เครดิตภาพ : น้องมิค (นักเรียนผู้ร่วมจัดทำโครงงานในคู่มือฯ)

คู่มือการจัดทำ

โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม

เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย

ดำเนินการในโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab)

คู่มือการจัดทำ

โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม

เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย

ดำเนินการในโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab)

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”
โครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab)

ISBN : 978-616-8261-24-8

พิมพ์ครั้งที่ 1 : กันยายน 2562
จำนวนพิมพ์ : 1,000 เล่ม
เอกสารเผยแพร่ ห้ามจำหน่าย

© สงวนลิขสิทธิ์ ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558 โดย สำนักงานประสานงานโครงการตามพระราชดำริ
สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำและดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้ นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

ที่ปรึกษา : ทวีศักดิ์ กออนันตกูล ชฎามาศ ธุวะเศรษฐกุล อ้อมใจ ไทรเมฆ จิระศักดิ์ สุวรรณโณ เจริญมิตร วรเดช
เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต อัศวิน หงส์สิงห์ทอง เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์ เยาวลักษณ์ คนคล่อง

ผู้เขียน : ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล
คณะผู้ร่วมเขียน : ว่าที่ร้อยตรีชยการ คีรีรัตน เรวัตร ใจสุทธิ จุฬาลักษณ์ วัฒนานนท์ พลวัตน์ จินตนาภรณ์ พันธวี บุญยอม
อภิชาติ อินทนิน แก้วตา แก้วลมูล ธมลพรรณ กรุณานำ พนิดา เล้าประเสริฐ ปวีณา จันทร์เพ็ง

บรรณาธิการ : ธัญญ์ณัช บุษบงค์
ผู้ช่วยบรรณาธิการ : นฤมล สุขเกษม นวพรรษ คำไส

บรรณาธิการออกแบบ : จุฬารัตน์ นิ่มนวล
รูปเล่ม : ศุภณัฐ บุญนะบุตร

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”/ โครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab). พิมพ์ครั้งที่ 1 – ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2562

190 หน้า : ภาพประกอบสี
ISBN : 978-616-8261-24-8
1. วิทยาศาสตร์ 2. กิจกรรมเสริมหลักสูตร 3. โครงงานวิทยาศาสตร์ 4. วิทยาศาสตร์ -- การทดลอง
I. สำนักงานประสานงานโครงการตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
II. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ III. ชื่อเรื่อง
Q182.3 507.12

จัดทำโดย
สำนักงานประสานงานโครงการตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม
73/1 ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ : 02 564 7000 ต่อ 81816, 81807

สาร

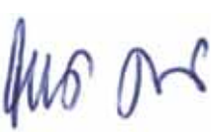
สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงมีพระราชดำริว่า การศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะค้ำจุนให้ประเทศพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ ทรงให้ความสำคัญแก่เด็กและเยาวชนทุกกลุ่ม จึงโปรดเกล้าฯ ให้จัดทำโครงการที่เกื้อหนุนการศึกษาของเด็กและเยาวชนกลุ่มต่างๆ เพื่อลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ พัฒนาครู นักเรียน และบุคลากรของโรงเรียนให้สามารถใช้เครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้และการทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จึงโปรดเกล้าฯ ให้จัดทำโครงการเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาของโรงเรียนในชนบท (ทสรช.) ภายใต้มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อเพิ่มโอกาสและลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงพัฒนาครู นักเรียน และบุคลากรของโรงเรียนให้สามารถใช้เครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศ ให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้และการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี พ.ศ. 2552 มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ได้จัดทำโครงการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมด้านการศึกษาที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว การสร้างชิ้นงาน 3 มิติ และ Internet of Things (IoT) เป็นการเปิดโอกาสให้แก่เยาวชนกลุ่มด้อยโอกาส ได้เข้าถึงเทคโนโลยีสมัยใหม่ ได้รับการพัฒนาทักษะที่มีความต้องการสูงในยุคดิจิทัล และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้จัดทำโครงงานหรือนวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งเสริมให้เกิดทักษะการคิด การแก้ปัญหาและเรียนรู้ผ่านกระบวนการทำโครงงาน อันเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ ส่วนหนึ่งได้แนวทางการจัดกิจกรรมจากการสังเคราะห์ผลการดำเนินงานของ โครงการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายใต้มูลนิธิฯ ซึ่งมีการดำเนินงานมากกว่า 10 ปี

มูลนิธิฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเทคนิควิธีการในคู่มือฯ ที่สังเคราะห์ได้จากการดำเนินงานของมูลนิธิฯ จะเป็นประโยชน์แก่โรงเรียนและครูที่สนใจเรื่องการทำสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม โดยเฉพาะโรงเรียนในโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab) ให้ครูผู้สอนสามารถนำประสบการณ์ ปัญหา รูปแบบการจัดกิจกรรมที่นำเสนอในคู่มือนี้ ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมส่งเสริมการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมในห้อง FabLab ของโรงเรียน เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากห้อง FabLab ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด อันจะช่วยส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ให้แก่เด็กและเยาวชนไทยต่อไปในอนาคต



ศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์
กรรมการและเลขาธิการมูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
ที่ปรึกษาอาวุโสผู้อำนวยการ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สาร

การขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ “ไทยแลนด์ 4.0” ให้สัมฤทธิผลจำเป็นต้องปรับโครงสร้างเศรษฐกิจใหม่ โดยต้องใช้องค์ความรู้และนวัตกรรมเป็นพื้นฐานของการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ อีกทั้งต้องพัฒนาขีดความสามารถของคนในประเทศ โดยเฉพาะด้านความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นองค์กรที่มีบทบาทหน้าที่สำคัญที่ช่วยสนับสนุนการขับเคลื่อนประเทศไทยให้ก้าวเข้าสู่ประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม กลยุทธ์หนึ่งที่สำคัญ ได้แก่ การเตรียมคนไทยสู่อาชีพยุคใหม่ โดยการพัฒนาหรือปรับเปลี่ยนทักษะของผู้ทำงาน ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบันและอนาคต ผ่าน “Career for the Future Academy” ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายในการสร้างและพัฒนากำลังคนให้พร้อมก้าวสู่ศตวรรษที่ 21 ของรัฐบาล

โครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย (Fabrication Lab หรือ FabLab) เป็นหนึ่งในโครงการที่ สวทช. ได้รับการสนับสนุนงบประมาณ ในปี 2561 ภายใต้โครงการขนาดใหญ่ที่มีผลกระทบต่อภาคสังคมอย่างกว้างขวาง (Big Rock Project) ของรัฐบาล ที่เสนอโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ปัจจุบันคือ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม) วัตถุประสงค์ของโครงการคือเพื่อพัฒนาทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะด้านเทคโนโลยี และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญของผู้คิดค้นนวัตกรรม หรือ “นวัตกร” โดยโครงการฯ ส่งเสริมการจัดพื้นที่การเรียนรู้ “โรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab)” ในสถานศึกษาและแหล่งเรียนรู้ทั่วประเทศ จำนวน 150 แห่ง

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” ที่ สวทช. ได้จัดทำขึ้นนี้ มีตัวอย่างและรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะทางด้านวิศวกรรมให้แก่เด็กและเยาวชน ซึ่งครูผู้สอน ผู้ปกครอง และผู้เรียน สามารถนำไปประยุกต์จัดกิจกรรมการเรียนการสอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในห้อง FabLab เพื่อส่งเสริมให้เด็กและเยาวชนได้เรียนรู้กระบวนการสร้างนวัตกรรม สามารถฝึกทักษะด้านวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยใช้เครื่องมือวิศวกรรมและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ฝึกความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกร หรือเป็นนวัตกรต่อไปในอนาคต

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ จะนำไปใช้งานได้จริงในโรงเรียนเพื่อพัฒนาต่อยอดทักษะทางด้านนวัตกรให้แก่เด็กและเยาวชน ก้าวเข้าสู่ตลาดแรงงาน สอดคล้องกับอาชีพในอนาคต ซึ่งต้องการผู้มีศักยภาพสูง อันจะเป็นกำลังสำคัญที่จะร่วมขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยสู่ “ไทยแลนด์ 4.0” ต่อไป

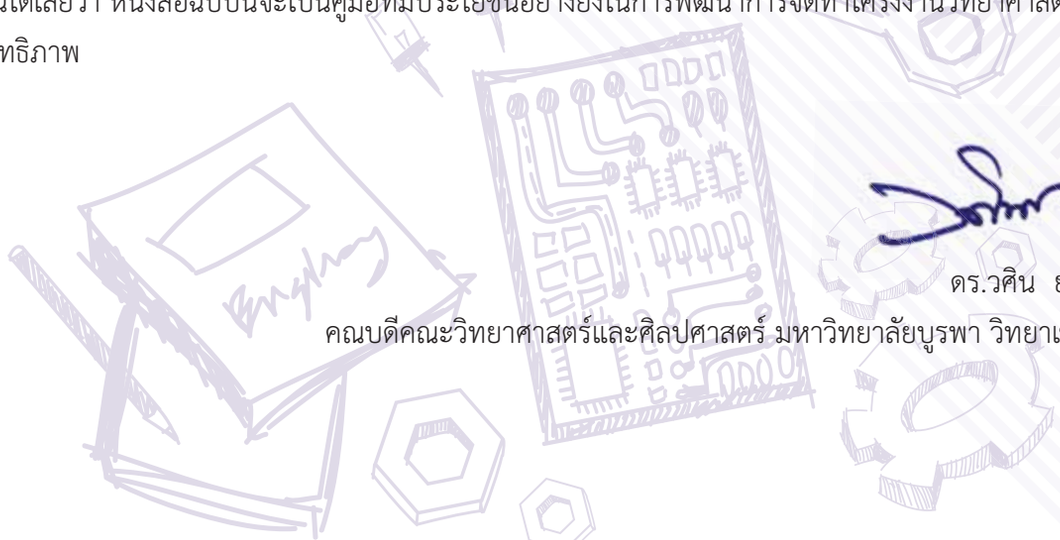
ดร.ณรงค์ ศิริเลิศวรกุล
ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

คำนิยม

การจัดทำโครงงานเป็นรูปแบบการจัดการการเรียนรู้ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เนื่องจากการพัฒนาผู้เรียนในปัจจุบันจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องเตรียมการจัดการเรียนการสอน ที่สามารถทำให้ผู้เรียนสามารถเพิ่มพูนทักษะในการมองเห็นโจทย์ปัญหาที่เหมาะสม แสวงหาความรู้และกระบวนการในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และนำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้เป็นแนวทางที่ดี ผู้เขียนใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย สามารถเป็นคู่มือสำหรับผู้สอนที่ยังไม่มีประสบการณ์หรือแม้ผู้มีประสบการณ์แล้วก็สามารถนำไปช่วยในการวางแผน ตลอดจนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้สอนนำไปใช้ในการฝึกฝนผู้เรียน ทั้งการวางกรอบความคิด การลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ ไปจนถึงการพัฒนาทักษะการเขียนทางวิชาการได้อีกด้วย

นอกจากนั้น เนื้อหาและรูปแบบการเขียน ผู้เขียนรังสรรค์ขึ้นมาจากประสบการณ์ในการเป็นผู้สอนผู้พัฒนาระบบการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาเครื่องมือและสื่อการสอนในรูปแบบต่างๆ มาอย่างต่อเนื่อง เชื่อมั่นได้เลยว่า หนังสือฉบับนี้จะเป็นคู่มือที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ดร.วศิน ยุวนะเตมีย์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

คำนิยม

การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับเยาวชนไทย กระบวนการดังกล่าวจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และหาวิธีการหรือแนวทางที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ด้วยกระบวนการคิดอย่างมีเหตุมีผลตามหลักการของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Hands-on) เพื่อให้เยาวชนเกิดทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ และการสั่งสมความเชี่ยวชาญเพื่อพัฒนาทักษะด้วยเครื่องมือพื้นฐานภายใต้โรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab)

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงลำดับเนื้อหาโดยเริ่มจากองค์ความรู้พื้นฐาน เน้นโจทย์ปัญหาเป็นสำคัญ และพัฒนาต่อยอดสู่การปฏิบัติที่สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนสามารถใช้คู่มือเล่มนี้สำหรับการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน มีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้จากหลากหลายศาสตร์ อาทิ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ประกอบในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

คู่มือเล่มนี้ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้แก่โรงเรียนในโครงการ FabLab และโรงเรียนอื่นๆ เพื่อเสริมสร้างทักษะความเป็น “นวัตกรน้อย” และพัฒนาการเรียนรู้ของเยาวชน ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดทำโครงงาน ซึ่งจะช่วยเยาวชนให้ฝึกทักษะในการคิด วิเคราะห์ อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน สามารถต่อยอดความรู้ที่มีอยู่เดิมให้ขยายจนเกิดมุมมองใหม่ สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้ อันจะนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการใหม่ๆ ที่มีความสามารถนำไปแข่งขันในเชิงธุรกิจ ซึ่งเป็นเป้าหมายของการพัฒนาเยาวชนไทยให้เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คำนิยม

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” ทีมผู้เขียน เขียนหนังสือเล่มนี้จากการกลั่นกรองประสบการณ์ในการทำโครงงานจริงกว่า 10 ปี ภายใต้โครงการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้กับเยาวชนผู้ด้อยโอกาส ตามพระราชดำริของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ซึ่งทีมผู้เขียนจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว การสร้างชิ้นงาน 3 มิติ และ Internet of Things (IoT)

หนังสือเล่มนี้ จึงเปี่ยมไปด้วยรูปแบบกิจกรรมที่ทำสำเร็จมาแล้ว ตามกระบวนการที่ผ่านการปฏิบัติจริง เป็นต้นแบบเป็นแนวปฏิบัติที่ดียิ่ง ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์แนววิศวกรรมให้ประสบผลสำเร็จ เป็นตัวอย่างที่ดีมากสำหรับนักเรียน ผู้ปกครอง ครูในโรงเรียน FabLab และครูที่สนใจอื่น ๆ ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งจะทำให้ประเทศของเราจะได้มีนวัตกรที่เก่งจำนวนมาก ๆ ต่อไปในอนาคต

รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำ คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”เล่มนี้ สำนักงานประสานงานโครงการตามพระราชดำริ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค สวทช.) งานวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนชนบท (สวทช.) มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงเรียนวัดไผ่ดำ จ.สิงห์บุรี โรงเรียนบ้านนา “นายกพิทยากร” จ.นครนายก โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 48 จ. จันทบุรี โรงเรียนชิตใจชื่น จ.ปราจีนบุรี โรงเรียนราชินี กทม. โรงเรียนเซนต์ฟรังซีสซาเวียร์คอนแวนต์ กทม. โรงเรียนกุหลาบวิทยา กทม. และ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม กทม. ที่ได้อนุเคราะห์บุคลากรเพื่อจัดทำเนื้อหาในคู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” นี้ จะช่วยสร้างแรงบันดาลใจกับผู้เรียนในโรงเรียนโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab) และโรงเรียนอื่นๆ ที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคตต่อไป

คณะผู้จัดทำ

การจัดกิจกรรมการเรียนให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามแนวทางของหนังสือเล่มนี้

“ผู้สอนควรระลึกเสมอว่าเป้าหมาย คือ การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ขั้นตอน วิธีการ และมีประสบการณ์
การออกแบบและสร้างสิ่งใหม่หรือแปลกจากเดิมและมีคุณค่า ซึ่งเรียกว่า “นวัตกรรม”
รวมทั้งเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต

ด้วยเหตุนี้ การเรียนการสอนจึงควรเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ใน
“กระบวนการพัฒนานวัตกรรม” อย่างครบถ้วน ผ่านกิจกรรมให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานจริง
ที่เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

จึงไม่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานระดับสูง เงินลงทุนมาก
ใช้เวลานาน เกินศักยภาพของผู้เรียน จนเกิดปัญหาหรือความเครียดในระหว่างทำงาน
ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความทรงจำด้านลบ”

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล
ผู้เขียน

สารบัญ

สาร

คำนิยม

กิตติกรรมประกาศ

คำแนะนำการใช้หนังสือ

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานสำหรับนวัตกร

1. นวัตกรรมคืออะไร **18**

1.1 ความหมายของนวัตกรรม 18

1.2 ลักษณะของนวัตกรรม 19

1.3 กระบวนการพัฒนานวัตกรรม 19

1.4 ความเป็นนวัตกร 19

1.5 ความสำคัญของนวัตกร 20

2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **21**

3. สะเต็มศึกษา (STEM Education) **22**

3.1 สะเต็มศึกษาคืออะไร 23

3.2 วัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษา 23

3.3 ลักษณะกิจกรรมสะเต็มศึกษา 23

3.4 สะเต็มศึกษากับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม 23

4. ระบบอัจฉริยะ (Smart System) **24**

5. สื่อการเรียนการสอนโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab) **25**

5.1 บอร์ดสมองกลฝังตัว 25

5.2 เซนเซอร์ 28

5.3 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ 29

6. หน่วยการวัด **30**

6.1 ความสำคัญของหน่วย 30

6.2 ระบบหน่วยระหว่างชาติ 31

บทที่ 2 รูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกร แก่เด็กและเยาวชนไทย

1. โครงสร้างของรูปแบบ 38
2. วิธีปฏิบัติสำหรับผู้สอนในแต่ละขั้นตอน 41
   - ขั้นที่ 1 ให้ความรู้นักเรียน 41
   - ขั้นที่ 2 เลือกสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง 41
   - ขั้นที่ 3 ออกแบบสิ่งประดิษฐ์และวางแผนทดสอบการทำงาน 44
   - ขั้นที่ 4 ประเมินโอกาสความสำเร็จ 54
   - ขั้นที่ 5 สร้างสิ่งประดิษฐ์ ตรวจสอบการทำงาน และปรับปรุง ก่อนนำไปใช้งานจริง 54
   - ขั้นที่ 6 นำสิ่งประดิษฐ์ไปทดลองใช้งานจริงและประเมินผล 54
   - ขั้นที่ 7 เผยแพร่นวัตกรรม 55

บทที่ 3 การเขียนข้อเสนอโครงงานและการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม

1. หลักการเขียน 58
2. การเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม 61
3. การเขียนรายงานโครงงานการพัฒนานวัตกรรม 62
4. คำแนะนำสำหรับผู้สอน 63

บรรณานุกรม 64

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างการเขียนข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม 68

ภาคผนวก 2 ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ 78

ภาคผนวก 3 ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน ชื่อโครงงาน SCS Stock Checking System (ระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน) 96

ภาคผนวก 4 ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน ชื่อโครงงาน CUD Smart Plug (ปลั๊กพ่วงไฟฟ้าอัจฉริยะ) 120

ภาคผนวก 5 ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone 148

ภาคผนวก 6 ความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ 186

คำแนะนำการใช้หนังสือ

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็น นวัตกร[1] แก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้สอนของสถานศึกษาในโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab) นำไปประยุกต์จัดกิจกรรมการเรียนการสอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนซึ่งหมายถึงเด็กและเยาวชนได้เรียนรู้กระบวนการสร้างนวัตกรรม[2] สามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงมีทักษะด้านวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ และเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรในอนาคต

เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ จึงแนะนำแนวทางการใช้หนังสือ ดังนี้

1. ผู้สอนควรระลึกเสมอว่า เป้าหมายคือการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ขั้นตอน วิธีการ และมีประสบการณ์การออกแบบและสร้างสิ่งใหม่หรือแปลกจากเดิมและมีคุณค่า ซึ่งเรียกว่า “นวัตกรรม[3]” รวมทั้งเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต ด้วยเหตุนี้ การเรียนการสอนจึงควรเน้นให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ใน “กระบวนการพัฒนานวัตกรรม” อย่างครบถ้วน ผ่านกิจกรรมให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานจริงที่เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน จึงไม่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานระดับสูง เงินลงทุนมาก ใช้เวลานาน เกินศักยภาพของผู้เรียนจนเกิดปัญหาหรือความเครียดในระหว่างทำงาน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความทรงจำด้านลบ

ทั้งนี้ ผู้สอนควรแนะนำให้ผู้เรียน ใช้อุปกรณ์ที่มีในห้อง FabLab ของโรงเรียนให้มากสุด แต่ถ้าจำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีในห้อง FabLab ก็ควรหาไม่ยาก และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้

2. ผู้สอนควรอ่านหนังสือเล่มนี้ไม่น้อยกว่า 1 รอบ และควรศึกษาอุปกรณ์ในห้อง FabLab ก่อนสอน โดยเฉพาะผู้สอนที่ไม่มีประสบการณ์การสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือไม่เคยสอนนักเรียนทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์มาก่อน เพื่อให้เห็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้น และเห็นแนวทางการนำอุปกรณ์ในห้อง FabLab ไปประยุกต์ใช้

3. เนื้อหาของหนังสือแบ่งเป็น 3 บท

บทที่ 1 เป็นความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนานวัตกรรม ที่ผู้เรียนควรเรียนรู้และเข้าใจก่อนทำโครงงาน โดยเฉพาะความหมายนวัตกรรม และอุปกรณ์ในห้อง FabLab ที่สำคัญ ผู้สอนควรใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความรู้พื้นฐานเหล่านี้ เช่น การบรรยายสรุป การยกตัวอย่าง การสาธิต รวมถึงให้ทดลองใช้งาน

[1] ดูความหมายของ “ความเป็นนวัตกร” ในบทที่ 1 หน้า 19

[2] กระบวนการสร้างนวัตกรรมมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบเหมาะกับพัฒนานวัตกรรมแต่ละประเภท

[3] ดูความหมายของ “นวัตกรรม” ในบทที่ 1 หน้า 18

บทที่ 2 เป็นขั้นตอน วิธีการ และคำแนะนำ สำหรับผู้สอนใช้แนะนำผู้เรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทางวิศวกรรม ซึ่งได้จากการผสมผสานของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering design process) และเทคนิควิธีการที่สังเคราะห์ได้จากการดำเนินงานมากกว่า 10 ปี ของโครงการพัฒนาทักษะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายใต้มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี รวมทั้งผ่านการทดลองใช้จัดการเรียนการสอนจริงกับโรงเรียน 9 แห่ง ที่เข้าร่วมโครงการ FabLab และมีบริบทต่างกัน รายละเอียดในบทนี้จึงมีประโยชน์กับผู้สอนมาก เพราะผู้สอนสามารถใช้เป็นแนวทางจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนมีทักษะวิศวกรรม และส่งเสริมความเป็นนวัตกรให้เกิดกับผู้เรียน โดยเฉพาะผู้สอนที่ไม่มีประสบการณ์การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์มาก่อน

บทที่ 3 เป็นวิธีการเขียนข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม และวิธีการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม ส่วนตัวอย่างการเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรมอยู่ในผนวก 1 ซึ่งถ้าผู้สอนสามารถฝึกการเขียนให้กับผู้เรียน จะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรมชัดเจนมากขึ้น และพัฒนาทักษะการเขียนทางวิชาการมากขึ้น แต่ทั้งนี้ผู้เรียนควรมีทัศนคติที่ดีและมีความพร้อมต่อการฝึกการเขียน รวมทั้งมีระยะเวลาเพียงพอ และไม่ถูกกดดันให้การเขียนต้องมีคุณภาพสูง จนเกิดความเบื่อหน่าย

สำหรับภาคผนวกที่ 2 ผนวกที่ 3 ผนวกที่ 4 และผนวกที่ 5 จะเป็นตัวอย่างการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรมของโรงเรียนที่เข้าร่วมจัดทำคู่มือฯ จำนวน 4 โรงเรียน ซึ่งแต่ละตัวอย่างมีรายละเอียดเพียงพอที่ผู้สอนจะนำทั้งหมดหรือบางส่วน ไปประยุกต์ให้ผู้เรียนทำโครงงาน หรือให้ผู้เรียนทำเลียนแบบ

4. ผู้สอนนำหนังสือเล่มนี้ ไปประยุกต์จัดการเรียนการสอนได้หลายวิธี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิธีที่ 1 ผู้สอนให้ผู้เรียนออกแบบและทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเรื่องใหม่ หรือแตกต่างจากตัวอย่างในหนังสือเล่มนี้ โดยผู้สอนใช้หนังสือเล่มนี้เป็นคู่มือให้คำแนะนำผู้เรียนขณะทำโครงงาน แนวทางนี้เหมาะกับผู้สอนที่มีประสบการณ์การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์มาบ้างแล้ว ผู้เรียนมีศักยภาพการเรียนรู้และความตั้งใจค่อนข้างสูง มีระยะเวลาทำโครงงานเพียงพอ และควรมีผู้เชี่ยวชาญร่วมให้คำแนะนำผู้เรียนด้วย มิฉะนั้นอาจเกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างทำโครงงาน ซึ่งบางครั้งอาจแก้ไขไม่ได้และล้มเหลว เกิดความทรงจำด้านลบกับผู้เรียน

วิธีที่ 2 ผู้สอนนำตัวอย่างโครงงานในหนังสือเล่มนี้ ให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงดัดแปลงหรือทำเพิ่มเติมต่อยอด โดยผู้สอนใช้หนังสือเล่มนี้เป็นคู่มือให้คำแนะนำผู้เรียนขณะทำโครงงาน แนวทางนี้ต้องมีระยะเวลาทำโครงงานเพียงพอ ผู้เรียนมีศักยภาพการเรียนรู้และความตั้งใจ และควรมีผู้เชี่ยวชาญร่วมให้คำแนะนำผู้เรียนด้วย

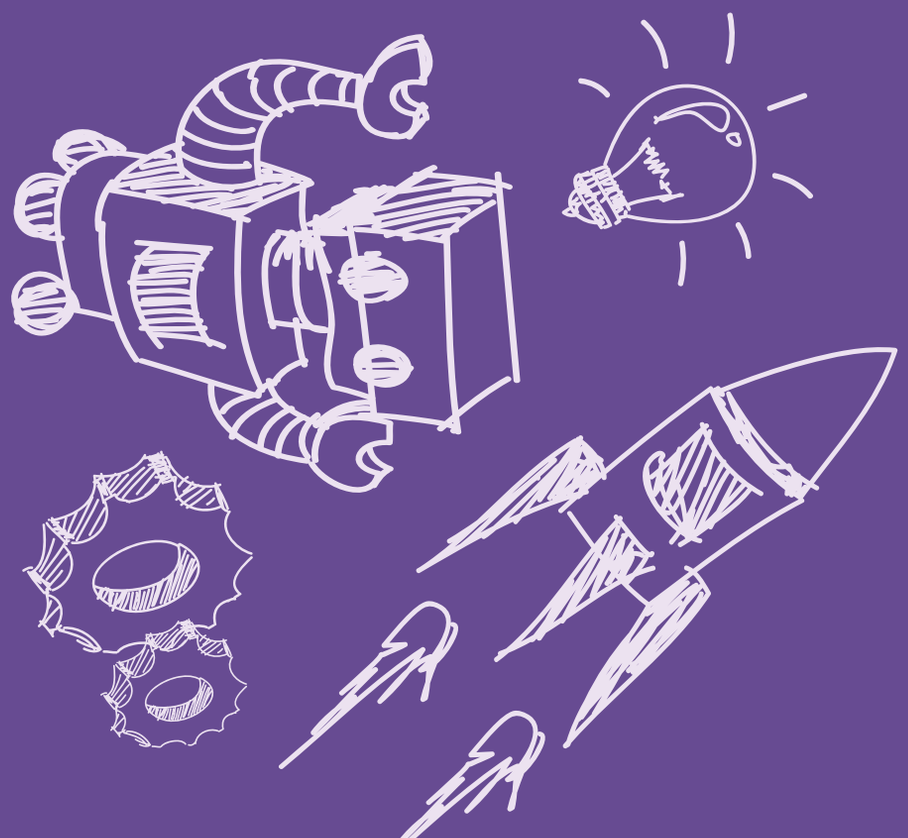
วิธีที่ 3 ผู้สอนนำตัวอย่างในหนังสือเล่มนี้ ให้ผู้เรียนทำตามโดยไม่ดัดแปลงหรือดัดแปลงน้อยมาก โดยผู้สอนใช้หนังสือเล่มนี้เป็นคู่มือให้คำแนะนำผู้เรียนขณะทำโครงงาน แนวทางนี้เหมาะกับผู้เรียนที่สนใจ แต่มีระยะเวลาทำโครงงานน้อย

5. ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรให้ผู้เรียนคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตัวผู้เรียนเองให้มากที่สุด แต่หากผู้เรียนประสบปัญหาอุปสรรคมาก เกินระดับความสามารถของผู้เรียนจะแก้ปัญหาได้ ผู้สอนควรสามารถให้คำปรึกษาและช่วยเหลือผู้เรียนแก้ปัญหานั้นได้ ดังนั้นผู้สอนจึงควรมีประสบการณ์การปฏิบัติและเคยแก้ปัญหามาก่อน หรือทดลองทำล่วงหน้าก่อน หรือมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ เพื่อนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

6. ควรให้ผู้เรียนทำโครงงานตามขั้นตอนของ "รูปแบบการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย" ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนและวิธีการอยู่ในบทที่ 2 ให้ครบทุกขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรมอย่างครบถ้วน เนื่องจากเป็นเป้าหมายสำคัญของหนังสือเล่มนี้

7. โครงงานที่ผู้เรียนทำควรเป็นเรื่องที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งใจและพยายามทำโครงงานให้สำเร็จและดีที่สุด แต่ทั้งนี้ผู้สอนควรแนะนำผู้เรียนให้เลือกทำสิ่งที่มีความเป็นไปได้และมีโอกาสประสบความสำเร็จมาก ไม่จำเป็นต้องซับซ้อน ไม่ควรใช้ระยะเวลาและงบประมาณมาก

8. ผู้สอนควรพยายามสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนให้สนุก ท้าทาย และได้ความรู้ เพื่อสร้างความประทับใจและแรงบันดาลใจกับผู้เรียน ที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต

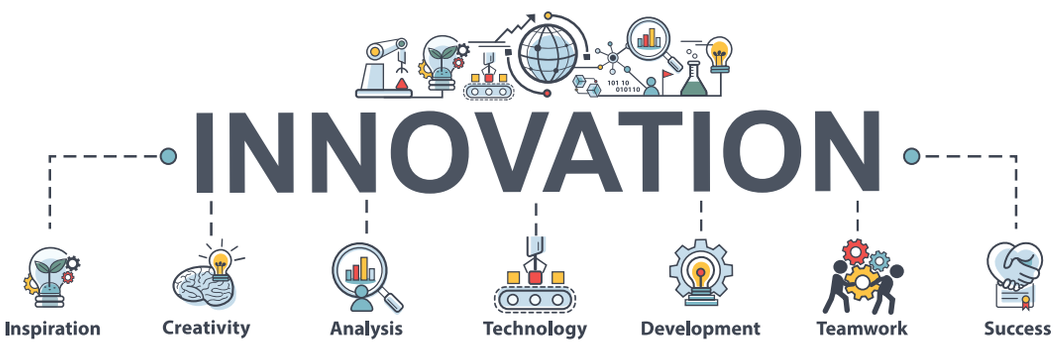


บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานสำหรับนวัตกร

ด้วยวัตถุประสงค์ ที่ต้องการให้ผู้เรียนนำอุปกรณ์ของโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab)ไปประยุกต์ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม ในลักษณะระบบอัจฉริยะหรือระบบสมาร์ต (Smart System) เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ในกระบวนการพัฒนานวัตกรรม พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และพัฒนาทักษะด้านวิศวกรรม นำไปสู่การเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต ดังนั้นก่อนผู้สอนจะให้ผู้เรียนทำโครงงาน ผู้สอนควรให้ผู้เรียนมีความรู้และมีประสบการณ์สิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. นวัตกรรมคืออะไร



1.1 ความหมายของนวัตกรรม

นวัตกรรม (Innovation) คือ สิ่งที่ทำขึ้นใหม่หรือแปลกจากเดิมและมีคุณค่า[4] เช่น วิธีการใหม่หรือแปลกจากเดิม อุปกรณ์หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่หรือแปลกจากเดิม เป็นต้น นวัตกรรมอาจสร้างขึ้นด้วยความรู้ หรือความคิดสร้างสรรค์[5] หรือทั้งความรู้และความคิดสร้างสรรค์

นวัตกรรมแบ่งได้หลายลักษณะ เช่น นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) นวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (Technology Innovation) และนวัตกรรมการบริหาร (Administrative Innovation) ทั้งนี้นวัตกรรมบางอย่างส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงฉับพลัน (Radical Innovation) ขณะที่นวัตกรรมบางอย่างส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation)

นวัตกรรมถูกพัฒนาจากหลายแนวทาง เช่น พัฒนาจากความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) พัฒนาจากความต้องการแก้ปัญหา (Problem) พัฒนาจากการจัดการและต่อยอดองค์ความรู้ (Knowledge Management) และพัฒนาจากการปรับปรุงและพัฒนา (Improvement)

[4]พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิต พ.ศ. 2554 ให้ความหมายของ คุณค่า หมายถึง สิ่งที่มีประโยชน์ หรือมีมูลค่าสูง

[5]ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดสิ่งที่แปลกใหม่แตกต่างจากที่มีอยู่เดิมในทางดี เป็นประโยชน์ ไม่เพ้อฝัน

1.2 ลักษณะของนวัตกรรม

สิ่งที่จะจัดว่าเป็นนวัตกรรม มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นสิ่งใหม่หรือแปลกจากที่มีอยู่เดิม โดยสิ่งนั้นอาจเป็น สิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ วิธีการ กระบวนการ[6]

2. เป็นสิ่งที่เกิดจากความรู้ หรือความคิดสร้างสรรค์ หรือทั้งความรู้และความคิดสร้างสรรค์

3. เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ หรือมีมูลค่าสูง หรือทำให้เกิดมูลค่า

1.3 กระบวนการพัฒนานวัตกรรม

การพัฒนานวัตกรรมให้มีคุณค่า ซึ่งหมายถึงเป็นสิ่งที่มีประโยชน์และมูลค่าสูงนั้น จะต้องใช้ขั้นตอนและวิธีการพัฒนาที่เป็นระบบแบบแผน ดังจะยกตัวอย่าง **กระบวนการของ Stanford d. School Design Thinking Process ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้**

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจเป้าหมาย (Empathize) เป็นการศึกษาทำความเข้าใจรายละเอียด ของเป้าหมายอย่างรอบด้านโดยใช้วิธีการต่างๆ เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การสืบค้นเอกสาร เพื่อพยายามให้ได้ข้อมูลมากที่สุดและถูกต้องที่สุด

ขั้นที่ 2 การระบุปัญหาหรือประเด็นที่ต้องแก้ไข (Define) โดยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 มาวิเคราะห์ว่าสิ่งที่เป็นปัญหาสำคัญคืออะไร ซึ่งหากแก้ไขได้จะเกิดประโยชน์และได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ปัญหา (Ideate) ที่ใช้แก้ปัญหานั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการนี้อาจเป็นกระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ใหม่หรือแปลกจากเดิมและมีคุณค่า

ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) โดยนำวิธีการที่ออกแบบในขั้นที่ 3 มาสร้างจริง พร้อมทดสอบและแก้ไขปรับปรุงให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ

ขั้นที่ 5 ทดลองใช้ (Test) กับเป้าหมาย พร้อมทั้งวิเคราะห์ว่า วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเพียงใด ผู้ใช้ได้รับประโยชน์หรือมีมูลค่าเพียงใด

ประการสำคัญจะต้องให้ผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการพัฒนานวัตกรรม เข้ามามีส่วนร่วมในการตีความและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาในขั้นที่ 2 และ 3 ด้วย เพื่อไม่สร้างปัญหาในอนาคต[7]

1.4 ความเป็นนวัตกร

นวัตกร (Innovator) หรือ ผู้พัฒนานวัตกรรม หมายถึง ผู้พัฒนาสิ่งใหม่หรือแปลกจากเดิม และเป็นสิ่งที่มีคุณค่า นวัตกรมีลักษณะดังต่อไปนี้[8]

1. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รวมทั้งมีแรงบันดาลใจที่จะนำความคิดสร้างสรรค์ ไปสร้างสิ่งใหม่หรือแปลกจากเดิมและมีประโยชน์หรือมีมูลค่าสูง

2. มีความสามารถในการระบุวิธีการแก้ปัญหาที่ใหม่หรือแตกต่างจากเดิม โดยวิธีการนั้นมีประโยชน์ หรือเป็นวิธีการที่สร้างมูลค่าสูง

---

[6]ปัจจุบัน นวัตกรรม ยังรวมถึง งานเขียน งานแสดง ความคิด ที่แปลกใหม่และมีมูลค่า

[7]บทความในวารสาร Harvard Business Revies เรื่อง “Design Thinking Is Fundamentally Conservative and Preserves the Status Quo” ของ Natasha Iskander

[8]สรุปจากหนังสือ Creating Innovators “The Making of Your People Who will Change the World” ของ Tony Wagner

ตัวอย่าง โรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่ง ในทุกวันจะต้องเชิญธงชาติขึ้นยอดเสาทุกเวลา 8.00 นาฬิกา และต้องเชิญลงเวลา 18.00 นาฬิกา แต่ด้วยวินัยบรรพชิตไม่สามารถเชิญธงได้ กรณีนี้ถ้าคนทั่วไปคงแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการอื่น เช่น ให้ฆราวาสดูแลการเชิญธง แต่สำหรับผู้ที่มีความเป็นนวัตกร จะหาวิธีการที่แปลกใหม่ เช่น การประดิษฐ์เครื่องเชิญธงชาติขึ้นและลงได้เองอัตโนมัติ โดยนำบอร์ดสมองกล KidBright มาประยุกต์ ซึ่งในขณะนั้นยังไม่มีผู้ใดประดิษฐ์มาก่อน

3. รู้กระบวนการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งหมายถึง รู้ว่ามีวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นอย่างไร จึงจะได้นวัตกรรมที่มีประโยชน์หรือมีมูลค่าสูง

4. มีความใฝ่รู้และไม่กลัวล้มเหลว หมายถึง มีความสงสัยใคร่รู้ อยากพิสูจน์ อยากค้นหา ไม่กลัวการล้มเหลว ไม่ย่อท้อเมื่อล้มเหลว มองโลกในแง่ดี คิดว่าทุกปัญหามีทางออกเสมอ

5. มีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น หรือการทำงานเป็นทีม แม้จะไม่สนิทสนมหรือรู้จักมาก่อน รวมทั้งสามารถทำงานกับผู้ร่วมงานต่างอาชีพ ต่างเชื้อชาติ ต่างความเชื่อ เนื่องจากการพัฒนานวัตกรรมให้มีประโยชน์ในวงกว้างและมีมูลค่าสูงนั้น จำเป็นต้องอาศัยนักพัฒนานวัตกรรมจำนวนมาก จากหลากหลายความรู้ความสามารถมาทำงานร่วมกัน จึงจะประสบความสำเร็จ

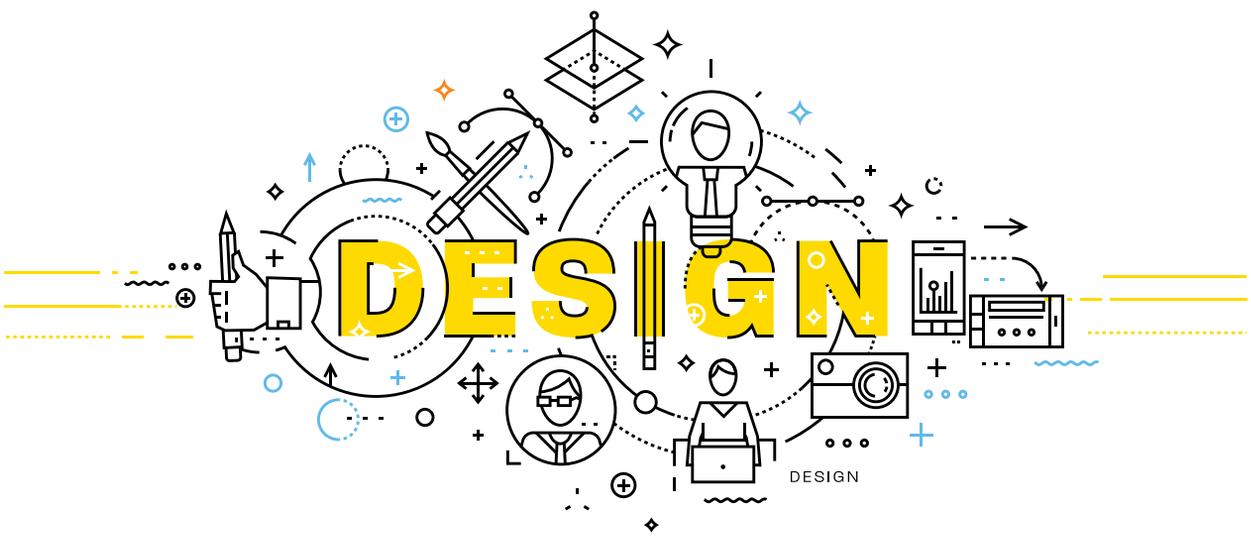
6. ลักษณะอื่นๆ เช่น ชอบสังเกต ชอบตั้งคำถาม ชอบลงมือทำ ชอบประดิษฐ์ ชอบทดลอง ชอบแก้ปัญหา มักเล่นแผลงๆ[9] มีโลกส่วนตัว

1.5 ความสำคัญของนวัตกร

“ไทยแลนด์ 4.0” เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ที่ต้องการเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value–Based Economy” หรือ“เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” โดยมีฐานคิดหลัก คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิง “นวัตกรรม” เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น ซึ่งการจะบรรลุวิสัยทัศน์ไทยแลนด์ 4.0 จะต้องปรับการเรียนการสอนให้ผู้เรียนในวัยเด็กและเยาวชน มีทักษะด้านวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาทักษะความเป็นนวัตกร รวมทั้งต้องทำให้เกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต

[9]จากหนังสือ Creating Innovators “The Making of Your People Who will Change the World” ของ Tony Wagner

2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



คำว่า “กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Process Design)” รวมถึงคำอื่นที่มีความหมายเช่นเดียวกัน เช่น การออกแบบทางวิศวกรรม หรือ กระบวนการคิดทางวิศวกรรม หรือ การคิดเชิงวิศวกรรม ฯลฯ หมายถึง ขั้นตอนและวิธีการนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ประสบการณ์ และศาสตร์ด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทักษะการคิดต่างๆ เช่น การคิดเป็นระบบ การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณญาณ การคิดเชิงเหตุผล ฯลฯ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อแสวงหา วิธีการ คำอธิบาย กระบวนการ การออกแบบชิ้นงาน ที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัด

ลักษณะของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. เป็นกระบวนการเพื่อแสวงหา วิธีการ คำอธิบาย กระบวนการ การออกแบบชิ้นงาน ที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัด
2. เป็นกระบวนการอิงความถูกต้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหมายถึงใช้ความรู้เหล่านี้เป็นฐานการคิด หรือใช้ความรู้เหล่านี้ตรวจสอบความถูกต้องหรือเป็นไปได้ของการคิด
3. เป็นกระบวนการที่บูรณาการทักษะการคิดต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณญาณ การคิดเป็นระบบ การคิดเป็นเชิงเหตุผล ฯลฯ
4. ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีได้หลายคำตอบ

กระบวนการออกแบบของวิศวกรรมทุกสาขา มีการปฏิบัติที่สอดคล้องกับ 4 ข้อนี้ แต่มีขั้นตอนและรายละเอียดการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนต่างกัน เช่น กระบวนการออกแบบของวิศวกรรมไฟฟ้ามีขั้นตอนและรายละเอียดแต่ละขั้นตอนแตกต่างจากวิศวกรรมเครื่องกล และแตกต่างจากวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ตัวอย่างขั้นตอนการปฏิบัติ ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย รวมถึงวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

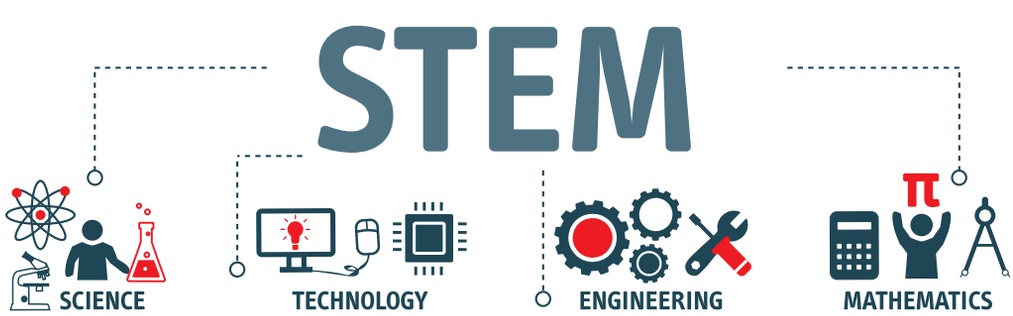
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานชิ้นงานหรือวิธีการ พร้อมทั้งปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

ผู้ประกอบอาชีพวิศวกรจะใช้กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมในการปฏิบัติงาน จึงทำให้ผลงานมีประสิทธิภาพ ความเชื่อถือสูง โอกาสล้มเหลวน้อย มีประโยชน์ คุ้มค่า และปลอดภัยต่อผู้ใช้ เพราะนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาตรวจสอบความถูกต้องในการคิด จึงเป็นเหตุผลที่โครงการขนาดใหญ่ โครงการที่คำนึงความปลอดภัยสูง โครงการใช้เงินลงทุนสูง เช่น สร้างตึกสูง สร้างสะพาน สร้างยานพาหนะ สร้างเครื่องมือเครื่องใช้ จึงใช้วิศวกรที่มีทั้งความรู้และความชำนาญเป็นผู้ออกแบบและควบคุมการสร้าง

3. สะเต็มศึกษา (STEM Education)



3.1 สะเต็มศึกษาคืออะไร

สะเต็มศึกษา คือ ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบหนึ่ง ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science; S) เทคโนโลยี (Technology; T) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering; E) และคณิตศาสตร์ (Mathamatic; M) มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3.2 วัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษา

1. เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ ประโยชน์ และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเพิ่มความสนใจและตั้งใจเรียนวิชาเหล่านี้มากขึ้น

2. เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกฝน ทักษะกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมศาสตร์ หรือ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process)

แต่เนื่องด้วยความแตกต่างของบริบทการศึกษา ศักยภาพการเรียนรู้ และความสนใจของผู้เรียนแต่ละช่วงวัย จึงอาจกำหนดวัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษาให้เน้นเป็นอย่างอื่น เช่น เน้นการสร้างแรงบันดาลใจ หรือเน้นการสร้างทักษะการคิด หรือทักษะการปฏิบัติ เป็นต้น

3.3 ลักษณะกิจกรรมสะเต็มศึกษา

1. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนลักษณะอย่างไรก็ได้ แต่ต้องสอดคล้องกับความหมายของสะเต็มศึกษา แต่ที่นิยมมากจะเป็นสะเต็มศึกษาแบบอิงปัญหาหรือปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning) และสะเต็มศึกษาแบบโครงงาน (Project based learning)

2. มีวัตถุประสงค์เด่นชัดว่า ต้องการให้เกิดอะไรกับผู้เรียน เช่น ให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี หรือให้ผู้เรียนเกิดแรงบันดาลใจด้านวิทยาศาสตร์ หรือให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะด้านต่างๆ เช่น ทักษะการคิด หรือทักษะการปฏิบัติ

3. มีสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ให้ผู้เรียนหาวิธีการและลงมือแก้ปัญหาจริง โดยผู้เรียนต้องนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้ จึงจะแก้ปัญหาสำเร็จ ไม่สามารถใช้เพียงประสบการณ์และการลองผิดถูกอย่างเดียว

4. วิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนต่างกันได้ แต่ตอบโจทย์หรือแก้ปัญหาได้เช่นกัน

3.4 สะเต็มศึกษากับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม

เมื่อพิจารณาจะพบว่า ลักษณะกิจกรรมสะเต็มศึกษาซึ่งใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คล้ายกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม ดังนั้นการให้ผู้เรียนทำโครงงานพัฒนานวัตกรรม โดยใช้ขั้นตอนและวิธีการที่สอดคล้องกับกระบวนการพัฒนานวัตกรรม จึงเป็นการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้กับผู้เรียนพร้อมกันด้วย

4. ระบบอัจฉริยะ (Smart System)

คำว่า “ฉลาด หลักแหลม เฉียบแหลม มีไหวพริบ ปราดเปรื่อง” ตรงกับศัพท์อังกฤษหลายคำ เช่น Smart หรือ clever หรือ intelligent ส่วนคำว่า “อัจฉริยะ” ซึ่งตรงกับศัพท์อังกฤษ genius นั้น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ให้ความหมายว่า อัจฉริยะ หมายถึง มีความรู้ความสามารถเกินกว่าระดับปรกติมาก

คำว่า “ระบบ” ซึ่งตรงกับศัพท์อังกฤษ system นั้น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ให้ความหมายว่า ระบบ หมายถึง กลุ่มของสิ่งซึ่งมีลักษณะประสานเข้าเป็นสิ่งเดียวกันตามหลักแห่งความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน ด้วยระเบียบของธรรมชาติหรือหลักเหตุผลทางวิชาการ เช่น ระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร ระบบจักรวาล ระบบสังคม ระบบการบริหารประเทศ

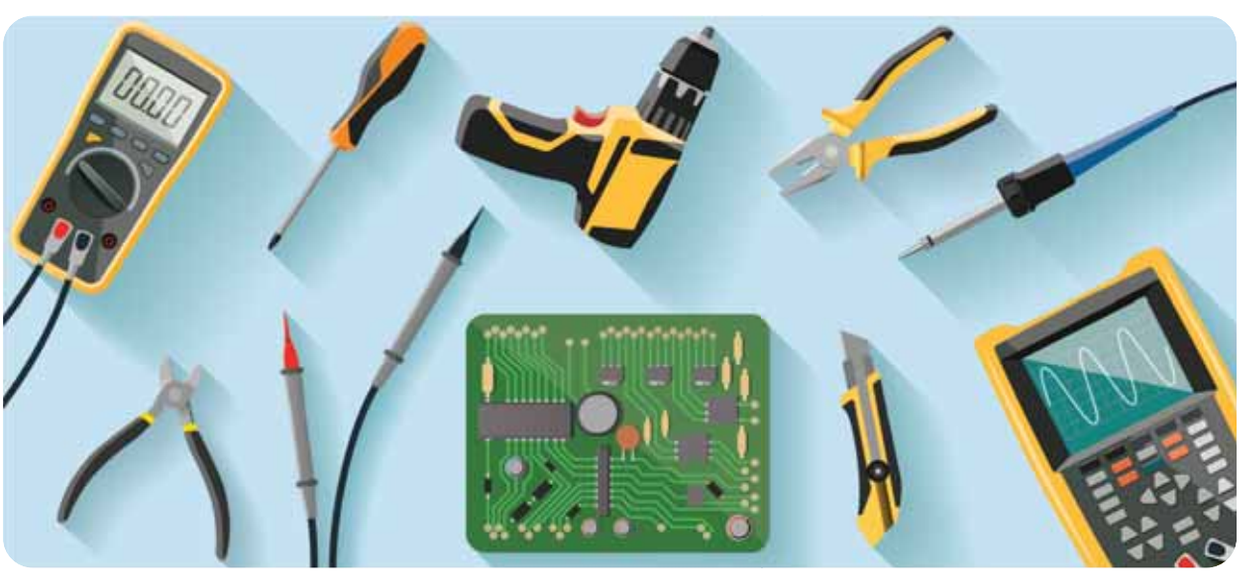
ดังนั้น “ระบบอัจฉริยะ (Smart System)” หมายถึง กลุ่มของอุปกรณ์ที่ทำงานประสานเข้าเป็นสิ่งเดียวกันตามหลักแห่งความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน ตามหลักเหตุผลทางวิชาการ และมีความสามารถเกินกว่าระดับปกติมาก

ยกตัวอย่าง

ระบบเชิญธงชาติอัจฉริยะ หมายถึง กลุ่มอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ KidBright และเซนเซอร์ รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำงานประสานเข้าด้วยกันด้วยโปรแกรม เป็นระบบเชิญธงชาติขึ้นและลงจากเสาได้อัตโนมัติ และมีความสามารถมากกว่าระบบเชิญธงชาติที่มีอยู่ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดหรือตั้งเวลาเชิญธงชาติขึ้นและลงได้ สามารถปรับเปลี่ยนเป็นเพลงชาติต่างๆ ได้เมื่อ load ไฟล์เพลงเข้าระบบ และระบบสามารถปรับใช้ได้กับความสูงของทุกเสาธงโดยอัตโนมัติ

5. สื่อการเรียนการสอนโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab)

โครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม ได้มอบเครื่องมือและอุปกรณ์แก่โรงเรียนจำนวนหลายรายการ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกฝนการคิด การออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงอุปกรณ์บางรายการ ที่นักเรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ฝึกฝนทักษะและพัฒนานวัตกรรม ดังนี้



5.1 บอร์ดสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) คือ ระบบประมวลที่ออกแบบหน่วยประมวลผลหรือไมโครโปรเซสเซอร์ขึ้นมาโดยเฉพาะให้มีขนาดเล็ก แต่มีประสิทธิภาพด้านการประมวลผลและควบคุมการทำงานที่มีความซับซ้อนภายใต้การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสมองกลฝังตัวเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก สามารถนำไปประยุกต์ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ส่วนตรวจวัด ส่วนควบคุม และส่วนแสดงผลสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์การเกษตร ยานยนต์ การสื่อสารโทรคมนาคม อุปกรณ์ทางการแพทย์ ระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม ของเล่นและสื่อการเรียนการสอน ระบบสมองกลฝังตัวจะทำงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมที่ป้อนให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ ความฉลาดและ

ความสามารถของอุปกรณ์ระบบสมองกลฝังตัวจึงขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ได้รับการพัฒนาและฝังลงไปในไมโครโปรเซสเซอร์นั้น ในปัจจุบันบอร์ดสมองกลฝังตัวได้รับการพัฒนาในหลายรูปแบบ ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานตามฟังก์ชันที่เหมาะสมกับงาน และตามความถนัดของภาษาที่ใช้ในการพัฒนา เช่น ภาษาบล็อกคำสั่ง (Blockly) สำหรับการเรียนรู้ขั้นต้นของเด็ก ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ภาษาซี (C) และภาษาไพธอน (Python) สำหรับการเรียนรู้ขั้นสูง เป็นต้น ตัวอย่างบอร์ดสมองกลฝังตัวสำหรับใช้ในการพัฒนาโครงงาน เช่น

5.1.1 KidBright

บอร์ด KidBright เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนสำหรับเด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และแจกจ่ายให้แก่เด็กไทยทั่วประเทศประมาณ 200,000 บอร์ด (ข้อมูลปี 2562) บอร์ด KidBright ถูกออกแบบมาให้ใช้ชุดคำสั่งแบบบล็อก (Block Based Programing) หรือ Blockly ที่ใช้สัญลักษณ์ภาพแบบจิ๊กซอในการพัฒนาโปรแกรมและคอมไพล์ผ่านโปรแกรม IDE ที่สร้างขึ้นมาเฉพาะสำหรับบอร์ดนี้ มีการติดตั้งอุปกรณ์พื้นฐานภายในบอร์ด ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความสว่างของแสง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ปุ่มกด จอแสดงผล LED แบบเมทริกซ์ 16x8 และลำโพงมาในบอร์ดทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ ผ่านทางการสื่อสารสัญญาณแบบ I2C ดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุต และสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ ได้ด้วยการสื่อสารไร้สายผ่านวายฟายและบลูทูท ซึ่งเป็นจุดเด่นของบอร์ด KidBright ในด้านการพัฒนาอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง (Internet of Thing, IoT) ในกลุ่มเด็กเล็ก นอกจากนี้บอร์ดยังรองรับการพัฒนาโปรแกรมระดับสูงด้วยภาษาซี ภาษาไพธอนและอื่นๆ สำหรับการเรียนรู้ในระดับสูงหรือนักพัฒนา สามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ https://www.kid-bright.org

KidBright

5.1.2 Micro:bit

บอร์ด Micro:bit เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับงานทางด้านการศึกษาโดยเฉพาะภายใต้โครงการของบริษัทแพร่ภาพกระจายเสียงของอังกฤษ (British Broadcasting Company, BCC) ร่วมมือกับพันธมิตรจากหลายบริษัท (ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ https://microbit.org:) ผลิตบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสำหรับแจกจ่ายให้เด็กในประเทศอังกฤษ บอร์ด Micro:bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบมาให้เขียนโปรแกรมด้วยภาษาบล็อกและคอมไพล์ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ สามารถอัพโหลดโปรแกรมผ่านทางคอมพิวเตอร์ สมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ต โดยมีแอปพลิเคชันบนแอนดรอยและ iOS สนับสนุน ตัวบอร์ดออกแบบมาพร้อมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีบลูทูทในตัว มีเซนเซอร์แม่เหล็กโลกหรือเข็มทิศ (Magnetometer) เซนเซอร์วัดความเอียง (Accelerometer) มีหลอดแสดงผล LED แบบ dot matrix 25 ดวง (เรียงแบบ 5x5) และปุ่มกด ซึ่งเพียงพอและเหมาะสำหรับการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม บอร์ด Micro:bit ยังออกแบบให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ ผ่านทางดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต (General Propose Input Output; GPIO) ต่าง ๆ อีกจำนวน 23 พิน เพื่อการประยุกต์ใช้งานหรือการสร้างโครงงานที่มีความหลากหลายมากขึ้น

Micro:bit

5.1.3 Arduino

บอร์ด Arduino เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดที่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ต่าง ๆ สามารถทำการโปรแกรมได้ด้วยชุดคำสั่งเดียวกัน โดยใช้ภาษา C เป็นพื้นฐานของการเขียนโปรแกรมและมีการสร้างไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเฉพาะ Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและเหมาะสำหรับการศึกษา มีลักษณะเป็น Opensource ที่มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานหรือนักพัฒนาสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม และต่อยอดทั้งตัวบอร์ดและโปรแกรม รวมถึงผลิตและจัดจำหน่ายได้โดยตรง จึงเป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่ได้รับความนิยมสูงและมีราคาถูก มีชุมชนการใช้งานบอร์ดที่เข้มแข็งในโลกออนไลน์ทั้งตัวอย่างและการแก้ปัญหาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอุปกรณ์เสริมให้ผู้ใช้งานเลือกใช้ตามความต้องการอย่างแพร่หลาย Arduino ใช้โปรแกรม Arduino IDE สำหรับเขียนโปรแกรมและคอมไพล์(Compile)ลงบอร์ดผ่านทางพ็อตส์ USB

Arduino

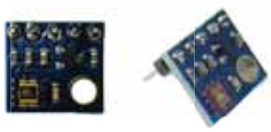
5.1.4 Raspberry Pi

Raspberry Pi เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีลักษณะเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการได้ในตัว เช่น ลีนุกส์ วินโดวส์ เป็นต้น รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านพ็อตส์ USB เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด สามารถต่อจอแสดงผลผ่านทางพ็อตส์ HDMI โมดูลกล้องถ่ายรูป และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอกผ่านการสื่อสารแบบดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตด้วยแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ นอกจากนี้ยังรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายทั้งระบบแลนและเครือข่ายวายฟาย

Raspberry Pi

5.2 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้ปริมาณทางกายภาพต่าง ๆ เช่น แสง สี เสียง อุณหภูมิ การสั่น การสัมผัส เป็นต้น และแปลงเป็นปริมาณทางไฟฟ้าในรูปแบบของความต้านทาน กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า ปัจจุบันมีการพัฒนาเซนเซอร์และประยุกต์ใช้งานหลายรูปแบบ เช่น บนโทรศัพท์มือถือ มีการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เซนเซอร์วัดความเอียงสำหรับระบบหมุนจอภาพอัตโนมัติ เซนเซอร์ตรวจวัดระดับเสียง ตรวจวัดแสงสว่างสำหรับการปรับแสงบนหน้าจออัตโนมัติ เซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือสำหรับระบุตัวตน เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการผลิตและจำหน่ายเซนเซอร์สำหรับการเรียนรู้สมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลายในรูปแบบโมดูลต่าง ๆ ดังข้อมูลในตาราง

ชนิดของเซนเซอร์	สัญญาณอินพุต	สัญญาณเอาต์พุต	ตัวอย่าง
เซนเซอร์แก๊สชนิดโลหะออกไซด์	สัญญาณทางเคมีของกลิ่น	ความต้านทานไฟฟ้า	
เซนเซอร์แสงชนิด LDR	ความสว่างหรือความเข้มแสง	ความต้านทานไฟฟ้า	
เซนเซอร์แสงยูวี	ความเข้มแสงยูวี	สัญญาณไฟฟ้าแบบแอนะล็อก	
เซนเซอร์วัดความเอียง	ความเอียงของพื้น	สัญญาณไฟฟ้าแบบแอนะล็อกหรือดิจิทัล	
เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Passive infrared (PIR)	คลื่นรังสีอินฟราเรดที่แผ่จาก มนุษย์หรือสัตว์ที่มีการเคลื่อนไหว	กระแสไฟฟ้า	
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิดเทอร์โมคัปเปิ้ล	พลังงานความร้อน	แรงดันไฟฟ้า	
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิดสารกึ่งตัวนำ	พลังงานความร้อน	สัญญาณไฟฟ้าแบบแอนะล็อกหรือดิจิทัล	
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	พลังงานความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	สัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิทัล	

5.3 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printer) เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างโมเดลหรือขึ้นรูปชิ้นงานแบบเสมือนจริง โดยการพิมพ์เส้นวัสดุหรือฉายแสงยูวีให้วัสดุเกิดการแข็งตัวตามรูปทรงที่ออกแบบด้วยโปรแกรมสร้างชิ้นงาน 3 มิติ การพิมพ์ 3 มิติอาศัยหลักการแปลงข้อมูลดิจิทัลของแบบจำลอง 3 มิติ แบ่งออกเป็นข้อมูล 2 มิติ หลาย ๆ ชั้น (Slicing) เพื่อให้เครื่องพิมพ์พิมพ์ชิ้นงานทีละชั้นในแนวขนานกับพื้นโลก (แกน XY) ก่อน เมื่อพิมพ์ 2 มิติเสร็จแล้ว เครื่องพิมพ์จะเลื่อน

ฐานพิมพ์หรือหัวพิมพ์ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลหะ (แกน Z) เพื่อพิมพ์ในชั้นถัดไปเรื่อย ๆ จนได้แบบจำลอง 3 มิติตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยความละเอียดในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ 3 มิติจะขึ้นอยู่กับการเลื่อนแกนในแนวแกน Z เป็นสำคัญ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้จากโปรแกรมหรือเครื่องพิมพ์ โดยปกติจะมีหน่วยเป็นไมโครเมตร เช่น 100 ไมโครเมตร เป็นต้น นั่นคือ ในแต่ละชั้นของการพิมพ์วัตถุจะมีความสูง 100 ไมโครเมตรหรือ 0.1 มิลลิเมตร ดังนั้นในกรณีที่ต้องการพิมพ์วัตถุความสูง 50 มิลลิเมตร ที่ความละเอียด 100 ไมโครเมตร เครื่องพิมพ์จะทำการพิมพ์ทั้งหมด 500 ชั้น หากพิมพ์ที่ความละเอียดต่ำกว่า เช่น 200 ไมโครเมตร ระยะเวลาการพิมพ์ก็จะลดลงประมาณเท่าตัว

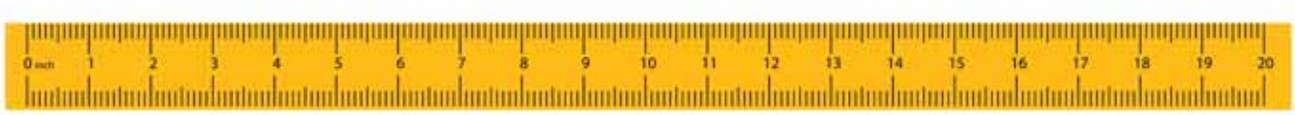
การออกแบบชิ้นงานสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะต้องเป็นไฟล์งานแบบ 3 มิติเท่านั้น โปรแกรมสำหรับการออกแบบ เช่น SolidWork, AutoCAD, Fusion 360, Tinkercad 123D Design เป็นต้น

ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

6. หน่วยการวัด

6.1 ความสำคัญของหน่วย

การวัดและบันทึกผลเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการพัฒนานวัตกรรม การวัดและบันทึกผลต้องมีหน่วยกำกับด้วยทุกครั้ง เพื่อสื่อความหมายของการวัดที่ถูกต้อง เช่น ถ้าวัดความยาวของไม้ท่อนหนึ่ง และบันทึกค่าเท่ากับ 24 โดยไม่ระบุหน่วยการวัด กรณีเช่นนี้อาจสร้างความสับสนและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้กับผู้อ่าน เนื่องจากผู้อ่านอาจแปลความหมายได้หลายกรณี เช่น ความยาวไม้ท่อนนี้เท่ากับ 24 มิลลิเมตร หรือ 24 เซนติเมตร หรือ 24 เมตร เป็นต้น



6.2 ระบบหน่วยระหว่างชาติ

สิ่งที่วัด ซึ่งเรียกอีกชื่อว่า “ปริมาณ” จะใช้หน่วยไม่ซ้ำกัน ดังนั้นเมื่อสิ่งที่วัดหรือปริมาณต่างกันหน่วยจึงต่างกัน ในอดีตแต่ละประเทศจะใช้หน่วยการวัดต่างกัน แม้ว่าเป็นปริมาณเดียวกัน เช่น การวัดระยะทาง อาจใช้หน่วย เมตร หลา ฟุต ไมล์ เป็นต้น หรือ การวัดอุณหภูมิ อาจใช้หน่วย องศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์ หรือ เคลวิน เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้หน่วยการวัดปริมาณต่างๆ เป็นระบบมาตรฐานและเข้าใจความหมายตรงกัน จึงกำหนดหน่วยสากลที่เรียกว่า หน่วยระหว่างชาติ (International System of Units) หรือ หน่วยเอสไอ (SI unit) สำหรับการวัดทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยหน่วยฐาน (Base Units) หน่วยอนุพันธ์ (Derived Units) และคำอุปสรรค ดังนี้

1. หน่วยฐาน (Base Units)

หน่วยฐานมีเพียง 7 หน่วย จึงใช้กับ 7 ปริมาณ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หน่วยฐาน

ปริมาณ (สิ่งที่วัด) ที่ใช้หน่วยฐาน	ชื่อหน่วยฐาน	คำย่อ (ตัวย่อ)
ระยะทาง , ระยะห่าง ความยาว , ความสูง	เมตร	*m*
มวล	กิโลกรัม	*kg*
เวลา	วินาที	*s*
กระแสไฟฟ้า	คูลอมบ์ต่อวินาที หรือ แอมแปร์	*C/s หรือ A*
อุณหภูมิ	เคลวิน	*K°*
ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนเดลลา	*cd*
ปริมาณมวลสาร	โมล	*mol*

2. หน่วยอนุพันธ์ (Derived Units)

หน่วยอนุพันธ์ เป็นหน่วยที่ได้จากการรวมกันของหน่วยฐานหลายหน่วย ที่มีความเกี่ยวข้องกันตามนิยามของปริมาณนั้น หน่วยอนุพันธ์บางหน่วยมีชื่อและสัญลักษณ์เฉพาะ ดังตัวอย่าง

ความเร็ว ใช้หน่วยอนุพันธ์ เมตรต่อวินาที (m/s) เนื่องจากตามนิยาม ความเร็วคือระยะทางในหนึ่งหน่วยเวลา

แรง ใช้หน่วยอนุพันธ์ กิโลกรัม.เมตรต่อวินาที^{2} (kg.m/s^2) มีชื่อเฉพาะและสัญลักษณ์ นิวตัน (N) เนื่องจากตามนิยาม แรง 1 นิวตัน คือ แรงที่ทำให้วัตถุมวล 1 กิโลกรัม มีความเร่ง 1 m/s^2

งาน ใช้หน่วยอนุพันธ์ กิโลกรัม.เมตร^{2}ต่อวินาที^{2} (kg.m^2/s^2) หรือ นิวตัน.เมตร(N.m) มีชื่อเฉพาะ จูล (J) เนื่องจากตามนิยาม งานคือแรงที่กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างหน่วยอนุพันธ์

ปริมาณ (สิ่งที่วัด) ที่ใช้หน่วยอนุพันธ์	หน่วยอนุพันธ์ (คำย่อ)	ชื่อเฉพาะ(สัญลักษณ์)
พื้นที่	เมตร.เมตร (m^2)	ตารางเมตร
ปริมาตร	เมตร.เมตร.เมตร (m^3)	ลูกบาศก์เมตร
ความเร็ว	เมตรต่อวินาที (m/s)	-
ความเร่ง	เมตรต่อวินาที^{2} (m/s^2)	-
แรง , น้ำหนัก	กิโลกรัม.เมตรต่อวินาที^{2} ($Kg.m/ s^2$)	นิวตัน (N)
งาน , พลังงาน	กิโลกรัม.เมตร^{2}ต่อวินาที^{2} ($Kg.m^2 / s^2$)	จูล (J)
ความดัน	นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)	ปาสคาล (Pa)
ศักย์ไฟฟ้า	จูลต่อคูลอมบ์ (J/C)	โวลต์ (V)
ความต้านทานไฟฟ้า	โวลท์ต่อแอมแปร์ (V/A)	โอห์ม (Ω)
ความเข้มเสียง	วัตต์ต่อตารางเมตร ($Watt/m^2$)	
ระดับความเข้มเสียง	เดซิเบล	
ความถี่	รอบต่อวินาที	เฮิร์ต (Hz)
ความชื้น	กรัม/ลูกบาศเมตร (g/cm^3)	
ความสว่าง	ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2)	ลักซ์ (lx)
ความจุไฟฟ้า	คูลอมบ์ต่อโวลท์ (C/V)	ฟารัด (F)
สนามไฟฟ้า	นิวตันต่อคูลอมบ์ (N/C)	
กัมมันตภาพ	อนุภาคต่อวินาที	เบคเคอเรล (Bq)
ความจำคอมพิวเตอร์	บิต (bit) , ไบต์ (B)	

3. คำอุปสรรค

ถ้าสิ่งที่วัดหรือปริมาณ ในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพันธ์ มีค่าน้อยมากหรือมีค่าสูงมาก เช่น ความหนาของเส้นด้าย 0.0045 เมตร ระยะทางจากโลกไปดวงจันทร์ประมาณ 384,400,000 เมตร เป็นต้น จะนิยมเขียนค่านั้นในรูปตัวเลขคูณด้วยตัวพหุคูณ (ตัวพหุคูณ คือ เลขสิบยกกำลังลบหรือบวก) และใช้คำอุปสรรคแทนตัวพหุคูณ เพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจง่ายขึ้น เช่น ความหนาของเส้นด้าย 0.0045 เมตร เขียนเป็น $4.5x10^{-3}$ เมตร โดยตัวพหุคูณ 10^{-3} แทนด้วยคำอุปสรรค มิลลิ ดังนั้น ความหนาของเส้นด้ายเขียนได้เป็น 4.5 มิลลิเมตร

คำอุปสรรคที่ใช้แทนตัวพหุคูณ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คำอุปสรรคและตัวพหุคูณ

ชื่อคำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ	ผลที่เกิดเมื่อนำหน้าหน่วยต่างๆ
ยอตตะ (yotta)	Y	10^{24}	มากกว่า ล้านล้านล้านล้าน เท่า
เซตตะ (Zetta)	Z	10^{21}	มากกว่า พันล้านล้านล้าน เท่า
เอกซะ (exa)	E	10^{18}	มากกว่า ล้านล้านล้าน เท่า
เพตะ (peta)	P	10^{15}	มากก พันล้านล้าน เท่า
เทระ (tera)	T	10^{12}	มากกว่า ล้านล้าน เท่า
จิกะ (giga)	G	10^{9}	มากกว่า พันล้าน เท่า
เมกะ (mega)	M	10^{6}	มากกว่า ล้าน เท่า
กิโล (kilo)	k	10^{3}	มากกว่า พัน เท่า
เฮกโต (hecto)	h	10^{2}	มากกว่า ร้อย เท่า
เดคา (deca)	da	10^{1}	มากกว่า สิบ เท่า
เดซิ (deci)	d	10^{-1}	น้อยกว่า สิบ เท่า
เซนติ (centi)	c	10^{-2}	น้อยกว่า ร้อย เท่า
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}	น้อยกว่า พัน เท่า
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}	น้อยกว่า ล้าน เท่า
นาโน (nano)	n	10^{-9}	น้อยกว่า พันล้าน เท่า
พิโค (pico)	p	10^{-12}	น้อยกว่า ล้านล้าน เท่า
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	น้อยกว่า พันล้านล้าน เท่า
อัตโต (atto)	a	10^{-18}	น้อยกว่า ล้านล้านล้าน เท่า
เซปโต (zepto	z	10^{-21}	น้อยกว่า พันล้านล้านล้าน เท่า
ยอกโต (yocto)	y	10^{-24}	น้อยกว่า ล้านล้านล้านล้าน เท่า

หลักการแปลความหมาย

ตารางส่วนบนจะแปลว่า คำอุปสรรคคำนั้น มากกว่า หรือ เพิ่มขึ้น เป็นจำนวนเท่าเมื่อไม่มีคำอุปสรรค ดังตัวอย่าง

1 km=1x10^{3}m=1,000m หมายถึงระยะ 1 กิโลเมตร มากกว่าพันเท่าของระยะ 1 เมตร

1Mm=1x10^{6}m=1,000,000m หมายถึงระยะ 1 เมกกะเมตร มากกว่าล้านเท่าของระยะ 1 เมตร

$5Gm=5x10^{9}m=5,000,000,000m$ หมายถึง ระยะ 5 จิกะเมตร มากกว่าห้าพันล้านเท่าของระยะ 1 เมตร
$8MA=8x10^{6}A=8,000,000A$ หมายถึง กระแส 8 เมกกะแอมแปร์ มากกว่าแปดล้านเท่าของกระแส 1 แอมแปร์

ตารางส่วนล่างจะแปลว่า คำอุปสรรคคำนั้น ลดลง หรือ น้อยกว่า เป็นจำนวนเท่าเมื่อไม่มีคำอุปสรรค ดังตัวอย่าง

$1dm=1x10^{-1}m=\frac{1}{10}\,m$ หมายถึง ระยะ 1 เดซิเมตร น้อยกว่าสิบเท่าของระยะ 1 เมตร

$1cm=1x10^{-2}m=\frac{1}{100}\,m$ หมายถึง ระยะ 1 เซนติเมตร น้อยกว่าร้อยเท่าของระยะ 1 เมตร

$1mm=1x10^{-3}m=\frac{1}{1,000}\,m$ หมายถึง ระยะ 1 มิลลิเมตร น้อยกว่าพันเท่าของระยะ 1 เมตร

$1\mu A=1x10^{-6}A=\frac{1}{1,000,000}\,A$ หมายถึง กระแสไฟฟ้า 1 ไมโครแอมแปร์ น้อยกว่าล้านเท่าของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์

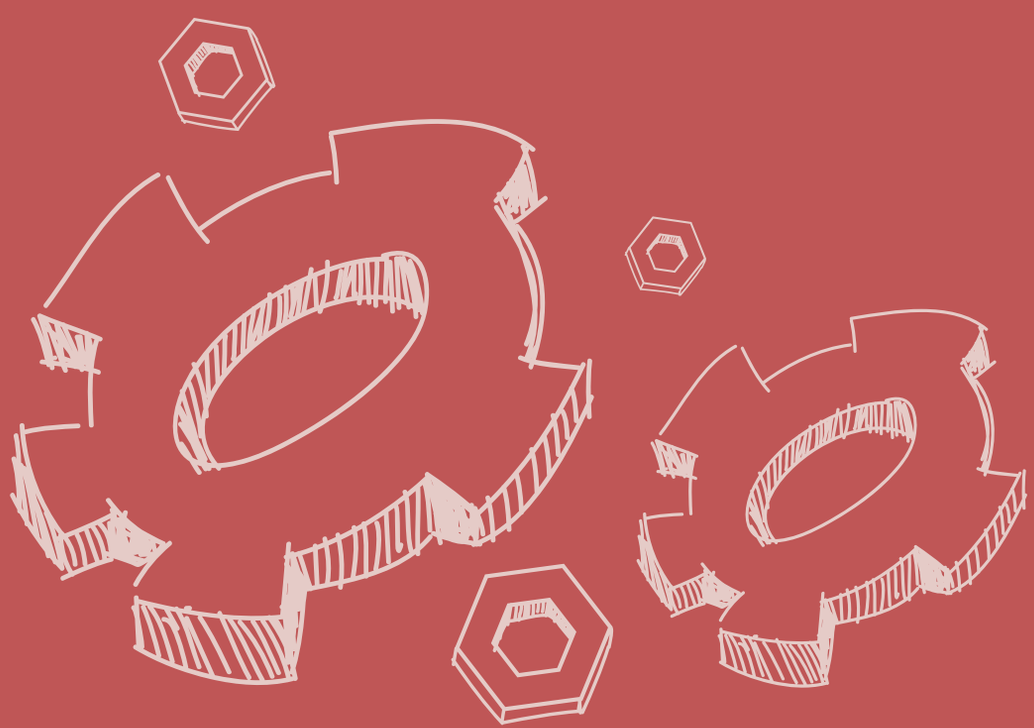
เราอาจนำคำอุปสรรคไปนำหน้าหน่วยการวัดอื่นๆ ก็ได้ แต่มักไม่นิยมใช้ เช่น นำไปนำหน้าหน่วยสกุลเงิน ดังตัวอย่าง

เงิน 1 เมกกะบาท = $1x10^{6}$ บาท = 1,000,000 บาท = 1 ล้านบาท

เงิน 1 เซนติบาท = $1x10^{-2}$ บาท = $1x\frac{1}{100}$ บาท = 1 สตางค์[10]

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าหน่วยมีความสำคัญมาก ดังนั้นในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โครงงานสิ่งประดิษฐ์ และโครงงานการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งผู้เรียนต้องวัดและบันทึกค่าต่างๆ เพื่อนำไปคำนวณและวิเคราะห์ ผู้สอนจึงต้องกำชับผู้เรียนให้ใส่หน่วยทุกครั้ง และต้องใส่หน่วยให้ถูกต้องกับปริมาณ เช่น การบันทึกระยะทาง ต้องใช้หน่วยเป็นเมตร หรือมิลลิเมตร หรือไมโครเมตร เป็นต้น

[10]เงิน 1 บาท = 100 สตางค์



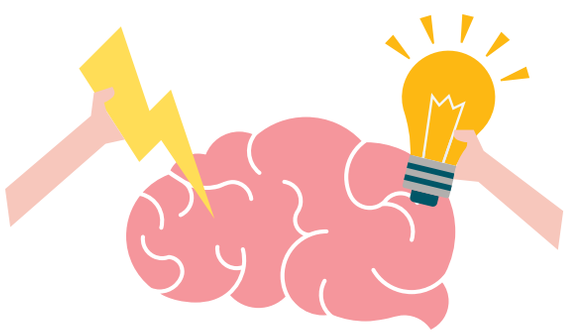
บทที่ 2

รูปแบบการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย

ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 1 นวัตกรรมอาจจะเป็น วิธีการ กระบวนการ สิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ที่ทำขึ้นใหม่หรือแปลกจากเดิม และมีประโยชน์หรือมีมูลค่าสูง แต่เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab) หนังสือเล่มนี้จึงจะเน้นนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ (Smart System) เท่านั้น

คณะทำงานได้นำ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering design process) และเทคนิควิธีการที่สังเคราะห์ได้จากการดำเนินงานมากกว่า 10 ปี ของโครงการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายใต้มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี มาบูรณาการรวมเป็นขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “รูปแบบ (Model)” จากนั้นได้นำรูปแบบไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริงและปรับปรุงกับโรงเรียน 9 แห่ง ที่มีบริบทแตกต่างกัน เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทการศึกษาไทยและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ในบทนี้ จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ของรูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทางวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย พร้อมรายละเอียดวิธีการปฏิบัติและยกตัวอย่าง ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนขั้นตอนสุดท้ายตามลำดับ เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย และเห็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสมกับศักยภาพนักเรียน



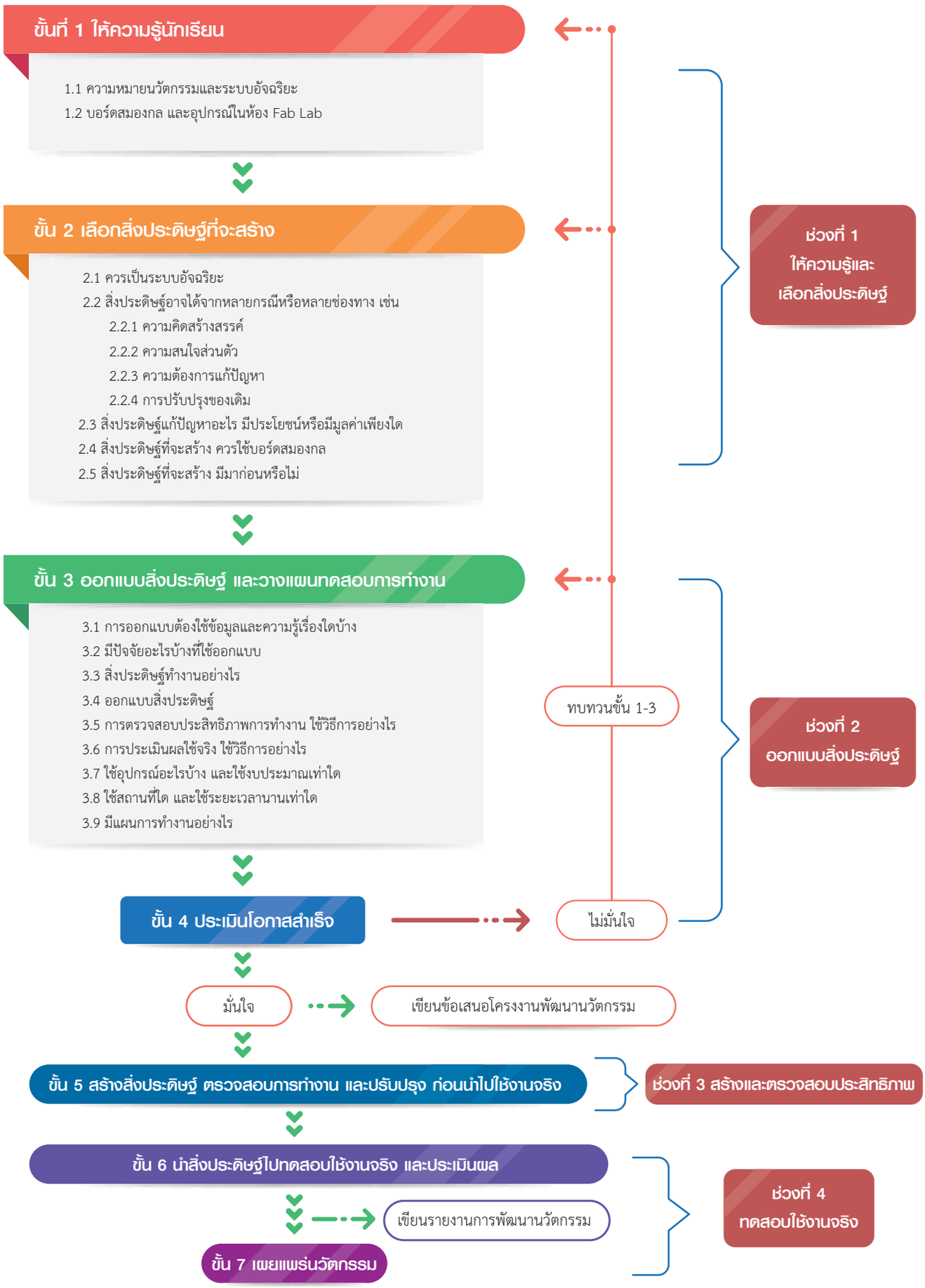
1. โครงสร้างของรูปแบบ

รูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย แบ่งเป็น 4 ช่วง รวมทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.1 แต่ละขั้นตอนจะมีคำถามย่อย เพื่อให้ผู้สอนใช้เป็นแนวทางให้คำแนะนำผู้เรียน

ช่วงที่ 1 (ขั้นที่ 1-2) เป็นการให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้เรียน และเลือกสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง

ช่วงที่ 2 (ขั้นที่ 3-4) เป็นการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ วางแผนการสร้าง และประเมินความเป็นไปได้ว่า ถ้าจะสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามที่ออกแบบไว้ จะมีโอกาสประสบความสำเร็จภายในระยะเวลากำหนดหรือไม่ มีความเสี่ยงล้มเหลวเพียงใด

หมายเหตุ สำหรับขั้นที่ 1–3 นั้น ผู้สอนจะเริ่มที่ขั้นใดก่อนก็ได้ หรือใช้คำถามย่อยใดก่อนก็ได้ แต่ต้องทำครบทั้ง 3 ขั้นและทุกคำถามย่อย แต่แนะนำให้ปฏิบัติเรียงลำดับขั้นตอนที่ 1 -2 -3 จะดีที่สุด



ภาพที่ 2.1 รูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย

คำแนะนำผู้สอน

ช่วงที่ 1 และ 2 เป็นช่วงที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และฝึกฝนทักษะกระบวนการคิด และการบูรณาการความรู้หลายด้านเพื่อใช้แก้ปัญหา ผู้สอนจึงควรให้ความสำคัญกับช่วงนี้ให้มาก พยายามให้ผู้เรียนปฏิบัติให้ครบถ้วน และอาจมีผู้เชี่ยวชาญช่วยผู้เรียน ถ้าสิ่งประดิษฐ์ซับซ้อนมาก สิ่งสำคัญผู้สอนต้องให้ผู้เรียนมีความเข้าใจว่า การสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่านั้น จะต้องทราบข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องให้ครอบคลุมและมากที่สุด แต่ด้วยผู้เรียนอยู่ในช่วงวัยเด็กและเยาวชน จึงมักไม่เห็นความสำคัญของการปฏิบัติช่วงที่ 1 และ 2 ผู้สอนจึงควรหากลยุทธ์และแรงจูงใจ ให้ผู้เรียนให้ความสำคัญและตั้งใจปฏิบัติในช่วงที่ 1 และ 2 ให้ครบถ้วนและดีที่สุด

ช่วงที่ 3 (ขั้นที่ 5) เป็นการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ พร้อมทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งสิ่งประดิษฐ์บางอย่างผู้เรียนอาจสร้างด้วยตนเองได้เพียงบางส่วน เพราะต้องใช้ทักษะและประสบการณ์เกินวัยผู้เรียน จึงอาจมีผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีความชำนาญ เข้ามาช่วยผู้เรียน

ช่วงที่ 4 (ขั้นที่ 6-7) นำสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นไปทดสอบใช้งานจริง พร้อมทั้งประเมินว่ามีประโยชน์ต่อผู้ใช้ หรือก่อให้เกิดมูลค่าเพียงใด ก่อนนำออกเผยแพร่

เมื่อปฏิบัติตามขั้นที่ 5-6-7 ผู้เรียนจะพัฒนาทักษะการปฏิบัติ ทักษะการทำงานร่วมกันหรือการทำงานเป็นทีม และเสริมสร้างความกล้า ไม่ย่อท้อเมื่อล้มเหลว

เมื่อผู้เรียนปฏิบัติตามรูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทยครบทุกขั้นตอน ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรม พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาทักษะด้านวิศวกรรม มีประสบการณ์การออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยการใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต

2. วิธีปฏิบัติสำหรับผู้สอนในแต่ละขั้นตอน

ช่วงที่ 1 ให้ความรู้และเลือกสิ่งประดิษฐ์

ประกอบด้วยขั้นที่ 1 และ 2 โดยจะเริ่มขั้นใดก่อนก็ได้ หรือใช้คำถามย่อยคำถามใดก่อนก็ได้ แต่ต้องให้ครบทุกขั้นและทุกคำถามย่อย รายละเอียดวิธีปฏิบัติ มีดังนี้

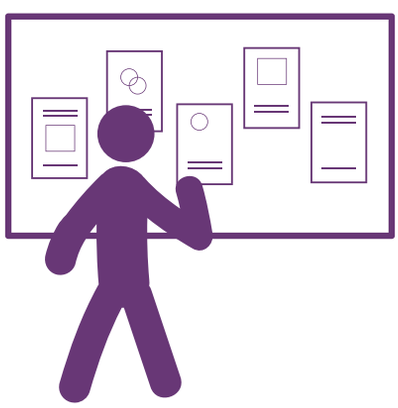
ขั้นที่ 1 ให้ความรู้นักเรียน

ก่อนจะให้ผู้เรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย ควรให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ ในสิ่งต่อไปนี้

1.1 ความหมายของนวัตกรรม โดยสิ่งที่สำคัญต้องให้ผู้เรียนทราบว่า สิ่งประดิษฐ์ที่จะจัดเป็นนวัตกรรมนั้นจะต้องเป็นสิ่งใหม่หรือแปลกจากเดิม และมีประโยชน์หรือมีมูลค่าสูง

1.2 ความหมายของระบบอัจฉริยะหรือระบบสมาร์ต (Smart System) ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ที่จัดเป็นระบบอัจฉริยะ พร้อมยกตัวอย่างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ

1.3 ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีในห้อง FabLab ของโรงเรียน ซึ่งควรนำมาใช้ประกอบออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ เช่น บอร์ดสมองกล KidBright, Arduino, Raspberry Pi และความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์เป็นต้น



ขั้นที่ 2 เลือกสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง

2.1 สิ่งประดิษฐ์ควรเป็นระบบอัจฉริยะ

ด้วยเหตุผลและความเป็นมาของโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab) ที่ต้องการพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยให้มีความรู้และทักษะทางวิศวกรรมและนวัตกรรม เพื่อเป็นกำลังสำคัญในการร่วมขับเคลื่อนสู่ประเทศไทย 4.0 ดังนั้นสิ่งประดิษฐ์ที่จะให้ผู้เรียนออกแบบและสร้างนั้น จึงควรเป็นระบบอัจฉริยะ (Smart System) และเหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน

2.2 สิ่งประดิษฐ์อาจได้จากหลายกรณีหรือหลายช่องทาง

แม้ว่าในหลักการ การพัฒนานวัตกรรมจะต้องเกิดจากปัญหา แต่ด้วยผู้เรียนซึ่งอยู่ในวัยเด็กและเยาวชนมักจะเลือกทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ ดังนั้นถ้าผู้สอนพยายามให้ผู้เรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยเริ่มจากปัญหา อาจทำให้ผู้เรียนรู้สึกกดดันและเบื่อหน่าย ล้มเลิกความสนใจ ไม่ทุ่มเทให้กับการทำโครงงาน เกิดความทรงจำทางลบ ความฝันอยากเป็นนวัตกรน้อยลงหรือหมดไป

ดังนั้นผู้สอนจึงควรเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนเสนอสิ่งประดิษฐ์ที่สนใจจะสร้าง จากหลากหลายกรณีหรือหลายช่องทาง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

2.2.1 สิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งหากผู้สอนพิจารณาเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสร้างได้จริงก็ควรสนับสนุน ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ แต่หากผู้สอนพิจารณาเห็นว่าเป็นไปไม่ได้ ผู้สอนควรชี้แจงเหตุผลให้ผู้เรียนเข้าใจ พร้อมให้กำลังใจ ไม่ให้ผู้เรียนรู้สึกว่าตนเองคิดสิ่งไร้สาระเป็นจริงไม่ได้ และให้เก็บความคิดนี้ไว้ใช้ในโอกาสหน้า

2.2.2 สิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากความสนใจส่วนตัวของผู้เรียน เช่น ถ้าผู้เรียนกำลังสนใจเรียนรู้ KidBright จะมักเสนอสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ KidBright เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

2.2.3 สิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากความต้องการแก้ปัญหา เช่น ระบบเชิญธงชาติของโรงเรียนพระปริยัติธรรม โดยทุกวันจะเชิญธงชาติขึ้น ณ เวลา 8.00 นาฬิกา และเชิญลง ณ เวลา 18.00 นาฬิกา โดยอัตโนมัติ เพื่อแก้ปัญหาภิกษุสามเณรเชิญธงชาติไม่ได้ เนื่องจากผิดวินัย

2.2.4 สิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากการปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ ให้แปลกจากเดิม เช่น นำสิ่งประดิษฐ์ที่ทำได้เพียงตรวจวัดอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง มาเพิ่มเติมความสามารถให้รายงานผลผ่าน IoT ไปแสดงที่สมาร์ตโฟน

2.3 สิ่งประดิษฐ์แก้ปัญหาอะไร มีประโยชน์หรือมีมูลค่าเพียงใด

เพื่อให้นวัตกรรมมีประโยชน์หรือมีมูลค่า ดังนั้นไม่ว่าสิ่งประดิษฐ์ที่ผู้เรียนนำเสนอนั้น จะเป็นอะไรก็ตามหรือได้จากช่องทางใดก็ตาม ควรตอบคำถามได้ว่า สิ่งประดิษฐ์ใช้แก้ปัญหาอะไร ผู้ใช้เป็นใคร ผู้ใช้ได้ประโยชน์อย่างไรหรือน่าจะมีมูลค่าหรือสร้างมูลค่าได้เพียงใด

ตัวอย่าง การปลูกเห็ดหลินจือ ในช่วงการเลี้ยงดอกเห็ดในโรงเรือน ซึ่งเกษตรกรจะต้องควบคุมอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนให้อยู่ระหว่าง 26 – 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศให้อยู่ระหว่าง 85% – 95% เพราะเป็นสภาวะที่เหมาะกับการเจริญเติบโตมาก แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูลเหล่านี้ จึงมักประสบปัญหาเห็ดหลินจือเติบโตช้า ไม่ได้คุณภาพ และบางครั้งตาย ดังนั้น ถ้ามีสิ่งประดิษฐ์ช่วยเกษตรกรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเห็ดหลินจือให้อยู่ในช่วงดังกล่าว จะลดความสูญเสีย เพิ่มผลผลิต และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรมากขึ้น

เมื่อวิเคราะห์กรณีตัวอย่างนี้จะตอบคำถามได้ว่า สิ่งประดิษฐ์ช่วยแก้ปัญหาการควบคุมอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือให้อยู่ระหว่าง 26-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 85% – 95% ผู้ใช้สิ่งประดิษฐ์คือเกษตรกรปลูกเห็ดหลินจือ โดยเกษตรกรจะได้ประโยชน์จากการลดความสูญเสีย ได้ผลผลิตเห็ดหลินจือที่มีปริมาณและคุณภาพมากขึ้น สร้างรายได้มากขึ้น

2.4 สิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง ควรใช้บอร์ดสมองกล

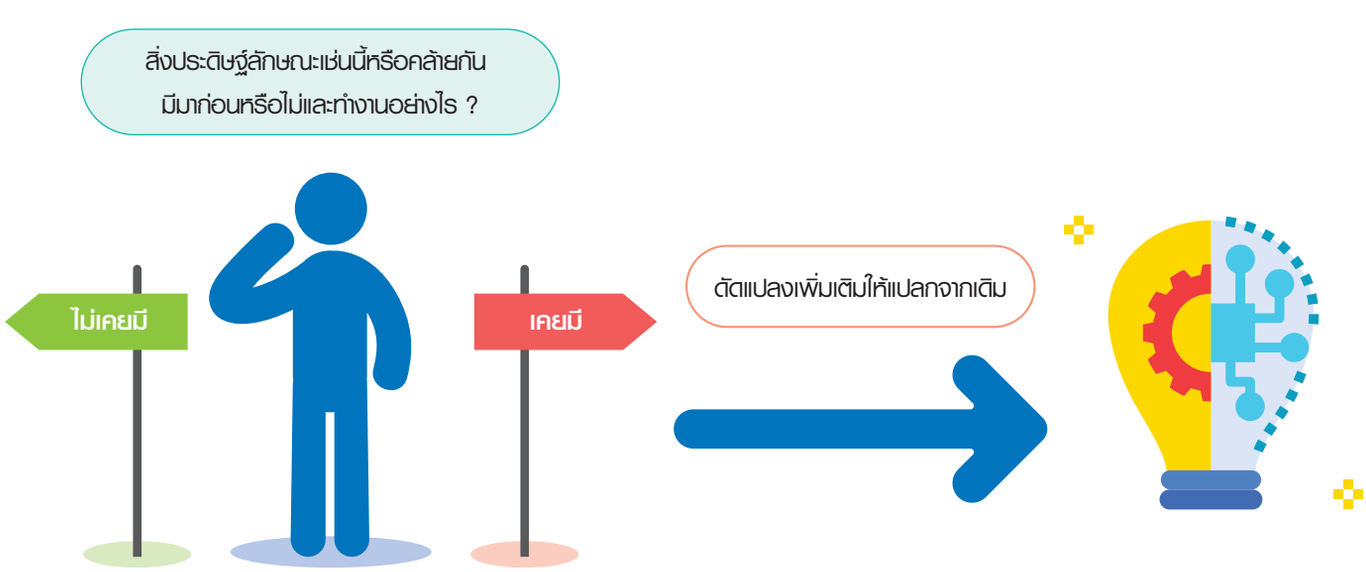
ดังที่กล่าวมาแต่ต้นว่า สิ่งประดิษฐ์ที่ผู้เรียนจะสร้างควรเป็นระบบอัจฉริยะ (Smart System) นั่นคือควรนำบอร์ดสมองกล (Embedded System Board) เช่น KidBright, Micro:bit, Arduino, Raspberry Pi รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เซนเซอร์ (Sensor) มาใช้เป็นส่วนประกอบของสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมานี้มีอยู่ในห้อง FabLab ของโรงเรียน แต่หากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีในห้อง Fab Lab ของโรงเรียน ก็ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาไม่ยาก ราคาไม่สูง และประการสำคัญผู้เรียนสามารถเรียนรู้และใช้งานอุปกรณ์เหล่านั้นได้

ตัวอย่าง กรณีการปลูกเห็ดหลินจือ ผู้เรียนอาจนำบอร์ดสมองกล KidBright เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศซึ่งมีอยู่ในห้อง FabLab ของโรงเรียน มาใช้เป็นส่วนประกอบในการออกแบบและสร้างเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ

2.5 สิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง มีมาก่อนหรือไม่

เมื่อผู้เรียนเลือกสิ่งประดิษฐ์แล้ว ผู้สอนควรให้ผู้เรียนไปสืบค้นว่าสิ่งประดิษฐ์ลักษณะเช่นนี้หรือคล้ายกันมีมาก่อนหรือไม่และทำงานอย่างไร

การศึกษาสิ่งประดิษฐ์ที่มีมาก่อนมีประโยชน์มาก เพราะผู้เรียนจะได้ดัดแปลงเพิ่มเติมให้แปลกจากเดิม ทั้งนี้ผู้สอนควรติดตามให้นักเรียนไปสืบค้นและศึกษาข้อมูลอย่างจริงจัง เพราะผู้เรียนส่วนใหญ่จะไม่ชอบสืบค้นหรือไม่เห็นความสำคัญของการศึกษาจากผู้ที่เคยทำมาก่อน



ช่วงที่ 2 ออกแบบสิ่งประดิษฐ์

ประกอบด้วยขั้นที่ 3 และ 4 เป็นช่วงที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะ วางแผนการตรวจสอบประสิทธิภาพ วางแผนทดลองใช้งานจริง และประเมินว่ามีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จเพียงใด เมื่อนำไปสร้างจริง

อย่างไรก็ตาม ผู้สอนจะพบว่าผู้เรียนบางคนไม่ให้ความสำคัญกับการออกแบบและวางแผน เพราะมั่นใจว่าตนเองสร้างสิ่งประดิษฐ์สำเร็จได้ โดยไม่มีความจำเป็นต้องคิดและวางแผน

ด้วยเหตุนี้ เพื่อปลูกฝังความเป็นนวัตกรให้เกิดกับผู้เรียนมากสุด ผู้สอนจึงควรใช้กลยุทธ์หรือเทคนิคต่างๆ ให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและตั้งใจปฏิบัติ เช่น การป้อนคำถามให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ จนผู้เรียนเห็นข้อบกพร่องหรือผิดพลาดของตนเอง หรือชี้จุดผิดพลาดให้ผู้เรียนเห็น ซึ่งผู้สอนจะกระทำเช่นนี้ได้ต่อเมื่อผู้สอนมีประสบการณ์เคยแนะนำหรือเคยสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่คล้ายกันมาก่อน แต่หากผู้สอนมีประสบการณ์ไม่เพียงพอ ควรจัดหาผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษาผู้เรียน ทั้งนี้ผู้สอนไม่ควรปล่อยผู้เรียนออกแบบและวางแผนกันเองโดยไม่มีผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญให้ข้อแนะนำ เพราะผู้เรียนอาจละเลยไม่ตั้งใจปฏิบัติ

รายละเอียดวิธีการปฏิบัติของผู้สอนและผู้เรียน ในช่วงที่ 2 มีดังนี้

ขั้นที่ 3 ออกแบบสิ่งประดิษฐ์และวางแผนทดสอบการทำงาน

ผู้สอนใช้คำถามย่อยในขั้นที่ 3 ชี้นำให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ ออกแบบ และวางแผน โดยใช้คำถามย่อยใดก่อนก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับ แต่ต้องครบทุกคำถามย่อย แนวทางการใช้คำถามย่อยแต่ละคำถาม มีดังนี้

3.1 การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ ต้องใช้ข้อมูลและความรู้เรื่องใดบ้าง

การที่จะได้สิ่งประดิษฐ์ที่เป็นระบบอัจฉริยะและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นมากที่ผู้เรียนต้องนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งอาจใช้ภูมิปัญญาและความรู้ด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาบูรณาการกันเพื่อนำไปใช้ประกอบการออกแบบ เพราะหากผู้เรียนออกแบบโดยใช้เพียงการคาดคะเนประสบการณ์ และการลองผิดลองถูกเท่านั้น จะเสี่ยงต่อความล้มเหลวสูง

ตัวอย่าง ต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเรื่องใด เพื่อใช้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะและสามารถควบคุมผ่าน IoT

มีสิ่งหนึ่งที่อาจจะเป็นปัญหาให้ทั้งผู้เรียนและผู้สอนก็คือ ไม่ทราบว่าความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งความรู้อื่นๆ ที่ต้องนำมาใช้ประกอบการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ มีเรื่องอะไรบ้าง และจะแสวงหาและเรียนรู้ได้จากที่ใด ซึ่งหากผู้สอนประสบปัญหานี้ ควรแสวงหาผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ

นอกจากนี้ ผู้สอนอาจพบว่าผู้เรียนไม่มีความสามารถวิเคราะห์ และค้นหาความรู้เหล่านี้ด้วยตนเอง และจะต้องใช้ระยะเวลาค้นหาและเรียนรู้ค่อนข้างมาก ซึ่งถ้าถูกผู้สอนกดดันมากอาจทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติทางลบ เกิดความเบื่อหน่าย และหมดความใฝ่ฝันจะเป็นนักพัฒนานวัตกรรม

อย่างไรก็ดี ผู้สอนควรพยายามให้ผู้เรียนปฏิบัติให้มากสุดเท่าที่ทำได้ เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญและมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

ผู้สอนอาจวางแผนเตรียมการ ดังต่อไปนี้

1. ผู้สอน (อาจมีผู้เชี่ยวชาญร่วมด้วย) วิเคราะห์สิ่งประดิษฐ์ที่ผู้เรียนจะสร้าง ให้ทราบว่าต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเรื่องอะไรบ้าง จึงจะเพียงพอต่อการนำไปใช้ออกแบบ

2. ผู้สอนนำความรู้ที่ได้จากข้อ 1 มาประเมินว่าผู้เรียนสามารถค้นหาและทำความเข้าใจ ความรู้เหล่านี้ได้ด้วยตนเองหรือไม่ รวมทั้งมีความสามารถบูรณาการความรู้เหล่านี้ เพื่อใช้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ได้ด้วยตนเองเพียงใด

3. ผู้สอนเลือกวิธีการปฏิบัติ ที่เหมาะสมกับผู้เรียน ยกตัวอย่าง

   3.1 ถ้าผู้เรียนมีศักยภาพการเรียนรู้ค่อนข้างสูง อาจให้ผู้เรียนค้นหาและทำความเข้าใจ ด้วยตนเอง

   3.2 ถ้าผู้เรียนมีศักยภาพการเรียนรู้ปานกลาง อาจให้ผู้เรียนค้นหาและทำความเข้าใจ โดยผู้สอนช่วยเหลือ

   3.3 ถ้าผู้เรียนมีศักยภาพการเรียนรู้ไม่มาก ผู้สอนอาจใช้วิธีบรรยายหรืออธิบายให้ผู้เรียน เหมือนการสอนในชั้นเรียน

3.2 มีปัจจัยอะไรบ้างที่ใช้ออกแบบ

นอกจากจะใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแล้ว ยังต้องใช้ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาประกอบการออกแบบ สิ่งประดิษฐ์จึงจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ รวมทั้งฝึกทักษะการคิดในลักษณะเหตุผล (ปัจจัยต้นเหตุ ➜ ปัจจัยที่ได้รับผล)[1] เพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อกันเป็นแผนผังอย่างไร ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แผนผังจะทราบแนวทางการออกแบบสิ่งประดิษฐ์

อย่างไรก็ตาม ผู้สอนอาจพบผู้เรียนบางคนไม่สนใจปฏิบัติ จึงมีคำแนะนำผู้สอน ดังนี้

1. ผู้สอนควรวิเคราะห์ว่า มีปัจจัยอะไรบ้างที่ส่งผลต่อการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ พร้อมทดลองเขียนแผนผังเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยเชิงเหตุผล ไว้ก่อนล่วงหน้า

2. ผู้สอนเลือกวิธีที่เหมาะสมกับศักยภาพผู้เรียน เช่น ถ้านักเรียนมีศักยภาพเรียนรู้สูง อาจใช้การยกตัวอย่างแล้วให้ผู้เรียนเขียนแผนผังด้วยตนเอง แต่ถ้าผู้เรียนมีศักยภาพเรียนรู้ไม่มากอาจใช้วิธีอธิบาย เหมือนสอนในชั้นเรียน

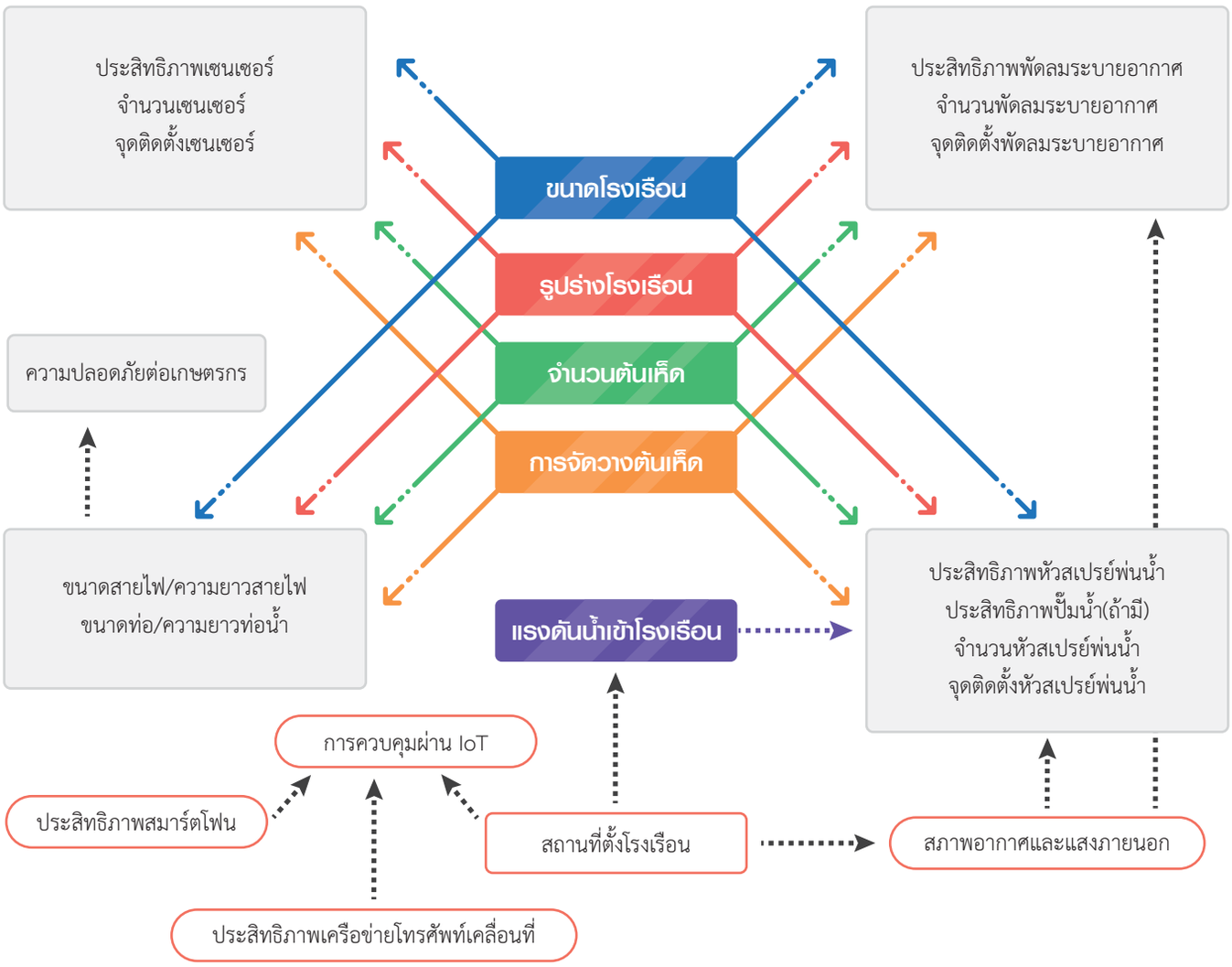
ตัวอย่าง การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงาน มีดังนี้

ขนาดโรงเรือน รูปร่างโรงเรือน สถานที่ตั้งโรงเรือน สภาพอากาศบริเวณที่ตั้งโรงเรือน ลักษณะจัดวางต้นเห็ด จำนวนต้นเห็ด เสถียรภาพของระบบน้ำและไฟฟ้า ประสิทธิภาพเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

จำนวนเซนเซอร์ จุดติดตั้งเซนเซอร์ ประสิทธิภาพของเซนเซอร์ จำนวนเครื่องพ่นหมอก จุดติดตั้งเครื่องพ่นหมอก ประสิทธิภาพของเครื่องพ่นหมอก แรงดันน้ำเข้าโรงเรือน ขนาดท่อน้ำ ความยาวท่อน้ำ ประสิทธิภาพปั๊มน้ำ(ถ้ามี) จำนวนพัดลมระบายอากาศ จุดติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศ ขนาดสายไฟฟ้า ความยาวสายไฟฟ้า ระบบความปลอดภัยต่อเกษตรกร เมื่อนำปัจจัยทั้งหมด มาเขียนแผนผังเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยเชิงเหตุผล จะได้ดังภาพที่ 2.2

[1] เมื่อปัจจัยด้านหางลูกศรเปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้ปัจจัยด้านหัวลูกศรเปลี่ยนแปลงด้วย

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ
ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT
(กรณีสร้างโรงเรือนไว้แล้ว และภายในปลูกเห็ดหลินจือไว้ก่อนแล้ว)



(เมื่อปัจจัยหางลูกศรเปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้ ปัจจัยหัวลูกศรเปลี่ยนแปลงตาม)

เมื่อวิเคราะห์ภาพแผนผัง 2.2 จะได้ว่า การออกแบบควรเริ่มจากการทราบข้อมูลของขนาดและรูปร่างโรงเรือน จำนวนต้นเห็ดและการจัดวางต้นเห็ด สถานที่ตั้งโรงเรือน ประสิทธิภาพเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมถึงสภาพอากาศและแสงภายนอก จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เลือกอุปกรณ์ต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นสิ่งประดิษฐ์ เช่น พัดลมระบายอากาศ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น เครื่องพ่นหมอก หลอดไฟความร้อน ปั๊มน้ำ(ถ้ามี) แรงดันน้ำเข้าโรงเรือน แรงดันน้ำภายในโรงเรือน ขนาดท่อน้ำ ความยาวท่อน้ำ ขนาดสายไฟฟ้า ความยาวสายไฟฟ้า เป็นต้น

3.3 สิ่งประดิษฐ์ทำงานอย่างไร

เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนกำหนดว่าสิ่งประดิษฐ์ทำงานอย่างไร ซึ่งจำเป็นต้องนำความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมกับข้อมูลอื่นๆ ที่ได้รวบรวมไว้ในขั้นที่ 3.1 มาประกอบการพิจารณา และอาจมีผู้เชี่ยวชาญแนะนำ เพราะความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียนและผู้สอนอาจไม่เพียงพอ

การกำหนดการทำงานของสิ่งประดิษฐ์มีความสำคัญมาก เนื่องจากส่งผลต่อการออกแบบและเลือกอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นสิ่งประดิษฐ์ รวมทั้งการเขียนโปรแกรมควบคุม

ตัวอย่าง การกำหนดการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT

1. สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน ให้อยู่ที่ 90±5% หรือระหว่าง 85% - 95% ได้อย่างอัตโนมัติ โดยแสดงข้อมูลที่จอ LCD และสมาร์ตโฟน
2. สามารถคุมอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ให้อยู่ที่ 28±2 องศาเซลเซียส หรือระหว่าง 26°C – 30°C ได้อย่างอัตโนมัติ โดยแสดงข้อมูลที่จอ LCD และสมาร์ตโฟน
3. ถ้าความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95% พัดลมระบายอากาศจะทำงาน จนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเท่ากับ 90% พัดลมระบายอากาศจึงหยุดทำงาน และถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 85% เครื่องพ่นหมอกจะทำงาน จนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 90% เครื่องพ่นหมอกจึงหยุดทำงาน
4. ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 26°C หลอดไฟจะสว่าง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากับ 28°C หลอดไฟจึงจะดับ และถ้าอุณหภูมิมากกว่า 30°C พัดลมระบายอากาศและเครื่องพ่นหมอกจะทำงาน เพื่อลดอุณหภูมิจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับ 28°C พัดลมระบายอากาศและเครื่องพ่นหมอกจึงหยุดทำงาน
5. โดยในการทำงาน อุปกรณ์หรือระบบจะทำการตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่กำหนดก่อน จากนั้นจึงทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ตามลำดับ

หมายเหตุ เหตุผลที่ทำการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนก่อนควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของเห็ดหลินจือมากกว่าอุณหภูมิ

3.4 ออกแบบสิ่งประดิษฐ์

เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนนำความรู้และข้อมูลที่รวบรวมไว้ในขั้นที่ 3.1 - 3.3 มาออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และทดลองเขียนโปรแกรมควบคุม รวมถึงอาจทดลองสร้างสิ่งประดิษฐ์ย่อส่วนหรือสร้างต้นแบบ (Prototype) เพื่อประเมินความเป็นไปได้เมื่อนำไปสร้างจึงจะใช้งานได้จริง

ผู้สอนควรมีความรู้และประสบการณ์ค่อนข้างมาก จึงจะช่วยผู้เรียนออกแบบได้ อาทิ ความรู้เกี่ยวกับสมองกลประเภทต่างๆ เช่น KidBright หรือ Arduino ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม ความรู้เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ความรู้เกี่ยวกับเครื่องวัดต่างๆ รวมทั้งควรเคยมีประสบการณ์ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์คล้ายคลึงกันมาแล้ว

อาทิเช่น ผู้สอนที่เคยมีประสบการณ์ออกแบบ ใช้ KidBright ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponic) มาก่อน จะสามารถแนะนำผู้เรียนให้ออกแบบใช้ KidBright ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเห็ดหลินจือได้ เช่นกัน

สำหรับผู้สอนที่มีความรู้และประสบการณ์ค่อนข้างน้อย หรือไม่เคยมีประสบการณ์ออกแบบสิ่งประดิษฐ์มาก่อน ควรมีผู้เชี่ยวชาญแนะนำผู้เรียนระหว่างออกแบบ เพื่อสร้างความมั่นใจและโอกาสความสำเร็จให้มากยิ่งขึ้น

ตัวอย่าง การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT โดยใช้ KidBright เป็นบอร์ดสมองกลควบคุม อาจใช้แนวทางการออกแบบ ดังนี้

1. โรงเรือนรูปร่างอย่างไรและขนาดเท่าไร เห็ดหลินจือภายในโรงเรือนมีจำนวนกี่ต้นและจัดวางอย่างไร สภาพอากาศภายในและภายนอกรอบโรงเรือนเป็นอย่างไร

2. เลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใดตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ ใช้กี่ตัว แต่ละตัวติดตั้งที่ใด ทั้งนี้แต่ละตัวต้องสามารถตรวจวัดอุณหภูมิในช่วง 26-30 องศาเซลเซียสได้แม่นยำ

3. เลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใดตรวจวัดความชื้นอากาศ ใช้กี่ตัว แต่ละตัวติดตั้งที่ใด ทั้งนี้แต่ละตัวต้องสามารถตรวจวัดความชื้นอากาศในช่วง 85% – 95 % ได้แม่นยำ

4. ใช้เครื่องพ่นหมอกชนิดใด ใช้กี่ตัว แต่ละตัวมีคุณสมบัติการทำงานอย่างไร และแต่ละตัวติดตั้งที่ใด

5. ใช้พัดลมระบายอากาศชนิดใด ใช้กี่ตัว แต่ละตัวมีคุณสมบัติการทำงานอย่างไร และแต่ละตัวติดตั้งที่ใด

6. ใช้หลอดไฟให้ความร้อนชนิดใด ใช้กี่หลอด แต่ละหลอดมีคุณสมบัติการทำงานอย่างไร และแต่ละหลอดติดตั้งที่ใด

7. อื่นๆ เช่น ควรใช้ปั๊มน้ำขนาดเท่าไร (ถ้ามี) แรงดันน้ำเข้าโรงเรือนเท่าไร แรงดันน้ำภายในโรงเรือนเท่าไร ใช้ท่อน้ำขนาดและยาวเท่าไร ใช้สายไฟฟ้าขนาดและยาวเท่าไร

จากนั้นวิเคราะห์ว่าอุปกรณ์ต่างๆ ต้องเชื่อมต่อกันอย่างไรและใช้โปรแกรมควบคุมอย่างไร อุปกรณ์เหล่านี้จึงจะทำงานประสานกันเป็นระบบอัจฉริยะ และทำงานได้ตามที่กำหนดในขั้นที่ 3.3 ซึ่งอาจจะมีผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือในขณะออกแบบด้วย

3.5 การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ใช้วิธีการอย่างไร

เมื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์เสร็จแล้ว ต้องนำมาผ่านขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานและปรับปรุงก่อนให้ผู้ใช้นำไปทดลองใช้ เช่น ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำในการวัด ตรวจสอบความสามารถการทำงาน หรือตรวจสอบความสามารถการควบคุม เป็นต้น ดังนั้นผู้สอนจึงต้องช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน ให้ออกแบบขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพ ที่ให้ผลการตรวจสอบมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากผู้เรียนยังมีความรู้และประสบการณ์น้อย

อีกประการหนึ่ง วิธีการตรวจสอบที่ผู้เรียนออกแบบ ควรมีรายละเอียดการปฏิบัติชัดเจนเป็นขั้นตอน รวมทั้งระบุวิธีแปลผล และบางกรณีอาจมีผู้เชี่ยวชาญช่วยแนะนำการออกแบบ

ตัวอย่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT อาจใช้วิธีตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ดังนี้

1. ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์ภายในโรงเรือนเห็ดหลินจือ โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ หลอดไฟให้ความร้อน และอุปกรณ์อื่นๆ ตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้ จากนั้นให้สิ่งประดิษฐ์ทำงานเป็นระบบสมาร์ต (Smart System)

2. นำเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานซึ่งผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ไปวัดอุณหภูมิบริเวณเดียวกับตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และนำเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ไปวัดความชื้นอากาศบริเวณเดียวกับตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้น (ในการทดลองจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบดิจิทัล ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด)

3. อ่านค่าอุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน และค่าความชื้นจากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน นำไปเปรียบเทียบกับค่าแสดงที่จอ LCD และค่าแสดงที่สมาร์ตโฟน ต่างกันเพียงใด โดยให้ค่าจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานและเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน เป็นค่าอ้างอิง

4. ปรับการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ ให้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือน ที่แสดงที่จอ LCD และแสดงที่สมาร์ตโฟน เท่าหรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานและเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานมากที่สุด โดยเฉพาะที่ค่าอุณหภูมิ 26°C 28°C และ 30°C และที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 85% 90% และ 95% และเมื่อปรับได้ดีที่สุดแล้ว ให้เลือกข้อมูล 3 รอบ บันทึกในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

5. การแปลผล จะนำค่าจากเครื่องวัดมาตรฐาน ค่าแสดงที่จอ LCD และค่าแสดงที่สมาร์ตโฟน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย คำนวณความคลาดเคลื่อน โดยให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานเป็นค่าอ้างอิง ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเฉลี่ย}|}{\text{ค่าอ้างอิง}^{1}} \times 100$$

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์

ค่าเฉลี่ยจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน หรือ ค่าอ้างอิง (°C)	ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากสิ่งประดิษฐ์					ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
	อุปกรณ์ที่แสดง	ครั้งที่ 1 (°C)	ครั้งที่ 2 (°C)	ครั้งที่ 3 (°C)	ค่าเฉลี่ย (°C)	
26.54	จอ LCD	25.10	25.50	26.45	25.68	3.24
	สมาร์ตโฟน	25.25	25.10	26.55	25.63	3.42
28.20	จอ LCD	28.52	28.85	28.25	28.54	1.20
	สมาร์ตโฟน	29.20	28.85	28.25	28.76	1.98
30.85	จอ LCD	29.50	29.10	30.50	29.70	3.72
	สมาร์ตโฟน	30.20	29.60	31.20	30.33	1.68

(ตัวเลขในตาราง 2.1 เป็นข้อมูลสมมติ)

[1]ค่าอ้างอิง คือ ค่าเฉลี่ยของเครื่องวัดมาตรฐาน

ตารางที่ 2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งประดิษฐ์

ค่าจากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน หรือ ค่าอ้างอิง (%)	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากสิ่งประดิษฐ์					ความคลาดเคลื่อน (%)
	อุปกรณ์ที่แสดง	ครั้งที่ 1 (%)	ครั้งที่ 2 (%)	ครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ย (%)	
85.66	จอ LCD	84.50	85.60	87.50	85.87	0.24
	สมาร์ตโฟน	83.40	84.30	83.70	84.76	1.05
90.40	จอ LCD	88.90	89.40	87.50	88.60	1.99
	สมาร์ตโฟน	91.40	92.80	88.70	90.97	0.63
95.60	จอ LCD	94.10	95.80	96.40	95.43	2.96
	สมาร์ตโฟน	96.40	95.60	94.60	95.53	0.07

(ตัวเลขในตาราง 2.2 เป็นข้อมูลสมมติ)

ตัวอย่างการแปรผล

จากตารางที่ 2.1 สิ่งประดิษฐ์สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ให้อยู่ระหว่าง 26°C – 30°C ได้อัตโนมัติ โดยการแสดงผลที่จอ LCD มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3.72% หรือประมาณไม่เกิน 4% และการแสดงผลที่สมาร์ตโฟนผ่าน IoT คลาดเคลื่อนไม่เกิน 3.42% หรือประมาณไม่เกิน 4% ซึ่งน้อยมาก จึงไม่ส่งผลเสียต่อการเติบโตของเห็ดหลินจือ

จากตารางที่ 2.2 สิ่งประดิษฐ์สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ให้อยู่ระหว่าง 85% – 95% ได้อัตโนมัติ โดยการแสดงผลที่จอ LCD มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2.96 หรือประมาณไม่เกิน 3% และการแสดงผลที่สมาร์ตโฟนผ่าน IoT คลาดเคลื่อนไม่เกิน 1.05% หรือประมาณไม่เกิน 2% ซึ่งน้อยมาก จึงไม่ส่งผลเสียต่อการเติบโตของเห็ดหลินจือ

สรุปได้ว่า สิ่งประดิษฐ์ที่สร้างสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือให้เหมาะสมกับการเติบโตของเห็ดหลินจือ ได้อย่างอัตโนมัติ

3.6 การประเมินผลใช้จริง ใช้วิธีการอย่างไร

ดังที่กล่าวมาแล้ว นวัตกรรมจะต้องมีประโยชน์หรือมีมูลค่าสูง ดังนั้นจึงควรนำสิ่งประดิษฐ์ที่ผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพ ไปทดลองใช้จริงพร้อมประเมินผล ในสถานการณ์จริงหรือเสมือนจริง และหากให้ผู้ใช้ตัวจริง[2] เป็นผู้ทดลองใช้จะมีประโยชน์มาก เพราะจะได้ข้อมูลใช้ปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ให้สนองต่อการใช้งาน และให้ประโยชน์ต่อผู้ใช้มากที่สุด

ด้วยเหตุนี้ผู้สอนจึงต้องช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน ให้ออกแบบขั้นตอนและวิธีการทดลอง ที่ให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากผู้เรียนยังมีความรู้และประสบการณ์น้อย ทั้งนี้การออกแบบวิธีทดลองจะต้องสอดคล้องหรือเหมาะสมกับสถานที่ใช้ทดลองจริง หรือผู้ใช้ตัวจริงด้วย เช่น การออกแบบการทดลองเพื่อประเมินผลการใช้ไม้เท้าอัจฉริยะสำหรับผู้พิการสายตา ควรออกแบบร่วมกับผู้พิการสายตาจริง เป็นต้น

[2]ยกตัวอย่าง ถ้าสิ่งประดิษฐ์คือไม้เท้าสำหรับผู้พิการทางสายตา ผู้ใช้ตัวจริง คือ ผู้พิการทางสายตาจริงๆ

ผู้สอนควรแนะนำให้ผู้เรียนนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ออกแบบวิธีทดลอง เช่น การตั้งวัตถุประสงค์ การกำหนดตัวแปร การตั้งสมมุติฐาน การนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ เป็นต้น ทั้งนี้วิธีการทดลองควรมีรายละเอียดการปฏิบัติชัดเจนเป็นขั้นตอน รวมทั้งวิธีแปลผล และบางกรณีอาจมีผู้เชี่ยวชาญช่วยแนะนำการออกแบบ

ตัวอย่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่เป็นระบบอัจฉริยะ และสามารถควบคุมผ่าน IoT จะออกแบบวิธีทดลองและประเมินผลใช้จริงได้หลายวิธี ดังจะยกตัวอย่าง 2 วิธี

1. สร้างโรงเรือนเห็ดหลินจือ 2 แห่ง มีรูปร่างเหมือนกันและอยู่สถานที่เดียวกัน พร้อมจัดเตรียมสิ่งต่างๆ สำหรับการปลูกเห็ดหลินจือเหมือนกัน
2. ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์โรงเรือนที่ 1 และให้ทำงานเป็นระบบอัจฉริยะ
3. นำเห็ดชนิดเดียวกัน อายุเท่ากัน ปริมาณเท่ากัน เพาะเลี้ยงในโรงเรือนทั้ง 2 แห่ง โดยให้ปริมาณน้ำ ปริมาณปุ๋ย และอื่นๆ เหมือนกัน
   โรงเรือนที่ 1 ให้สิ่งประดิษฐ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศ อัตโนมัติ
   โรงเรือนที่ 2 ให้เกษตรกรควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศ ด้วยตนเอง
4. เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว จะสุ่มเห็ดจำนวน 30 ต้น ชั่งน้ำหนัก และวัดเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด(ดอกเห็ด) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล ดังตารางที่ 2.3
5. วิเคราะห์ผล และสรุปผล โดยเปรียบเทียบค่าต่างๆ ระหว่าง 2 โรงเรือน

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองใช้จริง วิธีที่ 1

ชนิดโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก/ต้น (กรัม)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด (เซนติเมตร)
ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์	68.56*	11.50*
ไม่ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์	45.35*	10.87*

(* ตัวเลขในตาราง เป็นข้อมูลสมมติ)

ตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผล

เมื่อวิเคราะห์ตาราง 2.3 เห็ดหลินจือจากโรงเรือนที่ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้น 68.56 กรัม และค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด 11.50 เซนติเมตร สูงกว่าเห็ดหลินจือจากโรงเรือนไม่ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้น 45.35 กรัม และค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด 10.87 เซนติเมตร สรุปว่าการใช้สิ่งประดิษฐ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือน จะส่งผลให้เห็ดหลินจือมีคุณภาพสูงขึ้น

วิธีที่ 2

1. สร้างโรงเรือน 1 แห่ง เตรียมสิ่งต่างๆ ให้พร้อมสำหรับการปลูกเห็ด
2. นำสิ่งประดิษฐ์ติดตั้งในโรงเรือน และให้ทำงานเป็นระบบอัจฉริยะ
3. ปลูกเห็ดหลินจือในโรงเรือน โดยให้ปริมาณน้ำ ปุ๋ย และอื่นๆ ตามเกณฑ์ทั่วไป
4. เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว สุ่ม 30 ต้น ชั่งน้ำหนักต้นเห็ด และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางหมวกเห็ด หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล ดังตารางที่ 2.4
5. วิเคราะห์ผลและสรุปผล โดยเปรียบเทียบค่าต่างๆ กับค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 2.4 ผลการทดลองใช้จริง วิธีที่ 2

ชนิดโรงเรือน	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก/ต้น (กรัม)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด (เซนติเมตร)
ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์	68.56*	11.50*
	ค่ามาตรฐาน =30-70 กรัม^2	ค่ามาตรฐาน = 10-12 เซนติเมตร^2

(* ตัวเลขในตาราง เป็นข้อมูลสมมติ)

ตัวอย่างการวิเคราะห์และสรุปผล

เมื่อวิเคราะห์ตาราง 2.4 เห็ดหลินจือจากโรงเรือนที่ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อต้น 68.56 กรัม ซึ่งจัดว่าเป็นค่าเฉลี่ยระดับสูง (ค่ามาตรฐานระหว่าง 30 - 70 กรัม) และมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางหมวกเห็ด 11.50 เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นค่าเฉลี่ยระดับสูง เช่นกัน (ค่ามาตรฐานระหว่าง 10 - 12 เซนติเมตร สรุปว่าการใช้สิ่งประดิษฐ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือน จะส่งผลให้เห็ดหลินจือมีคุณภาพในระดับสูง

3.7 ใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง และใช้งบประมาณเท่าใด

เมื่อผ่านขั้นที่ 3.1 - 3.6 ผู้เรียนจะทราบว่า การออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ ต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง อุปกรณ์แต่ละอย่างจัดหาได้อย่างไรหรือที่ใด ค่าใช้จ่ายทั้งหมดโดยประมาณเท่าใด

3.8 ใช้สถานที่ใด และใช้ระยะเวลานานเท่าใด

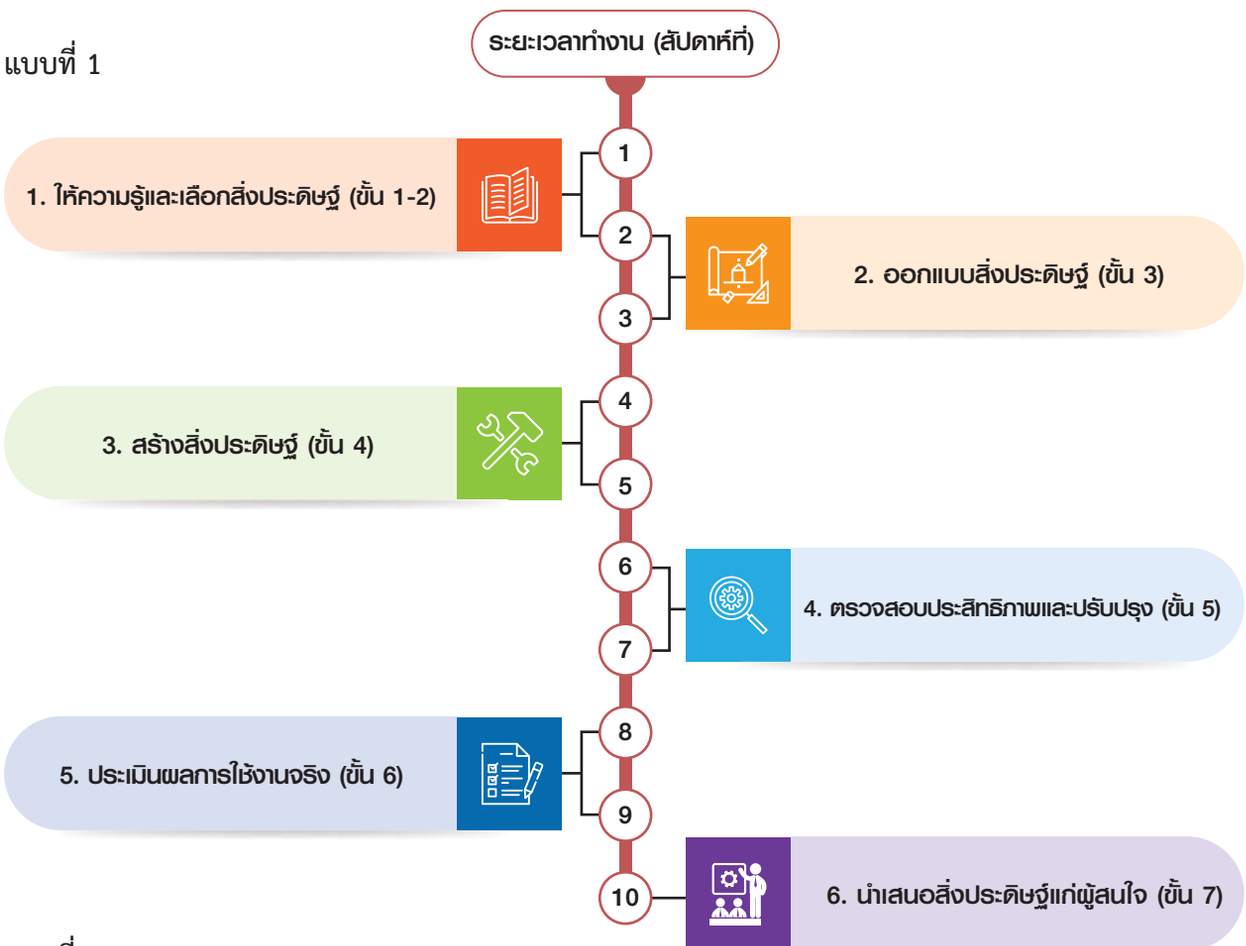
ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่รวมถึงเครื่องมือต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนใช้สร้างและทดสอบสิ่งประดิษฐ์ โดยเฉพาะสิ่งประดิษฐ์ขนาดค่อนข้างใหญ่ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จำนวนมาก หรือขณะสร้างมีเสียงดัง หรือต้องการความเป็นส่วนตัว

สถานที่ทดสอบใช้งานจริง เป็นอีกสถานที่หนึ่งที่ผู้สอนต้องประสานเจ้าของสถานที่หรือผู้ร่วมทดสอบล่วงหน้าให้รับทราบรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

3.9 มีแผนการทำงานอย่างไร

ผู้สอนแนะนำผู้เรียนวิเคราะห์วิธีการและขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ตั้งแต่เริ่มจนแล้วเสร็จ แล้วประมาณระยะเวลาที่จะต้องใช้ทั้งหมด ซึ่งควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลด้วย เช่น จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน และภาระการเรียนเป็นต้น จากนั้นให้ผู้เรียนวางแผนการทำงาน และจัดทำแผนการทำงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังตัวอย่าง

แบบที่ 1



แบบที่ 2

งาน/กิจกรรม	ระยะเวลาทำงาน (สัปดาห์ที่)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ให้ความรู้และเลือกสิ่งประดิษฐ์ (ขั้น 1 - 2)	X	X								
2. ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ (ขั้น 3)		X	X							
3. สร้างสิ่งประดิษฐ์ (ขั้น 4)				X	X					
4. ตรวจสอบประสิทธิภาพและปรับปรุง (ขั้น 5)						X	X			
5. ประเมินผลการใช้งานจริง (ขั้น 6)								X	X	
6. นำเสนอสิ่งประดิษฐ์แก่ผู้สนใจ (ขั้น 7)										X

ขั้น 4 ประเมินโอกาสสำเร็จ

ผู้สอนให้ผู้เรียนประเมินว่า ถ้านำสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบไปสร้างจริง พร้อมตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานและประเมินผลใช้งานจริงตามแผนการทำงาน จะมีโอกาสประสบความสำเร็จเพียงใด หากไม่มั่นใจ ให้ย้อนไปปฏิบัติขั้นตอนก่อนหน้า จนกว่าจะมีความมั่นใจมากที่สุด

การเขียนโครงงานการพัฒนานวัตกรรม

เมื่อดำเนินการขั้นที่ 1 - 4 แล้ว ผู้เรียนจะมีข้อมูลและเข้าใจวิธีการทำงานตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้น แต่อาจสับสนหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนบางเรื่อง จึงควรให้ผู้เรียนฝึกเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม เพื่อเพิ่มความเข้าใจกระบวนพัฒนานวัตกรรมให้ชัดเจนมากขึ้น แต่ทั้งนี้ผู้สอนต้องยอมรับว่าเป็นงานที่ค่อนข้างยากและไม่น่าสนใจสำหรับผู้เรียนในวัยเด็กและเยาวชน ซึ่งมีความสามารถด้านการเขียนไม่มาก ผู้สอนจึงไม่ควรเน้นคุณภาพและสำนวนการเขียนเทียบเท่าผู้ใหญ่

สำหรับวิธีการเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรมนั้น มีรูปแบบและวิธีการเขียนคล้ายข้อเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์ แต่มีบางขั้นตอนและวิธีการเพิ่มเข้ามา รายละเอียดให้ผู้สอนศึกษาวิธีการเขียนข้อเสนอโครงงาน ในบทที่ 3

ช่วงที่ 3 สร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ

ขั้น 5 สร้างสิ่งประดิษฐ์ ตรวจสอบการทำงาน และปรับปรุง ก่อนนำไปใช้งานจริง

ผู้เรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยผู้สอนเป็นที่ปรึกษาช่วยเหลือ ประการสำคัญผู้สอนต้องกำชับให้ผู้เรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามที่ออกแบบไว้ เพราะผ่านการตรวจสอบมาแล้ว แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลง ควรผ่านการตรวจสอบและเห็นชอบจากผู้ร่วมงานและผู้สอน รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญเสียก่อน

สำหรับงานบางอย่างที่อาจไม่ปลอดภัย เช่น งานเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูง หรืองานที่ต้องอาศัยทักษะและความชำนาญเฉพาะด้าน ผู้สอนอาจขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ประกอบอาชีพมาสอนผู้เรียนหรือทำให้ถ้ามีความจำเป็นมาก โดยผู้เรียนร่วมสังเกตและเป็นลูกมือ แต่ไม่ควรให้ผู้อื่นสร้างสิ่งประดิษฐ์ให้ทั้งหมด เพราะผู้เรียนจะพลาดโอกาสเรียนรู้และฝึกฝนทักษะปฏิบัติ ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งของการเป็นนวัตกร

เมื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์เสร็จแล้ว ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ตามที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3.5

ช่วงที่ 4 ทดสอบใช้งานจริง

ช่วงนี้ประกอบด้วยขั้นที่ 6 – 7 รายละเอียดการปฏิบัติแต่ละขั้น มีดังนี้

ขั้นที่ 6 นำสิ่งประดิษฐ์ไปทดลองใช้งานจริงและประเมินผล

ผู้เรียนนำสิ่งประดิษฐ์ ไปทดสอบใช้งานในสถานการณ์จริงกับผู้ใช้ตัวจริงด้วยวิธีการตามที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3.6 พร้อมวัดและประเมินประโยชน์ หรือมูลค่าที่ผู้ใช้ได้รับ

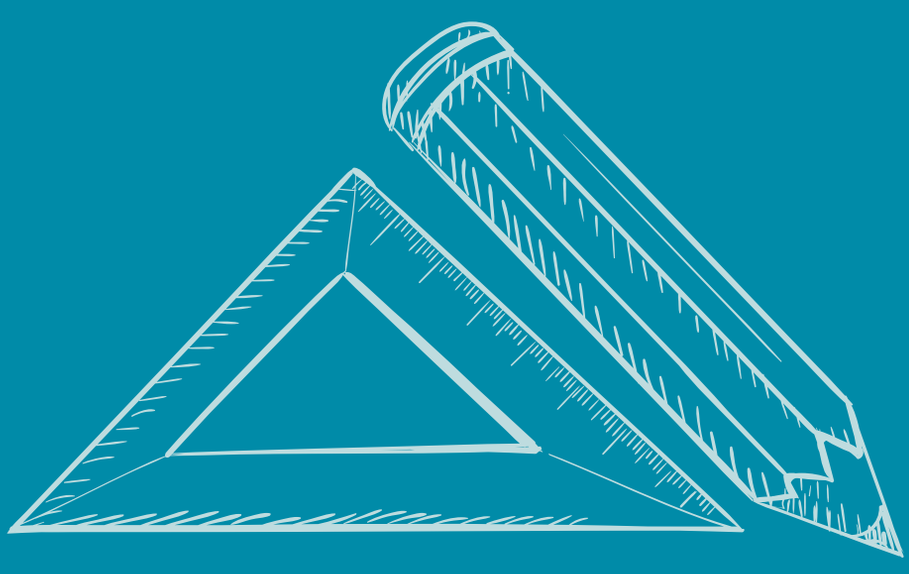
การเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม

ผู้สอนควรแนะนำให้ผู้เรียนเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรมและนำออกเผยแพร่ แต่ผู้สอนต้องยอมรับว่าอาจเป็นงานที่ค่อนข้างยากและไม่น่าสนใจสำหรับผู้เรียนในวัยเด็กและเยาวชน ซึ่งมีความสามารถด้านการเขียนไม่มาก ดังนั้นผู้สอนจึงไม่ควรเน้นคุณภาพและสำนวนการเขียนเทียบเท่าผู้ใหญ่

รายละเอียดและวิธีการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม อยู่ในบทที่ 3

ขั้นที่ 7 เผยแพร่นวัตกรรม

ผู้สอนควรสนับสนุนให้ผู้เรียน นำสิ่งประดิษฐ์สุดท้ายที่ผ่านกระบวนการทั้งหมด ไปนำเสนอและเผยแพร่ในโอกาสต่างๆ ตามความเหมาะสม เช่น แสดงนิทรรศการ การส่งประกวด การเขียนเป็นบทความวิชาการ เป็นต้น ซึ่งนอกจะเกิดความภาคภูมิใจกับผู้เรียนแล้ว ยังเกิดความอยากสร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ขึ้นอีก รวมทั้งเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรและอาชีพนวัตกรในอนาคต เป็นรากฐานสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมของประเทศไทย



บทที่ 3

การเขียนข้อเสนอโครงงาน และการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม

การเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม มีรูปแบบการเขียนคล้ายกัน ต่างกันเพียงข้อเสนอโครงงานให้รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์ที่จะทำ ซึ่งได้ศึกษาและวางแผนไว้แล้ว ส่วนรายงานการพัฒนานวัตกรรมให้รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์ที่ทำเสร็จแล้ว

ผู้เรียนจะได้รับประโยชน์จากการฝึกเขียนในด้านการพัฒนาทักษะการเขียนทางวิชาการ รวมทั้งเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ผู้สอนอาจเลือกใช้รูปแบบและวิธีเขียนตามที่ผู้สอนเห็นว่าเหมาะสมกับผู้เรียน โดยไม่จำเป็นต้องใช้รูปแบบและวิธีการเขียนในบทที่ 3 นี้ หรืออาจนำไปดัดแปลง

ต่อไปนี้ จะแนะนำหลักการและวิธีการเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม เพื่อให้ผู้สอนใช้เป็นแนวทางแนะนำและฝึกฝนผู้เรียน

1. หลักการเขียน

การเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม มีหลักการเหมือนกัน ดังนี้

1.1 ความสมบูรณ์ครบถ้วน

ข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และรายงานการพัฒนานวัตกรรม ต้องมีรายละเอียดเกี่ยวกับนวัตกรรมครบถ้วน กรณีข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรมต้องให้ผู้อ่านทราบรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง ส่วนรายงานการพัฒนานวัตกรรมต้องให้ผู้อ่านทราบรายละเอียดเกี่ยวของสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างเสร็จแล้ว และมากพอที่จะสร้างเลียนแบบหรือพัฒนาต่อยอด

ข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และรายงานการพัฒนานวัตกรรมที่เขียน ควรตอบคำถามต่อไปนี้ได้ครบถ้วน

1. สิ่งประดิษฐ์คืออะไร สร้างขึ้นโดยใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่สำคัญชนิดใด
2. สิ่งประดิษฐ์สร้างเพื่อแก้ปัญหาอะไร และก่อให้เกิดประโยชน์และมูลค่าอย่างไร
3. สิ่งประดิษฐ์ที่สร้างแตกต่างจากที่มีอยู่แล้วอย่างไร
4. การสร้างสิ่งประดิษฐ์ต้องใช้งบประมาณเท่าใด และใช้ระยะเวลานานเท่าใด
5. การสร้างสิ่งประดิษฐ์ต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอะไรบ้าง และควรคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง
6. สิ่งประดิษฐ์ทำงานอย่างไร
7. มีวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ก่อนนำไปใช้จริงอย่างไร (สำหรับการเขียนข้อเสนอโครงการพัฒนานวัตกรรม) หรือมีวิธีการ และผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ก่อนนำไปใช้จริงอย่างไร (สำหรับการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม)
8. มีวิธีทดสอบการใช้จริงอย่างไร (สำหรับการเขียนข้อเสนอโครงการพัฒนานวัตกรรม) หรือมีวิธีการและผลทดสอบการใช้จริงอย่างไร (สำหรับการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม)

1.2 เนื้อหาตรงประเด็น

การเขียนรายละเอียดเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ ต้องเน้นสาระเฉพาะเนื้อหาหัวข้อนั้น ยกตัวอย่าง การเขียนหัวข้อวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ต้องเขียนบรรยายรายละเอียดวิธีการที่ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานเท่านั้น

1.3 มีข้อความหลัก

แต่ละย่อหน้าควรมีข้อความหรือใจสำคัญ (Main Idea) ไว้ที่เริ่มต้นบรรทัดแรก จากนั้นขยายหรือให้รายละเอียดใจความสำคัญนั้นตลอดทั้งย่อหน้า แต่ต้องเป็นเรื่องเดียวกันหรือประเด็นเดียวกัน

1.4 สำนวนภาษาและคำเชื่อม

ใช้ประโยคบอกเล่าที่สื่อใจความสำคัญชัดเจน ถ้าเขียนเรื่องใดไปแล้วไม่ควรวนมาเขียนซ้ำ หลีกเลี่ยงสำนวน/วลีที่เป็นภาษาพูด เช่น “ผม ดิฉัน แบบว่า ก็ คือ ฯลฯ” และใช้คำเชื่อมต่างๆ เพื่อให้เนื้อหาเชื่อมโยงกัน กลมกลืน สละสลวย

ตัวอย่างคำเชื่อม

เนื่องจาก เพราะฉะนั้น ด้วยเหตุนี้ ในทำนองเดียวกัน ทำนองเดียวกัน อีกประการหนึ่ง ยิ่งไปกว่านี้ แม้กระนั้น ถึงแม้กระนั้น ถึงแม้เช่นนั้น ถึงอย่างนั้น ถึงอย่างไรก็ดี ถ้าเช่นนั้น ถ้าเช่นไร ต่อมา ตอนแรก ต่อจากนั้น ในที่สุด ประการแรก ประการต่อมา ประการสุดท้าย

กระทั่ง จนกระทั่ง แต่ว่า โดยเฉพาะ นอกจากนั้น ตลอดจน ถึงกระนั้นก็ดี เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตลอดจน ในที่สุด เป็นต้นว่า พร้อมกันนั้น อย่างไรก็ดี นั่นคือ ต่อไปนี้ ในกรณีเช่นนี้ โดยทั่วไปแล้ว ไม่เช่นนั้น นอกจากนั้น อาจกล่าวได้ว่า เท่าที่กล่าวมา เป็นที่น่าสังเกตว่า พึงสังเกตว่า ในขณะเดียวกัน อาทิ อาทิเช่น เท่าที่ได้กล่าวมานั้น อันที่จริง ก่อนหน้าที่ ทั้งๆ ที่ เพื่อที่

ตั้งแต่ครั้งนี้ ถ้าหากว่า ถ้าเผื่อว่า ไม่ว่าจะ แต่ทว่า ถึงกับ แม้แต่ ด้วยเหตุที่ ขณะที่ รวมทั้ง ถึงแม้นว่า ถึงมาตรว่า กระทั่ง จนกระทั่ง แต่ว่า โดยเฉพาะ นอกจากนั้น ตลอดจน ถึงกระนั้นก็ดี ราวกับ ประดุจ ครั้งแล้ว เช่นเดียวกัน ดูเหมือนจะ ทันใดนั้นเอง

1.5 การแบ่งเป็นข้อย่อย

ถ้าหัวข้อใดมีเนื้อหาจำนวนมาก ควรแบ่งเนื้อหาหัวข้อนั้นเป็นข้อย่อย เพื่อให้ผู้อ่านทำความเข้าใจได้ง่าย ไม่สับสน โดยจะแบ่งเป็นกี่ข้อย่อย ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้เขียน

1.6 ความเชื่อมโยง

เนื้อหาทุกหัวข้อ จะต้องเชื่อมโยงสนับสนุนกันในลักษณะความเป็นเหตุเป็นผล เป็นภาพรวมเรื่องเดียวกัน เมื่ออ่านทั้งหมดจะได้ข้อสรุปว่าสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างคืออะไร สร้างเพื่อแก้ปัญหาอะไร ก่อให้เกิดประโยชน์หรือมีมูลค่าอย่างไร มีวิธีการออกแบบและสร้างอย่างไร มีประสิทธิภาพการทำงานเพียงใด และเมื่อนำไปใช้จริงสามารถแก้ไขปัญหาได้ดีเพียงใด

1.7 จำนวนหน้าไม่มากเกินไป

เนื่องจากต้องการให้เนื้อหากระชับ ตรงประเด็น รายละเอียดครบถ้วน และเพียงพอแก่ผู้อ่านจะทำความเข้าใจเลียนแบบ หรือพัฒนาต่อยอด ดังนั้นจำนวนหน้าจึงไม่ควรมากกว่า 15 หน้า

1.8 ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์

ถ้าจำเป็นต้องคัดลอกข้อมูลหรือข้อความของผู้อื่น มาไว้ในรายงานการเขียนของเราเพื่อสนับสนุนและสร้างความเชื่อถือ ต้องระบุหรืออ้างอิงชื่อเจ้าของข้อความนั้นไว้ด้วย มิฉะนั้นจะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ เนื่องจากทำให้ผู้อ่านเข้าใจว่าข้อความนั้นเป็นของเรา

1.9 ศึกษาและขอคำแนะนำ

การศึกษาสำนวนและวิธีการเขียนจากเอกสารวิชาการต่างๆ รวมถึงการนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้ที่มีประสบการณ์อ่านและให้คำแนะนำ จะช่วยให้เห็นสิ่งบกพร่องและช่วยพัฒนาคุณภาพการเขียนให้ดียิ่งขึ้นอีกทางหนึ่ง

2. การเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม

ข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม จะนำเสนอรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง การเขียนข้อเสนอจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้นได้ชัดเจนและตรงกัน ลดความขัดแย้งการทำงานร่วมกัน พัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม และนำไปสู่การจัดสรรงานที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน

เนื่องจากการพัฒนานวัตกรรมแต่ละครั้ง ใช้ความรู้ ความคิด งบประมาณ และระยะเวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นก่อนดำเนินการจึงต้องหาข้อมูลวางแผนเตรียมการให้รอบคอบ และต้องผ่านการประเมินจนมั่นใจว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จสูง ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้รายละเอียดในข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม ประกอบการประเมินเพื่อตัดสินใจอนุมัติหรือไม่อนุมัติให้ดำเนินการ

รูปแบบการเขียนข้อเสนอโครงการพัฒนานวัตกรรมมีหลายรูปแบบ แต่ทว่าทุกรูปแบบควรมีรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้างครบถ้วน เช่น ความสำคัญ วัตถุประสงค์ วิธีการออกแบบ วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ ระยะเวลาและงบประมาณที่คาดว่าจะใช้ วิธีการที่จะใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพและวิธีการประเมินผลใช้งานจริง เป็นต้น

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่าง รูปแบบการเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งผู้สอนนำไปใช้ทั้งหมด นำไปใช้บางส่วน หรือนำไปดัดแปลง ได้ตามความเหมาะสม

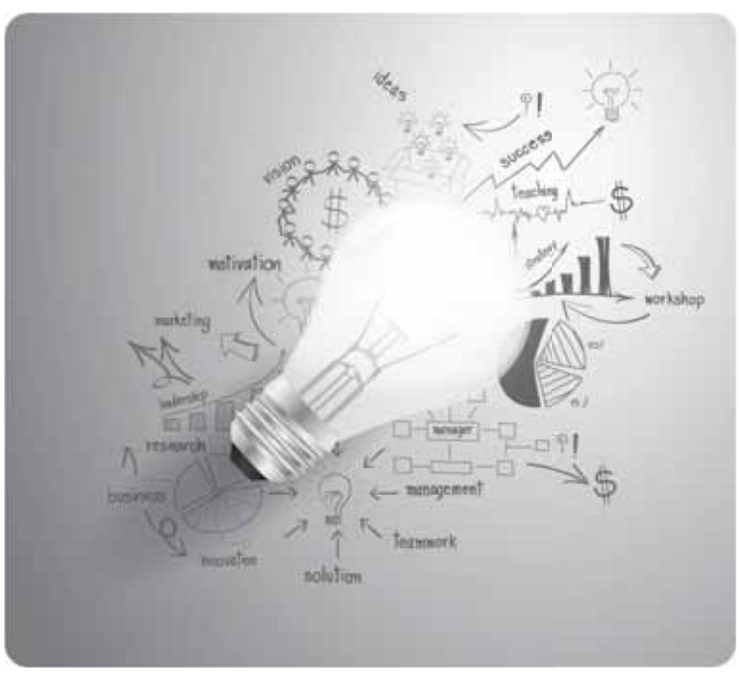
(ตัวอย่าง รูปแบบการเขียนข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม)

ชื่อโครงงาน
ชื่อคณะผู้จัดทำ
ชื่อที่ปรึกษา
1. ความสำคัญและเป็นมา
2. วัตถุประสงค์
3. ข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้อง
    3.1 ข้อมูลของสิ่งประดิษฐ์ที่คล้ายกัน (ที่มีมาก่อนแล้ว)
    3.2 ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    3.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
4. วิธีดำเนินการ
5. รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง
    5.1 อุปกรณ์และงบประมาณ
    5.2 โครงสร้างและส่วนประกอบ
    5.3 การทำงาน

6. วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพ ก่อนใช้จริง
7. วิธีการประเมินผล การใช้จริง
8. แผนการทำงาน
9. ประโยชน์ที่จะได้รับ
10. เอกสารอ้างอิง

ศึกษาตัวอย่าง การเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม ในภาคผนวก 1

3. การเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม



การเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม มีรูปแบบการเขียนคล้ายการเขียนข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม เพียงแต่มีข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างเสร็จแล้ว รวมทั้งมีผลการตรวจสอบประสิทธิภาพ และผลการทดลองใช้จริง

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่าง รูปแบบการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งผู้สอนนำไปใช้ทั้งหมด นำไปใช้บางส่วน หรือนำไปดัดแปลง ได้ตามความเหมาะสม

(ตัวอย่าง) รูปแบบการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรม

ชื่อโครงงาน

ชื่อคณะผู้จัดทำ

ชื่อที่ปรึกษา

1. ความสำคัญและเป็นมา
2. วัตถุประสงค์
3. ข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้อง
    - 3.1 ข้อมูลของสิ่งประดิษฐ์ที่คล้ายกัน (ที่มีมาก่อนแล้ว)
    - 3.2 ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    - 3.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
4. วิธีดำเนินการ
5. รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์
    - 5.1 อุปกรณ์และงบประมาณ
    - 5.2 โครงสร้างและส่วนประกอบ
    - 5.3 การทำงาน
6. วิธีการและผลตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ก่อนใช้จริง
7. วิธีการและผลประเมิน การใช้จริง
8. สรุปผลการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์
9. ประโยชน์ที่ได้รับ
10. เอกสารอ้างอิง

ศึกษาตัวอย่างการเขียนรายงานการพัฒนานวัตกรรมของโรงเรียนในภาคผนวกที่ 2 ผนวก 3 และผนวก 4

4. คำแนะนำสำหรับผู้สอน

1. ควรให้ผู้เรียนทุกคน ได้เรียนรู้และฝึกเขียน ข้อเสนอโครงงานการพัฒนานวัตกรรม และรายงานการพัฒนานวัตกรรม เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการพัฒนานวัตกรรมชัดเจนมากขึ้น รวมทั้งพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและการเขียนให้ดียิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ก่อนการฝึกผู้สอนควรชี้ให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ที่จะได้รับ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการฝึกการเขียน

2. ผู้สอนอาจใช้ฟอร์มการเขียนแตกต่างจากตัวอย่างที่กล่าวมา และไม่จำเป็นต้องมีหัวข้อการเขียนเหมือนตัวอย่างทุกหัวข้อ อาจลดจำนวนหัวข้อให้เหลือเฉพาะหัวข้อสำคัญ ที่เหมาะสมกับศักยภาพผู้เรียน

3. ผู้สอนไม่จำเป็นต้องเคร่งครัดสำนวนการเขียนของผู้เรียนให้มาก และไม่ควรหวังคุณภาพการเขียนให้เทียบเท่าผู้ใหญ่หรือนักวิชาการ เพราะผู้เรียนยังเป็นเด็กและเยาวชน ยังมีประสบการณ์การเขียนไม่มาก

4. ควรนำตัวอย่างการเขียนที่มีคุณภาพดีและเป็นเรื่องคล้ายกันมาใช้เป็นต้นแบบ ให้ผู้เรียนศึกษาและเลียนแบบ

5. สำหรับผู้เรียนที่อายุน้อยหรือไม่เคยเขียนมาก่อนเลย ผู้สอนควรช่วยเหลือแนะนำค่อนข้างมาก ไม่ควรปล่อยให้ทำเอง และไม่ควรตำหนิและกดดัน เพราะจะทำให้เกิดทัศนคติลบ

บรรณานุกรม

ราชบัณฑิตยสภา. (2554). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสภา พ.ศ. 2554. สืบค้นจาก http://www.royin.go.th/dictionary/. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2562.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์กรมหาชน). (ม.ป.ป.). สืบค้นจาก http://www.most.go.th/main/th/org/1511-nia.html. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2562.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ม.ป.ป.). การเพาะเห็ดหลินจือ. สืบค้นจาก http://irrigation.rid.go.th/rid1/HongKhrai/linjuee.htm. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ความชื้นสัมพัทธ์. สืบค้นจาก https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562.

สะเต็มศึกษาประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2014). รู้จักสะเต็มศึกษา. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/?page_id=23. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562.

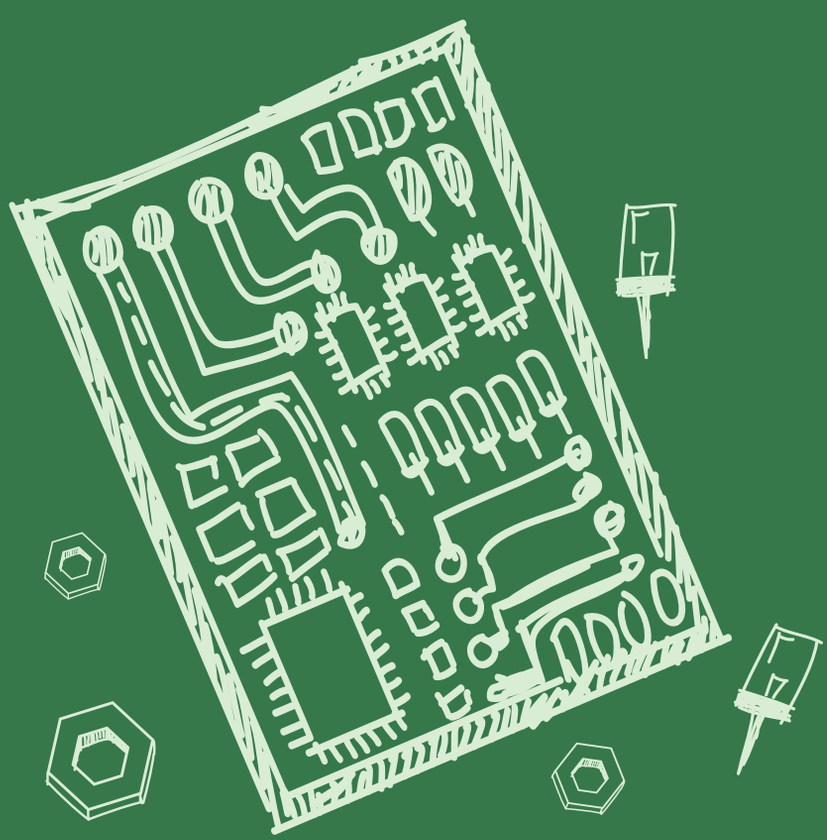
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก (GLOBE) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (ม.ป.ป.). การตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ. สืบค้นจาก http://globethailand.ipst.ac.th/?page_id=4075. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562.

Tony Wagner. คู่มือสร้างนวัตกรรมเปลี่ยนโลก [Creating Innovators, The making of young people who will change the world] (ดลพร รุจิวงศ์, ผู้แปลและเรียบเรียง). กรุงเทพฯ: บุคสเคป.

ชินาพัฒน์ สกุลราศรีสวย และคณะฯ. (2018). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ด กรณีศึกษา ฟาร์มบ้านเนินสะอาด Volume 8, NO 2 (Jul-Dec). JIST Journal of Information Science and Technology, 46-55.

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์. (2018). ระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ตามค่าความชื้นในดิน . JIST Journal of Information Science and Technology Volume 8, NO2 (Jul - Dec), 65-73.

National Research Council, 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.



ภาคผนวก 1

ตัวอย่างการเขียนข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม

ตัวอย่างการเขียนข้อเสนอโครงงานพัฒนานวัตกรรม

1.ความสำคัญและความเป็นมา

เห็ดหลินจือมีชื่อเดิมในประเทศจีนว่า หญ้านางฟ้า นิยมใช้เป็นสมุนไพรบรรเทาโรคทางสมอง หัวใจ ทางเดินหายใจ หลอดลม กระเพาะ ลำไส้ และหืดหอบ มีธาตุอาหารที่สำคัญต่อมนุษย์และหายากชนิดหนึ่ง คือ Germanium (GE) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเร่งเมตตาโบลิซึมของร่างกาย ทำให้แก่ช้าลง และยังมี Polysaccharide บางชนิดซึ่งช่วยเสริมสร้างความต้านทานโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคมะเร็ง จึงเป็นที่ต้องการของตลาดเพื่อสุขภาพและอุตสาหกรรมยามาก [1] การปลูกเห็ดหลินจือให้มีคุณภาพดีและผลผลิตสูงนั้น ต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และปริมาณธาตุอาหารให้เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความชื้นอากาศ

ระบบอัจฉริยะหรือระบบสมาร์ต (Smart System) ซึ่งใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded System) ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent; AI) และ Internet of Thing (IoT) เป็นระบบที่ทำงานโดยอัตโนมัติและถูกต้องแม่นยำ ปัจจุบันนำระบบสมาร์ตไปประยุกต์ใช้หลายด้าน รวมถึงด้านการเกษตร เพื่อช่วยลดต้นทุน และคุณภาพผลผลิตให้สูงขึ้น

โครงงานนี้จะพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ที่มีลักษณะเป็นระบบอัจฉริยะโดยใช้ KidBright เป็นระบบขนาดเล็ก ราคาต่ำ มีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ ให้อยู่ในช่วงเหมาะสมได้อัตโนมัติ ด้วยคาดหวังว่าจะได้ผลผลิตเห็ดหลินจือที่มีคุณภาพสูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ

2.2 ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน และประเมินผลการใช้จริง

3. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

สถานที่สร้างและทดสอบประสิทธิภาพ คือ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สถานที่นำสิ่งประดิษฐ์ทดลองใช้จริง คือ โรงเรือนเห็ดหลินจือ ของนาย.....ระยะเวลาดำเนินการ 6 สัปดาห์

4. ข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

4.1 ข้อมูลของสิ่งประดิษฐ์ที่คล้ายกัน (ที่มีมาก่อน)

ชินาพัฒน์ สกุลราศีสวย และคณะ ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเห็ด ระหว่างโรงเรือนที่ติดตั้งระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ด้วยอุปกรณ์ที่สร้างจากบอร์ด Raspberry Pi กับโรงเรือนที่ไม่มีระบบควบคุม พบว่าในระยะทดลอง 5 วัน โรงเรือนที่ติดตั้งระบบควบคุมมีอุณหภูมิที่ 30.40°C และความชื้นที่ 86.37% เห็ดออกดอกค่อนข้างดี ขณะที่โรงเรือนที่ไม่ติดตั้งระบบควบคุม มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 32.28°C และความชื้นอยู่ที่ 75.09% เห็ดไม่ออกดอก [2]

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์ สร้างระบบตรวจวัดและควบคุมให้น้ำพืชอัตโนมัติ ตามค่าความชื้นในดิน โดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ของอเมซอน ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถเก็บข้อมูล การรับส่งข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลบนหน้าจอ Dashboard ได้ถูกต้อง [3]

4.2 ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.2.1 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเติบโตของเห็ดหลินจือ

เห็ดหลินจือชอบธาตุอาหารตามธรรมชาติในไม้ผุ กรณีเพาะเลี้ยงในโรงเรือนจะใช้สูตรอาหารสภาพเป็นกรดเล็กน้อยระหว่าง 5.0 – 6.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโต 26°C – 30°C โดยเหมาะสมมากคือ 28°C ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศ[1] ที่เหมาะสม 85% – 95% ถ้าต่ำกว่า 85% ดอกเห็ดจะโตช้า และถ้าต่ำกว่า 60% จะไม่แตกดอกและอาจตาย เห็ดหลินจือต้องการออกซิเจนปริมาณมาก อากาศจึงควรถ่ายเทได้ตลอดเวลา ในระยะการเติบโตของเส้นใยจะไม่ต้องการแสง แต่ในระยะเติบโตของดอกเห็ดจะต้องการแสงในที่ร่มตามธรรมชาติ [1]

4.2.2 สภาพอากาศของประเทศไทย

ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาระบุว่า ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร อากาศจึงร้อนชื้นเกือบตลอดปี อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปี 27.5°C ช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิอากาศกลางวันและกลางคืนจะสูงกว่า 25°C เสมอ ช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศกลางวันและกลางคืนต่ำกว่า 25°C หรือสูงกว่า 25°C ในบางช่วงเวลา [4]

สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะแตกต่างกันในภาคต่างๆ ดังตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อสังเกตจะพบว่าตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงต่ำสุดในรอบปี

[1]ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity; RH) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น กับปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว นิยมบอกค่าเป็นร้อยละ

ตารางที่ 1 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทย

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ตลอดปี
เหนือ	73	62	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80	72
กลาง	71	69	79	73
ตะวันออก	71	74	81	76
ใต้ตะวันออก	81	77	78	79
ใต้ตะวันตก	77	76	84	80

(ที่มา; กรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย)

4.2.3 บอร์ดสมองกล KidBright

KidBright เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่ทำงานตามชุดคำสั่ง โดยผู้ใช้สามารถสร้างชุดคำสั่งที่ใช้งานง่าย เพียงใช้การลากบล็อกคำสั่งมาวางต่อกัน (Drag and Drop) ผ่านโปรแกรม KidBright IDE บนคอมพิวเตอร์ ช่วยลดความกังวลเรื่องการพิมพ์ชุดคำสั่งผิด ชุดคำสั่งที่ถูกสร้างดังกล่าวจะถูกส่งไปที่บอร์ด KidBright ให้ทำงานตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ เช่น รดน้ำต้นไม้ตามระดับความชื้นที่กำหนด หรือเปิด-ปิดไฟตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น

4.2.4 เซนเซอร์ (Sensor)

ตัวรับรู้ หรือ เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส เป็นต้น ปัจจุบันนำเซนเซอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับบอร์ดสมองกลอย่างหลากหลาย เซนเซอร์แบ่งหลายชนิดตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์วัดความเข้มแสง เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน เป็นต้น

4.2.5 อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of things; IoT)

Internet of things (IoT: Internet of Things) หรือ “อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง” หมายถึง การเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือการเปิด-ปิดเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

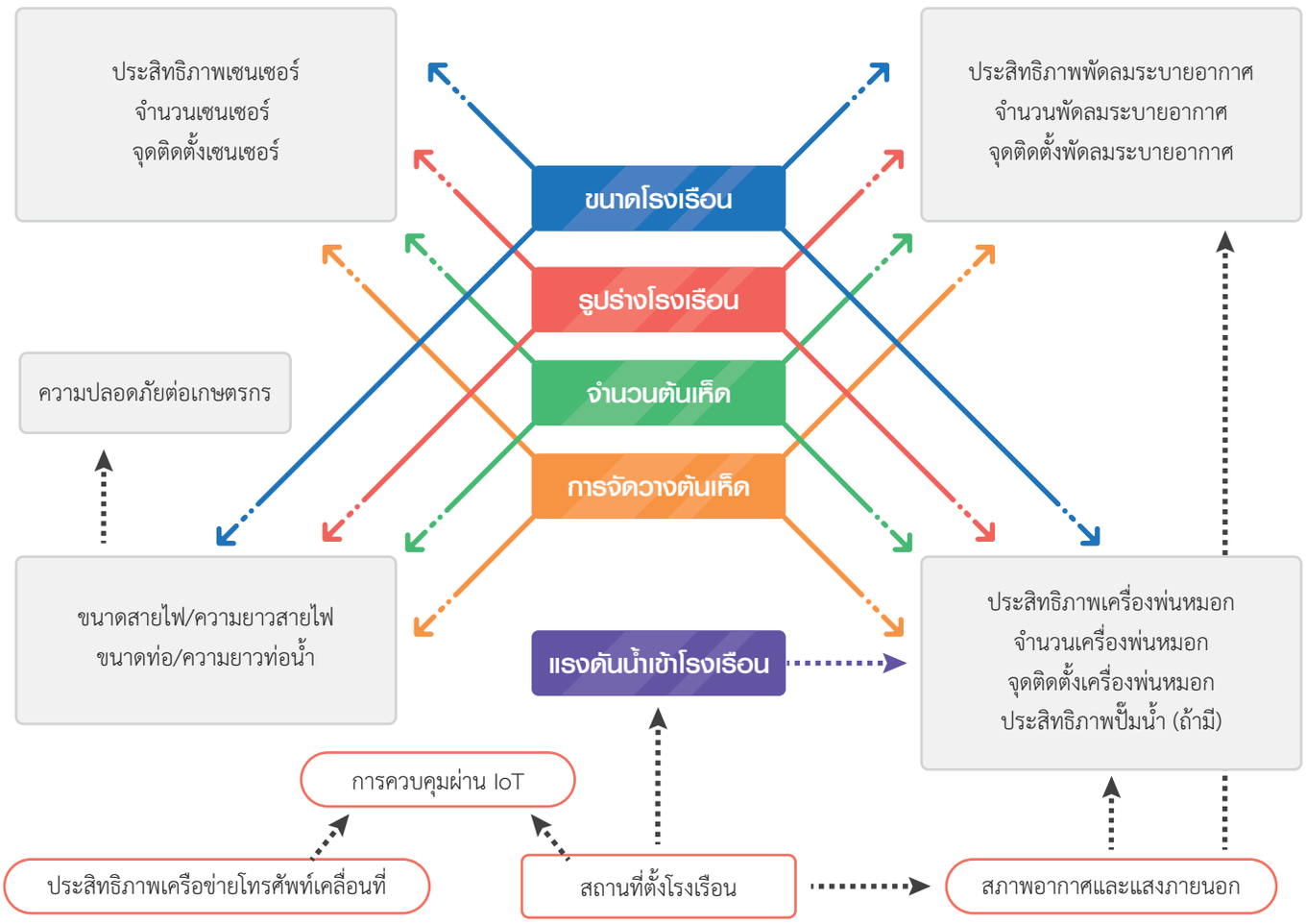
4.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ ประกอบด้วย ขนาดโรงเรือน รูปร่างโรงเรือน สถานที่ตั้งโรงเรือน สภาพอากาศบริเวณที่ตั้งโรงเรือน ลักษณะจัดวางต้นเห็ด จำนวนต้นเห็ด เสถียรภาพของระบบน้ำและไฟฟ้า ประสิทธิภาพเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

จำนวนเซนเซอร์ จุดติดตั้งเซนเซอร์ ประสิทธิภาพของเซนเซอร์ จำนวนเครื่องพ่นหมอก จุดติดตั้งเครื่องพ่นหมอก ประสิทธิภาพของเครื่องพ่นหมอก แรงดันน้ำเข้าโรงเรือน ขนาดท่อน้ำ ความยาวท่อน้ำ ประสิทธิภาพปั๊มน้ำ (ถ้ามี) จำนวนพัดลมระบายอากาศ จุดติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศ ขนาดสายไฟฟ้า ความยาวสายไฟฟ้า ระบบความปลอดภัยต่อเกษตรกร

เมื่อนำปัจจัยทั้งหมด มาเขียนแผนผังเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยเชิงเหตุผล จะได้ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ
(กรณีสร้างโรงเรือนไว้แล้ว และภายในปลูกเห็ดหลินจือไว้ก่อนแล้ว)



(เมื่อปัจจัยหางลูกศรเปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้ ปัจจัยหัวลูกศรเปลี่ยนแปลงตาม)

5. วิธีดำเนินการ

1. ศึกษารวบรวมความรู้และข้อมูล เพื่อใช้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์

1.1 ความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับเห็ดหลินจือ โดยเน้นความรู้ช่วงอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนที่เหมาะสมกับการเติบโตของเห็ดหลินจือ

1.2 ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ประกอบเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศในโรงเรือนเห็ดหลินจือ เช่น KidBright IoT การเขียนโปรแกรม เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น เครื่องพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศและรีเลย์

1.3 ข้อมูลจากการสำรวจโรงเรือนปลูกเห็ดหลินจือที่จะนำสิ่งประดิษฐ์ไปทดลอง ซึ่งได้ประสานกับเกษตรเจ้าของโรงเรือนไว้แล้ว เช่น ขนาดและรูปร่างโรงเรือน จำนวนเห็ดและการจัดวางเห็ดหลินจือ บริเวณที่ตั้งโรงเรือน สภาวะแวดล้อมรอบโรงเรือน เพื่อนำมากำหนดคุณสมบัติ/จุดติดตั้ง/และจำนวนอุปกรณ์ให้เหมาะสม เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและวัดความชื้น พัดลมระบายอากาศ เครื่องพ่นหมอก KidBright จอ LCD รวมทั้งสิ่งอื่นๆ

2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศ โดยใช้บอร์ดสมองกล KidBright ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 พร้อมเขียนโปรแกรมควบคุม และปรับปรุงจนทำงานประสานกันเป็นระบบอัจฉริยะหรือระบบสมาร์ต (Smart System)

3. นำอุปกรณ์ไปติดตั้งในโรงเรือนเห็ดหลินจือของเกษตร เป็นเวลา 3 วัน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำและถูกต้องในการวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ และตรวจสอบความสามารถการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอากาศให้เหมาะสมกับการเติบโตของเห็ดหลินจือ โดยจะระมัดระวังไม่สร้างความเสียหาย และรบกวนการทำงานของเกษตรกร

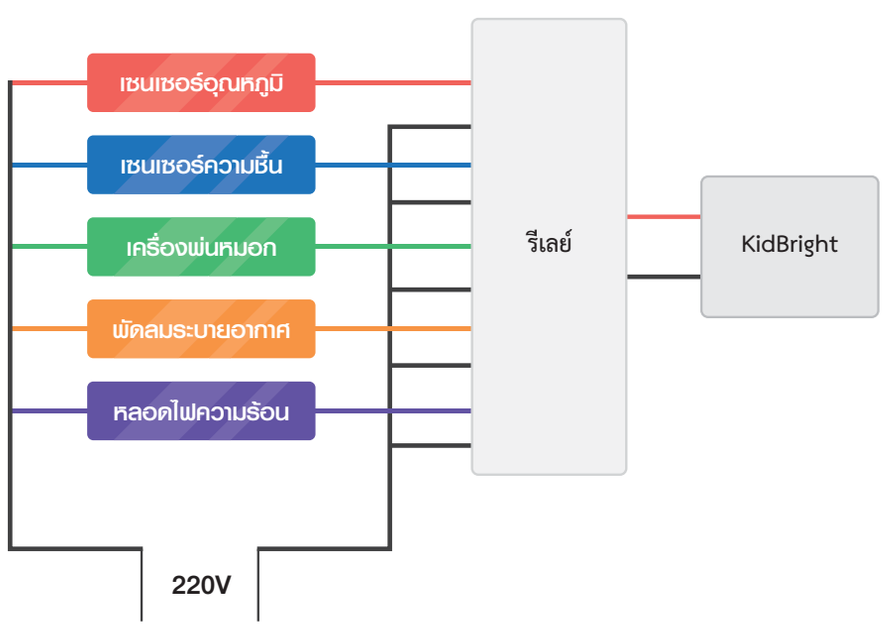
5. สรุปผลและประเมินผลการใช้งาน

6. รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์ที่จะสร้าง

6.1 อุปกรณ์และงบประมาณ

รายการ	จำนวน(หน่วย)	ราคา/หน่วย(บาท)	รวม(บาท)
1. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	1		
2 เซนเซอร์วัดความชื้น	1		
3. บอร์ดสมองกล KidBright	1		
4. เครื่องพ่นหมอก	1		
5. พัดลมระบายอากาศ	1		
6. หลอดไฟฟ้าให้ความร้อน	1		
7. จอ LCD	1		
8. อื่นๆ เช่น รีเลย์ อุปกรณ์ไฟฟ้า	-		
รวมงบประมาณทั้งสิ้น			

6.2 โครงสร้างและส่วนประกอบ



6.3 การทำงาน

สิ่งประดิษฐ์ที่จะออกแบบและสร้าง มีความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือน ให้อยู่ที่ 90±5% หรือระหว่าง 85% - 95% ได้อย่างอัตโนมัติ โดยแสดงข้อมูลทั้งที่จอ LCD และที่สมาร์ตโฟน

2. สามารถคุมอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ให้อยู่ที่ 28±2 องศาเซลเซียส หรือระหว่าง 26°C – 30°C ได้อย่างอัตโนมัติ โดยแสดงข้อมูลทั้งที่จอ LCD และสมาร์ตโฟน

3. ถ้าความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนมากกว่า 95% พัดลมระบายอากาศจะทำงาน จนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเท่ากับ 90% พัดลมระบายอากาศจึงหยุดทำงาน และถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 85% เครื่องพ่นหมอกจะทำงาน จนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 90% เครื่องพ่นหมอกจึงจะหยุดทำงาน โดยแสดงผลสถานะทำงานว่า “กำลังเพิ่มความชื้น”หรือ “กำลังลดความชื้น” ทั้งที่จอ LCD และสมาร์ตโฟน

4. ถ้าอุณหภูมิต่ำอากาศในโรงเรือนต่ำกว่า 26°C หลอดไฟจะสว่าง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากับ 28°C หลอดไฟจึงจะดับ และถ้าอุณหภูมิมากกว่า 30°C พัดลมระบายอากาศและเครื่องพ่นหมอกจะทำงาน เพื่อลดอุณหภูมิจนเท่ากับ 28°C พัดลมดูดอากาศและเครื่องพ่นหมอกจึงหยุดทำงาน โดยแสดงผลสถานะทำงานว่า “กำลังลดอุณหภูมิ” หรือ “กำลังเพิ่มอุณหภูมิ” ทั้งที่จอ LCD และสมาร์ตโฟน

7. วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพ และประเมินผลใช้จริง

1. ติดตั้งสิ่งประดิษฐ์ภายในโรงเรือนเห็ดหลินจือ โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องพ่นหมอก พัดลมระบายอากาศ หลอดไฟให้ความร้อน และอุปกรณ์อื่นๆ ตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้ ให้สิ่งประดิษฐ์ทำงานตามโปรแกรมเป็นระบบสมาร์ต (Smart System)

2. นำเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานซึ่งผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ไปวัดอุณหภูมิบริเวณเดียวกับตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และนำเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องไปวัดความชื้นอากาศบริเวณเดียวกับตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้น (ในการทดลองจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบดิจิทัล ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด)

3. อ่านค่าอุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน และค่าความชื้นจากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน นำไปเปรียบเทียบกับค่าแสดงที่จอ LCD และค่าแสดงที่สมาร์ตโฟน ต่างกันเพียงใด โดยให้ค่าจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานและเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน เป็นค่าอ้างอิง

4. ปรับการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ ให้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือน ที่แสดงที่จอ LCD และแสดงที่สมาร์ตโฟน เท่าหรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานและเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐานมากที่สุด โดยเฉพาะที่ค่าอุณหภูมิ 26°C 28°C และ 30°C และที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 85% 90% และ 95% และเมื่อปรับได้ดีที่สุดแล้ว ให้เลือกข้อมูล 3 รอบ บันทึกในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

5. การแปลผล จะนำค่าจากเครื่องวัดมาตรฐาน ค่าแสดงที่จอ LCD และค่าแสดงที่สมาร์ตโฟน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย คำนวณความคลาดเคลื่อน โดยให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐานเป็นค่าอ้างอิง ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ผลต่างระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเฉลี่ย}|}{\text{ค่าอ้างอิง}^2} \times 100$$

[2]ค่าอ้างอิง คือ ค่าเฉลี่ยของเครื่องวัดมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์

ค่าเฉลี่ยจากเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน หรือ ค่าอ้างอิง (˚C)	ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากสิ่งประดิษฐ์					ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
	อุปกรณ์ที่แสดง	ครั้งที่ 1 (˚C)	ครั้งที่ 2 (˚C)	ครั้งที่ 3 (˚C)	ค่าเฉลี่ย (˚C)	
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งประดิษฐ์

ค่าเฉลี่ยจากเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน หรือ ค่าอ้างอิง (%)	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากสิ่งประดิษฐ์					ความคลาดเคลื่อน (%)
	อุปกรณ์ที่แสดง	ครั้งที่ 1 (%)	ครั้งที่ 2 (%)	ครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ย (%)	
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					
	จอ LCD					
	สมาร์ตโฟน					

8. แผนการทำงาน

งาน/กิจกรรม	ระยะเวลาทำงาน (สัปดาห์ที่)					
	1	2	3	4	5	6
1. ศึกษารวบรวมความรู้เพื่อนำไปใช้ออกแบบ	X	X				
2. ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์		X	X			
3. ตรวจสอบและปรับปรุงการทำงาน ก่อนใช้จริง				X		
4. ทดลองการใช้งานจริง					X	
5. ประเมินและสรุปผลการทำโครงงาน						X

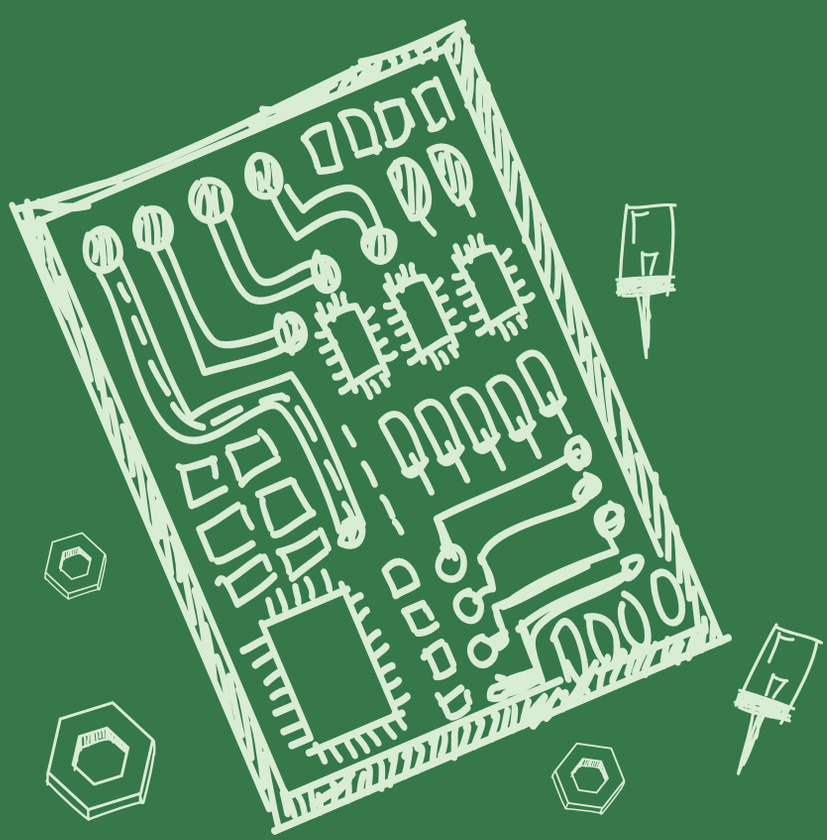
9. เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ม.ป.ป.). การเพาะเห็ดหลินจือ.

[2] ชินาพัฒน์ สกุลราศรีสวย และคณะฯ. (2018). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ด กรณีศึกษา ฟาร์มบ้านเนินสะอาด Volume 8, NO 2 (Jul-Dec). JIST Journal of Information Science and Technology, 46-55.

[3] รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์. (2018). ระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติ ตามค่าความชื้นในดิน . JIST Journal of Information Science and Technology Volume 8, NO2 (Jul - Dec), 65-73.
สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562. จาก http://irrigation.rid.go.th/rid1/HongKhrai/linjuee.htm.

[4] กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ความชื้นสัมพัทธ์. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2562.
จาก https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56



ภาคผนวก 2

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน
ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติ
พลังงานแสงอาทิตย์

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน

ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้ร่วมดำเนินการ

สถานศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น

ผู้บริหารสถานศึกษา นายมุจลินท์ ปานสวัสดิ์ (ผู้อำนวยการโรงเรียน)

ครูที่ปรึกษา

1. นางแก้วตา แก้วลมูล
2. นางสาวธมลพรรณ กรุณานำ

นักเรียน

1. นายสิทธินนท์ ชื่นชูผล
2. นายอดิศักดิ์ เสียงเย็น
3. นายพุฒิพงษ์ ศรีสุข
4. นางสาวจิตราพร จิตจุล
5. นางสาวชนิดา เกิดลาภ

ผู้ทรงคุณวุฒิ / ที่ปรึกษา

1. อาจารย์จิระศักดิ์ สุวรรณโณ
2. ผศ.ดร. ฉลองชัย ธีวสุทรสกุล
3. ดร. อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง
4. นายศุภณัฐ ธัญญบุญ
5. นายเจษฎา ผลเจริญ

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า การคมนาคม การบริการ และการผลิตทั้งในเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การใช้พลังงานในประเทศปัจจุบันพลังงานที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ส่วนใหญ่ได้จากพลังงานสิ้นเปลือง โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงนับวันมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกที [1] ในขณะที่ประเทศของเราไม่มีแหล่งน้ำมันเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศในแต่ละปี รัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองก็คือการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งจากสภาพภูมิศาสตร์ และตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอย่างมาก โดยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

โรงเรียนชิตใจชื่นเปิดทำการสอนในวันจันทร์-ศุกร์ ใช้ไฟฟ้ากับการเรียนการสอน เช่น ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบน้ำประปา เป็นต้น จากการสำรวจและเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าของโรงเรียนชิตใจชื่น พบว่าค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียนช่วงเวลากลางวัน ส่วนช่วงเวลากลางคืนโรงเรียนจำเป็นต้องเปิดไฟส่องสว่างตามถนนภายในโรงเรียน เพื่อสามารถเดินทางเท้าให้ปลอดภัย ลดการโจรกรรมที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และอีกหนึ่งสาเหตุคือ ในวันหยุดช่วงเวลากลางวันไม่มีคนมาปิดไฟแสงสว่างที่เปิดทิ้งไว้ตั้งแต่ช่วงเวลากลางคืน ประกอบกับในบางจุดเป็นมุมอับครูเวรหรือภารโรงปิดไฟไม่ครบทุกจุด จึงทำให้ค่าไฟเพิ่มสูงขึ้น โรงเรียนชิตใจชื่นเป็นโรงเรียนขนาดเล็กงบประมาณที่ได้รับมีจำนวนน้อย แต่ต้องรับภาระค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเป็นจำนวนเงินที่สูง จึงมีแนวคิดที่จะลดภาระค่าไฟฟ้าของโรงเรียนลง โดยนำเทคโนโลยีพลังงานทดแทนเข้ามาช่วยลดค่าไฟฟ้าของโรงเรียน ซึ่งในปัจจุบันพลังงานจากแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์สามารถตอบโจทย์และแก้ไขปัญหานี้ได้ เพราะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษและเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง และนำเทคโนโลยี KidBright ซึ่งเป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวสามารถทำงานตามชุดคำสั่ง สามารถสร้างชุดคำสั่งผ่านโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานง่าย โดยชุดคำสั่งที่ถูกสร้างดังกล่าวแล้วจะถูกส่งไปที่บอร์ด ให้ทำงานตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ เช่น รดน้ำต้นไม้ตามระดับความชื้นที่กำหนด หรือเปิด-ปิดไฟตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

2.2 ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์

2.2.2 ความสามารถเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ

2.3 ประเมินผลการใช้งานจริง ด้วยวิธีการดังนี้

2.3.1 สำรวจความพึงพอใจของนักเรียนและบุคลากรทางการศึกษา

2.3.2 การประหยัดการใช้ไฟฟ้า

3. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.1 โซล่าเซลล์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ Photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้นสรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) อินเดียมฟอสไฟด (Indium Phosphide) แคดเมียมเทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ [1]

3.1.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ [1]

ภาพที่ 1 ชนิดของโซล่าเซลล์

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

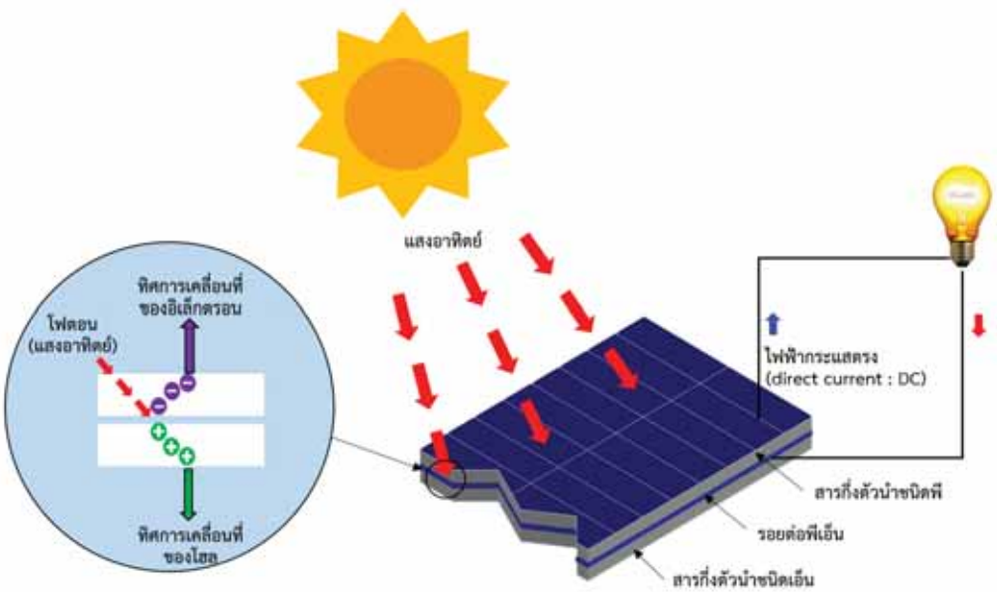
3. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ แคดเมียมเทลเลอไรด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

3.1.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุงและผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือ

ฟอสฟอรัสจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอนจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกันจะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว [1]

3.1.3 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น [1]

3.2 KidBright

KidBright เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัวที่สามารถทำงานตามชุดคำสั่ง โดยสามารถสร้างชุดคำสั่งผ่านโปรแกรม KidBright IDE บนคอมพิวเตอร์ ที่ใช้งานง่าย เพียงใช้การลากบล็อกคำสั่งมาวางต่อกัน (Drag and Drop) ช่วยลดความกังวลเรื่องการพิมพ์ชุดคำสั่งผิด ชุดคำสั่งที่ถูกสร้างดังกล่าวจะถูกส่งไปที่บอร์ด KidBright ให้ทำงานตามที่โปรแกรมไว้ เช่น รดน้ำต้นไม้ตามระดับความชื้นที่กำหนด หรือเปิด-ปิดไฟตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น KidBright มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดเชิงตรรกะร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ สามารถต่อยอดสู่การพัฒนาแอปพลิเคชันและเทคโนโลยีด้วยตนเองในอนาคต [2]

3.3 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor)

เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการตรวจจับความเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยทั่วไปเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวมี 3 ประเภทคือ [3]

1. Passive infrared sensors (PIR) เป็นเซนเซอร์ที่รับความร้อนจากร่างกายเมื่อเคลื่อนที่ ไม่มีการปล่อยพลังงานออกมาจากเซนเซอร์

2. Ultrasonic เป็นเซนเซอร์ที่มีการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกออกมาและตรวจวัดการสะท้อนของคลื่นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่

3. Microwave เป็นเซนเซอร์ที่มีการปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกมาและตรวจวัดการสะท้อนของคลื่นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวประเภท Passive infrared sensors Passive infrared sensors (PIR sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการ ความร้อนวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากวัตถุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ (สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาจากตัวเอง การแผ่รังสีดังกล่าวเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในอะตอม ปริมาณรังสีจะมีมากน้อยตามแต่โครงสร้างทางเคมี และอุณหภูมิของวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตนั้นๆ) จึงทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณลอจิกที่เปลี่ยนแปลงที่ขาเอาต์พุตได้ [3]

ส่วนประกอบที่สำคัญของ PIR sensor

1. เลนส์ สำหรับควบคุมหรือโฟกัสพื้นที่ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว

2. เซนเซอร์ เป็นตัวแปลงพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรด มาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าในโครงงานนี้ได้เลือกใช้โมดูล Grove PIR Motion Sensor เป็นโมดูลตรวจจับการเปลี่ยนไหวในรูปแบบของ Grove จาก Seed studio คุณสมบัติสามารถตรวจจับได้โดยมีโดมตรวจจับโค้งเป็นส่วนของทรงกลมกว้าง 120 องศา รัศมีไกล 6 เมตร ใช้แรงดันในการทำงาน 3.3 ถึง 5 โวลต์ เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา SIGNAL ทำงานคล้ายกับเป็นสวิตช์ ในสภาวะที่ไม่มีการตรวจจับจะให้เอาต์พุตเป็นแรงดัน 0 โวลต์ (LOW) และเมื่อตรวจจับได้จะให้แรงดันเอาต์พุตตามแรงดันที่จ่ายเข้าไปคือ 3.3 หรือ 5 โวลต์ (HIGH) เหมาะกับการนำไปตรวจจับการเคลื่อนไหว การเดินผ่านแล้วเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติ การทำระบบป้องกันการบุกรุก

โหมดสัญญาณเอาต์พุตสามารถเลือกใช้งานได้ 2 แบบ คือ

1. สัญลักษณ์ H (HIGH) หมายถึง เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ และเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้

2. สัญลักษณ์ L (LOW) หมายถึง เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ และเอาต์พุตเป็นลูกคลื่นลอจิก 1 สลับกับ 0 อย่างต่อเนื่อง (pulse) เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้

3.4 เซนเซอร์แสง (Optical Sensor)

เซนเซอร์แสง คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน หรือการนำไฟฟ้า ที่ไหลผ่านตัวมันได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบมีหลายชนิด ดังนี้ [4]

LDR ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง หรือ LDR (ย่อมาจาก Light Dependent Resistor) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจจับแสง โดยหากมีแสงมาตกกระทบน้อย จะทำให้มีความต้านทานมาก และหากมีแสงมาตกกระทบมาก ความต้านทานจะน้อยลง LDR นั้นทำมาจากสารกึ่งตัวนำแคดเมียมซัลไฟล์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลิไนด์ (Cdse) นำมาฉาบลงบนแผ่นเซรามิคที่ใช้เป็นฐานรอง

Photo Diode โฟโต้ไอโอด จะถูกแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ ตอบสนองต่อแสงที่สามารถมองเห็นได้ ตอบสนองต่อแสงความถี่สูงย่านอินฟราเรด หลักการทำงานคือ เมื่อมีแสงมีตกกระทบมาก จะทำให้สามารถนำกระแสได้มาก หากมีแสงมาตกกระทบน้อยจนถึงจุดจุดหนึ่ง จะไม่นำกระแส การนำโฟโต้ไดโอดไปใช้งาน จะต้องต่อในลักษณะไบอัสกลับจึงจะสามารถใช้งาน Photo Transistors โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แบ่งเป็น 2 ชนิด เช่นเดียวกับโฟโต้ไดโอด ลักษณะภายนอกคล้ายๆกับโฟโต้ไดโอด การใช้งานก็เช่นเดียวกัน จำเป็นต้องดู Datasheet ประกอบการใช้งาน

IR Sensor คืออุปกรณ์ที่นำโฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มารวมเข้ากับวงจรควบคุมภายใน เพื่อใช้สำหรับความถี่สูงโดยเฉพาะ IR Sensor นั้น จะตอบสนองกับแสงอินฟราเรดเท่านั้น ใช้งานร่วมกับ LED อินฟราเรด นิยมใช้ส่งข้อมูลที่อยู่ในระยะไกล เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน IR Sensor ก็จำพวก โทรทัศน์ เครื่องเล่น DVD หรือวิทยุในรถยนต์ กล่องรับดาวเทียม เป็นต้น

Reflective Optical Sensor คืออุปกรณ์ที่นำโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือโฟโต้ไดโอด มารวมกับ LED อินฟราเรด เพื่อใช้ในการตรวจจับการสะท้อนแสง หรือระยะความใกล้ของวัตถุ หลักการคือเมื่อมีแสงไปตกกระทบกับวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะสะท้อนแสงกับมาที่โฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ตัวอย่างที่นำไปใช้งานจริงก็ เช่น หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น

4. ผลงานที่เกี่ยวข้องที่มีผู้ทำมาก่อน

โครงงานวิศวกรรมเรื่อง การประดิษฐ์โคมไฟส่องถนนแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ (The invention of street lamp using hybrid wind and solar energy) โดย นายภมรชัย อ้นทา และ นายธนากร หวานเส้ง โคมไฟส่องถนนแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นในโครงงานวิศวกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบโคมไฟส่องถนน เพื่อประยุกต์ใช้ในบริเวณที่ขาดแคลนไฟฟ้าส่องสว่าง โดยได้สร้างต้นแบบโคมไฟส่องถนนและติดตั้ง ณ ศูนย์วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน มีขนาดแผงโซล่าเซลล์กว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.80 เมตร กำลังผลิต 10 วัตต์/ชั่วโมง [5]

5. วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้

รายการ	จำนวน
1. แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ 70 วัตต์	1 แผง
2. คอนโทรลชาร์จ 20 แอมป์ 12/24 โวลต์	1 ตัว
3. แบตเตอรี่แห้งแบบเจล 38 แอมป์ 12 โวลต์	1 ก้อน
4. ดิจิทัลโวลต์	1 ตัว
5. โมดูลป้องกันแรงดันไฟฟ้า	1 ตัว
6. รีเลย์	1 ตัว

รายการ	จำนวน
7. บอร์ด KidBright	5 บอร์ด
8. โมดูลเรกูเลเตอร์ DC-to-DC Step Down	4 ตัว
9. เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor)	4 ตัว
10. โมดูลขับสัญญาณ Isolation mosfet PWM	4 ตัว
11. หลอดไฟ DC LED 5 วัตต์ 12 โวลต์	4 ดวง
12. สายไฟขนาด 4 มิลลิเมตร ยาว 50 เมตร	2 ม้วน
13. โคมไฟติดผนังภายนอก	4 โคม

เครื่องมือที่ใช้	จำนวน
1. ดิจิทัลโวลต์	1 ตัว
2. ลักซ์มิเตอร์	1 ตัว
3. 3D PRINTER	1 เครื่อง
4. หัวแร้งและตะกั่วบัดกรี	1 ชุด
5. ไขควง	1 ตัว
6. สว่านไฟฟ้า	1 ตัว
7. ค้อน	1 ตัว

6. สถานที่และระยะเวลาดำเนินโครงงาน

6.1 สถานที่ออกแบบและทดลอง คือ โรงเรียนชิตใจชื่น จังหวัดปราจีนบุรี

6.2. ระยะเวลาดำเนินโครงงาน เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2562

7. วิธีการและผลดำเนินการ

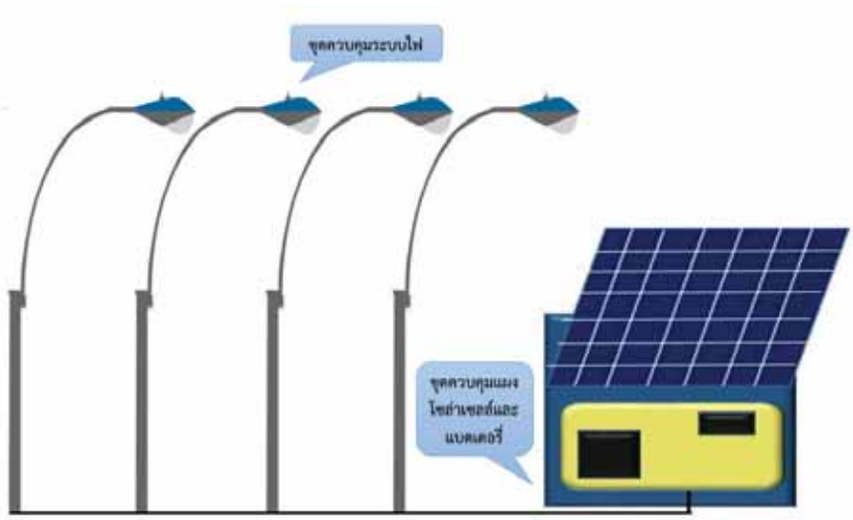
7.1 ขั้นตอนและวิธีการออกแบบและสร้าง

ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

7.1.1 ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างวงจรการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และวิธีการสร้างระบบไฟส่องสว่างอัตโนมัติต่างๆ จากอินเทอร์เน็ต และสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

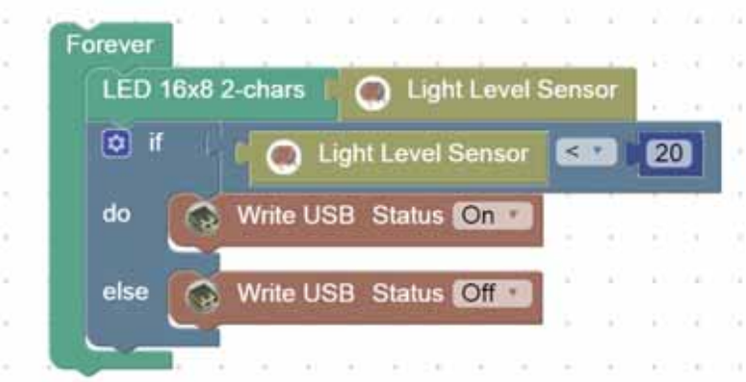
7.1.2 ออกแบบระบบควบคุมไฟส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วนำไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ และทำการปรับปรุงแก้ไข

7.1.3 ทดลองสร้างต้นแบบของระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไข จนได้ระบบควบคุมฯ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สร้างแบบทดลองระบบควบคุมไฟส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

7.1.4 เขียนคำสั่ง สั่งงานให้ KidBright เปิด-ปิด ระบบไฟฟ้าเมื่อมีความเข้มแสงน้อยกว่า 20 Lux โดยเขียนคำสั่งดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 คำสั่ง KidBright เปิด-ปิด ระบบไฟฟ้า

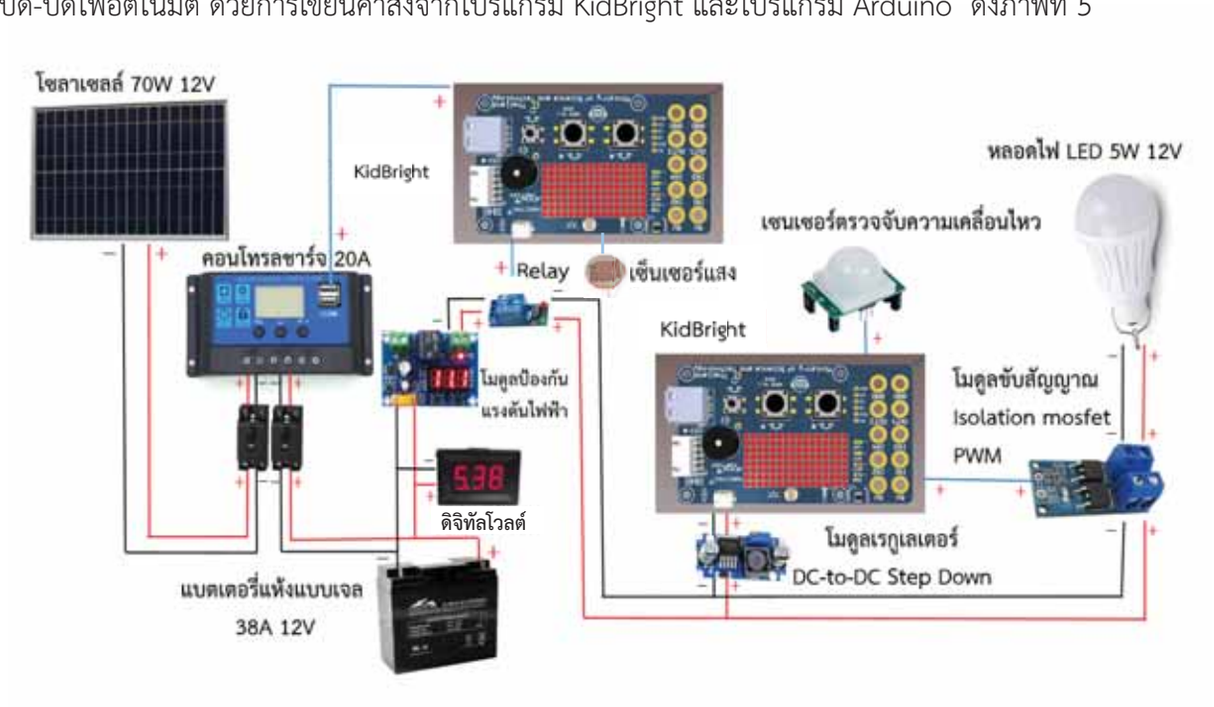
7.1.5 เขียนคำสั่งจากโปรแกรม Arduino สั่งงานให้ KidBright หรี่ไฟเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวไม่ได้ แต่ถ้าตรวจจับความเคลื่อนไหวได้จึงทำให้ไฟสว่างขึ้น คำสั่งมีดังนี้

Source Code ทั้งหมดของ ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

```
#include "analogWrite.h" //เรียก Library ชื่อ analogWrite.h เข้ามาใช้ในโปรแกรม
int PIR_pin = 19; //กำหนดให้ เซนเซอร์ตรวจจับเคลื่อนไหว แทน Pin Digital-19
int PWM_pin = 18; //กำหนดขา มอตเฟส แทน Pin Digital-18
long time_delay = 1000;  // lamp on time (ms) 1 mimute = 60000ms //เวลาที่ไฟติด 1 นาที=60000ms
int dim_delay = 20; // dim speed adjust // ปรับไฟสลัว
long time_old = 20; // ประกาศตัวแปรเป็นจำนวนเต็มแบบขยายโดยไม่มีจุดทศนิยม เก็บค่าได้มากกว่าแบบ int ถึง 2 เท่า
bool on_state = 20;  //ประกาศตัวแปร ชื่อ on_state ชนิดข้อมูลเป็นค่าเท็จหรือค่าความจริง (เท็จ)0 to 1(จริง)
int inc_val = 20; //กำหนดค่าตัวแปร inc_val =20
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //เปิดการเชื่อมต่อกับมอนิเตอร์ //pinmode เป็นการตั้งค่าให้ขาเป็นอินพุตหรือเอาท์พุต
  pinMode(PIR_pin,INPUT);  //รับค่าจากเซนเซอร์
  pinMode(PWM_pin,OUTPUT);  //เปิด-ปิดไฟ เพราะแสดง เป็น output เหมือนการจ่ายไฟ
  digitalWrite(PIR_pin,LOW);  // อ่านค่าเซ็นเซอร์แบบ ดิจิตอล ให้เป็น 0(Low)
}
void loop() //ขั้นตอนหรือลูปการทำงาน
{
  if(digitalRead(PIR_pin) == 1) // check movement; move = 1, no move = 0 //ใช้เงื่อนไข ifถ้าค่าที่อ่านจากเซ็นเซอร์เท่ากับ1 ไหม
  {
    on_state = 1; //ถ้าเป็นจริงกำหนดให้ ค่า on_state มีค่าเท่ากับ 1
    time_old = millis(); // update time  // ณ เวลาขณะนั้นให้เก็บค่าไว้ในตัวแปร time old//คือการจับเวลาของ Arduino ซึ่งทันทีที่มีไฟเลี้ยงเข้า Arduino หรือทันทีที่ Arduino
ทำงาน มันก็จะมีการจับเวลาอัตโนมัติไปเรื่อยๆ
  }
  //จากลูปด้านบน PIR_pin และถ้า
  if(on_state == 1) //กำหนดเงื่อนไขถ้า on_stateเท่ากับ1 ซึ่งมันมาจากลูป PIR_pin
  {
    if(millis()-time_old<time_delay) //เป็นสมการคำนวณถ้า millis()-time_old น้อย time_delay)ให้ intval เพิ่มขึ้น1
    { //ถ้าเวลาเดิมน้อยกว่า ก็จะลงมาบรรทัด if inc_val ข้างล่าง
      inc_val = inc_val +1; //การกำหนดให้ inc_val เพิ่มขึ้น1
      if(inc_val > 255) // ถ้า int val มากกว่า 255
      {
        inc_val = 255; //กำหนดให้ค่า inc_val เท่ากับ 255
      }
      delay(dim_delay); //เวลาที่รอขึ้นอยู่กับ dimdelay หรือเท่ากับ 20
}
    Else //ถ้า in_val น้อยกว่า255
    {
      inc_val = inc_val -1; //กำหนดให้ ค่า inc_val ลดลง 1
      if(inc_val<20) //และกำหนด ถ้า inc_val มากกว่า 20
      {
        inc_val = 20; //กำหนดให้ ค่า inc_val =20
        on_state = 20; //กำหนดให้ ค่า on_state =20
      }
      delay(dim_delay); //เวลาที่รอขึ้นอยู่กับ dim delay หรือเท่ากับ 20
    }
  }
  else // else ลูปใหญ่(on_state == 1) ซึ่งถ้ามันไม่เท่ากับ 1
  {
    time_old = millis(); // update time // update time //จะให้เวลาเดิมนับไปเรื่อยๆ millis เป็นเหมือน delay แต่ Delay คือการหน่วงเวลา ไม่ใช่การนับเวลา
  } //หรือบอกเวลาเดิมตั้งแต่โปรแกรมเริ่มทำงาน
  analogWrite(PWM_pin,inc_val); //อ่านค่าเป็น analog
  Serial.println(inc_val); //แสดงค่าinc_valเป็นข้อความ
```

7.2 รายละเอียดของระบบ

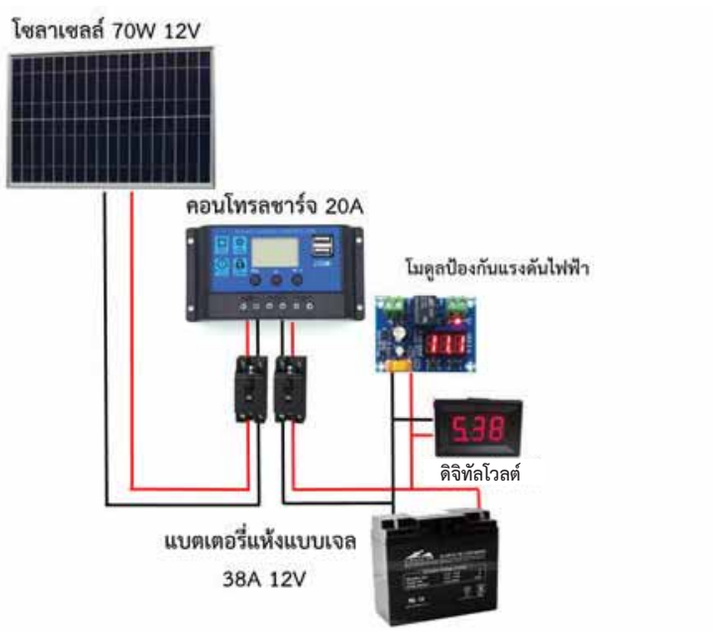
การทำงานของโครงงานระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์ ชาร์จด้วยคอนโทรลชาร์จ แล้วเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ โดยระบบจะเป็นการทำงานเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ ด้วยการเขียนคำสั่งจากโปรแกรม KidBright และโปรแกรม Arduino ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

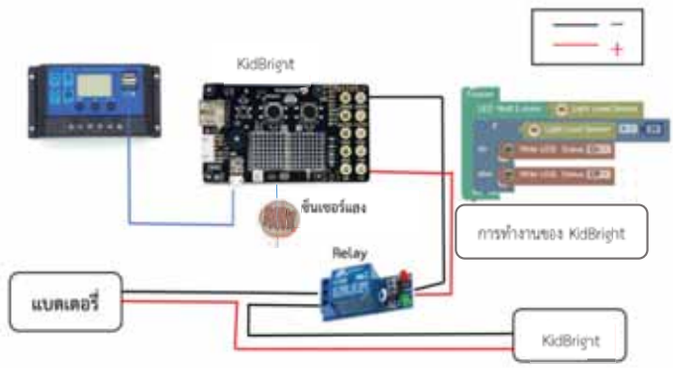
7.2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบแยกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 พลังงานแสงเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ ด้วยการชาร์จจากคอนโทรลชาร์จ แล้วเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ โดยจะติดตั้งดิจิทัลโวลต์มิเตอร์เพื่อทำการวัดความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ และใช้โมดูลป้องกันแรงดันไฟฟ้าเพื่อป้องกับแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ดังภาพที่ 6



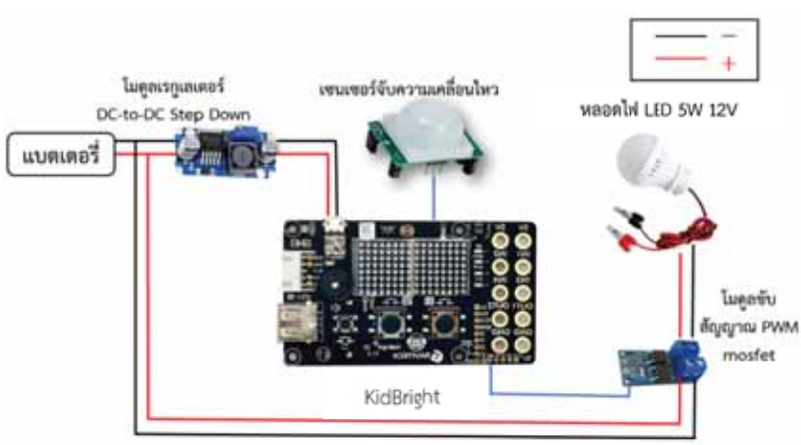
ภาพที่ 6 ระบบชาร์จโซล่าเซลล์ และป้องกันแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ส่วนที่ 2 ระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติด้วย KidBright โดยเขียนคำสั่งให้ทำงานเมื่อมีความสว่างมากกว่า 20 Lux รีเลย์ไม่ทำงานไฟจะปิด และเมื่อความสว่างน้อยกว่า 20 Lux รีเลย์จะทำงานทำให้ไฟเปิด ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจรควบคุมระบบเปิด-ปิดระบบอัตโนมัติ

ส่วนที่ 3 ระบบการทำงานของไฟหรี่ เมื่อส่วนที่ 2 ทำงานไฟจะเปิด โดยคำสั่งจากโปรแกรม Arduino มีการทำงานคือ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวไม่ทำงาน หรือไม่มีคนเดินผ่าน ไฟจะหรี่ และเมื่อเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหวทำงาน หรือมีคนเดินผ่าน ไฟจะสว่างขึ้นเรื่อยๆ แล้วไฟจะหรี่ลงเมื่อคนเดินผ่านไป ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ระบบการทำงานของไฟหรี่

8. วิธีการและผลการประเมินประสิทธิภาพ

8.1 ความสามารถในการผลิตไฟฟ้า

เนื่องจาก เป็นการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์ ชาร์จด้วยคอนโทรลชาร์จ แล้วเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ ดังนั้นความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจึงขึ้นกับขนาดแผงโซล่าเซลล์ คำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ และหาระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์ ดังนี้

ค่าพลังงานรวมหาได้จาก กำลังวัตต์ของหลอดไฟ (ทั้งหมด) × ชั่วโมงที่ใช้งาน (ใน 1 วัน)

$$= 20 \times 12 = 240 \text{ W}$$

หาขนาดแผงโซล่าเซลล์ = ค่าพลังงานรวม / 4 ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ที่น่าจะได้ใน 1 วัน)

$$= \frac{240}{4} = 60 \text{ W}$$

หาขนาดแบตเตอรี่ = ค่าพลังงานรวม ÷ (แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ × 0.6 (%การใช้งานกระแสที่อยู่ในแบตเตอรี่))

$$= \frac{240}{(12 \times 0.6)} = 33.3 \text{ Ah}$$

*เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 38 Ah เนื่องจากไม่สามารถซื้อแบตเตอรี่ขนาด 33.3 Ah ได้

หาระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ = (ขนาดแบตเตอรี่ × แรงดันไฟฟ้า) ÷ ขนาดแผงโซล่าเซลล์

$$= \frac{(38 \times 12)}{70}$$

= 6.5 ชั่วโมง

ดังนั้น โครงงานระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้โซล่าเซลล์ขนาด 70 W แบตเตอรี่ 38 Ah และหลอดไฟขนาด 5 W จำนวนหลอด 4 หลอด มีระยะในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ใช้เวลา 6.5 ชั่วโมง หรือหมายความว่าระบบที่สร้างฯ จะต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ไม่น้อยกว่า 6.5 ชั่วโมง จึงจะพอเพียงสำหรับการใช้งาน

8.2 ความสามารถเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ

ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติได้ เมื่อแสงสว่างมีค่าน้อยกว่า 20 Lux ระบบก็จะทำการส่งกระแสไฟฟ้าออกไปทำให้หลอดไฟสว่าง (ในช่วงกลางคืน) แล้วหลอดไฟจะหรี่ลง เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวไม่สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ แต่ถ้าเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ หลอดไฟฟ้าจะสว่างขึ้น และหลอดไฟจะกลับมาหรี่ลงอีกครั้งเมื่อเซนเซอร์ไม่สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ แล้วเมื่อมีแสงสว่างมากกว่า 20 Lux ระบบจะทำการปิดไฟอัตโนมัติ (ในช่วงเช้า) ตามโปรแกรมคำสั่ง Arduino

เนื่องจากคณะทำงาน ไม่สามารถหาเครื่องวัดความเข้มแสงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบเปรียบเทียบว่า ขณะระบบฯ เปิดไฟอัตโนมัติช่วงจะมืดนั้น ความเข้มแสงขณะนั้นเท่ากับ 20 Lux หรือไม่ คณะทำงานจึงใช้การสังเกตความสว่างหรือความสลัวของแสง ในช่วงกำลังจะมืดในขณะที่ระบบฯ เปิดไฟอัตโนมัติ ผลการสังเกตพบว่าขณะที่ระบบฯ เปิดไฟอัตโนมัตินั้นแสงอาทิตย์สลัวค่อนข้างจะมืด และเริ่มมองเห็นสิ่งต่างๆ ในบริเวณนั้นไม่ชัดเจน ส่วนในช่วงกำลังจะสว่างและเริ่มมองเห็นสิ่งต่างๆ ชัดเจนมากขึ้นๆ นั้นระบบฯ ปิดไฟอัตโนมัติ แสดงว่าระบบฯ ทำงานปิดเปิดไฟฟ้าได้อย่างอัตโนมัติ และสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

ส่วนการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวนั้น ได้ทดสอบในช่วงกลางคืนโดยให้นักเรียนทดลองเดินเข้าไปหาหลอดไฟฟ้าซึ่งมี sensor ตรวจจับความเคลื่อนไหวติดตั้งใกล้ๆ พบว่าเมื่อนักเรียนห่างจากหลอดไฟฟ้าประมาณ 4 เมตร ระบบฯ จะสั่งให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้น และถ้าบริเวณที่ห่างจากหลอดไฟฟ้าประมาณ 5 เมตร ไม่มีการเคลื่อนไหวของสิ่งใดๆ นานมากกว่าประมาณ 1 วินาที ระบบฯ จะหรี่ไฟฟ้าลง

จากผลการทดสอบตามที่กล่าวมา แสดงว่าระบบฯ สามารถเปิดไฟฟ้าได้อัตโนมัติขณะจะมืด ปิดไฟฟ้าได้อัตโนมัติขณะจะสว่าง สามารถหรี่ไฟเมื่อไม่มีสิ่งใดเคลื่อนไหวและสว่างขึ้นถ้ามีสิ่งใดเคลื่อนไหวในบริเวณนั้น ตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

9. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

9.1 ความความพึงพอใจของนักเรียน ครู และบุคลากรทางการศึกษา

คณะจัดทำโครงงาน ได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ครู และบุคลากร ของโรงเรียนชิตใจชื่น รวม 20 คน ได้ผลดังตาราง

ตารางแสดงผลสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้ระบบฯ

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1	ประโยชน์ต่อท่าน/โรงเรียนของท่าน	4.80	.45	มากที่สุด
2	ทำให้สะดวกต่อการเปิด-ปิดไฟฟ้า	4.85	.67	มากที่สุด
3	สามารถนำไปประยุกต์กับการใช้งานอย่างอื่นได้	4.60	.76	มากที่สุด
4	ความสว่างเพียงพอในการเห็นคนเดินผ่าน	4.55	.87	มากที่สุด
5	ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.65	.48	มากที่สุด
6	ความสว่างเพียงพอกับการมองเห็นสัตว์มีพิษ/สิ่งอันตราย	4.50	.37	มาก
7	ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า	4.80	.45	มากที่สุด
8	เพิ่มความปลอดภัยในสถานที่ราชการช่วงกลางคืน	4.85	.65	มากที่สุด
9	มีความทันสมัย/ตอบสนองต่อความต้องการ	4.55	.34	มากที่สุด
รวม		4.68	.78	มากที่สุด

จากตาราง นักเรียน ครู และบุคลากรของโรงเรียนชิตใจชื่น พึงพอใจกับระบบฯ ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$=4.68; sd.=0.78) โดยสิ่งที่พึงพอใจมากที่สุด คือ ทำให้สะดวกต่อการปิดเปิดไฟฟ้า ($\bar{x}$=4.85; sd.=0.67) และเพิ่มความปลอดภัยในสถานที่ราชการช่วงกลางคืน ($\bar{x}$=4.85; sd.=0.65) ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และต้องการแก้ปัญหา ตามที่กล่าวไว้ในบทนำ

9.2 การประหยัดการใช้ไฟฟ้าบ้าน

เมื่อติดตั้งและใช้งานระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้กับหลอดไฟฟ้าขนาด 5 วัตต์ หรือ (0.005 กิโลวัตต์) ส่องสว่างตามถนนภายในโรงเรียน จำนวน 4 หลอด โดยแต่ละคืนจะเปิดใช้งานหลอดละประมาณ 12 ชั่วโมง ทั้งนี้สมมติว่าหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอดสว่างเต็มที่ (ในความเป็นจริง ถ้าไม่มีการเคลื่อนไหวแต่ละหลอดจะหรี่แสง)

1 เดือน (30 วัน) หลอดไฟทั้ง 4 หลอด จะใช้ไฟฟ้า = (0.005)(12)(30)(4) = 7.2 ยูนิต

ถ้าค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.2405 บาทต่อยูนิต (อ้างอิงการไฟฟ้านครหลวง[5]) = 7.2 x 3.2405

= 23.3316 บาท

สรุปได้ว่า โครงงานระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อทำการติดตั้งและใช้งานจริง จะประหยัดค่าไฟฟ้าของโรงเรียน

10. สรุปผล

ระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ออกแบบและสร้างพบว่า สามารถเปิดไฟได้อัตโนมัติขณะมืด(ความเข้มแสงน้อยกว่า 20 Lux) และสามารถปิดไฟได้อัตโนมัติขณะสว่าง(ความเข้มแสงมากกว่า 20 Lux) และในช่วงกลางคืนหากไม่มีการเคลื่อนไหวของสิ่งใด ๆ หลอดไฟฟ้าจะหรี่อัตโนมัติ แต่ถ้าหากมีการเคลื่อนไหวหลอดไฟจะสว่างอัตโนมัติ และเมื่อใช้งานระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติฯ โดยใช้หลอดไฟฟ้า 5 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ทดแทนหลอดไฟฟ้าของเดิม จะทำให้ประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าประมาณเดือนละ 23.3316 บาท หรือประมาณ 280 บาทต่อปี สรุปได้ว่าผลการทดลองระบบควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการลดภาระครูและบุคลากรของโรงเรียน สามารถเพิ่มความปลอดภัยในสถานที่ราชการในช่วงเวลากลางคืน สามารถให้แสงสว่างในพื้นที่มุมอับของโรงเรียน และสามารถลดค่าไฟฟ้าของโรงเรียนได้

11. เอกสารอ้างอิง

[1] LEONICS CO., LTD. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway05.php. 2559.

[2] KidBright. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา https://www.kid-bright.org. 2559.

[3] ปิยะชัย ควรปราโมทย. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา http://application-with-embedded-linux.blogspot.com. 2554.

[4] สนธยา นงนุช. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา http://www.elec-za.com. 2561.

[5] ภมรชัย อ้นทา. การประดิษฐ์โคมไฟส่องถนนแบบผสมผสานพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์. [ระบบออนไลน์].สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา http://irre.ku.ac.th/project/pdf/255503.pdf. 2555.

[6] การไฟฟ้านครหลวง สำนักงานใหญ่. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561.แหล่งที่มา: http://www.mea.or.th/content/detail/3293/3317/3926. 2561.

[7] SolarHub.Co.,Ltd. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2561. แหล่งที่มา: https://www.solarhub.co.th. 2558.

12. ประวัติผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-นามสกุล นางแก้วตา แก้วลมูล
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขา วิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันราชภัฏฉะเชิงเทรา
ปริญญาโท สาขาการมัธยมศึกษา (การสอนวิชาวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวธมลพรรณ กรุณานำ
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกิตติมา สุวรรณภา
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

นักเรียน

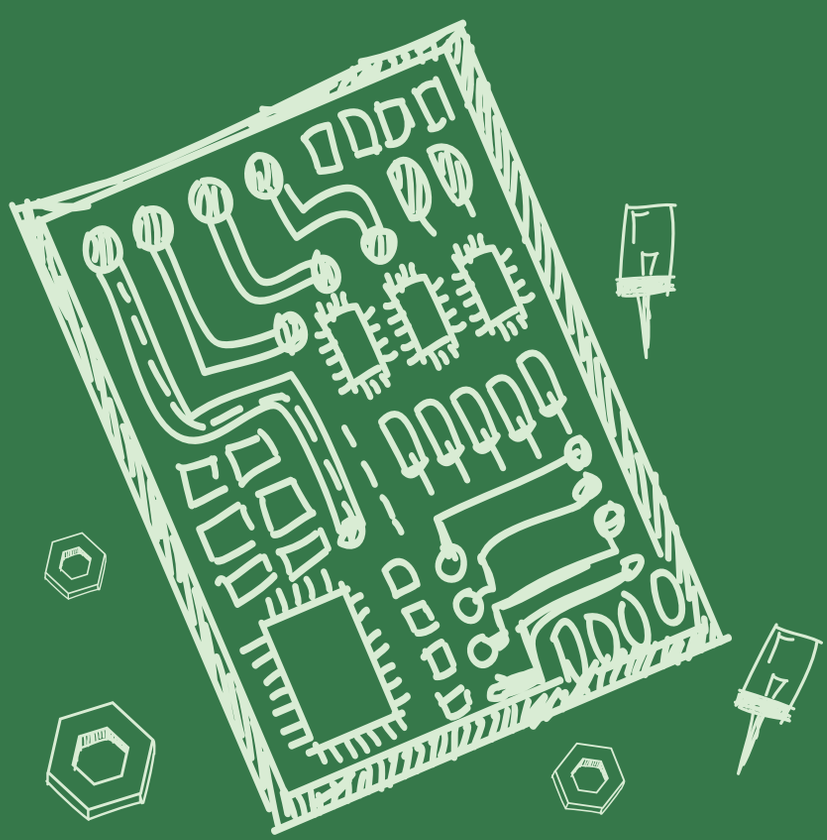
ชื่อ-นามสกุล นายสิทธินนท์ ชื่นชูผล
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5)

ชื่อ-นามสกุล นายอดิศักดิ์ เสียงเย็น
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5)

ชื่อ-นามสกุล นายพุฒิพงษ์ ศรีสุข
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4)

ชื่อ-นามสกุล นางสาวจิตราพร จิตจุล
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4)

ชื่อ-นามสกุล นางสาวชนิดา เกิดลาภ
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนชิตใจชื่น (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4)



ภาคผนวก 3

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน
ชื่อโครงงาน SCS Stock Checking System
(ระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน)

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน

ชื่อโครงงาน SCS Stock Checking System (ระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน)

ผู้ร่วมดำเนินการ

สถานศึกษา โรงเรียนราชินี
ผู้บริหารสถานศึกษา
ผู้จัดการ หม่อมหลวงประดิ่นทิพย์ นาครทรรพ
ครูใหญ่ นางเรืองศิริ สิงหเดช
ครูที่ปรึกษา
นายอภิชาติ อินทนิน
นางสาวพันธวี บุญยอม
นักเรียน
นางสาวกัลยลักษณ์ ฉิมโฉม
นางสาวณัฐธิดา จันทร์ตรี
นางสาวกัลยรักษ์ เดชปรีชาชัย
นางสาวปาลินี นพวงศ์ ณ อยุธยา
นางสาวภวรัญชน์ จิตต์ภาณุโสภณ
ผู้ทรงคุณวุฒิ / ที่ปรึกษา
1) ดร. เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์
2) อาจารย์จิระศักดิ์ สุวรรณโณ
3) นายณฐพล ตันสังวรณ์

ชั้นวางสินค้า

1. บทนำ

รัฐวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีความหลากหลายทั้งในด้านของขนาดและประเภทของธุรกิจไม่ว่าจะเป็นการผลิต การค้า การบริการ สำนักงานการส่งเสริมรัฐวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมได้ระบุว่าในปี 2560 ประเทศไทยมีจำนวน SME 3,046,793 ราย มีการจ้างงาน 12,155,647 คน และสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) 6,551,718 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 42.40 ของ GDP ประเทศ [1,2]

หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้ SME เติบโตอย่างมั่นคง คือการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า การจัดการต้นทุนหรือการจัดการ Stock สินค้า SME ในประเทศไทยยังขาดการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในธุรกิจ SME บางรายมีความสนใจนำเทคโนโลยีเข้าใช้แต่ยังขาดเรื่องเงินทุนเนื่องจากเทคโนโลยีบางตัวมีราคาแพง และอีกหนึ่งข้อสำคัญที่ต้องพัฒนาคือการตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ [1,3]

ระบบการจัดการคลังสินค้าที่ดีสามารถทำให้ SME เพิ่มยอดขายจากการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็ว และยังช่วยลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้าทำให้ SME มีกำไรมากขึ้น เสริมสภาพคล่องทางการเงินที่ดีขึ้น [4,5] SME ในประเทศไทยยังไม่มีการบริหารจัดการสินค้าที่มีประสิทธิภาพมากพอ ขาดการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการคลังสินค้า ส่งผลให้ SME ไม่เติบโตเท่าที่ควร SME ส่วนมากยังคงใช้แรงงานคนในการตรวจสอบจำนวนสินค้าในคลังสินค้า ส่งผลให้ไม่รู้จำนวนสินค้าประเภทต่าง ๆ ที่อยู่ในคลังสินค้าแบบเรียลไทม์หรือมีการตรวจนับที่ผิดพลาด ส่งผลให้การจัดการสินค้าลดประสิทธิภาพลง มีการสั่งซื้อสินค้าบางชนิดมากเกินความจำเป็น หรือสินค้าบางชนิดไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งมีผลกระทบสภาพคล่องทางการเงินที่แย่ลง

ปัจจุบันได้มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดการคลังสินค้ามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจนับจำนวนสินค้าในคลังสินค้า การระบุตำแหน่งสินค้าในคลังสินค้าขนาดใหญ่ ดั่งเช่นบริษัท Amazon หรือการใช้ระบบบาร์โค้ดเข้ามาช่วย ซึ่งระบบทั้งสองมีการใช้ต้นทุนที่สูงในการติดตั้งใช้งาน จึงไม่เหมาะกับ SME ที่เป็นธุรกิจขนาดย่อมหรือขนาดกลาง

เนื่องจากร้านค้าสหกรณ์ภายในโรงเรียนมีลักษณะการดำเนินการคล้ายคลึงกับ SME ทางผู้จัดทำจึงทำการศึกษาการทำงานของร้านสหกรณ์ พบว่าวิธีการตรวจนับจำนวนสินค้าโดยกรอกข้อมูลที่ได้ใส่ไปในระบบเมื่อมีผู้ใช้บริการมาซื้อสินค้าที่มีอยู่ในสหกรณ์ จากนั้นนำจำนวนสินค้าที่ขายได้มาหักลบกับจำนวนสินค้าคงเหลือในระบบ เมื่อทราบจำนวนสินค้าที่เหลือหลังจากนั้นนำไปตรวจสอบกับสินค้าที่มีอยู่จริงนั้นทำให้เกิดความล่าช้าในการทราบถึงจำนวนสินค้าที่คงเหลือ

ผู้จัดทำจึงได้คิดระบบตรวจสอบสินค้าในคลังสินค้าและแจ้งเตือน ที่มีความสามารถในการแสดงจำนวนสินค้าประเภทต่างๆได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งยังสามารถแจ้งเตือนสินค้าที่มีจำนวนน้อยกว่าที่ได้กำหนด เพื่อช่วยในการจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากเดิม

2. วัตถุประสงค์

2.1 ออกแบบและสร้างระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน

2.2 ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน ดังต่อไปนี้

2.2.1 ความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า

2.2.2 ความถูกต้องในการแจ้งเตือนจำนวนสินค้าที่เหลือน้อยกว่ากำหนด ไปยัง Line Application

2.3 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน

3. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.1 คลังสินค้า

คลังสินค้าเป็นสถานที่สำหรับการจัดเก็บสินค้าเพื่อทำการกระจายสินค้าไปยังปลายทางที่กำหนด เป็นรอยต่อระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า มีลักษณะเป็นโกดัง อาคารขนาดใหญ่ หรือสิ่งก่อสร้างที่มีหลังคาประกอบกับกำแพง 4 ด้าน มีทางเข้าและออกสำหรับการจัดเก็บหรือจัดส่งสินค้า พร้อมทั้งมีการบันทึกรายการเข้า – ออกและยอดคงเหลือของสินค้า [6,7]

3.2. RFID

RFID (Radio Frequency Identification) เทคโนโลยีที่ใช้ในการระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นสัญญาณวิทยุ มีคุณสมบัติในการอ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องสัมผัสแม้แต่ในทัศนวิสัยที่ไม่เอื้อต่อการมองเห็น โดย RFID จะประกอบไปด้วยตัวแท็ก (Tag) และ ตัวอ่าน (Reader)

แท็กมีหน้าที่ในการเก็บข้อมูล ข้อมูลจะถูกจัดเก็บลงในไมโครชิปที่อยู่ภายในแท็ก โดยจะมีขดลวดขนาดเล็กทำหน้าที่สร้างพลังงานและส่งสัญญาณวิทยุ แท็กมีหลายรูปแบบตามลักษณะงานที่นำไปใช้อาจอยู่ในรูปแบบของบัตรเหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า เป็นต้น

เครื่องอ่านมีหน้าที่ในการอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูลจากแท็กและยังทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนประกอบโดยทั่วไปของเครื่องอ่านจะประกอบด้วย ภาคส่งและรับสัญญาณวิทยุ ภาคสร้างสัญญาณพาหนะ ขดลวดสำหรับทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ วงจรจูนสัญญาณและหน่วยประมวลผลที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์

หลักการทำงานในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณวิทยุอย่างต่อเนื่องเพื่อรอการตอบกลับจากแท็ก เมื่อแท็กได้รับสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องอ่านอย่างเพียงพอจะทำการเหนี่ยวนำเพื่อสร้างพลังงานสำหรับการอ่านข้อมูลภายในแท็ก หลังจากแท็กอ่านข้อมูลจะทำการเข้ารหัสข้อมูลและมอดูเลตข้อมูล ข้อมูลที่ผ่านการมอดูเลตจะถูกส่งผ่านสายอากาศส่งไปยังเครื่องอ่าน หลังจากที่เครื่องอ่านได้รับสัญญาณข้อมูลจากแท็กจะใช้ ฟีก ดีเทกเตอร์ (Peak Detector) ในการแปลงสัญญาณและทำการถอดรหัสข้อมูลส่งไปยังคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ [8]

จากคุณสมบัติและหลักการทำงานของ RFID ที่กล่าวมา จึงถูกนำมาใช้สำหรับการระบุประเภทสินค้าในคลังสินค้าและการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าใช้คลังสินค้า

3.3. NodeMCU

โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 32 บิต ที่มาพร้อมกับความสามารถในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายผ่าน Wi-Fi ใช้ไฟเลี้ยงจากภายนอก +5V มีวงจรควบคุมแรงดันสำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงอุปกรณ์ 3.3 V กระแสไฟฟ้าสูงสุด 800 mA มีอินพุตเอาต์พุตดิจิทัลรวมกัน 16 ขา มีอินพุตสำหรับแอนะล็อก 1 ช่อง รับแรงดันได้ 0- 3.3 Vdc สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย Port USB การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการใช้งาน NodeMCU สามารถทำได้ด้วยภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ C/C++ จึงสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการพัฒนาโปรแกรมได้ ความสามารถในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตด้วยสัญญาณ Wi–Fi ความสามารถในการประมวลผล จำนวนขาเชื่อมต่อที่เพียงพอ NodeMCU จึงถูกนำมาใช้เป็นหน่วยประมวลผล และเป็นตัวเชื่อมต่อกับเครื่องอ่าน RFID

3.4. MySQL

MySQL เป็นโปรแกรมสำหรับการจัดการฐานข้อมูลสามารถใช้ได้กับทั้งระบบปฏิบัติการ Windows หรือ Linux และยังเป็นโปรแกรมเป็นประเภท Open Source ทำให้สามารถนำไปใช้ได้ฟรี ในการใช้งาน MySQL ผู้ใช้สามารถพิมพ์คำสั่งผ่านทาง Command line หรือจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีลักษณะการทำงานในแบบ Graphic User Interface (GUI) ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน โปรแกรมที่นิยมอย่างมากที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล คือ โปรแกรม PhpMyAdmin ด้วยความสามารถในการจัดเก็บและการนำข้อมูลออกมาใช้ รวมถึงเป็นที่นิยมในวงกว้าง ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL จึงถูกนำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ และรายละเอียดของประเภทสินค้าที่ทำการจัดเก็บในคลังสินค้า

3.5. NETPIE

NETPIE (Network Platform for Internet of Everything) เป็นคลาว์เซร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยเปิดให้บริการโดย สวทช. ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ในการนำ NETPIE ไปใช้กับอุปกรณ์นั้น ผู้ใช้ต้องนำไลบราลี NETPIE ไปติดตั้งที่ตัวอุปกรณ์ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดสิทธิ์การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์บนเครือข่ายได้ [11] สำหรับในโครงงานนี้ NETPIE มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งของมูลระหว่าง NodeMCU ในระบบ และส่วนแสดงผลบน free borad ของตัว NETPIE

3.6. NodePIE

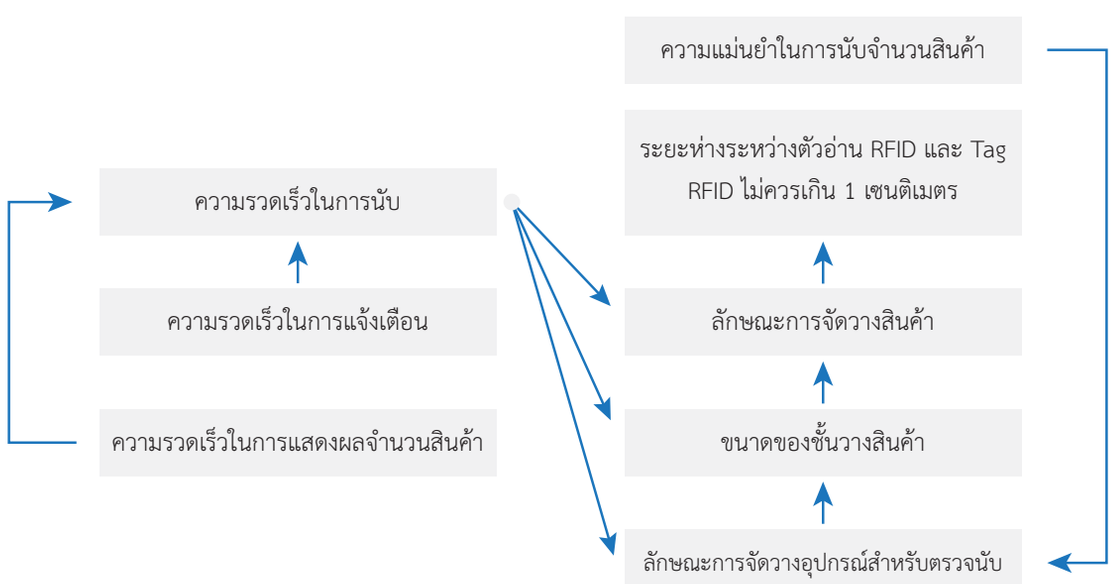
NodePIE เป็นเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมแบบ Flow-Based Programming ที่มีหน้า UI สำหรับนักพัฒนาให้ใช้งานผ่าน Web Browser โดย NodePIE ถูกพัฒนามาจาก Node RED ที่ใช้ node.js ในการพัฒนาทำให้ NodePIE สามารถสามารถสร้างฟังก์ชัน JavaScript มาใช้งานได้ ทำให้ในโครงงานนี้จะใช้ NodePIE เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลระหว่าง NETPIE กับ MySQL

3.7. Line Application

ไลน์ (Line) แอปพลิเคชันสำหรับการสื่อสารยอดนิยม เนื่องจากมีความสามารถที่หลากหลาย และทำงานได้บนหลากหลายอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือแม้กระทั่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับในโครงงานนี้ Line Application มีหน้าที่ในการส่งข้อความแจ้งเตือนให้ทราบถึงประเภทสินค้าที่มีจำนวนคงเหลือน้อยกว่าที่กำหนดคลังสินค้า

3.8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

ปัจจัยที่ส่งผลประกอบด้วย ความรวดเร็วในการแสดงผลจำนวนสินค้า ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน ความรวดเร็วในการนับ ความแม่นยำในการนับจำนวนสินค้า ลักษณะการจัดวางสินค้า ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์สำหรับตรวจนับ ขนาดของชั้นวางสินค้า ซึ่งเมื่อนำปัจจัยเหล่านี้มาวาดแผนผังจะได้ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

จากแผนผัง จะได้ข้อมูลสำคัญว่าการออกแบบระบบตรวจนับสินค้า จะต้องคำนึงถึงลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ตรวจนับสินค้าและการแสดงผลจำนวนสินค้าต้องมีความรวดเร็วและแม่นยำถูกต้องซึ่งอยู่กับลักษณะการวางตัวอ่าน RFID และตัวTag RFID ที่ติดอยู่กับตัวสินค้าต้องมีระยะห่างไม่เกิน 1 เซนติเมตร

4. ผลงานที่เกี่ยวข้องที่มีผู้ทำมาก่อน

จากบทความของคุณ ประภาสิริ อุปเทศวิศาล พัฒนาระบบจัดการสิ่งของทูลเกล้าฯ ถวาย สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี โดยใช้เทคโนโลยี RFID มีวัตถุประสงค์ช่วยแก้ปัญหาในส่วนของการตรวจสอบการนำสิ่งของพระราชทานเข้า/ส่งออก และติดตามสถานที่จัดเก็บบุคคลหรือหน่วยงานระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้งานได้จริง ช่วยลดระยะเวลา ขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่กลุ่มงานสิ่งของและพิพิธภัณฑ์ส่วนพระองค์ในการจัดการสิ่งของทูลเกล้าฯ ถวาย [9]

พีระยาและคณะ ได้ทำการศึกษาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการนำเข้าและส่งออกสินค้าโดยใช้ระบบ Radio Frequency Identification (RFID) มาใช้ในการบริหารจัดการ กรณีศึกษาเขตปลอดอากร (Free Zone) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีมากขึ้นกว่าการดำเนินงานในระบบเดิม ลดระยะเวลาในกระบวนการดำเนินงาน สามารถตรวจสอบข้อมูลการเคลื่อนย้ายของสินค้าได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้สามารถขนถ่ายสินค้าได้อย่างรวดเร็วมากกว่าระบบเดิม [10]

5. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

ประกอบไปด้วย NodeMCU – 12E 2 ตัว เครื่องอ่าน RFID module (RC522) 2 ตัว

6. สถานที่และระยะเวลาดำเนินโครงงาน

6.1 สถานที่ออกแบบและทดลอง คือ โรงเรียนราชินี

6.2 ระยะเวลาดำเนินโครงงาน เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

7. ผลการพัฒนาระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน

7.1 ความสามารถในการทำงาน

1. สามารถตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือ ณ เวลาปัจจุบัน
2. สามารถแจ้งเตือนสินค้าประเภทที่หมดหรือเหลือน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทาง Application line

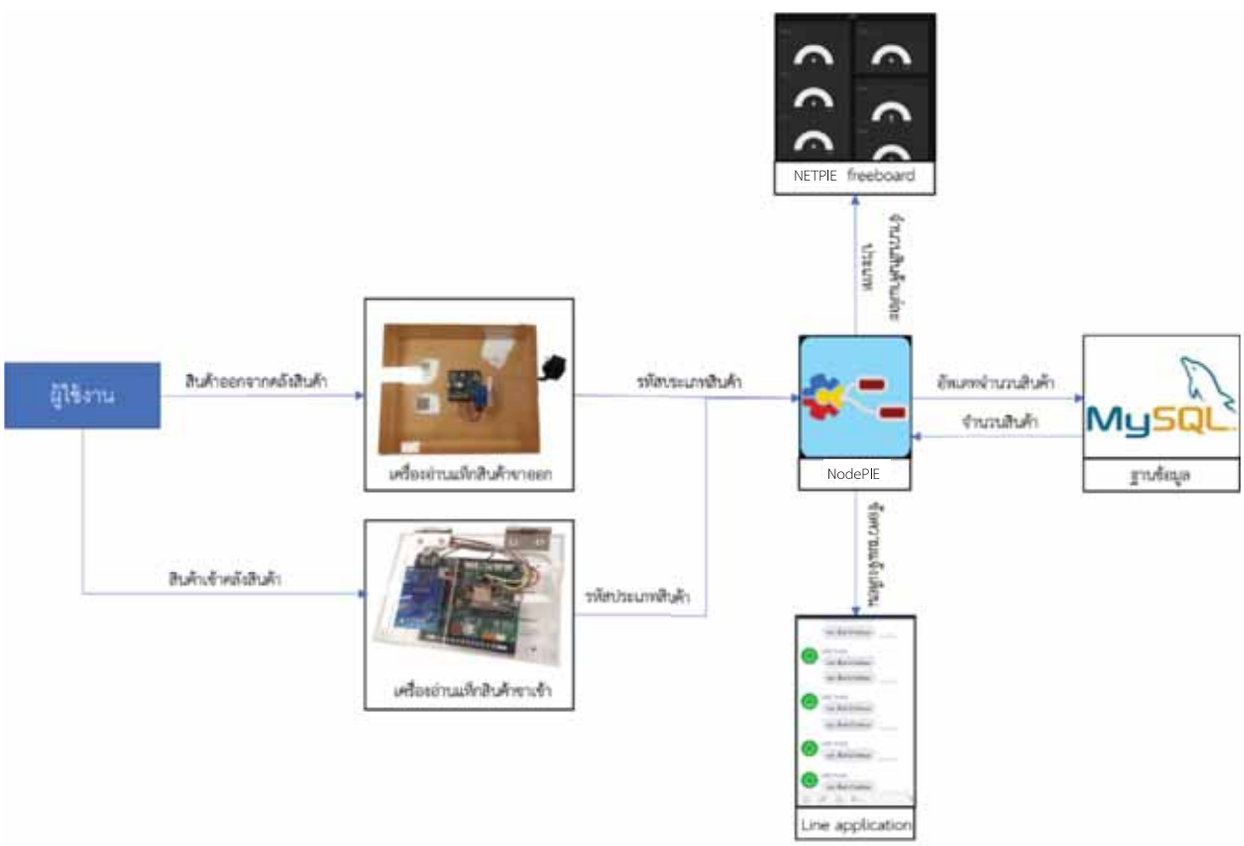
7.2 หลักการทำงานและส่วนประกอบ

ระบบตรวจนับจำนวนสินค้าและแจ้งเตือนประกอบไปด้วยเครื่องอ่านแท็กสินค้าขาเข้า เครื่องอ่านแท็กสินค้าขาออก ฐานข้อมูลสำหรับเก็บจำนวนสินค้า NodePIE สำหรับการเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับเครื่องอ่านแท็กสินค้า freeboard ของ NETPIE สำหรับแสดงจำนวนสินค้า และ Line Application สำหรับแจ้งเตือน

ระบบจะเริ่มทำงานจากการที่ผู้ใช้หยิบสินค้าออกจากคลังสินค้า ผ่านเครื่องอ่านแท็กสินค้าขาออก เครื่องจะทำการอ่านแท็กที่ติดอยู่กับสินค้านั้นจะทำให้ได้รหัสประเภทสินค้า รหัสจะถูกส่งไปให้กับ NodePIE ซึ่งมีหน้าที่ในการดึงข้อมูลสินค้าจากฐานข้อมูล รหัสสินค้าที่ได้มาจะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลสินค้าที่ดึงมาจากฐานข้อมูล เมื่อพบว่าตรงกับประเภทสินค้าประเภทไหนจะทำการลบจำนวนสินค้าประเภทนั้นออกไป 1 ชิ้น ทำการอัพเดทข้อมูลในฐานข้อมูลพร้อมทั้งส่งจำนวนสินค้าประเภทต่างๆไปแสดงผลบน freeboard นอกจากนี้ NodePIE ยังทำการส่งข้อความไปยัง Line Application ของพนักงาน เพื่อเป็นการแจ้งเตือนกรณีสินค้าประเภทนั้นๆเหลือน้อยกว่าที่กำหนด

สำหรับการนำสินค้าเข้ามาเติมในคลังสินค้า ผู้ใช้ต้องนำสินค้ามาติดแท็กรหัสประเภทสินค้าแล้วนำมาสแกนที่เครื่องอ่านแท็กสินค้าขาเข้า รหัสจะถูกส่งไปให้กับ NodePIE ซึ่งมีหน้าที่ในการดึงข้อมูลสินค้าจากฐานข้อมูล รหัสสินค้าที่ได้มาจะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลสินค้าที่ดึงมาจากฐานข้อมูล เมื่อพบว่าตรงกับประเภทสินค้าประเภทไหนจะทำการเพิ่มจำนวนสินค้าประเภทนั้น ทำการอัพเดทข้อมูลในฐานข้อมูลพร้อมทั้งส่งจำนวนสินค้าประเภทต่างๆไปแสดงผลบน freeboard

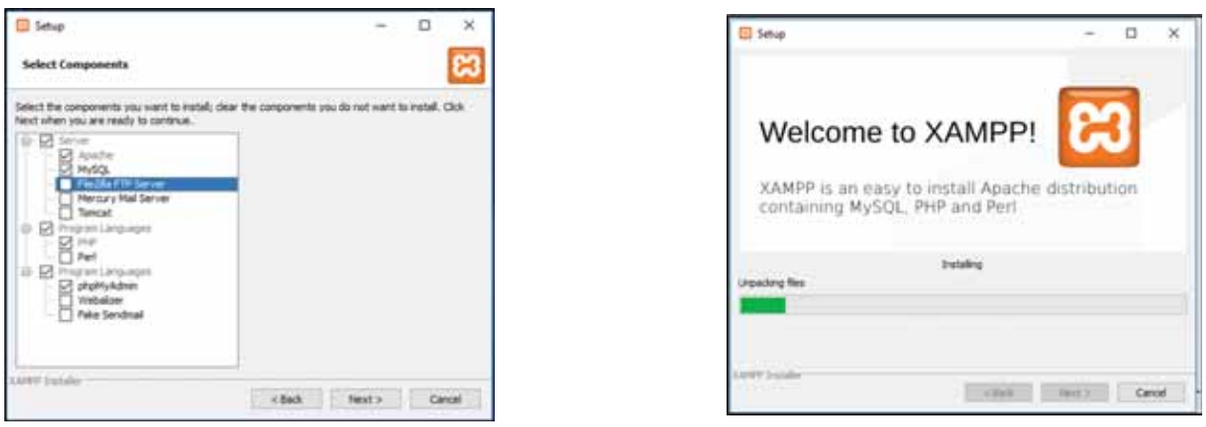
การทำงานทั้งหมดที่กล่าวมา แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หลักการทำงานและส่วนประกอบของระบบ

7.3 การพัฒนาฐานข้อมูล

ในการพัฒนาฐานข้อมูล จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม MySQL PHP Engine Apache Web server และ PhpMyadmin ผู้จัดทำโครงงานต้องลงทุกโปรแกรมที่กล่าวมาและต้องใช้เวลาในการกำหนดค่าต่างๆ ของโปรแกรมอีกมากมาย ทางผู้จัดทำโครงงานจึงเลือกใช้โปรแกรม XAMPP ที่เป็นชุดการติดตั้งโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกในการพัฒนาโครงงาน สามารถทำการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรมได้ที่ https://www.apachefriends.org/index.html ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วิธีการติดตั้งโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรม XAMPP ให้เปิดโปรแกรม XAMPP Control Panel เพื่อเปิดการทำงาน Apache Web server และ MySQL โดยคลิกที่ปุ่ม Start ของโปรแกรมดังกล่าว ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 การใช้งาน XAMPP Control Panel

จากนั้น ทำการเรียกใช้โปรแกรม PhpMyAdmin เปิด XAMPP Control Panel แล้วคลิกที่ปุ่ม Admin ของ MySQL ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 การเข้าใช้งาน PhpMyAdmin

เมื่อเข้าหน้าหลักของ PhpMyAdmin ให้สร้างฐานข้อมูลและสร้างตารางตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. จากหน้าหลักของ PhpMyAdmin ให้คลิกที่ลิงก์ Database จากนั้นพิมพ์ชื่อ scs ลงในช่อง Create Database จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Create ขั้นตอนนี้ผู้จัดทำได้สร้าง ฐานข้อมูลที่ชื่อ scs ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 การสร้างฐานข้อมูล

2. กดเมนู SQLสำหรับการสร้างตารางข้อมูล และพิมพ์คำสั่ง

CREATE TABLE item (ID_item int NOT NULL, name varchar(255), stock int, PRIMARY KEY (ID)); จากนั้นกดปุ่ม Go

3. เพิ่มเรคอร์ดใหม่ในตาราง item โดยคลิกที่เมนู SQL และพิมพ์คำสั่ง

INSERT INTO `item` (`ID_item`, `name`, `stock`) VALUES ('2064', 'item1', '10'), ('2087', 'item2', '11'), ('2139', 'item3', '10'), ('2824', 'item4', '12'), ('2832', 'item5', '8'), ('3649', 'item6', '11'), ('4473', 'item7, '11'); จากนั้นกดปุ่ม Go

7.4 การพัฒนาส่วน NETPIE Freeboard และ NodePIE

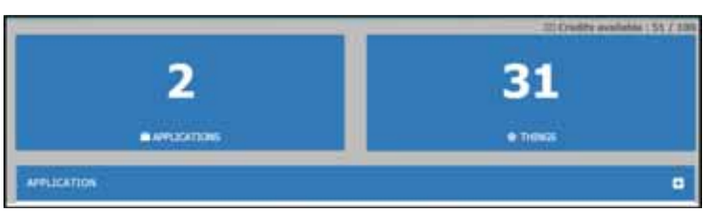
สามารถศึกษาขั้นตอนการเตรียมการใช้งาน NETPIE ได้ที่ https://netpie.io/tutorials

หลังเตรียมการใช้งาน NETPIE ให้ทำสร้างแอปพลิเคชันสำหรับใช้ในการทำโครงงานตรวจนับจำนวนสินค้าตามขั้นตอนไปนี้

1. ไปที่ https://netpie.io ทำการล็อกอิน ตามภาพที่ 7

ภาพที่ 7 หน้าโฮมเพจ NETPIE

2. เลือกที่ RESOURCES คลิกที่เมนู APPLICATION เพื่อเข้าไปยังหน้า Application management ทำการคลิกปุ่ม + สำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้า Application management

3. ปรากฏหน้าต่างสำหรับกำหนดรหัสประจำตัวแอปพลิเคชัน กดปุ่ม CREATE เพื่อสร้างรหัสประจำตัวแอปพลิเคชัน ตามภาพที่ 9

ภาพที่ 9 หน้าต่างสร้างรหัสประจำตัวแอปพลิเคชัน

4. หลังจากสร้างรหัสประจำตัวแอปพลิเคชัน ระบบจะพาไปที่หน้าของแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นมาใหม่ ให้ทำการสร้าง Application Key โดยคลิกที่ปุ่ม + ดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 การเพิ่ม Application Key

5. ภาพที่ 11 กำหนดชื่อของ Application Key และเลือกชนิดของ Key เป็น Device Key หลังหากสร้าง Application Key สามารถตรวจสอบรายละเอียดของ Application Key ที่สร้างได้โดยคลิกที่ชื่อ Key

ภาพที่ 11 หน้าต่างสร้าง Application Key

6. สร้าง Application Key แบ่งเป็น Device Key 8 Key และ Session Key 1 key

7. สร้าง freeboard สำหรับแสดงจำนวนสินค้าประเภทต่างๆ ดังภาพที่ 12 โดยสามารถศึกษาข้อมูลการใช้งานได้ที่ https://netpie.gitbooks.io/freeboard-reference/content/

ภาพที่ 12 freeboard

8. ทำการติดตั้ง NodePIE ผู้จัดทำโครงงานสามารถศึกษาวิธีการติดตั้งและ ใช้งาน NodePIE ได้ที่https:// netpie. gitbooks.io /node-red/content/chapter1.html

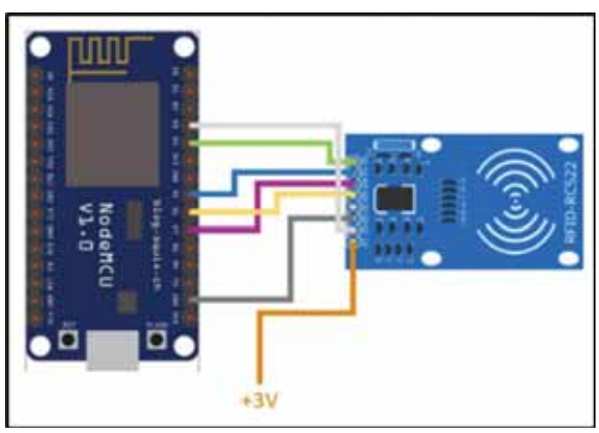
9. Source code ส่วนพัฒนา Nodepie ดาวโหลดได้ที่

7.5 การพัฒนาเครื่องอ่านแท็กสินค้า

1. สามารถศึกษาการติดตั้ง Arduino IDE และการใช้งานร่วมกันระหว่าง NodeMCU กับ NETPIE ได้ที่ https://netpie.gitbooks.io/nodemcu-esp8266-on netpie/content/ chapter1.html

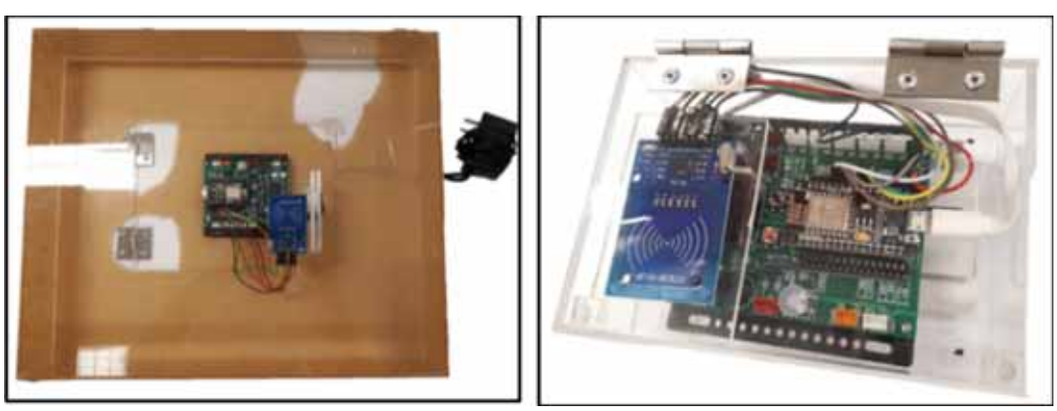
2. สามารถติดตั้ง Arduino Libraries สำหรับการพัฒนา RFID module (RC522) ได้ที่ https:// github .com/miguelbalboa/rfid

3. อุปกรณ์ประกอบเครื่องอ่านแท็กสินค้าขาออก และเครื่องอ่านแท็กสินค้าขาเข้าประกอบไปด้วย NodeMCU และเครื่องอ่าน RFID module (RC522) โดยทำการเชื่อมต่อขา ตามภาพที่ 13-14



NodeMCU	RFID module (RC522)
D4	SDA
D5	SCK
D7	MOSI
D6	MISO
D3	RST

ภาพที่ 13 การเชื่อมต่อ NodeMCU กับ RFID



ภาพที่ 14 เครื่องอ่านแท็กสินค้าขาออกและเครื่องอ่านแท็กสินค้าขาเข้า

หมายเหตุ สำหรับ Source code ของเครื่องอ่านแท็กสินค้า download ได้ที่

Source Code ของ SCS Stock Checking System

RFID ตรวจนับสินค้าเข้า

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MicroGear.h>
const char* ssid     = "";
const char* password = "";
char str[32];
#define APPID   ""
#define KEY     ""
#define SECRET  ""
#define ALIAS   "ESPID_readadd"
#define SS_PIN D4
#define RST_PIN D3
String strID;
MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN); // Instance of the class
MFRC522::MIFARE_Key key;
// Init array that will store new NUID
byte nuidPICC[4];
WiFiClient client;
int timer = 0;
MicroGear microgear(client);
/* If a new message arrives, do this */
void onMsghandler(char *topic, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
    Serial.print("Incoming message --> ");
    msg[msglen] = '\0';
    Serial.println((char *)msg);
}

/* When a microgear is connected, do this */
void onConnected(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
    Serial.println("Connected to NETPIE...");
    /* Set the alias of this microgear ALIAS */
    microgear.setAlias(ALIAS);
}
void setup() {
    /* Add Event listeners */
    /* Call onMsghandler() when new message arraives */
    microgear.on(MESSAGE,onMsghandler);
    /* Call onConnected() when NETPIE connection is established */
    microgear.on(CONNECTED,onConnected);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Starting...");
    /* Initial WIFI, this is just a basic method to configure WIFI on ESP8266.                       */
    /* You may want to use other method that is more complicated, but provide better user experience */
    if (WiFi.begin(ssid, password)) {
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            delay(500);
            Serial.print(".");
        }
    }
```

```
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    /* Initial with KEY, SECRET and also set the ALIAS here */
    microgear.init(KEY,SECRET,ALIAS);
    /* connect to NETPIE to a specific APPID */
    microgear.connect(APPID);

  SPI.begin(); // Init SPI bus
  rfid.PCD_Init(); // Init MFRC522
  for (byte i = 0; i < 6; i++) {
    key.keyByte[i] = 0xFF;
  }
  Serial.println(F("This code scan the MIFARE Classsic NUID."));
  Serial.print(F("Using the following key:"));
  printHex(key.keyByte, MFRC522::MF_KEY_SIZE);
}
void loop() {
  String strID = "";
     if (microgear.connected()) {
        Serial.println("connected");
        /* Call this method regularly otherwise the connection may be lost */
        microgear.loop();

        if (timer >= 1000) {
          if ( ! rfid.PICC_IsNewCardPresent())
          return;

          // Verify if the NUID has been readed
          if ( ! rfid.PICC_ReadCardSerial())
          return;

          Serial.print(F("PICC type: "));
          MFRC522::PICC_Type piccType = rfid.PICC_GetType(rfid.uid.sak);
          Serial.println(rfid.PICC_GetTypeName(piccType));

          // Check is the PICC of Classic MIFARE type
          if (piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_MINI &&
          piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_1K &&
          piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_4K) {
          Serial.println(F("Your tag is not of type MIFARE Classic."));
          return;
          }
byte sector         = 1;
            byte blockAddr      = 4;
            byte trailerBlock   = 7;
            MFRC522::StatusCode status;
            byte buffer[18];
            byte size = sizeof(buffer);
            Serial.println(F("Authenticating using key A..."));
            status = (MFRC522::StatusCode) rfid.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A, trailerBlock, &key, &(rfid.uid));
            if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
                Serial.print(F("PCD_Authenticate() failed: "));
                Serial.println(rfid.GetStatusCodeName(status));
                return;
            }
```

```
            Serial.println(F("A  card has been detected."));
               // Show the whole sector as it currently is
            /*Serial.println(F("Current data in sector:"));
            rfid.PICC_DumpMifareClassicSectorToSerial(&(rfid.uid), &key, sector);
            Serial.println();*/
            // Read data from the block
            Serial.print(F("Reading data from block ")); Serial.print(blockAddr);
            Serial.println(F(" ..."));
            status = (MFRC522::StatusCode) rfid.MIFARE_Read(blockAddr, buffer, &size);
            if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
               Serial.print(F("MIFARE_Read() failed: "));
               Serial.println(rfid.GetStatusCodeName(status));
            }
            for (byte i = 0; i < 2; i++) {
               Serial.println(buffer[i], DEC);
                strID +=
                String(buffer[i], DEC) ;
                 strID.toUpperCase();
            }
           delay(1000);
            Serial.println("Publish...");
            Serial.print("Tap card data: ");
            Serial.println(strID);
            //Serial.println("Analog pin A0 = " + String(valA0));
            /* Chat with the microgear named ALIAS which is myself */
            microgear.publish("/ESPID_AddItem",strID);
            timer = 0;
              // Halt PICC
            rfid.PICC_HaltA();
  // Stop encryption on PCD
           rfid.PCD_StopCrypto1();
        }
        else timer += 100;
    }
    else {
        Serial.println("connection lost, reconnect...");
        if (timer >= 5000) {
            microgear.connect(APPID);
            timer = 0;
        }
        else timer += 100;
    }
    delay(100);

}
void printHex(byte *buffer, byte bufferSize) {
for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(buffer[i], HEX);
}
}
void printDec(byte *buffer, byte bufferSize) {
for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(buffer[i], DEC);
}
}
```

RFID ตรวจนับสินค้าออก

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MicroGear.h>

const char* ssid     = "";
const char* password = "";
char str[32];
#define APPID   ""
#define KEY     ""
#define SECRET  ""
#define ALIAS   "ESPID_readremove"
#define SS_PIN D4
#define RST_PIN D3
String strID;
MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN); // Instance of the class
MFRC522::MIFARE_Key key;
// Init array that will store new NUID
byte nuidPICC[4];
WiFiClient client;
int timer = 0;
MicroGear microgear(client);

/* If a new message arrives, do this */
void onMsghandler(char *topic, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
    Serial.print("Incoming message --> ");
    msg[msglen] = '\0';
    Serial.println((char *)msg);
}
/* When a microgear is connected, do this */
void onConnected(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
    Serial.println("Connected to NETPIE...");
    /* Set the alias of this microgear ALIAS */
    microgear.setAlias(ALIAS);
}
void setup() {
    /* Add Event listeners */
    /* Call onMsghandler() when new message arraives */
    microgear.on(MESSAGE,onMsghandler);
    /* Call onConnected() when NETPIE connection is established */
    microgear.on(CONNECTED,onConnected);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Starting...");
    /* Initial WIFI, this is just a basic method to configure WIFI on ESP8266.                       */
    /* You may want to use other method that is more complicated, but provide better user experience */
    if (WiFi.begin(ssid, password)) {
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            delay(500);
            Serial.print(".");
        }
    }
```

```
Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    /* Initial with KEY, SECRET and also set the ALIAS here */
    microgear.init(KEY,SECRET,ALIAS);
    /* connect to NETPIE to a specific APPID */
    microgear.connect(APPID);

  SPI.begin(); // Init SPI bus
  rfid.PCD_Init(); // Init MFRC522
  for (byte i = 0; i < 6; i++) {
    key.keyByte[i] = 0xFF;
  }
  Serial.println(F("This code scan the MIFARE Classsic NUID."));
  Serial.print(F("Using the following key:"));
  printHex(key.keyByte, MFRC522::MF_KEY_SIZE);
}
void loop() {
  String strID = "";
     if (microgear.connected()) {
        Serial.println("connected");
        /* Call this method regularly otherwise the connection may be lost */
        microgear.loop();

        if (timer >= 1000) {
          if ( ! rfid.PICC_IsNewCardPresent())
          return;

          // Verify if the NUID has been readed
          if ( ! rfid.PICC_ReadCardSerial())
          return;

          Serial.print(F("PICC type: "));
          MFRC522::PICC_Type piccType = rfid.PICC_GetType(rfid.uid.sak);
          Serial.println(rfid.PICC_GetTypeName(piccType));

          // Check is the PICC of Classic MIFARE type
          if (piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_MINI &&
          piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_1K &&
          piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_4K) {
          Serial.println(F("Your tag is not of type MIFARE Classic."));
          return;
          }
            byte sector         = 1;
            byte blockAddr      = 4;
            byte trailerBlock   = 7;
            MFRC522::StatusCode status;
            byte buffer[18];
            byte size = sizeof(buffer);
            Serial.println(F("Authenticating using key A..."));
            status = (MFRC522::StatusCode) rfid.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A, trailerBlock, &key, &(rfid.uid));
            if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
                Serial.print(F("PCD_Authenticate() failed: "));
                Serial.println(rfid.GetStatusCodeName(status));
                return;
            }
```

```
Serial.println(F("A  card has been detected."));
            // Show the whole sector as it currently is
          /*Serial.println(F("Current data in sector:"));
          rfid.PICC_DumpMifareClassicSectorToSerial(&(rfid.uid), &key, sector);
          Serial.println();*/
          // Read data from the block
          Serial.print(F("Reading data from block ")); Serial.print(blockAddr);
          Serial.println(F(" ..."));
          status = (MFRC522::StatusCode) rfid.MIFARE_Read(blockAddr, buffer, &size);
          if (status != MFRC522::STATUS_OK) {
              Serial.print(F("MIFARE_Read() failed: "));
              Serial.println(rfid.GetStatusCodeName(status));
          }
              for (byte i = 0; i < 2; i++) {
              Serial.println(buffer[i], DEC);
               strID +=
               String(buffer[i], DEC) ;
                strID.toUpperCase();
          }
        delay(1000);
          Serial.println("Publish...");
          Serial.print("Tap card data: ");
          Serial.println(strID);
          //Serial.println("Analog pin A0 = " + String(valA0));
          /* Chat with the microgear named ALIAS which is myself */
          microgear.publish("/ESPID_RAItem",strID);
          timer = 0;
            // Halt PICC
          rfid.PICC_HaltA();
 // Stop encryption on PCD
          rfid.PCD_StopCrypto1();
      }
      else timer += 100;
  }
  else {
      Serial.println("connection lost, reconnect...");
      if (timer >= 5000) {
          microgear.connect(APPID);
          timer = 0;
      }
      else timer += 100;
  }
  delay(100);

}
/**
Helper routine to dump a byte array as hex values to Serial.
*/
void printHex(byte *buffer, byte bufferSize) {
for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(buffer[i], HEX);
}
}
```

```
/**
Helper routine to dump a byte array as dec values to Serial.
*/
void printDec(byte *buffer, byte bufferSize) {
for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(buffer[i], DEC);
}
}
```

8. วิธีการและผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

การทดสอบประสิทธิภาพ ได้นำสินค้าตัวอย่างในห้องสหกรณ์ 7 ชนิด ได้แก่ กระดาษรีม กระเป๋าใส่เอกสาร สมุด กล่องสี กระเป๋าดินสอ น้ำยาลบคำผิด กระดาษทิชชู่ มาติดแท็กรหัสประเภทสินค้า สำหรับการทดสอบความถูกต้องในการตรวจนับจำนวนสินค้าที่คงเหลือในคลังสินค้า และทดสอบความถูกต้องในการแจ้งเตือนสินค้าที่เหลือน้อยกว่าที่กำหนดไปยัง Line Application โดยจะให้สินค้าแต่ละชนิดนำเข้าและออกจากคลังสินค้าอย่างละ 10 ครั้ง

8.1 การทดสอบความถูกต้องในการตรวจนับสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าออกจากคลังสินค้าแสดงในตาราง 1 และการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าเข้าคลังสินค้าแสดงในตาราง 2

ตารางที่ 1 ผลทดสอบความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าเข้าคลังสินค้า

ชนิดสินค้า	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	สรุป
กระดาษรีม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	70.00%
กระเป๋าใส่เอกสาร	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	×	70.00%
สมุด	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	80.00%
กล่องสี	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	80.00%
กระเป๋าดินสอ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	90.00%
น้ำยาลบคำผิด	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	90.00%
กระดาษทิชชู่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%

จากตารางที่ 1 พบว่ามีความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าเข้าคลังสินค้า โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 81.43% ซึ่งจัดว่ามีประสิทธิภาพในระดับสูง โดยสินค้าประเภททิชชู่สามารถตรวจนับจำนวนได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง ส่วนสินค้าประเภทกระเป๋าใส่เอกสารและกระดาษรีม ไม่สามารถตรวจนับได้อย่างถูกต้องเพียง 3 ครั้งจาก 10 ครั้ง ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงเราสามารถป้องกันความผิดพลาดของสินค้าประเภทเหล่านี้ได้ โดยระมัดระวังในขณะนำสิ้นเข้าคลังหรือใช้การตรวจสอบด้วยตาควบคู่ไปด้วย

ตารางที่ 2 ผลทดสอบความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าออกจากคลังสินค้า

ชนิดสินค้า	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	สรุป
กระดาษรีมเ	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	90.00%
กระเป๋าใส่เอกสาร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
สมุด	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	80.00%
กล่องสี	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
กระเป๋าดินสอ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
น้ำยาลบคำผิด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
กระดาษฟิชชู่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%

จากตารางที่ 2 พบว่ามีความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าออกจากคลังสินค้า โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 95.71% ซึ่งจัดว่ามีประสิทธิภาพในระดับสูงค่อนข้างมาก มีเพียงสินค้าประเภทกระดาษรีมและสมุดที่ไม่สามารถตรวจนับจำนวนสินค้าได้อย่างถูกต้องเพียง 1 ครั้งจากทั้งหมด 10 ครั้ง

จากข้อมูลผลการทดสอบในตารางที่ 1 และ 2 จึงสรุปได้ว่า ระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน ที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้ มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ในการตรวจนับสินค้าคงเหลือในคลังสินค้าในระดับสูง มีความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนสินค้าอยู่น้อยเนื่องจากขนาดของสินค้าที่ใหญ่ทำให้การอ่าน Tag RFID ที่ติดอยู่ที่สินค้าไม่ถูกอ่านเนื่องจากอุปกรณ์ตัวอ่าน RFID ที่เลือกมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาตัวต้นแบบซึ่งมีระยะทางในการอ่านที่ไม่มาก ซึ่งในการนำไปใช้งานเราสามารถป้องกันความผิดพลาดโดยการทำการตรวจสอบด้วยมนุษย์ด้วยก็ได้

8.2 การทดสอบความถูกต้องในการแจ้งเตือนสินค้าที่เหลือน้อยกว่าที่กำหนด ไปยัง Line Application ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนไปยัง Line Application

จำนวนสินค้า	เหลือ10ชิ้น	เหลือ9ชิ้น	เหลือ8ชิ้น	เหลือ7ชิ้น	เหลือ6ชิ้น	เหลือ5ชิ้น	เหลือ4ชิ้น	เหลือ2ชิ้น	เหลือ1ชิ้น	เหลือ0ชิ้น	สรุป
เหลือ5ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ5ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ5ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ3ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ3ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ5ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%
เหลือ5ชิ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00%

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบความถูกต้องในการแจ้งเตือนสินค้าทั้ง 7 ชนิด ไปยัง Application Line ของผู้ใช้งาน จากการที่ได้นำสินค้าเข้าและออกจากทั้ง 10 ครั้ง อยู่ที่ 100% ซึ่งเป็นระดับประสิทธิภาพระดับสูงมาก

9. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน

ได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบการตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน จากนักเรียนจำนวน 27 คน ครู 8 คน ผลแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบการตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน

ข้อ	รายการ	$\overline{X}$	SD.	ระดับ
	ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ	4.43	0.8	**มาก**
1	ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.51	0.66	มากที่สุด
2	ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล	4.63	0.55	มากที่สุด
3	ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.31	0.9	มาก
4	ความเหมาะสมของขั้นตอนการเข้าใช้งานระบบ	4.46	0.7	มาก
5	ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกสินค้าออกจากคลังสินค้า	4.54	0.82	มากที่สุด
6	ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกสินค้านำเข้าคลังสินค้า	4.43	0.92	มาก
7	การจัดการรักษาความปลอดภัย และกำหนดสิทธิ์ในการใช้งาน	3.97	1.04	มาก
8	ระบบตรวจนับจำนวนสินค้าฯช่วยทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น	4.6	0.77	มากที่สุด
	ด้านการออกแบบ	4.51	0.85	**มากที่สุด**
9	ความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าแสดงผล	4.37	0.73	มาก
10	การจัดวางรูปแบบหน้าแสดงผลง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.46	0.66	มาก
11	ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.71	1.11	มากที่สุด
12	ความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ	4.51	0.89	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผู้ใช้จำนวน 35 คน ได้ผลประเมินด้านประสิทธิภาพและประโยชน์การใช้งานของระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือนอยู่ในระดับที่ “มากที่สุด” ($\overline{x}$ =4.51;SD.=0.85) ด้านการออกแบบตัวอุปกรณ์ของระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือนอยู่ในระดับที่ “มากที่สุด” ($\overline{x}$ =4.51;SD.=0.89) จึงสรุปรวมได้ว่า เมื่อนำระบบตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือนมาใช้กับสหกรณ์โรงเรียนราชินี ทำให้ผู้ใช้บริการพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการให้บริการของสหกรณ์เพิ่มขึ้น หรือพึงพอใจมากกว่าการให้บริการแบบเดิม

10. สรุปผล

ระบบการตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน (SCS Stock Checking System) ที่พัฒนา มีความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าเข้าคลังสินค้า 81.43% มีความถูกต้องในการตรวจนับสินค้ากรณีนำสินค้าออกจากคลังสินค้า 95.71% มีความถูกต้องในการแจ้งเตือนสินค้าไปยัง Application Line ของผู้ใช้งานอยู่ที่ 100 % สามารถแสดงจำนวนสินค้าประเภทต่างๆได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งสามารถแจ้งเตือนสินค้าที่มีจำนวนน้อยกว่าที่ได้กำหนด ช่วยในการจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากเดิม ดังจะเห็นได้ว่าผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจระดับมากที่สุดสำหรับด้านการออกแบบ และด้านประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับที่มาก

ประการสำคัญ ด้วยการออกแบบระบบการตรวจนับสินค้าและแจ้งเตือน (SCS Stock Checking System) ที่มีความยืดหยุ่นและสร้างได้ไม่ยุ่งยาก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรัฐวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ต่างๆ ในประเทศไทยได้ ซึ่งจะส่งผลประสิทธิภาพระบบการจัดการคลังสินค้าที่ดีขึ้น ช่วยเพิ่มยอดขายจากการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ช่วยลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้าทำให้มีกำไรมากขึ้น และเสริมสภาพคล่องทางการเงินที่ดีขึ้น

11. เอกสารอ้างอิง

[1] ฝ่ายนโยบายและแผนส่งเสริม SMEs (2560). แผนการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมฉบับที่ 4 (พ.ศ.2560-2564) : สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.

[2] นฎา วะสี และคณะ (2561). มุมมองสินเชื่อธุรกิจไทยจากข้อมูลสัญญา ตอนที่1, Abridged making research accessible, 1-10

[3] วิรไท สันติประภพ (2560). SMEs กับการนำไทยให้ก้าวไกลไปกับโลกยุค 4.0, 18 พฤศจิกายน 2560 โรงแรมไดมอรด์พลาซ่า จ.สุราษฎร์ธานี. กรุงเทพ : สภาหอการค้าไทย

[4] ธนาคารไทยพานิจย์ (2556). จัดระเบียบคลังสินค้า ..ใครว่าไม่จำเป็น, 25 กุมภาพันธ์ 2562. https:// scbsme.scb.co.th/seminar-detail/109

[5] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2559). ตัวอย่างกรณีศึกษาของธุรกิจ SMEs เรื่องการบริหารจัดการสินค้าคงเหลือ

[6] brainasset.(2558).คลังสินค้าคืออะไร, 25 กุมภาพันธ์ 2562. http://www.brainasset.com/ blog.php?blog=15&c_id=9

[7] Healthcare Supply Chain Excellence Centre (2558). Warehouse Operations and Management, 25 กุมภาพันธ์ 2562. http://www.loghealth.mahidol.ac.th/file/file-6-29-2015-3-49-12-PM.pdf

[8] วัชรากร หนูทอง และคณะ (2547). RFIDเทคโนโลยีสารพัดประโยชน์, สาร NECTECH, 15-22

[9] ประภาสิริ อุปเทศวิศาล.(2557).การพัฒนาระบบจัดการสิ่งของทูลเกล้าฯ ถวาย สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี โดยใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี, 25 กุมภาพันธ์ 2562. https:// www.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/34924

[10] พีระยา สาโมทย์. (2552). การศึกษาแนวทางการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการนำเข้าและส่งออกสินค้าโดยระบบ RFIDเขตปลอดอากร ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[11] RFID พร้อมตัวอย่างการต่อใช้งาน, 27 กุมภาพันธ์ 2562, https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/rfid-basic.html

[12] NETPIE: Internet of Things, 28 กุมภาพันธ์ 2562, https://www.nectec.or.th/innovation /innovation-software/netpie.html

[13] รู้จักเทคโนโลยี Cloud Computing (คลาวด์ คอมพิวติ้ง) กับ NETPIE (เน็ตพาย), 28 กุมภาพันธ์ 2562, http://www.mindphp.com/forums/viewtopic.php?f=215&t=43372

[14] การใช้งาน Node-RED คู่กับ NETPIE, 28 กุมภาพันธ์ 2562, https://netpie.gitbooks.io /node-red/content/

[15] การใช้งาน Node-RED บน Raspberry Pi, 28 กุมภาพันธ์ 2562,
http://www.eduthaieasyelec.com/16623242/การใช้งาน-node-red-บน-raspberry-pi
[16] Line คืออะไร, 28 กุมภาพันธ์ 2562,
https://www.ninetechno.com/a/การใช้-line-application/1136-ไลน์คืออะไร.html
[17] ธีรวุธ จิตพรมมา, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. เริ่มต้นเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Thing (IoT) กับ NodeMCU. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์จำกัด

12. ประวัติผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-นามสกุล นายอภิชาติ อินทนิน
ประวัติการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
เอกวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพันธวี บุญยอม
ประวัติการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์

นักเรียน

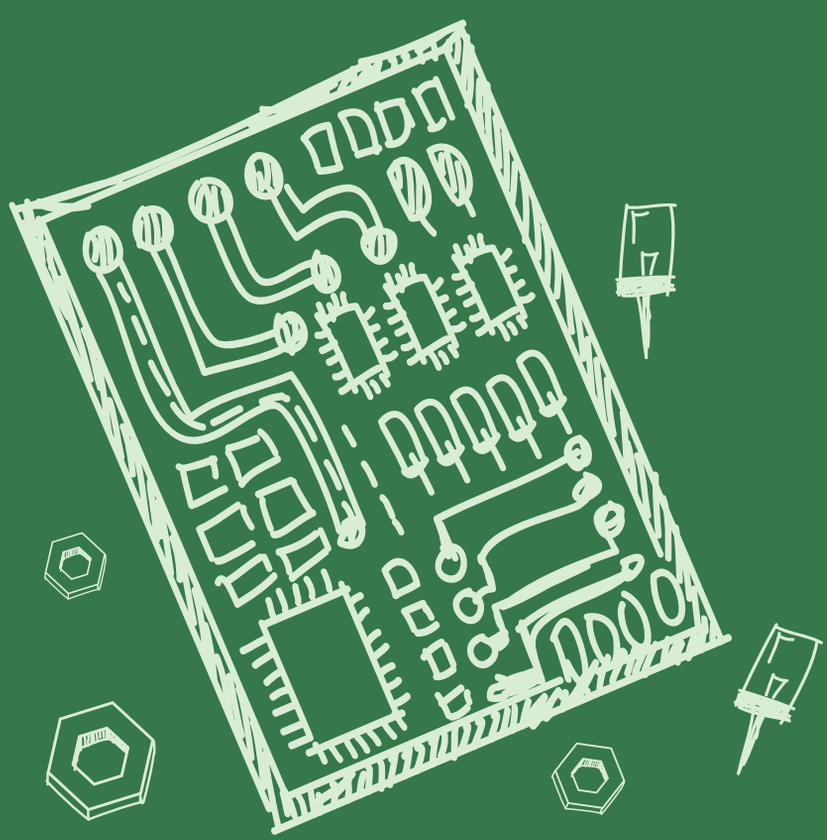
ชื่อ-นามสกุล นางสาวกัลยลักษณ์ ฉิมโฉม
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนราชินี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวณัฐธิดา จันทร์ตรี
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนราชินี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกัลยรักษ์ เดชปรีชาชัย
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนราชินี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวปาลินี นพวงศ์ ณ อยุธยา
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนราชินี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวภวรัญชน์ จิตต์ภาณุโสภณ
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต โรงเรียนราชินี



ภาคผนวก 4

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน
ชื่อโครงงาน CUD Smart Plug
(ปลั๊กพ่วงไฟฟ้าอัจฉริยะ)

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน

ชื่อโครงงาน CUD Smart Plug (ปลั๊กพ่วงไฟฟ้าอัจฉริยะ)

ผู้ร่วมดำเนินการ

สถานศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

ผู้บริหารสถานศึกษา

อาจารย์พรพรหม ชัยฉัตรพรสุข (ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมและรองคณบดีคณะครุศาสตร์)

ครูที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชยการ คีรีรัตน์

นักเรียน

เด็กชายปริณ อุทัยสุข

นางสาวฐิวรินท์ สุดใจประภารัตน์

นางสาวมนรดา ชิวหวรรณ

นายสรสิช สิรวัฒนากุล

ผู้ทรงคุณวุฒิ / ที่ปรึกษา

ดร. อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง

ดร. ศุภเดช ฉันจรัสวิชัย

CUD Smart Plug ปลั๊กพ่วงไฟฟ้า

ตัวกล่อง (ด้านข้าง) สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

1. บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกประสบกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า และทรัพยากรหลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ (ฟอสซิล) และถ่านหินที่เริ่มหมดไป ซึ่งตรงข้ามกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปอย่างสิ้นเปลือง

ถ้าผู้ใช้สามารถรับรู้การใช้กระแสไฟฟ้า ทั้งโดยตั้งใจหรือการใช้อย่างไม่ตั้งใจ รวมถึงสามารถควบคุมโดยการสั่งการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำงานหรือหยุดทำงานได้ในระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ที่ผู้ใช้เคยชินกับการใช้งานในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว ก็จะช่วยให้เกิดการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ซึ่งในภาพรวมก็จะส่งผลต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรด้านพลังงานด้วยเช่นกัน

โครงงานนี้ นำแนวคิดของ ระบบปลั๊กอัจฉริยะ (Smart Plug System) ซึ่งหมายถึง ระบบปลั๊กที่ทำงานอัตโนมัติ แม่นยำ และใช้งานได้ง่าย โดยผู้ใช้สามารถความคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการ Android ได้ ผู้ใช้สามารถรับรู้การใช้งานปริมาณไฟฟ้าของตนเองในช่วงเวลาต่างๆ ที่ผู้ใช้สามารถเห็นหรือ

เปรียบเทียบปริมาณการใช้หรือค่าใช้จ่ายได้อย่างสะดวก และสามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าได้อย่างสะดวกผ่านเครื่องมือที่มีใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน เช่น สมาร์ตโฟน ซึ่งการเห็นค่าใช้จ่ายและภาระการใช้งานโดยไม่จำเป็นหรือละเลยการดูแลจะช่วยให้ผู้ใช้เกิดความตระหนักต่อการใช้งานซึ่งจะนำไปสู่จิตแห่งการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 ออกแบบ และสร้าง CUD Smart Plug (ปลั๊กพ่วงไฟฟ้าอัจฉริยะ)

2.2 ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ CUD Smart Plug

2.3 ประเมินความเห็นของผู้ใช้ต่อ CUD Smart Plug

3. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.1 อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

หมายถึง ระบบที่ควบคุมอุปกรณ์ หรือ สิ่งของต่างๆ โดยอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกันผ่านอินเทอร์เน็ตได้เอง มีเป้าหมายเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน นอกจากนี้ด้วยสาเหตุที่ว่า อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ทันที ทำให้แก้ปัญหาเรื่องขีดจำกัดของสถานที่ และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เทคโนโลยีในอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งแบ่งเป็น

1. เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งรับรู้ข้อมูล: ทำหน้าที่รับค่าข้อมูล
2. เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งประมวลผลข้อมูล: ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล (Embedded device) จะรับค่าจากเซนเซอร์มาประมวลผล เช่น Node MCU เป็นต้น
3. เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งสามารถสื่อสารกัน: ทำหน้าที่เชื่อม Embedded device เข้าด้วยกัน (Connecting) มีทั้งในรูปแบบมีสาย และไร้สาย (Wiring and Wireless) เช่น RS-485 (มีสาย), Bluetooth (ไร้สาย) เป็นต้น
4. เทคโนโลยีที่แสดงผลจากการประมวลผลของสรรพสิ่ง: ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลที่ผ่านการประมวลผล (Monitoring)

3.2 การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing)

หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ประมวลผลในระบบอินเทอร์เน็ตบนรูปแบบโครงสร้างการประมวลผลขนาดใหญ่ โดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงการประมวลผล และแบ่งปันทรัพยากรร่วมกันผ่านบริการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันเทคโนโลยีการประมวลผลกลุ่มเมฆเป็นปัจจัยสำคัญในการบริหารธุรกิจในหลายๆด้าน ทั้งการจัดการต้นทุน และการสารสนเทศต่างๆ เนื่องจากการเข้าถึงบริการระบบประมวลผลกลุ่มเมฆทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีอุปกรณ์รองรับระบบที่มีประสิทธิภาพสูง

3.3 เน็ตพาย (NETPIE)

เป็น Cloud Platform ที่เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งาน มีเว็บท่า (Web portal) ที่สามารถลงทะเบียน และจัดการตัวตนกับสิทธิ เน็ตพายเป็น Middleware ซึ่งทำหน้าที่ให้อุปกรณ์ต่างๆรับ-ส่งข้อมูล โดยขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (Auto-scale) สามารถดูแล และซ่อมแซมตัวเองได้อัตโนมัติ ไมโครเกียร์ (Microgear) คือ ซอฟต์แวร์ไลบรารีของ

เน็ตพายที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการ เชื่อมต่อสื่อสารผ่านคลาวด์ของเน็ตพายไมโครเกียร์ (NETPIE Microgear) ทำหน้าที่ดูแลการเชื่อมต่อ

3.4 ระบบปฏิบัติการแอนดรอย (Android)

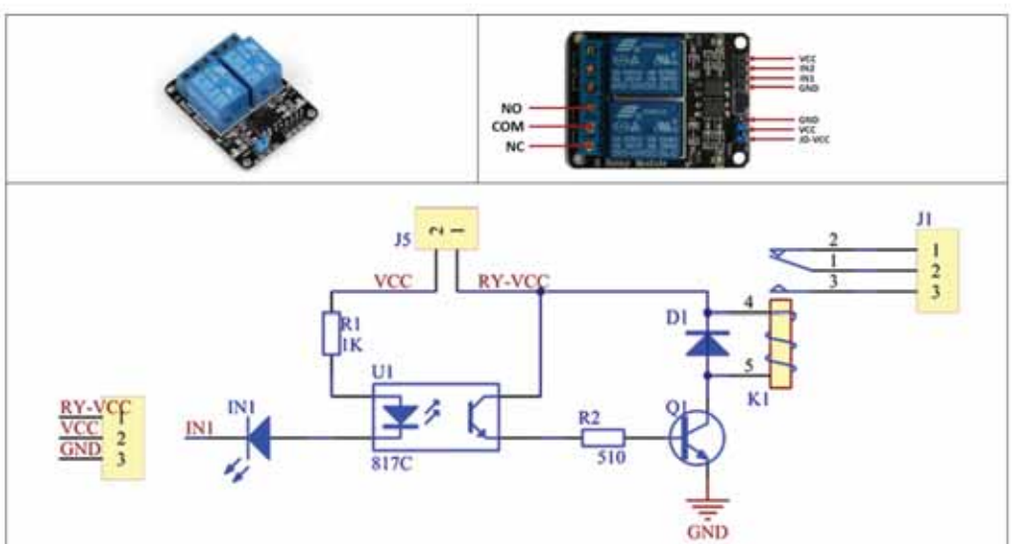
Android OS คือ ระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพาที่ทำงานบน Linux Kernel เริ่มพัฒนาโดยบริษัท Android จากนั้นบริษัท Android ถูกซื้อโดยบริษัทกูเกิ้ล และถูกพัฒนาต่อด้านลิขสิทธิ์ของโค้ด ในลักษณะของซอฟต์แวร์เสรี หรือ ซอฟต์แวร์ที่เปิดเผย (Open Source) ทำให้นักพัฒนาสามารถแก้ไข ดัดแปลงโค้ด Android ได้อย่างอิสระ

3.5 App Inventor

โปรแกรม MIT APP Inventor เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ Android และแท็บเล็ต ที่อำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาในรูปแบบของการประกอบแบบลอจิคัลบล็อก (Logical Block) ลักษณะเดียวกับโปรแกรมภาษา Scratch Visual Programming Language ซึ่งเป็นการนำวิชวลบล็อก (Visual Blocks) มาประกอบเป็นคำสั่งแทนการเขียนโค้ดที่เป็นคำสั่งภาษาอังกฤษเหมือนภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป ทำให้ผู้ที่สนใจจะพัฒนาซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์โทรศัพท์ Android ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการโปรแกรมภาษามาก่อนก็สามารถเริ่มต้นการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับโทรศัพท์ Android ได้โดยง่าย

3.6 โมดูลรีเลย์ (Relay Module)

รีเลย์ประกอบไปด้วยขดลวด วงจรควบคุมการทำงาน และหน้าสัมผัสที่ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์สำหรับ ตัด/ต่อวงจร ซึ่งประกอบไปด้วยหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC) และหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ซึ่งปกติทั้งสองขาจะต่อกับขาร่วม (Com หรือ Common) บอร์ดรีเลย์ขนาด 2 ช่องมีตัวต่อเอาต์พุทที่สามารถใช้ขับโหลดได้ ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) โดยใช้สัญญาณทรานซิสเตอร์ลอจิก (TTL) ในการควบคุมการทำงานด้วย เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะไปดึงดูดหน้าสัมผัสทั้งสองให้มาแตะกัน ซึ่งจะทำให้เกิดวงจรปิด ในการใช้งานต้องระวังไม่ใช้แรงดันมากกว่าที่ระบุไว้เนื่องจากขดลวดภายในอาจขาดได้ หรือ หากใช้แรงดันต่ำมาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ภาพที่ 1 แสดงลักษณะรีเลย์และโครงสร้างภายใน

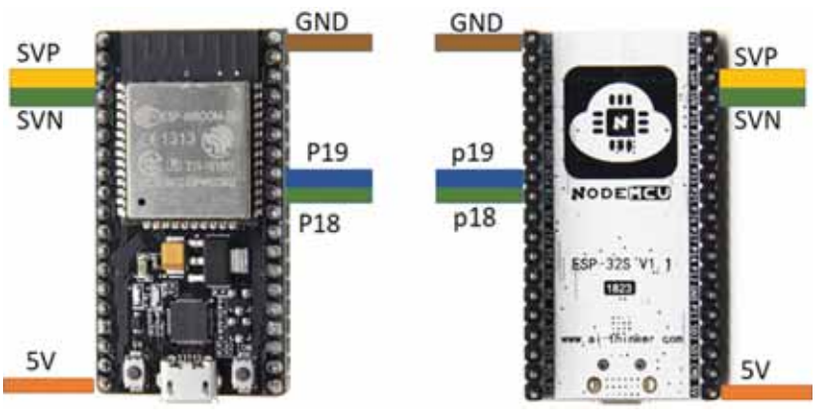


ที่มา http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=2_Channel_5V_Relay_Module

ภาพที่ 1 รีเลย์

3.7 NodeMCU ESP-32S Development Board (ESP-WROOM-32)

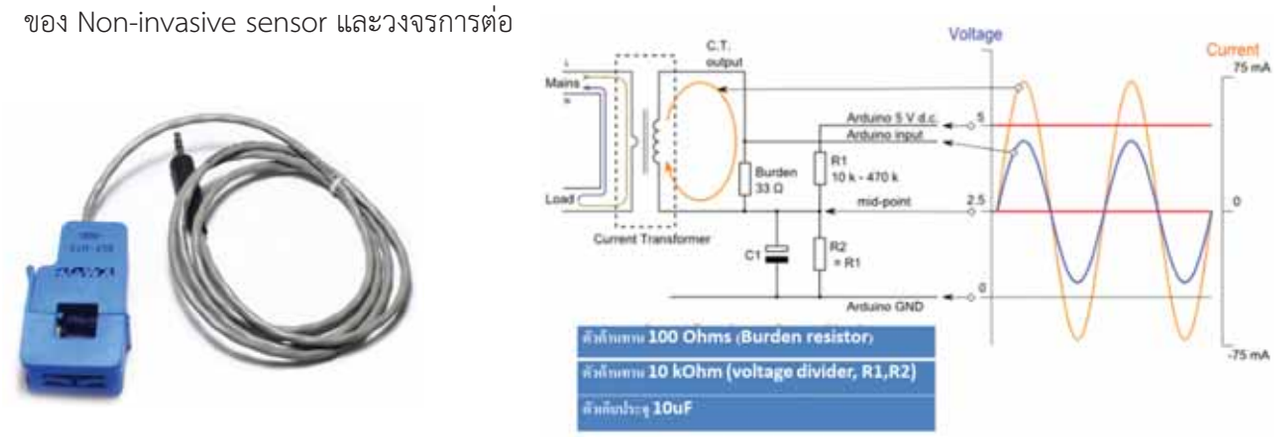
NodeMCU ESP-32S เป็นบอร์ดที่สร้างขึ้นตามรูปแบบ NodeMcu ที่ใช้โมดูล ESP-WROOM-32 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด ESP32 ของบริษัท Espressif มาออกแบบเป็นบอร์ด ซึ่งมี Wifi บลูทูท อินเทอร์เน็ตและรองรับการใช้พลังงานต่ำในชิปตัวเดียว จึงช่วยในการสร้างงานอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง มีลักษณะคล้ายอาร์ดูโน่ (Arduino) โดยมี พอร์ต (Port) อินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ในตัว ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมโดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ สามารถใช้ NodeMCU ร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งทำให้สามารถเขียนโปรแกรมได้หลากหลาย และใช้งานได้ง่ายขึ้น ภาพที่ 2 แสดงลักษณะ NodeMCU



ภาพที่ 2 NodeMCU-ESP32s

3.8 Non-invasive Current Sensor

Non-invasive current sensor เป็นเซนเซอร์วัดกระแสสำหรับวัดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แบบแคลมป์คล้องสาย สามารถวัดกระแสได้สูงสุด 100 A ให้เอาต์พุตเป็นแรงดันผ่านคอนเน็ตเตอร์แจ็คแบบหูฟังขนาด 3.5 มิลลิเมตร โดยให้ค่าแรงดันสูงสุดที่ 1 V เมื่อวัดกระแสได้ 100 A ในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องต่อผ่านวงจรขยายแรงดันก่อนต่อเข้าอ่านค่าด้วย Analog Input สามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ -25 ถึง 70 องศาเซลเซียส ในการเชื่อมต่อเซนเซอร์ CT กับ Arduino สัญญาณเอาต์พุตจากเซนเซอร์ CT ต้องถูกปรับสภาพเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดอินพุตของอินพุตแอนะล็อก Arduino เช่นแรงดันไฟฟ้าบวกระหว่าง 0 V และแรงดันอ้างอิง ADC ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของ Non-invasive sensor และวงจรการต่อ



ที่มา https://learn.openenergymonitor.org

ภาพที่ 3 Non-invasive current sensor

3.9 ไฟฟ้าบ้านเรือนเบื้องต้น

3.9.1 ระบบไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

1. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส คือ ระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟจำนวน 2 เส้น แบ่งเป็น เส้นที่มีไฟเรียกว่า สายไลน์ (Line: L) และเส้นที่ไม่มีไฟเรียกว่า สายนิวทรอล (Neutral: N) สามารถทดสอบโดยใช้ไขควงวัดไฟ โดยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปมีขนาด 220v

2. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส คือ ระบบไฟฟ้าที่มีสายเส้นไฟจำนวน 3 เส้น และสายนิวทรอลอีก 1 เส้น จึงมีสายรวม 4 เส้น ระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถใช้งานเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟสได้ โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่ง และสายนิวทรอลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรอลมีค่า 220 V และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า 380 V จึงเป็นที่มาของชื่อ 220/380 V ระบบนี้มีข้อดี คือ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ 1 เฟส ถึง 3 เท่า ทำให้เหมาะกับสถานที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามากๆ เช่น อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นต้น

3.9.2 ความต้านทานไฟฟ้า (R) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของตัวกลาง ซึ่งสามารถระบุประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระอย่างไม่เป็นระเบียบได้ ในกรณีที่ตัวกลางมีความต้านทานมาก หมายความว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ลำบาก กระแสไฟฟ้าจึงมีน้อย หากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแสดงว่าความต้านทานมีแรงดันคร่อมตัวต้านทาน (V) ความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยโอห์ม (Ω) และจะสัมพันธ์กับความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ตามกฎโอห์ม ตามสมการ $\frac{V}{I} = R$ เมื่อ V คือแรงดันไฟฟ้าในหน่วยโวลท์ (Vole; V) และ I คือกระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์ (Ampere; A)

3.9.3 กำลังไฟฟ้า (P) คือ อัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยเวลา มีหน่วย วัตต์ (W) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า $P = \frac{W}{t}$ หรือ $P=VI$ เมื่อ W คือพลังงานไฟฟ้าในหน่วยจูล (Joule: J) และ t คือเวลาในหน่วยวินาที (Second: s) กำลังของเครื่องใช้ในบ้าน จะไม่เท่ากัน ตารางที่ 1 แสดงกำลังเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดที่ใช้งานแพร่หลาย

ตารางที่ 1 กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
พัดลมตั้งพื้น	45-75
โทรทัศน์สี	43-95
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	500-1,000
เครื่องปิ้งขนมปัง	600-1,000
ไดร์เป่าผม	300-1,300
เตารีดไฟฟ้า	430-1,600
เครื่องทำน้ำอุ่น	900-4,800
เครื่องซักผ้า	250-2,000
ตู้เย็น (2-12 คิว)	53-194

3.9.4 ยูนิต (Unit) เป็น หน่วยวัดค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป คำนวณได้จาก

จำนวนยูนิต = กำลังไฟฟ้า(หน่วยกิโลวัตต์) x เวลาที่ใช้(หน่วยชั่วโมง)

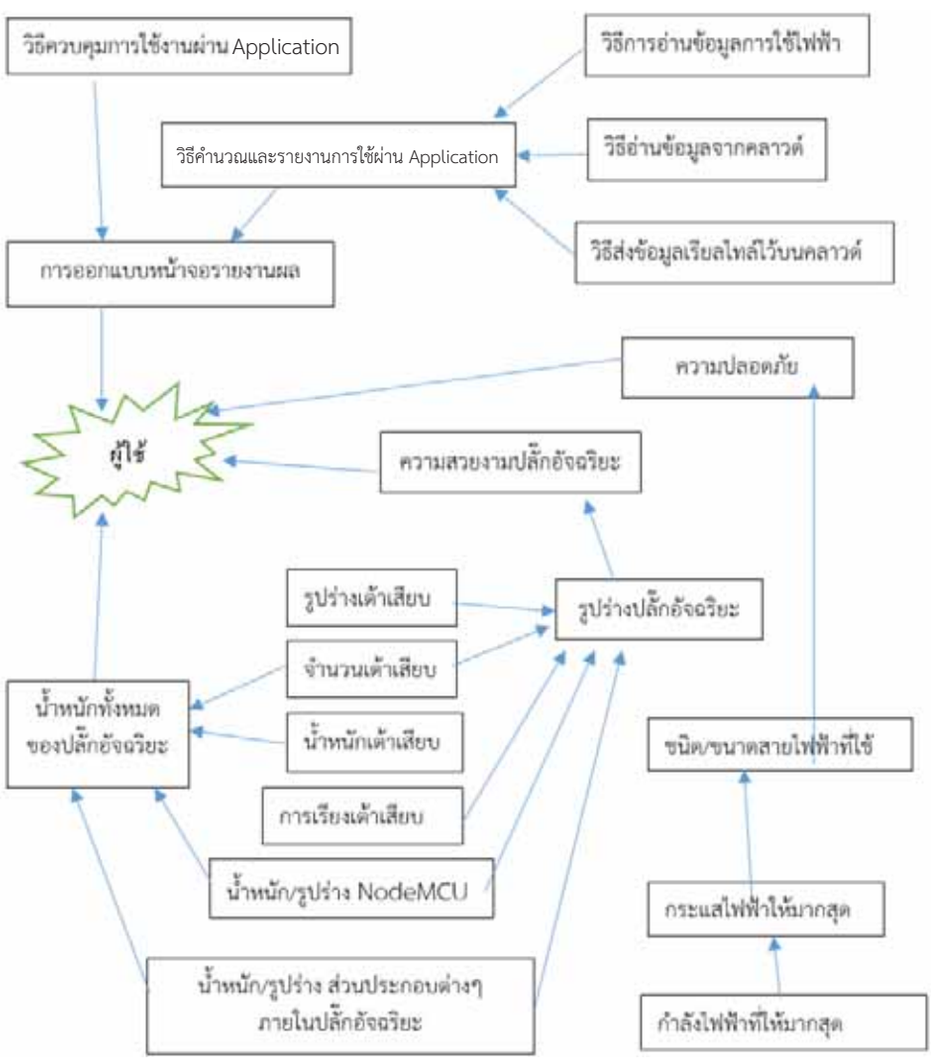
หรือ Unit = P(kW) x t(hr)

ตัวอย่าง หลอดไฟฟ้า 100 W เปิดนาน 10 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้าไป

$$= \left(\frac{100}{1{,}000}\right) \times 10 = 1 \text{ Unit}$$

3.10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบระบบปลั๊กอัจฉริยะ (Smart Plug System)

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการออกแบบปลั๊กอัจฉริยะ คือ กำลังไฟฟ้าที่ให้มากสุดหรือรองรับการใช้งานมากสุด (ปลั๊กรองรับเครื่องใช้ไฟฟ้ามากสุดพร้อมกันกี่วัตต์) มีจำนวนเต้าเสียบ เต้าเสียบแต่ละตัวรูปร่างอย่างไร เต้าเสียบเรียงตัวอย่างไร รูปร่างของ NodeMCU รูปร่างและน้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆ ภายในปลั๊กอัจฉริยะ วิธีคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าทำอย่างไร วิธีส่งข้อมูลไปเก็บบนคลาวด์ทำอย่างไร วิธีอ่านข้อมูลจากคลาวด์ทำอย่างไร วิธีคำนวณและรายงานผลเป็นอย่างไร และวิธีการควบคุมผ่าน App ทำอย่างไร ซึ่งปัจจัยต่างๆ ตามที่กล่าวมานี้ยังส่งผลไปยังปัจจัยอื่นๆ และจะส่งผลสุดท้ายไปที่ผู้ใช้ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทำให้ผู้ใช้เกิดความตระหนัก และเกิดพฤติกรรมประหยัดการใช้ไฟฟ้า ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

4. ผลงานที่เกี่ยวข้องที่มีผู้ทำมาก่อน

ธนวิชญ์ กมลฉ่ำ และหทัยรัตน์ พินิจสุวรรณ (2559) ได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง มาประยุกต์ใช้กับ NodeMCU และตัวตรวจรู้ เพื่อตรวจวัดและควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และดูข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สาย ทำงานโดยใช้การเชื่อมต่อผ่านระบบประมวลผลกลุ่มเมฆ ทำให้เมื่อใดก็ตามที่อุปกรณ์มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจะสามารถทำการควบคุมปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และยังสามารถดูข้อมูลการใช้พลังงานได้ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน ข้อดีคือการสามารถดูภาระการใช้ และควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บได้ ข้อด้อยคือการแสดงผลที่ยังขาดการแสดงเป็น ช่วงสัปดาห์ เดือน ปี ที่ทำให้เห็นความต่อเนื่องของการใช้ไฟฟ้า

นิพนธ์ เอี่ยมอู๋ บัญญัติ เคล้าคลึง และ มัทนา เพ็ชร์เศษ ได้ทำโครงการระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบนแอปพลิเคชันของระบบปฏิบัติการ Android เพื่อออกแบบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยสั่งการทำงานได้ทั้งระบบ Bluetooth และระบบ SMS ข้อดีคือสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟนได้ ข้อด้อยคือการแสดงผลที่ยังขาดการแสดงเป็น ช่วงสัปดาห์ เดือน ปี ที่ทำให้เห็นความต่อเนื่องของการใช้ไฟฟ้า

สุเมธี อินคำเชื้อ (2560) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ด้วยเครือข่ายไร้สาย เพื่อให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตรวจสอบและเฝ้าติดตามค่ากระแสไฟฟ้า ค่าใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องต้นแบบสามารถเก็บรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น การออกแบบโดยใช้ NodeMCU ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าและไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามแนวคิด IoT (Internet of Things) ข้อดีคือราคาถูก เมื่อผู้ใช้สะดวกต่อการใช้งานผ่านมือถือสมาร์ตโฟนในรูปแบบของกราฟแสดงการใช้งาน ทำให้ผู้ใช้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเอง และสามารถบริหารการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองลงได้ ข้อด้อยคือมีขีดจำกัดสำหรับระยะทางในรัศมี 14 เมตร และทำให้อุปกรณ์ราคาสูงขึ้น

ระบิน ปาลี และอนันต์ วงษ์จันทร (2560) ได้ออกแบบโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้าสลับโดยใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino Pro Mini Atmega328 แสดงผลทางจอแอลซีดีกราฟิก 5110 และส่งผ่านค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ESP8266-01 ทำให้สามารถดูค่ากระแสและกำลัง ไฟฟ้าสลับระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ข้อดีคือสามารถดูข้อมูลการใช้งานผ่านเว็บไซต์ได้ ข้อด้อยคือความแม่นยำจากการวัดจะแม่นยำเมื่อกระแสสูงมากกว่าการวัดที่กระแสต่ำ การดูข้อมูลจะต้องผ่านเว็บเท่านั้น ทำให้ขาดความสะดวกลงไปถ้าต้องการดูผ่านมือถือ และไม่สามารถควบคุมการใช้อุปกรณ์ผ่านมือถือได้

สุเมธ มะอินทร์ (2557) พัฒนา Smart Home Electric Power Metering ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้า และสามารถจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทันทีผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่งใช้งบประมาณน้อยเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานทั่วไปและเป็นประโยชน์ในการประหยัดพลังงานอย่างแท้จริง ข้อดีคือสามารถดูค่าพลังงานที่ใช้แบบทันทีผ่านเครื่องโมบายตระกูล iOS สามารถสั่งปิด/เปิดอุปกรณ์ได้ทันที ข้อด้อยคือพบว่าส่วนของการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าไม่คงที่ ยังไม่มีการแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกำหนด ยังไม่มีการตั้งเวลาเพื่อเปิดปิดอุปกรณ์ ยังใช้ไม่ได้กับเครื่องตระกูล Andriod การแสดงผลไม่สามารถแบ่งเป็นช่วง วัน สัปดาห์ เดือน ปี ได้

วาศินี วงศ์สัมพันธ์ชัย (2544) ศึกษาพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่พักอยู่ในหอพักของมหาวิทยาลัยของรัฐ พบว่าพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับการรับรู้การติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแต่ละห้องพัก

5. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

รายการ	จำนวน
NodeMCU ESP-32S	1
YHDC Current Transformer SCT-013-000	2
ปลั๊ก (เต้าเสียบ)	2
AC/DC Adaptor / วงจรเรกกูเลเตอร์	1
Case (กล่องหรือตัวถังปลั๊กพ่วง)	1
สายไฟสำหรับปลั๊กพ่วง	1
สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (5V 2-Channel Relay Module)	1
ตัวต้านทาน 100 Ohms (Burden resistor)	2
ตัวต้านทาน 10 kOhm (voltage divider, R1,R2)	4
ตัวเก็บประจุ 10 uF	2

เครื่องมือ และอุปกรณ์ทดสอบ	
ลำดับ	รายการ
1	Fluke 324 RMS Clamp Meter
2	Digital Multimeter Excel Dt 9200a
3	พัดลมตั้งพื้น Hatari 18 นิ้ว HT 9881 54W 0.24A
4	กาต้มน้ำ Tfal 1850W
5	โทรทัศน์ JVC AV-21W314 81 W
6	กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าอัตโนมัติ Panasonic NC-PG30P 700W 3.2A

6. สถานที่และระยะเวลาดำเนินโครงงาน

6.1 สถานที่ออกแบบและทดลอง คือ โรงเรียนสาธิตจุฬาฯ ฝ่ายมัธยม

6.2 ระยะเวลาดำเนินโครงงาน ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

7. วิธีการและผลดำเนินการ

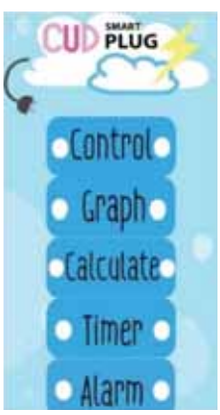
7.1 ขั้นตอนและวิธีการออกแบบและสร้าง CUD Smart Plug

1. ศึกษาความรู้และวิธีการสร้างระบบ CUD Smart Plug จากเอกสารทางวิชาการเกี่ยวกับ การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและตัวตรวจรู้ (Sensor) การใช้ไฟฟ้า การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้ NETPIE จากอินเทอร์เน็ต จากอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ
2. กำหนดสถานที่ที่จะสร้างและทดลองระบบ CUD Smart Plug
3. ออกแบบ CUD Smart Plug แล้วนำไปขอคำแนะนำเพื่อปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ
4. สร้างต้นแบบเพื่อทดสอบและปรับปรุง จนได้ระบบ CUD Smart Plug ตามที่ต้องการ

7.2 รายละเอียดของ CUD Smart Plug

7.2.1 ความสามารถการทำงาน

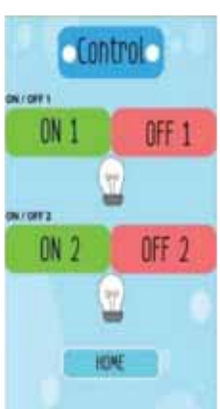
1. สามารถสั่งเปิด-ปิดปลั๊กไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน
2. สามาถตั้งเวลาเพื่อเปิด-ปิดปลั๊กไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน
3. สามารถตั้งเวลานับถอยหลังเพื่อเปิด-ปิดปลั๊กไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน
4. สามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าไม่ให้เกินกว่ากำหนด ถ้าใช้ไฟฟ้าเกินกว่ากำหนด จะตัดกระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ
5. แสดงผลการใช้กระแสไฟฟ้าในรูปแบบที่ผู้ใช้เข้าใจและใช้งานง่าย สื่อให้เกิดความตระหนักการประหยัดการใช้ไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดของหน้าจอแสดงผลดังนี้



5.1 หน้าจอหลัก (HOME)

หน้าจอแรกที่แสดงขึ้นมาเพื่อให้ผู้สามารถเลือกไปยังหน้าจออื่นๆได้ผ่านการกดปุ่มได้แก่ Control, Graph, Calculate, Timer และAlarm ลักษณะของหน้าจอนี้เป็นตามภาพที่ 5

ภาพที่ 5 หน้าจอ Home ในแอปพลิเคชัน



5.2 หน้าจอควบคุม (Control)

หน้าจอควบคุมการเปิด-ปิดกระแสไฟฟ้าผ่านการกดปุ่ม โดยมีรูปหลอดไฟด้านบนแสดงถึงสถานะการเปิด-ปิดของปลั๊ก ณ เวลานั้นๆ ซึ่งหากหลอดไฟมีสีเหลืองแสดงถึงการปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของปลั๊ก หากหลอดไฟไม่มีสีแสดงถึงการปิดไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ลักษณะของหน้าจอนี้เป็นตามภาพที่ 6

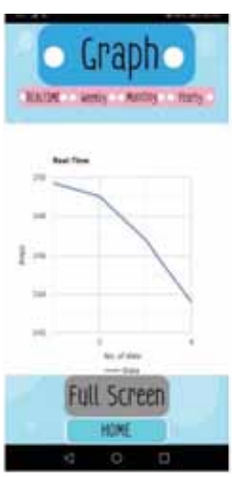
ภาพที่ 6 หน้าจอ Control ในแอปพลิเคชัน

5.3 หน้าจอคำนวณ (Calculate)

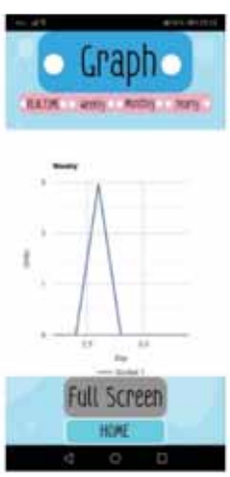
หน้าจอนี้เป็นหน้าจอที่ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าและเวลาของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อคำนวณเป็น Unit สำหรับการประมาณค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในเดือนนั้นๆ ซึ่งเมื่อกดที่รูปโรงงานไฟฟ้าด้านล่างสุดของหน้าจอ (สามารถเลื่อนลงไปได้) จะเข้าสู่เว็บไซต์ของการไฟฟ้านครหลวง (https://www.mea.or.th) โดยผู้ใช้สามารถเลือกประเภทอาคาร และประเภทการใช้งานให้ตรงกับความเป็นจริงเพื่อการคำนวณที่แม่นยำมากขึ้น ลักษณะของหน้าจอนี้เป็นตามภาพที่ 7

ภาพที่ 7 หน้าจอ Calculate ในแอปพลิเคชัน

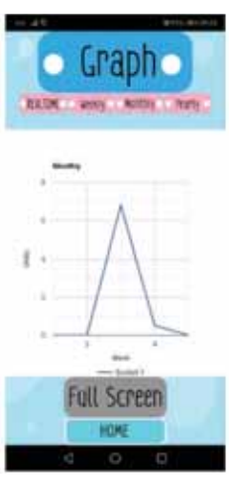
หมายเหตุ: ในแอปพลิเคชันนี้สามารถแสดงปริมาณใช้งานเป็น Unit โดยแสดงผลลงบนกราฟ ส่วนสาเหตุที่มีหน้าจอนี้เพื่อเป็นการยืนยันความแม่นยำของตัวอุปกรณ์อีกขั้นหนึ่ง และเพื่อให้ผู้ใช้สามารถคำนวณ Unit ของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับ CUD Smart Plug



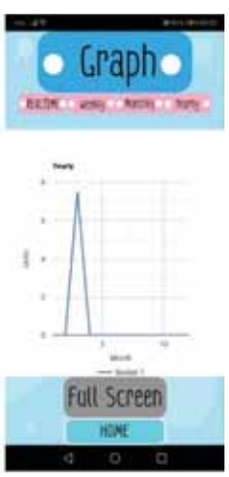
ภาพที่ 8 หน้าจอ Graph แบบ Real time



ภาพที่ 9 หน้าจอ Graph แบบ Weekly



ภาพที่ 10 หน้าจอ Graph แบบ Monthly



ภาพที่ 11 หน้าจอ Graph แบบ Yearly

5.4 หน้าจอแสดงผลกราฟ (Graph)

หน้าจอนี้จะแสดงกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าเป็น Unit และเวลาที่ใช้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกกราฟในรูปแบบของ 1) Real time ซึ่งหมายถึงข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้า ณ ขณะนั้น หน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 8 2) Weekly ซึ่งหมายถึงข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้ารายสัปดาห์ แสดงผลแบ่งเป็นแต่ละวัน หน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 9 3) Monthly ซึ่งหมายถึงข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้ารายเดือน แสดงผลแบ่งเป็นแต่ละสัปดาห์ หน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 10 และ 4) Yearly ซึ่งหมายถึงข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้ารายปี แสดงผลแบ่งเป็นแต่ละเดือนหน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 11

5.5 หน้าจอตั้งเวลาแบบ Alarm

หน้าจอนี้เป็นการตั้งเวลาการเปิด-ปิดของปลั๊กโดยสามารถเลือกวันและเวลาในการเปิด-ปิดได้ โดยสามารถตั้ง Alarm ได้ 3 ตัว เมื่อครบกำหนดวันและเวลาที่ได้ตั้งวัน แอปพลิเคชันจะมีหน้าจอแจ้งเตือนให้ผู้ใช้รับทราบ พร้อมทั้งยังสามารถสั่นเพื่อแจ้งเตือนได้อีกด้วย ลักษณะของหน้าจอนี้เป็นตามภาพที่ 12

ภาพที่ 12 หน้าจอ Alarm ในแอปพลิเคชัน

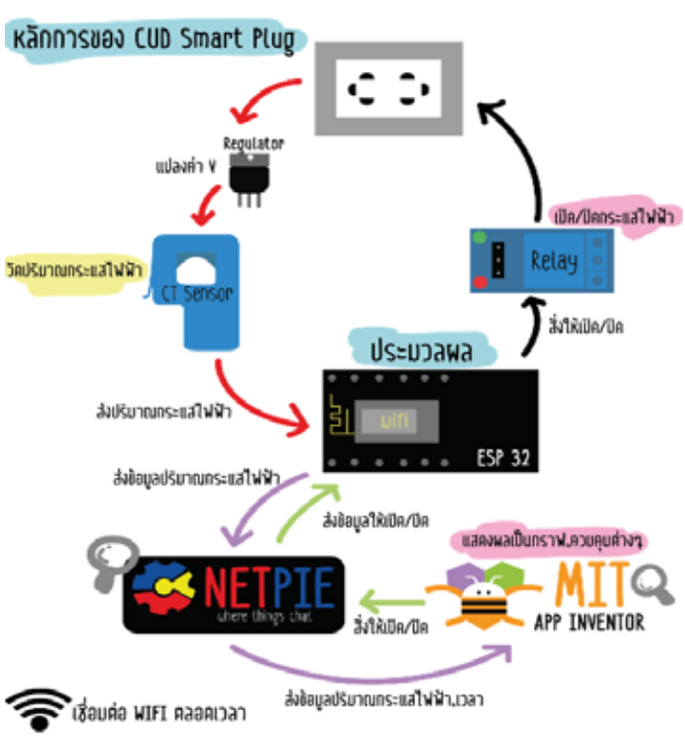
5.6 หน้าจอตั้งเวลาแบบ Timer

หน้าจอนี้เป็นการตั้งเวลาเปิด-ปิดโดยตั้งเวลานับถอยหลัง ซึ่งจะมีรูปหลอดไฟแสดงถึงสถานะการเปิด-ปิดของปลั๊กไฟอยู่ด้านล่าง หากหลอดไฟมีสีเหลืองแสดงถึงการปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของปลั๊ก หากหลอดไฟไม่มีสี แสดงถึงการปิดไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ลักษณะของหน้าจอนี้เป็นตามภาพที่ 13

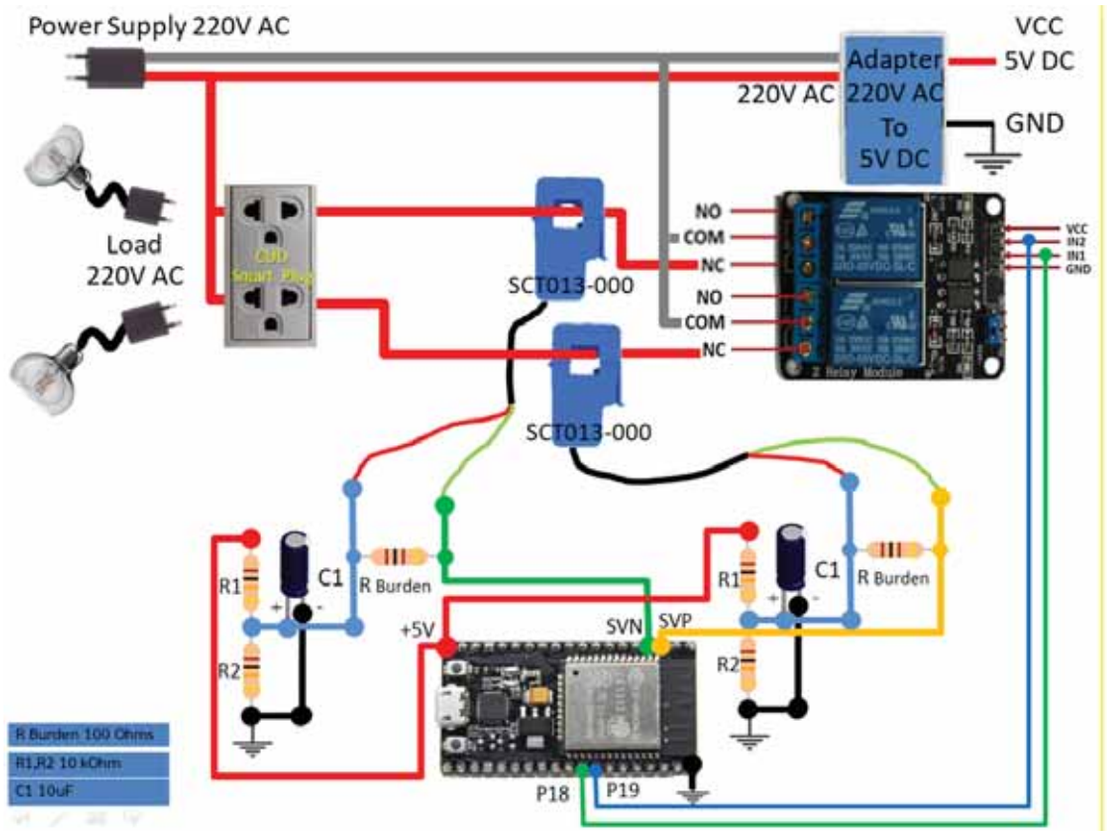
ภาพที่ 13 หน้าจอ Timer ในแอปพลิเคชัน

7.2.2 การทำงานและโครงสร้าง CUD Smart Plug

การทำงานของ CUD Smart Plug แบ่งเป็น 2 วงจรหลัก คือ วงจรการควบคุมการเปิด-ปิดกระแสไฟฟ้าและวงจรการอ่านข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 14 ส่วนภาพที่ 15 แสดงวงจรอุปกรณ์ ภาพที่ 16 แสดงภาพการเชื่อมต่อจริง และเป็น CUD Smart Plug ที่สร้างจริง



ภาพที่ 14 วงจรการทำงานของ CUD Smart Plug



ภาพที่ 15 การต่ออุปกรณ์ และวงจรของ CUD Smart Plug

ภาพที่ 15 ในวงจรจะมีสาย Line กับ Neutral ฝั่ง Line เชื่อมกับ Socket ผ่าน CT Sensor และต่อกับ ESP32 ส่วนฝั่ง Neutral จะผ่าน Relay และไปยัง ESP32 เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ข้อมูลจาก Sensor จะส่งไปยังแอปพลิเคชัน โดยมี ESP32 และ NETPIE เป็นตัวกลาง

ภาพที่ 16 การต่อปลั๊กพวงไฟฟ้าอัจฉริยะใช้งาน

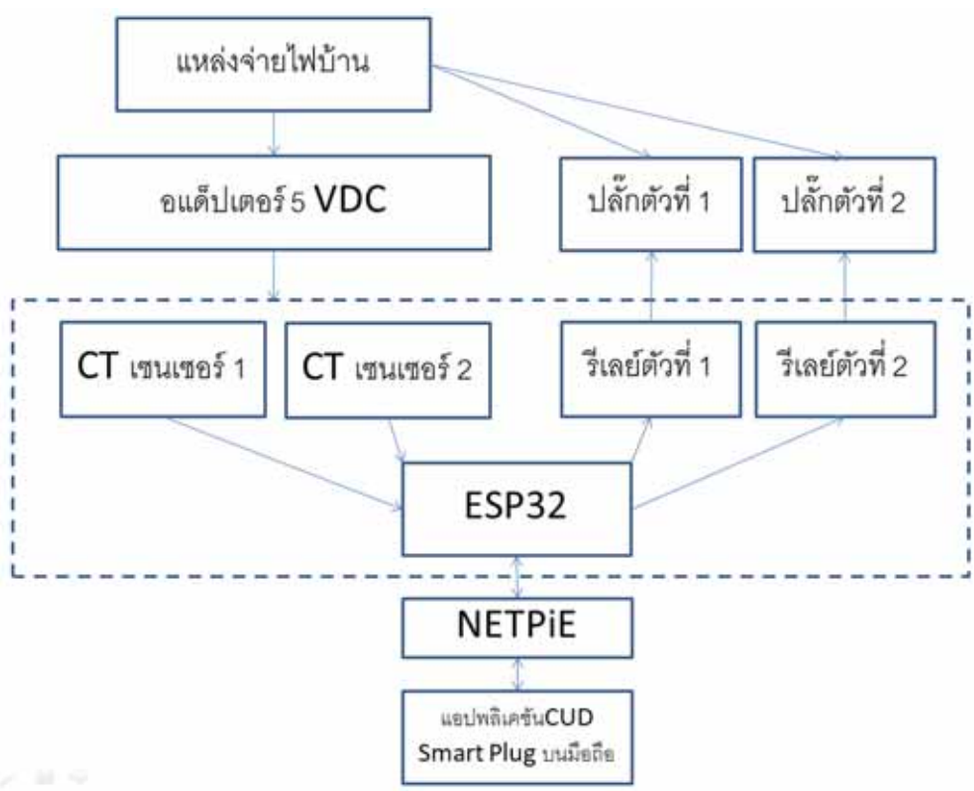
การต่อใช้งาน ทำได้โดยนำ CUD Smart Plug เสียบเข้ากับแหล่งจ่ายไฟบ้าน และนำอุปกรณ์มาเสียบใช้งานบน CUD Smart Plug ก็จะสามารถใช้งานได้ทันที เมื่อผู้ใช้ติดตั้งแอปพลิเคชัน CUD Smart Plug บนระบบสมาร์ตโฟนที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะสามารถควบคุม และอ่านค่าตามรายละเอียดข้างต้น

หมายเหตุ

ในอุปกรณ์ CUD Smart Plug ต้นแบบนี้ จะต้องใช้อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต แบบไวไฟตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ยังไม่สามารถกำหนดให้เลือกใช้ไวไฟได้ตามใจผู้ใช้

การทำงานของวงจรอ่านและบันทึกการใช้ไฟฟ้า

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบแสดงในภาพที่ 17 การทำงานจะเริ่มจากเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ส่งค่าสัญญาณแอนะล็อกให้กับบอร์ด Node MCU ESP-32s โดยมีรีเลย์ที่รับคำสั่งจากบอร์ดเป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของไฟฟ้า จากนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับเน็ตพาย เพื่อรับส่งข้อมูลกับแอปพลิเคชัน เมื่อเน็ตพายได้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว จะบันทึกข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าทุกๆ 1 นาทีลงในฐานข้อมูล เน็ตพายก็จะรอรับการเรียกดูข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านทางแอปพลิเคชัน

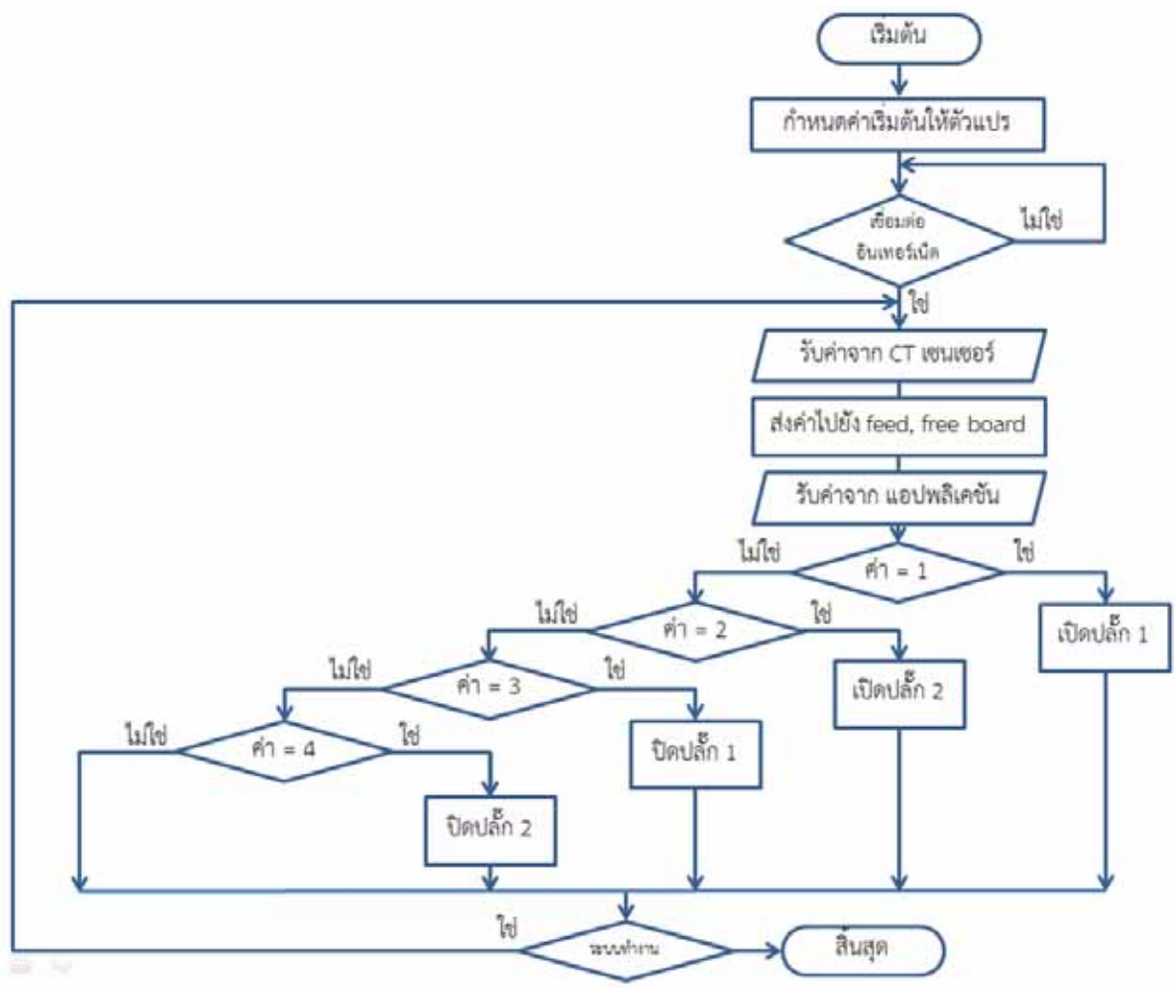


ภาพที่ 17 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรอ่านและบันทึกข้อมูล

การทำงานของวงจรควบคุมเปิด-ปิดปลั๊ก

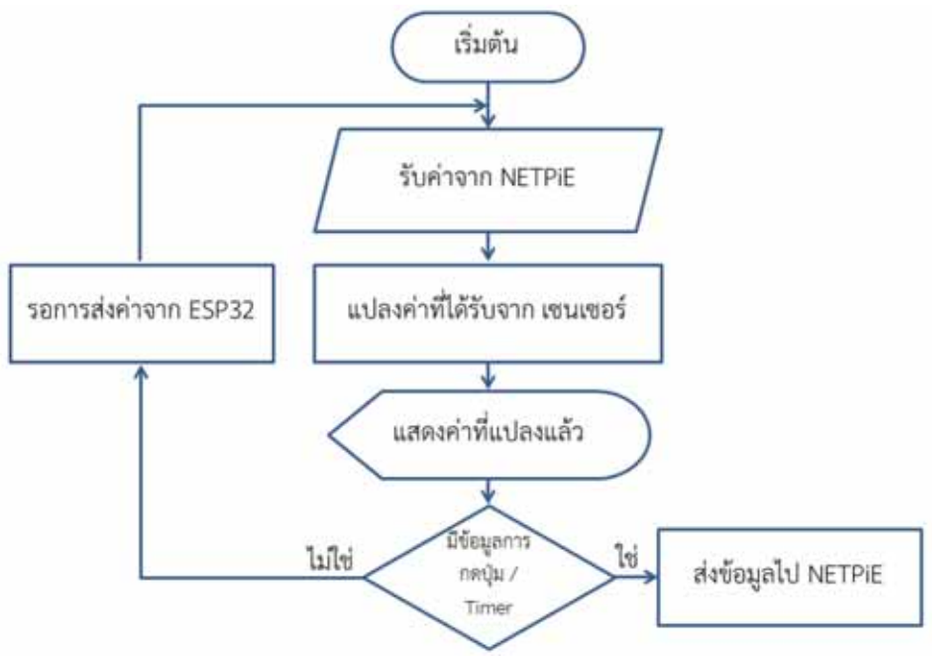
คำสั่งควบคุมการเปิด-ปิดกระแสไฟฟ้าจากแอปพลิเคชัน จะส่งค่าการควบคุมไปยังเน็ตพายและส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งคำสั่งควบคุมรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของปลั๊ก

สำหรับ Flowchart ของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อควบคุมการทำงาน Cud Smart Plug แสดงในภาพที่ 18 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อ ESP32 เริ่มทำงานแล้วจะเริ่มกำหนดตัวแปรทันที หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่ามีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตหรือไม่ เมื่อตรวจพบการเชื่อมต่อ จะรอค่าจากเซนเซอร์วัดกระแสจะแสดงข้อมูลไปยัง Serial Monitor และส่งค่านั้นไปในทั้ง Feed และ Freeboard ของ NETPIE จากนั้นตรวจสอบอีกครั้งว่ามีค่ามาจากแอปพลิเคชันหรือไม่ ถ้าไม่มีจะย้อนกลับไปตรวจสอบอินเทอร์เน็ตอีกครั้ง ถ้ามี จะไปตรวจสอบว่าเป็นเลข 1 2 3 หรือ 4 ถ้าเป็น 1 จะเปิดปลั๊ก 1 ถ้าเป็น 2 จะเปิดปลั๊ก 2 ถ้าเป็น 3 จะปิดปลั๊ก 1 และ ถ้าเป็น 4 จะปิดปลั๊ก 2 เมื่อเปิด-ปิดปลั๊กเสร็จก็กลับไปตรวจสอบอินเทอร์เน็ตอีกครั้งเช่นเดิม



ภาพที่ 18 Flowchart การทำงานของ ESP32

ภาพที่ 19 แสดง Flowchart ของแอปพลิเคชัน จะเห็นได้ว่าแอปพลิเคชันเชื่อมต่อกับเน็ตพาย โดยจะรับข้อมูลจากเน็ตพายและนำมาแสดงผลที่แอปพลิเคชันในรูปแบบต่างๆ เช่นภาพหลอดไฟบอกสถานะ และกราฟ เป็นต้น ถ้ามีคำสั่งจากแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันจะทำการส่งข้อมูลไปให้เน็ตพาย และเน็ตพายจะส่งต่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเปิด-ปิดรีเลย์ต่อไป แต่หากไม่มีคำสั่งใดๆจากแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันจะเพียงรับข้อมูลและแสดงผลแก่ผู้ใช้ต่อไป



ภาพที่ 19 Flowchart แอปพลิเคชันเพื่อแสดงผล

Source Code ทั้งหมดของ CUD Smart Plug

```
#include "AuthClient.h"
#include <debug.h>
#include "MicroGear.h"
#include "MQTTClient.h"
#include "PubSubClient.h"
#include "SHA1.h"
#include "CurrentCalculator.h"
#include <string.h>

CurrentCalculator _currentCalculator(36, false);
CurrentCalculator _currentCalculator2(39, false);
char* ssid = "xxxxxxxxxxxx"; //กรอกไวไฟที่ใช้งาน
char* password = "xxxxxxxxxxxxxxxx"; //กรอกรหัสผ่านไวไฟ
#define APPID "IPTM1T"
#define KEY "g3kA6jRLxkoufKo" // ค่า key จาก NetPie
#define SECRET "RmEQjwEUDA2NnSRuMnZeTwRYr" //ค่า SECRET จาก NetPie
#define ALIAS "ESP32"
#define RELAY_1 18
#define RELAY_2 19
WiFiClient client;
int plug1_state = 1;      // กำหนดสถานะของปลั๊กตัวที่ 1
int plug2_state = 1;      // กำหนดสถานะของปลั๊กตัวที่ 2
int timer = 0;
MicroGear microgear(client);
void onMsghandler(char *topic, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
  Serial.print("Incoming message --> ");
  msg[msglen] = '\0';
  Serial.println((char *)msg);
  if(*(char *)msg == '1'){
    plug1_state = 1;
  }
  if(*(char *)msg == '2'){
    plug2_state = 1;
  }
    if(*(char *)msg == '3'){
    plug1_state = 0;
  }
    if(*(char *)msg == '4'){
    plug2_state = 0;
  }

}
void onFoundgear(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
  Serial.print("Found new member --> ");
  for (int i = 0; i < msglen; i++)
    Serial.print((char)msg[i]);
  Serial.println();
}
void onLostgear(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
  Serial.print("Lost member --> ");
  for (int i = 0; i < msglen; i++)
    Serial.print((char)msg[i]);
  Serial.println();
}
```

```
void onConnected(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen) {
  Serial.println("Connected to NETPIE...");
  microgear.setAlias(ALIAS);
  microgear.setName("test");
}
int count = 0 , i = 0  , countnum = 0 , check = 0 , ten = 10 , k = 0 , countcheck = 0, x = 0;
double  numt = 0.00 , val1 , val2;
char val;
String incoming = "";
char val1_str[6];
char val2_str[6];
char buffer[20];
void setup() {
  microgear.on(MESSAGE, onMsghandler);
  microgear.on(PRESENT, onFoundgear);
  microgear.on(ABSENT, onLostgear);
  microgear.on(CONNECTED, onConnected);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Starting...");
  if (WiFi.begin(ssid, password)) {
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
      delay(500);
      Serial.print(".");
    }
  }
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  pinMode(RELAY_1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_2, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_1, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_2, HIGH);

  microgear.init(KEY, SECRET, ALIAS);
  microgear.connect(APPID);
  microgear.subscribe("/test2");
  _currentCalculator.Calibration(3.3, 100, 1000, 1280*2*2*2);
  _currentCalculator2.Calibration(3.3, 100, 1000, 1280*2*2*2);    //Calibrate value from CT Sensor
}


void loop() {

  double amps = _currentCalculator.Amperage(25960);    //Set Amps Value
  double amps2 = _currentCalculator2.Amperage(25960);
  delay(300);
  if (amps2 >= 0.15){
    Serial.print("Publish Val1 : ");      //Print the result in Serial Monitor
    Serial.println(amps2);
  }
   else{
    Serial.print("Publish Val1 : ");
    Serial.println("0.00");
   }
```

```
if (amps >=0.15) {
    Serial.print("Publish Val2 : ");
    Serial.println(amps);
   }
   else{
    Serial.print("Publish Val2 : ");
    Serial.println("0.00");
   }

  //detect if overload ampere
  if (amps > 15 && amps < 50) {                  //Set Plug State if there is too much Amps
    plug1_state = 0;
  }
  if (amps2 > 15 && amps2 < 50 ) {
    plug2_state = 0;
  }
  if (plug1_state == 0) {
    digitalWrite(RELAY_1, LOW);
    Serial.println("Cut electric Plug : 2");     // Cut Plug if Plug State == 0
  } else {
    digitalWrite(RELAY_1, HIGH);
  }
  //set plug2 active or disactive
  if (plug2_state == 0) {
    digitalWrite(RELAY_2, LOW);
    Serial.println("Cut electric Plug : 1");
  } else {
    digitalWrite(RELAY_2, HIGH);
  }
  if (microgear.connected()) {
    Serial.println("Connected");
    microgear.loop();
    if (timer >= 10) {
        timer = 0;
        microgear.writeFeed("IPTM1F1", "F1:" + String(amps2));
        microgear.writeFeed("IPTM1F1", "state2:" + String(plug1_state));  //Publish Value to NETPIE Feed
String buffer = String(amps2);
        buffer += ",";
        buffer += String(amps);
        buffer += ",";
        buffer += String(plug1_state);
        buffer += ",";
        buffer += String(plug2_state);
        microgear.publish("/test", buffer , true);      //Publish value to NETPIE freeboard
        timer = 0;
    }
    else timer += 1;
  }
  else {
    Serial.println("connection lost, reconnect...");    //try to reconnect
    if (timer >= 5000) {
      microgear.connect(APPID);
      timer = 0;
    }
    else timer += 100;
  }
  delay(500);
}
```

8. วิธีการและผลการทดสอบประสิทธิภาพ

ผลการทดลองนำ CUD Smart Plug ไปทดลองใช้กับพัดลม ได้ผลดังนี้

1. เมื่อสั่งให้ CUD Smart Plug เปิด-ปิดพัดลมผ่าน Mobile Application พบว่าพัดลมทำงานและหยุดทำงานสอดคล้องกับคำสั่งการเปิด-ปิดทุกครั้ง แต่ไม่ทันที จะต้องใช้เวลาสักครู่จึงจะเห็นผล ซึ่งเป็นเพราะต้องใช้การสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. เมื่อตั้งเวลาให้ CUD Smart Plug สั่งเปิด-ปิดพัดลมผ่าน Mobile Application พบว่าพัดลมทำงานและหยุดทำงานสอดคล้องกับคำสั่งการเปิด-ปิดทุกครั้ง เพียงระยะเวลามากกว่าระยะเวลาที่ตั้งผ่าน Mobile Application ซึ่งเป็นเพราะต้องใช้การสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

3. ทดสอบความแม่นยำการอ่านและรายงานกระแสไฟฟ้า โดยนำค่ากระแสไฟฟ้าที่แสดงหน้าจอ Mobile Application ขณะที่พัดลมกำลังทำงาน ไปเปรียบเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนประมาณ -0.13% โดยพบว่ากรณีที่ อุปกรณ์ใช้งานมีกระแสไฟฟ้าคงที่เมื่อวัดจากมิเตอร์มาตรฐาน จะทำให้ค่าที่อ่านได้จาก CUD Smart Plug จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์มาตรฐาน แต่ถ้าค่ากระแสไฟฟ้าของโหลดไม่คงที่ จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดเพิ่มขึ้น แต่โดยเฉลี่ยจะเกิดความคลาดเคลื่อนต่ำมาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าของ CUD Smart Plug **กับเครื่องแคลมป์มิเตอร์มาตรฐาน** Fluke 324 RMS Clamp Meter

ลำดับ	อุปกรณ์ทดสอบ	ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านจาก Fluke 324 RMS Clamp Meter (A)	ค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านจาก CUD Smart Plug (A)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	พัดลมตั้งพื้น Hatari 18 นิ้ว HT 9881 54W 0.24A ระดับ 3	0.26	0.26	0
2	พัดลมตั้งพื้น Hatari 18 นิ้ว HT 9881 54W 0.24A ระดับ 2	0.23	0.23	0
3	พัดลมตั้งพื้น Hatari 18 นิ้ว HT 9881 54W 0.24A ระดับ 1	0.21	0.20	4.77
4	กาต้มน้ำ Tfal 1850W	8.15	8.25	-1.23
5	โทรทัศน์ JVC AV-21W314 81 W	0.45	0.49	-8.89
6	กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าอัตโนมัติ Panasonic NC-PG30P 700W 3.2A	3.27	3.12	4.59
			ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ	-0.13

สูตร % ความคลาดเคลื่อน
= (ค่าที่วัดจากเครื่องมือมาตรฐาน – ค่าที่วัดจาก CUD Smart Plug) /ค่าที่วัดจากเครื่องมือมาตรฐาน * 100

4. ทดสอบการตัดหรือหยุดการทำงานของ CUD Smart Plug เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ามากกว่ากำหนด โดยทดลองกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้มากสุดที่หน้าจอ Mobile Application ให้น้อยกว่ากระแสไฟฟ้าที่พัดลมต้องการ พบว่า CUD Smart Plug ตัดกระแสและหยุดการทำงานได้จริง เพียงแต่ไม่ทันที เพราะต้องใช้การสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

9. การประเมินความเห็นของผู้ใช้ต่อ CUD Smart Plug

ให้กลุ่มตัวอย่างคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 52 คน ประกอบด้วย นิสิต (63.5%) คณาจารย์ (25%) และเจ้าหน้าที่คณะครุศาสตร์ (11.5%) ดูวีดิทัศน์การใช้งาน CUD Smart Plug แล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามในรูปแบบ Google Form

ภาพที่ 21 QR code แบบสอบถาม

ข้อ	คำถาม	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ระดับ
	ด้านประโยชน์ของ CUD Smart Plug			
1	เป็นอุปกรณ์มีประโยชน์	4.38	0.66	1
2	เป็นอุปกรณ์มีราคาแพง	3.60	0.77	5
3	ใช้งานสะดวกกว่าปลั๊กทั่วไป	4.00	0.90	4
4	การตั้งเวลา และนับถอยหลังเวลาเพื่อเปิดปิดไฟฟ้าของ CUD Smart Plug ช่วยทำให้ใช้งานได้สะดวก	4.36	0.68	2
5	การแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบกราฟผ่าน Application สามารถทำให้ผู้ใช้ตระหนักถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	4.26	0.71	3
	รวม	**4.17**	0.79	
	ด้านลักษณะของ CUD Smart Plug			
1	ความเหมาะสมของรูปร่าง	3.66	0.76	4
2	ความเหมาะสมของขนาด	3.77	0.72	3
3	ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งปุ่ม/สายไฟ	3.85	0.79	2
4	ความเหมาะสมของ Application	4.04	0.68	1
	รวม	3.83	0.75	
	ถ้าได้ใช้งาน CUD Smart Plug			
1	ทำให้ตระหนักการใช้ไฟฟ้า	4.15	0.66	3
2	ความสะดวกของการใช้ตัวอุปกรณ์	4.17	0.73	2
3	ความสะดวกของการใช้ Application	4.28	0.69	1
4	ความรวดเร็วสั่งการและควบคุม	4.02	0.75	4
	รวม	**4.16**	0.71	

10. สรุปผล

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นให้ข้อมูลสนับสนุนว่า CUD Smart Plug สามารถควบคุมการใช้งานเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถตัดไฟเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในโปรแกรม สามารถอ่านและรายงานค่ากระแสไฟฟ้าได้ถูกต้องเมื่อเทียบกับมิเตอร์มาตรฐานมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ -0.13% สามารถแสดงกราฟ คำนวณยูนิต ตั้งเวลา และตั้งการเตือน (Alarm) ได้ สามารถรับ-ส่งข้อมูลกับ NETPIE และนำมาแสดงค่าปริมาณการใช้บนระบบสมาร์ตโฟนแอนดรอยด์เป็นข้อมูลเรียลไทม์ การใช้ไฟฟ้ารายวัน/รายสัปดาห์/รายเดือน/และรายปี

เมื่อสอบถามข้อมูลความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้ดูวีดิทัศน์การทดสอบการใช้งาน และดูแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ร่วมกับฟังการบรรยายจากผู้พัฒนา พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความพึงพอใจและมีความสนใจใช้งาน CUD Smart Plug เนื่องจากเห็นประโยชน์ทั้งในด้านความยืดหยุ่นในการใช้งานที่ตอบสนองการควบคุมปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทางไกลผ่านแอปพลิเคชัน การประหยัดพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจากการใช้งานที่เผอเรอ รวมทั้งความปลอดภัย

ด้วยข้อมูลทั้งหมด สรุปได้ว่า ระบบ CUD Smart Plug ที่ออกแบบและพัฒนาครั้งนี้ เป็นนวัตกรรมที่ช่วยให้ผู้ใช้เกิดเจตคติการประหยัดต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า อันจะเกิดประโยชน์มูลค่า และความมั่นคงทางพลังงานและเศรษฐกิจของประเทศไทยสืบไป

11. เอกสารอ้างอิง

ขวัญชัย สุขสีดา, นฤพล ศรีนาม และ จักกริช พฤษการ. (มปท.). ระบบวัดกระแสไฟฟ้าและแสดงผลสามมิติ. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

ดวงดาว ทัศนประเสริฐ. (2557). พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นภดล ลีลารุ่งโรจน์. (มปท.). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของประชาชนในเขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร.วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม.

นายสุเมธ มะอินทร์. (2560). Smart Home Electric Power Metering. ภาควิชาวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต

แนะนำ NETPIE. (4 ธันวาคม 2561). แหล่งที่มา https://netpie.gitbooks.io/doc/content/chapter1.html

ปรีชา รักษาพล. (2558). ระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ผ่านระบบเครือข่าย. สาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ระบิน ปาลี และอนันต์ วงษ์จันทร. (2560). การออกแบบโมดูลวัดกระแสและกำลังไฟฟ้ากระแสสลับด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ และแสดงผลโดยระบบไร้สายผ่าน ESP8266-01

รัชนี สุดเอียด, ดวงเดือน ศาสตรภัทร และนงคราญ วงษ์ศรี.(2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ของนักศึกษาสถาบันอุดมศึกษาเอกชน: ศึกษากรณี วิทยาลัยเซนต์หลุยส์. วารสารราชพฤกษ์ ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 (กันยายน - ธันวาคม 2558) 77-83.

วาศินี วงศ์สัมพันธ์ชัย.(2544). พฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่พักอยู่ในหอพักของมหาวิทยาลัยของรัฐ. สาขาสิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

วิวัฒน์มีสุวรรณ์. (7 ธันวาคม 2561). ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆในงานทางการศึกษา.
แหล่งที่มา https://in7659.wordpress.com/2015/
สพธอ. (4 ธันวาคม 2561). Web Portal.
แหล่งที่มา https://www.etda.or.th/terminology-detail/1413.html
สุเมธี อินคำเชื้อ (2560). การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้า ด้วยเครือข่ายไร้สาย. สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลการใช้ พลังงาน ปีการศึกษา 2559. (4 ธันวาคม 2561). แหล่งที่มา http://webkm.rmutp.ac.th/km/wp-content/uploads/

12. ภาพประกอบการทดลอง

12.1 เครื่องมือวัด และการวัด

Fluke 324 RMS Clamp Meter และ
Non-invasive Current Sensor SCT013-000

12.2 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

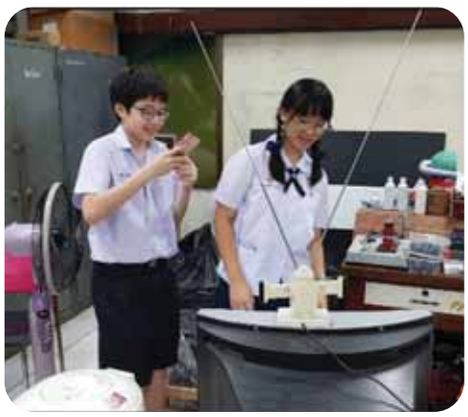
กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าอัตโนมัติ
Panasonic NC-PG30P
700W 3.2A

กาต้มน้ำ Tfal
1850W

พัดลมตั้งพื้น
Hatari 18 นิ้ว
HT 9881 54W

โทรทัศน์ JVC AV-21W314 81 W

12.3 กระบวนการทดสอบของนักเรียน



นักเรียนทดสอบการใช้งาน CUD Smart Plug

13. ประวัติผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

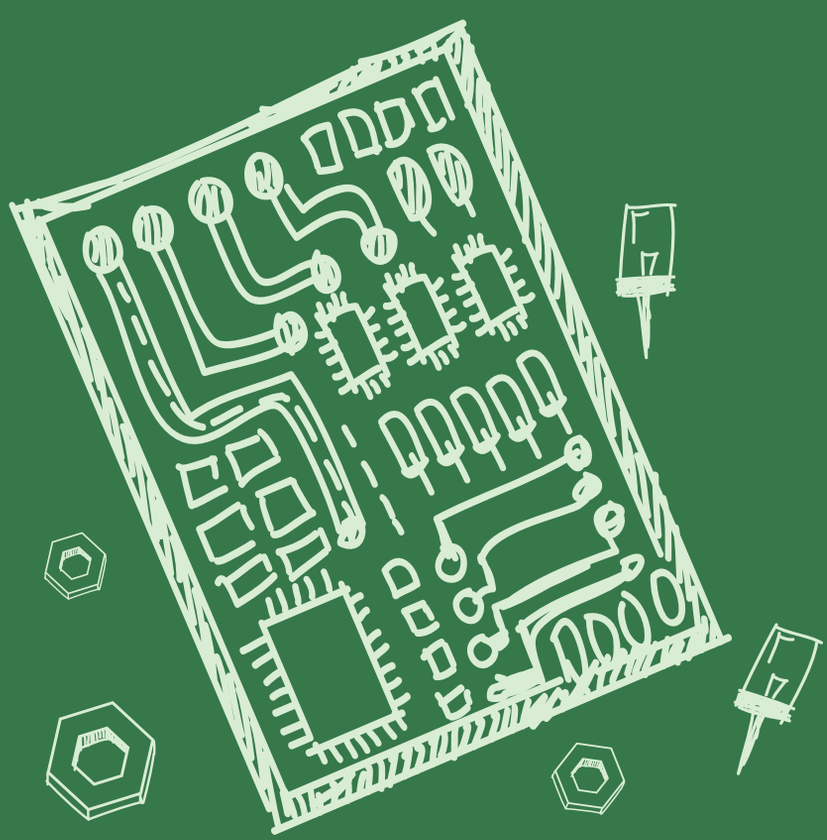
ชื่อ-นามสกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชยการ คีรีรัตน์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเทพสตรี
	ปริญญาโท สาขาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
	ปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชื่อ-นามสกุล	ดร.ศุภเดช ฉันจรัสวิชัย
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
	ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	ปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นักเรียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสรสิช สิรวัฒนากุล
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4)
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฐิวรินท์ สุดใจประภารัตน์
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3)

ผนวก 4

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมนรดา ชิวหวรรณ
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3)
ชื่อ-นามสกุล	เด็กชายปริณ อุทัยสุข
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1)



ภาคผนวก 5

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน
ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ และแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone

ตัวอย่างโครงงานโรงเรียน

ชื่อโครงงาน ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ และแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone

ผู้ร่วมดำเนินการ

สถานศึกษา โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา

ผู้บริหารสถานศึกษา

พระครูปลัดปราโมทย์ สิริเตโช (ผู้อำนวยการโรงเรียน)

ครูที่ปรึกษา

นางสาวพนิดา เล้าประเสริฐ

นางสาวปวีณา จันทร์เพ็ง

นักเรียน

สามเณรพรพัฒน์ เขียมสันเทียะ

สามเณรณัฐวุฒิ ชมพูจักร์

สามเณรไพศาล ไกรแก้ว

ผู้ทรงคุณวุฒิ / ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์ วัฒนานนท์

อาจารย์พลวัตน์ จินตนาภรณ์

1. บทนำ

เมล่อน (Melon) ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่กำลังเป็นที่นิยมบริโภคมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีรสชาติหวาน เนื้อนุ่ม ฉ่ำน้ำ อร่อย และมีกลิ่นหอม สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของขนมหวาน และเครื่องดื่มหลากหลายชนิด ในการเพิ่มมูลค่าของสินค้า อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลเดียวกัน เมล่อนยังเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่การปลูกสูงมากที่สุด (อ้างอิงจาก: www.rukkla.com) เนื่องจากใช้พื้นที่สำหรับเพาะปลูกไม่มาก ใช้น้ำน้อย สามารถทำรอบการปลูกได้ไวกว่าผลไม้ชนิดอื่น ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นประมาณ 70 – 90 วัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล และทุกพื้นที่ในประเทศไทย จึงทำให้กลุ่มเกษตรกรหน้าใหม่ให้ความสนใจต่อการทำฟาร์มเมล่อนค่อนข้างเยอะ ไม่ว่าจะเป็นฟาร์มเชิงท่องเที่ยว หรือทำเพื่อขายผลผลิต/ผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ส่งผลให้เมล่อนกลายเป็นผลไม้ที่ผู้บริโภคสามารถหาซื้อได้ ราคาถูกลงกว่าเดิม (อ้างอิงจาก: กรมวิชาการเกษตร, 2561)

มหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย ๒ โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ตั้งอยู่ที่วัดไผ่ดำ เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านไผ่ดำ ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16110 โดยดำเนินการเปิดสอนเป็นโรงเรียนพระปริยัติธรรมแผนกสามัญศึกษาชื่อว่า “โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา” เปิดสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย เปิดรับสามเณรและนักเรียนชายทั่วประเทศเข้ามาศึกษา โดยจัดการศึกษา 2 หลักสูตร คือ หลักสูตรนักธรรม-บาลี ของคณะสงฆ์ไทย และหลักสูตรพระปริยัติธรรม แผนกสามัญศึกษา ของสำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ นอกจากนี้ โรงเรียนวัดไผ่ดำยังให้ความสำคัญต่อ **“ปรัญชาเศรษฐกิจพอเพียง”** ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ที่ทรงพระราชทานพระราชดำริชี้แนะแนวทาง การดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคง และยั่งยืนภายใต้ความเปลี่ยนแปลง ซึ่งส่งผลให้เกิดการทำกิจกรรมการเกษตรสำหรับสามเณรภายในวัดไผ่ดำขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้สามเณรเห็นคุณค่าของทรัพยากรดิน และทดลองเพาะปลูกเมล่อนจำนวน 200 ต้น ด้วยการประยุกต์ใช้ความรู้และคุณธรรมเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตอย่างมี **“สติ ปัญญา และความเพียร”** บนขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร โดยการเพาะปลูกครั้งนี้ สามเณรต้องผลัดกันเดินตรวจสวน ใส่ปุ๋ยตามเวลาที่กำหนด ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินอย่างเหมาะสม และการรดน้ำที่ต้องหมั่นดูแลอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากโรงเรือนมีสภาวะอากาศที่ร้อน ถึงร้อนมากเกินกว่า 40 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน และบางครั้งเกิดฝนตกน้ำขัง ส่งผลให้สามเณรไม่สามารถควบคุมปัจจัยความชื้นในดินของเมล่อนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนได้

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดสำหรับการทำโครงงานเกี่ยวกับ การทำระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับวัดไผ่ดำขึ้น ซึ่งแนวทางที่เหมาะสมต่อการดูแล และควบคุมการเพาะปลูกภายในโรงเรือนเมล่อนของสามเณรวัดไผ่ดำ อีกทั้งยังไม่เป็นการรบกวนช่วงเวลาการศึกษานักธรรม-บาลี และการปฏิบัติธรรมของสามเณร โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ และบอร์ดสมองกลฝังตัว รวมถึงเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการควบคุมอย่างแม่นยำเกี่ยวกับอุณหภูมิความชื้นของดิน ควบคุมการรดน้ำ และการใส่ปุ๋ยภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ปลอดภัย และเพียงพอต่อความต้องการของพืช หรือเมล่อน ตลอดจนช่วยลดอัตราการสูญเสียปุ๋ย หรือระดับความเป็นพิษของปุ๋ยที่มีผลต่อเมล่อนอีกด้วย (อ้างอิงจาก: Maheswari, Ashok, & Prahadeeswaran, 2009) ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการของเกษตรกรหรือสามเณร โดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มเข้ามาบูรณาการในส่วนของการจัดทำโครงงาน (อ้างอิงจาก: Julaluk Watthananon, 2018) เน้นการส่งเสริมให้สามเณรเกิดกระบวนการคิด และความสนใจในการประยุกต์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ร่วมกับงานด้านเกษตรอย่างกลมกลืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone

ขอบเขตของโครงงาน

การจัดทำโครงงาน “ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone” เป็นการศึกษาและทดลองสำหรับมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย 2 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ตั้งอยู่ที่วัดไผ่ดำ เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านไผ่ดำ ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16110 โดยมีขอบเขตของโครงงาน ดังนี้

1) การจัดทำโครงงานครั้งนี้เป็นการศึกษาและทดลอง เพื่อลดภาระและระยะเวลาในการดูแลภายในโรงเรือนของสามเณรในวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา โดยกำหนดขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร สำหรับการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น เท่านั้น

2) การศึกษาและเปรียบเทียบข้อมูล มุ่งที่การทดสอบการควบคุม และการทำงานของอุปกรณ์ที่ได้ทำการติดตั้งอาทิ ระบบรดน้ำ ระบบควบคุมค่าความชื้นในดิน และระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน

3) ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ค่าความชื้นในอากาศที่เหมาะสม ค่าความชื้นในดินที่เหมาะสม ระดับน้ำ ระดับปุ๋ย ระยะเวลาในการใส่ปุ๋ย และค่าอุณหภูมิในการระบายความร้อน เป็นต้น

4) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงงาน มุ่งเน้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนา 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ ด้านความสามารถในการทำงาน ด้านความถูกต้องของการทำงาน และด้านการออกแบบและจัดรูปแบบของโมเดลต้นแบบ

3. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.1 เมล่อน (Melon)

เมล่อน หมายถึง พืชตระกูลแตง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Cucumis Melo L. มีรสชาติหวานฉ่ำ กลิ่นหอม ผลใหญ่ น้ำหนักเยอะ เปลือกหนา และมีลักษณะผิวแบบตาข่ายนูนสานกันเป็นลายชัดเจน ซึ่งเป็นพืชผลที่มีถิ่นกำเนิดมาจากแถบทวีปแอฟริกา ชอบอากาศอบอุ่น และไม่ร้อนจัดจนเกินไป ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการปลูกควรอยู่ที่ระดับ 25 – 35 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ควรเกินระดับ 43 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน และ 18 – 20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน ซึ่งสามารถแบ่งเมล่อนที่นิยมนำมารับประทานและเพาะปลูกในประเทศไทยออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) ชนิดแคนตาลูปเพนซิส (Cantaloupensis) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า C. Melo L. var. cantaloupensis หรือมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า ร็อคเมลลอน (Rock melon) เปลือกมีลักษณะแข็ง ขรุขระ แต่ไม่เป็นร่างแหหรือตาข่าย และมีร่องลึกเป็นทางยาวจากขั้วผลจรดท้ายผล

2) ชนิดเรติคูลาตัว (Reticulatus) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า C. Melo L. Var. Reticulatus หรือมีชื่อเรียกทั่วไปว่า เน็ตท์เมลอน (Netted melon) หรือ เปอร์เซียเมลอน (Persian melon) เปลือกมีลักษณะแข็ง ขรุขระเป็นร่างแหปกคลุมทั้งลูก มีกลิ่นหอม เนื้อหวานมีสีเขียว หรือสีส้ม

3) ชนิดอินอะดอรอส (Inodorous) หรือมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า C. Melo L. var. inodorous ลักษณะเปลือกเป็นผิวเรียบ ไม่เป็นร่างแห และไม่มีกลิ่น ซึ่งสายพันธุ์ที่นิยม คือ ฮันนี่ดิว (Honeydew)

3.2 อุณหภูมิที่เหมาะสม

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชตระกูลแตง หรือเมล่อนควรอยู่ที่ 25 – 35 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรเกิน 43 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน และควรอยู่ระหว่าง 18 – 20 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน ซึ่งหากเมล่อนกระทบกับสภาวะอากาศหนาวต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะทำให้การเจริญเติบโต หรืออุณหภูมิตั้งแต่ 10 – 20 องศาเซลเซียส เมล่อนอาจหยุดชะงักได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า อีกทั้งยังส่งผลให้การออกดอกติดผลล่าช้าตามไปด้วย ขณะเดียวกันเมล่อนก็ไม่ชอบอากาศที่ร้อนจัดจนเกินไป ถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 – 43 องศาเซลเซียส เมล่อนมักจะสร้างแต่ดอกตัวผู้ไม่มีดอกตัวเมีย หรืออาจมีดอกตัวเมีย แต่ดอกนั้นจะร่วงง่ายไม่ติดผลนั่นเอง

3.3 การให้น้ำสำหรับเมล่อน

การให้น้ำสำหรับพืชเมล่อนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ซึ่งหากปลูกเมล่อนในฤดูร้อนจัดและมีอากาศแห้งแล้ง ความต้องการน้ำของต้นเมล่อนในช่วงเริ่มต้นหลังย้ายกล้าอาจอยู่ในระดับ 0.5 – 1 ลิตร:ต้น:วัน และในช่วงที่กำลังออกดอกและติดผลอาจสูงถึงวันละ 2 – 3 ลิตร:ต้น:วัน เนื่องจากต้นเมล่อนเป็นพืชที่มีใบใหญ่ มีการคายน้ำมาก ดังนั้นปริมาณการให้น้ำแก่เมล่อนจึงต้องเพิ่มปริมาณการให้น้ำแก่ต้นเพิ่มมากขึ้นทุกสัปดาห์ จนกว่าจะออกดอกและติดผลจึงจะสามารถให้น้ำในปริมาณที่คงที่ได้

วิธีการที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้สำหรับการให้น้ำต้นเมล่อน คือ วิธีการให้น้ำหยด หรือระบบการให้น้ำแบบหยด ซึ่งเป็นการให้น้ำแก่ต้นแตงบริเวณรากของต้นทีละต้นโดยตรง ทำให้ประหยัดน้ำกว่าวิธีการปล่อยน้ำเข้าข้างร่องปลูกแล้วปล่อยให้น้ำซึมเข้าสู่แปลงจากด้านข้าง และยังสามารถผสมปุ๋ยและสารเคมีป้องกันศัตรูพืชบางชนิดลงไปในระบบน้ำหยดได้ด้วย

ภาพที่ 1 แสดงการติดตั้งระบบการให้น้ำแบบหยดของต้นเมล่อน ณ โรงเรียนวัดไผ่ดำ

3.4 การให้ปุ๋ยสำหรับเมล่อน

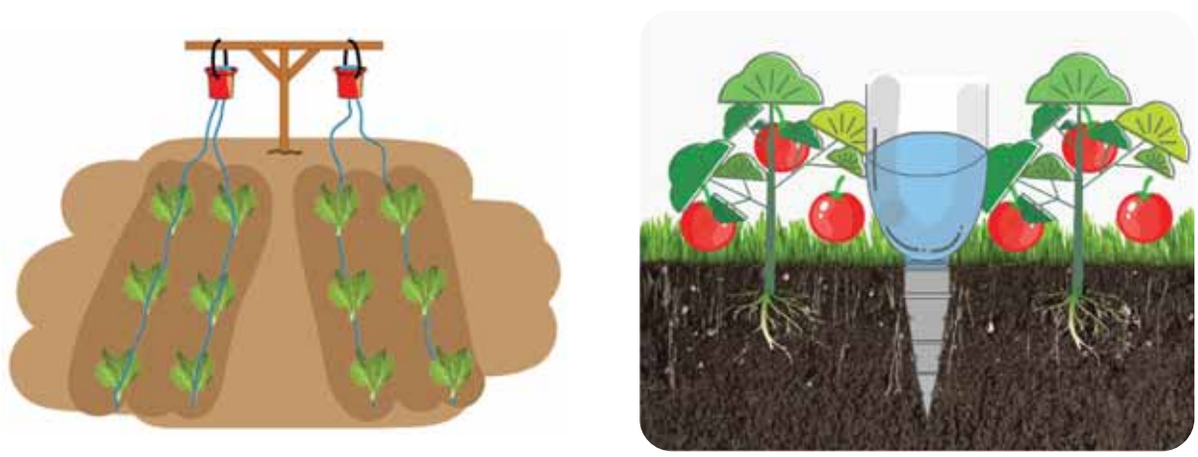
การให้ปุ๋ยสำหรับเมล่อนที่ถูกวิธีและประหยัดนั้น ก่อนการให้ปุ๋ยควรมีการตรวจวิเคราะห์ดิน เพื่อหาความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อน โดยทำการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชว่าอยู่ในปริมาณเท่าใดก่อน ได้แก่ ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม จากนั้นจึงนำมากำหนดปริมาณปุ๋ยที่จะใส่ในดินที่จะปลูกต้นเมล่อนนั้นอีกครั้ง หลังจากมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นให้แก่ต้นเมล่อนครั้งหนึ่งแล้วในช่วงระหว่างการเตรียมดินก่อนปลูก ดังนั้น เมื่อมีการย้ายปลูกต้องมีการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมอีกเป็นระยะๆ ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงกำลังออกดอกและติดผลอ่อน และช่วงก่อนผลแก่ดังนี้

1) การให้ปุ๋ยทางดิน หลังปลูกประมาณ 7 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ที่ต้นเมล่อน อัตรา 15 กรัม/ต้น เมื่ออายุประมาณ 25 วัน และ 50 วัน หลังย้ายปลูก อัตรา 20 กรัม/ต้น และเมื่ออายุ 65 วัน หลังย้ายปลูกใส่ปุ๋ย สูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัม/ต้น ร่วมกันปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 15 กรัม/ต้น

2) การให้ปุ๋ยทางน้ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการให้ปุ๋ยดีที่สุด โดยการติดตั้งปั๊มปุ๋ยเข้าที่ส่วนต้นทางของระบบน้ำหยดก่อนเข้าสู่แปลงปลูก และผสมปุ๋ยลงถัง ขนาด 200 ลิตร ในระยะการเจริญเติบโตทางใบและลำต้นก่อนการออกดอกติดผล ใส่ปุ๋ยสูตร 20-20-20 อัตรา 200 กรัม/น้ำ 200 ลิตร แต่ภายหลังเมื่อเริ่มออกดอกติดผลแล้ว ใส่ปุ๋ยสูตร 12-5-40 อัตรา 200 กรัม/น้ำ 200 ลิตร

3) การเพิ่มความหวานในผลก่อนเก็บเกี่ยว ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ลดปริมาณการให้น้ำแก่ต้นเมล่อนลงทีละน้อย จนถึง 2 วันก่อนเก็บเกี่ยว ให้ลดน้ำลงจนกระทั่งต้นเมล่อนปรากฏอาการเหี่ยวในช่วงกลางวัน ซึ่งการทำแบบนี้ จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำตาลหรือความหวานในผลเมล่อน และลดปัญหาการแตกของผลเมล่อนก่อนการเก็บเกี่ยว

3.5 ระบบน้ำหยดในการเกษตร



ภาพที่ 2 แสดงวิธีการรดน้ำต้นไม้แบบประหยัดน้ำด้วยระบบน้ำหยด

จากภาพที่ 2 แสดงวิธีการรดน้ำต้นไม้แบบประหยัดน้ำด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการชลประทานสำหรับการรักษาระดับความชื้นของดินด้วยวิธีการให้น้ำแก่พืช ในลักษณะของการส่งน้ำผ่านระบบท่อและปล่อยน้ำออกทางหัวน้ำหยด มักจะติดตั้งไว้บริเวณโคนต้นของพืช จากนั้นน้ำจะหยดซึมลงมาบริเวณรากช้า ๆ อย่างสม่ำเสมอในอัตรา 4 – 20 ลิตร:ชั่วโมง ที่แรงดัน 0.3 – 2 บาร์ (อัตรานี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ขนาดพื้นที่ และชนิดของดิน)

3.6 ระบบพ่นหมอกแรงดันต่ำ

ระบบพ่นหมอก หมายถึง ระบบหัวฉีดน้ำให้เป็นละอองน้ำแบบละเอียดจนเห็นเป็นหมอก ซึ่งในการจัดทำโรงเรือนเมล่อน สำหรับโรงเรียนวัดไผ่ดำครั้งนี้ ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบพ่นหมอกแรงดันต่ำ (ไม่เกิน 10 bar) จำนวน 40 หัวพ่น ความละเอียดของหัวเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ระยะความยาวเท่ากับ 24 เมตร โดยมีเป้าหมายเพื่อลดอุณหภูมิความร้อนภายในโรงเมล่อน และช่วยเพิ่มความชื้นในดินให้กับต้นเมล่อนด้วย

3.7 การขึ้นค้างสำหรับเมล่อน

ค้าง หมายถึง การทำเสาหลักสำหรับให้ไม้เลื้อย หรือไม้เถายึดเกาะ ซึ่งเมล่อนเป็นพืชที่มีลำต้นเป็นเถ้าเลื้อย ดังนั้น หลังปลูก 14 วัน จึงต้องมีการบังคับให้เถาของต้นเมล่อนเลื้อยขึ้นด้านบน โดยวิธีการจัดค้างให้เถาเมล่อนได้เกาะเลื้อย ซึ่งรูปแบบค้างสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเกษตรกรที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเงินลงทุน พื้นที่ปลูก ลักษณะพื้นที่ ที่ราบ ที่ราบเชิงเขา เป็นต้น โดยการขึ้นค้างสำหรับโรงเรือนวัดไผ่ดำใช้วิธีการขึ้นค้างแบบเสาคู่ จากนั้นปักไม้ค้างเป็นช่วงห่างกันประมาณ 2 – 2.5 เมตร และสูงจากพื้นดิน 1.80 เมตร จนถึงท้ายโรงเรือนแสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างค้างแบบเสาคู่โรงเมล่อนโรงเรียนวัดไผ่ดำ

จากนั้นหาเชือกไนลอน หรือเชือกอื่น ที่มีความแข็งแรงพอที่จะรองรับน้ำหนักต้นเมล่อนได้ผูกโยงที่บริเวณปลายของไม้ค้างแต่ละอันให้ตึง และบนเส้นเชือกตำแหน่งที่ตรงกับต้นเมล่อนให้ผูกเชือกห้อยลงมายาวจนถึงดิน โดยในระยะแรกบังคับให้ผูกต้นเมล่อนเข้ากับหลัก หรือเชือกทุกข้อเว้นข้อ ซึ่งหากเป็นเชือกให้ทำการเวียนเชือกรอบต้นเมล่อนด้วย เพื่อช่วยในการรองรับน้ำหนักและพยุงต้นเมล่อน แสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงการขึ้นค้างต้นเมล่อนด้วยเส้นเชือกภายในโรงเรือนโรงเรียนวัดไผ่ดำ

3.8 เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm)

เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) หมายถึง การทำเกษตรสมัยใหม่ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ผสมผสานศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์การเกษตรกับศาสตร์ทางวิศวกรรมหุ่นยนต์ หรือเครื่องจักร เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการบริหารจัดการ วิเคราะห์ และติดตามข้อมูล ตลอดจนดูแลพื้นที่เพาะปลูกได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้เกษตรกรสามารถดูแลและจัดการพืชไร่ของตัวเองได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม (Anytime Anywhere) อย่างมีความรู้และประสิทธิภาพไม่ว่าจะโดยการใช้คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ตโฟน

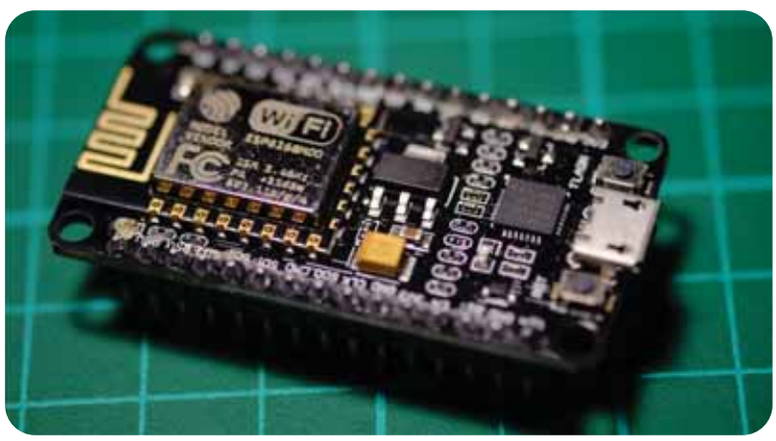
3.8.1 สมองกลฝังตัว (Embedded System)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) หมายถึง ระบบประมวลผลหรือบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะทำงานตามคำสั่งหรือโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับระบบประมวลผลสมองกลฝังตัว ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลากหลายรุ่น และหลากหลายความสามารถแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการประยุกต์ใช้งานของโครงงานต่าง ๆ ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างสมองกลฝังตัวที่นิยมใช้ ดังนี้

3.8.1.1 อาดุยโน่ หรือ Arduino คือ บอร์ดสมองกลฝังตัว หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ขนาดเล็กชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ควบคุม สั่งการ หรืออ่านค่าบางสิ่งที่ได้ทำการออกแบบ หรือเขียนโปรแกรมควบคุมการรับ-ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าด้วย ภาษา Arduino IDE ซึ่งก็คือภาษา C/C++ นั่นเอง เช่น การควบคุมระบบเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ หรือระบบรดน้ำอัตโนมัติ เป็นต้น

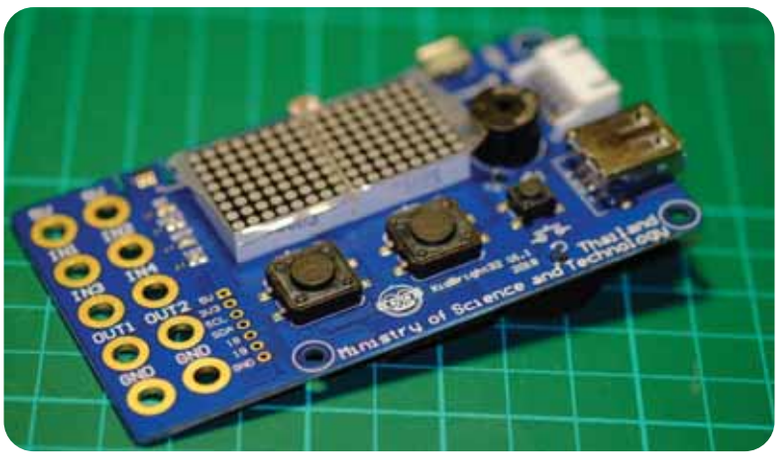
ภาพที่ 5 บอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino

3.8.1.2 โหนดเอ็มซียู หรือ NodeMCU คือ บอร์ดสมองกลฝังตัวที่มีขนาดเล็กประมาณ 5.5 x 3 เซนติเมตร ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับ Arduino แต่สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้ไม่ต้องติดตั้งโมดูลเพิ่มเติม เนื่องจากมีส่วนประกอบของ ESP8266 ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi มีราคาถูกมาก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการรับ-ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าด้วย Arduino IDE เช่นกัน



ภาพที่ 6 บอร์ดสมองกลฝังตัว NodeMCU

3.8.1.3 คิดไบรท์ หรือ KidBright คือ บอร์ดสมองกลฝังตัวอีกประเภทหนึ่งที่มีขนาดเล็ก เพียง 5 x 9 เซนติเมตร รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth โดยส่วนประกอบของ KidBright ประกอบด้วยหน้าจอแสดงผลแบบ Matrix LED สีแดงขนาด 16 x 8 จุด ปุ่มสำหรับกดใช้งานจำนวน 2 ปุ่ม มีลำโพง (Buzzer) สำหรับส่งสัญญาณเสียง และมีตัวเซนเซอร์พื้นฐานจำนวน 2 ตัว คือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซนเซอร์วัดความเข้มของแสง ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยวิธีการสร้างชุดคำสั่งแบบ Block-Structured Programming หรือการลากบล็อกคำสั่งมาวางต่อกัน (Drag and Drop)



ภาพที่ 7 บอร์ดสมองกลฝังตัว KidBright

3.8.2 เซนเซอร์ (Sensor)

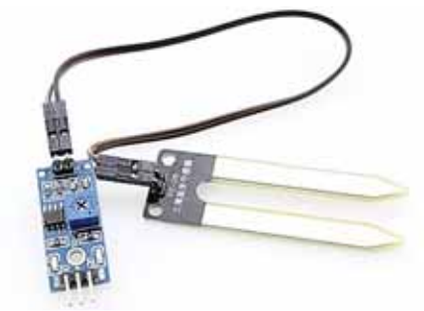
เซนเซอร์ (Sensor) หมายถึง ชุดอุปกรณ์ ระบบ หรือวงจร ซึ่งมีหน้าที่ในการตรวจจับ และ/หรือตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับงานสมองกลฝังตัว สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามคุณสมบัติของการตรวจวัด ดังนี้

1) เซนเซอร์ด้านกายภาพ (Physical Sensor) คือ เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดคุณสมบัติซึ่งเกี่ยวข้องกับทางกายภาพต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เซนเซอร์สำหรับการจับภาพใบหน้าบุคคล เซนเซอร์ตรวจวัดการเต้นของชีพจร หรือเซนเซอร์สำหรับสแกนลายนิ้วมือ เป็นต้น

2) เซนเซอร์ด้านเคมี (Chemical Sensor) คือ เซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นการทำปฏิกิริยาจำเพาะทางเคมี และมีการแปลงเป็นข้อมูล หรือสัญญาณสำหรับใช้ในการอ่านวิเคราะห์ค่าได้ เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดสารเคมีปนเปื้อนในน้ำ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

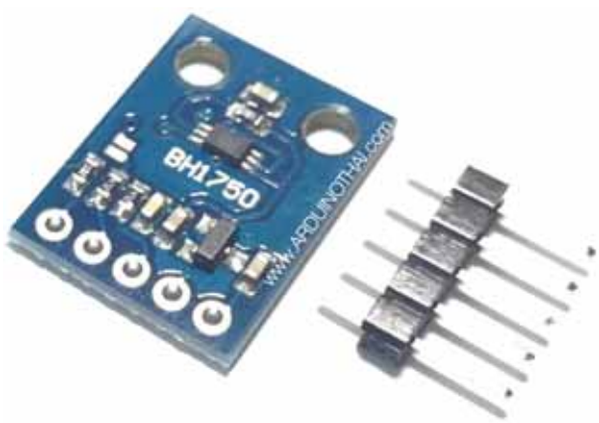
3) เซนเซอร์ทางชีวภาพ (Biosensor) คือ เซนเซอร์อาศัยเทคนิคการนำสารชีวภาพ (Biological Recognition Material) มาเป็นตัวทำปฏิกิริยาจำเพาะกับสารเป้าหมาย หรือเครื่องมือสำหรับตรวจวัดทางชีวภาพ เพื่อตรวจวิเคราะห์สารเป้าหมาย และตรวจวิเคราะห์สารต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันระหว่างส่วนแปลงสัญญาณ และสารชีวภาพ โดยมักจะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น เซนเซอร์การตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน เซนเซอร์ตรวจวัดสารปนเปื้อนในน้ำ หรือเซนเซอร์ตรวจวัดโปรตีน เป็นต้น

3.8.2.1 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน หรือ Soil Moisture Sensor คือ การอ่านหรือวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้างของเซนเซอร์ (แสดงดังภาพที่ 8) โดยผู้ใช้งานจำเป็นต้องนำเอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงในดินที่ต้องการวัดหรืออ่านค่า หมายความว่า ถ้าค่าความต้านทานมีค่าน้อย แปลว่ามีความชื้นในดินมาก หรือดินมีความชุ่มชื้นไม่จำเป็นต้องรดน้ำ แต่ถ้าอ่านค่าความต้านทานได้มาก แปลว่ามีความชื้นในดินน้อย หรือดินแห้งและอาจจำเป็นต้องรดน้ำให้ความชุ่มชื้นในดินเพิ่มเติม การอ่านค่าตัวแปรของ Soil Moisture Sensor สามารถอ่านได้ 2 แบบ คือ แบบแอนะล็อก (Analog) ที่สามารถอ่านค่าความชื้นได้ตั้งแต่ระดับ 0 ถึง 1024 และ แบบดิจิทัล (Digital) ด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ ถ้ามีค่ามากกว่าให้กำหนดเป็น logic HIGH แต่ถ้าต่ำกว่าให้กำหนดเป็น logic LOW



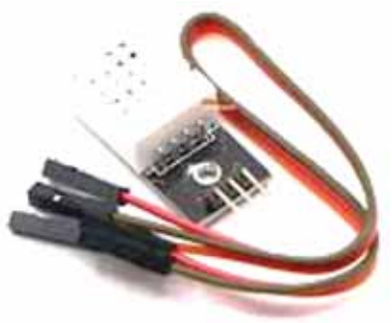
ภาพที่ 8 แสดงเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน หรือ Soil Moisture Sensor

3.8.2.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง หรือ BH1750 LUX Sensor คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความเข้มแสง หรือปริมาณแสงสว่างมีหน่วยวัดเป็นลักซ์ (Lux หรือ lx) ส่งสัญญาณออกมาเป็นดิจิทัล สามารถวัดความเข้มของแสงได้ตั้งแต่ 1 – 65535 lx (ลักซ์) สามารถตั้งค่าความละเอียดของโหมดการวัด (Resolution) ได้โดยซอฟต์แวร์ และมีความถี่สูงสุด 400 kHz



ภาพที่ 9 แสดงเซนเซอร์วัดความเข้มแสง BH1750

3.8.2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ หรือ Temperature & Relative Humidity Sensor สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้งานโมดูล DHT22/AM2302 เนื่องจากมีราคาถูกและมีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถส่งค่าสัญญาณเป็นแบบดิจิทัลเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทาง ขณะที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส มีค่าความแม่นยำน้อยกว่า +-0.5 เซลเซียส และสามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในย่าน 0 – 100% RH มีความแม่นยำ +-2 – 5% RH เหมาะกับความชื้นสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในโรงเมล่อน โรงเรียนวัดไผ่ดำเนื่องจากช่วงเวลากลางวันและกลางคืนอุณหภูมิมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก



ภาพที่ 10 แสดงเซนเซอร์ DHT22/AM2302 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์

3.8.2.4 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ หรือ Level Sensor / Level Switch คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับระดับของเหลว เพื่อทราบถึงตำแหน่ง และ/หรือระดับของน้ำที่อยู่ในภาชนะหรืออุปกรณ์ให้ได้ตามที่ต้องการ ดังนั้น สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ลูกลอยวัดระดับแบบแกนสแตนเลส (SUS304/SUS316) แบบติดตั้งด้านบนของถังน้ำที่ใช้สำหรับพ่นน้ำ และ/หรือรดน้ำภายในโรงเมล่อน

3.8.2.5 โซลินอยด์วาล์ว หรือ Solenoid Valve คือ อุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าหรือระบบวาล์วที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมสถานะการเปิด-ปิดของเหลว น้ำ อากาศ หรือก๊าซ โดยส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวด เพื่อควบคุมแท่งเหล็กหรือลิ้นวาล์วในการเปิดหรือปิด ซึ่งอาศัยความต่างของความดัน (Pressure) จากของไหลในระบบไหลผ่าน สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ Solenoid Valve 220v ขนาด 2 นิ้ว สำหรับควบคุมทิศทางของน้ำภายในโรงเมล่อนที่ใช้ระบบรดน้ำในการจ่ายน้ำหลายจุด โดยต่อเข้ากับระบบควบคุมซึ่งมีสวิตซ์ความดัน (Pressure Switch) หรือตัวตั้งเวลา (Timer) ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน

ภาพที่ 11 แสดงโซลินอยด์วาล์ว หรือ Solenoid Valve

3.8.2.6 รีเลย์ หรือ Relay คือ อุปกรณ์สำหรับตัด-ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ ดังนั้น รีเลย์จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟให้กับขดลวดตามเงื่อนไขที่กำหนดวงจรจึงเปิด แต่เมื่อไม่มีการจ่ายไฟวงจรจะเปิด สำหรับโรงเมล่อนโรงเรียนวัดไผ่ดำได้นำรีเลย์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรภายในโรงเรือนหลายจุด อาทิ ควบคุมการจ่ายไฟของปั๊มน้ำ ควบคุมระบบพ่นหมอก ควบคุมโซลินอยด์วาล์ว และควบคุมระบบการจ่ายไฟภายในโรงเรือน เป็นต้น

ภาพที่ 12 แสดงอุปกรณ์รีเลย์ หรือ Relay

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) กมลขนก ลอมโฮม และวรรณิศา ผางต๊ะ (2555) ได้ทำการศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์ผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยใช้อาดุยโน่ ผลการศึกษาพบว่า บอร์ดสมองกลฝังตัวอาดุยโน่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ผ่านเครือข่ายไร้สายตามคำสั่งที่โปรแกรมได้จากทางหน้าเว็บบราวเซอร์ ขณะที่อัตราการคลาดเคลื่อนของการวัดระยะด้วยอัลตร้าโซนิคผิดพลาดไม่เกิน 2%

2) ศุภวุฒิ ผากา และคณะ (2557) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณและคุณภาพของเห็ดจากการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.26 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.70 ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 10.1 กิโลกรัมต่อการเก็บผลิตเห็ด 1 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรยส เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์ (2554) เกี่ยวกับการรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะเห็ดที่เหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตซึ่งมีปัจจัยสำคัญที่ต้องควบคุม คือ อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ซึ่งจากเหตุและผลดังกล่าวจึงเป็นปัจจัยเบื้องต้นสำหรับควบคุมการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น ของ โรงเรียนวัดไผ่ดำ

3) ชาริณี ชาญดนตรีกิจ และณัฐการ สืบบุก (2553) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ภาษา C/C++ ภาษา HTML การสร้าง Dynamic HTML การสร้างเว็บแบบ Real-time ด้วยเทคโนโลยี AJAX ผลการวิจัยพบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าคำสั่งจากหน้าเว็บเพจได้ และสามารถส่งสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศ และระบบควบคุมแสงสว่างผ่านระบบเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวรรณ คำไชร้ และทิพวิมล ชมพูคำ (2559) ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าด้วยเซนเซอร์ ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นมีคุณภาพสามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าด้วยเซนเซอร์อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.38 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.49 และได้ทำการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งในด้านความสามารถในการทำงานของระบบ ด้านความถูกต้องของการทำงาน และด้านการออกแบบและจัดรูปแบบโมเดลจำลอง โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.74 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.44

4) สุเพชร จิรขจรกุล และคณะ (2560) ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีชื่อว่า Melmon หรือระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัจฉริยะ ที่ช่วยในการบริหารจัดการและดูแลฟาร์มเมล่อนผ่านแอปพลิเคชันร่วมกับบอร์ดสมองกลฝังตัวและเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งผลการพัฒนาพบว่า ชุดอุปกรณ์ Smart Melon Farm ที่พัฒนาสามารถช่วยในควบคุมและจัดการฟาร์มเมล่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านของการลดต้นทุนแรงงาน ด้านการวางแผนควบคุมคุณภาพการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณที่แม่นยำและถูกต้อง สามารถควบคุมปริมาณน้ำ ระบบแสงสว่าง ในขณะที่แอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเกิดโรคจากเชื้อรา แมลงศัตรู ความชื้นสัมพัทธ์อุณหภูมิ ตลอดจนการติดตามผลและควบคุมกระบวนการบริหารจัดการภายในฟาร์มได้ตลอดเวลาแบบ Real-time

5. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	Arduino Uno R3	2 ตัว
2	Ethernet Shield	1 ตัว
3	Relay 5v 2 channel	3 ชิ้น
4	Solenoid Valve 220v (2 นิ้ว)	1 อัน
5	Solenoid Valve 220v (1 นิ้ว)	1 อัน
6	Non-contact liquid level Water level Sensor	2 ชิ้น
7	ตัววัดแสง LDR Photoresistor sensor Module	3 ตัว
8	ตัววัดอุณหภูมิ DHT 22	3 ตัว
9	ตัววัดความชื้นในดิน Soil Moisture sensor	3 ตัว
10	LED	6 อัน
11	Power supply 12A	1 อัน
12	Lorem ipsum dolor sit	1 อัน
13	Connector LAN	4 ชิ้น
14	สายยางระบบน้ำ,ท่อ PVC, ข้อต่อและกาว	30 เมตร
15	กล่องพลาสติกกันน้ำ	2 กล่อง
16	ถัง 120 ลิตร	1 ถัง
17	สายไฟ , สายจั๊มเปอร์	40 เส้น
18	สว่าน	1 ตัว

ลำดับ	รายการ	จำนวน
19	เสาไม้ติดตั้งกล่องระบบควบคุม	1 เสา
20	สาย LAN	2 ม้วน
21	Point-to-point wireless	1 ชุด

6. สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

6.1 การศึกษาและทดลองสำหรับมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย 2 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ตั้งอยู่ที่วัดไผ่ดำ เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านไผ่ดำ ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16110 ขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร สำหรับการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น

6.2 ระยะเวลาดำเนินโครงงาน เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2562

7. วิธีการและผลดำเนินการ

7.1 วิธีการ

การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย 2 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ตั้งอยู่ที่วัดไผ่ดำ เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านไผ่ดำ ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16110 สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์วิธีการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อส่งเสริมให้สามเณรสามารถดูแล และจัดการการรดน้ำ และใส่ปุ๋ยได้อย่างสะดวก โดยมีขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ ดังนี้

1) ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเมล่อน ตลอดจนวิธีการปลูกเมล่อน จากผู้มีประสบการณ์ (เกษตรกร) นักวิชาการ เอกสารทางวิชาการต่าง ๆ และศึกษาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต จากนั้นทำการสรุปผลปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน และสภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการปลูกเมล่อน

2) ศึกษาเกี่ยวกับการทำระบบสมาร์ตฟาร์ม และเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะระบบงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

3) เลือกสถานที่ที่จะทำระบบสมาร์ตฟาร์มให้กับโรงเมล่อน รวมทั้งสำรวจสถานที่เบื้องต้นเพื่อนำไปออกแบบระบบ

4) วิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

5) วางโครงสร้างระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone

6) ประเมินค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ และเซนเซอร์

ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone ตลอดจนการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การออกแบบปริมาณถังน้ำที่เหมาะสมสำหรับควบคุมการปรับลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน ซึ่งนำผลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ระยะที่ 1 ทำการสังเคราะห์เพื่อออกแบบและพัฒนา โดยมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา ดังนี้

1) ดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

2) ออกแบบระบบการจ่ายน้ำ และเตรียมสถานที่ก่อนติดตั้งระบบจริง

3) พัฒนาระบบต้นแบบเพื่อทดสอบการทำงานก่อนนำไปติดตั้ง

4) ติดตั้งระบบพ่นหมอก และระบบน้ำหยดสำหรับโรงเรือน

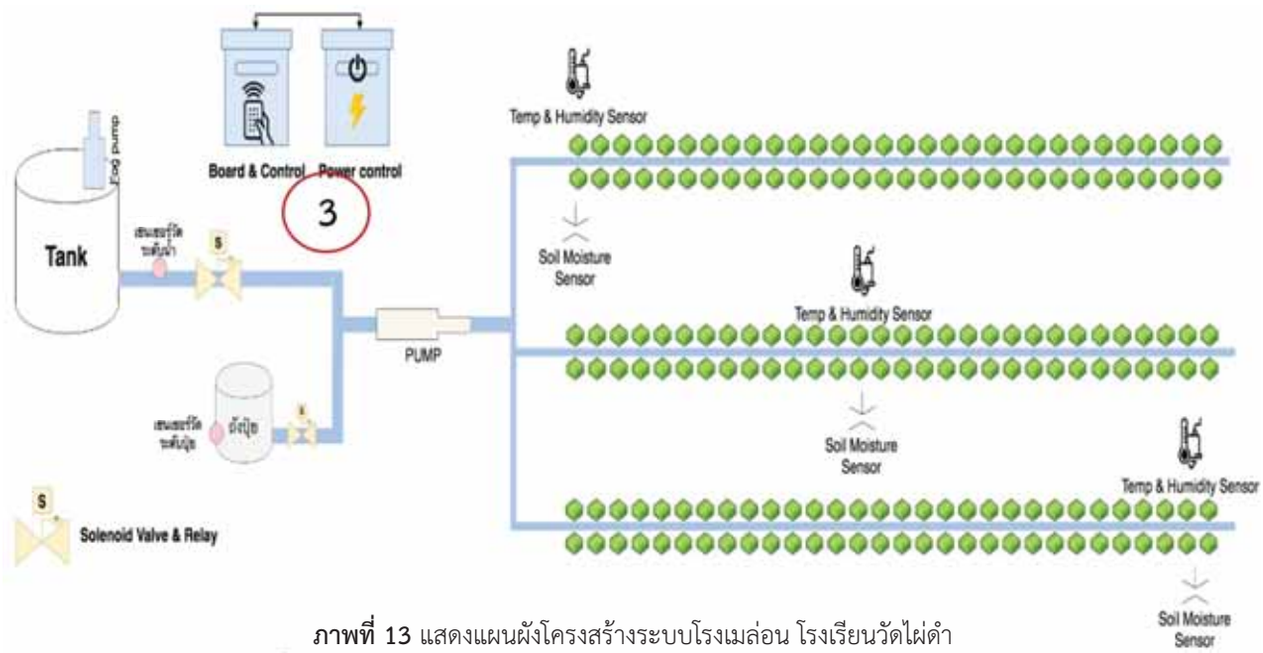
5) ทำการติดตั้งระบบสมองกล และวางระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

ระยะที่ 3 การประเมินผลการออกแบบและระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย 2 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร สำหรับการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น โดยมุ่งเน้นที่การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone โดยมีขั้นตอนการประเมินผลดังนี้

1) นำระบบมาทดสอบคุณภาพ และประสิทธิภาพของเครื่องมือ

2) บำรุงรักษาระบบ และการประเมินผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

7.2 ออกแบบโครงสร้างระบบโรงเมล่อน โรงเรียนวัดไผ่ดำ



ภาพที่ 13 แสดงแผนผังโครงสร้างระบบโรงเมล่อน โรงเรียนวัดไผ่ดำ

จากภาพที่ 13 แสดงแผนผังการออกแบบโครงสร้างระบบโรงเมล่อน สำหรับมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย 2 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ตั้งอยู่ที่วัดไผ่ดำ เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 บ้านไผ่ดำ ตำบลทองเอน อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16110 ขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร สำหรับการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น โดยแบ่งส่วนการออกแบบโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ แผนผังตู้ควบคุมวงจรการทำงาน แผนผังระบบบริหารจัดการปั๊มน้ำ และแผนผังการควบคุมแนวการเพาะปลูกภายในโรงเมล่อน สามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้

1) แผนผังตู้ควบคุมวงจรการทำงาน แบ่งออกเป็นตู้ควบคุมจำนวน 2 ตู้ คือ ตู้สำหรับควบคุมระบบไฟฟ้าระบบการจ่ายน้ำ ระบบพ่นหมอก ระบบน้ำหยด และตู้สำหรับควบคุมอุปกรณ์แปลงไฟต่าง ๆ ระบบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ และเซนเซอร์วัดความชื้นในดินจำนวน 3 จุด

ภาพที่ 14 แสดงโครงสร้างโรงเมล่อน โรงเรียนวัดไผ่ดำ

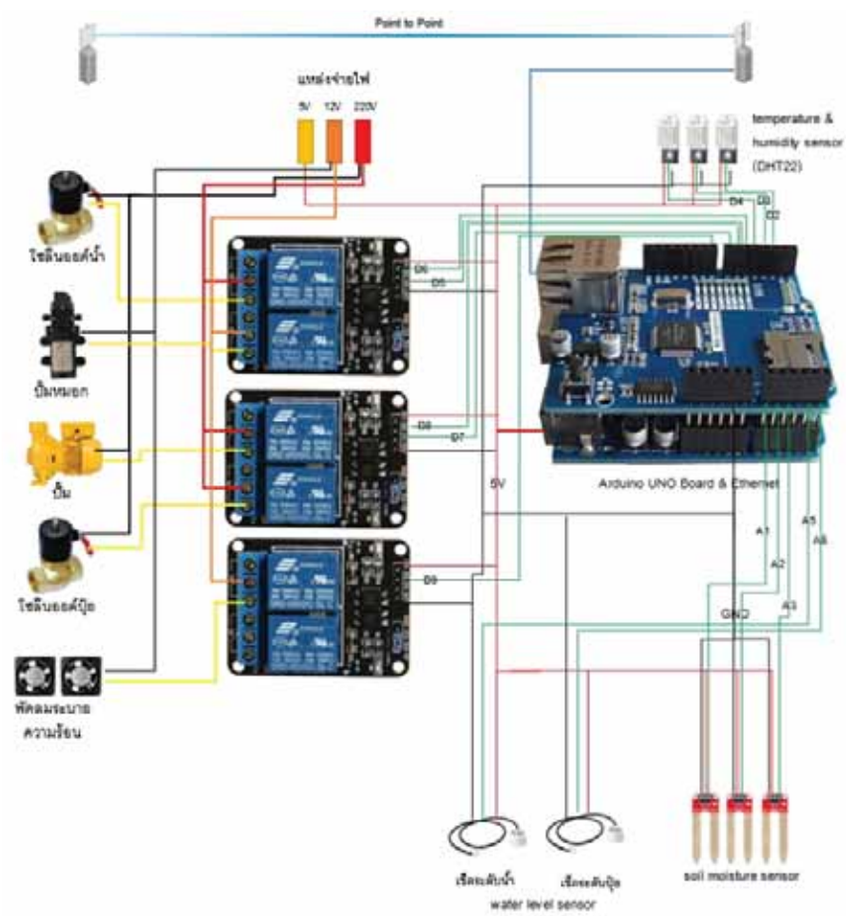
2) แผนผังระบบบริหารจัดการปั๊มน้ำ ถูกออกแบบเพื่อรองรับการรดน้ำแบบอัตโนมัติ การให้ปุ๋ยอัตโนมัติ และการปรับลดอุณหภูมิความร้อนภายในโรงเมล่อนช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงถึง 40 – 42 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลเสียต่อต้นเมล่อนอาจหยุดชะงักได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ไม่หวาน และไม่ฉ่ำน้ำ อีกทั้งยังส่งผลให้การออกดอกติดผลล่าช้าตามไปด้วย โดยจะมีการติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำภายในถังเก็บน้ำขนาด 2000 ลิตร และติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับปุ๋ยภายในถังปุ๋ย เพื่อทำการเติมปุ๋ยและรดน้ำตามช่วงเวลาที่เหมาะสม ภายใต้เงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้ในหัวข้อ 7.5

3) แผนผังควบคุมแนวการเพาะปลูกภายในโรงเมล่อน คณะผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์และวางแผนแนวการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์วัดความชื้นในอากาศ และอุปกรณ์วัดความชื้นในดินจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง เพื่อทำการตรวจวัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเมล่อน เนื่องจากแต่ละส่วนมีความแตกต่างกันในบางช่วงเวลา ดังนั้นการดูแลและควบคุมระบบการรดน้ำ ระบบพ่นหมอก ระบบน้ำหยด การปรับลดอุณหภูมิ และการใส่ปุ๋ยสำหรับแต่ละส่วนอาจแตกต่างกันตามไปด้วย

สำหรับการแบ่งแนวการเพาะปลูกภายในโรงเรือนเมล่อนสามารถออกเป็น 3 แถว ทำการวางกระถางแบบแถวคู่ ภายในแถวคู่ที่ระยะห่างระหว่างกระถางในแถว 50 เซนติเมตร ระยะห่างภายในแถวคู่ 80 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถวคู่เท่ากับ 1.5 เมตร ในโรงเรือนที่มีพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร สามารถปลูกได้ 200 ต้น แสดงดังภาพที่ 15

ภาพที่ 15 แสดงแนวการเพาะปลูกต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น ภายในโรงเมล่อน

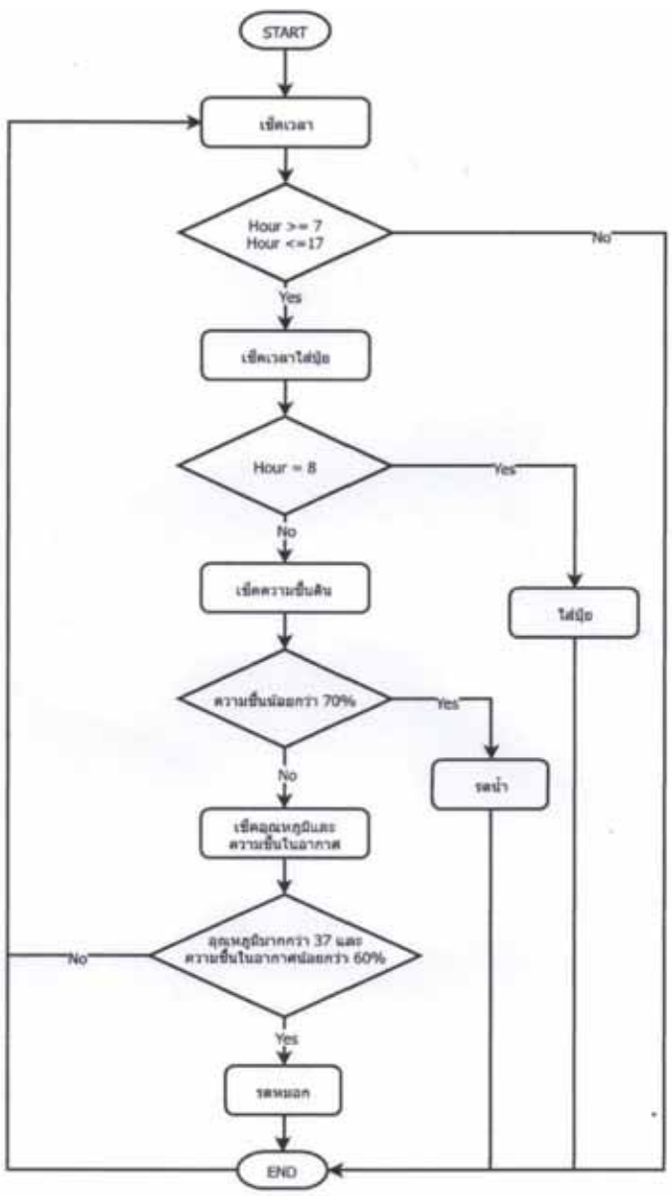
7.3 ออกแบบโครงสร้างการต่อวงจรระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ



ภาพที่ 16 แสดงแผนผังโครงสร้างการต่อวงจรระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ

จากภาพที่ 16 แสดงแผนผังโครงสร้างการต่อวงจรระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ ภายในตู้ควบคุมด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino UNO Board & Ethernet เชื่อมต่อวงจรเข้ากับอุปกรณ์และเซนเซอร์ ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ หรือ Temperature & Relative Humidity Sensor ซึ่งโครงงานนี้เลือกใช้งานโมดูล DHT22/AM2302 จำนวน 3 ชุด เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำและระดับปุ๋ย สำหรับการต่อวงจรจากบอร์ด Arduino เข้ากับรีเลย์ (Relay 5v 2 channel) จำนวน 3 ตัว เชื่อมต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟที่ต้องทำการแปลงไฟฟ้าสำหรับตัด-ต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาด 5V, 12V และ 220V ตามประเภทของอุปกรณ์เชื่อมต่อ ได้แก่ โซลินอยด์วาล์วน้ำ ระบบปั๊มหมอก ระบบปั๊มน้ำ โซลินอยดวาล์วปุ๋ย และพัดลมระบายความร้อนภายในตู้ควบคุม

7.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ



ภาพที่ 17 แสดงแผนผังการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ

จากภาพที่ 17 แสดงแผนผังโปรแกรมคำสั่งการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ โดยกระบวนการทำงานของระบบเริ่มต้นด้วยการเช็คเวลาในช่วง 7 โมงเช้าถึง 6 โมงเย็น ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงาน 3 เงื่อนไข คือ 1) เมื่อถึงเวลา 8 โมงเช้า ระบบทำการใส่ปุ๋ย แต่ต้องทำการเช็คก่อนว่าในถังบรรจุปุ๋ยมีปุ๋ยอยู่หรือไม่ 2) ระบบทำการเช็คความชื้นของดิน โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าความชื้อในดินมีค่าน้อยกว่า 70% ระบบจะดำเนินการสั่งให้ระบบปั๊มน้ำทำงาน และ 3) ระบบทำการตรวจเช็คความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิ โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 60% และมีอุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส ระบบจะทำการสั่งให้ระบบพ่นหมอก และระบบน้ำหยดทำงาน เพื่อช่วยลดอุณหภูมิและเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ

7.5 การเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมระบบ

สำหรับการเขียนคำสั่ง หรือโปรแกรมควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร จำนวนการเพาะปลูกต้นเมล่อน 200 ต้น ของมหาวชิราลงกรณราชวิทยาลัย ๒ โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ระบบการพ่นหมอก และระบบน้ำหยด ซึ่งสามารถเขียนคำสั่งหรือโปรแกรม ควบคุมด้วยภาษา Arduino IDE ซึ่งสามารถเขียนคำสั่ง ดังนี้

```
#include "DHT.h" //เรียกใช้ไลบรารี่ DHT

DHT dht1; //ประกาศตัวแปรเพื่อเก็บค่า DHT ตัวที่ 1
DHT dht2; //ประกาศตัวแปรเพื่อเก็บค่า DHT ตัวที่ 2
DHT dht3; //ประกาศตัวแปรเพื่อเก็บค่า DHT ตัวที่ 3

//Config ค่าต่างๆ
int config_temp = 37; //กำหนดค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม
int mineral_time = 8; //กำหนดเวลาใส่ปุ๋ย
int config_humidity = 60; //กำหนดค่าความชื้นในอากาศที่เหมาะสม
int config_soil = 70; //กำหนดค่าความชื้นดินที่เหมาะสม
int config_Fan = 30; //กำหนดค่าอุณหภูมิที่ให้พัดลมระบายอากาศทำงาน

//Analog input
int soil_1 = A0; //อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความชื้นดินจุดที่ 1 โดยอ่านค่าอนาล็อกจากช่อง A1
int soil_2 = A1; //อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความชื้นดินจุดที่ 2 โดยอ่านค่าอนาล็อกจากช่อง A2
int soil_3 = A2; //อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความชื้นดินจุดที่ 3 โดยอ่านค่าอนาล็อกจากช่อง A3

int water_level_pin = A3; //อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำ โดยอ่านอนาล็อกจากช่อง A3
int mineral_level_pin = A4; //อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดระดับปุ๋ย โดยอ่านอนาล็อกจากช่อง A4

//Digital output
int outputFan = 9; //กำหนดดิจิทัล output สำหรับควบคุมพัดลมระบายอากาศที่ช่อง 9
int outputFog = 5; //กำหนดดิจิทัล output สำหรับควบคุมปั๊มหมอกที่ช่อง 5
int outputWater = 6; //กำหนดดิจิทัล output สำหรับควบคุมโซลินอยน้ำที่ช่อง 6
int outputMineral = 7; //กำหนดดิจิทัล output สำหรับควบคุมโซลินอยปุ๋ยที่ช่อง 7
int outputPump = 8; //กำหนดดิจิทัล output สำหรับควบคุมปั๊มใหญ่ที่ช่อง 8

//Parameter other
int soil_value_1; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นดินจุดที่ 1
int soil_value_2; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นดินจุดที่ 2
int soil_value_3; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นดินจุดที่ 3
int config_max_soil; //ประกาศตัวแปรค่า max ของความชื้นดิน
int config_min_fan; //ประกาศตัวแปรค่า min ของอุณหภูมิสำหรับพัดลมระบายอากาศ
```

```
int water_low_level; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าระดับน้ำ
int mineral_level; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าระดับปุ๋ย

int humidity_1; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 1
int temperature_1; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าอุณหภูมิ จุดที่ 1

int humidity_2; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 2
int temperature_2; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าอุณหภูมิ จุดที่ 2

int humidity_3; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 3
int temperature_3; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าอุณหภูมิ จุดที่ 3

int humidity_avg; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าอุณหภูโดยรวม
int temp_avg; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ
int soil_avg; //ประกาศตัวแปรสำหรับเก็บค่าเฉลี่ยของความชื้นในดิน

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //กำหนด serial ของบอร์ด
  pinMode(soil_1, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นดินจุดที่ 1
  pinMode(soil_2, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นดินจุดที่ 2
  pinMode(soil_3, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นดินจุดที่ 3

  pinMode(water_low_level, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าระดับน้ำ
  pinMode(mineral_level, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าระดับปุ๋ย

  pinMode(humidity_1, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 1
  pinMode(humidity_2, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 2
  pinMode(humidity_3, INPUT); //กำหนด pin input สำหรับอ่านค่าความชื้นในอากาศ จุดที่ 3

  dht1.setup(2); //อ่านค่า DHT จุดที่ 1 จากช่อง 2
  dht2.setup(3); //อ่านค่า DHT จุดที่ 2 จากช่อง 3
  dht3.setup(4); //อ่านค่า DHT จุดที่ 3 จากช่อง 4

  pinMode(outputFog, OUTPUT); //กำหนด pin output สำหรับปั๊มหมอก
  pinMode(outputWater, OUTPUT); //กำหนด pin output สำหรับโซลินอยน้ำ
  pinMode(outputMineral, OUTPUT); //กำหนด pin output สำหรับโซลินอยปุ๋ย
  pinMode(outputPump, OUTPUT); //กำหนด pin output สำหรับปั๊มหลัก
  pinMode(outputFan, OUTPUT); //กำหนด pin output สำหรับพัดลมระบายอากาศ

  digitalWrite(outputFog, HIGH); //เริ่มต้นให้ปิดปั๊มหมอก
  digitalWrite(outputWater, HIGH); //เริ่มต้นให้ปิดโซลินอยน้ำ
  digitalWrite(outputMineral, HIGH); //เริ่มต้นให้ปิดโซลินอยปุ๋ย
  digitalWrite(outputPump, HIGH); //เริ่มต้นให้ปิดปั๊มใหญ่
  digitalWrite(outputFan, HIGH); //เริ่มต้นให้ปิดพัดลมระบายอากาศ
}

void loop()
{
  int humidity_1 = dht1.getHumidity(); //ดึงค่าความชื้นในอากาศจุดที่ 1
  int temperature_1 = dht1.getTemperature(); //ดึงค่าอุณหภูมิจุดที่ 1

  int humidity_2 = dht2.getHumidity(); //ดึงค่าความชื้นในอากาศจุดที่ 2
  int temperature_2 = dht2.getTemperature(); //ดึงค่าอุณหภูมิจุดที่ 2

  int humidity_3 = dht3.getHumidity(); //ดึงค่าความชื้นในอากาศจุดที่ 3
  int temperature_3 = dht3.getTemperature(); //ดึงค่าอุณหภูมิจุดที่ 3
```

```
soil_value_1 = analogRead(soil_1); //อ่านค่าอนาล็อก ความชื้นดินจุดที่ 1 เก็บไว้ในตัวแปร
soil_value_1 = map(soil_value_1,1024,0,100,0); //แปลงค่าความชื้นดินจุดที่ 1 เป็นเปอเซ็นต์

soil_value_2 = analogRead(soil_2); //อ่านค่าอนาล็อก ความชื้นดินจุดที่ 2 เก็บไว้ในตัวแปร
soil_value_2 = map(soil_value_2,1024,0,100,0); //แปลงค่าความชื้นดินจุดที่ 2 เป็นเปอเซ็นต์

soil_value_3 = analogRead(soil_3); //อ่านค่าอนาล็อก ความชื้นดินจุดที่ 3 เก็บไว้ในตัวแปร
soil_value_3 = map(soil_value_3,1024,0,100,0); //แปลงค่าความชื้นดินจุดที่ 3 เป็นเปอเซ็นต์

soil_avg = (soil_value_1 + soil_value_2 + soil_value_3)/3; //คำนวนค่าเฉลี่ยความชื้นดินเก็บไว้ในตัวแปร

humidity_avg = (humidity_1 + humidity_2 + humidity_3)/3; //คำนวนค่าเฉลี่ยความชื้นในอากาศเก็บไว้ในตัวแปร

temp_avg = (temperature_1 + temperature_2 + temperature_3)/3; //คำนวนค่าเฉลี่ยความชื้นในอากาศเก็บไว้ในตัวแปร

if(digitalRead(water_level_pin) == 1 ) //อ่านค่าดิจิทัล เพื่อตรวจสอบระดับน้ำในถังว่ามีน้ำหรือไม่ โดยถ้าเท่ากับ 1 คือมีน้ำในถัง
{
    water_low_level = 1; //กำหนดค่าให้กับตัวแปร ถ้ามีน้ำกำหนดตัวแปรเท่ากับ 1
} else {
    water_low_level = 0; //กำหนดค่าให้กับตัวแปร ถ้าไม่มีน้ำกำหนดตัวแปรเท่ากับ 0
}

if(digitalRead(mineral_level_pin) == 1 ) //อ่านค่าดิจิทัลจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำ เพื่อตรวจสอบระดับปุ๋ยในถัง ว่าเท่ากับ 1 หรือไม่
{
    mineral_level = 1; //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง กำหนดค่าให้กับตัวแปร ถ้ามีปุ๋ยกำหนดตัวแปรเท่ากับ 1
} else {
    mineral_level = 0; //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ กำหนดค่าให้กับตัวแปร ถ้าไม่มีปุ๋ยกำหนดตัวแปรเท่ากับ 0
}

//ควบคุมพัดลมระบายอากาศ
if( temp_avg >= config_Fan ) //ตรวจสอบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิว่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดหรือไม่
{
    digitalWrite(outputFan, LOW); //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริงสั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงาน
} else {
    digitalWrite(outputFan, HIGH); //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จสั่งให้ปิดการทำงานของพัดลมระบายอากาศ
}

//ความชื้นดิน ควบคุมการรดน้ำ
if ( soil_avg < config_soil ) //ตรวจสอบค่าเฉลี่ยของความชื้นดินว่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดหรือไม่
{
    //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง ตรวจสอบระดับของน้ำในถัง
    if( water_low_level == 1 ) //ตรวจสอบว่ามีน้ำในถังหรือไม่
    {
        //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง
        digitalWrite(outputWater, LOW); //สั่งให้เปิดโซลินอยน้ำ
        digitalWrite(outputPump, LOW); //สั่งให้เปิดปั๊มน้ำใหญ่
    } else {
        //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ
        digitalWrite(outputPump, HIGH); //สั่งให้ปิดปั๊มน้ำใหญ่
        digitalWrite(outputWater, HIGH); //สั่งให้ปิดโซลินอยน้ำ
    }

} else {

  //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ แสดงว่าความชื้นในดินเหมาะสม
  digitalWrite(outputPump, HIGH); //สั่งให้ปิดปั๊มน้ำใหญ่
  digitalWrite(outputWater, HIGH); //สั่งให้ปิดโซลินอยน้ำ
```

```
 //ความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ ควบคุมปั๊มหมอก
  if ( humidity_avg < config_humidity && temp_avg > config_temp ) //ตรวจสอบเงื่อนไขถ้าค่าเฉลี่ยความชื้นในอากาศน้อยกว่าค่าที่กำหนด และมากกว่าค่าที่กำหนด
  {
    //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง ตรวจสอบระดับน้ำในถัง
    if( water_low_level == 1 ) {
      //ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง
      digitalWrite(outputFog, LOW); //สั่งให้ปั๊มหมอกทำงาน
    } else {
      //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ
      digitalWrite(outputFog, HIGH); //สั่งให้ปั๊มหมอกปิดการทำงาน
    }
  } else {
    //ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ
    digitalWrite(outputFog, HIGH); //สั่งให้ปั๊มหมอกปิดการทำงาน
  }
 }
}
```

7.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพ และประเมินความพึงพอใจของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานจำนวน 3 ตัว คือ การคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อน การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สามารถแสดงสมการ ดังนี้

7.6.1 การคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อน

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = \left(\frac{\text{ค่าเฉลี่ยเครื่องมือที่วัดได้จริง - ค่าเฉลี่ยที่วัดจากเซนเซอร์}}{\text{จำนวนค่าเฉลี่ยที่วัดได้}} \right) \text{X } 100$$

7.6.2 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$(\overline{X}) = \frac{\sum x}{x}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ย

คือ ผลรวมคะแนนทั้งหมด

คือ จำนวนสามเณร

การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย

คะแนนเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึงพึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึงพึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึงพึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึงพึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึงพึงพอใจน้อยที่สุด

7.6.3 การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Σx^2 แทน ผลรวมของยกกำลังสองของคะแนน

$(\Sigma x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลัง

N แทน จำนวนคนที่ตอบแบบสอบถาม

8. วิธีการ และผลการทดสอบประสิทธิภาพ

8.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในส่วนของการต่อวงจรอุปกรณ์ และเซนเซอร์ต่าง ๆ ของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone ดำเนินการทดสอบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ดังนี้

8.1.1 การทดสอบการวัดค่าความชื้นในดินของต้นเมล่อนจำนวน 200 ต้น โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นในดินจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ กรณีดินแห้ง กรณีดินชื้น และกรณีดินเปียก (เครื่องวัดความชื้นในดิน hygrometer ETP307 เครื่องวัดความชื้น กรดด่าง ในดิน และ แสง ช่วงความชื้นที่วัดค่า 0-10, ช่วงความสว่าง 0-2,000 ลักซ์, ช่วงกรด- ด่าง 8-3.5) จากนั้นคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง และบันทึกผลการทดสอบลงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินแห้ง)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	1.5	1.5	1.5	1.38	1.38	1.38	3.6
07:00 – 08:00 น.	1.5	1.4	1.5	1.37	1.37	1.37	2.9
08:00 – 09:00 น.	1.4	1.4	1.5	1.37	1.37	1.37	1.9
09:00 – 10:00 น.	1.4	1.4	1.4	1.35	1.35	1.35	1.5
10:00 – 11:00 น.	1.4	1.5	1.5	1.31	1.31	1.31	4.7
11:00 – 12:00 น.	1.4	1.4	1.3	1.31	1.31	1.31	1.7
12:00 – 13:00 น.	1.4	1.4	1.3	1.31	1.31	1.31	1.7

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
13:00 – 14:00 น.	1.4	1.3	1.3	1.27	1.27	1.27	1.9
14:00 – 15:00 น.	1.3	1.3	1.3	1.25	1.25	1.25	1.5
15:00 – 16:00 น.	1.5	1.5	1.4	1.25	1.25	1.25	6.5
16:00 – 17:00 น.	1.3	1.4	1.4	1.25	1.25	1.25	3.5
17:00 – 18:00 น.	1.3	1.4	1.4	1.25	1.25	1.25	3.5

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินแห้ง) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.9694

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินชื้น)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	5.1	5	5.1	4.94	4.94	4.94	3.8
07:00 – 08:00 น.	5.1	1.4	5	4.85	4.85	4.85	6.5
08:00 – 09:00 น.	4.9	5	5.1	4.84	4.95	4.95	2.6
09:00 – 10:00 น.	4.9	4.75	4.75	4.76	4.76	4.76	1.2
10:00 – 11:00 น.	4.9	4.9	5	4.71	4.7	4.74	6.5
11:00 – 12:00 น.	4.9	4.9	5	4.71	4.7	4.71	6.8
12:00 – 13:00 น.	4.8	5	5	4.69	4.69	4.7	7.2
13:00 – 14:00 น.	4.7	4.9	4.9	4.69	4.89	4.88	0.4
14:00 – 15:00 น.	4.9	5	5	4.78	4.77	4.78	5.7
15:00 – 16:00 น.	4.8	4.75	4.8	4.63	4.61	4.59	5.2
16:00 – 17:00 น.	4.8	4.9	5	4.63	4.63	4.63	8.1
17:00 – 18:00 น.	4.7	4.7	4.75	4.51	4.51	4.51	6.2

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินชื้น) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นในดินจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ กรณีดินแห้ง กรณีดินชื้น และกรณีดินเปียก จากนั้นคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.6722

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินเปียก)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	6.2	6.1	6.1	6.06	6.13	6.12	0.9
07:00 – 08:00 น.	6.2	6.2	6.2	6.06	6.1	6.09	3.5
08:00 – 09:00 น.	6.1	6	6.1	6.04	6.04	6.04	0.8
09:00 – 10:00 น.	6.1	6.1	6.1	6.03	6.03	6.03	2.1
10:00 – 11:00 น.	6.1	6.1	6	6.03	6.03	6.03	1.1
11:00 – 12:00 น.	6.1	6.15	6	6	6.1	6	1.5
12:00 – 13:00 น.	6.1	6.1	6	5.96	6	5.96	2.8
13:00 – 14:00 น.	6	5.9	6.1	5.93	6	6	0.7
14:00 – 15:00 น.	6	6	6	5.96	6	6	0.4
15:00 – 16:00 น.	6	6	6	5.96	6	5.96	0.8
16:00 – 17:00 น.	6.1	6	6	6	5.93	6	1.7
17:00 – 18:00 น.	6	6.1	6.1	5.93	6	5.93	3.4

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นในดิน (กรณีดินเปียก) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นในดินจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ กรณีดินแห้ง กรณีดินชื้น และกรณีดินเปียก จากนั้นคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.5472

8.1.2 การทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเมล่อน สำหรับขนาดพื้นที่ความกว้าง 6 เมตร ความยาว 24 เมตร และความสูง 5 เมตร จำนวนการเพาะปลูกต้นเมล่อน 200 ต้น โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ ก่อนและหลังระบบพ่นหมอกทำงานเพื่อปรับอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในโรงเรือน จากนั้นคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง โดยการอ่านค่าอุณหภูมิภายในโรงเมล่อน จากระบบสมองกลควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ มาตรฐาน (TH801 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น Hygrometer ยี่ห้อ Nicety รุ่น TH801 แสดงผลอุณหภูมิ, ความชื้นและเวลาได้พร้อมกัน ข้อมูลทางเทคนิค ช่วงการวัดอุณหภูมิ -10 ถึง 50 องศาเซลเซียส

ช่วงการวัดความชื้นสัมพัทธ์ 20% ถึง 99%RH ความละเอียด 0.1 °C /°F;1%RH ความแม่นยำ ± 1 °C (1.8 °F) ; ± 5 RH แหล่งพลังงาน 1.5V (AAA size) X 1) ตามระยะเวลาและจำนวนครั้ง และบันทึกผลลงในตารางที่ 4 ตารางที่ 5 ตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเมล่อน (ก่อนระบบพ่นหมอกทำงาน)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	26	25	27	25	25	25	3
07:00 – 08:00 น.	28	28	28	27.5	27.5	28	1
08:00 – 09:00 น.	31	31	30	31	31.1	31	1.1
09:00 – 10:00 น.	32	31	34	32	32	31	2
10:00 – 11:00 น.	34	34	35	35.5	35	32.5	0
11:00 – 12:00 น.	37	38	37	36.5	37	37	1.5
12:00 – 13:00 น.	38.5	40	39	40	40.02	40	2.52
13:00 – 14:00 น.	40	42	40	41.5	41	41.5	2
14:00 – 15:00 น.	40	40	39	41.5	41	41.5	5
15:00 – 16:00 น.	39	39	37.5	39.5	39	39	2
16:00 – 17:00 น.	38	37.5	37.5	35	35.5	35.5	7
17:00 – 18:00 น.	32	32	32	31.5	31	31	2.5

จากตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเมล่อน (ก่อนระบบพ่นหมอกทำงาน) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในโรงเมล่อนจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1217

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเมล่อน (หลังระบบพ่นหมอกทำงาน)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	26	25	27	25	25	25	3
07:00 – 08:00 น.	28	28	28	27.5	27.5	28	1
08:00 – 09:00 น.	31	31	30	31	31.1	31	1.1
09:00 – 10:00 น.	32	31	34	32	32	31	2
10:00 – 11:00 น.	34	34	34	33.45	33	32.5	3.05
11:00 – 12:00 น.	34	34	33	33.5	34	33	0.5
12:00 – 13:00 น.	33	33.5	33	33	33	32.5	1
13:00 – 14:00 น.	32	32.5	32.5	32	32.5	32.5	0
14:00 – 15:00 น.	32	33	32.5	33	32	32.5	0
15:00 – 16:00 น.	32.5	33	33	33	33	32	0.5
16:00 – 17:00 น.	32	33	33	33	33	32	0
17:00 – 18:00 น.	32	32	32	31.5	31	31	2.5

จากตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเมล่อน (หลังระบบพ่นหมอกทำงาน) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในโรงเมล่อนจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่า เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเมล่อนสูงเกินกว่า 34 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมทำการปรับอุณหภูมิลดลงด้วยระบบพ่นหมอกให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 30 – 34 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3458

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นภายในโรงเมล่อน (ก่อนระบบพ่นหมอกทำงาน)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	72.5	72.5	74	75.19	75.29	73.20	4.68
07:00 – 08:00 น.	72	72	74	74.80	75.49	73.59	5.88
08:00 – 09:00 น.	72.5	72.5	74.5	76.09	74.5	73.20	4.29
09:00 – 10:00 น.	73	74	74.5	77	74.5	73.89	3.89
10:00 – 11:00 น.	74	74.5	74.5	78.4	75	74.19	4.59
11:00 – 12:00 น.	74	74.5	74.5	78.4	75.5	74.80	5.7
12:00 – 13:00 น.	75	74.5	75	79	75.5	75.29	5.29
13:00 – 14:00 น.	75	75	75	79	75.5	75.49	4.99
14:00 – 15:00 น.	77	75.5	75	79.4	76.09	75.90	3.89
15:00 – 16:00 น.	77	75.5	75.5	79.5	77	76.10	4.6
16:00 – 17:00 น.	78	75.5	75.5	80.9	78.4	76.10	6.4
17:00 – 18:00 น.	78	75	75	80.9	78.4	75.49	6.79

จากตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นภายในโรงเมล่อน (ก่อนระบบพ่นหมอกทำงาน) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นภายในโรงเมล่อนจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.6942

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการวัดค่าความชื้นภายในโรงเมล่อน (หลังระบบพ่นหมอกทำงาน)

ช่วงเวลาวัดค่าความชื้น	ค่าที่วัดได้จริง			ค่าที่วัดจากเซนเซอร์			ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 1	จุด 2	จุด 3	
06:00 – 07:00 น.	62.5	62.5	62	60.5	60.29	60.2	6.01
07:00 – 08:00 น.	62	62	62	60	60.49	60.59	4.92
08:00 – 09:00 น.	62.5	62.5	62	60.5	59.5	60.2	6.8
09:00 – 10:00 น.	61	60	61	60	59.87	59.89	2.24
10:00 – 11:00 น.	59.5	60	60	59.5	60	58.19	1.81
11:00 – 12:00 น.	60	60	59.5	60	59.5	59.8	0.2
12:00 – 13:00 น.	60	60	59.5	60	60.5	60.29	1.29
13:00 – 14:00 น.	60	61	60	60	59.5	60.49	1.01
14:00 – 15:00 น.	59.5	60	60	59.5	59.09	59.9	1.01
15:00 – 16:00 น.	59	60	60	59	60	56.1	3.9
16:00 – 17:00 น.	59	60	58.9	59	58.4	56.1	4.4
17:00 – 18:00 น.	60	60	58.5	60	58.4	55.49	4.61

จากตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบและเปรียบเทียบการวัดค่าความชื้นภายในโรงเมล่อน (หลังระบบพ่นหมอกทำงาน) จากค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ โดยแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้นภายในโรงเมล่อนจำนวน 3 จุด คือ ตำแหน่งหัวแปลง ตำแหน่งกลางแปลง และตำแหน่งท้ายแปลง และทำการทดสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริง กับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ตรวจวัดได้ จำนวน 12 ชั่วโมง พบว่าเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเมล่อนสูงเกินกว่า 34 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมทำการปรับอุณหภูมิลดลงด้วยระบบพ่นหมอกให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 30 – 34 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นอากาศภายในโรงเรือนที่เหมาะสมเท่ากับ 60% ดังนั้น จึงมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.9894

9. การประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ

9.1 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนของผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความสามารถในการทำงาน			
1.1 ความสามารถของการแสดงผล	4.80	1.73	มากที่สุด
1.2 การเชื่อมต่อวงจร	4.60	1.41	มากที่สุด
1.3 ความสามารถของระบบพ่นหมอก	4.60	1.41	มากที่สุด
1.4 ความสามารถของระบบน้ำหยด	4.40	1.41	มาก
1.5 ความสามารถของการรดน้ำ และใส่ปุ๋ย	4.40	1.41	มาก
ผลรวมความสามารถในการทำงาน	**4.56**	**1.47**	**มากที่สุด**
2. ด้านความถูกต้องของการทำงาน			
2.1 ความถูกต้องในการควบคุมระบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 ความถูกต้องในการแสดงผล	4.33	0.58	มาก
2.3 ความถูกต้องของการตรวจวัดความชื้นในดิน	4.00	0.00	มาก
2.4 ความถูกต้องของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	4.67	0.58	มากที่สุด
ผลรวมความถูกต้องของการทำงาน	**4.42**	**0.51**	**มาก**
3. ด้านคุณภาพ			
3.1 วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	4.33	0.58	มาก
3.2 การประหยัดด้านแรงงาน	4.00	0.00	มาก
3.3 การประหยัดเวลา	4.67	0.58	มากที่สุด
3.4 การประหยัดต้นทุน	4.33	0.58	มาก
3.5 การบริหาร/จัดการใช้งานระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ	4.33	0.58	มาก
ผลรวมด้านคุณภาพ	**4.33**	**0.49**	**มาก**
ผลรวมการประเมินทั้ง 3 ด้าน	**4.44**	**0.51**	**มาก**

จากตารางที่ 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ พบว่า คุณภาพของระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านความสามารถในการทำงานมีผลรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 อยู่ที่ระดับมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความสามารถของการแสดงผล การเชื่อมต่อวงจร และความสามารถของระบบพ่นหมอก มีคะแนนเฉลี่ยไม่ต่างกันคือที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 – 4.60 ตามลำดับ อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ความสามารถของระบบน้ำหยด และความสามารถของการรดน้ำ และใส่ปุ๋ย โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 อยู่ในระดับมาก

2) ด้านความถูกต้องของการทำงานมีผลรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 อยู่ในระดับมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความถูกต้องในการควบคุมระบบ และความถูกต้องของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากันคือที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ความถูกต้องในการแสดงผล และความถูกต้องของการตรวจวัดความชื้นในดิน มีคะแนนเฉลี่ยไม่ต่างกันคือที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 – 4.00 ตามลำดับ อยู่ในระดับมาก

3) ด้านคุณภาพมีผลรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า คุณภาพด้านการประหยัดเวลา อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 รองลงมาได้แก่ วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ การประหยัดด้านแรงงาน การประหยัดต้นทุน และการบริหาร/จัดการใช้งานระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ มีคะแนนเฉลี่ยไม่ต่างกันคือที่คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 – 4.00 อยู่ในระดับมาก

9.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ (สามเณร) ต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ จากการทดสอบการทำงานของระบบ ผลการประเมินความพึงพอใจสามารถแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความง่ายในการใช้งานระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน	4.45	3.09	มาก
2. การแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone	4.35	2.77	มาก
3. ความเร็วในการทำงานของเซนเซอร์	4.15	3.06	มาก
4. ความเหมาะสมของการประมวลผล	4.20	2.55	มาก
5. ความเหมาะสมของเครื่องมือ	4.15	2.49	มาก
6. การลดเวลาในการควบคุม / บริหารจัดการโรงเมล่อน	4.20	2.69	มาก
7. ความถูกต้องของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน	4.05	2.53	มาก
8. การแสดงผลที่ถูกต้อง	4.40	2.79	มาก
9. ความเร็วในการประมวลผลของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน	3.95	2.39	มาก
10. การเชื่อมต่อระบบเครือข่าย	4.25	2.84	มาก
ผลรวมคะแนนเฉลี่ย	**4.21**	**8.64**	**มาก**

จากตารางที่ 9 พบว่า การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ (สามเณร) ที่มีต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและการแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยรวม 4.21 อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ มีคะแนนเฉลี่ยไม่ต่างกัน กล่าวคือ การพัฒนาระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone เสร็จสมบูรณ์ตามขอบเขตงานที่ตั้งไว้ มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน สามารถแบ่งเบาภาระการบริหารจัดการ และดูแลของสามเณรได้จริง ภาพรวมของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone ที่พัฒนาขึ้นมีความง่ายในการใช้งาน สามารถแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone มีการแสดงผลการทำงานที่ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่าย ตลอดจนการลดเวลาในการควบคุม/บริหารจัดการโรงเมล่อน อยู่ที่คะแนนเฉลี่ย 4.45 – 3.95 ตามลำดับ อยู่ในระดับมาก

10. สรุปผล

ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone และ 2) ประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สามารถสรุปผลการดำเนินงาน ดังนี้

1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน ด้วยการทดสอบการวัดค่าความชื้นในดินของต้นเมล่อน และการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเมล่อน สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขเป็นไปตามวัตถุประสงค์ กล่าวคือ เซนเซอร์สามารถตรวจวัดค่าความชื้นในดินได้อย่างแม่นยำ และสามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเมล่อนได้อย่างแม่นยำเช่นกัน ซึ่งระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขและวัตถุประสงค์ของโครงการทุกประการ

2) ผลการประเมินคุณภาพระบบควบคุมฟาร์มเมล่อน จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีประสบการณ์ทางด้านการสอนและพัฒนาการทำ Smart Farm ตลอดจนมีความรู้ ความเชี่ยวชาญทางด้านระบบไฟฟ้าเป็นอย่างดี สามารถที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์คุณภาพความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ ได้ดังนี้

2.1) ด้านความสามารถในการทำงาน ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 4.56 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ ในด้านความสามารถในการทำงาน อยู่ในระดับมากที่สุด

2.2) ด้านความถูกต้องของการทำงาน ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 4.42 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ ในด้านความถูกต้องของการทำงาน อยู่ในระดับมาก

2.3) ด้านคุณภาพ ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 4.33 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติ ในด้านคุณภาพ อยู่ในระดับมาก

ดังนั้น เมื่อคิดค่าเฉลี่ยรวมจะได้ระดับความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ที่ 4.44 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone สำหรับโครงงานนี้อยู่ในระดับมาก

3) ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัตโนมัติและแจ้งเตือนผ่าน Smart Phone อยู่ในระดับมาก ที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.21 ซึ่งเป็นไปตามที่สมมติฐานที่ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะ

1) สำหรับการพัฒนาต่อยอดในอนาคต เพื่อให้มีความสะดวกในการแจ้งเตือน ควรมีการพัฒนาให้มีระบบการแจ้งเตือนครบทุกเงื่อนไขผ่านแอปพลิเคชันบน Smart Phone อาทิเช่น การแจ้งเตือนการทำงานของระบบพ่นหมอกระบบน้ำหยด และการตรวจวัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น

2) ควรเพิ่มให้ระบบสามารถสั่งการผ่านอินเทอร์เน็ตได้หลายฟังก์ชั่น และสามารถตรวจสอบ ติดตามได้จากหน้าจอแสดงผลบน Smart Phone ได้

3) ควรเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ เพื่อให้ผลการวัดค่าในพื้นที่ ที่มีความหลากหลายของปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4) ความเพิ่มพัดลมขนาดใหญ่ภายในโรงเรือน เพื่อช่วยปรัดลดอุณหภูมิช่วงกลางวันให้เร็วมากยิ่งขึ้น

11. เอกสารอ้างอิง

“เกษตรกรอัจฉริยะ” ภายใต้โครงการ Smart Farmer/Smart Officer, (กุมภาพันธ์ 2556). นิตยสาร eLEADER. (FEBRUARY 2013). 48 – 51. สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2561 จาก http://www.gsds.go.th/newqsds/file_upload/2013-05-08

Julaluk Watthananon. (2018) A framework of learning achievement by STEAM education for system analysis and design in case study RMUTT. Asia-Pacific Journal of Science and Technology, Vol. 23., Issue 02., 2018.

Oran, C., Anukit, S. & Ekkarat, B. (2017). IoT for Smart Farm: A case study of the Lingzhi Mushroom Farm at Maejo University. Proceedings of the 2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering. (pp.585 – 593). Nakhon Si Thammarat: Walailak University.

กมลชนก ลอมโฮม และวรรณิศา ผางต๊ะ. (2555). การควบคุมหุ่นยนต์ผ่านเครือข่ายไร้สายโดยใช้อาดุยโน่. ปริญญานิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์รักษ์.

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2559). แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. กรุงเทพฯ: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งฤทัย เอ้งฉ้วน. (2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้างอัจฉริยะ. JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 7(1), 1 – 11.

ชาริณี ชาญดนตรีกิจ และณัฐการ สืบบุก. (2553). ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ธนบุรี.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ, (2558). “เกษตรอัจฉริยะ”...จุดเปลี่ยนอนาคตอาหารโลก, (15 กันยายน 2558). ฐานเศรษฐกิจ. สืบค้น 1 พฤศจิกายน 2561 จาก http://www.thansettakij.com/2015/ 09/15/11202

ธีรยศ เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์. (2554). ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

บุษยมาศ ซองรัมย์, (2557). ระบบเกษตรอัจฉริยะช่วยชาวนาไทยยั่งยืน. (20 กรกฎาคม 2557), แนวหน้า. สืบค้น 12 พฤศจิกายน 2561 จาก http://www.naewna.com/scoop/113251

ประธาน เนียมน้อย และคณะ. (2555). ระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บบราวเซอร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

ปรีชา กอเจริญ, เพชร นันทิวัฒนา, เติมพงษ์ ศรีเทศ และณรงค์ อยู่ถนอม. (2560). เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการ กสทช, 2(2), 269 – 287.

ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา. (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 7(1), หน้า 58-69

สุเพชร จิรขจรกุล, ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล และวรภัทร ลัคนทินวงศ์. (2560). Melmon ระบบควบคุมฟาร์มเมล่อนอัจฉริยะ. เส้นทางเศรษฐี 23, 422. หน้า 29 – 30.

อรวรรณ คำไชร์ และทิพวิมล ชมภูคำ. (2559). การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าด้วยเซ็นเซอร์. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. หน้า 16 – 21.

อินโนเวตีฟ. (2560). หนังสือปฏิบัติการเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Things เบื้องต้น. สำนักพิมพ์ บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

12. ประวัติผู้ร่วมโครงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-นามสกุล นางสาวพนิดา เล้าประเสริฐ
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

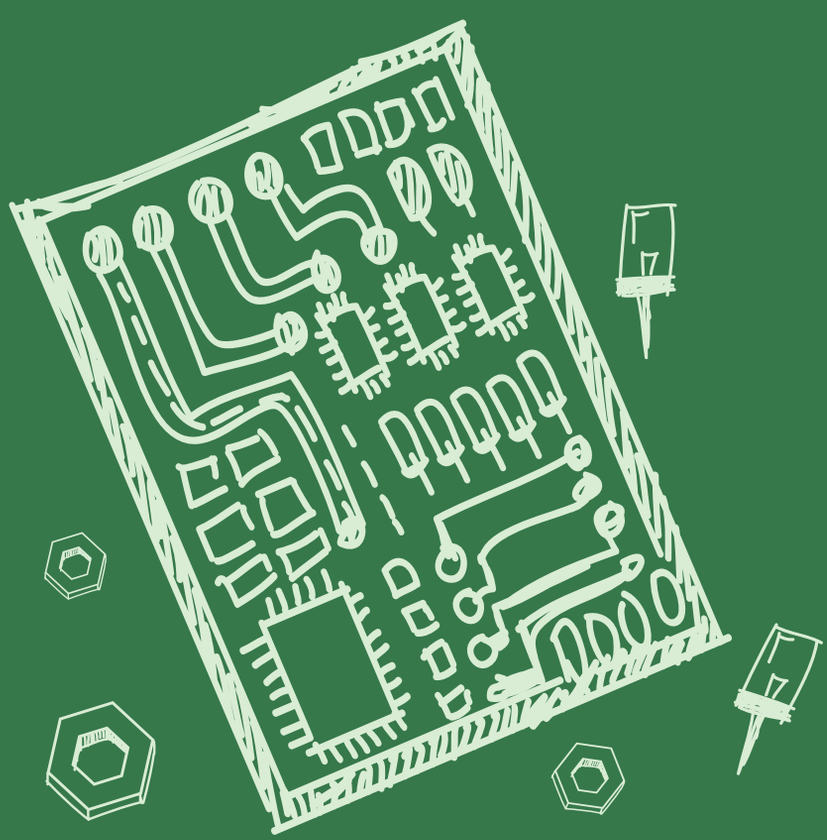
ชื่อ-นามสกุล นางสาวปวีณา จันทร์เพ็ง
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

นักเรียน

ชื่อ-นามสกุล สามเณรพรพัฒน์ เขียมสันเทียะ
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา

ชื่อ-นามสกุล สามเณรณัฐวุฒิ ชมภูจักร์
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา

ชื่อ-นามสกุล สามเณรไพศาล ไกรแก้ว
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา



ภาคผนวก 6

ความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์

มุมมอง...ความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์

ดร. อ้อมใจ ไทรเมฆ
ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สวทช.
สายงานพัฒนากำลังคน
ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การพัฒนากำลังคน ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นรากฐานที่สำคัญยิ่งในการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันและพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนการสอนในลักษณะโครงงานวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งจัดพื้นที่การเรียนรู้คือโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab) ให้แก่โรงเรียน เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเปิดโอกาสให้เด็กได้เปลี่ยนความคิดจากนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมที่จับต้องได้ อีกทั้งในระหว่างการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เด็กก็จะได้ประสบการณ์ การเรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริงโดยใช้เครื่องมือวิศวกรรมศาสตร์ และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงาน ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ การออกแบบการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประสบการณ์ที่เด็กได้จากการลงมือทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หรือการสร้างชิ้นงานดังกล่าวจะนำไปสู่การพัฒนากำลังคนที่มีทักษะการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งผ่านการปฏิบัติจริง โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศให้ทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว และเพื่อสร้างฐานกำลังคนทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (วทน.) ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานอาชีพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ต่อไป

อาจารย์พรพรหม ชัยฉัตรพรสุข
ผู้อำนวยการโรงเรียน
สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
และรองคณบดีคณะครุศาสตร์

การเรียนรู้โดยผ่านโครงงานเป็นวิธีการหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดทั้งการคิดขั้นพื้นฐาน และการคิดขั้นสูง ได้ลงมือปฏิบัติ เห็นถึงที่มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจแนวคิด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้นกว่าการเรียนรู้โดยการท่องจำ รวมทั้งสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติ สามารถประยุกต์สิ่งต่างๆ รอบตัวผ่านกระบวนการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้คิดเชิงนวัตกรรม ก่อให้เกิดความรู้หรือผลงานใหม่ๆ หรือสามารถต่อยอดความรู้ดั่งเดิมให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมโลกต่อไปได้

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ จึงตอบโจทย์การจัดการเรียนรู้ของโลกในยุคปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

ครูเรืองศิริ สิงหเดช
ผู้อำนวยการโรงเรียนราชินี

การเรียนรู้ด้วยโครงงาน (Project Based Learning) ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ปลูกฝังให้นักเรียนรักการเรียนรู้ เนื่องจากจะต้องค้นหาสิ่งที่สนใจและศึกษาตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ตั้งแต่สังเกต ตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ทดสอบทดลอง และสรุปผล จนเกิดเป็นองค์ความรู้หรือนวัตกรรม

โรงเรียนราชินีได้ฝึกให้นักเรียนทุกคน ตั้งแต่ระดับอนุบาลได้มีการทำโครงงานอย่างง่ายๆ ร่วมกัน ตามสิ่งที่นักเรียนสนใจ ปีการศึกษาละ 1 เรื่อง ความยากง่ายและซับซ้อนจะเพิ่มขึ้นตามวัยจนถึงระดับมัธยมศึกษาจะเป็นโครงงานสะเต็มศึกษา ซึ่งนักเรียนมีโอกาสได้ค้นคว้าและใช้จินตนาการอย่างเต็มที่ ได้ลงมือปฏิบัติจริง และได้ทำงานร่วมกับกลุ่มเพื่อนที่มีความสนใจในเรื่องเดียวกัน

เมื่อโครงงานออกมาเป็นรูปธรรมหรือเป็นนวัตกรรมที่จับต้องได้ นักเรียนย่อมเกิดความพึงพอใจ และเกิดแรงบันดาลใจที่จะศึกษาค้นคว้าทำผลงานที่พัฒนาต่อยอดต่อไป ก่อให้เป็นคนที่รักการเรียนรู้ เป็นเยาวชนที่มีความรู้ความสามารถในการพัฒนาประเทศในวันข้างหน้า

นายมุจลินท์ ปานสวัสดิ์
ผู้อำนวยการโรงเรียนชิตใจชื่น
จังหวัดปราจีนบุรี

การเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่ว่ากันด้วยเหตุผล ค้นคิด ค้นหา ตั้งสมมติฐาน และทดลองซ้ำๆ ไปมา เพื่อหาข้อสรุปผลสำเร็จของการทดลองจะเป็นการตอบโจทย์ประเด็นปัญหาสารพัดที่เรากำหนดปัญหานั้นๆ ไว้ การที่เด็กมีความคิดสร้างสรรค์จัดทำโครงงานขึ้นจึงถือว่าเป็นเป้าหมายของการศึกษา เราเดินมาได้ถูกทางแล้วในด้านหนึ่ง

โครงงานที่เด็กๆ รวมกลุ่มกันทำงานผ่านกระบวนการขั้นตอนที่ทำจริง นำไปประยุกต์กับงานที่เขาตั้งใจทำหรือเขาสนใจและประสบความสำเร็จนำมาใช้ได้จริง สิ่งเหล่านี้เป็นงานที่สร้างสรรค์ให้เขามองเห็นโอกาสในอนาคตที่เขาใฝ่ฝัน และก้าวเดินในแนวทางนั้นๆ ต่อไป และสุดท้ายผลก็ตอบสนองความต้องการของหลักสูตรไปในตัวของมันเองคือ

เด็กมีความดี (มีความคิดดี มีวินัย มีความร่วมมือ)
เด็กมีความเก่ง (มีความรู้ ความคิด รู้จักประดิษฐ์ ปรับปรุง)
เด็กมีความสุข (สนุกกับการทำงาน เพลิดเพลิน เป็นต้น)

อาจารย์จิระศักดิ์ สุวรรณโณ
ที่ปรึกษาโครงการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทำโครงงานถือว่าเป็นการฝึกที่ออกเป็นรูปธรรมจากจินตนาการแนวคิดองค์ความรู้ที่มี..นำออกมารวมกันสร้างชิ้นงาน

แนวคิดทุกคนมีแนวคิดเป็นความฝันที่จะสร้างสิ่งต่างๆ เมื่อมีแนวคิดและความฝัน มันก็จะต้องมีความรู้มาสนับสนุนแนวคิด เช่น ความรู้ด้านโครงสร้าง ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ต่อมาเมื่อมีทั้ง 2 อย่างในตัวผู้ที่จะทำโครงงาน ก็ต้องลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เห็นว่าความฝันและความรู้ที่เรียนมาสามารถสร้างโครงงานได้ นั้นแสดงว่าผู้ทำโครงงานมีความรู้อย่างแท้จริง ยิ่งหากว่า ผู้สร้างโครงงานทำสำเร็จตามจินตนาการที่คิดไว้แสดงว่าความรู้ที่มีอยู่ในตัวผู้สร้างเป็นความรู้ที่ถูกต้องและมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้

ดร. เรวัตร ใจสุทธิ
อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการเรียนรู้รูปแบบหนึ่ง ที่ช่วยพัฒนาทักษะผู้เรียนรอบด้าน ทั้งทางทฤษฎีและการทดลอง โครงงานวิทยาศาสตร์อาจมาจากความสนใจส่วนตัวหรือปัญหาที่พบเห็น แต่นักเรียนจะต้องอาศัยความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มีการสำรวจข้อมูลและเรียบเรียงงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบและวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบภายในกลุ่ม มีการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง เพื่อพัฒนาและปรับปรุงโครงงานให้มีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาทักษะด้านการสื่อสารผ่านการเขียนรายงานหรือการนำเสนอโครงงาน นอกจากนี้ยังเป็นการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างนักเรียนและครูก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ แนวคิดหรือแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

โครงงานวิทยาศาสตร์หรือสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์อาจเป็นจุดเริ่มต้นของแรงผลักให้นักเรียนมีความฝันที่จะพัฒนาองค์ความรู้และความสามารถของตัวเองให้เพียงพอที่จะต่อยอดชิ้นงานให้สำเร็จได้ในอนาคต

การทำโครงงานนอกจากจะช่วยส่งเสริมให้เด็กรู้จักนำความรู้และประสบการณ์มาปรับใช้เพื่อแก้ปัญหา ยังเป็นการปูพื้นฐานที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ในระดับสูงขึ้นไป หรือแม้กระทั่งเมื่อเขาออกไปทำงาน เช่น ทักษะในการคิดวิเคราะห์ การมองปัญหาอย่างรอบด้าน การคิดนอกกรอบ การรู้จักทำงานเป็นทีม ฯลฯ

การทำโครงงานจะได้ประโยชน์มากน้อย ขึ้นอยู่กับการเปิดโอกาสให้เด็กได้มีส่วนร่วมที่จะกำหนดปัญหา เป้าหมาย รวมทั้งวิธีการ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมตามศักยภาพของเด็กในแต่ละระดับชั้นหรืออายุ

ดร. เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์
นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
หน่วยทรัพยากรด้านการคำนวณและไซเบอร์-กายภาพ
ทีมระบบไซเบอร์-กายภาพ

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการปฏิบัติงานจริงตามที่ตนเองถนัดและมีความสนใจ รวมถึงได้มีโอกาสฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติโครงงาน เช่น การวางแผนงาน การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ การทำงานอย่างมีระบบขั้นตอน การรู้จักคิดวิเคราะห์และการประเมินผล โดยมีครูและผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านคอยให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ทักษะและเกิดความริเริ่มสร้างสรรค์ต่อยอดในการทำโครงงานใหม่ๆ ที่จะนำไปสู่การสร้างผลงานที่มีคุณภาพได้อย่างมีความสุขและสนุก

ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โครงงานบางเรื่องเป็นเรื่องที่เด็กสนใจใคร่อยากจะทำ แต่ด้วยข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการดำเนินงานที่มีน้อย ความรู้ความเชี่ยวชาญของครูผู้สอนและนักเรียนที่มีจำกัด และอุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่พร้อม ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือให้นักเรียนได้มีโอกาสเปิดประสบการณ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ

ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวไกลไปมาก การติดต่อสื่อสารเป็นเรื่องง่าย แม้ว่าจะอยู่ห่างไกลกัน ดังนั้นการส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือทำโครงงานวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองโดยมีครู และผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาในลักษณะตัวอย่างของหนังสือเล่มนี้ จึงเป็นสิ่งที่ดีจะช่วยสร้างโอกาสความเป็นนวัตกรให้แก่เยาวชนของไทยต่อไปในอนาคต

ดร. อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง
นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
กลุ่มวิจัยอุปกรณ์สเปกโทรสโกปีและเซนเซอร์
ทีมวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

คุณเสกสรรค์ ศาสตร์สถิต
นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
กลุ่มวิจัยระบบอัจฉริยะ
ทีมวิจัยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว

การเรียนรู้ที่ดีควรประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ การเรียนรู้แต่ทฤษฎี นักเรียนมักจะมีคำถามในใจเสมอว่า “เรียนไปทำไม ไม่เห็นได้ใช้ประโยชน์เลย” ส่วนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือที่คิดว่าเป็นปัญหา การแก้ไขปัญหาเหล่านั้นหากไม่ได้ศึกษาปัญหานั้นอย่างถ่องแท้หรือเป็นระบบ การแก้ปัญหาก็อาจจะเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า หรือทำแล้วก่อให้เกิดปัญหาใหม่ได้

การเรียนรู้ด้วยโครงงานเป็นกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบตั้งแต่การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล การแก้ปัญหาและข้อสรุป ซึ่งในแต่ละกระบวนการ จะมีทั้งการนำความรู้ภาคทฤษฎีควบคู่กับการลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้มากกว่าการเรียนในชั้นเรียนเพียงอย่างเดียว

คุณเจริญมิตร วรเดช
นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
กลุ่มวิจัยระบบอัจฉริยะ
ทีมวิจัยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว

การเรียนรู้ด้วยโครงงานถือเป็นสิ่งที่มีประโยชน์กับนักเรียนเป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และมีทักษะในกระบวนการทำงานจริง โดยเริ่มตั้งแต่ การวางแผน ค้นหาข้อมูล จัดเตรียมอุปกรณ์ การแบ่งงาน การร่วมมือกันทำงาน การประสานงานระหว่างกัน จนถึงการประเมินผล สิ่งเหล่านี้ไม่สามารถหาได้จากตำราเรียน

คู่มือ “การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทางวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” เล่มนี้ เป็นแนวทางในการทำโครงงานให้กับทั้งผู้สอนและนักเรียน มีตัวอย่างโครงงานที่หลากหลายทั้งทางด้านเกษตร พลังงาน และอุตสาหกรรม โดยตัวอย่างโครงงานทั้งหมดได้ผ่านกระบวนการการทำงานจริง นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงงานที่ตนสนใจได้ การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทางวิศวกรรมนั้น นักเรียนยังจะได้ประสบการณ์ในนำเทคโนโลยีมาสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือแก้ปัญหาต่างๆ ที่สนใจ ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนเกิดแรงบันดาลใจที่จะมีอาชีพวิศวกรได้ในอนาคต

รายนามคณะผู้จัดทำ

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”

คณะทำงานกำกับหนังสือ

นายทวีศักดิ์ กออนันตกูล	นางชฎามาศ ธุวะเศรษฐกุล
นางอ้อมใจ ไทรเมฆ	นายบัญชา แสนทวี
ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม	ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา
ผู้จัดการโรงเรียนราชินี	ผู้อำนวยการโรงเรียนชิตใจชื่น
ผู้อำนวยการโรงเรียนกุหลาบวิทยา	ผู้อำนวยการโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 48
ผู้อำนวยการโรงเรียนเซนต์ฟรังซีสซาเวียร์คอนแวนต์	ผู้อำนวยการโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์สุราษฎร์ธานี
ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร"	

คณะทำงานหนังสือ

นายฉลองชัย ธีวสุทรสกุล	นายจิระศักดิ์ สุวรรณโณ
นายเสกสรรค์ ศาสตร์สถิต	นายอัศวิน หงษ์สิงห์ทอง
นางสาวเอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์	นายเจริญมิตร วรเดช
นายณฐพล ต้นสังวรณ์	นายเรวัตร ใจสุทธิ
นางจุฬาลักษณ์ วัฒนานนท์	นายพลวัตน์ จินตนาภรณ์
นางอุไรวรรณ อินทร์แหยม	ว่าที่ร้อยตรีชยการ คีรีรัตน์
นางเยาวลักษณ์ คนคล่อง	นางสาวนวพรรษ คำไส
นางสาวธัญญ์ณัช บุษบงค์	นางสาวนฤมล สุขเกษม
นางสาวกิตติยา บำบัดภัย	นางสาวสุคนธา อาวัชนาการ
นายศิโรจน์ ศรีสรากรณ์	นายภิญโญ ยลธรรม์ธรรม
นายอภิชาติ อินทนิน	นางสาวพันธวี บุญยอม
นางแก้วตา แก้วลมูล	นางสาวธมลพรรณ กรุณานำ
นางสาวพนิดา เล้าประเสริฐ	นางสาวปวีณา จันทร์เพ็ง
นางอัมพาภรณ์ คุ้มมงคล	นายวีระพงศ์ สาธิตธรรมพร
นายเดชา ดรินทพงศ์	นางสาวปวีณา เฉลยรัตน์
นางพรทิพย์ ตองติดรัมย์	นายภูมิ ทุคำมี
นางสาวเบญจวรรณ สังวัง	นายศรัณย์ ทิพย์แปง

“ในอนาคตเราต้องพัฒนาสู่สังคมไทยในยุค 4.0 ซึ่งมีความหมายว่าคนไทยจะต้องไม่ยากจนอีกต่อไป ยุค 4.0 จะเป็นยุคที่คนใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในชีวิตประจำวันมากขึ้น หนทางไปสู่เป้าหมายนี้มีหลายแบบ ที่พูดกันบ่อยคือ เราจะเป็นสังคมผู้ประกอบการ เราจะเป็นสังคมที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เราจะเป็นสังคมนักประดิษฐ์

การส่งเสริมความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทยจึงมีความสำคัญ งานนี้ประกอบด้วยการสร้างแรงบันดาลใจ และเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการอ่านเอาความเพื่อมาทำประโยชน์ และทักษะการลงมือสร้างจนเป็นผลงานที่ใช้การได้จริง รวมทั้งความสามารถในการทำงานร่วมกับคนอื่น ซึ่งเป็นองค์ประกอบเพื่อรองรับการพัฒนาประเทศไทยสู่สังคมไทยในยุค 4.0

คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย” ที่ดำเนินการในโครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab หรือ FabLab) เล่มนี้ จะช่วยเป็นแผนที่นำทางให้แก่ ครูในโรงเรียน FabLab และครูที่สนใจอื่น ๆ นำรูปแบบการสอนด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมไปจัดกิจกรรม เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทยต่อไป”

ดร.ทวีศักดิ์ กออนันตกูล
กรรมการและรองเลขาธิการ
มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
กรรมการสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
อดีตผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
อดีตผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

จัดทำโดย
สำนักงานประสานงานโครงการตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม
73/1 ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ : 02 564 7000 ต่อ 81816, 81807

เอกสาร
คู่มือ “การจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย”