

การพิจารณาเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์การเกษตร โดยใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

(Analytical Hierarchy Process: AHP)

Selection of Alternative Energy Projects to Implement in Agriculture
Cooperatives Using AHP Technique

ณัฐพงศ์ อัศวินใจเพชร¹ และ พิมพพร โสววัฒนกุล²

Nuttapong Asvinjaipetch¹, and Phimporn Sowawattanukul²

ภาควิชาสหกรณ์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Cooperatives, Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand

E-mail: Nuttapong.a@ku.th

Received May 20, 2024; Revised July 7, 2024; Accepted July 30, 2024

Abstract

This research aimed to analyze the criteria and alternative energy projects appropriate for use in agricultural cooperatives. There are 30 samples composed of 10 samples from professionals, 5 samples each from middle, large, and extra-large-sized cooperatives that are suitable for implementing alternative energy projects or already using alternative energy in the cooperative, and 5 samples from non-cooperative farmers. The instrument for collecting data was the AHP process. Data will be analyzed using descriptive statistics and content analysis. The research results were found as follows; 1) Solar energy has the largest importance value percentages overall at 49.00 followed by biogas, wind energy, and hydro energy at 18.63, 17.07, and 15.30 respectively 2) Payback period provides the largest importance value percentages overall at 22.20 following by resources and geometry, sustainable operations, quality of work and project investment at 21.61, 21.52, 18.60 and 16.06 respectively 3) The research suggests that solar energy is the most suitable energy projects for use in agricultural cooperatives, and the payback period is the most important criterion for considering the selection of alternative energy projects.

Keywords: alternative energy; agricultural cooperatives; Analytic Hierarchy Process (AHP)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาเกณฑ์และทางเลือกโครงการพลังงานทดแทนเพื่อนำมาใช้ในสหกรณ์การเกษตรผ่านกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น เพื่อประเมินค่าความสำคัญของเกณฑ์และทางเลือกต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณา โดยเป็นการวิจัยเพื่อหาเกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจและคัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในสหกรณ์การเกษตร ใช้แบบสอบถามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างบุคลากรของสหกรณ์ เกษตรกร และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น เพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์แบบรายคู่ หาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์และประเมินทางเลือก ผลการวิจัยเกณฑ์ที่มีความสำคัญที่สุด ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (22.20%) รองลงมาได้แก่ ทรัพยากรและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ (21.60%) การปฏิบัติงานแบบยั่งยืน (21.52%) คุณภาพในการดำเนินงาน (18.60%) และการลงทุนโครงการ (16.06%) ตามลำดับ และพลังงานที่มีความเหมาะสมที่สุด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ (49.00%) รองลงมาได้แก่ ก๊าซชีวภาพ (18.63%) พลังงานลม (17.07%) และพลังงานน้ำ (15.30%) ตามลำดับ จากการวิจัยเสนอว่า พลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานที่มีความเหมาะสมอย่างเด่นชัดสำหรับภาคการเกษตรของไทย และระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่สำคัญในการพิจารณาเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน; สหกรณ์การเกษตร; กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น

บทนำ

การเติบโตของเศรษฐกิจนำมาซึ่งความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ความเพียงพอของกำลังการผลิตไฟฟ้าตลอดจนภาวะค่าน้ำมันและค่าไฟฟ้าที่ราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งปัญหาวิกฤตสงครามในภูมิภาคต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสถานการณ์พลังงานทั่วโลก โดยคาดว่าภายในปี 2030 กำลังผลิตน้ำมันจะถึงจุดอิ่มตัว โดยจะก่อให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำมัน และส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันที่จะปรับตัวสูงขึ้น (Assawatangsastian et al., 2017) ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ในประเทศมาจากการนำเข้าน้ำมัน นอกจากนี้ ผลของการใช้พลังงานยังส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาโลกร้อนและมลภาวะ ซึ่งการใช้พลังงานมากขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Issaragura Na Ayuthaya, 2022) โดยที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นถึงประมาณร้อยละ 38 จากยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม รวมถึงปริมาณที่เพิ่มขึ้นของมีเทนมากกว่าเท่าตัวจากยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม (Chiradeja, 2010) จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานสะอาดเพื่อนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลมากขึ้น (Panjabuddhanon & Sonsuphap, 2016) สอดคล้องกับนโยบายแก้ปัญหาพลังงานของประเทศไทยที่ปัจจุบันมีแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP: Power Development Plan) โดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ของปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ผลิตในประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบว่าของเสียจากฟาร์มเกษตรกรรมสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ เช่น การใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เป็นพลังงานทดแทนแก๊สโซลีนหรือโซฮอลล์ 95 สำหรับเครื่องปั้มน้ำในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง พบว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 19–58 บาท/วัน แสดงให้เห็นว่าแม้จะอยู่บนที่สูงกว่า 1,000 เมตร ก็ยังสามารถผลิตพลังงานทดแทนใช้ได้ (Tangtaweewipat et al., 2021) หรือกรณีการผลิตชีวภาพแบบบอลลูน (CMU balloon digester) เพื่อผลิตไฟฟ้าในชุมชนจากมูลสุกร พบว่าบ่อก๊าซชีวภาพบนพื้นที่สูงจากฟาร์มหมู 9–35 ตัว

สามารถผลิตก๊าซชีวภาพใช้ได้ถึง 10 ครั้วเรือน โดยช่วยลดค่าไฟได้ 76-130 บาท/เดือน ทั้งยังนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ไม่ใช่กระแสไฟฟ้าสูงมาก (Tangtaweewipat et al., 2020)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นถึงการนำพลังงานทดแทนมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาถึงความเหมาะสมของการเลือกใช้พลังงานทดแทนด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) และผลที่ได้รับจากการนำมาใช้ในสหกรณ์การเกษตรโดยเฉพาะ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาธุรกิจของสหกรณ์การเกษตรและสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรสมาชิกอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์เกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจและคัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในสหกรณ์การเกษตรโดยใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาพลังงานทดแทนประเภทต่าง ๆ และตัวแปรที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการ โดยใช้กระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ (AHP)

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการออกแบบสอบถามด้านพลังงานทดแทน เกษตรกร และสหกรณ์ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างสหกรณ์ที่ทำกิจกรรมผสมผสานในพื้นที่ภาคกลางประเทศไทยเท่านั้น โดยสหกรณ์การเกษตรมีจำนวนทั้งหมด 3,022 แห่ง (Cooperative Auditing Department, 2021) ในการศึกษานี้จะคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง โดยคัดเลือกจากสหกรณ์ที่มีประวัติการใช้พลังงานทดแทนหรือมีความเหมาะสมต่อการติดตั้งตามวิจรณ์ของผู้นวิจัยผ่านการหาข้อมูลทาง internet แล้วนัดหมายผ่านการโทรศัพท์ตามข้อมูลที่ติดต่อได้ประกอบด้วย 15 ตัวอย่างจากภาคสหกรณ์ดังกล่าวโดยแบ่งเป็น 3 ขนาด ขนาดละ 5 ตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างนอกภาคสหกรณ์อีก 15 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ผู้มีความรู้เชี่ยวชาญด้านสหกรณ์หรือเทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 10 คน และ เกษตรกรนอกภาคสหกรณ์ จำนวน 5 คน

ขอบเขตด้านพื้นที่ สหกรณ์การเกษตร โดยจะเจาะจงเลือกเฉพาะสหกรณ์การเกษตรที่ดำเนินการเกี่ยวกับกิจกรรมผสมผสานในพื้นที่ภาคกลางประเทศไทยเท่านั้นเพื่อให้ง่ายต่อการประเมินเปรียบเทียบ และมีความชัดเจนมากขึ้นเนื่องจากสหกรณ์การเกษตรแต่ละประเภทจะมีปัจจัยที่แตกต่างกัน

ขอบเขตด้านเวลา มีระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2566

ทบทวนวรรณกรรม

พลังงานทดแทน

พลังงานเป็นตัวแปรหลักที่ทำให้สรรพสิ่งเคลื่อนที่จึงมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก สิ่งมีชีวิตจะดำรงอยู่ได้จำเป็นต้องใช้พลังงานซึ่งมาจากอาหาร เช่นเดียวกัน เครื่องยนต์จะทำงานได้ต้องใช้พลังงานจากน้ำมันหรือไฟฟ้า (Taikhao, 2014) พลังงานแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ 1) พลังงานประเภทสิ้นเปลือง หมายถึง

พลังงานที่ได้จากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานความร้อนใต้พิภพ และ 2) พลังงานประเภทหมุนเวียน คือ พลังงานที่ได้จากแหล่งที่ใช้แล้วนำกลับมาหมุนเวียนใช้ได้อีก ได้แก่ พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานลม และพลังงานนิวเคลียร์ (Paka, 2017) สำหรับพลังงานหมุนเวียน หรือ พลังงานทดแทน คือ พลังงานที่จะถูกนำมาใช้ทดแทนพลังงานแบบเดิมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีมลพิษสูงและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก การใช้พลังงานทดแทนสามารถสร้างประโยชน์ทั้งด้านเศรษฐกิจ ด้านการเกษตร ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านสาธารณสุข จากการผลิตพลังงานได้เองทดแทนการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับอุตสาหกรรมในประเทศ ลดต้นทุนค่าไฟฟ้า และลดมลพิษจากการใช้พลังงานฟอสซิล โดยจากการทบทวนวรรณกรรมสามารถแบ่งประเภทของพลังงานทดแทนได้ดังนี้

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานจากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูง และประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้รับแสงอาทิตย์มาก เนื่องจากอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรของโลก ปัจจุบันมีการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ประเภทหลัก คือ 1) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และ 2) การผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ แผงโซลาร์เซลล์ที่หมดอายุหรือเสื่อมสภาพแล้วยังมีส่วนวัสดุที่มีค่าปะปนกับวัสดุอันตรายและสารเคมี ต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมตามหลักวิชาการ ผ่านโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่าในการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Khlaikhaek, 2022)

พลังงานลม เป็นการผลิตพลังงานโดยอาศัยกังหันลมเปลี่ยนพลังงานจลน์ของลมเป็นพลังงานกลเพื่อสร้างไฟฟ้า ศักยภาพพลังงานลมขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของกังหันลม รวมถึงข้อมูลสถิติความเร็วลมเฉลี่ย พลังงานลมมีความแปรปรวน (Poonnoi & Tangchaichit, 2013) แต่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมควรมีแรงลมสม่ำเสมอ และมีความเร็วเฉลี่ยตลอดปีที่สูงกว่า 6.4–7.0 เมตรต่อวินาที ที่ความสูง 50 เมตร หรือความเร็วลมที่ 2.5–3 เมตรต่อวินาที แต่หอคอยจะต้องสูงกว่า 150 เมตร (Niyomtham et al., 2020)

พลังงานน้ำ น้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ จะสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ พลังงานน้ำเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง ทำงานด้วยการหมุนแบบกังหัน (Turbine) จากการไหลของน้ำเพื่อสร้างกระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่สำรอง (Power Bank) (Janpirom & Suksukont, 2021) การผลิตพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ไม่ซับซ้อนจะมีราคาผลิตต่อหน่วยน้อยกว่าพลังงานลมและแสงอาทิตย์ ซึ่งมีการนำมาใช้ในศูนย์บำบัดน้ำเสียแล้วในบางประเทศ เพื่อช่วยผลิตพลังงานทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าจำนวนมากของศูนย์บำบัดน้ำเสีย

พลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่เป็นพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเกิดจากกระบวนการหมักย่อยแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) โดยใช้มีเทนที่ได้จากกระบวนการย่อยของเสียอินทรีย์ ส่วนกากที่เหลือยังสามารถนำมาผลิตปุ๋ยชีวภาพและสารปรับปรุงดินได้ (Srivichai & Rodsrida, 2020) นอกจากนี้ การผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถดำเนินการได้ด้วยการเผาไหม้ขยะมูลฝอย ทั้งยังมีการวิจัยบำบัดน้ำเสียด้วยระบบแบบไร้อากาศ แต่น้ำเสียชุมชนมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำ ต้องประยุกต์ใช้เทคนิคการหมักร่วมกับขยะอินทรีย์หรือเศษอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Sinchai, 2016)

จากพลังงานประเภทต่าง ๆ ที่กล่าวมา พบว่าศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยจะแตกต่างกันไปตามประเภทของพลังงานและเทคโนโลยีที่ใช้ (Chiradeja, 2010) ดังนี้

พลังงานลมประเมินศักยภาพได้ยากเนื่องจากความเร็วลมที่ไม่สามารถคาดการณ์แบบแม่นยำได้ โดยประเทศไทยมีกังหันลมที่ผลิตไฟฟ้าได้ 5 เมกะวัตต์ ที่ติดตั้งแล้วเสร็จ อยู่ระหว่างติดตั้งอีก 3.5 เมกะวัตต์ ทั้งยังรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กรวมกันประมาณ 1,350 เมกะวัตต์

พลังงานแสงอาทิตย์ ประเมินศักยภาพได้ยากเช่นกัน เนื่องจากความเข้มของแสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลากหลาย อาทิ ความเร็วลม ปริมาณเมฆ ช่วงเวลาของวัน และฤดูกาล โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานชนิดนี้สูง โดยให้แสงอาทิตย์ความเข้มเฉลี่ยประมาณ 20-24 เมกะจูล/ ตารางเมตร/วัน

พลังงานชีวมวลมีแนวโน้มราคาเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น และพบว่าพลังงานชีวมวลที่มีในปัจจุบัน (ไม่รวมฟางข้าว และแกลบ) สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2,500 เมกะวัตต์ และในประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพประมาณ 195 เมกะวัตต์ ถูกใช้ในการผลิตไฟฟ้าแล้วประมาณ 80 เมกะวัตต์ และยังคงเหลือศักยภาพการผลิตไฟฟ้าได้น้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์ประมาณ 9 เมกะวัตต์ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกประมาณ 106 เมกะวัตต์

ในด้านความคุ้มค่าในการลงทุน มีการศึกษาที่ได้เปรียบเทียบโครงการลงทุนจากพลังงานทดแทนประเภทต่างๆ ในประเทศไทย ทั้งในด้านการลงทุน ประสิทธิภาพของพลังงาน และระยะเวลาคืนทุน (Assawatangsastian et al., 2017) ซึ่งการเปรียบเทียบโครงการลงทุนจากพลังงานทดแทนประเภทต่างๆทั้งในด้านการลงทุน ประสิทธิภาพของพลังงาน และระยะเวลาคืนทุน โดยสามารถสรุปได้เป็นตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการพลังงานทดแทนประเภทต่างๆ

Table 1 The Value of Investing in Various Types of Energy

โครงการการลงทุน	การลงทุน	ประสิทธิภาพ	ระยะเวลาคืนทุน
พลังงานแสงอาทิตย์	ต้นทุนสูง	พลังงานไม่สม่ำเสมอ	10 ปี
พลังงานลม	เทคโนโลยีมีประสิทธิภาพต่ำ ให้ค่าความคุ้มค่าต่ำ	ความเร็วลมน้อยถึงปานกลาง	6 ปี
พลังงานน้ำ	ต้นทุนสูง	ไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร	10 ปี
พลังงานขยะ	มีข้อจำกัดมาก ทั้งด้านสถานที่ และการยอมรับจากชุมชน	ปานกลาง	4 ปี
พลังงานชีวมวล	มีข้อจำกัดมาก ในด้านแหล่งผลิต ปริมาณ และวัตถุดิบ	ปานกลาง	5 ปี
ก๊าซชีวภาพ	เครื่องจักรและวัตถุดิบมีผลต่อการลงทุนสูง งบประมาณบำรุงสูง	ให้ผลตอบแทนคุ้มค่า	3 ปี

ที่มา: Assawatangsastian et al. (2017)

ปัจจัยสำหรับการคัดเลือกพลังงานที่มีความเหมาะสม

งานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาเกณฑ์ที่หลากหลายสำหรับการประเมินการลงทุนในพลังงานทดแทน โดยพบว่า ในการศึกษาพลังงานทดแทนในประเทศไทย (Assawatangsastian et al., 2017) ได้วิเคราะห์การลงทุนโดยศึกษาเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนโครงการ ระยะเวลาคืนทุน และมาตรการดำเนินการหรือแนวปฏิบัติสำหรับการใช้งานพลังงานทดแทนนั้น ซึ่งมีความใกล้เคียงกับการศึกษาลำดับปัจจัยทางเลือกใช้พลังงานทดแทนของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหารโดยใช้กระบวนการ AHP (Issaragura Na Ayuthaya, 2022) ที่มีการพิจารณาในด้านของลักษณะพลังงาน ราคา คุณภาพ บริการหลังการขาย และการบำรุงรักษา นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์คัดเลือกพลังงานทดแทนด้วยปัจจัยอื่นที่มีความน่าสนใจ ได้แก่ การจัดการองค์ความรู้ และการประยุกต์ใช้ ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสุขภาพ สังคม ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Amatawanich & Viroonraj, 2017)

ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ การส่งเสริมเกื้อกูลกันและกันกับระบบอื่น (Kamching et al., 2017) และความรู้ที่หลากหลายของสมาชิก การร่วมมือกัน ความเป็นผู้นำ การพัฒนารูปแบบสหกรณ์ (Ayers et al., 2014)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP ถูกพัฒนาขึ้นโดย Thomas Saaty เมื่อปี ค.ศ.1970 เพื่อช่วยวิเคราะห์แยกปัญหาเป็นประเด็นสำคัญผ่านการคัดเลือกโดยเปรียบเทียบเป็นคู่ทีละคู่ เพื่อช่วยประเมินลำดับความสำคัญทางเลือกที่ดีที่สุด มีโครงสร้างเป็นแผนภูมิลำดับชั้นทำให้เข้าใจง่ายช่วยในการตัดสินใจ (Satirasetthavee et al., 2018) และการรวมตัดสินใจระหว่างปัจจัยทั้งที่เป็นเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจะตรวจสอบซึ่งกันและกัน ทำให้สามารถลดความผิดพลาดจากการตัดสินใจได้ (Hongphan, 2017) โดยการศึกษาครั้งนี้จะนำ AHP มาใช้วิเคราะห์ปัจจัยทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาและแยกองค์ประกอบของปัญหา จากนั้นจะจัดโครงสร้างหรือแผนภูมิลำดับชั้นของการตัดสินใจ ทั้งนี้การเปรียบเทียบจะเริ่มจากการวินิจฉัยเปรียบเทียบระหว่างคู่ปัจจัย เพื่อระบุความสำคัญหรือประโยชน์เทียบกับอีกปัจจัยเพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์น้ำหนักปัจจัย และวินิจฉัยเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของทางเลือกโดยจับคู่เปรียบเทียบทีละคู่ภายใต้เกณฑ์ในรูปแบบตารางเมทริกซ์ (Wongwattana, 2017) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนจะมี มาตรฐานในการวินิจฉัยเปรียบเทียบแต่ละคู่ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มาตรฐานในการวินิจฉัยเปรียบเทียบแต่ละคู่

Table 2 The Comparative Diagnostic Scale

ระดับ ความสำคัญ	เท่ากัน	น้อย	ปานกลาง	ปานกลาง ค่อนข้าง	ค่อนข้าง มาก	ค่อนข้าง มาก	มากกว่า	มากกว่าถึง มากที่สุด	มากที่สุด
				มาก		ถึงมากกว่า			
คะแนน	1	2	3	4	5	6	7	8	9

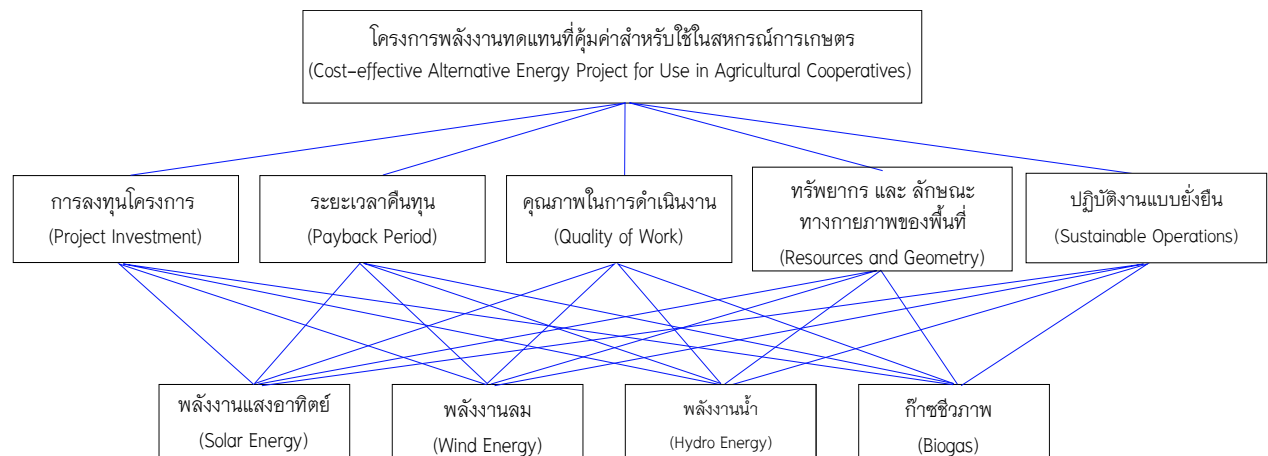
ที่มา: Hongphan (2017)

เมื่อได้ข้อมูลคะแนน ในการวิเคราะห์จะนำมาคำนวณค่าความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency Ratio, CR) เพื่อทดสอบการเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ที่ได้มามีความสอดคล้องทางเหตุผลต่อกันหรือไม่ โดยค่าความสอดคล้องของเหตุผลที่เหมาะสมควรมีค่าไม่เกิน 0.1 (Hongphan, 2017)

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรม ในส่วนของเกณฑ์ในการคัดเลือกพลังงานที่มีความเหมาะสมสำหรับสหกรณ์การเกษตรของไทย ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ คือ การศึกษาลำดับปัจจัยทางเลือกใช้พลังงานทดแทนของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหารโดยใช้กระบวนการ AHP (Issaragura Na Ayuthaya, 2022) การวิเคราะห์การทำแผนเชิงพื้นที่สำหรับระบบน้ำเกษตรกรรมพลังงานทดแทนของฟาร์มขนาดเล็ก (Spatial mapping analysis for renewable energy agricultural water system of small community farm) (Kamching, 2017) ผลกระทบของสหกรณ์พลังงานทดแทนต่อความยืดหยุ่นทางสังคมของชุมชน (The Impact of Renewable Energy Cooperatives on the Social Resilience of Their Communities) (Ayers et al., 2014) รูปแบบใหม่ ของเกณฑ์ชี้วัดโครงการด้านพลังงานทดแทน (Amatawanich & Viroonraj, 2017) และการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนพลังงาน

ทดแทนในประเทศไทย (Assawatangstian et al., 2017) โดยนำมาวิเคราะห์จัดรวมเกณฑ์ที่มีมุมมองเหมือนกันไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถสังเคราะห์เป็นเกณฑ์ได้ 5 เกณฑ์ และกำหนดประเภททางเลือกจากพลังงานทั้ง 4 ทางเลือกที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานก๊าซชีวภาพ สำหรับนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP เมื่อนำเกณฑ์และทางเลือกที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาสร้างโครงสร้างตามกรอบ AHP ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองของปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในการเกษตรได้ดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบจำลอง AHP เพื่อคัดเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์การเกษตร

Figure 1 AHP Model for Selection of Alternative Energy Projects to Implement in Agriculture Cooperatives

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์การเกษตรโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP ดังนี้

การศึกษาในเชิงเอกสาร (Documentary Study)

เกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประยุกต์มาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กล่าวมาแล้วในกรอบแนวคิดการวิจัย แสดงให้เห็นว่าเอกสารแสดงความสอดคล้องกัน โดยแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน โดยเฉพาะระยะเวลาคืนทุนเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกลงทุนโครงการ

การศึกษาในภาคสนาม (Field Study)

การเก็บข้อมูลใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จากนั้นนำแบบสอบถามมาทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามผ่านการหาข้อมูลบนฐานข้อมูลในอินเทอร์เน็ต พร้อมการอภิปรายร่วมกับคณาจารย์และผู้ให้ข้อมูล เมื่อได้แบบสอบถามแล้วจึงได้ขอคำสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายตัวอย่าง โดยได้ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลพลังงานและเกณฑ์ในเบื้องต้น บันทึกข้อมูล และตรวจสอบความถูกต้องโดยการหาค่าความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency Ratio, CR)

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informant)

การศึกษานี้อ้างอิงการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างจาก Guest et al. ในปี ค.ศ.2006 ที่ได้ระบุว่าหลังจากกลุ่มตัวอย่าง 12 คนแรกไปแล้วอาจเกิดความอิ่มตัวของข้อมูล (data saturation) ทำให้ปรากฏการณ์ใหม่ ๆ มีน้อยหรืออาจจะไม่มีเลย ในขณะที่ Gonzales ได้ระบุในปี ค.ศ.2009 ว่าการวิจัยเชิงคุณภาพควรมีกกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 20 คน ซึ่งสอดคล้องกับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เสนอโดยนักวิชาการวิจัยเชิงคุณภาพตามยุทธศาสตร์ Grounded Theory โดยนักวิจัยกลุ่มนี้จะกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างอยู่ระหว่าง 20-30, 20-60 หรือ 30-50 ตัวอย่าง โดยอาจผ่านการสัมภาษณ์หรือสังเกต (Joungtrakul, 2018) เมื่อพิจารณาแล้วงานวิจัยนี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ 30 ตัวอย่าง ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างสหกรณ์การเกษตรที่ดำเนินการเกี่ยวกับกิจกรรมผสมผสานในพื้นที่ภาคกลางประเทศไทยที่มีความเหมาะสมในการใช้พลังงานทดแทนหรือมีการใช้พลังงานทดแทนอยู่แล้ว 15 ตัวอย่าง ตามขนาดของสหกรณ์ ได้แก่ สหกรณ์ขนาดกลาง 5 แห่ง สหกรณ์ขนาดใหญ่ 5 แห่ง และ สหกรณ์ขนาดใหญ่มาก-ใหญ่พิเศษ 5 แห่ง และแบ่งกลุ่มตัวอย่างจากนอกภาคสหกรณ์ 15 ตัวอย่างประกอบด้วย ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีพลังงานหรือการเกษตร จำนวน 10 คน จากการหาข้อมูลของผู้วิจัยผ่านฐานข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต และ เกษตรกรนอกภาคสหกรณ์ จำนวน 5 คน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบรอบด้าน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างผ่านแบบสอบถาม และหาค่าน้ำหนักปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้โครงการพลังงานทดแทนในสหกรณ์การเกษตรตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดซึ่งจะนำมาใช้ตามกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP โดยแบ่งค่าระดับความสำคัญเป็นตัวเลข 1 ถึง 9 โดยที่ 1 คือค่าเท่ากันของตัวเลือกทั้ง 2 ตัวที่นำมาเปรียบเทียบ และ 9 คือค่าที่ตัวเลือกทั้งสองมีความสำคัญแตกต่างกันมากที่สุด (Hongphan, 2017) ต่อจากนั้นจะวิเคราะห์ลำดับความสำคัญหรือหาค่าน้ำหนักเกณฑ์ โดยเปรียบเทียบลำดับความสำคัญทีละคู่แล้วนำค่าที่ได้มาใส่ในตาราง Matrix A โดยถ้า $a_{ij}=\alpha$ จะทำให้ $a_{ij} = 1/\alpha$ เมื่อ $\alpha \neq 0$ และถ้าปัจจัยที่ C_i ถูกตัดสินใจให้มีความสำคัญเทียบเท่ากับปัจจัย C_i จะทำให้ $a_{ij}=1$ ดังนั้น ตาราง Matrix A จะแสดงได้ ดังนี้ (Wongwattana, 2017)

เกณฑ์การตัดสินใจ	C1	C2	C3	...	Cn	ปัจจัย
	1	A12	A13	...	A1n	A1
	1/A12	1	A23	...	A2n	A2
	1/A1n	1/A2n	1	...	A3n	A3
	↓	↓	↓		↓	↓
	1/A1n	1/A2n	1/A3n	1	1	An

จากนั้นจะคำนวณความสอดคล้องของเหตุผล (CR) เพื่อทดสอบการเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ที่ได้นำ มา มีความสอดคล้องทางเหตุผลต่อกันหรือไม่ โดยคำนวณหาแลมด้าแมกซ์ (λ_{max}) โดยการรวมผลของค่าในแนวตั้งแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแถวบนแต่ละแถว และนำผลที่ได้มารวมกัน จะได้ผลลัพธ์เท่ากับปัจจัยทั้งหมดที่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่ง λ_{max} จะเท่ากับ n ในกรณีที่ปัจจัยมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ ($\lambda_{max}=n$) จากนั้น

จะคำนวณหาดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) โดยใช้สูตร $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ แล้วจึงหาดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index, RI) โดยขึ้นอยู่กับขนาดของ Matrix ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างตาราง Matrix A เมื่อเปรียบเทียบทีละคู่

Table 3 Example of Matrix A Table Comparing Pair by Pair

ขนาดตาราง matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่า RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

ที่มา: Hongphan (2017)

โดยค่า CR ไม่ควรเกิน 10% ($CR \leq 0.10$) ในกรณีที่มี 5 ปัจจัย, 9% ($CR \leq 0.09$) ในกรณีที่มี 4 ปัจจัย และ 5% ($CR \leq 0.05$) ในกรณีที่มี 3 ปัจจัย (Hongphan, 2017)

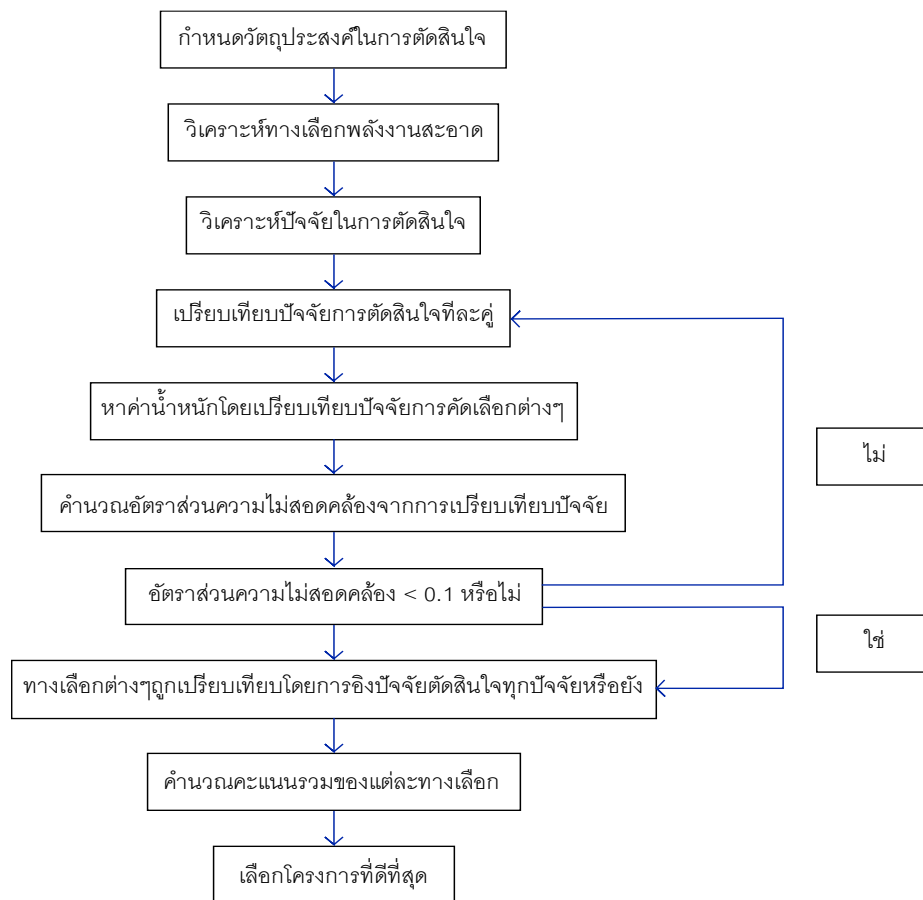
การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายเพื่อให้ได้ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- (1) การลงพื้นที่สหกรณ์การเกษตรที่ทำกิจกรรมผสมผสานในพื้นที่ภาคกลางประเทศไทยที่สามารถติดต่อได้
- (2) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Observations Participant) ซึ่งเป็นการสังเกตพฤติกรรมและการแสดงออกของฝ่ายต่าง ๆ ที่จะทำให้ควบคู่กับการสัมภาษณ์ผ่านการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และเข้าร่วมกิจกรรมกับชุมชนที่เป็นกรณีศึกษาเพื่อเห็นแนวทางการสร้างและการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่
- (3) การสัมภาษณ์ ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างด้วยแบบสอบถามสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 30 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการ AHP โดยคำนวณหาค่าความสอดคล้อง (CR) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และหาค่าน้ำหนักปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้พลังงานทดแทน และวิเคราะห์คัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในสหกรณ์การเกษตร ทั้งนี้การวิจัยจะปฏิบัติตามขั้นตอนดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบคิดและขั้นตอนในการศึกษา

Figure 2 Process and Educational Steps

การนำเสนอผลการศึกษาวิจัย

การนำเสนอข้อมูลจะอยู่ในลักษณะการพรรณนาความ (Descriptive Presentation) ประกอบภาพ แผนภูมิ และตาราง และการพรรณนาความประกอบการบรรยายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขที่ได้ เพื่อให้เห็นร้อยละ ค่าความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อการเลือกโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์การเกษตร เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ต่อไป

ผลการวิจัย

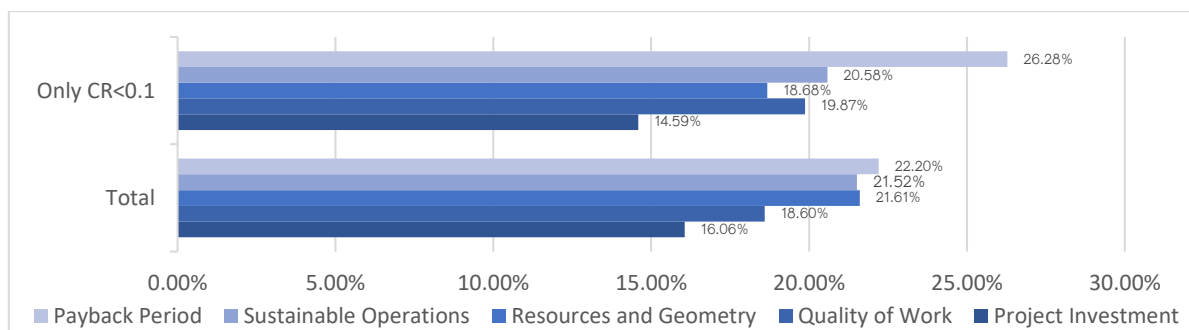
ข้อมูลของผู้ให้ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.66 มีอายุระหว่าง 25 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่ อายุเกิน 55 ปี มีจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีมีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ปริญญาตรีมีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ปริญญาโทและปริญญาเอกมีอย่างละ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.66 ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีรายได้ 25,000 บาทขึ้นไปมี 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่ผู้ให้ข้อมูลมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุดมีจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ผู้ให้ข้อมูล 10 คน

คิดเป็นร้อยละ 33.33 ไม่มีประสบการณ์งานในสหกรณ์ แต่ผู้ให้ข้อมูล 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 มีประสบการณ์มากกว่า 9 ปี และผู้ให้ข้อมูล 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ไม่มีประสบการณ์งานพลังงานทดแทน อย่างไรก็ตามผู้ให้ข้อมูล 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 มีประสบการณ์มากกว่า 9 ปี

ผู้ให้ข้อมูล 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 ให้ความสำคัญกับเกณฑ์ ระยะเวลาต้นทุน ราคา เศรษฐศาสตร์การเงิน และการตลาด (เกณฑ์ที่ 2) ในการพิจารณานำโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ในสหกรณ์การเกษตร ทั้งนี้เนื่องจากความซับซ้อนของแบบสอบถามและการเปรียบเทียบ เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้ให้ข้อมูลจำนวนหนึ่งมีความสอดคล้องของเหตุผล (CR) อยู่สูงกว่า 0.1 โดยพบว่าผู้ให้ข้อมูลเพียง 8 คนเท่านั้นที่มีค่าความสอดคล้องของเหตุผล (CR) ที่น้อยกว่า 0.1 อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้สรุปผลโดยเปรียบเทียบในทั้ง 2 รูปแบบคือ ค่าความผลการวิจัยจากผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด และเฉพาะผู้ให้ข้อมูล 8 คนที่มีค่าความสอดคล้องของเหตุผล (CR) น้อยกว่า 0.1

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจและคัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในสหกรณ์การเกษตรโดยใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP พบว่าค่า CR ของเกณฑ์ปัจจัยสำหรับการคัดเลือกพลังงานทดแทนรวมอยู่ที่ 0.279 ในขณะที่ค่า CR เฉพาะของผู้ให้ข้อมูลที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 จะอยู่ที่ 0.053 เมื่อพิจารณาจากผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกโครงการมากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลาต้นทุน มีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 22.20 รองลงมาได้แก่ ทรัพยากรและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ การปฏิบัติงานแบบยั่งยืน คุณภาพในการดำเนินงาน และการลงทุนโครงการ โดยมีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 21.61 ร้อยละ 21.52 ร้อยละ 18.60 และ 16.06 ตามลำดับ พิจารณาเฉพาะผู้ที่มีค่า CR ไม่เกิน 0.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกโครงการมากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลาต้นทุนเช่นเดียวกัน โดยมีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 26.28 รองลงมา ได้แก่ การปฏิบัติงานแบบยั่งยืน คุณภาพในการดำเนินงาน ทรัพยากรและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และการลงทุนโครงการ โดยมีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 20.58 ร้อยละ 21.52 ร้อยละ 18.68 และ 14.59 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ให้ข้อมูลให้ความสำคัญกับระยะเวลาต้นทุนมากที่สุดในทั้งสองกลุ่มดังภาพที่ 2



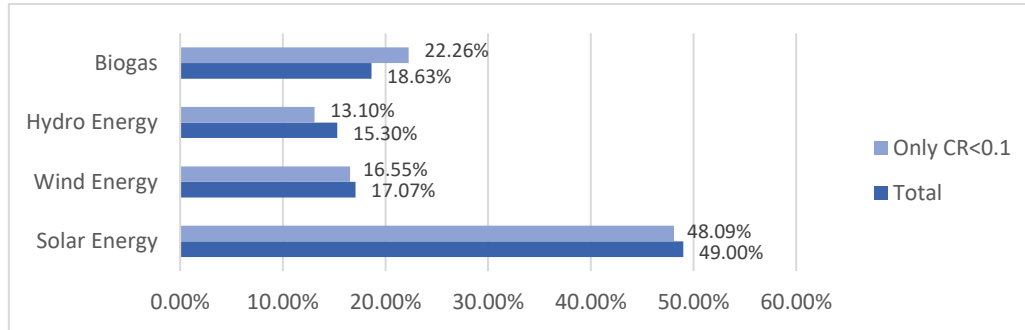
ภาพที่ 3 ระดับความสำคัญของเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกพลังงานทดแทน

Figure 3 Criterion Importance Level for Alternative Energy Selection

ผลการศึกษาพลังงานทดแทนที่เหมาะสมสำหรับสหกรณ์การเกษตรของไทย

จากการประมวลผลคำนวณพื้นฐานในกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) แล้วพบว่า ผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 30 คน และผู้ให้ข้อมูลเฉพาะที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 จำนวน 8 คนนั้น มีสัดส่วนการให้ค่าความสำคัญโดยแสดงลำดับเหมือนกัน คือ ค่าน้ำหนักพลังงานแสงอาทิตย์สูงที่สุด ร้อยละ 48.09 รองลงมาได้แก่ ก๊าซชีวภาพ พลังงานลม และพลังงานน้ำ โดยมีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 22.26 ร้อยละ 16.55 และ 13.10 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อ

พิจารณาในรายละเอียดถึงค่าความสำคัญของพลังงานทางเลือกภายใต้เกณฑ์ ทั้ง 5 เกณฑ์แล้ว ผลที่ได้จะแสดงในภาพที่ 4 และค่าความสำคัญภายใต้ปัจจัยต่าง ๆ จะแสดงในตารางที่ 4 ดังนี้



ภาพที่ 4 ร้อยละค่าความสำคัญของพลังงานทางเลือก

Figure 4 Percentage of Alternative Energy's Importance Score

ตารางที่ 4 ร้อยละค่าความสำคัญของพลังงานทางเลือกภายใต้เกณฑ์ต่าง ๆ

Table 4 Importance Percentage of Alternative Energy Under Various Criteria

ร้อยละค่าความสำคัญของพลังงาน ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ X	พลังงาน แสงอาทิตย์		พลังงานลม		พลังงานน้ำ		ก๊าซชีวภาพ	
	30	CR < 0.1	30	CR < 0.1	30	CR < 0.1	30	CR < 0.1
	samples		samples		samples		samples	
เกณฑ์ที่ 1 เปรียบเทียบการลงทุน โครงการ เทคโนโลยีการใช้ พลังงาน และการจัดการ นวัตกรรม	48.71%	47.63%	15.57%	17.71%	14.92%	11.15%	20.81%	23.50%
	(1)	(1)	(3)	(3)	(4)	(4)	(2)	(2)
เกณฑ์ที่ 2 ระยะเวลาคืนทุน ราคา เศรษฐศาสตร์ การเงิน และการตลาด	47.95%	43.24%	13.95%	14.25%	15.92%	23.14%	22.18%	19.37%
	(1)	(1)	(4)	(4)	(3)	(2)	(2)	(3)
เกณฑ์ที่ 3 คุณภาพ มาตรการ ดำเนินงาน การร่วมมือกัน การจัดการองค์ความรู้และ การประยุกต์ใช้	52.87%	59.47%	16.23%	16.27%	13.34%	14.01%	17.53%	10.24%
	(1)	(1)	(3)	(2)	(4)	(3)	(2)	(4)
เกณฑ์ที่ 4 ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสุขภาพ	46.15%	45.47%	20.38%	28.02%	16.08%	17.33%	17.39%	9.19%
	(1)	(1)	(2)	(2)	(4)	(3)	(3)	(4)
เกณฑ์ที่ 5 การบำรุงรักษา บริการหลังการขาย สังคม ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การพัฒนา อย่างยั่งยืน การส่งเสริมกิจการ กันและกันกับระบบอื่น	50.07%	51.59%	17.24%	23.81%	14.86%	15.33%	17.83%	9.26%
	(1)	(1)	(3)	(2)	(4)	(3)	(2)	(4)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงลำดับคะแนนของพลังงานทดแทนที่เหมาะสม

Note: The numbers in parentheses refer to the ranking of alternative energy appropriate scores.

จากตารางที่ 3 สามารถแสดงถึง ร้อยละค่าความสำคัญของโครงการพลังงานทางเลือกต่าง ๆ ภายใต้เกณฑ์ (Criteria) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยสรุปได้ว่า พลังงานแสงอาทิตย์มีความสำคัญสูงสุดอย่างชัดเจน ไม่ว่าจะพิจารณาจากทั้งในภาพรวม และพิจารณาจากทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 1 จนถึงเกณฑ์ที่ 5 นอกจากนี้ยังพบว่าก๊าซชีวภาพได้รับการให้ความสำคัญมากเป็นอันดับที่ 2 ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของพลังงานน้ำเป็นอันดับที่ 2 ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของพลังงานลมเป็นอันดับที่ 2 ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 4 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 2 กลุ่ม แสดงค่าความสำคัญของพลังงานลมเป็นอันดับที่ 2 และ ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 5 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของพลังงานลมเป็นอันดับที่ 2

ในส่วนของอันดับที่ 3 จะแสดงค่าความสำคัญของพลังงานลมมากที่สุด ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของก๊าซชีวภาพเป็นอันดับที่ 3 ในขณะที่ผู้ตอบทั้งหมดแสดงค่าความสำคัญอันดับที่ 3 เป็นพลังงานน้ำ ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของพลังงานน้ำเป็นอันดับที่ 3 ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 4 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของพลังงานน้ำเป็นอันดับที่ 3 ในขณะที่ผู้ตอบทั้งหมดแสดงค่าความสำคัญอันดับที่ 3 เป็นก๊าซชีวภาพ

อันดับที่ 4 จะแสดงค่าความสำคัญของพลังงานน้ำมากที่สุด นอกจากนี้ ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 2 กลุ่ม แสดงค่าความสำคัญของพลังงานลมเป็นอันดับที่ 4, ทางเลือกภายใต้เกณฑ์ที่ 3 จนถึง 5 ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 8 คนที่มีค่า CR รวมไม่เกิน 0.1 แสดงค่าความสำคัญของก๊าซชีวภาพเป็นอันดับที่ 4

อภิปรายผล

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์เกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจและคัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในสหกรณ์การเกษตร พบว่า ค่าความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์ มีน้ำหนักมากที่สุด แสดงความไม่สอดคล้องกับงานวิจัยความคุ้มค่าในการลงทุนพลังงานทดแทนในประเทศไทย (Assawatangstian et al., 2017) ซึ่งการศึกษาดังกล่าวแสดงพลังงานก๊าซชีวภาพมีความคุ้มค่าในด้านระยะเวลาดำเนินทุนมากที่สุดประมาณ 3 ปี แต่ในการศึกษาครั้งนี้แสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูงที่สุดอย่างชัดเจน ทั้งนี้ เป็นเพราะพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีต้นทุนต่ำกว่าที่ผ่านมา สามารถส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินทุนลดน้อยลง แต่มีความสอดคล้องกับคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ ในบริบท สถานการณ์ หรือช่วงเวลาที่ยั่งยืนไป ตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดก็สามารถเปลี่ยนไปได้เช่นเดียวกัน

ในขณะเดียวกันในการวิจัยนี้พบว่าระยะเวลาดำเนินทุนเป็นเกณฑ์ที่มีค่าน้ำหนักสูงที่สุด โดยสอดคล้องกับงานวิจัยรูปแบบใหม่ของเกณฑ์ชี้วัดโครงการด้านพลังงานทดแทน (Amatawanich & Viroonroj, 2017) และเกณฑ์จากการศึกษาลำดับปัจจัยทางเลือกใช้พลังงานทดแทนของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอาหารโดยการใช้กระบวนการ AHP (Issaragura Na Ayuthaya, 2022) การศึกษาวิเคราะห์การทำแผนเชิงพื้นที่สำหรับระบบน้ำเกษตรกรรมพลังงานทดแทนของฟาร์มขนาดเล็ก (Spatial mapping analysis for renewable energy agricultural water system of small community farm) (Kamching, 2017) และผลกระทบของสหกรณ์พลังงานทดแทนต่อความยืดหยุ่นทางสังคมของชุมชน (The Impact of Renewable Energy Cooperatives on the Social Resilience of Their Communities) (Ayers et al., 2014) โดยในการศึกษาที่กล่าวมาปัจจัยระยะเวลาดำเนินทุนมีผลต่อการคัดเลือกโครงการมากที่สุด ส่วน

การศึกษารูปแบบใหม่ของเกณฑ์ชี้วัดโครงการด้านพลังงานทดแทน (Amatawanich & Viroonraj, 2017) มีค่าน้ำหนักสูงที่สุดเป็นด้านเศรษฐศาสตร์ การเงิน และการตลาด ถึงร้อยละ 30 แสดงความสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ และปัจจัยที่ตามมาเมื่อเทียบการศึกษาดังกล่าวกับการศึกษานี้แสดงค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล

ในการศึกษานี้ การหาความเหมาะสมในการนำโครงการพลังงานทดแทนรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในสหกรณ์การเกษตร และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนจากการนำโครงการพลังงานทดแทนมาใช้ ด้วยการนำ AHP มาช่วยในการตัดสินใจ โดยใช้เกณฑ์ที่ได้มาจากการสังเคราะห์บทบทวนวรรณกรรมได้ 5 เกณฑ์ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน, ทรัพยากรและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่, การปฏิบัติงานแบบยั่งยืน, คุณภาพในการดำเนินงาน และการลงทุนโครงการ และพลังงานทดแทน 4 ประเภท ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์สูงที่สุด, ก๊าซชีวภาพ, พลังงานลม และพลังงานน้ำ โดยรวบรวมข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์และแบบประเมินเปรียบเทียบเกณฑ์ปัจจัยและทางเลือก AHP จำนวน 30 ตัวอย่าง ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกันของผลลัพธ์ที่ชัดเจน โดยปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักสูงที่สุดในผู้ที่มี CR ต่ำกว่า 0.1 จำนวน 8 คน คือระยะเวลาคืนทุนถึงร้อยละ 26.28 เช่นเดียวกับกรณีของผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด ที่เกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนก็ยังเป็นปัจจัยที่มีค่าความสำคัญมากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีค่าระดับความสำคัญร้อยละ 22.20 ในขณะที่เกณฑ์อื่น ได้แก่ คุณภาพในการดำเนินงาน, การปฏิบัติงานแบบยั่งยืน, ทรัพยากรและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ จะมีค่าความสำคัญใกล้เคียงกัน แต่ระยะเวลาคืนทุนแสดงค่าความสำคัญสูงที่สุดในทั้งสองกลุ่ม และ การลงทุนโครงการแสดงค่าความสำคัญน้อยที่สุดในทั้งสองกลุ่มเช่นกัน ทั้งนี้ ในส่วนของทางเลือกโครงการพลังงานทดแทน ผลการศึกษาแสดงการจัดอันดับตรงกันในทุกผู้ที่มี CR ต่ำกว่า 0.1 จำนวน 8 คน และผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด โดยพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงค่าคะแนนมากถึงร้อยละ 49 ในกลุ่มผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด 30 คน และแสดงค่าคะแนนมากถึงร้อยละ 48.09 ในกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่มีค่า CR ไม่เกิน 0.1 จำนวน 8 คน และพลังงานทดแทนที่มีระดับความสำคัญรองลงมาได้แก่ ก๊าซชีวภาพ พลังงานลม และพลังงานน้ำ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการดำเนินการในแต่ละพื้นที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นอย่างลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ร่วมด้วย เช่น หากอยู่ในพื้นที่ลมแรงสม่ำเสมอก็สามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ทั้งยังสามารถใช้ร่วมกับใช้แผงโซลาร์เซลล์ได้ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทและปัจจัยประกอบเมื่อพิจารณาารวมกัน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผลจากการวิจัยเพื่อวิเคราะห์เกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจและคัดเลือกพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในสหกรณ์การเกษตร พบว่าพื้นที่ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของพลังงานแสงอาทิตย์มาก ทำให้การลงทุนในพลังงานแสงอาทิตย์มีความสมเหตุสมผลมากที่สุด การศึกษานี้สามารถใช้เป็นตัวช่วยในการประกอบการศึกษาต่อในอนาคต และใช้ช่วยในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการพลังงานทดแทน ไม่ว่าจะเป็นเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เพิ่มรายได้จากการขายไฟฟ้า หรือพัฒนาคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นแนวทางให้กับสหกรณ์การเกษตรของไทยในการขึ้นทะเบียนเกษตรกรสมาชิก ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการเพื่อสร้างความสามารถ

ในการแข่งขันจากการลดต้นทุนในการทำเกษตร สหกรณ์การเกษตรทุกขนาดควรพิจารณานำพลังงานทดแทนมาใช้ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะของเสียที่เกิดขึ้นในสหกรณ์เอง อย่างน้อยเพื่อช่วยแบ่งเบาภาระรายจ่ายด้านพลังงานของเกษตรกรสมาชิก

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

– ควรอธิบายและระมัดระวังในการเลือกใช้คำให้เหมาะสมกับบริบทของโครงการวิจัย เนื่องจากคำต่อไปนี้ พลังงานทางเลือก พลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสะอาด มีความหมายที่ใกล้เคียงกัน แต่ก็มีนัยสำคัญที่แตกต่างกัน

– การแยกปัจจัย สิ่งแวดล้อม และ สุขภาพ ออกจากกันจะทำให้มีความชัดเจนในการพิจารณามากขึ้น เพราะสิ่งแวดล้อมกับสุขภาพส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ให้ข้อมูลแตกต่างกันในแต่ละราย แต่ก็ส่งผลต่อปริมาณแบบสอบถามที่ต้องให้ผู้ตอบพิจารณาเพิ่มขึ้น

– ควรคำนึงถึงการหมุนเวียนของเศรษฐกิจ (Circular economy) หรือการหมุนวนพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (reuse) การพิจารณาเลือกโครงการพลังงานทางเลือกจากพื้นที่และทรัพยากรที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ รวมถึงการผสมผสานการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ควบคู่กับกังหันลม อาจสรุปได้ว่าการพิจารณาพลังงานทางเลือกใช้นั้นต้องขึ้นอยู่กับบริบทของผู้ลงทุน (User focus) โดยคำนึงถึง เจือปนของผู้นำพลังงานไปใช้ ขั้นตอนต่างๆในการประกอบกิจการ และต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระหว่างขั้นตอนเหล่านั้นด้วย

องค์ความรู้ใหม่

ในการศึกษานี้ได้นับย้ำถึงความสำคัญของปัจจัยระยะเวลาต้นทุน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา กล่าวได้ว่า ความคุ้มค่าทางการเงินถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจลงทุนโครงการพลังงานทดแทนในสหกรณ์การเกษตร ในส่วนของโครงการพลังงานทดแทน พบว่าการลงทุนที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับบริบทของผู้ลงทุนดังที่กล่าวมาแล้วในข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ในการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่า พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นโครงการที่นำลงทุนที่สุดในปัจจุบันเนื่องจากต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ต่างจากการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนพลังงานทดแทนในประเทศไทย (Assawatangstian et al., 2017) ที่แสดงว่าก๊าซชีวภาพมีความคุ้มค่าที่สุดเมื่อมองจากระยะเวลาต้นทุนเป็นหลัก ในขณะที่ปัจจัยอื่นไม่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยการวิจัยนี้จะสรุปการจัดอันดับโครงการพลังงานทดแทนได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อันดับความสำคัญของพลังงานทางเลือกภายใต้เกณฑ์ในการศึกษา

Table 4 Ranking the importance of alternative energy under the criteria in the study

		อันดับที่ 1	อันดับที่ 2	อันดับที่ 3	อันดับที่ 4
โครงการพลังงานภายใต้เกณฑ์ที่ 1	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ
เปรียบเทียบการลงทุนโครงการ					
เทคโนโลยีการใช้พลังงาน และ	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ
การจัดการนวัตกรรม					
โครงการพลังงานภายใต้เกณฑ์ที่ 2	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานน้ำ	พลังงานลม
ระยะเวลาดำเนินการ ราคา เศรษฐศาสตร์					
การเงิน และการตลาด	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานน้ำ	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม
โครงการพลังงานภายใต้เกณฑ์ที่ 3	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ
คุณภาพ มาตรการดำเนินงาน					
การร่วมมือกัน การจัดการองค์ความรู้	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานลม	พลังงานน้ำ	ก๊าซชีวภาพ
และการประยุกต์ใช้					
โครงการพลังงานภายใต้เกณฑ์ที่ 4	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานลม	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานน้ำ
ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม					
และสุขภาพ	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานลม	พลังงานน้ำ	ก๊าซชีวภาพ
โครงการพลังงานภายใต้เกณฑ์ที่ 5	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ
การบำรุงรักษา บริการหลังการขาย					
สังคม ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การพัฒนา	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานลม	พลังงานน้ำ	ก๊าซชีวภาพ
อย่างยั่งยืน การส่งเสริมเกื้อกูล					
กันและกันกับระบบอื่น					
ค่าความสำคัญของพลังงานทางเลือก	Total	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ
ในการศึกษา	Only CR<0.1	พลังงานแสงอาทิตย์	ก๊าซชีวภาพ	พลังงานลม	พลังงานน้ำ

อย่างไรก็ตาม ด้วยเทคโนโลยีและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในการนำพลังงานทดแทนเข้ามาใช้นั้นมีความสำคัญที่ส่งผลต่อระยะเวลาดำเนินการ การพิจารณาเลือกใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมจำเป็นต้องมีการติดตามเทคโนโลยีและสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และปรับตัวอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการที่จะประยุกต์ใช้

References

- Amatawanich, N., & Viroonraj, B. (2017). The new model of indicators for considering renewable energy projects. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(2), 2602–2617.
- Assawatangsastian, A., Banjerdrith, S., & Laohanant, S. (2017). The worthiness of investment in alternative energy in Thailand. *Journal of MCU Social Science Review*, 6(2), 335–345.
<https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jssr/article/view/240660>

- Ayers, J., Melchert, G., & Piwowar, J. (2014). *The impact of renewable energy cooperatives on the social resilience of their communities*. Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden. <https://bth.divaportal.org/smash/get/diva2:830813/FULLTEXT01.pdf>
- Chiradeja, P. (2010). The Development of Renewable Energy for Generating Electricity in Thailand. *Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology*, 2(4), 10–24. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/31879>
- Cooperative Auditing Department. (2021). *Report on the size of cooperatives and farmer groups*. <https://www.cad.go.th/ewtadmin/ewt/statistic/download/information64/size64.pdf>
- Hongphan, D. (2017). *Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) for resort location selection in Mueang District Chanthaburi Province*. Suranaree University of Technology. <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7964/2/Fulltext.pdf>
- Issaragura Na Ayuthaya, V. (2022). A study ranking of alternative energy factors for the food production industry group via using Analytical Hierarchy Process (AHP). *RMUTT Global Business and Economics Review*, 17(2), 134–147. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/RMUTT-Gber/article/view/256256>
- Janpirom, C., & Suksukont, A. (2021). Hydroelectric power generation system using Microgridsthrough the internet – of – things. *Journal of Science and Technology Southeast Bangkok College*, 1(1), 26–37. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSCI/article/view/243614>
- Joungtrakul, J. (2018). Sample size and sampling issues in qualitative research. *Journal of Business Administration and Social Sciences Ramkhamhaeng University*, 1(2), 1–21. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/ibas/article/view/133909>
- Kamching R., Pattarapremcharoen M., Nirunsin, S., & Setthapun, W. (2017). Spatial mapping analysis for renewable energy agricultural water system of small community farm. *International Journey of Renewable Energy*, 12(2), 39–51. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/RAST/article/view/52375>
- Khlaikhaek, S. (2022). Problem on solar cells equipment waste management in Thailand. *Doctor of Philosophy in Social Sciences Journal*, 1(3), 1–14. <https://so08.tci-thaijo.org/index.php/dpssj/article/view/1334>

- Niyomtham, L., Waewsak, J., & Chuncham, C. (2020). Assessment of wind energy using global wind atlas methodology: A case study of central region of Thailand. *Thaksin University Journal*, 23(1), 39–48. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal/article/view/225376>
- Paka, S. (2017). Alternative energy for global warming. *EAU Heritage Journal*, 11(2), 49–57. https://drive.google.com/file/d/1nVdKdzUCWB8ph56hneAC2__TnhiDX1MX/view
- Panjabuddhanon, C., & Sonsuphap, R. (2016). The problem and obstacle of solar energy development in Thailand. *VRU Research and Development Journal*, 11(3), 11–20. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdihsjournal/article/view/73509>
- Poonnoi, M., & Tangchaichit, K. (2013). Assessing the wind energy potential in Northeastern Thailand. *KKU Research Journal*, 18(5), 803–810. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/APST/article/view/82994>
- Satirasetthavee, D., Suwannahoi, R., Kitthamkesorn, S., & Leungvichcharoen, S. (2018). The determination criteria of appropriate location for the construction terminal in Thailand by using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Naresuan University Engineering Journal*, 13(2), 54–65. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/nuej/article/view/109560>
- Sinchai, L. (2016). *Potential of biogas production from co-digestion of the domestic wastewater and food waste*. Prince of Songkla University. <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/11410/1/417006.pdf>
- Srivichai, P., & Rodsrida, C. (2020). Factors affecting anaerobic digestion efficiency to produce biogas. *RMUTI Journal Science and Technology*, 13(3), 162–175. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/229891>
- Taikhao, A. (2014). Renewable energy. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 8(2), 9–18. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/37731>
- Tangtaweewipat, S., Songsi, O., Cheva-Isarakul, B., & Puakchareon, K. (2020). Use of biogas from swine manure as a renewable energy to produce electricity in community of highland development project using the royal project model. *Journal of Agriculture*, 36(3), 365–375. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/241259>

- Tangtaweewipat, S., Songsi, O., Cheva-Isarakul, B., Puakchareon, K., & Umetsu, K. (2021). Use of biogas from animal feces as a renewable energy for small water pump engine in royal project foundation area. *Journal of Agriculture*, 38(1), 99-107.
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/article/view/251537>
- Wongwattana, W. (2017). *Area selection for wind turbine farm construction using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Northeastern Thailand*. Suranaree University of Technology Intellectual Repository. <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789>