การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าปะเภทสำนักงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ระบบออนกริด และไฮบริดเปรียบเทียบทางเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน : กรณีศึกษา อาคารพาณิชย์ขนาด 1,600 ตารางเมตร

Analysing Costs and Return of On-grid and Hybrid Solar Power System for Office Operation comparing each factor in investment decisions: A case study 1,600 M^2 commercial building

กระจ่าง ปลื้มกมล[1],* ผศ. ดร. วัชระ สัตยาประเสริฐ[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและบริหารงานก่อสร้าง
สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: 6319150001@mutacth.com*

บทคัดย่อ

ในการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุน และผลตอบแทน การเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 8 ทางเลือก คือ ระบบออนกริดขนาด (a1-40KW), (a2-50KW), (a3-60KW), (a4-70KW) ตามลำดับ และระบบไฮบริดขนาด (a5-90KW), (a6-110KW), (a7-110KW), (a8-120KW) ตามลำดับ กรณีศึกษา อาคารพาณิชย์ขนาด 1,600 ตารางเมตร โดยวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการด้วยเครื่องมือคือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) , อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ,ระยะเวลาคืนทุน (PB), อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C), ค่าของทุน ใช้เป็นอัตราลดค่า 7% รวมถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ปัจจัยด้านความเสี่ยง และปัจจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยใช้แบบสอบถามแบ่งออก 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านปัจจัยใดที่มีความสำคัญที่สุดในการตัดสินใจติดตั้งโซลาร์เซลล์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ ELECTRE ll มาช่วยในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญด้วยการพิจารณาเปรียบเทียบทีละคู่จากผลต่างของค่าดัชนีความสอดคล้องร่วมถึงความไม่สอดคล้องของทางเลือกที่ได้เปรียบระบุว่าความสัมพันธ์ทางเลือกนั้นเป็นการเหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น สรุปลำดับความสำคัญของทางเลือกเหมาะสมที่สุด คือทางเลือก (a4-70KW), (a3-60KW), (a2-50KW), (a1-40KW), (a5-90KW), (a6-110KW), (a7-110KW), (a8-120KW) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปัจจัยสำคัญ, ทางเลือกการตัดสินใจ, ผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The purpose of the research was to analyze the cost effectiveness. and returns and comparison of each factor affecting investment decisions in solar power generation The assumptions in the analysis were divided into 8 alternatives: on-grid system (a1-40KW), (a2-50KW), (a3-60KW), (a4-70KW), respectively, and hybrid system (a5-90KW), (a6-110KW), (a7-110KW), (a8-120KW), respectively. Case study of a 1,600 M^2 commercial building by analyzing the project's finances using tools such as net present value (NPV), yield rate. Internal Return (IRR), Payback Period (PB), Return to Cost Ratio (B/C), Value of Capital Taken as a 7% discount rate, including a sensitivity analysis. Risk Factors and environmental impact factors The questionnaire was divided into 2 parts. Part 1 was the personal information of the respondents. Part 2 was the information on which factors are the most important in the decision to install solar cells. By analyzing the data, ELECTER ll is used to help analyze the priorities with consideration. Pair-by-pair comparison of the difference of the concordance index value plus the inconsistency of the advantageous choice indicates that the alternative relationship is a strong superiority. and do not surpass each other strongly Summary of the most suitable choice priority is alternative (a4-70KW), (a3-60KW), (a2-50KW), (a1-40KW), (a5-90KW), (a6-110KW), (a7. -110KW), (a8-120KW), respectively

Keywords: (3-5 keywords must be given) abstract, format, methods

1. คำนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าในด้านต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญเพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจและตอบสนองความต้องการในด้านต่างๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ในการวางรากฐานทางด้านสาธารณูปโภคต่างๆ และเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านต่างๆ ของประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมที่สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนเป็นพลังงานที่ช่วยสนับสนุนให้มีการพัฒนาการเศรษฐกิจในทุกภาคส่วนของประเทศไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ หรือภาคเอกชนการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสนับสนุน ประกอบกับต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีระดับราคาที่ลดลงมากทำให้รัฐบาลหลายประเทศเริ่มให้ความสำคัญ และสนับสนุนนโยบายต่างๆ ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น เพื่อลดปัญหาผลกระทบในด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ และช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศ ซึ่งปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีสัดส่วนที่

น้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหิน โดยปัจจุบันไทยเรายังต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าจากเพื่อนบ้านในแถบอาเซียน สปป.ลาว หรือ พม่า โดยแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุผลทางการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และสังคมเพื่อที่จะเพิ่มสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบผลิตเพื่อใช้เองในภาคครัวเรือน ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาต้นทุน เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุน และผลตอบแทนเปรียบเทียบกับโครงการลงทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และรวมถึงแนวทางการพัฒนาธุรกิจในอนาคต เพื่อสร้างองค์ความรู้ให้กับผู้ประกอบการในปัจจุบัน และผู้ประกอบการรายใหม่ที่มีความสนใจในธุรกิจดังกล่าวในการประกอบการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบออนกริด และระบบไฮบริด

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบออนกริด และระบบไฮบริด

เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในการตัดสินใจลงทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบออนกริด และระบบไฮบริด

เพื่อเปรียบเทียบทางเลือก และปัจจัยของโครงการในการตัดสินใจลงทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ระบบออนกริด และระบบไฮบริด

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา

วิจัยครั้งนี้จะศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมูลที่ใช้ในการศึกษามีทั้งในด้านการวิเคราะห์ต้นทุนความคุ้มค่าของต้นทุนวิเคราะห์ความอ่อนไหว ปัจจัยความเสี่ยง และผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการในลงทุน ขนาดพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร โดยมีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าระบบออนกริด 40,50,60,70 KW.ใช้อินเวอร์เตอร์แบบออนกริดขนาด 33,40,50,60 KW. ตามลำดับ โดยใช้แผงชนิดโซลาร์เซลล์ชนิดแบบโมโนคริสตัลไลน์ Half Cell Module JAM 72S30- 535/MR และระบบไฮริดขนาด 90,100,110,120 KW. โดยใช้แผงชนิดโซลาร์เซลล์ชนิดแบบโมโนคริสตัลไลน์ Half Cell Module JAM 72S30- 535/MR โดยใช้อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดขนาด 70,80,90,100 KW.และแบตเตอรี่ Tesla power wall ระยะเวลาของโครงการสอดคล้องกับระยะเวลาอายุการใช้งานของโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ที่ 25 ปี โดยการเปรียบเทียบทางเลือกแต่ละปัจจัยโดยใช้การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญกับทางเลือกด้วย ELECTRE II โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของปัญหา และความไม่สอดคล้องของทางเลือกบนพื้นฐานของโครงสร้างที่ครอบคลุมปัญหาทั้งหมด เป็นกรณีศึกษา

3.2 การเลือกกรณีศึกษา

การเก็บข้อมูลการศึกษาครั้งนี้ คือ บริษัท ซันโย เอส.เอ็ม.ไอ (ไทยแลนด์) จำกัด เพื่อศึกษาการด้านต้นทุนลักษณ์หลักการคำนวณวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุน และผลตอบแทนการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ

การหาค่าคำนวณขนาดกำหลังการผลิต (KW) ในการเลือกติดตั้งโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ควรเก็บข้อมูลปริมาณบิลค่าไฟฟ้าย้อนหลังอย่างน้อย 1ปี เพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อเดือนเพื่อใช้ในการคำนวณในการเลือกติดตั้งมีความเหมาะสมกับโหลดไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ให้เพียงพอกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน

3.3 ขั้นตอนในการศึกษา

ในการศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การวิเคราะห์ต้นทุนประมาณการบวกลบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของโครงการระบบออนกริด และระบบไฮบริด (2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ (3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการ (4) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) ของโครงการ (5) ปัจจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

3.3.1 การวิเคราะห์ต้นทุนประมาณการบวกลบไม่เกิน 5 เปอร์เซนต์ของโครงการระบบออนกริด และระบบไฮบริด

การผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Product) ของระบบออนกริดผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นต้นทุนที่ประกอบด้วยต้นทุนในการติดตั้งเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ส่วนผลตอบแทนจะเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ โดยในการคิดอัตราส่วนนั้นจะมีการปรับมูลค่าของเงินตามเวลาของทั้งต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการ โดยกำหนดให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ 25 ปีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณต้นทุนรวมทั้งหมดของระบบออนกริด (g1)

ระบบออนกริด	40 (KW)	50 (KW)	60 (KW)	70 (KW)
รวมต้นทุนเริ่มต้นโครงการ	1,085,350	1,347,777	1,597,664	1,862,286
รวมต้นทุนระหว่างโครงการ	625,511	755,816	856,469	1,001,976
ต้นทุนรวมตลอดอายุโครงการ	1,710,861	2,103,593	2,454,133	2,864,262
เฉลี่ยราคา(บาท/วัตต์)	42.771	42.071	40.902	40.918

การผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Product) ของระบบไฮบริดผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นต้นทุนที่ประกอบด้วยต้นทุนในการติดตั้งเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ส่วนผลตอบแทนจะเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ โดยในการคิดอัตราส่วนนั้นจะมีการปรับมูลค่าของเงินตามเวลาของทั้งต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการ โดยกำหนดให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ 25 ปีแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณต้นทุนรวมทั้งหมดของระบบไฮบริด (g1)

ระบบไฮบริด	90 (KW)	100 (KW)	110 (KW)	120 (KW)
รวมต้นทุนเริ่มต้นโครงการ	2,974079	3,402,723	3,859,014	4,298,053
รวมต้นทุนระหว่างโครงการ	2,650,457	3,183,810	3,772,524	4,320,445
ต้นทุนรวมตลอดอายุโครงการ	5,624,536	6,586,533	7,631,538	8,618,498
เฉลี่ยราคา(บาท/วัตต์)	62.494	65.86	69.37	71.820

3.3.2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ

การวิเคราะห์ทางการเงินจะให้การวิเคราะห์ผลตอบแทนรายงานผลด้วยเครื่องมือทางการเงิน 4 ชนิด โดยมีข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์ทางเลือก 8 ขนาด การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) (g2) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุนในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) (g3) อัตราผลตอบแทนภายในที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) (g4) ระยะเวลากระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดีเนื่องจากจะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรก และให้ผลตอบแทนสามารถนำมาใช้พิจารณาได้ของโครงการ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio : B/C) (g5) ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานค่าซ่อมแซมดูแลบำรุงรักษา และการลงทุนทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพจะเกิดขึ้น โดยอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการซึ่งอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนของโครงการที่เหมาะสมต่อการลงทุนต้องมากกว่า 1 ตลอดอายุโครงการ 25 ปีแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สรุปผลการคำนวณต้นทุนการวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ

ทางเลือก	(KW)	ต้นทุนรวมของโครงการ	การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ			
			(NPV)	(IRR)	(PB)	(B/C)
a1	40	1,710,861	1,837,577	22.21%	5.64	1.07
a2	50	2,103,593	2,315,428	22.39%	5.59	1.10
a3	60	2,454,133	2,816,731	22.72%	5.51	1.15
a4	70	2,864,262	3,286,889	22.73%	5.50	1.15
a5	90	5,624,536	3,127,597	17.24%	7.22	0.56
a6	100	6,586,533	3,600,975	17.08%	7.52	0.55
a7	110	7,631,538	3,812,622	16.48%	7.83	0.50
a8	120	8,618,498	3,559,710	15.34%	8.05	0.41

3.3.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ทางการเงินจะให้การวิเคราะห์ผลตอบแทนรายงานผลด้วยเครื่องมือทางการเงิน 4 ชนิด โดยมีข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์ทางเลือก 8 ในการวิเคราะห์อ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงการ โดยมีปัจจัยด้านอัตราการเพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) ต่อปีของค่าไฟฟ้า ,ปัจจัยด้านราคาอินเวอร์เตอร์เพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) ปัจจัยด้านราคาแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) เมื่อเทียบกับฐาน ตลอดอายุโครงการ 25 ปี แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ

รายการ	คำอธิบาย
(g6) ปัจจัยด้านอัตราการเพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) ต่อปี ของค่าไฟฟ้า	การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนเพื่อต้องการทราบผลกระทบต่อด้านการเงินอัตราการเพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) ต่อปีของค่าไฟฟ้าเมื่อเทียบกับฐาน และสมมติให้ค่าไฟฟ้าปรับขึ้น (2%) ต่อปี
(g7) ปัจจัยด้านราคาอินเวอร์เตอร์เพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%)	การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนเพื่อต้องการทราบผลกระทบต่อด้านราคาอินเวอร์เตอร์ได้ทำการปรับเพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) เมื่อเทียบกับฐาน ในการศึกษานี้จะสมมติให้ราคาอินเวอร์เตอร์ที่เปลี่ยนในอนาคตคงที่เท่ากับราคาในปัจจุบัน
(g8) ปัจจัยด้านราคาแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%)	การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนเพื่อต้องการทราบผลกระทบต่อด้านราคาแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น (10%) ลดลง (10%) เมื่อเทียบกับฐาน ในการศึกษานี้จะสมมติให้ราคาโซลาร์เซลล์ที่เปลี่ยนในอนาคตคงที่เท่ากับราคาในปัจจุบัน

3.3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความเสี่ยง (Risk Analysis)

ในการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงปัจจัยภายใน และภายนอกที่มีผลต่อโครงการ คือการวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการ (Risk Analysis) เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงการ โดยมีปัจจัยด้านความเสี่ยงเครื่องอินเวอร์เตอร์มีค่าความเสื่อมเพิ่มขึ้น (20%,40%) เมื่อเทียบกับฐาน และปัจจัยด้านความเสี่ยงในด้านการใช้งาน Downtime ของระบบตลอดอายุโครงการ 25ปี โดยใช้เกณฑ์ในการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของได้ทำการปรับลด (10%) ต่อปี เมื่อเทียบกับฐาน แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านความเสี่ยง

รายการ	คำอธิบาย
(g9) ปัจจัยด้านความเสี่ยงเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าความเสื่อมเพิ่มขึ้น (20%,40%)	การวิเคราะห์ความด้านความเสี่ยงต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนเพื่อต้องการทราบผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้านความเสี่ยงอินเวอร์เตอร์มีค่าความเสื่อมเพิ่มขึ้น โดยทำการปรับเพิ่มขึ้นที่ (20%) และเพิ่มขึ้นที่ (40%) เมื่อเทียบกับฐาน
(g10) ปัจจัยด้านความเสี่ยงในด้านการใช้งาน downtime ของระบบทำการปรับลด (10%) ต่อปี	การวิเคราะห์ความด้านความเสี่ยง (Risk Analysis) ในด้านการใช้งาน หรือปัญหาการหยุดการทำงานของระบบ (Downtime) ที่มีผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่ได้ ตลอดจนอาจยังมีความเสี่ยงด้านอื่นๆ โดยใช้เกณฑ์ในการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ของได้ทำการปรับลด (10%) ต่อปี เมื่อเทียบกับฐาน

3.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการทดแทนพลังงานสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมูลค่าของการผลิตไฟฟ้าได้จากโซลาร์เซลล์เป็นเกณฑ์ที่ใช้ตลอดอายุโครงการ 25 ปี ปัจจัยด้านการช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์จากโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการกำจัดซากแผงที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ทำให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์จากโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเกณฑ์ แสดงดังในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ปัจจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

รายการ	คำอธิบาย
(g11) ปัจจัยด้านการช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม	การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการทดแทนพลังงานสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนด้านพลังงาน และแก้ปัญหาพลังงานให้กับประเทศได้ โดยใช้มูลค่าของการผลิตไฟฟ้าได้จากผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ตลอดอายุโครงการ 25 ปี เป็นเกณฑ์ที่ช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
(g12) ปัจจัยด้านการก่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม	จากน้ำหนักวัสดุโซลาร์เซลล์ชนิดโมโนคลิสตัลไลน์ 1 แผง (ขนาด 535 วัตต์) ต่อ 1 แผงน้ำหนัก 32.300 กิโลกรัม การนำกลับโดยจะมีวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ คือ อลูมิเนียม กระจก ซิลิกอนเงิน และทองแดง 29.80 กิโลกรัม โดยซากแผงโซลาร์เซลล์ที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ 2.50 กิโลกรัมต่อ 1 แผงทำให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์จากโซลาร์เซลล์เป็นเกณฑ์

4. การศึกษา

จากการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนในการติดตั้งระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้กรณีศึกษาการเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจโครงการลงทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ด้วยระบบออนกริด และระบบไฮบริดเป็นการวิจัยวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ทำการวิเคราะห์ต้นทุนความคุ้มค่าของต้นทุน วิเคราะห์ความอ่อนไหว ปัจจัยด้านความเสี่ยง (Risk Analysis) ต่อปัจจัยนำเข้าด้านต่างๆ และการวิเคราะห์ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฟฟ้า มีข้อสมมติฐานในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 8 ทางเลือก คือ ระบบออนกริดขนาด (a1-40 KW), (a2-50 KW), (a3-60 KW), (a4-70 KW) และระบบไฮบริดขนาด (a5-90 KW), (a6-100 KW), (a7-110 KW), (a8-120 KW) ตามลำดับ เพื่อใช้ในการสืบค้นหาค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการเพื่อนำผลลัพธ์มาใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและการนำเสนอผลงานวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยจากกลุ่มตัวอย่างพนักงานบริษัทซันโย เอส.เอ็ม.ไอ.(ไทยแลนด์) และจากกลุ่มผู้บริโภคโดยจัดทำแบบสอบถามให้มีความเหมาะสมสอดคล้องครอบคลุมตัวแปร และปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลต่อการต่อการตัดสินใจตัดในการลงทุนด้วยคะแนนตามลำดับความคิดเห็นปัจจัยใดที่มีความสำคัญที่สุดในการตัดสินใจติดตั้งโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 44 คน ระดับความคิดเห็นจากผู้ตอบแบบสอบถาม ให้คะแนนน้ำหนักแต่ละปัจจัย (Weights Score) เป็นข้อมูลดิบก่อนปรับก่อนปรับค่าน้ำหนัก และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ELECTRE ll การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ความสำคัญเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ละเอียด และน่าเชื่อถือเนื่องจากส่วนหนึ่งของวิธีการพิจารณานั้นได้มีการให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ของแต่ละหลักเกณฑ์ด้วย โดยดูจากความสอดคล้องและไม่สอดคล้องกันของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาก่อนที่จะทำการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจได้ถูกกำหนดอย่างชัดเจน โดยไม่ได้ใช้ความเห็นของผู้ตัดสินใจ มี 6 ขั้น ตอนดังนี้

4.1.1 ขั้นตอนที่ (1)

การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ด้วยนั้นมีรายละเอียดคำนวณหาคะแนนเชิงตัวเลข และเป็นลักษณะของเมตริกซ์ประสิทธิภาพ (Performance Matrix) โดยปรับค่าน้ำหนักความสำคัญ Multi-criteria Decision Analysis: (MCDA) ยกตัวอย่าง (g11) ปัจจัยด้านการช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (X-Min)/(Max-Min) =X^1 ทางเลือก a1 (1,511,490-1,511,490)/(4,534,470-1,511,490) =0.00 แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การปรับค่าน้ำหนักความสำคัญ (MCDA)

ทางเลือก	(KW)	ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์ซลล์	(MCDA)
a1	40	1,511,490	0.00
a2	0	1,889,363	0.13
a3	60	2,267,235	0.25
a4	70	2,645,108	0.38
a5	90	3,400,853	0.63
a6	100	3,778,725	0.75
a7	110	4,156,598	0.88
a8	120	4,534,470	1.00

การปรับค่าข้อมูลให้เป็นมาตรฐาน (Normalied Value) ก่อนทำการวิเคราะห์ลักษณะ Performance Matrix สำหรับการวิเคราะห์ โดยปรับค่าน้ำหนักความสำคัญ Multi-criteria Decision Analysis: (MCDA) ทั้ง 8 ทางเลือก และ 12 ปัจจัย แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะ Performance Matrix

Performance	g1	g2	g3	g4	g5	g6
w	9.25%	8.61%	9.05%	9.15%	8.41%	8.46%
a1	1.00	0.00	0.93	0.95	0.66	2.77
a2	0.94	0.24	0.95	0.96	0.69	3.13
a3	0.89	0.50	1.00	1.00	0.74	3.57
a4	0.83	0.73	1.00	1.00	0.74	3.84
a5	0.43	0.65	0.26	0.33	0.15	1.43
a6	0.29	0.89	0.24	0.21	0.14	1.66
a7	0.14	1.00	0.15	0.09	0.09	1.56
a8	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	1.00

ตารางที่ 4.2 ลักษณะ Performance Matrix (ต่อ)

Performance	g7	g8	g9	g10	g11	g12
w	8.06%	8.16%	7.66%	7.71%	8.06%	7.41%
a1	2.77	2.78	2.63	2.79	0.00	1.00
a2	3.10	3.11	2.93	3.14	0.13	0.87
a3	3.50	3.49	3.48	3.58	0.25	0.75
a4	3.74	3.73	3.71	3.85	0.38	0.63
a5	1.40	1.44	1.36	1.42	0.63	0.37
a6	1.30	1.53	1.13	1.56	0.75	0.25
a7	1.31	1.36	1.08	1.39	0.88	0.13
a8	0.87	0.87	1.00	0.77	1.00	0.00

4.1.2 ขั้นตอนที่ (2)

พิจารณาค่าข้อมูลที่ทำการปรับมาตรฐาน (Normalied Value) ประกอบกับค่าน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ โดยพิจารณาจากขั้นตอนที่ 1 การปรับมาตรฐานตารางแสดงลักษณะของเมตริกซ์ประสิทธิภาพที่มีขนาด 8 ทางเลือก และพิจารณาเปรียบเทียบภายใต้ 12 ปัจจัย ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการคำนวน (Normalied Weight) ปัจจัยด้านราคาในการลงทุน (g1) 9.25%/(9.25%+8.61%+9.05%+9.15%+8.41%+8.46%+8.06%+8.16%+7.66%+7.71%+8.06%+7.41% =0.093 และการวิเคราะห์ผลการคำนวนทางเลือก (a8) พิจารณาเปรียบเทียบปัจจัย (g1) 0.00/(0.267+0.253+0.236+0.122+0.082+0.040+0.000+0.000 =0.00 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การปรับมาตรฐาน (Normalied Value)

Performance	g1	g2	g3	g4	g5	g6
w	0.093	0.086	0.091	0.092	0.084	0.085
a1	0.267	0.042	0.264	0.267	0.271	0.146
a2	0.253	0.087	0.278	0.279	0.290	0.165
a3	0.236	0.127	0.278	0.279	0.290	0.188
a4	0.122	0.113	0.072	0.092	0.059	0.203
a5	0.082	0.155	0.067	0.059	0.055	0.075
a6	0.040	0.174	0.042	0.025	0.035	0.088
a7	0.000	0.151	0.000	0.000	0.000	0.082
a8	0.000	0.151	0.000	0.000	0.000	0.053

ตารางที่ 4.3 การปรับมาตรฐาน (Normalied Value) (ต่อ)

Performance	g7	g8	g8	g10	g11	g12
w	0.081	0.082	0.077	0.077	0.081	0.074
a1	0.154	0.152	0.152	0.151	0.000	0.250
a2	0.172	0.170	0.169	0.170	0.031	0.219
a3	0.194	0.191	0.201	0.193	0.063	0.187
a4	0.208	0.204	0.214	0.208	0.094	0.157
a5	0.078	0.078	0.079	0.077	0.156	0.093
a6	0.072	0.083	0.065	0.084	0.188	0.063
a7	0.073	0.074	0.062	0.075	0.219	0.032
a8	0.049	0.048	0.058	0.041	0.250	0.000

4.1.3 ขั้นตอนที่ (3)

พิจารณาค่าสอดคล้อง (Concordance Matrix) ระหว่างความเหนือกว่า (Dominance) ของทางเลือก *al* กับ *ak* สามารถคำนวณได้จากผลรวมของน้ำหนักปัจจัยที่ทางเลือก *al* มีคุณลักษณะเหนือกว่า *ak* เมื่อคำนวณจนครบทุกคู่ทางเลือกจึงนำมาจัดสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง และทำการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง ของผลการวิเคราะห์ความเหนือกว่าระหว่างชุดทางเลือกที่พิจารณาโดยการสร้างเมตริกซ์ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) มาพิจารณาเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.4 การสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง และตารางที่ 4.5 การสร้างเมตริกซ์ความไม่สอดคล้อง

ตารางที่ 4.4 การสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix)

C	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0.17	0.17	0.17	0.83	0.83	0.83	0.83
a2	0.83	-	0.17	0.17	0.83	0.84	0.83	0.83
a3	0.83	0.83	-	0.43	0.83	0.83	0.83	0.83
a4	0.83	0.83	0.83	-	0.92	0.83	0.83	0.17
a5	0.17	0.17	0.17	0.17	-	0.59	0.75	0.83
a6	0.17	0.17	0.17	0.17	0.41	-	0.67	0.92
a7	0.17	0.17	0.17	0.17	0.25	0.25	-	0.92
a8	0.17	0.17	0.17	0.17	0.08	0.08	0.08	-

$$c_{lk} = \frac{\sum j : aiPjak}{\sum jwj} = \sum_{i:aiPjak} Nwj \qquad (1)$$

ตามข้อมูลในตารางที่ 4.17 นิยาม และคำจำกัดความของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ELECTRE ll ที่มา: เอกสารประกอบการสอน, วัชระ สัตยาประเสริฐ”

ตารางที่ 4.5 การสร้างเมตริกซ์ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix)

D	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0.20	0.41	0.60	0.63	0.13	0.88	1.00
a2	0.20	-	0.13	0.25	0.67	0.69	0.77	0.87
a3	0.41	0.21	-	0.12	0.74	0.75	0.81	0.92
a4	0.64	0.67	0.19	-	0.74	0.75	0.81	0.92
a5	0.64	0.67	0.74	0.74	-	0.12	0.26	0.38
a6	0.75	0.63	0.50	0.38	0.20	-	0.13	0.26

ตารางที่ 4.5 การสร้างเมตริกซ์ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) ต่อ

a7	0.88	0.75	0.63	0.50	0.29	0.13	-	0.14
a8	0.81	0.88	0.75	0.63	0.38	0.25	0.13	-

$$g_j(a_i) \geq g_j(a_k), /\forall_j$$
$$d_{lk} = \{\frac{\max\ positive(Ngj^{0,} - (Ng_j(a_i)),}{\varsigma} otherwise \qquad (2)$$
$$= \max\{\max Ng_j(a) - \min N_{gj}(a)\}$$

ตามข้อมูลในตารางที่ 4.17 นิยาม และคำจำกัดความของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ELECTRE ll ที่มา: เอกสารประกอบการสอน, วัชระ สัตยาประเสริฐ”

4.1.4 ขั้นตอนที่ (4)

พิจารณาค่าดัชนีของค่า (Concordance Matrix และ Discordance Matrix) โดยจะเลือกพิจารณาค่าความสอดคล้อง (Concordance Matrix) จากสมการ และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance Matrix เกณฑ์ระดับคะแนน ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance และค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance แสดงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์ระดับคะแนน

Concordance

p^-	p	p^+
0.5	0.7	0.9

Discordance

q^-	q^+
0.5	0.8

จากค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P^+ ,0.9) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.4 การสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^- ,0.5) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.5 ยกตัวอย่างทางเลือก a2 ใช้สูตรฟังก์ชัน IF =IF(0.17< 0.9,IF(0.2>.0.5,0,IF(0.17<0.83,0,1))) แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P^+) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^-) มีความสัมพันธ์ดังนี้

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0	0	0	0	0	0	0
a2	0	-	0	0	0	0	0	0
a3	0	0	-	0	0	0	0	0
a4	0	0	0	-	0	0	0	0
a5	0	0	0	0	-	0	0	0
a6	0	0	0	0	0	-	0	1
a7	0	0	0	0	0	0	-	1
a8	0	0	0	0	0	0	0	-

จากค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P,0.7) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^+,08) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.4 การสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^- ,0.5) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.5 ยกตัวอย่างทางเลือก a2 ใช้สูตรฟังก์ชัน IF =IF(0.83<0.7,IF(0.20>.0.8,0,IF(0.83<0.17,0,1))) แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^+) มีความสัมพันธ์ดังนี้

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0	0	0	1	1	0	0
a2	1	-	0	0	1	1	1	0
a3	1	1	-	0	1	1	0	0
a4	1	1	1	-	1	1	0	0
a5	0	0	0	0	-	0	1	1
a6	0	0	0	0	0	-	0	1
a7	0	0	0	0	0	0	-	1
a8	0	0	0	0	0	0	0	-

จากค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P^-,0.5) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^+,0.9) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.4 การสร้างเมตริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q^-,0.5) โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.5 ยกตัวอย่างทางเลือก a2 ใช้สูตรฟังก์ชัน IF =IF(0.83<0.5,IF(0.20>.0.9,0,IF(0.83<0.17,0,1))) แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance (P-) ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance (q+) มีความสัมพันธ์ดังนี้

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0	0	0	1	1	0	0
a2	1	-	0	0	1	1	1	0
a3	1	1	-	0	1	1	0	0
a4	1	1	1	-	1	1	0	0
a5	0	0	0	0	-	1	1	1
a6	0	0	0	0	0	-	0	1
a7	0	0	0	0	0	0	-	1
a8	0	0	0	0	0	0	0	-

4.1.5 ขั้นตอนที่ (5)

เมื่อได้ค่าความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และ ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) ของทุกคู่ทำการคำนวณเพื่อสร้างเมตริกซ์ความเชื่อถือ (Credibility Matrix) เพื่อพิจารณาว่าค่าความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และ ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) สรุปทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินระบุว่าความสัมพันธ์ทางเลือกนั้นเป็นการเหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance) และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น (Weak Dominance) เพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ให้พิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมตริกซ์ แสดงดังตารางที่ 4.10 และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น ให้พิจารณาตามหลักในแนวนอนของเมตริกซ์แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending)

N	ขั้นที่
A	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ถูกประเมิน
D	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ได้บ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกใดๆ
E	ทางเลือกจากกลุ่ม D ที่ยังถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกในกลุ่ม
G	ทางเลือกจากกลุ่ม E ที่ไม่ถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์ว่าทางเลือกใดๆในกลุ่มอย่างไม่หนักแน่น
L	(D-E) +G
R	ลำดับทางเลือกจากการประเมิน: เหนือกว่าไปยังด้อยกว่า

"ที่มา: เอกสารประกอบการสอน, วัชระ สัตยาประเสริฐ"

วิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ให้พิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมตริกซ์การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending)

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0	0	0	S	S	0	0
a2	S	-	0	0	S	S	S	0
a3	S	S	-	0	S	S	0	0
a4	S	S	S	-	S	S	0	0
a5	0	0	0	0	-	W	S	S
a6	0	0	0	0	0	-	0	S
a7	0	0	0	0	0	0	-	S
a8	0	0	0	0	0	0	0	-

สรุปจากการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) พิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมตริกซ์สรุปทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินระบุว่าความสัมพันธ์ทางเลือกนั้นเป็นการเหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance) และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น (Weak Dominance) เพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญการพิจารณาค่าคะแนนจากผลต่างของค่าดัชนีความสอดคล้อง และความไม่สอดคล้องที่ได้จัดลำดับทางเลือกจากการประเมินเหนือกว่าไปยังด้อยกว่าโดยทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ (a4), (a3), (a2), (a1), (a5),(a6), (a7) และ(a8) เรียงลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกแนวตั้งของเมตริกซ์

N	A	D	E	D-E	G	L	R
0	a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8	a4	0	a4	0	a4	1
1	a1, a2, a3, a5, a6, a7, a8	a3	0	a3	0	a3	2
2	a1, a2, a5, a6, a7, a8	a2	0	a2	0	a2	3
3	a1, a5, a6, a7, a8	a1	0	a1	0	a1	4
4	a5, a6, a7, a8	a5	0	a5	0	a5	5
5	a6, a7, a8	a6	0	a6	0	a6	6
6	a7, a8	a7	0	a7	0	a7	7
7	a8	a8	0	a8	0	a8	8

การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) ให้พิจารณาตามแถวในแนวนอนของเมตริกซ์แสดงตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending)

N	ขั้นที่
A	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ถูกประเมิน
D	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ได้บ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกใดๆ
E	ทางเลือกจากกลุ่ม Dที่ถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกในกลุ่ม
G	ทางเลือกจากกลุ่ม E ที่ไม่ถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์ว่าทางเลือกใดๆในกลุ่มอย่างไม่หนักแน่น
L	(D-E) +G
R1	ลำดับทางเลือก(ย้อนกลับ)จากการประเมิน: ด้อยกว่าไปเหนือกว่า

"ที่มา: เอกสารประกอบการสอน, วัชระ สัตยาประเสริฐ"

การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น ให้พิจารณาตามหลักในแนวนอนของเมตริกซ์แสดงตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงสรุปผลการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกแนวนอนของเมตริกซ์

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	0	0	0	S	S	0	0
a2	S	-	0	0	S	S	S	0
a3	S	S	-	0	S	S	0	0
a4	S	S	S	-	S	S	0	0
a5	0	0	0	0	-	W	S	S
a6	0	0	0	0	0	-	0	S
a7	0	0	0	0	0	0	-	S
a8	0	0	0	0	0	0	0	-

สรุปจากการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) พิจารณาตามหลักในแนวนอนเมตริกซ์สามารถนำมาวิเคราะห์โดยสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินระบุว่าความสัมพันธ์ทางเลือกนั้นเป็นการเหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance) และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น (Weak Dominance) ด้วยเพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญการพิจารณาค่าคะแนนจากผลต่างของค่าดัชนีความสอดคล้องและความไม่สอดคล้อง จัดลำดับทางเลือกย้อนกลับจากการประเมินด้อยกว่าไปเหนือกว่าโดยทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ (a4), (a3), (a2), (a1), (a5),(a6), (a7) และ(a8) เรียงลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending)

N	A	D	E	D-E	G	L	Re	R^1
0	a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8	a8	0	a8	0	a8	a4	1
1	a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7	a7	0	a7	0	a7	a3	2
2	a1, a2, a3, a4, a5, a6	a6	0	a6	0	a6	a2	3
3	a1, a2, a3, a4, a5,	a5	0	a5	0	a5	a1	4
4	a1, a2, a3, a4,	a1	0	a1	0	a1	a5	5
5	a2, a3, a4,	a2	0	a2	0	a2	a6	6
6	a3, a4,	a3	0	a3	0	a3	a7	7
7	a4	a4	0	a4	0	a4	a8	8

4.1.6 ขั้นตอนที่ (6)

การพิจารณาค่าคะแนนความพึงพอใจจากผลต่างของค่าดัชนีความสอดคล้องและความไม่สอดคล้องที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และใช้ค่าคะแนนความพึงพอใจในการจัดอันดับความเหมาะสมโดยทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด คือทางเลือกที่มีค่าคะแนนความพึงพอใจสูงสุดได้ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงสรุปผลการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกแนวตั้ง และแนวนอนของเมตริกซ์

Alternative	D	A	F	D r		A	Rank
a1	4th	4th	4th	a4	+	a4	a4
a2	3rd	3rd	3rd	a3	+	a3	a3
a3	2nd	2nd	2nd	a2	+	a2	a2
a4	1st	1st	1st	a1	+	a1	a1
a5	5th	5th	5th	a5	+	a5	a5
a6	6th	6th	6th	a6	+	a6	a6
a7	7th	7th	7th	a7	+	a7	a7
a8	8th	8th	8th	a8	+	a8	a8

4.1.7 นิยาม คำจำกัดตัวแปรใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ELECTRE I(แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 นิยาม และคำจำกัดความของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

I	=	ความสัมพันธ์แบบไม่แตกต่างกัน (Equivalent)
P	=	ความสัมพันธ์แบบเหนือกว่า (Preference)
ai	=	ทางเลือก i
gj	=	ปัจจัย j
gj ,ai	=	คะแนนของทางเลือก i ภายใต้ปัจจัย j
ng_j ,(a_i)	=	คะแนนของทางเลือก i ภายใต้ปัจจัย j ที่ผ่านการ Normalize แล้ว (Normalizedscore)
w_j	=	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย j
nwj	=	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย j ที่ผ่าน normallize แล้ว (Normalize weight)
$clkal$, ak	=	ค่าความสอดคล้องกับความพึงใจของทางเลือก l เทียบกับ k
$dlkal$, ak	=	ค่าความไม่สอดคล้องกับความพึงใจของทางเลือก l เทียบกับ k
$slkal$, ak	=	ค่าบ่งชี้ความเหนือกว่า (Credibility) ของทางเลือก l เทียบกับ k
P^-, P^0 ,P^+	=	ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง Concordance มีความสัมพันธ์ดังนี้ $0.5 \le P^- \le P^0 \le p^+ \le 1.0$
q^- ,q^+	=	ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง Discordance มีความสัมพันธ์ดังนี้ $0 \le q^- \le q^+ \le 1.0$

"ที่มา: เอกสารประกอบการสอน, วัชระ สัตยาประเสริฐ"

5. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการในการตัดสินใจลงทุน เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกแต่ละปัจจัยของโครงการในการตัดสินใจลงทุนผลการศึกษาการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการพบว่าขนาดกำลังการผลิต (a1-40 KW) ต้นทุนทั้งหมด 1,710,861 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 1,837,577 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 22.21% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 5.64 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.07 ขนาดกำลังการผลิต (a2-50 KW) ต้นทุนทั้งหมด 2,103,593 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 2,315,428 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 22.39% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 5.59ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.10 ขนาดกำลังการผลิต (a3-60 KW) ต้นทุนทั้งหมด 2,454,133 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 2,816,731 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 22.72% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 5.51ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.15 ขนาดกำลังการผลิต (a4-70 KW) ต้นทุนทั้งหมด 2,864,262 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,286,889 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 22.73% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 5.50ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.15 ขนาดกำลังการผลิต (a5-90 KW) ต้นทุนทั้งหมด 5,624,536 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,127,597 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 17.24% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 7.22 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 0.56 ขนาดกำลังการผลิต (a6-100 KW) ต้นทุนทั้งหมด 6,586,533 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,600,975 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 17.08% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 7.52 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 0.55 ขนาดกำลังการผลิต (a7-110 KW) ต้นทุนทั้งหมด 7,631,538 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,812,622 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 16.48% ระยะเวลาคืนทุน (PB) 7.83 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 0.50 ขนาดกำลังการผลิต (a8-120 KW) ต้นทุนทั้งหมด 8,618,498 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 3,559,710 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 15.34% ระยะเวลา

คืนทุน (PB) 8.05 ปี อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 0.50 ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (Discount rate 7%) รวมถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ปัจจัยด้านความเสี่ยง และปัจจัยด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมพิจารณาก่อนตัดสินใจในการลงทุน

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้แบ่งออก 3 ส่วน โดยใช้แบบสอบถาม ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านปัจจัยใดที่มีความสำคัญที่สุดในการตัดสินใจติดตั้งโซลาร์เซลล์ ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ELECTRE ll มาช่วยในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญด้วยการพิจารณา เปรียบเทียบทีละคู่จากผลต่างของค่าดัชนีความสอดคล้องร่วมถึงความไม่สอดคล้องของทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินระบุว่าความสัมพันธ์ทางเลือกนั้นเป็นการเหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น สรุปลำดับความสำคัญของทางเลือกเหมาะสมที่สุด คือทางเลือก (a4-70KW), (a3-60KW), (a2-50KW), (a1-40KW), (a5-90KW), (a6-110KW), (a7-110KW), (a8-120KW) ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ จากการศึกษาพบว่าหากมีการสนับสนุนจากภาครัฐในรูปแบบทางตรงกล่าวคือ การส่งเสริมการลงทุนงานการใช้สิทธิยกเว้นภาษีอากรการนำเข้าของอุปกรณ์ในระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ และนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากรัฐบาลยังมีข้อจำกัดในการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้า รัฐบาลควรสนับสนุนนโยบายด้านต่างๆเพื่อเป็นแรงจูงใจในลงทุนการติดตั้งโซลาร์เซลล์ให้มีความคุ้มค่ามากขึ้น เพราะว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษเหมือนกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง เพื่อลดปัญหาผลกระทบในด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ และช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศได้ และเพื่อยกระดับความสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศที่ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.วัชระ สัตยาประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำความช่วยเหลือและข้อแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนแก้ไข้ปรับปรุงการศึกษาค้นคว้าตนเองฉบับนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประศาสน์วิชาความรู้ให้กับผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวรฉัตร เสนีวงศ์ ณ อยุธยา กรรมการผู้จัดการ , ผู้บังคับบัญชา และพนักงานบริษัทซันโย เอส.เอ็ม.ไอ.(ไทยแลนด์) จำกัดทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถาม ที่ให้ความร่วมมือ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์มาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เพื่อนๆและครอบครัว ที่ให้ความรักให้กำลังและให้การสนับสนุนเสมอมา จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันวิศวกรรมพลังงานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Energy Engineering Institute, Kasetsart University สืบค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2564

[2] ชนิดของแผงโซลาร์เซลล์ https://solarmagazine.com/solar-panels สืบค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2564

[3] ราชันย์ ชูชาติ (2562) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในจังหวัดตรัง สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2564

[4] ณัฐพงศ์ สุวรรณสังข์[1] และโสภิตสุดา ทองโสภิต[2] (2558) การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2654

[5] สุรเชษฐ ย่านวารี การคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้และคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ https://ienergyguru.com สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2654

[6] กรมพัฒนางานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน คู่มือการผลิตไฟฟ้าจาพลังงานแสงอาทิตย์ https://webkc.dede.go.th สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2654

[7] ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและผลผลิตของโซลลาร์โซลาร์เซลล์ https://energynext.co.th สืบค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2654

[8] สุจรรย์พินธ์ สุวรรณพันธ์[1], 2548 และอภิชาต พงศ์สุพัฒน์[2], 2546:2548) การวิเคราะห์ด้านการเงิน (Financial Analysis) การวิเคราะห์ด้านการเงินเป็นการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ สืบค้นเมื่อ สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2654

[9] อัตราค่าไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กฟภ PEA https://www.pea.co.th สืบค้นเมื่อ สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2654

[10] กระแสร์ อานอาชา[1] และโกมล ปราชญ์ กตัญญู[2] (2559) การศึกษาต้นทุน และผลตอบแทนของ โครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสืบค้นเมื่อ สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2654

[11] จุฬารัตน์ จำปีรัตน์ (2559). การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไป ในพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2564

[12] เชษฐวฒิ ศรีสะอาด[1] และ พรพิพัฒน์ แก้วกล้า[2] (2561).การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์: กรณีศึกษาเฉพาะโรงงานแปรรูปไม้ยูคาลิปตัสแห่งหนึ่งในจังหวัดอำนาจเจริญ สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2564

[13] ชัยรัฐ ภัทรเวท[1] และศุภฤกษ์ สุขสมาน[2] (2563) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการติดตั้งรูฟท็อป ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2564

[14] ทรงกฤต ตรีรัตน์พิจารณ (2563). ตัวแบบการตัดสินใจที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ของสถานประกอบการในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2564

[15] พัณณ์ชิตา พินิจธนะพงษ์ (2562) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ของโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564

[16] พวงทอง วังราษฎร (2561) การวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนโครงการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์ สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564

[17] รุ่งศักดิ์ ผิวคร้าม[1] ช่อวายุภักตร์[2] (2558) การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากแผงโซล่าโซลาร์เซลล์ สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564

[18] วิภา เล็กกุลวัฒน์ (2559) การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่องการส่งเสริม การติดตั้งรูฟอย่างเสรี กรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2564

[19] วัชระ สัตยาประเสริฐ (2563) ELECTRE II การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ โดยดูจากความสอดคล้อง และไม่สอดคล้องกันของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจได้ถูกกำหนดอย่างชัดเจน โดยไม่ได้ใช้ความเห็นของผู้ตัดสินใจ