ISSN: 2774-0390 (Online)
วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
Journal of Management Science Sakon Nakhon Rajabhat University
Homepage: https://so08.tci-thaijo.org/index.php/JMSSNRU
E-mail: jmssnru@gmail.com

การศึกษาการประหยัดต้นทุนของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

Study of cost savings of using solar energy technology

หฤทัย นันทะวงศ์[1*], กมลพรรณ แสงมหาชัย[2]
Haruethai Nuntawong[1*], Kamolbhan Sangmahachai[2]

[1]สาขาการจัดการเทคโนโลยีและการผลิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1]Department of Technology and Production Management, Faculty of Business Administration, Kasetsart University
[2]Faculty of Business Administration, Kasetsart University
Corresponding author's e-mail: haruethai.n@ku.th[1], fbuskho@ku.ac.th[2]

Received: November 7, 2024 Revised: December 27, 2024 Accepted: January 3, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 2) เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ 3) เพื่อศึกษาการประหยัดต้นทุนของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน โดยส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงปริมาณ ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ ใช้อาศัยแบบสอบถาม ที่มีค่าความเชื่อมั่น .920 เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน และส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงคุณภาพ อาศัยการสัมภาษณ์เชิงลึก จากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ จำนวน 4 คน จากภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคครัวเรือน ซึ่งเป็นผู้ที่อำนาจในการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีระยะเวลาในการวิจัยตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และการพรรณนาข้อมูลจากการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) การตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากต้นทุนหลักที่เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบติดตั้ง และต้นทุนย่อย 2) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ เริ่มตั้งแต่การศึกษาขอบเขตโครงการ–ต้นทุน–ผลประโยชน์ที่เป็นตัวเงิน จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้รับและวิเคราะห์ความอ่อนไหวในการลงทุน และ 3) การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถประหยัดต้นทุนได้จริง โดยภาคการผลิตมีระยะเวลา คืนทุนประมาณ 5–15 ปีตามขนาดการติดตั้ง และภาคครัวเรือน จากระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยประมาณ 2 ปี

คำสำคัญ: การประหยัดต้นทุน, ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, การวิเคราะห์ต้นทุน

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the decision to install a solar power generation system, 2) to study the cost–benefit analysis of a solar power generation system installation project, and 3) to study the cost savings of using solar energy technology. The researcher used mixed methods research, including part 1, quantitative research by using survey research methods based on questionnaires with a confidence value of 0.920. It was a tool for collecting data from a sample of 120 people and part 2 qualitative research relied on in–depth interviews from 4 key informants from the business sector, industrial sector, agricultural sector, and household sector who had the authority to decide on the installation of a solar power generation system. The research period started from January to August 2024. Data analysis used descriptive statistics. and content analysis. The results of the research found that 1) the decision to install a solar power generation system was based on the main costs related to materials and equipment used in the installation system and minor costs; 2) cost–benefit analysis started from the project scope – costs – monetary benefits, then compared with the results and analyzed the sensitivity of the investment and 3) Installing a solar power generation system could save costs, with the production sector having a payback period of approximately 5–15 years depending on the size of the installation and household sector from the average payback period of approximately 2 years.

Keywords: cost savings, solar power system, cost analysis

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ประชาคมโลกต่างตระหนักถึงปัญหาของพลังงานจากการใช้พลังงานฟอสซิล (fossil) ซึ่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ที่สะสมจนเป็นภาวะ “โลกร้อน” (global warming) และกำลังรุนแรงขึ้นสู่วิกฤตการณ์ “โลกเดือด” (global boiling) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อทุกชีวิตบนโลกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงทำให้เกิดแนวคิดจุดเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน สู่พลังงานทดแทนที่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) พลังงานทางเลือก (alternative energy) คือพลังงานจากแหล่งฟอสซิลอื่น ๆ นอกจากน้ำมันที่ใช้แล้วจะหมดไป เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และ 2) พลังงานหมุนเวียน (renewable energy) คือพลังงานที่สามารถผลิตหรือเกิดขึ้นมาได้เอง และนำกลับมาหมุนเวียนใช้ได้เรื่อย ๆ ส่วนมากเป็นพลังงานสะอาด (clean energy) ซึ่งดีต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล เป็นต้น (กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2567)

สำหรับประเทศไทย “พลังงาน” เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยที่กำลังการผลิตมีแนวโน้มที่จะขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จากสถิติของสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2566) ได้สรุปไว้ว่าค่าเฉลี่ยความต้องการไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2566 อยู่ที่ 53,384 เมกะวัตต์ และปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ มีอัตราลดลงถึงร้อยละ 5.80 ในขณะที่พลังงานหมุนเวียนมีอัตราเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับการที่ภาคครัวเรือนมีอัตราการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 9.30 ภาคอุตสาหกรรมลดลงร้อยละ 4.90 แต่ภาคธุรกิจมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.70 และภาคเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.20 ตามสภาพเศรษฐกิจที่ฟื้นตัวหลังจากวิกฤตการณ์ COVID – 19 ปัจจุบันภาครัฐและภาคเอกชนของประเทศไทย ได้ตอบสนองต่อกระแสสังคมเกี่ยวกับแนวทางใช้พลังงานสะอาดขับเคลื่อนโลก ซึ่งองค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) พยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงานทั่วโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.30 ในปี พ.ศ. 2567 ว่าพลังงานสะอาดจะเติบโตขึ้นเป็น 1 ใน

3 ของแหล่งจ่ายไฟทั่วโลก โดยปัจจุบันร้อยละ 26.00 ของแหล่งพลังงานโลกมาจากพลังงานหมุนเวียน และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30.00 ในปีถัดไป จากปัจจัยเรื่องต้นทุนการผลิตที่ถูกลง และวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อม (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2567)

พลังงานทดแทนประเภทหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย คือ การใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ หรือโซล่าร์เซลล์ (solar cell) ซึ่งสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ ได้รายงานผลว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2566 อยู่ที่ 507 กิกะวัตต์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 จากปี พ.ศ. 2565 โดยเป็นสัดส่วนจากพลังงานแสงอาทิตย์ถึง 3 ใน 4 ของการผลิตพลังงานทดแทนทั้งหมด และคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2568 สัดส่วนการผลิตพลังงานทดแทนจะคิดเป็นร้อยละ 35 ของการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก ส่งผลให้มูลค่าตลาดพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2565–2568 จะเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 22.00 ต่อปี มูลค่าประมาณ 67,268 ล้านบาท โดยองค์กรต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ต่างคาดหวังว่าจะนำมาสู่การลดต้นการผลิต และกำไรที่มากขึ้น (ฐานเศรษฐกิจ, 2567)

อย่างไรก็ตามการปรับตัวของภาคส่วนต่างในการตอบรับการเปลี่ยนแปลงมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น ภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ ภาคเกษตรกรรม และอื่น ๆ ด้วยการปรับเปลี่ยนจาการใช้พลังงานแบบเดิมมาเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ ก่อให้เกิดต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย โดยจารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์ (ม.ป.ป.) ได้แบ่ง องค์ประกอบของต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ต้นทุนหลักหรือค่าใช้จ่ายหลัก (hardware costs) เป็นต้นทุนเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบติดตั้ง ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (module) อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (inverter) อุปกรณ์โครงสร้างยึดระบบ (racking) และอุปกรณ์ระบบสายไฟฟ้า (electrical wiring) และ 2) ต้นทุนย่อยหรือค่าใช้จ่ายย่อย (soft costs) เป็นต้นทุนส่วนที่เหลือทั้งหมด เช่น ค่าแรงงานในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่าย ในการขอใบอนุญาตต่าง ๆ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบ และบางครั้งจะรวมค่าเช่าที่ดิน ค่าโฆษณา ภาษีการขาย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจการ (overhead cost) และกำไรของผู้ประกอบการ และอื่น ๆ ดังนั้น องค์กรที่ต้องการเปลี่ยนแปลงมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จึงควรมีการศึกษา รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโครงสร้างต้นทุนของการติดตั้ง การจำแนกต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในเชิงลึกแต่ละขนาด เพื่อนำมาใช้ประกอบการกำหนดกลยุทธ์หรือมาตรการส่งเสริมสนับสนุนเชิงนโยบาย แนวทางหรือมาตรการลดต้นทุน ตลอดจนการติดตามและประเมินผลอย่างเป็นรูปธรรม (Zerres et al., 2014)

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าปัจจุบันบริษัท ห้าง ร้าน ในภาคธุรกิจ รวมถึงภาคครัวเรือนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิต แต่ยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ชารีฟ พงษ์วิจารณ์ และสกนธ์ คล่องบุญจิต, 2565) ซึ่งถ้าหากมีการศึกษาการประหยัดต้นทุนของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในเชิงประจักษ์ ก็จะทำให้ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ ภาคเกษตรกรรม และภาคครัวเรือนที่ต้องการเปลี่ยนมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตเพื่อลดต้นทุน สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงระบบพลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิต และมีโอกาสทำกำไรในเชิงพาณิชย์ได้มากขึ้น รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาครัฐ หรือผู้ให้บริการติดตั้ง เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสื่อสารให้ภาคสังคมเกิดการใช้งานเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
2. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาการประหยัดต้นทุนของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

การทบทวนวรรณกรรม

การใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคธุรกิจ

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพาหะนำไฟฟ้า เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์ และต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นทำงานได้ (Rabaia et al., 2001) (แสดงในภาพที่ 2) ซึ่งมีประโยชน์ต่อภาคธุรกิจ ดังนี้ 1) ประหยัดค่าไฟฟ้า ทั้งในเวลากลางวันที่มีแสงอาทิตย์ และเวลากลางคืนที่สามารถเก็บพลังงานไว้ใช้ได้ 2) ช่วยให้อุณภูมิภายในอาคารลดลง เนื่องจากแผงโซล่าร์เซลล์ปกคลุมหลังคาไว้อีกชั้นหนึ่ง 3) ใช้งานได้ระยะยาว และเวลาคืนทุนในระยะสั้น 4) แหล่งพลังงานหมุนเวียนทางธรรมชาติที่ไม่จำกัด และไม่หมดลงง่าย ๆ 5) พลังงานสะอาด ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นพลังงานจากธรรมชาตินั้นไม่มีกระบวนการที่ต้องปล่อยก๊าซอันตราย และ 6) ส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีต่อการเป็นองค์กรที่รับผิดชอบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตและใช้งานจากเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์
ที่มา: Rabaia et al. (2021)

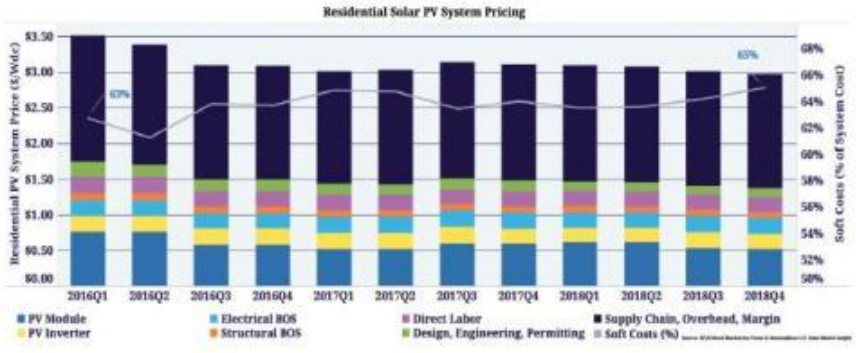
ต้นทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์ (ม.ป.ป.) แบ่งองค์ประกอบของต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ต้นทุนหลักหรือค่าใช้จ่ายหลัก เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบติดตั้ง ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์โครงสร้างยึดระบบ และอุปกรณ์ระบบสายไฟฟ้า

2. ต้นทุนย่อยหรือค่าใช้จ่ายย่อย เป็นต้นทุนส่วนที่เหลือทั้งหมด เมื่อหักลบต้นทุนหลักออกไปแล้ว (ต้นทุนรวม – ต้นทุนหลัก = ต้นทุนย่อย) ได้แก่ ค่าแรงงานในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่าย ในการขอใบอนุญาตต่าง ๆ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบ และบางครั้งจะรวมค่าเช่าที่ดิน ค่าโฆษณา ภาษีการขาย ค่าใช้จ่ายในการดำเนิน

กิจการ (overhead cost) กำไรของผู้ประกอบการ และอื่น ๆ ซึ่งแต่ละประเภทรายการต้นทุนย่อยที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามขนาดธุรกิจที่ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 แนวโน้มต้นทุนรวมการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา: จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์ (ม.ป.ป.)

การวิเคราะห์แนวโน้มต้นทุนย่อยของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา แนวโน้มต้นทุนรวมการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละขนาดลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (แสดงในภาพที่ 3) ซึ่งเมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนย่อยของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า แนวโน้มของต้นทุนย่อยไม่ได้ลดลงในทิศทางเช่นเดียวกับต้นทุนรวม หากแต่ยังมีแนวโน้มคงที่และเพิ่มสูงขึ้นในบางขนาด ขณะที่แนวโน้มของต้นทุนหลักลดลงในทิศทางสอดคล้องกับแนวโน้มการลดลงของต้นทุนรวม จึงเห็นได้ว่าแนวโน้มการลดลงของต้นทุนรวมของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละขนาดจะมาจากการลดลงของต้นทุนหลักเป็นสำคัญ ซึ่งส่วนหนึ่งของต้นทุนย่อยเกิดจากขั้นตอน กระบวนการของภาครัฐ หรือเป็นต้นทุนส่วนที่สามารถใช้นโยบายของภาครัฐเข้ามาช่วยสนับสนุนได้

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (Cost – Benefit Analysis: CBA) ในการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนระบบมี 6 ขั้นตอน (Boadway, 2006; สุวิมล เลิศพิทักษ์กิจ, 2558) ดังนี้

1) ศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการที่จะวิเคราะห์ให้ชัดเจน ผู้ประเมินต้องอาศัยทั้งความรู้ทางวิชาการและประสบการณ์ในการกำหนดขอบเขตโครงการ และผู้ประเมินจะต้องจัดลำดับในการประเมินของแต่ละโครงการย่อยให้สมเหตุสมผล ส่วนวัตถุประสงค์ของการประเมินก็แตกต่างกันไป เช่น การลงทุนของเอกชน วัตถุประสงค์ของการประเมินจะอยู่ที่กำไร

2) ระบุและวัดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในแต่ละปี ซึ่งจำเป็นต้องระบุต้นทุนให้ครบถ้วนทั้งต้นทุนทางตรง (direct cost) และต้นทุนทางอ้อม (indirect cost)

3) ประเมินค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการเป็นตัวเงิน โดยการหามูลค่าของทรัพยากรและผลประโยชน์ออกมาเป็นตัวเงิน ซึ่งเป็นหน่วยกลางที่สะดวกที่สุด และต้องประเมินโดยคำนึงถึงต้นทุนค่าเสียโอกาส (opportunity cost) ของทรัพยากรแต่ละชนิดที่เอาไปใช้ในโครงการด้วย

4) เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ด้วยการประเมินจากมูลค่าปัจจุบัน (present value) ซึ่งสามารถหาได้โดยการปรับมูลค่าในอนาคต ด้วยอัตราคิดลด (discount rate) จากนั้นจึงนำมารวมกันเป็นผลรวมสุทธิหรือมูลค่าปัจจุบัน สุทธิ (Net Present Value: NPV)

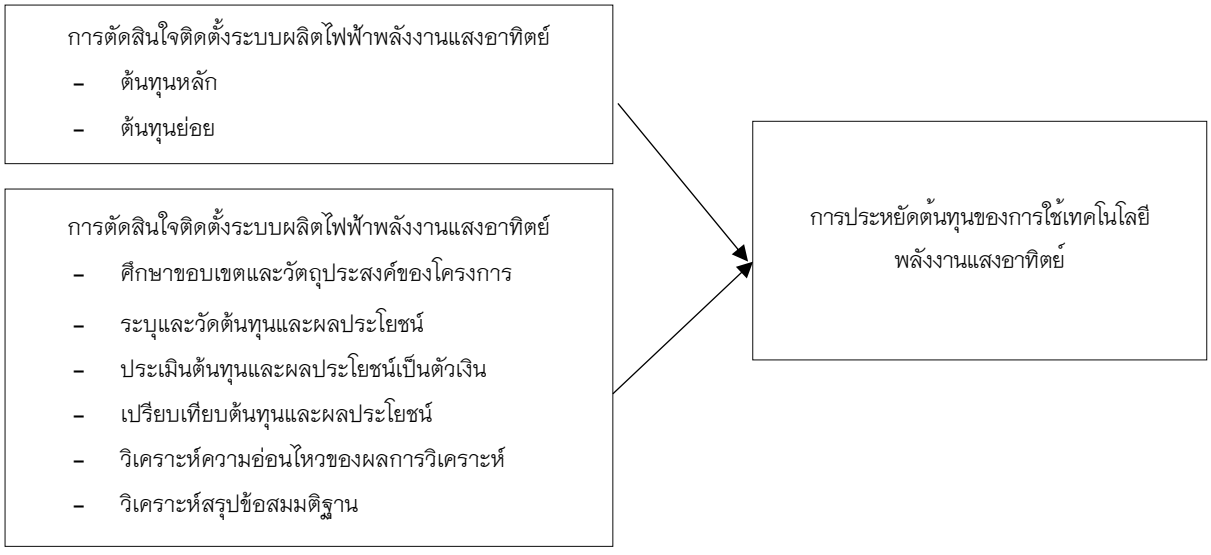
5) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์ (sensitivity analysis) การประเมินโครงการที่ต้องจัด

การประเมินโครงการก่อนตัดสินใจลงทุน ซึ่งผลประโยชน์และต้นทุนต่าง ๆ ตั้งอยู่บนสมมติฐานหลายแบบ และผลการวิเคราะห์อาจจะแตกต่างจากความเป็นจริงไปด้วย

6) สรุปผลการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์ควรสรุปข้อสมมติต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน เช่น ระยะเวลาคืนทุน ผลประโยชน์ที่ได้รับ อัตราผลตอบแทน และอื่น ๆ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ 1) กันต์ ปานประยูร (2560) ทำการวิจัยเรื่อง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์และความเป็นไปได้ในการขยายระบบ พบว่า ระบบสามารถผลิตพลังงานได้ 4.46 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือ 974.64 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน อายุโครงการ 25 ปี จะผลิตไฟฟ้าได้ 16,837,549 กิโลวัตต์ชั่วโมง กำหนดให้เอกชนลงทุน 20.53 ล้านบาท โครงการ มีจุดคุ้มทุน12 ปี จะทำให้ประหยัดเงินได้ 35.49 ล้านบาท และสามารถลดปริมาณคาร์บอนได้ 9,531.73 ตัน 2) เชษฐวุฒิ ศรีสะอาด (2560) ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์: กรณีศึกษาเฉพาะโรงงานแปรรูปไม้ยูคาลิปตัสแห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ พบว่า ระบบ 120 กิโลวัตต์สูงสุด ต้องใช้เงิน 5,398,800 บาท มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 6,770,436.11 บาท ระยะเวลาคืนทุน 4.07 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 17.37 3) สมบัติ นพจนสุภาพ (2560) ทำการศึกษาระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี เพื่อลดค่าไฟฟ้า โดยออกแบบให้เป็นระบบพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา ผลการวิจัยพบว่า ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง 624,000 บาท สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 57.60 กิโลวัตต์ต่อวัน หรือ 1,728 กิโลวัตต์ต่อเดือน หรือ 20,736 กิโลวัตต์ต่อปี ลดค่าไฟฟ้าได้ 288 บาทต่อวัน หรือ 8,640 บาทต่อเดือน หรือ 103,680 บาทต่อปี (คำนวณจากฐานไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท) มีระยะเวลาคืนทุนภายใน 7 ปี 4 เดือน 4) พัชรินทร์ อินทมาส และคณะ (2565) ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาโครงการ 25 ปี และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก 10 ปี หากติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาจะสามารถลดค่าไฟฟ้าของทั้ง 3 หลังคาเรือน รวมได้ 302 kWh/เดือน คิดเป็นร้อยละ 20.606 ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4.85 ปี ผลการวิเคราะห์ คือ สามารถลดค่าไฟฟ้าได้จริง

กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

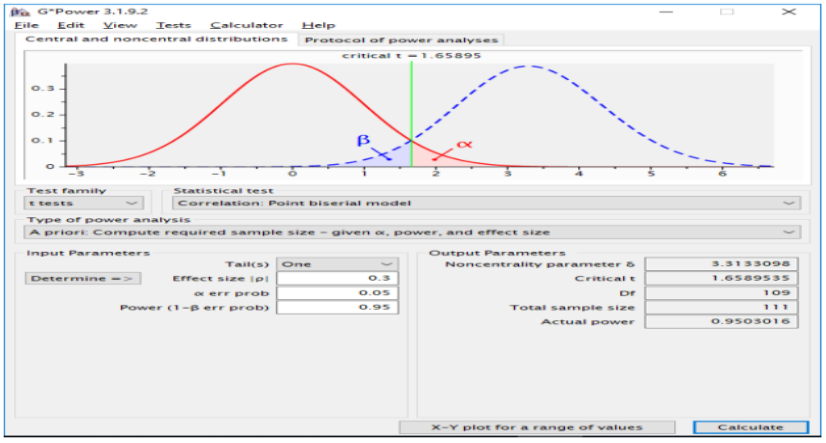
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed method research) ประกอบด้วย 1) การวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ และ (survey research) 2) การวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีรายละเอียดดังนี้

การวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ บุคคลผู้ซึ่งมีการติดตั้งและใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน

กลุ่มตัวอย่าง คือ คือ บุคคลผู้ซึ่งมีการติดตั้งและใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน โดยเป็นผู้ที่อำนาจในการตัดสินใจติดตั้งจำนวน 120 คน จากการคำนวณด้วย โปรแกรม G*Power ของ Erdfelder et al. (1996) โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการทดสอบทางสถิติที่ใช้กันทั่วไปในการวิจัยทางสังคมและพฤติกรรม ซึ่งคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้ 111 คน (แสดงในภาพที่ 4) และเพื่อผลการวิจัยที่ดี ผู้วิจัยจึงกำหนดใช้กลุ่มตัวอย่างรวม 120 คน เพื่อรองรับค่าความคลาดเคลื่อน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) (สิทธิพรร์ สุนทร และคณะ, 2562)



ภาพที่ 4 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วย โปรแกรม G*Power

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม (questionnaire) ที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) และผ่านการทดสอบค่าความเชื่อมั่น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค เท่ากับ .932 เป็นเครื่องมือมรการรวบรวมข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยอาศัยการสร้างลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ ได้แก่ Google Form จากนั้นจึงส่งลิงก์แบบสอบถามไปยังแหล่งชุมชนออนไลน์ที่คาดว่าจะเป็นแหล่งชุมนุมของกลุ่มตัวอย่าง เช่น กลุ่มบ้านติดโซล่าร์เซลล์ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในการพรรณนาข้อมูล ได้แก่ จำนวน ร้อยละ

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก

1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาคครัวเรือน

กลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key informant) ด้วยการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามวัตถุประสงค์ เป็นการเลือกตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจะถูกแบ่งย่อย ๆ ตามคุณลักษณะผู้วิจัยสนใจ (ประไพพิมพ์ สุธีวสินนนท์ และประสพชัย พสุนนท์, 2559) ได้แก่ ผู้ที่อำนาจในการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาคครัวเรือน จำนวน 4 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง (semi – structure) ที่มีข้อคำถามครบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้การสัมภาษณ์ออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน Zoom โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 20 – 30 นาทีต่อผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 1 คน โดยผู้วิจัยได้อธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย และขออนุญาตบันทึกการสนทนาไว้ทุกครั้ง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) มีขั้นตอน ดังนี้ 1) จัดหมวดหมู่เนื้อหา 2) จัดทำโครงสารบัญ 3) ถอดความโดยอาศัยวิธีการตีความ (inductive) และ 4) การวิเคราะห์และตีความนำความรู้จากทฤษฎี วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนงานวิจัยที่ผ่านมามาร่วมพิจารณาด้วยทุกครั้ง

ผลการวิจัย

1. การวิจัยเชิงปริมาณ

การวิจัยเชิงปริมาณ จากการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน จำนวน 120 คน

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานสงอาทิตย์	$\overline{X}$	S.D.	ระดับการตัดสินใจ
ต้นทุนหลัก	4.24	.46	สูงมาก
ต้นทุนย่อย	4.21	.54	สูงมาก
ภาพรวม	4.23	.43	สูงมาก

1.1 เหตุผลหลักในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้า (ร้อยละ 78.20) ภาพลักษณ์ที่ดี (ร้อยละ 64.80) ใช้งานได้ระยะยาว ($\overline{X}$ = 56.40) และการคำนึงถึงสังคม – สิ่งแวดล้อม ($\overline{X}$ = 42.40)

1.2 การตัดสินใจติดตั้งระบบ ฯ จากการประเมินการลงทุนอยู่ในระดับสูงมาก ($\overline{X}$ = 4.23) โดยตัดสินใจจากต้นทุนหลัก ($\overline{X}$ = 4.24) และตัดสินใจจากต้นทุนย่อย ($\overline{X}$ = 4.20)

1.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ พบว่า ให้ความสำคัญต่อการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการอยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$ = 4.14) โดยที่วิเคราะห์จากระบุและวัดต้นทุนและผลประโยชน์ ($\overline{X}$ = 4.23) รองลงมา ศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการ เท่ากับ เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ ($\overline{X}$ = 4.21) ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์เป็นตัวเงิน ($\overline{X}$ = 4.12) วิเคราะห์สรุปข้อสมมติฐาน ($\overline{X}$ = 3.53) และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์ ($\overline{X}$ = 3.45) แสดงในตาราง 2 และมีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยประมาณ 1.5 ปี

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับการวิเคราะห์
ศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการ	4.21	.41	สูงมาก
ระบุและวัดต้นทุนและผลประโยชน์	4.23	.54	สูงมาก
ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์เป็นตัวเงิน	4.12	.43	สูง
เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์	4.21	.52	สูงมาก
วิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์	3.45	.52	ปานกลาง
วิเคราะห์สรุปข้อสมมติฐาน	3.53	.76	ปานกลาง
ภารวม	4.17	.64	สูง

2. การวิจัยเชิงคุณภาพ

ผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกของผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่มีอำนาจในการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน จำนวน 4 คน ได้ดังนี้

2.1 เหตุผลหลักการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ เพื่อการประหยัดต้นทุนจากค่าพลังงานที่ราคาแพงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ต้นทุนนี้ คิดเป็นร้อยละ 10 – 15 ของต้นทุนการผลิต ซึ่งหากลดต้นทุนส่วนนี้ได้จะทำให้มีกำไรสูงมากขึ้น ประกอบกับภาครัฐให้การสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงาน หรือสถานประกอบกิจการ สามารถขอรับการส่งเสริมได้ตามมาตรการย่อย จากนโยบายสนับสนุนอุตสาหกรรมแผงโซลาร์เซลล์ครอบคลุมกรณีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย โดยได้รับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 3 ปี วงเงินร้อยละ 50 ของเงินลงทุนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมถึงยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักร ขณะที่ภาครัวเรือมีเหตุผลหลักในการติดตั้ง ฯ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายเช่นเดียวกัน แต่มีมุมมองว่าการติดตั้งไม่ให้ผลลัพธ์เรื่องการประหยัดค่าใช้จ่ายนัก เนื่องจากเมื่อพิจารณาการลงทุนครั้งแรกแล้วมีค่าใช้จ่ายสูงมาก แต่หลังจากนั้นก็จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้ารายเดือนได้จริง ซึ่งถ้าหากเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการติด – ไม่ติดตั้งระบบฯ จะมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกัน

ด้านภาพลักษณ์ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน มีความเห็นตรงกันว่าการติดตั้งระบบฯ ช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดี เช่น การรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม การมีภาพลักษณ์ทันสมัยและเป็นชนชั้นนำของสังคม

ด้านการใช้งานระยะยาวภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาครัวเรือน มีความเห็นตรงกันว่า ปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ถูกพัฒนาด้วยทคโนโลยีที่มีคุณภาพ

ด้านการคำนึงถึงสังคม – สิ่งแวดล้อม ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ และภาคครัวเรือนได้ตระหนักถึงปัญหาสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะภาวะโลกร้อน ถ้าหากมีวิธีการที่ช่วยลดมลภาวะ หรือทำร้าย

สภาพแวดล้อมให้น้อยลงได้ก็มีความยินดีที่จะดำเนินการเพื่อช่วยลดปัญหานี้โดยตั้งอยู่บนเงื่อนไขที่สามารถรลงทุนได้ตามกำลัง แต่ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ มีความคาดหวังว่าจะได้สิทธิประโยชน์จากการใช้พลังงานทดแทนจากภาครัฐ เช่น การลดหย่อยภาษี หรือการสนับสนุนทางด้านนโยบาย เช่น การได้รับคาร์บอนเครดิต (Carbon credit)

2.2 การตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประเมินการลงทุนจากต้นทุน โดยต้นทุนหลัก กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีความเห็นว่า ต้นทุนในการติดตั้งมีราคาสูง ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีราคาถูกลงมาแล้วก็ตาม จากการที่มีผู้ให้บริการติดตั้งมากขึ้นหลายเท่าตัวทำให้เกิดการแข่งขันกันด้านราคา และเทคโนโลยีการผลิตและติดตั้งระบบฯ ได้ถูกพัฒนามาอย่างมากจนทำให้ระบบมีคุณภาพมากขึ้น และต้นทุนถูกลง ดังนั้น หากเปรียบเทียบกับระดับราคาของระบบ ฯ ก่อนหน้านี้ 3 – 5 ปี ก็ยังถือว่ามีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ยังพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายระดับราคาและการรับประกัน เช่น ระดับบน คือ แผง ฯ จากประเทศเยอรมันนี และประเทศสหรัฐอเมริกา รองลงมา คือ ประเทศเกาหลีใต้ และประเทศจีน ซึ่งเกณฑ์การตัดสินใจให้ความสำคัญกับต้นทุนที่เป็นตัวเงิน และระยะเวลาคืนทุน หากค่าใช้จ่ายส่วนนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐก็อาจจะทำให้มีผู้สนใจติดตั้งระบบฯ มากยิ่งขึ้น ส่วนต้นทุนย่อย ได้แก่ ค่าแรงงานในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการขอใบอนุญาตต่าง ๆ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจการ และอื่น ๆ เกือบทั้งหมดเลือกการใช้บริการจากู้ติดตั้งระบบฯ รายเดิม ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายจากต้นทุนส่วนนี้ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด คือ ค่าบำรุงรักษาระบบ (เซลล์บางส่วนเกิดชำรุด หรือหมดอายุ) และการทำความสะอาดแผงโซล่าร์เซลล์ ซึ่งเป็นต้นทุนที่ราคาสูงที่สุด ขณะที่ต้นทุนอื่น ๆ ไม่ใช่ต้นทุนที่ราคาสูงมาก (ภาคครัวเรือนไม่ได้นำค่าใช้จ่ายปลีกย่อยบางส่วนมาคำนวณเป็นต้นทุน)

2.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีความเห็นว่า การวิเคราะห์ก่อนการติดตั้งระบบเป็นช่วงเวลาที่มีการหาข้อมูล (สอบถามจากคนรู้จัก หรือสอบถามจากแบรนด์ผู้ให้บริการ) ด้วยความทุ่มเทเป็นอย่างมาก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยอาศัยความรู้ทางวิชาการ ประสบการณ์ของตนเองและจากคนรู้จัก เริ่มจากการประเมินที่ควรจะมีขอบเขตเล็กที่สุดเท่าที่จะแบ่งได้ เช่น การติดตั้งด้วยกำลังวัตต์ที่ต่ำที่สุด และสูงที่สุด เพื่อประเมินเงินทุนและผลตอบแทน ซึ่งจะเริ่มจัดลำดับให้สมเหตุผล เช่น การเลือกใช้ผู้ให้บริการ ประเภทของการติดตั้ง ความเหมาะสม – คุ้มค่าในการติดตั้ง จากความจำเป็นต้องการใช้งานระบบฯ ค่าใช้จ่ายรอบการชำระเงิน การรับประกัน และอื่น ๆ

ระบุและวัดต้นทุนและผลประโยชน์ โดยส่วนของภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจมีการประเมินจาก 2 ส่วนหลัก คือ 1) ต้นทุนทางตรง ได้แก่ ค่าซอฟต์แวร์ระบบ และอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง ค่าที่ปรึกษาโครงการ และ 2) ส่วนต้นทุนทางอ้อม คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ เช่น ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากความล่าช้าของงาน ขณะที่ภาครัวเรือนให้ความสำคัญแค่ต้นทุนทางตรงเท่านั้น

ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์เป็นตัวเงิน ใช้การประเมินจากการหามูลค่าของทรัพยากรและผลประโยชน์ที่เป็นตัวเงิน โดยอาศัยการประเมินว่าระหว่างการติดตั้ง – ไม่ติดตั้งระบบฯ ค่าใช้จ่ายในการพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และหากติดตั้งแล้ว ได้รับผลประโยชน์ใดบ้าง เช่น การลดหย่อนภาษี การได้รับสิทธิเศษในการส่งออก

การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคธุรกิจ ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) โดยการเปรียบเทียบกำลังการผลิต (วัตต์) รายชั่วโมง รายวันรายเดือน และรายปี ในกรรณีที่ติดตั้งระบบที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ขนาดกำลังการผลิต จากนั้นจึงเปรียบเทียบงบประมาณ ระยะเวลาโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (มีค่าเป็นบวก) ระยะเวลาคืนทุน (เวลาสั้นที่สุด) และผลตอบแทนภายใน

โครงการ (มีค่ามากกว่าผลตอบแทนจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ ฯ) ขณะที่ภาคครัว อาศัยการเปรียบเทียบจากกำลังการผลิต (วัตต์) รายชั่วโมง รายวันรายเดือน และรายปี และระยะเวลาคืนทุน โดยมุ่งพิจารณาเฉพาะประเด็นค่าใช้จ่ายรวมในการติดตั้งระบบตลอดอายุการใช้งาน กับค่าไฟฟ้ารวมกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบฯ ในระยะเวลาที่เท่ากัน หากค่าใช้จ่ายของทั้ง 2 กรณีมีความใกล้เคียงกันจะก็จะถือมีความน่าสนใจในการลงทุน ซึ่งที่ผ่านมาการลงทุนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (มีค่าเป็นบวก) ระยะเวลาคืนทุน 5 – 15 ปี ตามขนาดของโครงการ และการลงทุน และผลตอบแทนภายในโครงการมากกว่าร้อยละ 11 ขณะที่ภาคครัวเรือนมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง – ไม่ติดตั้งระบบฯ ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยที่ปัจจุบันมีผลการดำเนินงานที่น่าพึงพอใจ เป็นไปตามแผนงาน และคุ้มค่ากับการลงทุน

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์ ใช้วิธีการเปรียบเทียบอย่างน้อย 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1) สถานการร์ปกติ 2) สถานการณ์ที่แย่กว่าปกติ และ 3) สถานการณ์ที่ดีกว่าปกติ ว่าต้องเผชิญกับสถานการณ์ใดบ้าง โดยจำลองสถานการณ์ให้มีปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตอย่างสมควรแก่เหตุผล เพื่อประเมินความเสี่ยงและจัดทำแผนฉุกเฉินเพื่อรองรับสถานการณ์เหล่านั้น ซึ่งปัจจุบันโครงการติดตั้งระบบฯ อยู่ในสถานการณ์ปกติเป็นที่น่าพอใจ

วิเคราะห์สรุปข้อสมมติฐาน จากการสรุปข้อสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน ติดตามด้วยผลการวิเคราะห์ภายใต้ข้อสมมติฐานนั้น ๆ และชี้ให้เห็นว่าผลของการวิเคราะห์อาจจะเปลี่ยนแปลงไป หากข้อสมมติฐานข้อใดข้อหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป และต้องระบุว่ามีต้นทุนหรือผลประโยชน์อื่นใดที่ไม่ได้รวมในการวิเคราะห์เพราะไม่สามารถวัดเป็นตัวเลขได้ หรือมีข้อจำกัดอย่างไร ซึ่งปัจจุบันอยู่ในสถานการณ์ปกติ

2.4 ปัญหาที่พบจากการติดตั้งและใช้งานระบบฯ คือ ปัญหาการชำรุดของอุปกรณ์ ทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

การอภิปรายผล

ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

1) การศึกษาการตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคครัวเรือนในประเทศไทย มีการทำการศึกษาถึงความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบฯ ก่อนการตัดสินใจลงทุน เนื่องจากเป็นการลงทุนที่มีมูลค่าสูง ซึ่งอาศัยการตัดสินใจจากต้นทุนหลัก คือ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ โปรแกรม ค่าติดตั้งอื่น ๆ และต้นทุนย่อย ซึ่งเป็นต้นทุนอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับต้นทุนหลัก แล้วจึงนำต้นทุนทั้งสองส่วนมาคำนวณรวมกัน เป็นต้นทุนทั้งหมดในการติดตั้งระบบ ฯ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของของเชษฐวุฒิ ศรีสะอาด (2560) พบว่ามีความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในโรงงานแปรรูปไม้ยูคาลิปตัสแห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ นำต้นทุน 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนหลักในการติดตั้ง และต้นทุนย่อยในการบำรุงรักษา ทำให้ตัดสินเลือกลงทุนในในโครงการ 120 กิโลวัตต์ ที่มีความคุ้มค่าการลงทุนมากที่สุดในภาพรวม

2) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการด้วยการศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการทางวิชาการโดยเริ่มจากประเมินควรจะมีขอบเขตเล็กที่สุดเท่าที่จะแบ่งได้เพื่อประเมินเงินทุนและผลตอบแทนเริ่มตั้งแต่การเลือกใช้ผู้ให้บริการ ประเภทของการติดตั้ง ความเหมาะสม – คุ้มค่าในการติดตั้ง จากความจำเป็นต้องการใช้งานระบบ ฯ ค่าใช้จ่าย รอบการชำระเงิน การรับประกัน และอื่น ๆ ซึ่งพบว่าการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ของประเทศไทยสามารถประหยัดต้นทุนได้จริง ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างมาก ทำให้ระบบฯ มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ในขณะที่ต้นทุนใน

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ และปัญหาลดน้อยลง ประกอบกับประเทศไทยมีภูมิประเทศ และปัจจัยแวดล้อมที่อำนวยต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ มีความสอดคล้องกับแนวคิดของจารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์ (ม.ป.ป.) เกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนหลักที่จำเป็นต้องมีการลงทุนสูง และต้นทุนย่อยที่เกิดจากการติดตั้งและการใช้งาน มีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Boadway (2006) ที่เสนอแนะไว้ว่า การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (CBA) สามารถใช้ประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนได้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิมล เลิศพิทักษ์กิจ (2558) พบว่า การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (CBA) ช่วยประเมินการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพของการลงทุนระบบการจัดการคลังสินค้า

3) ผลจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถประหยัดต้นทุนได้จริง โดยภาคการผลิตมีระยะเวลา คืนทุนประมาณ 5–15 ปี ตามขนาดการติดตั้ง และภาคครัวเรือนมีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยประมาณ 2 ปี เมื่อการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในสถานการณ์ปกติพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก ระยะเวลาคืนทุนในสถาการณ์ปกติมีความคุ้มค่า และผลตอบแทนภายในโครงการมีค่ามากกว่าผลตอบแทนจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ ฯ ขณะที่ภาคครัวเรือน อาศัยการเปรียบเทียบจากกำลังการผลิต (วัตต์) รายชั่วโมง รายวันรายเดือน และรายปี และระยะเวลาคืนทุน โดยมุ่งพิจารณาเฉพาะประเด็นค่าใช้จ่ายรวมในการติดตั้งระบบตลอดอายุการใช้งาน กับค่าไฟฟ้ารวมกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบ ฯ ในระยะเวลาที่เท่ากัน มีความคุ้มค่าในการลงทุน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของกันต์ ปานประยูร (2560) พบว่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์ ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ของมหาวิทยาลัยมหิดลสามารถผลิตได้ตามแผนการดำเนินงาน มีจุดคุ้มทุน 12 ปี ทำให้ประหยัดเงินได้ 35.49 ล้านบาท และสามารถลดปริมาณคาร์บอนได้ 9,531.73 ตัน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของเชษฐวุฒิ ศรีสะอาด (2560) พบว่ามีความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงงานแปรรูปไม้ยูคาลิปตัสแห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ โดยที่ลงทุนในโครงการ 120 กิโลวัตต์ ใช้การลงทุน 5,398,800 บาท มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 6,770,436.11 บาท ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.07 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 17.37 มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสมบัติ นพจนสุภาพ (2560) พบว่าระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ลดค่าไฟฟ้าได้จริงจากการออกแบบให้เป็นระบบพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง 624,000 บาท สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 20,736 กิโลวัตต์ต่อปี ลดค่าไฟฟ้าได้ 103,680 บาทต่อปี และระยะเวลาคืนทุนภายใน 7 ปี 4 เดือน และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรินทร์ อินทมาส และคณะ (2565) พบว่าการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน ที่ระยะเวลาโครงการ 25 ปี หากติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาจะสามารถลดค่าไฟฟ้าของทั้ง 3 หลังคาเรือน รวมได้ 302 กิโลวัตต์ต่อเดือน ร้อยละ 20.606 ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4.85 ปี ซึ่งทำให้ลดค่าไฟฟ้าได้จริง มีความสอคล้องกับงานวิจัยของกัญญาณัฐ สายวิโรจน์กุล และคณะ (2565) พบว่าความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาสำหรับบ้านอยู่อาศัยในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินในกรณีฐาน โดยกำหนดสัดส่วนแหล่งเงินลงทุนหนี้สินต่อทุนเท่ากับ 50:50 พบว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางการเงิน แต่ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ในกรณีที่แหล่งเงินลงทุนมาจากส่วนของเจ้าของร้อยละ 100 ทำให้มีต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนแบบถ่วงน้ำหนัก (WACC) เท่ากับร้อยละ 2.35 พบว่า โครงการมีความคุ้มค่าทางการเงิน จากการวิเคราะห์การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนที่มีอัตราการรับซื้อไฟฟ้า ตั้งแต่ 3.1927 บาทต่อหน่วยขึ้นไป หรือปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อรายตั้งแต่ 36,420.89 หน่วยต่อปี หรือเงินลงทุนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 144,870.64 บาท จึงจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

องค์ความรู้ใหม่

การศึกษาการประหยัดต้นทุนของการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ พบองค์ความรู้ใหม่ดังนี้

1) สาเหตุที่เลือกติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้า มีภาพลักษณ์ที่ดี ใช้งานได้ระยะยาว และการคำนึงถึงสังคม – สิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

2) การตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากการประเมินการลงทุนอยู่ในระดับสูงมาก โดยที่ตัดสินใจจากต้นทุนหลัก และตัดสินใจจากต้นทุนย่อย ตามลำดับ

3) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ผู้ติดตั้งให้ความสำคัญต่อการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการอยู่ในระดับสูง โดยวิเคราะห์จากการระบุและวัดต้นทุนและผลประโยชน์ รองลงมา ศึกษาขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการ เปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์เป็นตัวเงิน วิเคราะห์สรุปข้อสมมติฐาน และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์ ตามลำดับ

4) เหตุผลหลักในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อการประหยัดต้นทุนจากค่าพลังงานที่ราคาแพงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งถ้าหากลดต้นทุนส่วนนี้ได้จะทำให้มีกำไรสูงมากขึ้น และคาดหวังการได้รับสิทธิประโยชน์ทางการค้าจากภาครัฐ ด้านภาพลักษณ์จากการที่ช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์การรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ทันสมัย และเป็นชนชั้นนำของสังคม

5) การตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการประเมินการลงทุนจากต้นทุน พบว่ามีต้นทุนหลักในการติดตั้งมีราคาสูง ส่วนต้นทุนย่อยมาจากค่าบำรุงรักษาระบบ

6) การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ใช้การศึกษาความเป็นไปได้ โดยการลงทุนมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก ระยะเวลาคืนทุน 5 – 15 ปี ตามขนาดของโครงการ และการลงทุน และผลตอบแทนภายในโครงการมากกว่าร้อยละ 11 นอกจากนี้ภาคครัวเรือนมีค่าใช้จ่ายในกรณีมีการติดตั้ง – ไม่ติดตั้งระบบ ฯ ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยที่ปัจจุบันมีผลการดำเนินงานที่น่าพึงพอใจ เป็นไปตามแผนงาน และคุ้มค่ากับการลงทุน

สรุปว่าการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคครัวเรือน ของประเทศไทยสามารถประหยัดต้นทุนได้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 บริษัท หรือครัวเรือนควรใช้การเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์จากการศึกษาความเป็นไปได้ โดยการเปรียบเทียบกำลังการผลิต (วัตต์) รายชั่วโมง รายวันรายเดือน และรายปี

1.2. บริษัท หรือครัวเรือนควรวิเคราะห์เปรียบเทียบการติดตั้งระบบที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ขนาด กำลังการผลิตขึ้นไป เพื่อปรเมินความคุ้มค่า

1.3 บริษัท หรือครัวเรือนควรใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (CBA) ในการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนระบบ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งถัดไปควรทำการวิจัยเฉพาะเจาะจงในกลุ่มภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าลดลง เนื่องจากหันมาใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ว่าสามารถลดต้นทุนได้อย่างไรบ้าง

เอกสารอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2567). *พลังงานทดแทน และการเปลี่ยนผ่านสู่ความย่างยืนทางพลังงาน.* สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2567 จาก https://enhrd.dede.go.th/renew-transition/.

กันต์ ปานประยูร. (2560). ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 8 กิโลวัตต์ และความเป็นไปได้ของการขยายระบบ. *วารสารพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย, 4*(1), 76-86.

กัญญาณัฐ สายวิโรจน์กุล, มานะ ลักษมีอรุโณทัย และชิตตะวัน ชนะกุล. (2565). การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สำหรับบ้านอยู่อาศัย ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย. *วารสารสังคมศาสตร์ปัญญาพัฒน์, 4*(3), 135-140.

จารุวรรณ พิพัฒน์พุทธพันธ์. (ม.ป.ป.). *ต้นทุนย่อย (Soft cost) ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์*. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2567 จาก https://oldwww.dede.go.th/ewtadmin/ewt/dede_web/ewt_dl_link.php?nid=59081.

ชารีฟ พงษ์วิจารณ์ และสกนธ์ คล่องบุญจิต. (2565). การศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด สำหรับอาคารที่พักอาศัย กรณีศึกษา อพาร์ทเม้นท์ขนาด 26 ห้อง. *วิศวสารลาดกระบัง, 39*(3), 167-180.

เชษฐวุฒิ ศรีสะอาด. (2560). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์: กรณีศึกษาเฉพาะโรงงานแปรรูปไม้ยูคาลิปตัสแห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ฐานเศรษฐกิจ. (2567). *โอกาสทองธุรกิจไทย ขยายตลาด "โซลาร์เซลล์" รับกระแสพลังงานสะอาด.* สืบค้น 20 กุมภาพันธ์ 2567 จาก http://www.thansettakij.com/business/economy/597385.

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2567). *พลังงานทดแทน.* สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2567 จาก https://www.setsocialimpact.com/Article/Detail/61313.

ประไพพิมพ์ สุธีวสินนนท์ และประสพชัย พสุนนท์. (2559). กลยุทธ์การเลือกตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ. *วารสารปาริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ, 29*(2), 31-48.

พัชรินทร์ อินทมาส, มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร์ สุขสิงห์, ธีระพงษ์ บุญรักษา และพรหมพักตร์ บุญรักษา .(2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน. *Rattanakosin Journal of Science and Technology, 4*(3), 47-56.

สมบัติ นพจนสุภาพ. (2560). ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าไฟฟ้า สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. *PULINET Journal, 4*(2), 194-205.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2566). *ภาพรวมพลังงานเดือนมกราคม ปี 2566*. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2567 จาก https://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy_Statistics/00All.pdf.

สิทธิพรร์ สุนทร, วัชรินทร์ สุทธิศัย, พงษ์ศักดิ์ ชิมมอนด์ส, รัชนิดา ไสยรส และภัณฑิลา น้อยเจริญ. (2562). แนวคิดและกระบวนทัศน์ในการกาหนดขนาดตัวอย่างด้วย G*Power. *วารสารสหวิทยาการวิจัย: ฉบับบัณฑิตศึกษา, 8*(s), 29-39.

สุวิมล เลิศพิทักษ์กิจ. (2558). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุนระบบการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท โรแลนด์ ดิจิตอล กรุ๊ป (ไทยแลนด์) จำกัด. การค้นคว้าอิสระเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Boadway, R. (2006). Principles of Cost–Benefit Analysis. *Public Policy Review, 2*(1), 1–44.

Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 28*(1), 1–11.

Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021). Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Science of the Total Environment, 754*, Article 141989. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989.

Zerres, C., Zerres, M., Tsorakidis, N., & Papadoulos, S. (2014). *Break–Even Analysis*. bookboon The eBook company. https://yourknow.com/uploads/books/break–even–analysis–1.pdf.