองและกรณีศึกษาสำหรับการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ในโรงเรียนตัวอย่างที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์และพัฒนาการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลที่ใช้งานง่าย ตอบสนองตรงต่อความต้องการของนักเรียนซึ่งเป็นผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และรองรับกิจกรรมหรือลักษณะการทำงานที่มากขึ้นในอนาคต รวมถึงความสามารถในการคำนวณหน่วยการใช้ไฟฟ้าในห้องเรียนได้

ค. การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สายและระบบที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อรองรับการสร้างกิจกรรมเพื่อจัดการพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานของนักเรียนในรูปแบบ

Occupied waste and Unoccupied waste ที่อยู่นอกเหนือจากเวลาของกิจกรรมที่มีอยู่

นอกจากนี้ควรจะพัฒนาให้สามารถใช้งานได้สะดวก และมีราคาไม่แพง

รายการอ้างอิง

แจ่มนิดา คณานันท์. (2555). ปัจจัยทางจิตสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการประหยัดไฟฟ้าในที่ทำงานของ

ข้าราชการพลเรือนกระทรวงศึกษาธิการ. (ปริญญาโท), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. (2554). รายงานพลังงานของ

ประเทศไทยปี 2554 [ออนไลน์] สืบค้นจาก

http://www4.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/file_zip/Report%2011.rar

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน. (2556). สถานการณ์พลังงานปี

2556 และ แนวโน้มปี 2557. [ออนไลน์] สืบค้นจาก

http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=40037

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน Department of Alternative Energy Development

and Efficiency (DEDE). (2554). *The Annual Report, Electric Power in Thailand*

2011, Bangkok.

กฤติมา มะลิวัลย์. (2553, 18 กันยายน 2553). การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนโดยการให้

กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษา: การศึกษาโรงเรียนหนองจอกพิทยานุสรณ์ เขตหนองจอก

กรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 6.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ. EGAT). (2551). EGAT Annual Reports 2008. [ออนไลน์]

สืบค้นจาก <https://www.egat.co.th/en/images/annual-report/annualReport-2008.pdf>

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ. EGAT). (2554). โครงการโรงเรียนสีเขียวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

แห่งประเทศไทย. [ออนไลน์] สืบค้นจาก

http://www.dsm.egat.co.th/file/DSM_PDF/11GLR_CSR.pdf

- จุไรรัตน์ ธิโหล. (2553). พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในสถานที่ทำงานของพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โรงไฟฟ้าราชบุรี. (ระดับปริญญาโท), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ฉัตรกมล ศรีธัญรัตน์. (2542). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันของนักเรียนหญิงที่ศึกษาในโรงเรียนลำปางกัลยาณี. (ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชาญชัย ทองประสิทธิ์. การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม:หนังสือหมวดวิชาชีพ : หนังสือหมวดวิชาชีพ (ปวช.) (รหัส 2101-2214) (Vol. 1). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551
- ธนิศ จินดาวงศ์. (2546). การประหยัดพลังงานในอาคาร. *Engineering Today* 1, 4-5.
- ประคอง กรรณสุต. (2542). สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3.
- ประพันธ์ ศรีนวล. (2544). การประเมินประสิทธิภาพโครงการรณรงค์เพื่อการประหยัดพลังงาน. (เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทรภรณ์ หิรัญวงศ์ และ สิงห์พันธุ์ สิงห์เสณี. (2558). อนาคตพลังงานไฟฟ้าไทย พอเพียงแต่เสี่ยงภัย. *FAQ Focus and Quick*, 102.
- วิชัยชาญ เจริญสุข. (2553). การใช้พลังงานในอาคาร. สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน, 2554
- วีระ วีระวงศ์สกุล. (2542). ความรู้และพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองลำปาง (ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศูนย์ประสานงานการเรียนรู้ด้านพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553). [ออนไลน์] สืบค้นจาก <http://www.thailandenergyeducation.com/assets/media/A006.pdf>
- สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท. IIE). (2558). รายงานประจำปี สถานภาพธุรกิจบริษัทจัดการพลังงานปี 2558 สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ. EPPO). (2558). Energy Policy and Planning Office, (EPPO). (2015), The Energy Use Intensity (EUI) Book 2559, Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.e-report.energy.go.th/kpi59m_files/PDF_EUIBOOK2559.pdf
- สิน พันธุ์พินิจ. (2554). เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัท วิจัยพัฒนา จำกัด. กรุงเทพฯ.
- สุวสา ชัยสุรัตน์, & พัชรี สกุลรัตนศักดิ์. (2552). พฤติกรรมการประหยัดพลังงานเพื่อลดปัญหาภาวะโลกร้อนของนักศึกษา. วิทยาลัยราชพฤกษ์.
- อรรถจน์ เศรษฐบุญตร. (2546). ขั้นตอนการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร. วารสารวิชาการ "สถาปัตยกรรม" (คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), 2, 60-79.
- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 273-291. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](http://dx.doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological bulletin*, 84(5), 888.
- Arif, A., Al-Hussain, M., Al-Mutairi, N., Al-Ammar, E., Khan, Y., & Malik, N. (2013, 7-9 March 2013). *Experimental study and design of smart energy meter for the smart grid.*

Paper presented at the 2013 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC).

Armstrong, G., Adam, S., Denize, S., & Kotler, P. Principles of marketing: Pearson Australia. 2014

Authority, O.P. (2006). *Conservation and demand management discussion paper*.

Bartol, K., & Martin, D. (1991). *Management*, New York: McGraw-Hill: Inc.

Battistich, V., Watson, M., Solomon, D., Lewis, C., & Schaps, E. (1999). Beyond the three R's: A broader agenda for school reform. *The Elementary School Journal*, 99(5), 415-432.

Beza, O. (2011). Gamification—How games can level up our everyday life. *VU University, Amsterdam*.

Booz, A., & Hamilton. *New Products Management for the 1980s*: Booz, Allen & Hamilton. 1982

Bragg, L. (2007). Students' conflicting attitudes towards games as a vehicle for learning mathematics: A methodological dilemma. *Mathematics Education Research Journal*, 19(1), 29-44. doi: 10.1007/bf03217448

Brewer, R.S., Lee, G.E., & Johnson, P.M. (2011, 4-7 Jan. 2011). *The Kukui Cup: A Dorm Energy Competition Focused on Sustainable Behavior Change and Energy Literacy*. Paper presented at the 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences.

Brookover, W.B. School social systems and student achievement: Schools can make a difference: Praeger Publishers. 1979

Brown, M.A. (2001). Market failures and barriers as a basis for clean energy policies.

Energy Policy, 29(14), 1197-1207. doi: [http://doi.org/10.1016/S0301-](http://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00067-2)

[4215\(01\)00067-2](http://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00067-2)

Caminal, R. (2012). The Design and Efficiency of Loyalty Rewards. *Journal of Economics*

& Management Strategy, 21(2), 339-371. doi: 10.1111/j.1530-9134.2012.00334.x

Ching C. and Schaefer S. (2014). ““GET-UP” (Gaming to Educate Teens about

Understanding Personal Health)”. Retrieved 15 March, 2017, from

<http://ucanr.edu/sites/2013nutritioneducationstatewidetraining/files/181131.pdf>

Cooper, R.G., Edgett, S.J., & Kleinschmidt, E.J. Portfolio management for new products:

Basic Books. 2001

Crawford, C.M., & Di Benedetto, C.A. New products management: Tata McGraw-Hill

Education. 2008

Creighton, S.H. Greening the ivory tower: improving the environmental track record of

universities, colleges and other institutions: MIT Press. 1998

Dabur, P., Singh, G., & Yadav, N.K. (2012). Electricity demand side management: Various

concept and prospects. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 1(1), 1-6.

Dahle, M., & Neumayer, E. (2001). Overcoming barriers to campus greening: A survey

among higher educational institutions in London, UK. *International Journal of*

Sustainability in Higher Education, 2(2), 139-160. doi:

doi:10.1108/14676370110388363

Darby, S. (2001). Making it Obvious: Designing Feedback into Energy Consumption. In P.

Bertoldi, A. Ricci & A. de Almeida (Eds.), *Energy Efficiency in Household*

Appliances and Lighting (pp. 685-696). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin

Heidelberg.

Darby, S. (2006). The effectiveness of feedback on energy consumption. *A Review for*

DEFRA of the Literature on Metering, Billing and direct Displays, 486(2006).

Davis, F.D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance

of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. doi: 10.2307/249008

Davis, F.D., Bagozzi, R.P., & Warshaw, P.R. (1989). User Acceptance of Computer

Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*,

35(8), 982-1003. doi: 10.1287/mnsc.35.8.982

de Groot, H.L.F., Verhoef, E.T., & Nijkamp, P. (2001). Energy saving by firms: decision-

making, barriers and policies. *Energy Economics*, 23(6), 717-740. doi:

[http://doi.org/10.1016/S0140-9883\(01\)00083-4](http://doi.org/10.1016/S0140-9883(01)00083-4)

De Guinea, A.O., & Markus, M.L. (2009). Why break the habit of a lifetime? Rethinking the

roles of intention, habit, and emotion in continuing information technology use. *Mis*

Quarterly, 433-444.

- Depuru, S.S.S.R., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(6), 2736-2742. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.039>
- Derbel, F. (2009, 23-26 March 2009). *Trends in smart metering*. Paper presented at the 2009 6th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices.
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., & Dixon, D. (2011). *Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts*. Paper presented at the CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada.
- Dodier, R.H., Henze, G.P., Tiller, D.K., & Guo, X. (2006). Building occupancy detection through sensor belief networks. *Energy and Buildings, 38*(9), 1033-1043. doi: <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.12.001>
- Dong, M., Meira, P.C.M., Xu, W., & Freitas, W. (2012). An Event Window Based Load Monitoring Technique for Smart Meters. *IEEE Transactions on Smart Grid, 3*(2), 787-796. doi: 10.1109/TSG.2012.2185522
- Dooley, L., & O'Sullivan, D. (2001). Structuring Innovation: A Conceptual Model and Implementation Methodology. *Enterprise and Innovation Management Studies, 2*(3), 177-194. doi: 10.1080/14632440110101246
- Douglass, R.B., Fishbein, M., & Ajzen, I. (1977). Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research: JSTOR.

- Dwyer, W.O., Leeming, F.C., Cobern, M.K., Porter, B.E., & Jackson, J.M. (1993). Critical Review of Behavioral Interventions to Preserve the Environment. *Environment and Behavior*, 25(5), 275-321. doi: doi:10.1177/0013916593255001
- Edmonds, R.R. (1979). Some schools work and more can. *Social policy*, 9(5), 28-32.
- Ehrhardt-Martinez-RASEI, K. (2010). Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs.
- Faruqui, A., Sergici, S., & Sharif, A. (2010). The impact of informational feedback on energy consumption—A survey of the experimental evidence. *Energy*, 35(4), 1598-1608.
- Filho, W.L., MacDermott, F., & Padgham, J. Implementing Sustainable Development at University Level: A Manual of Good Practice: Association of European Universities - Copernicus. 1996
- Fischer, C. (2007). Influencing electricity consumption via consumer feedback: a review of experience. *Proceedings of the European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE)*, 1873-1884.
- Floyd, D.B., Parker, D.S., McIlvaine, J.E., & Sherwin, J.R. (1995). Energy Efficiency Technology Demonstration Project for Florida Educational Facilities: Occupancy Sensors.
- Fogg, B.J. (2009). *A behavior model for persuasive design*. Paper presented at the Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology.

- Garg, V., & Bansal, N. (2000). Smart occupancy sensors to reduce energy consumption. *Energy and Buildings*, 32(1), 81-87.
- Gatersleben, B., Steg, L., & Vlek, C. (2002). Measurement and determinants of environmentally significant consumer behavior. *Environment and behavior*, 34(3), 335-362.
- Gellings, C.W. (2000). Before demand-side management is discarded, let's see what pieces should be kept. *OPEC Energy Review*, 24(1), 61-70.
- Gentile, D. (2009). Pathological video-game use among youth ages 8 to 18: a national study. *Psychological science*, 20(5), 594-602.
- Guagnano, G.A., Stern, P.C., & Dietz, T. (1995). Influences on attitude-behavior relationships a natural experiment with curbside recycling. *Environment and behavior*, 27(5), 699-718.
- Guerin, D.A., Yust, B.L., & Coopet, J.G. (2000). Occupant predictors of household energy behavior and consumption change as found in energy studies since 1975. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 29(1), 48-80.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). *Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification*. Paper presented at the System Sciences (HICSS), 2014 47th Hawaii International Conference on.
- Han, D.-M., & Lim, J.-H. (2010). Smart home energy management system using IEEE 802.15. 4 and zigbee. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 56(3).

- Hasanbeigi, A., Menke, C., & Du Pont, P. (2010). Barriers to energy efficiency improvement and decision-making behavior in Thai industry. *Energy Efficiency*, 3(1), 33-52.
- Heberlein, T.A., & Warriner, G.K. (1983). The influence of price and attitude on shifting residential electricity consumption from on-to off-peak periods. *Journal of Economic Psychology*, 4(1), 107-130.
- Hirst, E., & Brown, M. (1990). Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. *Resources, Conservation and Recycling*, 3(4), 267-281.
- Huotari, K., & Hamari, J. (2012). *Defining gamification: a service marketing perspective*. Paper presented at the Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference.
- Jaffe, A.B., & Stavins, R.N. (1994). The energy-efficiency gap What does it mean? *Energy policy*, 22(10), 804-810.
- Jennings, J.D., Rubinstein, F.M., DiBartolomeo, D., & Blanc, S.L. (2000). Comparison of control options in private offices in an advanced lighting controls testbed. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 29(2), 39-60.
- Johnson, S.G., & Scholes, K. (1989). Exploring strategic management.
- Juul, J. (2010). The game, the player, the world: Looking for a heart of gameness. *PLURAIIS-Revista Multidisciplinar*, 1(2).

- Kahn, J., Ducharme, P., Rotenberg, A., & Gonzalez-Heydrich, J. (2013). "RAGE-Control": a game to build emotional strength. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, 2(1), 53-57.
- Kantola, S.J., Syme, G.J., & Campbell, N.A. (1984). Cognitive dissonance and energy conservation. *Journal of Applied Psychology*, 69(3), 416-421.
- Katzev, R.D., & Johnson, T.R. (1983). A social-psychological analysis of residential electricity consumption: The impact of minimal justification techniques. *Journal of Economic Psychology*, 3(3-4), 267-284.
- Katzev, R.D., & Johnson, T.R. (1987). Promoting energy conservation: An analysis of behavioral research.
- Kershaw, T., & Simm, S. (2014). Thoughts of a design team: Barriers to low carbon school design. *Sustainable Cities and Society*, 11, 40-47.
- Kostka, G., Moslener, U., & Andreas, J.G. (2011). Barriers to energy efficiency improvement: Empirical evidence from small-and-medium sized enterprises in China: Working paper Series//Frankfurt School of Finance & Management.
- Kuratko, D.F. (2007). Corporate Entrepreneurship. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, 3(2), 151-203. doi: 10.1561/03000000015
- Leifer, R. (2002). Critical factors predicting radial innovation success, New York: Rensselaer Polytechnic Institute.

Lu, J., Sookoor, T., Srinivasan, V., Gao, G., Holben, B., Stankovic, J., et al. (2010). *The smart thermostat: using occupancy sensors to save energy in homes*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.

Maniccia, D., Tweed, A., Bierman, A., & Von Neida, B. (2001). The effects of changing occupancy sensor time-out setting on energy savings, lamp cycling and maintenance costs. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30(2), 97-110.

Marcell, K., Agyeman, J., & Rappaport, A. (2004). Cooling the campus: Experiences from a pilot study to reduce electricity use at Tufts University, USA, using social marketing methods. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5(2), 169-189.

McClelland, L., & Cook, S.W. (1980). Promoting Energy Conservation in Master-Metered Apartments through Group Financial Incentives. *Journal of Applied Social Psychology*, 10(1), 20-31.

McKenzie-Mohr, D. (1994). Social marketing for sustainability: The case of residential energy conservation. *Futures*, 26(2), 224-233.

Meyers, R.J., Williams, E.D., & Matthews, H.S. (2010). Scoping the potential of monitoring and control technologies to reduce energy use in homes. *Energy and Buildings*, 42(5), 563-569.

- Mortimore, P. *The road to improvement: Reflections on school effectiveness*: Lisse, Netherlands: Swets & Zeitlinger. 1998
- Muthulingam, S., Corbett, C.J., Benartzi, S., & Oppenheim, B. (2011). Investment in Energy Efficiency by Small and Medium-Sized Firms: An Empirical Analysis of the Adoption of Process Improvement Recommendations. *Decisions, Operations, and Technology Management*.
- Nagesha, N., & Balachandra, P. (2006). Barriers to energy efficiency in small industry clusters: multi-criteria-based prioritization using the analytic hierarchy process. *Energy*, 31(12), 1969-1983.
- OECD. (2011). *OECD Green Growth Studies: Energy*, OECD. Retrieved 30 November, 2015, from <http://www.oecd.org/greengrowth/greeningenergy/49157219.pdf>.
- Orji, R., Vassileva, J., & Mandryk, R.L. (2013). LunchTime: a slow-casual game for long-term dietary behavior change. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(6), 1211-1221.
- Ostertag, K. (1999). *Transaction costs of raising energy efficiency*. Paper presented at the IEA International Workshop on Technologies to Reduce Greenhouse Gas Emissions: Engineering-Economic Analyses of Conserved Energy and Carbon. Washington, DC.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*: John Wiley & Sons. 2010

- Paperny, D.M. (2004). A new model for adolescent preventive services. *The Permanente Journal*, 8(1), 74.
- Paredes, P., Tewari, A., & Canny, J. (2013). Design principles for the conceptualization of games for health behavior change. *CHI 2013*.
- Petersen, J.E., Shunturov, V., Janda, K., Platt, G., & Weinberger, K. (2007). Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(1), 16-33.
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory *Piaget and his school* (pp. 11-23): Springer Berlin Heidelberg.
- Poortinga, W., Steg, L., & Vlek, C. (2004). Values, environmental concern, and environmental behavior: A study into household energy use. *Environment and behavior*, 36(1), 70-93.
- Porter, M.E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard business review*, 86(1), 25-40.
- Press, O.U. Oxford English dictionary: A Clarendon Press Publication, Oxford. 1989
- Prudenzi, A. (2002). *A neuron nets based procedure for identifying domestic appliances pattern-of-use from energy recordings at meter panel*. Paper presented at the Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE.

- Reeves, B., Cummings, J.J., Scarborough, J.K., & Yeykelis, L. (2015). Increasing energy efficiency with entertainment media: An experimental and field test of the influence of a social game on performance of energy behaviors. *Environment and Behavior*, 47(1), 102-115.
- Reynolds, D., & Cuttance, P. School effectiveness: research, policy, and practice: Cassell. 1992
- Ribeiro, D.T., & Ventura, M.A. (2013). *What about a gamified learning environment?* Paper presented at the Proceedings in EIIC-The 2nd Electronic International Interdisciplinary Conference.
- Richman, E., Dittmer, A., & Keller, J. (1996). Field analysis of occupancy sensor operation: Parameters affecting lighting energy savings. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 25(1), 83-92.
- Riera, P. Environmental Policy at the Universitat Autonomia de Barcelona. In Leal. 1996
- Rohdin, P., & Thollander, P. (2006). Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden. *Energy*, 31(12), 1836-1844.
- Rothwell, R. (1994). Towards the fifth-generation innovation process. *International marketing review*, 11(1), 7-31.
- Rovinelli, R.J., & Hambleton, R.K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity.

- Rowlands, I., Scott, D., & Parker, P. (2000). *Climate change knowledge and attitudes: Links to action in the residential sector*. Paper presented at the Climate Change Communication Conference, Waterloo, Ontario, Canada. E.
- Salen, K., & Zimmerman, E. *Rules of play: Game design fundamentals*: MIT press. 2004
- Sardianou, E. (2008). Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 16(13), 1416-1423.
- Sarkar, A., Fairchild, M., & Salvaggio, C. (2008). *Integrated daylight harvesting and occupancy detection using digital imaging*. Paper presented at the Electronic Imaging 2008.
- Schinke, S.P., Schwinn, T.M., & Fang, L. (2010). Longitudinal outcomes of an alcohol abuse prevention program for urban adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 46(5), 451-457.
- Schleich, J., & Gruber, E. (2008). Beyond case studies: Barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. *Energy Economics*, 30(2), 449-464.
- Schumpeter, J. (2003). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung Joseph Alois Schumpeter* (pp. 5-59): Springer.
- Scott, D. (1999). Equal opportunity, unequal results: determinants of household recycling intensity. *Environment and behavior*, 31(2), 267-290.

- Seligman, C., Becker, L.J., & Darley, J.M. (1981). Encouraging residential energy conservation through feedback. *Advances in environmental psychology*, 3, 93-113.
- Sestir, M.A., & Bartholow, B.D. (2010). Violent and nonviolent video games produce opposing effects on aggressive and prosocial outcomes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 46(6), 934-942.
- Sheldrick, B., & Macgill, S. (1988). Local energy conservation initiatives in the UK: their nature and achievements. *Energy Policy*, 16(6), 562-578.
- Software Industry Promotion Agency (SIPA). (2015). Digital Content Consumer Survey Year 2014. Retrieved 15 August, 2016, from <http://www.sipa.or.th/sites/default/files/dc-user-executive-summary57.pdf>
- Sorrell, S. (2000). Barriers to energy efficiency in the UK higher education sector. *DG Research under the JOULE project'Barriers to energy efficiency in public and private organisations'*, SPRU.
- Stern, P.C. (1992). What psychology knows about energy conservation. *American Psychologist*, 47(10), 1224.
- Stern, P.C., Aronson, E., Darley, J.M., Hill, D.H., Hirst, E., Kempton, W., et al. (1986). The effectiveness of incentives for residential energy conservation. *Evaluation Review*, 10(2), 147-176.

- Strbac, G. (2008). Demand side management: Benefits and challenges. *Energy policy*, 36(12), 4419-4426.
- Summers, A.A., & Wolfe, B.L. (1977). Do schools make a difference? *The American Economic Review*, 67(4), 639-652.
- Thompson, A. (2005). Business feasibility study outline. *Entrepreneurship and business innovation: The art of successful business start-ups and business planning*, 185-198.
- Tidd, J., & Bessant, J. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. Chichester: John Wiley & Sons. 2009
- Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. Chichester: John Wiley & Sons. 2005
- Trianni, A., & Cagno, E. Energy Efficiency Barriers in Industrial Operations: Evidence from the Italian SMEs Manufacturing Industry.
- U.S. Energy Information Administration. (2013). *The Annual Energy Outlook 2013*. Washington, DC: Office of Integrated and International Energy Analysis. U.S. Department of Energy.
- ULRICH, K.T., & EPPINGER, S.D. (2012). PRODUCT DESIGN AND DEVELOPMENT. Singapore: McGraw-Hill.

- UNEP, U.N.E.P. (2006). Barriers to Energy Efficiency in Industry in Asia-Review and Policy Guidance. Retrieved 30 November, 2015, from http://www.energyefficiencyasia.org/brochure_pub.html
- Van Elburg, H. (2008). Smart Metering and Consumer Feedback: What Works and What Doesn't. *Proceedings of the 2008 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 2, 349-360.
- Van Houwelingen, J.H., & Van Raaij, W.F. (1989). The effect of goal-setting and daily electronic feedback on in-home energy use. *Journal of consumer research*, 16(1), 98-105.
- Von Neida, B., Manicria, D., & Tweed, A. (2001). An analysis of the energy and cost savings potential of occupancy sensors for commercial lighting systems. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30(2), 111-125.
- Wang, D., Federspiel, C.C., & Rubinstein, F. (2005). Modeling occupancy in single person offices. *Energy and buildings*, 37(2), 121-126.
- Wang, G., Wang, Y., & Zhao, T. (2008). Analysis of interactions among the barriers to energy saving in China. *Energy Policy*, 36(6), 1879-1889.
- Weber, L. (1997). Some reflections on barriers to the efficient use of energy. *Energy Policy*, 25(10), 833-835.

- Weiss, M., Helfenstein, A., Mattern, F., & Staake, T. (2012). *Leveraging smart meter data to recognize home appliances*. Paper presented at the Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012 IEEE International Conference on.
- Williams, A., Atkinson, B., Garbesi, K., Page, E., & Rubinstein, F. (2012). Lighting controls in commercial buildings. *Leukos*, 8(3), 161-180.
- Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of decision making and residential energy use. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32, 169-203.
- Winett, R.A., & Ester, P. (1983). Behavioral science and energy conservation: Conceptualizations, strategies, outcomes, energy policy applications. *Journal of Economic Psychology*, 3(3-4), 203-229.
- Wood, G., & Newborough, M. (2003). Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design. *Energy and buildings*, 35(8), 821-841.
- yuan Xu, F., Zhou, L., Wu, Y.L., & Ma, Y. (2010). *Standards, policies and case studies in smart metering*. Paper presented at the Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE.
- Zichermann, G., & Cunningham, C. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*: " O'Reilly Media, Inc.". 2011



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
รายชื่อโรงเรียนในสังกัด สพฐ. ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 117 แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

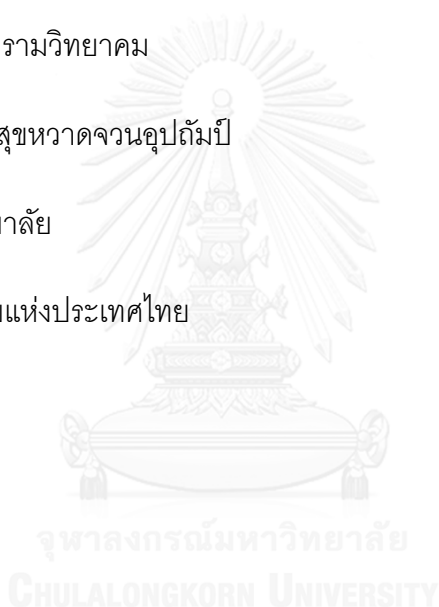
รายชื่อโรงเรียนในสังกัด สพฐ. ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 117 แห่ง

รายชื่อโรงเรียนในสังกัด สพฐ. 1

1. เตรียมอุดมศึกษา
2. สวนกุหลาบวิทยาลัย
3. โยธินบูรณะ
4. รัตนโกสินทร์สมโภช
5. ศึกษานารี
6. ศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์
7. เทพศิรินทร์
8. มัธยมวัดสิงห์
9. มัธยมวัดหนองแขม
10. สตรีวิทยา
11. สามเสนวิทยาลัย
12. นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล
13. บางปะกอกวิทยาคม
14. วัดนวลนรดิศ
15. ศึกษานารีวิทยา
16. ทวีธาภิเศก
17. วัดราชโอรส



18. ชีโนรสวิทยาลัย
19. สอนกุลหาลาวิทยาลัย ธนบุรี
20. โพลีสารพิทยาการ
21. สตรีวัดอัปสรสวรรค์
22. ปัญญาบรรณ
23. เบญจมาภชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์
24. จันทรประดิษฐารามวิทยาคม
25. บางมดวิทยา สีสุขหวาดจวนอุปถัมภ์
26. สันติราษฎร์วิทยาลัย
27. อีสลามวิทยาลัยแห่งประเทศไทย
28. ราชวินิต มัธยม
29. วัดราชบพิศ
30. สตรีวัดระฆัง
31. สายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์
32. วัดพุทธบูชา
33. ที่ปังกวิทยาพัฒน์ (ทวีวัฒนา) ในพระราชูปถัมภ์ฯ
34. ราชันนทาจารย์ สามเสนวิทยาลัย
35. สุวรรณารามวิทยาคม
36. ราชวินิตบางแคปานขำ
37. วัดอินทาราม

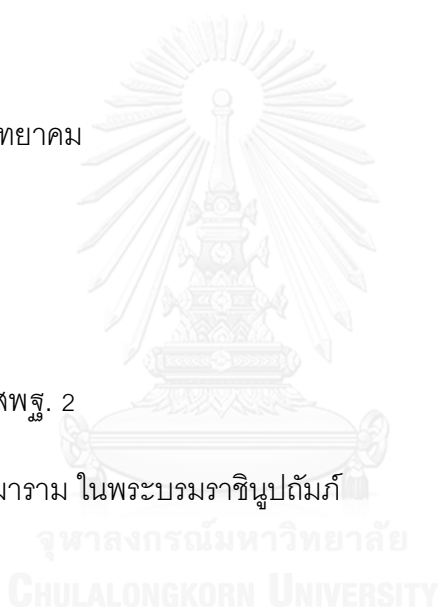


38. มัชฌิมวัดดุสิตาราม
39. มัชฌิมวัดมกุฏกษัตริย์
40. วัดราชาธิวาส
41. มหรรณพาราม
42. ไตรมิตรวิทยาลัย
43. มัชฌิมวัดนายโรง
44. ธนบุรีวรเทพีพลารักษ์
45. ศีลาจารย์พัฒนา
46. ที่บึงกรวิทยาพัฒนา (วัดน้อยใน) ในพระราชูปถัมภ์ฯ
47. ฤทธิณรงค์รอน
48. สุวรรณพลับพลาพิทยาคม
49. นवलนรดิศวิทยาคม รัชมิ่งคลาสสิก
50. วิมุตยารามพิทยากร
51. ทวีธาภิเศก บางขุนเทียน
52. แจงร้อนวิทยา
53. โยธินบูรณะ ๒ (สุวรรณสุทธาราม)
54. มัชฌิมวัดเบญจมบพิตร
55. วัดน้อยนพคุณ
56. วัดบวรมงคล
57. วัดรางบัว

58. วัดประดู่ในทรงธรรม
59. มัชฌิมวัดดาวคนอง
60. ไชยฉิมพลีวิทยาคม
61. อุบลรัตนราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
62. มักกะสันพิทยา
63. วัดบวรนิเวศ
64. สวนอนันต์
65. พิตยาลงกรณ์พิทยาคม
66. วัดสระเกศ
67. วัดสังเวช

รายชื่อโรงเรียนในสังกัด สพฐ. 2

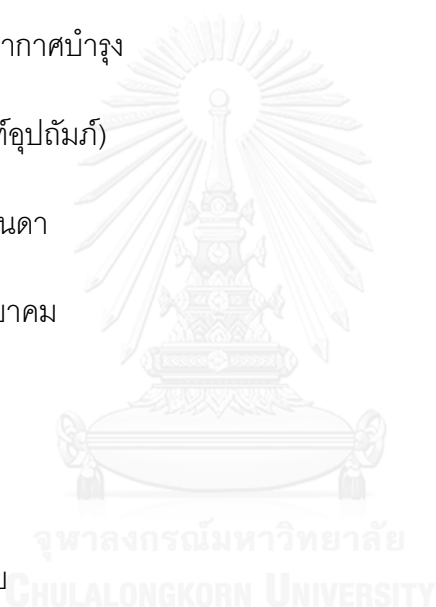
1. สตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์
2. พุทธจักรวิทยา
3. พระโขนงพิทยาลัย
4. วชิรธรรมสาธิต
5. นนทรีวิทยา
6. เจ้าพระยาวิทยาคม
7. สุรศักดิ์มนตรี
8. กุณนทีรุทธารามวิทยาคม
9. วัดสุทธิวราราม



10. ยานนาเวศวิทยาคม
11. สตรีศรีสุริโยทัย
12. ปทุมคงคา
13. สายน้ำผึ้ง ในพระอุปลัมภี ๗
14. มัธยมวัดธาตุทอง
15. สิริรัตนาร
16. รัตนโกสินทร์สมโภชบางเขน
17. บางกะปิ
18. สตรีเศรษฐบุตรีบำเพ็ญ
19. มัธยมวัดหนองจอก
20. เทพลีลา
21. เศรษฐบุตรีบำเพ็ญ
22. บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔
23. มัธยมวัดบึงทองหลาง
24. พรตพิทยพยัต
25. เทพศิรินทร์ร่วมเกล้า
26. รัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง
27. จันทรหุ่นบำเพ็ญ
28. เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ รัชดา
29. นวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร



30. บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๒
31. สุขุมновพันธ์อุปถัมภ์
32. หอวัง
33. สารวิทยา
34. ราชดำริ
35. เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
36. ดอนเมืองทหารอากาศบำรุง
37. สีกัน (วัฒนานันท์อุปถัมภ์)
38. ดอนเมืองจตุรจินดา
39. ลาดปลาเค้าพิทยาคม
40. สตรีวิทยา ๒
41. ราชวินิตบางเขน
42. ฤทธิยะวรรณาลัย
43. ฤทธิยะวรรณาลัย ๒
44. ศรีพฤฒา
45. เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
46. นวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
47. บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
48. นวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา
49. นวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย



50. นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒

51. เตรียมอุดมศึกษาสุวินทวงศ์

52. เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการสุวรรณภูมิ



ภาคผนวก ข
รายนามผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบแบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. ผ.ศ. ดร. ปราณี มณีรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ม. ศรีปทุม
2. ดร. อรุณา แต่ปรเมศรัมย์ อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการธุรกิจ ม. เกษตรศาสตร์
3. ดร. นภาพรณัฏ ทักษิณนิมิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้บริหารโรงเรียนสำหรับการสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

- | | | |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1. คุณจำรัส กลิ่นหอม | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนสตรีวิทยา |
| 2. คุณสุภาณี สุระสมบัติพัฒนา | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนศรีอยุธยา |
| 3. คุณดารารัตน์ ศรีวิสัย | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนโยธินบูรณะ |
| 4. ดร. นิตยา เทพอรุณรัตน์ | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย |
| 5. คุณวิจิตร สมบัติวงศ์ | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนสตรีวิทยา 3 |
| 6. คุณภุชชี ประยูรอนุเทพ | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย |
| 7. คุณสมชาย ภูสุโข | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา |
| 8. คุณพนัสดา สีมั่น | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนราชินีนาถ |
| 9. คุณณรงค์ คำภู | ผู้อำนวยการ | โรงเรียนสุวรรณสุทธาราม |
| 10. คุณสุทธิพงษ์ โมรวรรณ | ผู้อำนวยการ | โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี |

รายนามผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบแบบสังเกตในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. ผ.ศ. ดร. ปราณี มณีรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ม. ศรีปทุม
2. ดร. อรุณา แต่ปรเมศามัย อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการธุรกิจ ม. เกษตรศาสตร์
3. ดร. นภาพรณัฏ ทักษิณนิมิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายนามผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบแบบสอบถามเพื่อประเมินผลในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. ผ.ศ. ดร. ปราณี มณีรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ม. ศรีปทุม
2. ดร. อรุณา แต่ปรเมศามัย อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการธุรกิจ ม. เกษตรศาสตร์
3. ดร. นภาพรณัฏ ทักษิณนิมิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายนามผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบแบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “”

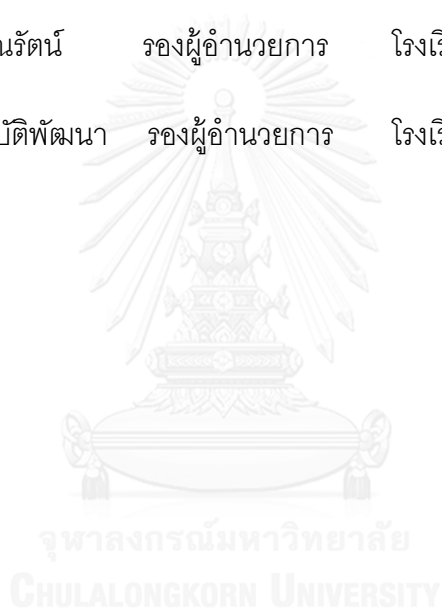
1. ผ.ศ. ดร. ปราณี มณีรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ม. ศรีปทุม
2. ดร. อรุณา แต่ปรเมศามัย อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการธุรกิจ ม. เกษตรศาสตร์
3. ดร. นภาพรณัฏ ทักษิณนิมิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายนามผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบแบบสอบถามในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. ผ.ศ. ดร. ปราณี มณีรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ม. ศรีปทุม
2. ดร. อรุณา แต่ปรเมศามัย อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการธุรกิจ ม. เกษตรศาสตร์
3. ดร. นภาพรณัฏ ทักษิณนิมิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้
ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

- | | | | |
|---------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| 1. คุณอาทร | สินสวัสดิ์ | ผู้ว่าการ | การไฟฟ้านครหลวง |
| 2. คุณวิรัช | กาญจนพิบูลย์ | รองผู้ว่าการ | การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย |
| 3. ดร. ชเนตตี | วัจนะรัตน์ | ผู้อำนวยการ | โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ |
| 4. คุณรัญจิรา | โชติพงศ์กุล | ผู้อำนวยการ | โรงเรียนศิลาจารย์พัฒนา |
| 5. ดร. นิตยา | เทพอรุณรัตน์ | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย |
| 6. คุณสุภาณี | สุระสมบัติพัฒนา | รองผู้อำนวยการ | โรงเรียนศรีอยุธยาฯ |



ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”
2. แบบสังเกตในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”
3. แบบสอบถามเพื่อประเมินผลในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”
4. แบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”
5. แบบสอบถามในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

1. แบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 1 “การศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียน

เรื่อง ปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็น

ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียน เกี่ยวกับ “ปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงาน

ไฟฟ้าในโรงเรียน” ในปัจจุบัน ซึ่งผลการสัมภาษณ์จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรม

ระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนต่อไป

ส่วนที่ 1 สถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียน

1. ชื่อ-นามสกุล
2. ตำแหน่ง
3. โรงเรียน
4. อีเมลล์
5. เบอร์โทรศัพท์

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียนด้านปัญหาและอุปสรรคที่
ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนในปัจจุบัน

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการ สัมภาษณ์ |
|-----|--|-----|--------|---------------------------------|
| 1 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านการเงิน | | | |
| | ท่านเห็นว่าค่าใช้จ่ายแฝงเป็นอุปสรรค ขัดขวาง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ยาก เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า ความเสี่ยงจากการลงทุนด้าน ประหยัดพลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวาง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า เวลาที่จำกัดและลำดับ ความสำคัญของงานเป็นอุปสรรคขัดขวาง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| 2 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านความล้มเหลว ทางการตลาด | | | |
| | ท่านเห็นว่า การได้ข้อมูลความรู้ที่ไม่ครบถ้วน เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การไม่ได้รับประโยชน์โดยตรง จากการลงทุนเพื่อการประหยัดไฟฟ้าเป็น อุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การที่ความสำเร็จของการลงทุน เพื่อการประหยัดไฟฟ้าต้องพึ่งพาการกระทำ ของบุคคลอื่นในโรงเรียนเป็นอุปสรรค ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของ โรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|--|-----|--------|-----------------------------|
| | ท่านเห็นว่าการขาดเทคโนโลยีและความสามารถในการเชิงเทคนิคที่จำเป็น เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดบุคลากรที่ได้รับการอบรมและฝึกฝนเกี่ยวกับการการประหยัดพลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดความซับซ้อนของการความต้องการและโครงสร้างของโรงเรียนและห้องเรียนในปัจจุบันเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| 3 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านสถาบัน | | | |
| | ท่านเห็นว่านโยบายและข้อกำหนดจากภาครัฐที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าโครงสร้างการให้ผลประโยชน์ในการสร้างแรงจูงใจที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าโปรแกรมความร่วมมือระหว่างองค์กรสาธารณะที่ไม่เพียงพอเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| 4 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านภายในองค์กร | | | |
| | ท่านเห็นว่ากระบวนการจัดซื้อจัดจ้างที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| | ท่านเห็นว่าการขาดการสร้างควมตระหนักรู้ด้านพลังงานในองค์กรเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดการสนับสนุนจากผู้บังคับบัญชาเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| 5 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านพฤติกรรมส่วนบุคคล | | | |
| | ท่านเห็นว่าความไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงของบุคคลเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการไม่รู้คุณค่าในการประหยัดพลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |

2. แบบสังเกตในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

| พฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานก่อนการใช้ นวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียน | จำนวนครั้ง | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | ห้อง 4/1 | ห้อง 4/2 | ห้อง 4/3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้หลอดไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้หลอดไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| รวม | | | |

| พฤติกรรมดินเปลือกพลังงานเมื่อใช้ นวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน โรงเรียน | จำนวนครั้ง | | |
|---|------------|------|------|
| | ห้อง | ห้อง | ห้อง |
| | 4/1 | 4/2 | 4/3 |
| ใช้หลอดไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้หลอดไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้หลอดไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้เครื่องปรับอากาศภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้พัดลมไฟฟ้าภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพก่อนถึงเวลาเข้าเรียนตอนเช้า | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพเวลาพักเที่ยง | | | |
| ใช้อุปกรณ์ฉายภาพภายหลังเวลาเลิกเรียนตอนเย็น | | | |
| รวม | | | |

3. แบบสอบถามเพื่อประเมินผลในการวิจัยขั้นตอนที่ 2 “การพัฒนานวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมายใน หรือเติมข้อความในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1.1 เพศ : 1.ชาย 2.หญิง

1.2 อายุ : ปี

1.3 ชั้นเรียน : 1. ห้อง 4/1 2. ห้อง 4/2 3. ห้อง 4/3

1.4 รหัสนักเรียน :

ส่วนที่ 2 การประเมินตนเองเกี่ยวกับปัจจัยทางจิตสังคมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน

หมวด : หลอดไฟฟ้า

2.1 ข้าพเจ้าไม่เปิดหลอดไฟฟ้าทิ้งไว้ก่อนเริ่มเรียนในตอนเช้า

1 2 3 4 5

ไม่เคยทำเลย ทำทุกครั้ง

2.2 ข้าพเจ้าไม่เปิดหลอดไฟฟ้าทิ้งไว้ในเวลาพักทานอาหารกลางวัน

1 2 3 4 5

ไม่เคยทำเลย ทำทุกครั้ง

2.3 ข้าพเจ้าไม่เปิดหลอดไฟฟ้าทิ้งไว้หลังเลิกเรียนตอนเย็น

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

หมวด : พัดลมไฟฟ้า

2.4 ข้าพเจ้าไม่เปิดพัดลมไฟฟ้าทิ้งไว้ก่อนเริ่มเรียนในตอนเช้า

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.5 ข้าพเจ้าไม่เปิดพัดลมไฟฟ้าทิ้งไว้ในเวลาพักทานอาหารกลางวัน

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.6 ข้าพเจ้าไม่เปิดพัดลมไฟฟ้าทิ้งไว้หลังเลิกเรียนตอนเย็น

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

หมวด : อุปกรณ์ฉายภาพ (โปรเจคเตอร์)

2.7 ข้าพเจ้าไม่เปิดโปรเจคเตอร์ทิ้งไว้ก่อนเริ่มเรียนในตอนเช้า

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.8 ข้าพเจ้าไม่เปิดโปรเจคเตอร์ทิ้งไว้ในเวลาพักทานอาหารกลางวัน

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.9 ข้าพเจ้าไม่เปิดโปรเจคเตอร์ทิ้งไว้หลังเลิกเรียนตอนเย็น

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

หมวด : เครื่องปรับอากาศ

2.10 ข้าพเจ้าไม่เปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ก่อนเริ่มเรียนในตอนเช้า

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.11 ข้าพเจ้าไม่เปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ในเวลาพักทานอาหารกลางวัน

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.12 ข้าพเจ้าไม่เปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้หลังเลิกเรียนตอนเย็น

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

หมวด : พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าโดยรวม

2.13 ข้าพเจ้าไม่นำอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนตัวมาใช้ในห้องเรียน

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.14 เมื่อพบว่าผู้ใช้เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนทิ้งไว้ ข้าพเจ้าจะไปปิดทันที

| | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

2.15 ข้าพเจ้าเปิดใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียนเท่าที่จำเป็น

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| ไม่เคยทำเลย | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | ทำทุกครั้ง |

หมวด : เจตคติต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน

2.16 ข้าพเจ้าเชื่อว่าการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก่อนเข้าเรียน ตอนพักเที่ยง และตอนเลิกเรียนจะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

2.17 ข้าพเจ้าเชื่อว่าการปิดเครื่องปรับอากาศ 10 นาที ก่อนพักกลางวัน และ เลิกเรียนจะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

2.18 ข้าพเจ้าภูมิใจที่มีส่วนร่วมในการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในห้องเรียน

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

2.19 ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนเป็นสิ่งที่ควรกระทำ

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

4. แบบสัมภาษณ์ในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

ส่วนที่ 1 สถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียน

1. ชื่อ-นามสกุล
2. ตำแหน่ง
3. โรงเรียน
4. อีเมลล์
5. เบอร์โทรศัพท์

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหารโรงเรียนด้านปัญหาและอุปสรรคที่ขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนในปัจจุบัน

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| 1 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านการเงิน | | | |
| | ท่านเห็นว่าค่าใช้จ่ายแฝงเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการเข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ยากเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| | ท่านเห็นว่าความเสี่ยงจากการลงทุนด้าน ประหยัดพลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวาง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าเวลาที่จำกัดและลำดับ ความสำคัญของงานเป็นอุปสรรคขัดขวาง การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| 2 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านความล้มเหลว ทางการตลาด | | | |
| | ท่านเห็นว่าการได้ข้อมูลความรู้ที่ไม่ครบถ้วน เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการไม่ได้รับประโยชน์โดยตรง จากการลงทุนเพื่อการประหยัดไฟฟ้าเป็น อุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| | ท่านเห็นว่าการที่ความสำเร็จของการลงทุนเพื่อการประหยัดไฟฟ้าต้องพึ่งพาการกระทำของบุคคลอื่นในโรงเรียนเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดเทคโนโลยีและความสามารถในการเชิงเทคนิคที่จำเป็น เป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดบุคลากรที่ได้รับการอบรมและฝึกฝนเกี่ยวกับการการประหยัดพลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าการขาดความซับซ้อนของการความต้องการและโครงสร้างของโรงเรียนและห้องเรียนในปัจจุบันเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| 3 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านสถาบัน | | | |
| | ท่านเห็นว่านโยบายและข้อกำหนดจากภาครัฐที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวาง | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| | การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าโครงสร้างการให้ผลประโยชน์ในการสร้างแรงจูงใจที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่าโปรแกรมความร่วมมือระหว่างองค์กรสาธารณะที่ไม่เพียงพอเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| 4 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านภายในองค์กร | | | |
| | ท่านเห็นว่ากระบวนการจัดซื้อจัดจ้างที่ไม่เหมาะสมเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การขาดการสร้างความตระหนักด้านพลังงานในองค์กรเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนหรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การขาดการสนับสนุนจากผู้บังคับบัญชาเป็นอุปสรรคขัดขวางการ | | | |

| ข้อ | ประเด็นคำถามสัมภาษณ์ | ใช่ | ไม่ใช่ | สรุปสาระสำคัญจากการสัมภาษณ์ |
|-----|---|-----|--------|-----------------------------|
| | ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| 5 | อุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับด้านพฤติกรรมส่วนบุคคล | | | |
| | ท่านเห็นว่าความไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงของ บุคคลเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัด พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |
| | ท่านเห็นว่า การไม่รู้คุณค่าในการประหยัด พลังงานเป็นอุปสรรคขัดขวางการประหยัด พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน หรือไม่ อย่างไร | | | |

5. แบบสอบถามในการวิจัยขั้นตอนที่ 3 “การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อนวัตกรรมระบบเพื่อส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมาย / ใน หรือเติมข้อความในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความ

เป็นจริง

1. เพศ

1. ชาย 2. หญิง

2. อายุ

1. น้อยกว่า 12 ปี 2. 12-14 ปี 3. 15-17 ปี 4. มากกว่า 17 ปี

3. ศึกษาอยู่ในระดับชั้น

1. ม.4/1 2. ม.4/2 3. ม.4/3

ส่วนที่ 2 การยอมรับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน

โรงเรียนรัฐบาล

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่อง เพื่อระบุระดับความคิดเห็นของท่าน

การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness)

4. ข้าพเจ้าคิดว่าสามารถใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน

ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลได้

1 2 3 4 5

ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การรับรู้ความสะดวกในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)

9. การเรียนรู้ที่จะใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน

โรงเรียนรัฐบาลเป็นเรื่องง่ายสำหรับข้าพเจ้า

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

10. ข้าพเจ้าคิดว่านวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน

รัฐบาลมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

11. ข้าพเจ้าคิดว่าการจะใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน

ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลให้เชี่ยวชาญเป็นเรื่องง่าย

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

12. ข้าพเจ้าคิดว่าการใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน

โรงเรียนรัฐบาลเป็นเรื่องง่ายที่จะทำให้ได้ประหยัดไฟฟ้าตามที่ต้องการ (เช่น การเลือกกิจกรรม

ประหยัดไฟ)

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

18. ถ้าข้าพเจ้ามีนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน

รัฐบาล ข้าพเจ้ายินดีที่จะใช้มัน

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |



ภาคผนวก ง
ตัวอย่างหน้าจอ และ วิธีการใช้งานแอปพลิเคชันของโปรแกรม Power School

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างหน้าจอ และ วิธีการใช้งานแอปพลิเคชันของโปรแกรม Power School



ผู้ใ้ต้นสามารถเข้าใช้งานผ่าน Web Browser เช่น Explorer หรือ Firefox
ได้จาก link http://rfctesthost.parseapp.com/pses.Api_Web_20160530_00/play.html



ผู้ใ้ต้นใส่ User name และ Password ตามที่ได้รับสิทธิ์

3. การสร้างตัวละครเพื่อเล่นเกม

ใส่ชื่อตัวละครที่ต้องการ

เลือกเพศตัวละครที่ต้องการ

เลือกลักษณะต่างๆ ของตัวละครตามที่ต้องการ

เมื่อเลือกเสร็จแล้วกดปุ่มสร้างตัวละคร

ผู้เล่นสามารถสร้างสรรค์ตัวละครที่จะใช้เล่นเกม ได้ตามที่ตนเองต้องการ



3. การสร้างตัวละครเพื่อเล่นเกม

ตัวอย่างของตัวละครที่สร้างขึ้น



เมื่อผู้เล่นสร้างตัวละครเรียบร้อยแล้ว ก็จะเข้ามาสู่หน้าเมนูหลัก

5. การเลือกทำภารกิจ หรือ กิจกรรมประหยัดไฟฟ้า

เมื่อซื้อความค่อนรับ และ ประกาศสิ้นสุด ก็จะเห็นหน้าเมนูหลักดังนี้ ซึ่งผู้เล่นสามารถเลือกทำภารกิจ หรือ กิจกรรมประหยัดไฟฟ้าได้ตามชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า



6. รายชื่อภารกิจ หรือ กิจกรรมประหยัดไฟฟ้าที่สามารถเลือกได้

เมื่อผู้เล่นกดเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า ในที่นี้สมมติให้เลือกลงอุปกรณ์หลอดไฟฟ้า หน้าจอจะปรากฏหน้าเมนูให้ผู้เล่นเลือกภารกิจหรือกิจกรรมที่ตนเองต้องการทำ โดยที่ใน 1 วัน สามารถเลือกทำได้ 3 ภารกิจ ซึ่งจะเป็นภารกิจใดก็ได้ตามที่ผู้เล่นต้องการ

7. การยืนยันภารกิจ หรือ กิจกรรมประหยัดไฟฟ้า

ผู้ยืนยันภารกิจหรือกิจกรรมที่ผู้ยืนยันเลือก

ค่าเงินบอยรอยหรือภารกิจหรือกิจกรรมที่ผู้ยืนยันเลือก

ผู้ยืนยันสามารถกดปุ่ม "ตกลง" ยืนยันการเลือกภารกิจ

ผู้ยืนยันสามารถกดปุ่ม "ยกเลิก" เพื่อยกเลิกสู่หน้าจอก่อนหน้า

เมื่อผู้เล่นเกมเลือกภารกิจหรือกิจกรรมที่ตนเองต้องการทำแล้ว
จะปรากฏหน้าจอให้ผู้เล่นเกมยืนยันการเลือกภารกิจหรือกิจกรรมที่ตนเองต้องการทำ

8. ระบบบันทึกการเลือกทำภารกิจ



ผู้เล่นสามารถกดปุ่ม
"ตกลง" เพื่อกลับไป
หน้าจอหลัก

เมื่อผู้เล่นกดยืนยันการเลือกภารกิจหรือกิจกรรมที่ตนเองต้องการทำแล้ว
จะปรากฏหน้าจอแสดงการยืนยันพร้อมทำการบันทึกข้อมูล



9. ข้อมูลของผู้เล่น



ผู้เล่นสามารถกด
ปุ่มหน้าตัวละคร
เพื่อดูข้อมูลของ
ตนเองได้

ผู้เล่นสามารถดูข้อมูลการเล่นของตนเองได้โดยการกดปุ่มที่หน้าตัวละคร

9. ข้อมูลของผู้เล่น

ข้อมูลต่างๆของผู้เล่น เช่น ชื่อ โรงเรียน และ ห้องเรียนที่สังกัด รวมถึงคะแนนที่ทำได้

รายชื่อแควสที่ผู้เล่นได้ทำการเลือกเรียบร้อยแล้ว ระบบจะล้างข้อมูลนี้เมื่อขึ้นวันใหม่

ผู้เล่นสามารถกดปุ่ม "กลับ" เพื่อกลับไปเมนูหลัก

ผู้เล่นสามารถเปลี่ยน Password และกดปุ่ม ยืนยัน เพื่อทำการตั้ง Password ใหม่

ตัวอย่างข้อมูลของผู้เล่น

10. การเปลี่ยน Password



ผู้เล่นสามารถคลิกปุ่ม
“ตกลง” เพื่อกลับสู่
หน้าจอหลัก

เมื่อผู้เล่นกดปุ่ม ยืนยัน เพื่อทำการตั้ง Password ใหม่ ระบบจะทำการบันทึกและจะปรากฏหน้าจอยืนยันขึ้น



11. ข้อมูลตารางคะแนนผู้เ้า



ผู้เล่นสามารถคลิกปุ่ม
เพื่อดูข้อมูลตาราง
คะแนนผู้เ้า

ผู้เล่นสามารถดูข้อมูลตารางคะแนนผู้เ้า ซึ่งเป็นตารางรวมคะแนนของแต่ละห้องเรียน มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการแข่งขันแบบทีม

11. ข้อมูลตารางคะแนนผู้เข้า



ตัวอย่างหน้าจอแสดงตารางคะแนนผู้เข้า

14. การอัปเดตสภาพของห้อง (อัปเดตเวลา)



เมื่อเริ่มเล่น ห้องที่อยู่ในหน้าจอเมนูหลัก จะมีสภาพที่ไม่เรียบร้อย สกปรก



14. การอัปเดตสภาพของห้อง (อัปเดตเวลา)




เมื่อผู้เล่นสามารถที่จะทำคะแนนได้ถึงระดับที่กำหนด ห้องที่อยู่ในหน้าจอจะมีการอัปเดต ซึ่งสามารถเปรียบได้กับการอัปเดตเวลาของผู้เล่น

14. การอัปเดตสภาพของห้อง (อัทเวลา)



และเมื่อผู้เล่นสามารถที่จะทำคะแนนได้ถึงระดับสูงสุด ห้องที่อยู่ในหน้าจอจะมีการอัปเดต เป็นห้องที่สวยงาม สะอาดเรียบร้อย



ภาคผนวก จ
ตัวอย่างภาพพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการ
สังเกตการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างภาพพฤติกรรมสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากการสังเกตการณ์













ภาคผนวก จ

ตัวอย่างภาพพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากกิจกรรมทำทนาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างภาพพฤติกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนจากกิจกรรมทำทนาย









ภาคผนวก ช
ผลการทดสอบจากโปรแกรม SPSS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการทดสอบจากโปรแกรม SPSS

Paired Samples Statistics

| | | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|--------|-----------------|---------|-----|----------------|-----------------|
| Pair 1 | LightingAfter | 13.8095 | 126 | 2.39237 | .21313 |
| | LightingBefore | 11.3968 | 126 | 3.83057 | .34125 |
| Pair 2 | FanAfter | 13.7143 | 126 | 2.30775 | .20559 |
| | FanBefore | 11.1746 | 126 | 3.90093 | .34752 |
| Pair 3 | ProjectorAfter | 13.8730 | 126 | 2.28730 | .20377 |
| | ProjectorBefore | 11.5238 | 126 | 3.78569 | .33726 |
| Pair 4 | AirAfter | 13.8254 | 126 | 2.00431 | .17856 |
| | AirBefore | 11.2698 | 126 | 3.80192 | .33870 |
| Pair 5 | GenBehavAfter | 13.5159 | 126 | 2.17893 | .19411 |
| | GenBehavBefore | 11.1429 | 126 | 3.41459 | .30420 |
| Pair 6 | AttitudeAfter | 18.3254 | 126 | 2.43254 | .21671 |
| | AttitudeBefore | 15.7540 | 126 | 4.28147 | .38142 |
| Pair 7 | AbilityAfter | 18.5556 | 126 | 2.23269 | .19890 |
| | AbilityBefore | 15.5317 | 126 | 4.27960 | .38126 |
| Pair 8 | ParentAfter | 18.4206 | 126 | 2.26045 | .20138 |
| | ParentBefore | 15.9841 | 126 | 4.62512 | .41204 |

Paired Samples Correlations

| | | N | Correlation | Sig. |
|--------|----------------------------------|-----|-------------|------|
| Pair 1 | LightingAfter & LightingBefore | 126 | .430 | .000 |
| Pair 2 | FanAfter & FanBefore | 126 | .525 | .000 |
| Pair 3 | ProjectorAfter & ProjectorBefore | 126 | .522 | .000 |
| Pair 4 | AirAfter & AirBefore | 126 | .460 | .000 |
| Pair 5 | GenBehavAfter & GenBehavBefore | 126 | .495 | .000 |
| Pair 6 | AttitudeAfter & AttitudeBefore | 126 | .433 | .000 |
| Pair 7 | AbilityAfter & AbilityBefore | 126 | .448 | .000 |
| Pair 8 | ParentAfter & ParentBefore | 126 | .433 | .000 |

Paired Samples Test

| | | Paired Differences | | | | t | df | Sig. (2-tailed) | |
|--------|----------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|---------|-------|-----------------|-------|
| | | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference | | | | |
| | | | | | Lower | | | | Upper |
| Pair 1 | LightingAfter - LightingBefore | 2.41270 | 3.53784 | .31518 | 1.78893 | 3.03647 | 7.655 | 125 | .000 |
| Pair 2 | FanAfter - FanBefore | 2.53968 | 3.32903 | .29657 | 1.95273 | 3.12664 | 8.563 | 125 | .000 |
| Pair 3 | ProjectorAfter - ProjectorBefore | 2.34921 | 3.24300 | .28891 | 1.77742 | 2.92099 | 8.131 | 125 | .000 |
| Pair 4 | AirAfter - AirBefore | 2.55556 | 3.38598 | .30165 | 1.95856 | 3.15255 | 8.472 | 125 | .000 |
| Pair 5 | GenBehavAfter - GenBehavBefore | 2.37302 | 3.00595 | .26779 | 1.84302 | 2.90301 | 8.861 | 125 | .000 |
| Pair 6 | AttitudeAfter - AttitudeBefore | 2.57143 | 3.90370 | .34777 | 1.88315 | 3.25971 | 7.394 | 125 | .000 |
| Pair 7 | AbilityAfter - AbilityBefore | 3.02381 | 3.83972 | .34207 | 2.34681 | 3.70081 | 8.840 | 125 | .000 |
| Pair 8 | ParentAfter - ParentBefore | 2.43651 | 4.17707 | .37212 | 1.70003 | 3.17299 | 6.548 | 125 | .000 |



ภาคผนวก ซ
รายชื่อบริษัทจัดการพลังงานที่ลงทะเบียนกับ ESCO จำนวน 58 แห่ง
(ข้อมูลจากสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
ไทย ปี 2551)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายชื่อบริษัทจัดการพลังงานที่ลงทะเบียนกับ ESCO จำนวน 58 แห่ง

(ข้อมูลจากสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ปี 2551)

1. บริษัท บี.ที.เอ็ม เอ็นจิเนียริง จำกัด
2. บริษัท เบสท์ เอ็นเนอร์ยี่ เซอร์วิส จำกัด
3. บริษัท เรียด ยู พาวเวอร์ จำกัด
4. บริษัท เวสต์ต้า พี เอ็ม เอส (ไทยแลนด์) จำกัด
5. บริษัท เอ็กซ์เซลเลนท์ เอ็นเนอร์ยี่ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
6. บริษัท เอ็นนอป จำกัด
7. บริษัท เอ็นเนอร์จิกา จำกัด
8. บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ ดีไซน์ คอนเซ็ปท์ จำกัด
9. บริษัท การันตี เอ็นจิเนียริง จำกัด
10. บริษัท โกลด์มาร์ก เทคโนโลยี ซัพพลาย จำกัด
11. บริษัท จัดการอากาศอัด จำกัด
12. บริษัท ซไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด
13. บริษัท พี แอนด์ เอส ดีไซน์ จำกัด
14. บริษัท ไทยเอ็นเนอร์ยี่คอนเซอร์เวชั่น จำกัด
15. บริษัท แอคทีฟ ซายน์ จำกัด
16. บริษัท จอห์นสัน คอนโทรลส์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด
17. บริษัท เอ็ม แอนด์ ซี เอ็นเนอร์จี (ประเทศไทย) จำกัด
18. บริษัท โคเฟลี่ (ประเทศไทย) จำกัด

19. บริษัท โซเด็กซ์โซ่ ซัพพอร์ท เซอร์วิส (ประเทศไทย) จำกัด
20. บริษัท เครสโก้ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
21. บริษัท เทอร์มัล เทค จำกัด
22. บริษัท โมดูลาร์ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด
23. บริษัท สมาร์ท เอนเนอจี เซฟวิ่ง
24. บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน)
25. บริษัท แอสเทน เอ็นจิเนียริง แอนด์ เอนเนอจี จำกัด
26. บริษัท โอพาริก กรุ๊ป จำกัด
27. บริษัท อัจฉริยะ (ประเทศไทย) จำกัด
28. บริษัท ไปโอทริค เอเชีย จำกัด
29. บริษัท เพาเวอร์ แอร์ เอ็นจิเนียริง จำกัด
30. บริษัท บริหารและอนุรักษ์พลังงาน จำกัด
31. บริษัท ทีม เอนเนอจี แมเนจเม้นท์ จำกัด
32. บริษัท เพาเวอร์ อินโนเวชั่น จำกัด
33. บริษัท โกลบอล เอนเนอจี เซอร์วิส จำกัด
34. บริษัท ดับบลิว.เอส.ไอ จำกัด
35. บริษัท นาเว่ อิลิกทริค (ประเทศไทย) จำกัด
36. บริษัท เบสเทรอด พรีซิชั่น จำกัด
37. บริษัท เวนโซ พาวเวอร์ เทคโนโลยี จำกัด
38. บริษัท เอ็นโนวาเทค ฟินิกซ์ เอนเนอจี โซลูชั่น จำกัด

39. บริษัท ไบโอแก๊ส ไฟรันเนอร์ จำกัด
40. บริษัท แอร์โค จำกัด
41. บริษัท อินโนเวชั่น เทคโนโลยี จำกัด
42. บริษัท โคเฟลี เอสอีเอยูทิลิตี้ส์ จำกัด
43. บริษัท พัทยา เพาเวอร์ เอ็นเนอร์ยี จำกัด
44. บริษัท เลคิเซ่ ไลท์ติ้ง จำกัด
45. บริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด
46. บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
47. บริษัท เอ็นโซล จำกัด
48. บริษัท เอ็นเนอร์จี ออฟติมายด์เซชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด
49. บริษัท ไทย ทาซากิ เอ็นจิเนียริง จำกัด
50. บริษัท แอลอีดี ไลท์ติ้ง จำกัด
51. บริษัท ไลท์ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด
52. บริษัท ไบนารี แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด
53. บริษัท ธรรมธรรม เอ็นจิเนียริง จำกัด
54. บริษัท เอ็นเนอร์ยี พลัส ดีเวลลอปเมนต์ จำกัด
55. บริษัท เค.วาย. เพาเวอร์ แอนด์ เอ็นเนอร์ยี จำกัด
56. บริษัท วิน วิน ซัพพลาย จำกัด
57. บริษัท พีรพัฒน์ เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)
58. บริษัท กรีน โอเปอเรชั่น โซลูชั่น จำกัด

ภาคผนวก ฅ

Best Practices: นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรม
การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Best Practices: นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าใน

โรงเรียนรัฐบาล

“กรณีศึกษาการใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าใน

โรงเรียน”

โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ กรุงเทพมหานคร

1. ความเป็นมา

จากการที่ประเทศไทยต้องนำเข้าปิโตรเลียมจากต่างประเทศเป็นจำนวนเกือบ 90% เพื่อใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งส่วนหนึ่งก็รวมไปถึงการนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า จึงทำให้ประเทศไทยต้องตกอยู่ในภาวะขาดความมั่นคงทางพลังงาน ต้องสูญเสียเงินจำนวนมหาศาลเพื่อใช้ในการนำเข้าปิโตรเลียมทุกปี ซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ ในปี พ.ศ. 2556 รัฐบาลต้องการให้หน่วยงานราชการเป็นผู้นำในการการประหยัดพลังงาน เพื่อเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับองค์กรธุรกิจและภาคประชาชน จึงได้ออกนโยบายรณรงค์ให้หน่วยงานราชการทุกหน่วย ช่วยกันหามาตรการในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงาน ทั้งนี้ไม่ได้มุ่งเน้นที่การลดค่าใช้จ่าย แต่มุ่งเน้นให้เกิดการใช้ไฟฟ้าให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด โดยได้ และมีมติคณะรัฐมนตรี ประกาศเป้าหมายให้หน่วยงานราชการทุกภาคส่วนช่วยกันลดการใช้พลังงานลงอย่างน้อย 10% จากเดิม โดยมอบหมายให้สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ในสังกัดกระทรวงพลังงานเป็นผู้รับผิดชอบและกำกับดูแล

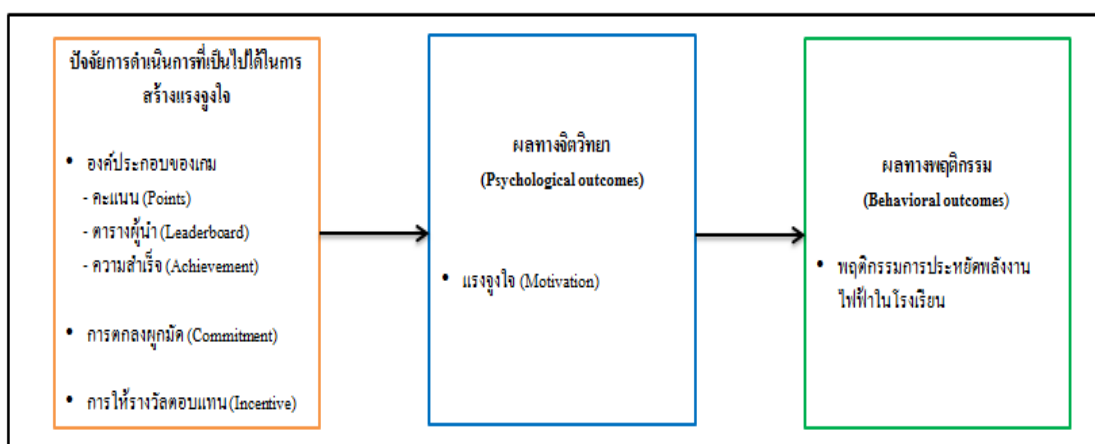
โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ อยู่ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ในความดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ ถือเป็นหน่วยงานรัฐแห่งหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากนโยบายของรัฐบาลเช่นกัน ซึ่งโรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ ถือเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ เปิดการสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 และเปิดรับนักเรียนแบบสหศึกษา โดยในปัจจุบันโรงเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน เนื่องจากเมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ถูกบันทึกในรายงานงบประมาณในปี 2558 พบว่าโรงเรียนศรีอยุธยา มีค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าทั้งสิ้น 5,175,937.75 บาท ซึ่งมีอัตราการใช้เพิ่มสูงขึ้นกว่าปี 2556 และ 2557 เท่ากับ 18.76% และ 15.37% ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผู้บริหารโรงเรียนจำเป็นต้องหาแนวทาง หรือ วิธีการใหม่ ในการที่จะมาใช้ในการบรรณรงค์ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน จนกระทั่งในปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมีโอกาสดำเนินการช่วยเหลือด้านข้อมูลให้กับงานวิจัยเกี่ยวกับนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ซึ่งเป็นการใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันผสมผสานบูรณาการเข้ากับแนวคิดการแทรกแซงพฤติกรรม โรงเรียนจึงได้เปิดโอกาสให้มีการนำเอาต้นแบบนวัตกรรมระบบฯ เข้ามาจัดทำโครงการทดลองในห้องเรียนตัวอย่างเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมในการประหยัดพลังงานให้กับนักเรียน และคาดหวังว่าผลที่ได้จะนำไปสู่การประหยัดพลังงานของโรงเรียนต่อไปในอนาคต

2. วิสัยทัศน์ของโรงเรียน

มุ่งมั่นพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ให้มีความรู้คู่คุณธรรม รักษาดี ศาสน์ กษัตริย์ ล้ำเลิศ ด้านภาษา และวิชาการสู่สากล ก้าวทันเทคโนโลยี จรรโลงความเป็นไทย ใส่ใจรักษพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ในฐานะพลเมืองและพลโลก

3. การปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนของนักเรียนโรงเรียนศรีอยุธยา

โรงเรียนศรีอยุธยาใช้แนวคิดเกมิฟิเคชั่นผสมผสานบูรณาการเข้ากับแนวคิดการแทรกแซงพฤติกรรมตามโมเดลกระบวนการนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ดังนี้



โรงเรียนศรีอยุธยา ได้จัดทำโครงการทดลอง ในปีการศึกษา 2559 โดยมีห้องเรียนตัวอย่างในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เข้าร่วมในโครงการทั้งสิ้น 3 ห้องเรียน ได้แก่ ม.4/1 ม.4/2 และ ม.4/3 ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้บริหาร ทั้งผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และอาจารย์ประจำระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเริ่มจากให้ความรู้ และ ทำความเข้าใจกับนักเรียนในห้องเรียน ตัวอย่างเกี่ยวกับความสำคัญของการประหยัดพลังงาน และ ความสำคัญของโครงการทดลอง จากนั้นทำการแนะนำและอบรมการใช้งานนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล อันประกอบด้วยโปรแกรมเกม Power School ซึ่งเป็นสื่อกลางในการที่นักเรียนจะใช้ทำกิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน พร้อมทั้งได้มีการนำเอาอุปกรณ์

ตรวจจับการใช้พลังงานแบบไร้สายเข้ามาติดตั้งภายในห้องเรียนเพื่อวัดผลพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนในระหว่างการทดลอง ซึ่งนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล จะมุ่งเน้นการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเอง ผ่านแนวคิดเกมฟิเคชั่น ซึ่งเปลี่ยนกิจวัตรประจำวันของนักเรียนให้กลายเป็นการเล่นเกมซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยองค์ประกอบสำคัญของเกม 3 ประเภท มาใช้ในการสร้างแรงจูงใจ ได้แก่ 1) คะแนน (Points) 2) ตารางผู้นำ (Leaderboard) และ 3) ความสำเร็จ (Achievement) โดยทั้ง 3 องค์ประกอบนี้ จะทำให้นักเรียนเกิดความเพลิดเพลิน สนุกสนาน และรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งกับเกม พร้อมทั้งบูรณาการเทคนิคการแทรกแซงพฤติกรรม ได้แก่ 1) การตกลงผูกมัด (Commitment) 2) การให้รางวัลตอบแทน (Incentive) ซึ่งทั้ง 2 เทคนิคนี้ จะช่วยกระตุ้นย้ำเตือนให้นักเรียนตั้งใจในการทำพฤติกรรมประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยที่ในระหว่างโครงการทดลอง จะได้มีการสังเกตการณ์ และบันทึกผลพฤติกรรมของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่าง เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองจึงทำการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่าง แล้วจึงทำการสรุปรายงานผลการทดลอง จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ

4. วิธีปฏิบัติเป็นเลิศ “กรณีศึกษาการใช้แนวคิดเกมฟิเคชั่นเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน”

เป็นวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศที่เน้น การปรับเปลี่ยนทัศนคติและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมให้นักเรียน ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการใส่ใจรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ตามวิสัยทัศน์ของโรงเรียนศรีอยุธยา มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อสนับสนุนพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในโรงเรียน
2. เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงานให้กับนักเรียน
3. เพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนอันเป็นผลมาจากพฤติกรรมการประหยัด

พลังงานไฟฟ้าของนักเรียน

โรงเรียนศรีอยุธยาได้นำนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลมาเป็นเครื่องมือในทดลองในการสนับสนุนเพื่อสนับสนุนพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในโรงเรียนจนประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. จัดประชุมชี้แจงฝ่ายบริหาร และครูประจำระดับชั้นของห้องเรียนตัวอย่างเพื่อสร้างความเข้าใจในโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลและได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารและครูประจำระดับชั้นเป็นอย่างดี
2. ตั้งคณะทีมงานโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
3. จัดอบรมและทำความเข้าใจกับแก่นักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการทดลอง
4. จัดเตรียมความพร้อมของสถานที่ในห้องเรียนตัวอย่าง และติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย (WIEAM)
5. ประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างก่อนเริ่มโครงการทดลอง

6. สังเกตการณ์พฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พร้อมทำการจดบันทึกข้อมูล

7. เริ่มการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลในห้องเรียนตัวอย่าง โดยนักเรียนเข้าใช้งานโปรแกรมเกม Power School เพื่อเลือกทำกิจกรรมประหยัดพลังงานที่สนใจ จากนั้นอุปกรณ์ WIEAM จะทำการตรวจสอบผลของสำเร็จของกิจกรรมประหยัดพลังงานที่นักเรียนเลือกไว้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่าง โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ พร้อมทำการเก็บบันทึกข้อมูลจากการสังเกตการณ์ด้วย

8. ประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างภายหลังโครงการทดลอง

5. ผลการดำเนินงาน

1. ผู้บริหารให้ความเข้าใจและสนับสนุนโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลอย่างต่อเนื่อง

2. นักเรียนมีพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าดีขึ้น โดยดูจากผลสังเกตการณ์ที่มีจำนวนครั้งการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยลงอย่างน้อย 20%

3. นักเรียนมีผลประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

4. ผู้ปกครองนักเรียนประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในปกครองของตนเอง

6. ปัจจัยแห่งความสำเร็จ

1. ผู้บริหารโรงเรียนมีความเข้าใจและสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง
2. คณะทีมงานโครงการฯ มีวิธีการทำงานอย่างเป็นระบบ จริงจัง ต่อเนื่องและมี
ความสามารถในการประสานงานกับนักเรียน ครูอาจารย์ และเจ้าหน้าที่อื่นๆที่เกี่ยวข้อง
3. ครูผู้ดูแลระดับชั้นมีทัศนคติเชิงบวกเกี่ยวกับเรื่องอนุรักษ์พลังงาน ส่งผลให้นักเรียนมี
กระตือรือร้น และมีทัศนคติเชิงบวกต่อโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการ
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
4. ผู้ปกครอง มีความเข้าใจและยอมรับโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิง
พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล
5. นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องอนุรักษ์พลังงานร้อยละ

7. บทเรียนที่ได้รับ

1. เมื่อมีความเข้าใจในกระบวนการทำงานของนวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการ
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล ทั้งแนวคิดเกมิพีเคชั่น และ การแทรกแซงพฤติกรรม โดย
การจัดอบรมให้ครูประจำระดับชั้นและนักเรียนในห้องตัวอย่าง ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการ
ใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล จนทำให้
เกิดทัศนคติเชิงบวกต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนได้
2. การจัดโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงาน
ไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลโดยใช้รูปแบบการให้รางวัลเป็นทีม (ห้องเรียน) ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน
ระหว่างนักเรียนในห้อง ทำให้นักเรียนมีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ทำงานเป็นทีม เสียสละเพื่อ

ส่วนรวม ส่งผลให้การจัดโครงการทดลองเป็นไปอย่างราบรื่นและนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติในชีวิตจริง รวมทั้งขยายผลความรู้แก่เพื่อนทั้งและครอบครัวได้

3. ผู้ปกครอง มีความเข้าใจและเห็นความสำคัญของการอนุรักษ์ในโรงเรียนและให้ความร่วมมือ กับโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาล

4. ความสำเร็จของโครงการทดลองใช้นวัตกรรมระบบส่งเสริมเชิงพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงเรียนรัฐบาลตามวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ “กรณีศึกษาการใช้แนวคิดเกมพีเคชั่นเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรียน” เกิดจากความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เห็นความสำคัญและสนับสนุน การดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่อง

8. ข้อพึงระวัง

การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรียน หากมองให้ลึกซึ้ง จะพบว่าเป็นเรื่องที่ไกลตัวนักเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนไม่ได้เป็นผู้ที่มีส่วนรับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และไม่มีผลกระทบใดๆต่อนักเรียน จึงจำเป็นที่ผู้บริหารโรงเรียนต้องทราบถึงปัจจัยในการสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสม จึงจะสามารถสร้างเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานของนักเรียนขึ้นมาได้ อีกทั้งควรจะมีการจัดโครงการ หรือ กิจกรรมอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานในระยะยาวต่อไป

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายวุฒิพันธุ์ เกียรติเรืองไกร

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2522

ประวัติการศึกษา

- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนเทพศิรินทร์
- ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
- ระดับปริญญาโท University of Wollongong (UOW), New South Wales, Australia. Master of International Business (MIB) and Master of Business Administration (MBA)

ประวัติการทำงาน

- พ.ศ. 2545 – 2546 พนักงานฝ่ายเครดิตบูโร ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
- พ.ศ. 2549 – 2551 พนักงานฝ่ายวิเคราะห์ธุรกิจ บริษัท ไทยพาณิชย์นิวยอร์กไลฟ์ประกันชีวิต จำกัด (มหาชน)
- พ.ศ. 2553 – 2555 หัวหน้าฝ่ายจัดหา บริษัท บาซาร์ เอเชีย แปซิฟิก จำกัด
- พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ บริษัท โปรเกรสซิฟอินเตอร์-เทรด จำกัด

ประวัติ และ ผลงานวิชาการ

เคยได้รับคัดเลือกให้เป็นนักเรียนทุนของสมาคมไหหนำแห่งประเทศไทย เพื่อไปศึกษาต่อด้านภาษาจีนกลาง ณ มหาวิทยาลัยไหหนำ (Hainan University) เมืองไหโค่ว มลรัฐไหหนำ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน