การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

นางสาวพิมพ์พรรณ กาเยนนท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์
คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Cost-Benefit Analysis of Solar PV Rooftop

Miss Pimpun Kayenon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Economics Program in Economics

Faculty of Economics

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
โดย	นางสาวพิมพ์พรรณ กาเยนนท์
สาขาวิชา	เศรษฐศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พงศา พรชัยวิเศษกุล

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชโยดม สรรพศรี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศา พรชัยวิเศษกุล)

.....กรรมการ

(ดร.พัชรสุทธิ์ สุจริตตานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิมพ์พรรณ กาเยนนท์ : การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (The Cost-Benefit Analysis of Solar PV Rooftop) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.พงศา พรชัยวิเศษกุล, 72 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา 2) เพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของรัฐบาลเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และ 3) เพื่อศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในส่วนการคำนวณต้นทุนและผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการวิเคราะห์ค่าความไว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ต่อยอดผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของรัฐบาลเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และการศึกษาประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงาน และอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีทั่วไปและกรณีการวิเคราะห์ค่าความไวพบว่า การลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ยังไม่คุ้มทุนในทุกขนาดกำลังการผลิต โดยต้นทุนในการผลิตยังสูงกว่ารายรับที่ได้จากการขายไฟฟ้า ทั้งนี้ รัฐบาลสามารถดำเนินนโยบายที่จะสร้างแรงจูงใจให้ครัวเรือนหันมาสนใจและลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ผ่านอัตรารับซื้อไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ต่อไป

ผลการศึกษาประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ระยะเวลาการคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 1.2 – 1.8 ปี ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 30 ปี นอกจากนี้ ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 56,379.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี โดยสามารถคำนวณเป็นมูลค่าได้ถึง 552,518.52 บาทต่อปี ส่งผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่าศูนย์

สาขาวิชา เศรษฐศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5585163529 : MAJOR ECONOMICS
KEYWORDS: SOLAR PV ROOPTOP / NET PRESENT VALUE

PIMPUN KAYENON: The Cost-Benefit Analysis of Solar PV Rooftop. ADVISOR: ASSOC. PROF.PONGSA PORNCHAIWISESKUL, Ph.D., 72 pp.

This study focuses on 1) analyzing the costs and benefits for Households who invested in Solar PV Rooftop and generated electricity to the government 2) studying the policy instruments for government to support this project and 3) studying the environment benefit by using Solar PV Rooftop. I analyze costs and benefits for households through 2 techniques: (1) Net Present Value, NPV and (2) Sensitivity Analysis. As a result from the first objective, I will discuss the policy instruments for the government. Lastly, I also analyze the benefits by using Solar PV Rooftop through 2 techniques: (1) Energy Payback Time, EPBT and (2) Greenhouse gas emission rate.

Analyzing the costs and benefits from Solar PV Rooftop under base case and sensitivity analysis cases displayed that the net present value is negative. Due to the current PV system installation costs are greater than its revenue. So the government can improve 2 policy instruments, Feed-in Tariffs and Construction costs to keep this Solar PV project continue.

For environmental benefits, the results showed that the energy payback time of different types of solar cell ranged from 1.2 to 1.8 years, which are far less than the its' life span of 30 years. Moreover, about 56,379.44 ton of greenhouse gas emission could be avoid yearly or THB 552,518.52. So the benefits by using Solar PV Rooftop are greater than zero.

Field of Study: Economics Student's Signature .....

Academic Year: 2014 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พงศา พรชัยวิเศษกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่และทุ่มเท รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ ไกรพรศักดิ์ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ดร.พัชรสุทธิ์ สุจริตตานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบริษัท ชาร์ปไทย จำกัด บริษัท สยามโซลาร์ แอนด์ อีเลคทรอนิคส์ จำกัด และบริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด(มหาชน) บริษัทผู้นำเข้าและจัดจำหน่ายอุปกรณ์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ อาต่อบุญและทุกคนในครอบครัว สำหรับความห่วงใย ความใส่ใจและการสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ขอบคุณ คุณณัฐ บัณฑิตวัฒนาวงศ์ คุณพงศ์สันต์ พงศ์บางลี่ คุณธงชาติ บวรธำรงชัย คุณนุชนารถ การะเวก คุณจันทกานต์ แซ่ล่อ และเพื่อนๆ ในหลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิตทุกคน สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจ และขอขอบคุณ คุณกษิรา วรวัฒนะปริญญา และคุณนฤมล เตี่ยวไพบูลย์ ในการช่วยเหลือติดต่อประสานงาน

ด้วยคุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูบูชาแก่บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 11
1.1 ที่มาและความสำคัญ 11
1.2 วัถตุประสงค์ของการวิจัย 13
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 14
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 15
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.1 แนวคิดและทฤษฎีการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ 17
2.1.1 องค์ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ 17
2.1.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 19
2.1.3 ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย 20
2.1.4 การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ 24
2.1.5 การศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 26
2.1.5.1 ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 26
2.1.5.2 อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ 27
2.2 วรรณกรรมปริทัศน์ 28
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา 28

หน้า

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์และอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 29
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 30
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....32
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 32
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 34
3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน 34
3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม 34
3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน 35
3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม 41
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา 45
4.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา 45
4.2 ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 50
บทที่ 5 เครื่องมือในการดำเนินนโยบายเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ 52
5.1 Optimal FiT Price.....53
5.2 Construction Cost.....54
บทที่ 6 ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตามหลักเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม 56
6.1 ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 56
6.2 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา.....58
6.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป 58
รายการอ้างอิง 60
ภาคผนวก.....64
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง ราคารับซื้อไฟฟ้าและปริมาณกำลังการผลิตติดตั้งรวม.....13

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งตามชนิดของซิลิคอน 18

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามแบบจำลองทางการเงิน 33

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม 33

ตารางที่ 5 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง ราคารับซื้อไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 47

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิและการวิเคราะห์ค่าความไว.....47

ตารางที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ 50

ตารางที่ 8 ราคารับซื้อไฟฟ้าเดิมและราคารับซื้อไฟฟ้า Optimal FiT Price.....54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในปีพ.ศ. 2555 11

ภาพที่ 2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย 21

ภาพที่ 3 พื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่างๆ 22

ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของประเทศต่างๆ 23

ภาพที่ 5 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน 23

ภาพที่ 6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละจังหวัดที่รวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 49

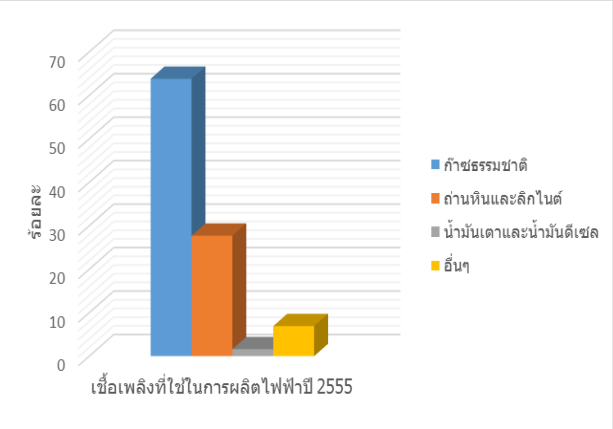
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 13,783 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มสูงขึ้นจากปีพ.ศ. 2554 คิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 8.8 โดยในจำนวนนี้เป็นการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมมากที่สุดร้อยละ 40.6 รองลงมาคือ การใช้พลังงานในสาขาธุรกิจและการค้าร้อยละ 35.6 ในขณะที่การใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์ สาขาบ้านอยู่อาศัย และสาขาอื่นๆ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 22.9 22.7 และ 1.1 ตามลำดับ (รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย กระทรวงพลังงาน, 2556) ซึ่งพลังงานไฟฟ้าเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นด้วยโรงงานไฟฟ้าพลังความร้อน โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิวเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากสถิติการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2555 พบว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อจำแนกตามประเภทการใช้เชื้อเพลิง มีสัดส่วนของการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้มากถึงร้อยละ 63.8 รองลงมาคือ ถ่านหินและลิกไนต์ร้อยละ 27.7 น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลร้อยละ1.6 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556) ทั้งนี้ ประเทศไทยเองเป็นประเทศที่ขาดศักยภาพในการผลิตก๊าซธรรมชาติ จึงเป็นสาเหตุให้จำเป็นต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากต่างประเทศ ส่งผลให้ประเทศไทยต้องแบกรับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางพลังงานและความเสี่ยงทางด้านราคาของก๊าซธรรมชาติที่ผันผวนตามราคาน้ำมันของตลาดโลกอย่างต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 1 ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในปีพ.ศ. 2555

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2556

จากการที่ประเทศไทยต้องแบกรับภาระความเสี่ยงดังกล่าว รัฐบาลจึงได้มีนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนสาหรับการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานหมุนเวียนที่สามารถหาได้จากภายในประเทศและสามารถพัฒนาให้เป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยได้ในอนาคต รัฐบาลจึงมอบหมายให้กระทรวงพลังงานดำเนินการจัดทำ "แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน10 ปี หรือ Alternative Energy Development Plan : AEDP (2012-2021)" พ.ศ. 2555 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศภายในปีพ.ศ. 2564 ซึ่งกระทรวงพลังงานได้ส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนมาเป็นพลังงานหลักในการผลิตไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น เนื่องจากประเทศไทยมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยถึง 18.2 เมะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งถือว่ามีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง โดยกระทรวงพลังงานจึงดำเนินมาตรการที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจให้กับภาคเอกชน ธุรกิจ และครัวเรือน ให้มีส่วนร่วมในการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ในราคาพิเศษตามระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานว่าด้วยโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) พ.ศ. 2556 เป็นระยะเวลา 25 ปี (โครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ) กล่าวคือ มีการกำหนดอัตรารับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้ตามราคาที่มีการรับประกันไว้ หรือ Feed in Tariff (FIT)[1] สำหรับอาคารประเภทบ้านอยู่อาศัย และอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงาน โดยมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 200 เมกะวัตต์ จำแนกเป็น กลุ่มบ้านอยู่อาศัยจำนวน 100 เมกะวัตต์ และกลุ่มอาคารธุรกิจ/โรงงาน จำนวน 100 เมกะวัตต์ โดยการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย[2]จะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณการรับซื้อไฟฟ้าที่กำลังการผลิตติดตั้งรวมและราคารับซื้อ ดังแสดงในตารางที่ 1

[1] กลไกราคาแบบ FIT จะรับประกันราคาที่แน่นอนตลอดอายุการสนับสนุนให้แก่ผู้ผลิตที่สามารถจำหน่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบ (Grid Utility) ได้

[2] การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หมายถึง การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

ตารางที่ 1 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง ราคารับซื้อไฟฟ้าและปริมาณกำลังการผลิตติดตั้งรวม

ประเภทอาคาร	ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์)	ราคารับซื้อไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ปริมาณกำลังการผลิตติดตั้งรวม (เมกะวัตต์)
กลุ่มบ้านอยู่อาศัย	0-10	6.96	100
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดเล็ก	มากกว่า 10 ถึง 250	6.55	100
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดใหญ่	มากกว่า 250 ถึง 1,000	6.16	

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาพ.ศ. 2556

นับตั้งแต่พ.ศ. 2556 จนถึงปัจจุบันมีครัวเรียน/ประชาชนให้ความสนใจและสมัครเข้าร่วมโครงการการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีเป้าประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และภาพรวมของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษามาตรการที่จะส่งเสริมให้ประชาชนสนใจ และหันมาใช้พลังงานงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติของรัฐบาล

1.2 วัถตุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

2. เพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของรัฐบาลเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

3. เพื่อศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา และผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาดังต่อไปนี้

การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาและภาพรวมของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ผู้วิจัยอาศัยข้อมูลจากครัวเรือนผู้ติดตั้งทั้งหมดในปัจจุบัน จำนวน 3,100 คน เพื่อพิจารณาว่าโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ดังกล่าวมีความคุ้มค่าแก่ครัวเรือนและรัฐบาลหรือไม่ ผู้วิจัยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ในการประเมินผล โดยจำแนกการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็น 3 กรณีตามขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง เพื่อแสดงผลค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิในขนาดกำลังการผลิตต่างๆ พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis) ในการเปลี่ยนแปลงราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละจังหวัดที่มีการรวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นอกจากนี้ ยังทำการศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายที่รัฐบาลสามารถเข้ามาปรับเปลี่ยนเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ พร้อมทั้งอภิปรายอย่างสังเขปถึงการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถระบุความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับผู้ติดตั้งแต่ละขนาดกำลังการผลิตซึ่งอยู่บนพื้นฐานราคาซื้อคืนพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม

2) เป็นตัวอย่างการดำเนินนโยบายสนับสนุนโครงการการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาตามมุมมองเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

การให้นิยามศัพท์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อ้างอิงจากระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานว่าด้วยการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาพ.ศ. 2556

1. การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หมายถึง การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

2. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) หมายถึง การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเทคโนโลยีแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) ที่ติดตั้งบนหลังคา ดาดฟ้าหรือส่วนหนึ่งส่วนใดบนอาคาร

3. อาคาร หมายถึง อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร ซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือใช้สอยได้แต่ไม่รวมถึงกำแพง รั้ว ป้าย หรือ สิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย หรือพื้นที่จอดรถกลับรถ หรือทางเข้าออกของรถสำหรับอาคาร หรือสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นทำนองเดียวกัน

4. บ้านอยู่อาศัย หมายถึง อาคารของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

5. อาคารธุรกิจหรือโรงงาน หมายถึง อาคารของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก หรือประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง หรือประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ หรือประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่างตามประกาศอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

6. สัญญาซื้อขายไฟฟ้า หมายถึง ความตกลงเป็นลายลักษณ์อักษรระหว่างผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

7. อัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed in Tariff หรือ FiT หมายถึง อัตราการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) ตามนโยบายของรัฐบาลที่ประกาศ

8. ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง หมายถึง ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดรวมของแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test condition) ที่มีวงจรเดียวกันและจุดรับซื้อไฟฟ้าเดียวกันตามที่กำหนดในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

9. เมกะวัตต์ (MWp) หมายถึง เมกะวัตต์สูงสุดของแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test condition)

10. กิโลวัตต์ (kWp) หมายถึง กิโลวัตต์สูงสุดของแผงโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Panel) ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard Test condition)

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) แนวคิดและทฤษฎีการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย องค์ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยและการประเมินมูลค่าการลงทุนโดยใช้หลักการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และ 2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์

2.1.1 องค์ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551) ได้สรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน มาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และเมื่อทันทีที่แสงอาทิตย์ตกกระทบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ รังสีของแสงอาทิตย์ที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตรอน จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอมและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

เซลล์แสงอาทิตย์มีต้นกำเนิดในช่วงปีค.ศ.1950 ที่ Bell Telephone Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในโครงการอวกาศ ต่อมาในช่วงปีค.ศ.1970 ประเทศเยอรมัน ญี่ปุ่นและในหลายๆ รัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับใช้ในครัวเรือนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง และขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

ปัจจุบันเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดต้นทุนด้านวัสดุของเซลล์แสงอาทิตย์และเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น การแบ่งประเภทเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นคือ ซิลิคอน โดยประเภท

ของซิลิคอนที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จะแบ่งตามลักษณะของเนื้อผลึก ซึ่งเราสามารถแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย ได้แก่
    I. ผลึกเดี่ยว (Mono-Crystalline silicon)
    II. ผลึกรวม (Multi-Crystalline silicon) และ
2) เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งตามชนิดของซิลิคอน

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	ประสิทธิภาพ (ณ สภาวะทดสอบมาตรฐาน)
ผลึกเดี่ยว (Mono-Crystalline silicon	16-22%
ผลึกรวม (Multi-Crystalline silicon	14-18%
ฟิล์มบาง (Thin Film)	4-8%

ที่มา: European Photovoltaic Industry Association, 2011

ทั้งนี้ ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดนั้นยังขึ้นอยู่กับทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกหรือคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์เองด้วย เช่น อุณหภูมิ และความเข้มของรังสีอาทิตย์ เป็นต้น โดยประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กล่าวคือ สภาวะที่อุณหภูมิสูงกว่าสภาวะทดสอบมาตรฐาน จะทำให้ระยะห่างของแถบพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเป็นผลให้แรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าลดลง มีผลให้กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จะลดลง นอกจากนี้ ในวันที่ท้องฟ้ามืด มีเมฆมากหรือการบดบังแสงอาทิตย์เนื่องจากเงาต้นไม้ จะส่งผลให้ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่จะตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าน้อย จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จะลดลงเช่นกัน

2.1.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551) ได้สรุประบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ออกได้เป็น 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักและไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับแสงอาทิตย์จึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวัน และกลางคืน ซึ่งอุปกรณ์ระบบที่สำคัญจะประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand Alone เป็นต้น

2) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid Connected System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย เป็นต้น

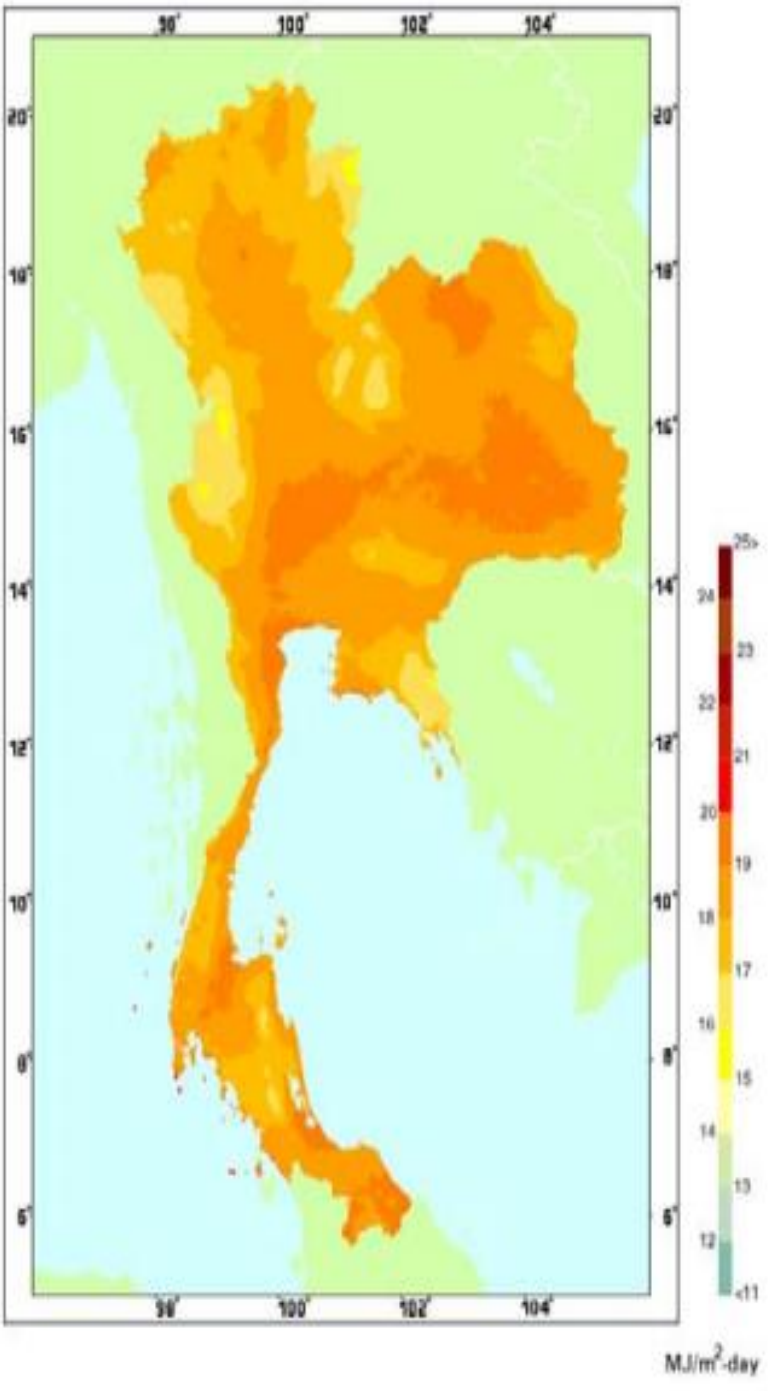
3) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อผสมผสาน (PV Hybrid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบแสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้า

พลังงานน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการเป็นกรณีเฉพาะ

2.1.3 ปริมาณรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

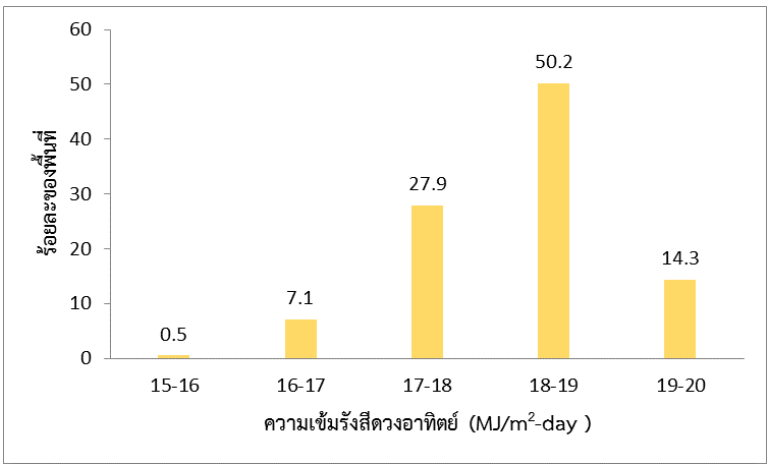
ในปีพ.ศ. 2542 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และมหาวิทยาลัยศิลปากร ทำการศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูล และเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำเสนอในรูปแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ดังภาพที่ 2 ที่แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงแผ่เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งบางส่วนของภาคกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ที่มา: เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กระทรวงพลังงาน 2551

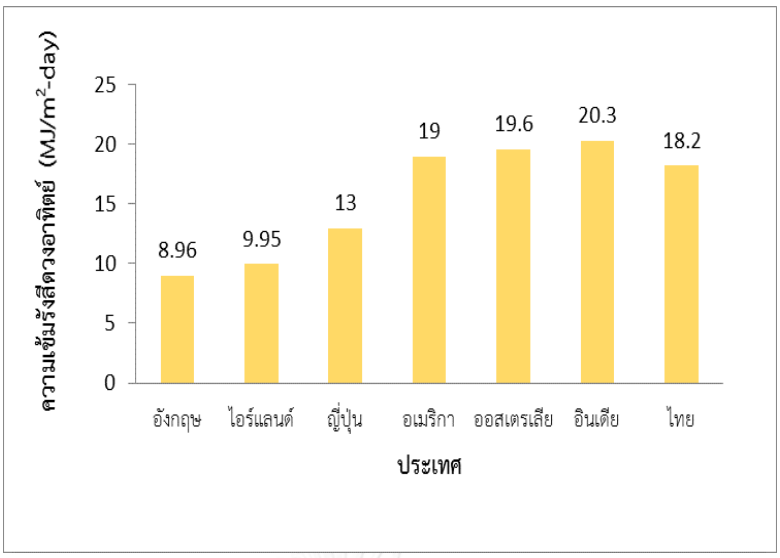


ภาพที่ 3 พื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่างๆ

ที่มา: เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กระทรวงพลังงาน, 2551

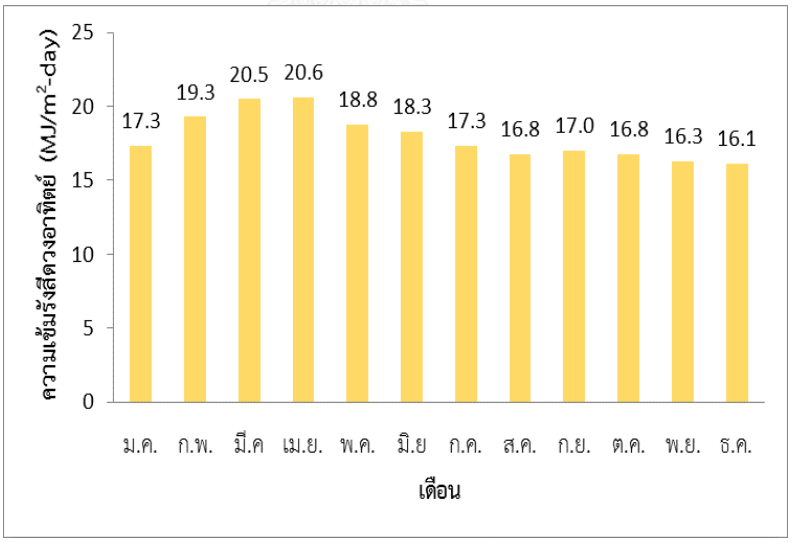
เมื่อพิจารณาค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า ร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ในประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูง กล่าวคือ ได้รับรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 19-20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมดจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง 18-19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน มีเพียงพื้นที่ร้อยละ 0.5 ของพื้นที่ทั้งหมดที่มีศักยภาพพลังงานค่อนข้างต่ำในช่วง 15 -16 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ดังนั้น เมื่อทำการเฉลี่ยค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศไทยจากทุกพื้นที่เป็นค่าเฉลี่ยรายวันต่อปีจะได้เท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และหากทำการเปรียบกับข้อมูลจากประเทศอื่นๆ พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงดังแสดงในภาพที่ 4

นอกจากนี้ ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนดังแสดงในภาพที่ 5 อยู่ในช่วงระหว่าง 16-21 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทยมีค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี เหมาะแก่การนำประโยชน์ของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของประเทศต่างๆ

ที่มา: เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กระทรวงพลังงาน, 2551



ภาพที่ 5 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน

ที่มา: เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กระทรวงพลังงาน, 2551

2.1.4 การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์

การศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ในโครงการของรัฐบาลต้องอาศัยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost Benefit Analysis, CBA) ซึ่งให้ความสำคัญกับมูลค่าของผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับสังคมโดยรวม ซึ่งมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์เรื่องกำไร ขาดทุนของเอกชนที่เน้นมูลค่าผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับผู้เป็นเจ้าของ อย่างไรก็ตาม ในสังคมหนึ่งๆ ประกอบด้วยบุคคลหลายคน การดำเนินนโยบายหนึ่งๆ ของรัฐบาลนั้นไม่สามารถทำให้คนทุกคนในสังคมพอใจได้ ประกอบกับแนวคิดในทางเศรษฐศาสตร์ที่จำเป็นต้องการมีการเปรียบเทียบความเป็นอยู่ของคนในสังคมว่ามีความอยู่ที่ดีขึ้นหรือเลวลงจากการดำเนินนโยบายของรัฐบาล ดังนั้น การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากโครงการของรัฐบาล จึงเป็นการรวบรวมผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากโครงการแล้วนำมาหักลบกับผลรวมของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากโครงการต่อคนในสังคม โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{n}(B_i - C_i) > 0 \qquad (2.1)$$

โดยที่

B_i หมายถึง ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นของคนที่ i

C_i หมายถึง ต้นทุนที่เกิดขึ้นของคนที่ i

i หมายถึง คนในสังคม

n หมายถึง จำนวนคนที่อยู่ในสังคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยหากผลประโยชน์สุทธิของสังคม (B_i - C_i) มีค่ามากกว่าศูนย์ หมายความว่า การดำเนินโครงการของรัฐบาลนั้นได้สะท้อนความต้องการของคนในสังคมแล้ว อย่างไรก็ตามสมาการที่ (2.1) ไม่ได้สะท้อนความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของคนทุกคนในสังคม มีกลุ่มคนบางกลุ่มในสังคมไม่ได้รับผลประโยชน์จาการดำเนินโครงการ ทั้งนี้รัฐบาลสามารถเข้ามาชดเชยให้กับกลุ่มบุคคลที่ไม่ได้รับผลประโยชน์นี้จนได้รับความพึงพอใจได้ กล่าวคือ การดำเนินโครงการนั้นๆ ทำให้คนบางกลุ่มในสังคมดีขึ้นโดยที่อีกกลุ่มหนึ่งไม่แย่ลง

อนึ่ง การดำเนินโครงการหนึ่งๆของรัฐบาลอาจใช้ระยะเวลานาน โดยสมการที่ (2.1) ยังไม่ได้นำเรื่องของระยะเวลาในการดำเนินโครงการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในช่วงเวลาหนึ่งย่อมมีค่าแตกต่างจากการวิเคราะห์โครงการในอีกช่วงเวลาหนึ่ง (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี,2539) ดังนั้น จึงต้องมีการนำมิติของเวลาเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและ

ผลประโยชน์ของโครงการผ่านอัตราคิดลด (Discount Rate) ซึ่งอัตราคิดลด คือ อัตราที่นำมาใช้เพื่อปรับมูลค่าของเงินทั้งในรูปของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ในแต่ละช่วงเวลาให้อยู่มีมูลค่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันก่อนที่จะมีการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์โครงการ โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$PV = \frac{FV}{(1+d)^t} \tag{2.2}$$

โดยที่

FV หมายถึง มูลค่าในอนาคต

PV หมายถึง มูลค่าในปัจจุบัน

d หมายถึง อัตราคิดลด

t หมายถึง จำวนวนปี

การเลือกใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการตามแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ คือ การใช้ค่าเสียโอกาสของการใช้ปัจจัยทุน กล่าวคือ มูลค่าของผลตอบแทนของปัจจัยทุนที่เสียไปจากการเลือกทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้น ค่าเสียโอกาสของทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่เหมาะสมคือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากการให้กู้

เนื่องจาการวิเคราะห์ต้นุทนและผลประโยชน์ของโครงการ เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งผลจากการศึกษานี้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบการตัดสินใจว่าการลงทุนในโครงการจะคุ้มค่าหรือไม่นั้น ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน โดยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องมือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) (หฤทัย มีนะพันธ์, 2544) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่จ่ายออกไปในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนด โดยการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยจะต้องทราบข้อมูลกระแสเงินสดรับสุทธิรายปีและกระแสเงินสดจ่ายสุทธิรายปีตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^n} \quad (2.1)$$

โดยที่

NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิจากโครงการ

C_0 หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ (Initial Cost)

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่ t

C_t หมายถึง กระแสเงินสดจ่ายสุทธิของโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n

n หมายถึง อายุของโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

หลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการ คือ คำนวณมูลค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิแล้วมีค่ามากกว่าศูนย์ หมายถึง โครงการนั้นคุ้มค่าแก่การลงทุน หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ โครงการนั้นไม่สมควรลงทุน และหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ ผลจากลงทุนในโครงการนั้นให้ผลตอบแทนเท่าต้นทุนที่ลงทุน หรือ เท่าทุนนั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.5 การศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แนวคิดในการการประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ (1) ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ และ (2) อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.5.1 ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Energy Payback Time, EPBT) คือ การหาระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งๆ จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ามาชดเชยพลังงานไฟฟ้าที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ ได้ โดยระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถชดเชยพลังงานที่ใช้ไปในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้นั้นขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ และพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ สามารถผลิตได้จริง (NREL, 2004) ยกตัวอย่าง เช่น การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว 1 กิโลวัตต์ ใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในการผลิตเซลล์

แสงอาทิตย์เท่ากับ 3,500 เมกะจูลต่อตารางเมตร ณ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่กำหนดไว้ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวแผ่นนี้จะใช้เวลา 2 ปี ในการพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 3,500 เมกะจูลต่อตารางเมตร เป็นต้น โดยสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณดังสมการที่ (2.3)

$$EPBT = \frac{E_{input}}{E_{output}} \quad (2.3)$$

โดยที่

$EPBT$ หมายถึง ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นปี

E_{input} หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

E_{output} หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้จริง

2.1.5.2 อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ (Greenhouse Emission Rate, $GHG_{e\text{-}rate}$) สืบเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานสะอาด และไม่มีต้นทุนในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตได้ โดยอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ สามารถผลิตได้จริง และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิว (Wankanapon. P, 2012) โดยอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จะแสดงถึงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$GHG_{e-rate} = Real\ Capacity * Q_{GHG} \quad (2.4)$$

โดยที่

GHG_{e-rate} หมายถึง อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$Real\ Capacity$ หมายถึง กำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้จริง

Q_{GHG} หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg.CO_2/kWh)

2.2 วรรณกรรมปริทัศน์

งานวิจัยทางเศรษฐศาสตร์ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวกับการศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาที่ทำการประเมินผ่านเครื่องมือที่เรียกว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิและการประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องมือ Energy Payback Time และ Greenhouse-Gas Emission Rate ซึ่งมีการค้นคว้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกรณีศึกษาในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมกรณีโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยที่นำเสนอในบทนี้จะถูกนำไปใช้เป็นแนวทาง และเป็นแหล่งอ้างอิงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้อ้างอิงงานวิจัยของ Spertino, F. (2013) ที่วิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศอิตาลีและเยอรมันตามที่รัฐบาลของทั้ง 2 ประเทศ ประกาศการเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 20 ปี ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการนั้น Spertino, F. ให้ความสำคัญกับการใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เป็นอัตราคิดในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการในประเทศอิตาลีมีค่ามากกว่าศูนย์หรือมีความคุ้มค่าในการลงทุนเฉพาะในกำลังการผลิตติดตั้งขนาดใหญ่ ส่วนมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการในประเทศเยอรมันนีมีค่ามากกว่าศูนย์เฉพาะในกำลังการผลิตติดตั้งขนาดกลาง นอกจากนี้ มีงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาโดยใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันน่าสนใจ อาทิ งานวิจัยของ Orioli, A. (2013) ที่ใช้ค่าเสื่อมราคาและค่าบำรุงรักษาระบบที่ขึ้นอยู่กับความเอียงของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาทางตอนใต้ของประเทศอิตาลี และงานวิจัยของ Danchev, S. (2009) ที่การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศกรีซโดยกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นค่าคงที่ เป็นต้น

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์และอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การศึกษาระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดนั้น คือ การหาระยะเวลาในการคืนทุนทางพลังงานว่าเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งๆ จะใช้ระยะเวลากี่ปีในการผลิตไฟฟ้าในปริมาณเท่าเดิมที่เคยถูกนำมาใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ กล่าวคือ สถานที่ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ความเข้มของแสงอาทิตย์และเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ โดยงานวิจัยของ Fthenakis, V. (2011) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา 3 ชนิด ประกอบไปด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยว แบบผลึกรวม และแบบฟิล์มบาง โดยมีประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ร้อยละ 14 ร้อยละ 13.2 และร้อยละ 10.9 ตามลำดับ โดยทำการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากสถานที่ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ใช้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยของประเทศสหรัฐอเมริกาและค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บริเวณตะวันตกฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยพบว่า หากความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยของประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีค่าเท่ากับ 1,700 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ระยะคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยวมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.4 ปี แบบผลึกรวม 1.4 ปี และแบบฟิล์มบาง 0.6 ปี และหากใช้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บริเวณตะวันตกฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีค่าเท่ากับ 2,380 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ระยะคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์จะอยู่ที่ 1.0 ปี 1.0 ปี และ 0.4 ปี ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยของ Alsema, E. (2000) Jungbluth, N. (2007) และ Peng, J. (2013) กล่าวคือ ยิ่งความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงขึ้นมากเท่าใด ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ยิ่งน้อยลงเท่านั้น

การศึกษาอัตราการลกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจารการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้น คือ การหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เราสามารถลดได้จากการใช้แสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ ในการผลิตไฟฟ้า เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิว ที่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะปล่อยก๊าซเรือนกกระจกออกมาซึ่งก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ทั้งนี้ แม้ว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนจะประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Nieuwlaar. E, 1997) โดยงายวิจัยของ Wankanapon, P. (2012) ที่ศึกษาประโยชน์ของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 กิโลวัตต์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.39 เมกะวัตต์ต่อปี โดยมีอายุการใช้งานเท่ากับ 25 ปี สามารถลดการ

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 19.42 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งหากนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับทุกอาคารของโครงการบ้านเอื้ออาทรที่ทำการศึกษา จะสามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 96,293.35 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เกิดขึ้นหลังจากการสำรวจแหล่งถ่านหินลิกไนต์ในประเทศไทยในปีพ.ศ. 2515 เนื่องจากแหล่งแม่เมาะอุดมไปด้วยเชื้อเพลิงลิกไนต์จำนวนมหาศาล ซึ่งสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมั่นคงและมีต้นทุนกการผลิตที่ต่ำกว่าการนำเข้าเชื้อเพลิงเช่น ก๊าซธรรมชาติ จากต่างประเทศ รัฐบาลจึงอนุมัติโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ต่อมาเมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้นการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ก่อสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จนถึงปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 15,450 ล้าน หน่วยต่อปี (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558)

เนื่องจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ทำให้เกิดฝุ่นควันจากการเผาไม้ของถ่านหิน การปล่อยควันที่การปดเปื้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มลวภาวะทางกลิ่นและเสียง อีกทั้งมลภาวะทางน้ำที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งนับว่าสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนอย่างมาก เช่น การปล่อยควันที่การปดเปื้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกระบวนการผลิต ซึ่งมีผลต่อการเจริฐเติบโตของพืช เนื่องจากการสารคลอโรฟีลล์ในพืชถูกทำลาย และยังเป็นอันตรายมนุษย์หากนำพืชชนิดนั้นๆ ไปรับประทาน อีกทั้ง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศจะก่อให้เกิดฝนกรด ซึ่งฝนกรดจะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างที่เป็นคอนกรีต ทำให้เกิดการผุกร่อนได้ง่าย อีกทั้ง หากมนุษย์ได้สูดดมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจ (ปิยะดา วชิระวงศกร, 2551) เป็นต้น โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเคยจ่ายค่าชดเชยการอพยพของประชาชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ในช่วงปีพ.ศ. 2521-2549 มากถึง 1,679 ล้านบาท (วรัทย์ ศรีพิพัฒนกุล, 2556)

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังมีการเรียกร้องค่าชดเชยในการรักษาพยาบาลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เนื่องจากการดำเนินการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ที่ยังสร้างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะอยู่ ซึ่งจากการตรวจเอกสารข้างต้นทำให้พบว่า การใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นอกจากจะช่วยให้ประเทศไทยประหยัดต้นทุนในการนำเข้าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเช่น ก๊าซธรรมชาติ แล้ว การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็น

เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้ายังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาทางสุขภาพต่อครัวเรือนอีกด้วย

โดยสรุปแล้วภาพรวมงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาและการประเมินผลประโยชน์ที่ได้การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ให้มุมมองที่หลากหลายต่อการเลือกใช้ตัวแปรเพื่ออธิบายความคุ้มค่าของการลงทุนในประเทศต่างๆ อย่างไรก็ตามตัวแปรที่จะเลือกใช้สาหรับการศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงในบทถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคามีระเบียบวิธีวิจัยแบบผสม กล่าวคือ เป็นวิธีการที่ใช้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมาใช้ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ การสำรวจเอกสาร การรวบรวมข้อมูล จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย หนังสือตำรา บทความและเอกสารที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์และคำนวณในการหาคำตอบที่ชัดเจนที่สุดในประเด็นของคำถามวิจัย โดยวิธีดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บรวมรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลทุตยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามแบบจำลองทางการเงิน เพื่อทำการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 2) ข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์ตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ดังแสดงในตารางที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามแบบจำลองทางการเงิน

ข้อมูลที่นำมาใช้	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่เข้าร่วมโครงการ**รับ**ซื้อไฟฟ้าฯ	ประกาศของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย
2.กำลังการผลิตระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาที่เข้าร่วมโครงการ**รับ**ซื้อไฟฟ้าฯ	ประกาศของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย
3.ค่าความเข้มแสงอาทิตย์รายเดือนในแต่ละจังหวัดระหว่างปีพ.ศ.2536-2541	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
4.อุณหภูมิเฉลี่ย (°c) รายเดือนในปีพ.ศ.2555	ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา
5.ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์	งานวิจัยของ (Fthenakis, 2011)
6.ข้อมูลราคาและขนาดของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า	บริษัทผู้ประกอบ และจำหน่ายอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย
7.ข้อมูลดัชนีราคาผู้บริโภคพื้นฐานตั้งแต่พ.ศ.2538-2556	กระทรวงพาณิชย์
8.อัตราดอกเบี้ยเงินกู้พ.ศ.2555	ธนาคารแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลที่นำมาใช้	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด	งานวิจัยของ (Peng J., 2013)
2.รังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งประเทศ	องค์การนาซ่า (NASA, 2008)
3.ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์	งานวิจัยของ (Fthenakis, 2011)
4.อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์	งานวิจัยของ (Fthenakis, 2011)
5.ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานไฟฟ้า	งานวิจัยของ (Fthenakis, 2011)
6.กำลังการผลิตไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จริง	ผลการศึกษาจากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
7.ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีพ.ศ. 2555	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แบ่งรูปแบบการวิเคราะห์ออกป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน

การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน เพื่อทำการประเมินมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดส่วนทุนในอนาคตตลอดอายุโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยอ้างอิงการศึกษาของ Spertino, F. (2013) เรื่องการวิเคราะห์การลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา โดยกระแสเงินสดของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ จะประกอบไปด้วยกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ซึ่งมีรายละเอียดได้ดังนี้

กระแสเงินสดรับ ประกอบด้วย รายได้จากการขายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบในแต่ละปีที่ครัวเรือนจะได้รับซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลคูณของราคารับซื้อต่อหน่วย โดยที่โครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT นั้น กำหนดให้มีราคารับซื้อคงที่ตลอดอายุสัญญาฯ 25 ปี กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละปี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตติดตั้งของครัวเรือน ความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ และประสิทธิของอินเวอร์เตอร์

กระแสเงินสดจ่าย ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ (Construction Cost) และเป็นต้นทุนผันแปรด้านค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ อุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาซึ่งจะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กำลังการผลิตติดตั้งของแต่ละครัวเรือน ดังแสดงภาคผนวก ก

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังทำการขยายกรอบการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติมในเรื่องของความไม่แน่นอน กล่าวคือ อายุโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ 25 ปี เราไม่สามารถคาดการณ์อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงได้อย่างถูกต้อง จึงมีการอาศัยแบบจำลองการทำนายอัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงตลอด 25 ปี

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม เพื่อทำการประเมินผลระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานและอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนติดตั้งในการผลิตไฟฟ้าเพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยอ้างอิงการศึกษาของ Peng, J. (2013) เรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบโฟโตเวลเทอิก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อตารางเมตร รังสีแสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพของของเซลล์แสงอาทิตย์

การคำนวณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย กำลังการผลิตจริงที่ได้จากกำลังการผลิตติดตั้งของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในปี 2555 มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์คาร์บอนไดออกไซด์ ($kg.CO_2/kWh$)[3]

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน

การศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) และ การวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis) โดยมีสมมติฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้ครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ทุกครัวเรือนเป็นผู้มีเหตุผล (Rational People) เพื่อกำหนดกรอบการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ให้เหมือนกันทุกครัวเรือน กล่าวคือ เป็นการลงทุนที่จะใช้เงินลงทุนต่ำที่สุด

2) ความเข้มของแสงอาทิตย์

ความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีผลโดยตรงต่อการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หากความเข้มแสงน้อยจะผลิตไฟฟ้าได้น้อย หากความเข้มแสงมากจะผลิตไฟฟ้าได้มาก แต่หากความเข้มแสงมากเกินไปจะทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าลงน้อยลง ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถตอบสนองความเข้มแสงได้แตกต่างกันตามที่ตั้งภูมิศาตร์ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ความเข้มของแสงอาทิตย์ของในแต่ละวันมีค่าคางที่ เพื่อให้เกิดความง่ายในการคำนวณ

---

[3] $kg.CO_2/kWh$ หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหนึ่งหน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้ากิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน มีรายละเอียดดังนี้

1. มูลค่าปัจจบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิใช้หลักการกำไรและขาดทุน โดยเปรียบเทียบขนาดของผลต่างระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนผู้เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นระยะแวลา 25 ปี โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=0}^{25} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (3.1)$$

โดยที่

NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

C_0 หมายถึงเงินทุนของการลงทุนติดตั้งระบบที่เป็นต้นทุนคงที่

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในปีที่ 0,1,2,3,...,25

C_t หมายถึง กระแสเงินสดจ่ายของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในปีที่ 0,1,2,3,...,25

r หมายถึง อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง

t หมายถึง ปีของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยที่ t = 0,1,2,3,...,25 โดย t=0 เป็นปีฐานของการศึกษา คือ พ.ศ.2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยอัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงที่ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ผู้วิจัยอาศัยแบบจำลอง Univariate Autoregressive model (AR) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างเปลี่ยนแปลงของระดับราคาและอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ในปีพ.ศ. 2555 จากธนาคารแห่งประเทศไทย ดังสมการที่ (3.2) เพื่อทำนายอัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงในอนาคตตลอดระยะของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

สมการ AR $$r_t = \mu + \rho r_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

โดยที่

r_t หมายถึง อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริงในอนาคต

μ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเงินเฟ้อ และ

ε_t หมายถึง Disturbance term

อนึ่ง ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลครัวเรือนที่ลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาแล้วเป็นประชากรทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 3,100 คน จำแนกการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็น 3 กรณี ตามขนาดกำลังการผลิตที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายกำหนด (ดังแสดงในตารางที่ 1) ทั้งนี้ ผู้วิจัยตั้งข้อสมมติให้ทุกครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นผู้มีเหตุผล ดังนั้น ทุกครัวเรือนจะเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย และอุปกรณ์อื่นๆ ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำให้ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำที่สุด โดยคุณสมบัติของอุปกรณ์ทุกชิ้นของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้องเป็นไปตามประกาศข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556)

ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนสามารถเลือกมาติดตั้งเพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ สามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 2 ประเภท ได้แก่

1) เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย ได้แก่
    i. ผลึกเดี่ยว (Mono-Crystalline silicon)
    ii. ผลึกรวม (Multi-Crystalline silicon) และ
2) เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film)

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดมีกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เท่ากัน โดยเมื่อครัวเรือนเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วจะไม่สามารถเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นมาติดตั้งร่วมกันได้ นอกจากนี้ ครัวเรือนต้องเลือกติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายที่มีกำลังการผลิตสูงกว่ากำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนติดตั้ง เนื่องจากอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในโครงสร้างการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าสลับเพื่อส่งผ่านไฟฟ้าเข้าระบบ หากอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายมีกำลังการผลิตต่ำกว่ากำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่สามารถแปลงกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบได้

จากข้อสมมติที่ผู้วิจัยกำหนดให้ทุกครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นผู้มีเหตุผลส่งผลให้การเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่จะมาติดตั้งตามกำลังการผลิตที่ได้ลงทะเบียนไว้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายโดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$x = \arg\min_{x} f^T x \; such \; that \; Ax \geq b \;\; \forall x \geq 0, x \; \epsilon \; (\mathbb{Z}^+)^n \quad (3.3)$$

เมื่อ $(\mathbb{Z}^+)^n$ คือ จำนวนจริงเต็มบวก

โดยที่

f หมายถึง เวกตอร์ของราคาต่อหน่วยของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท

x หมายถึง เวกเตอร์ของจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภทที่ครัวเรือนติดตั้ง (ขนาด n)

A หมายถึง เมทริกซ์ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท และ

b หมายถึง เวกเตอร์ของกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนที่ติดตั้งแล้วได้ตามประกาศฝ่ายจำหน่าย

ขณะที่การเลือกติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายของครัวเรือนที่มีกำลังการผลิตสูงกว่ากำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนติดตั้งสามารถแสดงได้ตามสมการดังนี้

$$y = \arg\min_{y} g^T y \; such \; that \; ky \geq Ax \geq b \;\; \forall y \geq 0, \forall x \geq 0, x, y \; \epsilon \; (\mathbb{Z}^+)^n \quad (3.4)$$

เมื่อ $(\mathbb{Z}^+)^n$ คือ จำนวนจริงเต็มบวก

โดยที่

g หมายถึง เวกตอร์ของราคาต่อหน่วยของอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

y หมายถึง เวกเตอร์ของจำนวนอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

k หมายถึง เวกเตอร์ของกำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย

เมื่อครัวเรือนได้เลือกเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายที่ทำให้ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำที่สุดแล้ว ผู้วิจัยจึงสามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ดังสมการที่ (3.1) ทั้งนี้ จากที่กล่าวข้างต้นถึงการคำนวณกระแสเงินสดตามสมการที่ (3.1) ประกอบไปด้วยกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.5) และ (3.6) ดังนี้

$$B_t - C_t = \left(E_{i,ac} * P_{PV}\right) - C_M \quad (3.5)$$

$$E_{i,ac} = CAP_i * RAD_i * \varepsilon_i * INV_i \quad (3.6)$$

โดยที่

$E_{i,ac}$ หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง

P_{PV} หมายถึงอัตรารับซื้อไฟฟ้าในแต่ละขนาดที่กำลังการผลิต

C_M หมายถึง ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

CAP_i หมายถึง กำลังการผลิตที่ครัวเรือนติดตั้ง

RAD_i หมายถึง ความเข้มของแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ε_i หมายถึง อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

INV_i หมายถึง ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

ทั้งนี้ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโครงสร้างการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าสลับเพื่อส่งผ่านไฟฟ้าเข้าระบบ ซึ่งโดยปกติแล้วอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายจะพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในตัวอุปกรณ์เมื่อเวลาแปลงกระแสไฟฟ้า รวมถึงการสูญเสียพลังงานในภาวะอื่นๆด้วย ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายลดลงเหลือร้อยละ 75 (Fthenakis, 2011)

นอกจากนี้ อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีผลต่อการลดลงของแรงดันไฟฟ้าและส่งผลต่ออัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยปกติเซลล์แสงอาทิตย์จะกำหนดมาตราฐานการทดสอบไว้ที่อุณหภูมิ 25°c ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการผลิตจริงในแต่ละพื้นที่ ผู้วิจัยกำหนดให้อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ (ε_i) มีค่าเท่ากับอุณหภูมิห้อง เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์สูงเกินกว่า 25°c มีผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเหลือร้อยละ 80 (Fthenakis, 2011) ดังสมการที่ (3.7)

$$\varepsilon_i = \begin{cases} 1 & ;\text{TEM}_i \leq 25°\text{c} \\ 0.8 & ;\text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.7)$$

ส่วนการคำนวณกระแสเงินสดจ่ายที่ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบและเป็นต้นทุนผันแปรด้านค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ อุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปสำหรับแต่ละกำลังการผลิตติดตั้งของครัวเรือน (แสดงรายละอียดดังในภาคผนวก) โดยค่าอุปกรณ์อื่นๆ เช่น โครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดสายดินและท่อร้อยสาย ชุดสายไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมท่อร้อยสายไฟและเบรคเกอร์ ชุดสายไฟฟ้ากระแสสลับพร้อมท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คิดค่าใช้จ่ายค่าอุปกรณ์ข้างต้น 30 บาทต่อกิโลวัตต์ นอกจากนี้ ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คิดค่าดำเนินการติดตั้งและค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 2 และร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย และเครื่องหน่วยวัดไฟฟ้าตามลำดับ (ชาญชัย ลิมปิยากร, 2554)

เกณฑ์ในการตัดสินใจจากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ด้วยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ หากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าศูนย์ หมายถึงกระแสเงินสดรับมีค่ามากกว่ากระแสเงินสดจ่ายของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ แสดงว่าเกิดความคุ้มค่าในการเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในทางตรงกันข้ามหากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ หมายถึงกระแสเงินสดรับมีค่าน้อยกว่ากระแสเงินสดจ่ายของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ แสดงว่าไม่เกิดความคุ้มค่าในการเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าครัวเรือนมีความคุ้มค่าในการเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เท่ากับทุนนั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ค่าความไว เป็นเครื่องมือที่แสดงกรณีมีการเปลี่ยนแปลงในบางตัวแปรหรือข้อสมมติบางประการที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความไวในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ใช้ศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ แล้วจะมีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเปลี่ยนแปลงอย่างไร

โดยจากข้อมูลการพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ ตั้งแต่ปีค.ศ. 1975 ถึง 2010 (NREL, 2012) พบว่า เทคโนโลยีในการในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งปริมาณความต้องการเซลล์แสงอาทิตย์ในตลาดโลกในปีค.ศ. 2010 สูงถึง 17.4 จิกะวัตต์ สูงกว่าปริมาณความต้องการเซลล์แสงอาทิตย์ในปีค.ศ. 2009 ถึงร้อยละ 120 (Renewable energy world magazine, 2011) ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงร้อยละ 5 จาก

ราคาในปัจจุบัน โดยกำหนดให้สิ่งอื่นๆ คงที่ แล้วทำการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ หากมีการเปลี่ยนแปลงในไปมาก หมายความว่า ราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นต้นทุนที่มีผลความต่อการตัดสินใจลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมกรณีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละจังหวัดที่มีการรวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อหาว่าครัวเรือนในจังหวัดใดของประเทศไทยที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ให้ครัวเรือนในจังหวัดนั้นๆ

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม

การศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ (Energy Payback Time, EPBT) และ อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Rate, $GHG_{e\text{-}rate}$) โดยมีสมมติฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (Grid-connected PV System) คือ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย สายไฟ โครงสร้างของระบบและอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดให้อายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ 30 ปี

2) อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กำหนดให้อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแผงเซลล์แต่ละชนิดมีค่าเท่ากัน เผื่อความง่ายในการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แม้ว่าก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และสารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่เป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Peng J., 2013) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีนัยสำคัญในการประเมินครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะเวลาคืนทุน (Energy Payback Time, EPBT)

ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ การหาระยะเวลาในการคืนทุนทางพลังงานว่าเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งๆ จะใช้ระยะเวลากี่ปีในการผลิตไฟฟ้าในปริมาณเท่าเดิมที่เคยถูกนำมาใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด โดยผู้วิจัยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ของประเทศไทยเท่ากับ 1,700 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี (NASA, 2008) และเลือกใช้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อ้างอิงการศึกษาของ Peng, J. (2013) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวมีประสิทธิภาพร้อยละ 19 ชนิดผลึกรวมร้อยละ 15 และชนิดฟิล์มบางมีประสิทธิภาพร้อยละ 8 ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดที่ครัวเลือกติดตั้งในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$EPBT = \frac{E_{input}}{E_{output}} \tag{3.5}$$

โดยที่

$EPBT$ หมายถึง ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นปี

E_{input} หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

E_{output} หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถผลิตได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์คือ ระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งๆ จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าชดเชยพลังงานไฟฟ้าที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ ได้ภายในกี่ปี หากค่า EPBT มีค่าน้อย หมายถึงระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ามาชดเชยพลังงานไฟฟ้าที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้เร็ว และสามารถใช้ระยะเวลาที่เหลือของอายุเซลล์แสงอาทิตย์นั้นผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยไม่มีต้นทุนทางพลังงานได้นาน ในทางตรงกันข้ามหากค่า EPBT มีค่ามาก หมายถึงระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ามาชดเชยพลังงานไฟฟ้าที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ช้า และสามารถใช้ระยะเวลาที่เหลือของอายุเซลล์แสงอาทิตย์นั้นผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยไม่มีต้นทุนทางพลังงานได้ไม่นาน

2. อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission, $GHG_{e\text{-}rate}$)

ในการคำนวณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิด ที่ครัวเลือกติดตั้งเพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เพื่อประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ ผู้วิจัยกำหนดให้เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณที่เท่ากัน โดยผู้วิจัยใช้ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยในปีพ.ศ.2555 เท่ากับ 43.33 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือคิดเป็น 0.54 กิโลวัตต์คาร์บอนไดออกไซด์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2557) โดยสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$GHG_{e-rate} = Real\ Capacity * 0.54 \qquad (3.6)$$

โดยที่

GHG_{e-rate} หมายถึง อัตราการลดการปล่อยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$Real\ Capacity$ หมายถึง กำลังการผลิตที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จริง

โดยผลการศึกษาอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ จะแสดงถึงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอายุของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหนึ่งๆ เท่ากับ 30 ปี ดังนั้น ยิ่งกำลังการผลิตที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จริงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ครัวเรือนติดตั้งเพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ มีปริมาณมากเท่าใด จะยิ่งมีผลให้การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สร้างผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ ผู้วิจัยจะคำนวณหามูลค่าที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปตัวเงินเพื่อใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาผลประโยชน์ทางสังคมจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยอาศัยการเทียบเคียงราคาคาร์บอนเครดิต จากรายงานโครงการปรับปรุงนโยบายการส่งเริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน กระทรวงพลังงาน (2557) ที่พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ก๊าซธรรมชาติ มีต้นทุนคาร์บอนเครดิจที่สูงกว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้ามีต้นทุนคาร์บอนเครดิตเฉลี่ย 0.1679 บาทต่อกิโลวัตต์ ขณะที่พลังงานแสงอาทิตย์มีต้นทุนคาร์บอนเครดิตเฉลี่ยเพียง 0.0098 บาทต่อกิโลวัตต์ ดังนั้น มูลค่าที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปตัวเงินสามารถเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

มูลค่าที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = $GHG_{e-rate} * 0.0098$ (3.7)

จากแบบจำลองทางการเงินและแบบจำลองทางสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วัยได้นำค่าของตัวแปรต่างๆ มาคำนวณตามแบบจำลองข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ซึ่งผลของการศึกษาจะแสดงในส่วนของบทถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

ในบทนี้เป็นการแสดงผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ผลการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงรับซื้อไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พร้อมทั้งผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความไว และ 2) ผลการประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

การวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงรับซื้อไฟฟ้าฯ ระยะเวลา 25 ปี โดยผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กรณี ตามขนาดกำลังการผลิตที่ครัวเรือนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเครื่องมือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการวิเคราะห์ค่าความไว ทั้งนี้ จากการผลการศึกษาในเรื่องความไม่แน่นอนของอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งผู้วิจัยอาศัยการคาดการณ์อัตราดอกเบี้ยในอนาคต ทำให้อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณมีหลายกรณีต่อการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนเพียงหนึ่งคน ผู้วิจัยจึงเลือกนำเสนอผลการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิในรูปของค่าเฉลี่ยในแต่ละขนาดกำลังการผลิต ทั้งนี้ เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดให้อายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ 30 ปี ทำให้ครัวเรือนยังสามารถใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากหมดระยะเวลาการเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ 25 ปี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงรวมผลประโยชน์ของการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใน 5 ปีที่เหลือของอายุการใช้ของระบบผลิตไฟฟ้าในผลการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิด้วย โดยผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่ลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาทั้ง 3 กรณี มีค่าติดลบหรือไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนนั่นเอง โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนลงทุนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในกลุ่มอาคารธุรกิจขนาดกลาง-ใหญ่/โรงงานมีค่าเฉลี่ยความคุ้มค่าของการลงทุนในการเป็นลบสูงที่สุด กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อ

ไฟฟ้าฯ ในกลุ่มอาคารธุรกิจขนาดกลาง-ใหญ่/โรงงาน ทำให้ครัวเรือนขาดทุนมากที่สุด รองลงมา คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในกลุ่มอาคารธุรกิจขนาดเล็ก และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในกลุ่มบ้านอยู่อาศัย ส่งผลให้ภาพรวมค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนรวมกัน มีค่าเป็นลบเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาต้นทุนสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ดังแสดงในภาคผนวก ก พบว่าค่าใช้จ่ายการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ หรือ Construction Cost (C_0) สูงมาก เช่น มูลค่าของอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายที่สืบเนื่องจากข้อกำหนดทางไฟฟ้าที่ต้องติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายให้มีกำลังการผลิตสูงกว่ากำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้น หากสมมติให้ครัวเรือนติดตั้งกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 22 กิโลวัตต์ ทำให้ครัวเรือนต้องติดตั้งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายถึง 3 เครื่อง ซึ่งมีมูลค่าถึง 325,200 บาท โดยยังคงกำหนดให้ครัวเรือนเป็นผู้มีเหตุผล นอกจากนี้ ค่าเครื่องหน่วยวัดไฟฟ้า ที่สามารถซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายเท่านั้นมีมูลค่าสูงมาก หากครัวเรือนติดตั้งกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 22 กิโลวัตต์ ครัวเรือนจะต้องติดตั้งเครื่องหน่วยวัดไฟฟ้าที่มีมูลค่าถึง 100,000 บาทต่อเครื่อง เป็นต้น ซึ่งรัฐบาลอาจเข้ามาแก้ปัญหาต้นทุนคงที่ที่มูลค่ามากนี้ได้ด้วยการออกมาตรการให้ครัวเรือนใช้เครื่องหน่วยวัดไฟฟ้าเครื่องเดียวกัน สำหรับครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ที่อาศัยอยู่ใกล้กัน เป็นต้น เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ลง ซึ่งอาจจะทำให้ครัวเรือนหันมาสนใจเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯเพิ่มขึ้น

ตารางที่6 แสดงผลการศึกษาค่าความไวที่กำหนดให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดที่ครัวเรือนเลือกใช้ลดลงร้อยละ 5 จากราคาในปัจจุบัน โดยกำหนดให้สิ่งอื่นๆ คงที่ ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีความน่าสนใจเพิ่มขึ้น แต่ผลการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนยังคงติดลบอยู่ ซึ่งหากราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงมากกว่าร้อยละ 5 อาจส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่าศูนย์ ซึ่งจะทำให้ครัวเรือนมีความสนใจพลังงานแสงอาทิตย์และลงทุนติดตั้งเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5 ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง ราคารับซื้อไฟฟ้าและค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ประเภทอาคาร	กำลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์)	ราคารับซื้อไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)
กลุ่มบ้านอยู่อาศัย	0-10	6.96	-580,272.43
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดเล็ก	มากกว่า 10 ถึง 250	6.55	-11,647,709.59
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดใหญ่	มากกว่า 250 ถึง 1,000	6.16	-70,423,678.44
ภาพรวมของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ			-2,267,219.06

ที่มา: ผลการศึกษา

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิและการวิเคราะห์ค่าความไว

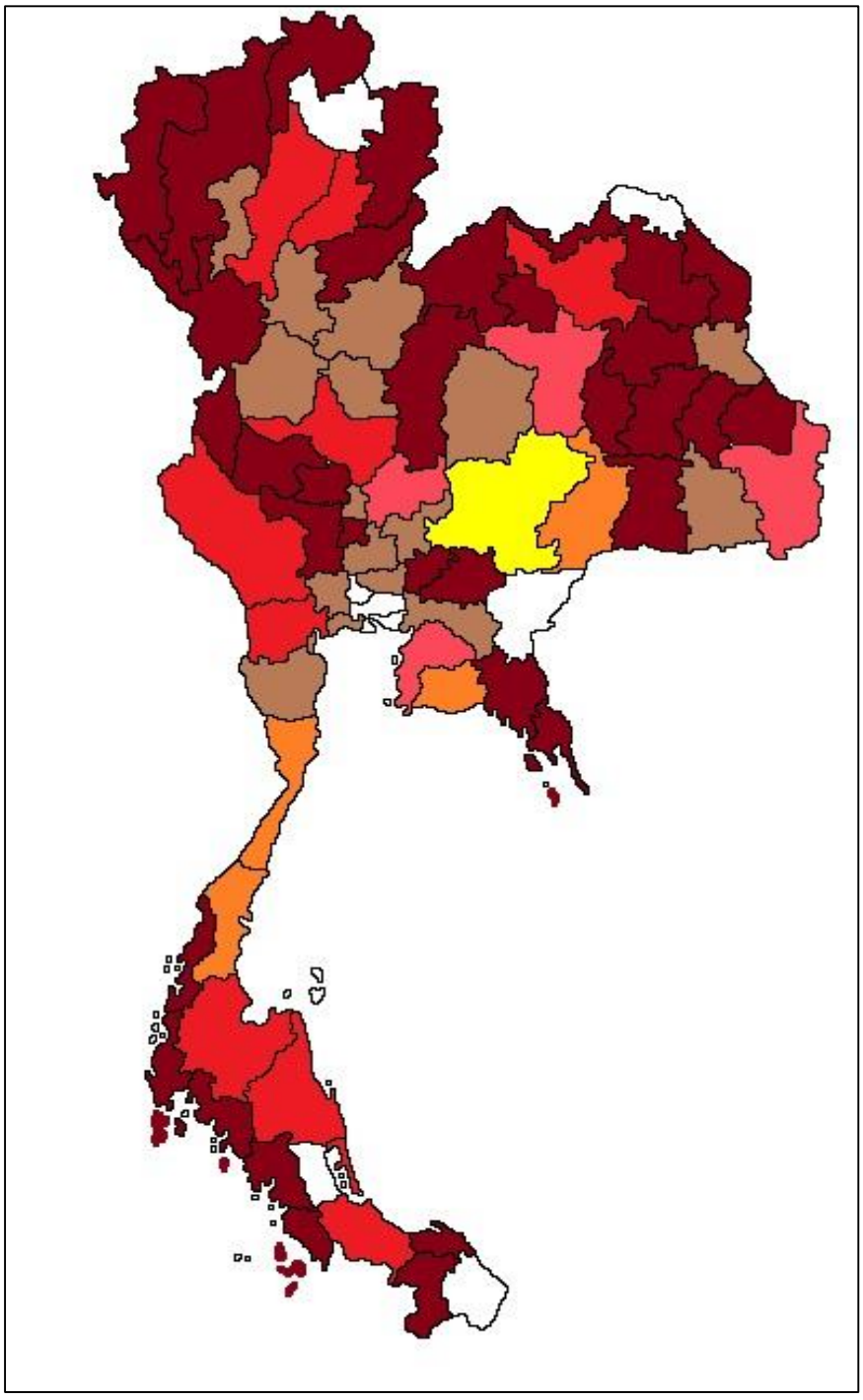
ประเภทอาคาร	ราคารับซื้อไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	ค่าเฉลี่ยมูลค่าปัจจุบันสุทธิกรณีการวิเคราะห์ค่าความไว (บาท)
กลุ่มบ้านอยู่อาศัย	6.96	-580,272.43	-182,986.19
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดเล็ก	6.55	-11,647,709.59	-4,077,265.11
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดใหญ่	6.16	-70,423,678.44	-24,447,181.80
ภาพรวมของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ		-2,267,219.06	-812,957.86

ที่มา: ผลการศึกษา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังทำการศึกษาเพิ่มเติมกรณีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละจังหวัดที่มีการรวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อหาว่าครัวเรือนในจังหวัดใดของประเทศไทยที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีเพียงจังหวัดนครราชสีมาเพียงจังหวัดเดียว (พื้นที่สีเหลือง) ที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่มีการรวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วมีค่ามากกว่าศูนย์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถแยกอัตราภาคชั้นของมูลค่าปัจจุบันสุทธิรายจังหวัดเนื่องจากกระแสเงินสดรับที่ใช้ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตติดตั้ง ความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิในแต่ละจังหวัด โดยจังหวัดลพบุรี ขอนแก่น อุบลราชธานี และชลบุรีเป็นเพียง 4 จังหวัด ที่อยู่ในช่วงที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบน้อยที่สุด (พื้นที่สีชมพู) ดังแสดงในภาพที่ 6

ดังนั้น หากในอนาคตข้างหน้าราคาของเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ลดลงอย่างเนื่องตามที่ได้มีการศึกษาของ (Renewable energy world magazine, 2011) อาจทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิในจังหวัดลพบุรี ขอนแก่น อุบลราชธานี และชลบุรีมีค่ามากกว่าศูนย์ ทำให้รัฐบาลสามารถส่งเสริมให้ประชาชน/ครัวเรือนในจังหวัดลพบุรี ขอนแก่น อุบลราชธานี และชลบุรีเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ได้มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละจังหวัดที่รวมมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก[4]

ที่มา: ผลการศึกษา

[4] บริเวณพื้นที่สีขาวคือ จังหวัดที่ไม่ได้มีการลงทะเบียนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคากับการไฟฟ้าผ่ายจำหน่าย ประกอบด้วยจังหวัดพะเยา บึงกาฬ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี สมุทรปราการ สระแก้ว พัทลุง และจังหวัดนราธิวาส

4.2 ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาผลประโยชน์ที่ได้จากการไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ทำการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ (Energy Payback Time, EPBT) และ อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Emission Rate) โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

การศึกษาเรื่องระยะเวลาคืนทุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด ผู้วิจัยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ของประเทศไทยเท่ากับ 1,700 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตรต่อปี และกำหนดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดโดยอ้างอิงการศึกษาของ Peng, J. (2013) ตามสมการที่ (3.5) พบว่า ระยะเวลาการชดเชยพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 1.2-1.8 ปี โดยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมใช้ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานสูงสุด 1.8 ปี และชนิดฟิล์มบางใช้ระยะเวลาคืนทุน 1.2 ปี ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นแล้วว่า ภายในระยะเวลา 30 ปี ของอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยปราศจากต้นทุนทางด้านเชื้อเพลิงและไร้มลภาวะทางสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า 28 ปี

ตารางที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์

	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม
รังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย ($kWh/m^2/yr.$)	1,700	1,700	1,700
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต (MJ_p/m^2)	1,355	4,600	3,555
ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานไฟฟ้า	0.35	0.35	0.35
ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์	0.8	0.19	0.15
ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	0.75	0.75	0.75
ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงาน (ปี)	1.2	1.8	1.8

ที่มา: ผลการศึกษา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากันได้เพื่อคำนวณหาอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ จากสมการที่ (3.6) พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 56,379.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ใน 1 ปี นี้ สามารถคำนวณเป็นมูลค่าตามสมการที่ (3.7) ได้ถึง 552,518.52 บาทต่อปี ทั้งนี้ ผลการศึกษาเรื่องมูลค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะถูกนำไปอภิปรายในบทที่ 6 ซึ่งเป็นการตอบวัตถุประสงค์เรื่องการศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
เครื่องมือในการดำเนินนโยบายเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคามีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ (1) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ (2) เพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และ (3) เพื่อศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยบทที่ 4 ได้แสดงผลการศึกษาตามวัถตุประสงค์ข้อที่ (1) ในส่วนของแบบจำลองทางการเงินผ่านเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิและการวิเคราะห์ค่าความไว ซึ่งพบว่า ทุกครัวเรือนไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ทั้งนี้ จากกรอบการศึกษาในวัถตุประสงค์ข้อที่ (1) พบว่า มี 2 ตัวแปร (Policy Instrument) ที่ใช้ในการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ที่รัฐบาลสามารถเข้ามาปรับเปลี่ยนเพื่อจูงใจให้ครัวเรือนหันมาสนใจและร่วมลงทุนระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ได้ นั้นคือ อัตรารับซื้อไฟฟ้า (Feed in Tariff, FiT) และ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ (Construction Cost, C_0)

อัตรารับซื้อไฟฟ้า คือ ราคาไฟฟ้าผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้รับในรูปแบบของอัตราคงที่ กล่าวคือ กลไกราคาแบบ FiT จะรับประกันราคาที่แน่นอนตลอดระยะเวลา 25 ปีให้แก่ผู้ผลิตที่สามารถจำหน่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ คือ ค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ในการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ซึ่งประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย โครงสร้างและอุปกรณ์ต่างๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงนำมาสู่คำตอบของวัตถุประสงค์ข้อที่ (2) คือ การศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยผู้วิจัยเลือกทำการศึกษาในการปรับเปลี่ยนตัวแปร 2 ตัวแปรที่รัฐสามารถเปลี่ยนแปลงได้ผ่านการดำเนินนโยบายเพื่อสร้างให้เกิดความคุ้มค่าสำหรับครัวเรือนในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ซึ่งส่วนแรกการตอบในวัตถุประสงค์ข้อที่ (2) ผู้วิจัยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับอัตรารับซื้อไฟฟ้า เพื่อหาระดับราคาที่จะทำให้ครัวเรือนทุกคนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เกิดความคุ้มทุนค่าในการลงทุน (Optimal FiT Price) กล่าวคือ ครัวเรือนทุกครัวเรือนอย่างน้อยไม่ขาดทุนหรือเริ่มมีกำไรจากโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ (NPV มีมูลค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์) ในส่วน

สุดท้ายของวัตถุประสงค์ข้อที่ (2) ผู้วิจัยจะทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดนอาศัยอภิปรายตามกรณีศึกษาของประเทศต่างๆ ที่ประสบความสำเร็จในการสร้างแรงจูงใจและความมีส่วนร่วมของประชาชน/ครัวเรือนให้เข้ามาร่วมลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมโครงการรับไฟฟ้าฯ

5.1 Optimal FiT Price

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับอัตรารับซื้อไฟฟ้า เพื่อหาระดับอัตรารับซื้อไฟฟ้าที่จะทำให้ครัวเรือนทุกคนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เกิดความคุ้มทุนค่าในการลงทุน (Optimal FiT Price) โดยผ่านเครื่องมือการหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของฟังก์ชันแบบกริด (Grid Search)

ผู้วิจัยนิยามการเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในครั้งนี้ คือ ครัวเรือนทุกคนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ นั้นอย่างน้อยไม่ขาดทุนหรือเริ่มมีกำไรจากโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละครัวเรือนมีมูลค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาระดับอัตรารับซื้อไฟฟ้าที่จะทำให้ครัวเรือนทุกคนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เกิดความคุ้มทุนในการลงทุนออกเป็น 3 กรณี โดยอาศัยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่แสดงในสมการที่ (3.1) ที่แสดงขนาดของผลต่างระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนผู้เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นระยะเวลา 25 ปี ที่ได้รวมผลประโยชน์ของการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใน 5 ปีที่เหลือของอายุการใช้ของระบบผลิตไฟฟ้าในผลการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาในบทที่ 4 แสดงให้เห็นแล้วว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการฯ ในทุกครัวเรือนนั้นติดลบ หรือไม่มีความคุ้มค่าในกรลงทุน ณ ระดับราคารับซื้อไฟฟ้าทั้ง 3 กรณี

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาระดับราคาที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในแต่ละกลุ่มประเภทอาคารเกิดความคุ้มทุน กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของแต่ละครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ มีมูลค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดยการเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มประเภทอาคารแล้วนำไปแทนในสมการที่ (3.1) จนกว่าจะพบราคาที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ในแต่ละกลุ่มประเภทอาคารเกิดความคุ้มทุน ต่อมาผู้วิจัยใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของฟังก์ชันแบบกริดเพื่อหา Optimal FiT Price จากระหว่างราคารับซื้อไฟฟ้าเดิมและราคารับซื้อไฟฟ้าจากการศึกษาซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ราคารับซื้อไฟฟ้าเดิมและราคารับซื้อไฟฟ้า Optimal FiT Price

ประเภทอาคาร	ราคารับซื้อไฟฟ้าเดิม (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ราคารับซื้อไฟฟ้า Optimal FiT Price (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)
กลุ่มบ้านอยู่อาศัย	6.96	42.158
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดเล็ก	6.55	40.136
กลุ่มอาคารประเภทธุรกิจ/โรงงานขนาดใหญ่	6.16	35.468

ที่มา: ผลการศึกษา

ราคารับซื้อไฟฟ้า Optimal FiT Price ที่แสดงในตารางที่ 8 นั้น ที่เป็นราคารับซื้อไฟฟ้าที่ทำให้ครัวเรือนเกิดความคุ้มค่าในกรลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าร่วมโครงการซื้อไฟฟ้าฯ ซึ่งราคาดังกล่าวควรจะเป็นราคาที่รัฐควรใช้ในการรับซื้อไฟฟ้าจากครัวเรือน หากต้องการเพิ่มจำนวนครัวเรือนให้หันมาสนับสนุนให้โครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ อย่างไรก็ตามยังมีตัวแปรอีกหนึ่งตัวที่รัฐบาลสามารถเปลี่ยนแปลงผ่านการดำเนินนโยบายได้ คือ C_0 ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 Construction Cost

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบหรือ C_0 เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่รัฐบาลสามารถเข้ามาเปลี่ยนแปลงเพื่อสร้างแรงจูงใจ และความมีส่วนร่วมของประชาชน/ครัวเรือนสนใจเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าพลังงานฯ ได้ โดยผู้วิจัยได้อาศัยกรณีศึกษาของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินนโยบายที่เกี่ยวกับตัวแปรค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเยอรมัน (Lewis. J, 2009) จะเห็นได้ว่ากรณีศึกษาของทั้ง 3 ประเทศที่ประสบความสำเร็จในการทำโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีจุดร่วมกันที่เด่นชัด คือ รัฐบาลดำเนินนโยบายอุดหนุนในค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบกล่าวคือ รัฐบาลของทั้งสามประเทศให้การสนับสนุนในจำนวนเงินที่เป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบที่ครัวเรือนใช้ลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรในสมการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่รัฐบาลสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการทำนโยบายสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

อนึ่ง ผู้วิจัยสมารถสรุปสาเหตุที่ทั้ง 3 ประเทศที่สนับสนุนการดำเนินโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากการศึกษาของ Lewis, J. (2009) ได้ดังนี้ 1) การประหยัดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงและการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชน/ครัวเรือนในประเทศ รวมทั้งการหลีกเลี่ยงการใช้งบประมาณในการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่อีกด้วย 2) การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และการขึ้นเป็นผู้นำในตลาดเซลล์แสงอาทิตย์โลก 3) อุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์สร้างผลดีต่อระดับการจ้างงานในประเทศและยังส่งผลดีไปยังห่วงโซ่อุปทาน และ 4) บริษัทที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านภาษีให้บริษัทอีกด้วย

ทั้งนี้ หากเปรียบเทียบนโยบายค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบกับนโยบายราคารับซื้อไฟฟ้าแล้ว จะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน การทำนโยบายราคารับซื้อไฟฟ้าต่อหน่วย กล่าวคือ การทำนโยบายแบบอุดหนุนต่อหน่วย (Ad Valorem Subsidy) สามารถนำไปปฏิบัติได้ง่าย แต่ก่อให้เกิดการบิดเบือนการตัดสินใจของครัวเรือน ในขณะที่นโยบายค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอทิตย์เป็นนโยบายอุดหนุนแบบเหมา (Lump-sum Subsidy) ไม่บิดเบือนการตัดสินใจของผู้บริโภค เนื่องจากเป็นการอุดหนุนที่ครัวเรือนทุกคนได้รับผลประโยชน์เท่ากัน และสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายอีกด้วย

การหาคำตอบให้วัตถุประสงค์ข้อที่ (2) สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า หากรัฐบาลต้องการทำนโยบายเพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ รัฐบาลมีเครื่องมือสองชนิด ได้แก่ อัตรารับซื้อไฟฟ้า (Feed in Tariff, FiT) และ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ (Construction Cost, C_0) ทั้งนี้ รัฐบาลสามารถเลือกใช้นโยบายใดนโยบายหนึ่ง หรือใช้ร่วมกันทั้งสองนโยบาย โดยขึ้นอยู่กับสภาพการณ์และความเหมาะสม (รวมถึงประเด็นด้านภาระทางการคลัง, ความยุ่งยากในการทำนโยบาย, ความรู้ความสามารถ/ความเชี่ยวชาญของรัฐบาลในการทำนโยบายแบบต่างๆ) ในบทต่อไปจะกล่าวถึงวัตถุประสงค์ที่ (3) การศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ

บทที่ 6
ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ตามหลักเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

6.1 ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ในส่วนของบทที่ 6 นี้จะเป็นส่วนของการตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ (3) คือ การศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยอาศัยการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ทั้งของครัวเรือนและสังคม โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยนำเสนอแนวคิดในทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมเบื้องต้น (อย่างสังเขป) เกี่ยวกับผลประโยชน์ของครัวเรือนและผลประโยชน์ของสังคมจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ กล่าวคือ เป็นการศึกษาถึงผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ที่เกิดจากผลประโยชน์สุทธิของครัวเรือน (Net Private Benefit) และ ผลประโยชน์สุทธิของสังคม (Net Social Benefit) ตามสมการที่ (6.1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$B_{solarcell} = (P_B - P_C) + (S_B - S_C) \tag{6.1}$$

$$B_{solarcell} = (NPV) + (S_B - S_C) \tag{6.2}$$

โดยที่

$B_{solarcell}$	หมายถึง ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
$(P_B - P_C)$	หมายถึง ผลประโยชน์สุทธิของครัวเรือนจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์
$(S_B - S_C)$	หมายถึง ต้นทุนสุทธิของสังคมจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลประโยชน์สุทธิของครัวเรือน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิใช้หลักการกำไรและขาดทุน โดยเปรียบเทียบขนาดของผลต่างระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนผู้เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เป็นระยะเวลา 25 ปี ที่ได้รวมผลประโยชน์ของการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใน 5 ปีที่เหลือของอายุการใช้ของระบบผลิตไฟฟ้าในผลการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิด้วย ดังที่แสดงรายละเอียดในบทที่ 3 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า หากมองเพียงผลประโยชน์ของครัวเรือน ครัวเรือนเลือกที่จะไม่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เนื่องจากผลตอบแทนที่ครัวเรือนได้รับขาดทุนหรือติดลบ

ผลประโยชน์สุทธิของสังคม คือ การนำผลประโยชน์ทางสังคมหักลบด้วยต้นทุนทางสังคมที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนผู้เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ทั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกพิจารณาผลประโยชน์ทางสังคมจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพียงมิติเดียว นั้นคือ มูลค่าที่ได้จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ เนื่องจากตัวแปรข้างต้นสามารถคิดคำนวณเป็นมูลค่าที่เป็นตัวเงินได้อย่างชัดเจนที่สุด แม้ว่ายังมีผลประโยชน์ทางสังคมอื่นๆ อีกเช่น การหลีกเลี่ยงการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิว ความผันผวนของราคาเชื้อเพลิง และการลดค่าใช้จ่ายการใช้เชื้งเพลิงประเภทฟอสซิว รวมไปถึงความมั่นคงทางด้านพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งและการกระจายไฟฟ้า การลดลดจ่ายของรัฐบาลจากการหลีกเลี่ยงการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ นอกจากนี้ หากประเทศไทยสามารถผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เองได้โดยไม่ต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ จะก่อให้เกิดการพัฒนาอุตสหากรรมและเป็นผลดีต่อการจ้างงานในอุตสหากรรมการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ภายในประเทศหรือห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น แต่ผู้วิจัยจึงได้ไม่ผลประโยชน์นำมาเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้กล่าวถึงในข้างต้นนี้อยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัย ในส่วนของต้นทุนทางสังคม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นไม่มีต้นทุนทางสังคม เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในประเทศไทยนั้นต้องอาศัยนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มลภาวะหรือผลเสียทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ตกอยู่กับประเทศผู้ผลิต ทั้งนี้ ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมตัวอื่นๆ เช่น มลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น มีมูลค่าน้อยมากผู้วิจัยจึงไม่นำมาคิดมูลค่า

ผลการศึกษาที่ได้พบว่า ผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่าศูนย์ กล่าวคือ การใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ถึง 56,379.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี โดยสามารถคำนวณเป็นมูลค่าได้ถึง 552,518.52 บาทต่อปี แม้ว่าผลประโยชน์สุทธิของครัวเรือนจะติดลบหรือไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ แต่ผลประโยชน์สุทธิของสังคมกลับมีค่าเป็นบวกหรือการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่า กล่าวคือ การใช้พลังงาแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้านั้นมีประโยชน์ต่อสังคมอย่างมาก ในส่วนของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการะบวนการผลิตไฟฟ้าเมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิวในปัจจุบัน ประกอบการผลการศึกษาเรื่องระยะเวลาคืนทุนทางพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดที่อยู่ในช่วง 1.2-1.8 ปี นั้น แสดงให้เห็นแล้วว่า ภายในระยะเวลา 30 ปี ของอายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสามารถพลังงานไฟฟ้าได้โดยปราศจากต้นทุนทางด้านเชื้อเพลิงได้มากกว่า 28 ปี จึงสามารถสรุปได้ว่า รัฐบาลควรเข้ามาศึกษา 2 ตัวแปร (Policy Instruments) ที่ใช้

ในการศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ เพื่อที่จะสามารถจูงใจให้ครัวเรือนหันมาสนใจและร่วมลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ได้ นั้น คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ

6.2 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

แม้ว่าการวิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ทั้งของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ จะไม่คุ้มค่า แต่ผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีมากมาย แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงพลังงาน ควรจัดสรรงบประมาณเพื่อการศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลของการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยต่อไป

6.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานการศึกษาแรกเริ่มของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ซึ่งยังมีข้อสมมติในการศึกษาอยู่มาก จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อทำให้การศึกษาเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในเชิงเศรษฐศาสตร์ครั้งต่อไปมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการในการประเมินมูลค่าต้นทุนและผลประโยชน์ แต่เนื่องจากในพื้นที่ที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จริง ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีส่วนส่งเสริมและขัดขวางการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้า ดังนั้น ควรมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวัดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความถูกต้องของการประเมินมูลค่าของต้นและผลประโยชน์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาครั้งนี้ทำการประเมินมูลค่าผลประโยชน์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในด้านการลดกรปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงด้านเดียว ดังนั้น จึงควรมีการมีการประเมินมูลค่าผลประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น มูลค่าการของการผลิตและการจ้างงานในอุตสหากรรมการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2556). รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย เข้าถึงได้ที่ http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/Energy%20Balance%20of%20in%20Thailand%202012.pdf

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. เข้าถึงได้ที่ http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=342&Itemid=127:egat-environmental-co2&catid=37:egat-csr-operationEuropean Photovoltaic Industry Association. (2011). Retrieved from http://www.epia.org/news/fact-sheets/

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2558). โรงไฟฟ้าแม่เมาะ. เข้าถึงได้ที่ http://www.egat.co.th/images/information/plants-info/maemoh.pdf

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. (2539). เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. พิมพลักษณ์. กรุงเทพมหานคร.

วรัทย์ ศรีพิพัฒนกุล และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2556) วารสารวิศวกรรมศาสตร์เรื่องการศึกษาต้นทุนสังคมของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ISSN: 1906-3636) ปีที่4 ฉบับที่2. เข้าถึงได้ที่ www.ej.eng.chula.ac.th/thai/index.php/ej/article/download/209/104

ดร.ปิยะดา วชิระวงศกร. (2551). ปัญหาสิ่งแวดล้อม บทที่ 4. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. เข้าถึงได้ที่ http://science.psru.ac.th/teaching/data/envi/GEES142_4.pdf

ผศ.ชาญชัย ลิมปิยากร และ ยุวนันท์ สันติทวีฤกษ์. (2554). พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.

หฤทัย มีนะพันธ์. 2551. หนังสือหลักการวิเคราะห์โครงการ ทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร

Alsema, E. (2000). Energy Pay-back Time and CO2 Emission of PV systems. Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, Padualaan 14, NL-3584 CH Utrecht.

Alsema, E., Fraile, D., Frischknecht, R., Fthenakis, V., Held, M., Kim, C., Pölz, W., Raugei, M., and Mariska de Wild Scholten. (2009). Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME. IEA PVPS Task 12, Subtask 20, LCA.Report IEA-PVPS T12-01:2009

Bank of Thailand. (2014). Interest Rates in Financial Market (1978-present). Retrieved from http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=222&language=eng

Department of Alternative Energy Development and Efficiency & Faculty of Science, Silpakorn University. (1999). Solar energy map. Retrieved from http://www2.dede.go.th/renew/sola/mapmenu.html

Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). (2008). Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021. Retrieved from http://www.dede.go.th/dede/images/stories/y51_y65.pdf

Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). (2011). Thailand PV status report 2011. Retrieved from http://www.dede.go.th/dede/images/stories/pdf/t_pv_11.pdf.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). (2012). Solar radiation intensity and solar energy efficiency potential in Thailand. Retrieved from http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1512:2011-01-10-05-52-10&catid=52&Itemid=68&lang=en.

Danchev, S., Maniatis. G. and Tsakanikas, A. 2010. “Returns on investment in electricity producing photovoltaic systems under de-escalating feed-in tariffs: The case of Greece”. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010): 500–505

Fthenakis, V., Frischknecht, R., Raugei, M., Kim, H., Alsema, E. and Heldand Mariska de Wild-Scholten (2011). “Methodology Guidelines on Life-Cycle Assessment of

Photovoltaic Electricity". IEA International Energy Agency. IEA PVPS Task 12, Subtask 20, LCA. Report IEA-PVPS. T12-03:2011

Jungbluth, N., Dones, R.,& Frischknecht, R. (2007).Life Cycle Assessment of Photovoltaics; Update of the ecoinvent Database. Retrieved from http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=8023436

Lewis, J., Amber, S., and Tian, T., (2009). International Motivations for Solar Photovoltaic Market Support: Findings from the United States, Japan, Germany and Spain. Retrieved from http://www.efchina.org/Attachments/Report/reports-efchina-20090219-2-en/Motivations_for_PV_Support_Memo.pdf

Ministry of Commerce. 2014. Statistic of monthly CPI index (1994-2014).

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Retrieved from http: //solargis.info/doc/71

National Renewable Energy Laboratory. Best Research Cell Efficiency. Retrieved from http://www.nrel.gov.

Nieuwlaar. E, Alsema, E. (1997). Environmental Aspects of PV Power Systems. Retrieved from http://www.ecosystems.biz/apollo2/pvenv1997.pdf

Orioli, A. & Di Gangi A. 2013 " Review of the energy and economic parameters involved in the effectiveness of grid-connected PV systems installed in multi-storey buildings". Applied Energy 113 (2014): 955–969

Peng, J. & Lin, L. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. Renewable and Sustainable Reviews 27 (2013) 149-162

Renewable Energy World Magazine. PV Market Analysis. Retrieved from http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2 0 1 1 / 0 8 / pv-marketanalysis-mid-2011-pause-for-reflection-just-dont-pause-for-long

Spertino, F., Leo, P. and Cocina, V. 2013. "Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets". Renewable and Sustainable Energy Reviews 28 (2013): 531–540

Thai Meteorological Department. (2010). Yearly weather summary in 2009.

Wankanapon, P., Suwanchaiskul, A., Srisuwan, P. and Tantasavasdi, C. (2012) "Benefits of Roof-Mounted Solar Cells for Low-Cost Residential Buildings". Thammasat University.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบจำลองทางการเงิน เพื่อทำการประเมินมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดส่วนทุนในอนาคตตลอดอายุโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ ซึ่งจะประกอบไปด้วยกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

กระแสเงินสดรับ ประกอบด้วย รายได้จากการขายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบในแต่ละปีที่ครัวเรือนจะได้รับซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของราคารับซื้อต่อหน่วย กับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละปี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือน ความเข้มของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและประสิทธิภาพของแผงเซลล์ และประสิทธิของอินเวอร์เตอร์ โดยมีรายละอียดดังนี้

ผู้วิจัยจำแนกครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการฯ ตามจังหวัดที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากในแต่ละจังหวัดในแต่ละเดือนมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน โดยผู้วิจัยนำอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละจังหวัดในปีพ.ศ. 2555 จากกรมอุตุนิยมวิทยามาคำนวณตามข้อสมมติที่ใช้ในแบบจำลอง กล่าวคือ กำหนดให้อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับอุณหภูมิห้อง เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์สูงเกินกว่า 25°c มีผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลงเหลือร้อยละ 80 (Fthenakis, 2011) ดังแสดงรายะเอียดในตางรางที่ ผ-1

ตารางที่ ผ-1 อุณหภูมิในแต่ละเดือนในแต่ละจังหวัดในประเทศไทยปี พ.ศ.2555

ภาค/เดือน	ม.ค	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ภาคเหนือ												
กำแพงเพชร	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
เชียงราย	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
เชียงใหม่	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
ตาก	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
น่าน	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
พะเยา	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
พิจิตร	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
พิษณุโลก	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
เพชรบูรณ์	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
แพร่	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
แม่ฮ่องสอน	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
ลำปาง	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
ลำพูน	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
สุโขทัย	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0
อุตรดิตถ์	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	31.0

ตารางที่ ผ-1 (ต่อ)

ภาคกลาง	ม.ค	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
กรุงเทพมหานคร	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
กาญจนบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ชัยนาท	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครปฐม	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครสวรรค์	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นนทบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ปทุมธานี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
พระนครศรีอยุธยา	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ราชบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ลพบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สมุทรปราการ	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สมุทรสงคราม	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สมุทรสาคร	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สระบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สิงห์บุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สุพรรณบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
อ่างทอง	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
อุทัยธานี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ												
กาฬสินธุ์	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ขอนแก่น	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ชัยภูมิ	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครพนม	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครราชสีมา	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
บุรีรัมย์	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
มหาสารคาม	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
มุกดาหาร	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ยโสธร	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ร้อยเอ็ด	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
เลย	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ศรีสะเกษ	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สกลนคร	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สุรินทร์	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
หนองคาย	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
หนองบัวลำภู	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
อำนาจเจริญ	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
อุดรธานี	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
อุบลราชธานี	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
บึงกาฬ	31.0	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8

ตารางที่ ผ-1 (ต่อ)

ภาคตะวันออก	ม.ค	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
จันทบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ฉะเชิงเทรา	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ชลบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ตราด	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครนายก	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ปราจีนบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ระยอง	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สระแก้ว	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก												
ชุมพร	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นครศรีธรรมราช	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
นราธิวาส	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ประจวบคีรีขันธ์	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ปัตตานี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
พัทลุง	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
เพชรบุรี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ยะลา	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สงขลา	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สุราษฎร์ธานี	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก												
กระบี่	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ตรัง	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
พังงา	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ภูเก็ต	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ระนอง	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
สตูล	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8

ที่มา: ดัดแปลงจากรายงานสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา,2556

ในขั้นตอนต่อไป ผู้วิจัยคำนวณกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงที่ประกอบด้วย กำลังการผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือน[5] คูณกับค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงอาทิตย์รายวัน[6]คูณกับอุณหภูมิในแต่ละเดือนในแต่ละจังหวัดจากตารางที่ ผ-1 และคูณกับประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายที่กำหนดให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ลดลงเหลือร้อยละ 75 ผลการศึกษาแสดงรายละเอียดในตารางที่ ผ-2

[5] ประกาศการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

[6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ตารางที่ ผ-2 กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงในแต่ละจังหวัด

ภาคเหนือ	Tem*Rad=kWp/m2-yr	Inverter efficiency (0.75)	กำลังการผลิตติดตั้ง (kWh)	Real capacity
กำแพงเพชร	1,391.9000	1,043.9250	950.04	991,770.51
เชียงราย	1,520.7222	1,140.5417	56.34	64,258.12
เชียงใหม่	1,505.2222	1,128.9167	818.04	923,498.99
ตาก	1,379.5000	1,034.6250	44.5	46,040.81
น่าน	1,544.8333	1,158.6250	19.8	22,940.78
พิจิตร	1,605.1111	1,203.8333	1124.18	1,353,325.36
พิษณุโลก	1,590.4722	1,192.8542	1002.14	1,195,406.87
เพชรบูรณ์	1,546.5556	1,159.9167	569.08	660,085.38
แพร่	1,564.6389	1,173.4792	2258.83	2,650,689.95
แม่ฮ่องสอน	1,569.8056	1,177.3542	9.52	11,208.41
ลำปาง	1,602.5278	1,201.8958	1634.25	1,964,198.27
ลำพูน	1,558.6111	1,168.9583	1087.24	1,270,938.26
สุโขทัย	1,555.1667	1,166.3750	9.8	11,430.48
อุตรดิตถ์	1,606.8333	1,205.1250	45.6	54,953.70
ภาคกลาง				
กาญจนบุรี	1,514.4533	1,135.8400	1923.19	2,184,436.13
ชัยนาท	1,602.0800	1,201.5600	10.86	13,048.94
นครปฐม	1,606.2133	1,204.6600	1540.3	1,855,537.80
นครสวรรค์	1,582.2400	1,186.6800	2289.36	2,716,737.72
ปทุมธานี	1,540.9067	1,155.6800	1518.16	1,754,507.15
อยุธยา	1,555.7867	1,166.8400	1330.37	1,552,328.93
ราชบุรี	1,457.4133	1,093.0600	1784.37	1,950,423.47
ลพบุรี	1,582.2400	1,186.6800	4859.23	5,766,351.06
สมุทรสงคราม	1,495.4400	1,121.5800	1015.48	1,138,942.06
สมุทรสาคร	1,625.2267	1,218.9200	1176.46	1,434,010.62
สระบุรี	1,561.5733	1,171.1800	1415.96	1,658,344.03
สิงห์บุรี	1,598.7733	1,199.0800	973.71	1,167,556.19
สุพรรณบุรี	1,544.2133	1,158.1600	197.9	229,199.86
อ่างทอง	1,582.2400	1,186.6800	167.95	199,302.91
อุทัยธานี	1,573.1467	1,179.8600	20	23,597.20
ภาคอีสาน				
กาฬสินธุ์	1,592.4183	1,194.3138	420.1	501,731.21
ขอนแก่น	1,572.1650	1,179.1238	5162.2	6,086,872.62
ชัยภูมิ	1,601.7011	1,201.2758	1167.5	1,402,489.54
นครพนม	1,515.6244	1,136.7183	136.99	155,719.04
นครราชสีมา	1,594.9500	1,196.2125	8277.34	9,901,457.57
บุรีรัมย์	1,546.8483	1,160.1363	2659.14	3,084,964.71
มหาสารคาม	1,594.1061	1,195.5796	618.88	739,920.29
มุกดาหาร	1,579.7600	1,184.8200	1477.35	1,750,393.83

ตารางที่ ผ-2 (ต่อ)

ภาคอีสาน	Tem*Rad=kWp/m2-yr	Inverter efficiency (0.75)	กำลังการผลิตติดตั้ง (kWh)	Real capacity
ยโสธร	1,615.2033	1,211.4025	222.1	269,052.50
ร้อยเอ็ด	1,605.0767	1,203.8075	639.5	769,834.90
เลย	1,470.8983	1,103.1738	547.5	603,987.63
ศรีสะเกษ	1,611.8278	1,208.8708	1337.94	1,617,396.64
สกลนคร	1,571.3211	1,178.4908	436.55	514,470.17
สุรินทร์	1,584.8233	1,188.6175	2484.71	2,953,369.79
หนองคาย	1,594.9500	1,196.2125	784.86	938,859.34
หนองบัวลำภู	1,571.3211	1,178.4908	270.95	319,312.09
อำนาจเจริญ	1,614.3594	1,210.7696	187.4	226,898.22
อุดรธานี	1,483.5567	1,112.6675	2012.06	2,238,753.77
อุบลราชธานี	1,621.9544	1,216.4658	4210.58	5,122,026.71
ภาคตะวันออก				
จันทบุรี	1,510.3200	1,132.7400	60.33	68,338.20
ฉะเชิงเทรา	1,447.4933	1,085.6200	1219.6	1,324,022.15
ชลบุรี	1,638.4533	1,228.8400	4517.85	5,551,714.79
ตราด	1,499.5733	1,124.6800	9.36	10,527.00
นครนายก	1,533.4667	1,150.1000	202.61	233,021.76
ปราจีนบุรี	1,529.3333	1,147.0000	112.95	129,553.65
ระยอง	1,585.5467	1,189.1600	3294.08	3,917,188.17
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก				
ชุมพร	1,519.4133	1,139.5600	4020.56	4,581,669.35
นครศรีธรรมราช	1,496.2667	1,122.2000	2454.24	2,754,148.13
ประจวบคีรีขันธ์	1,523.5467	1,142.6600	2899.34	3,312,959.84
ปัตตานี	1,514.4533	1,135.8400	501.84	570,009.95
เพชรบุรี	1,507.8400	1,130.8800	1135.22	1,283,797.59
ยะลา	1,545.0400	1,158.7800	133.51	154,708.72
สงขลา	1,507.8400	1,130.8800	2091.02	2,364,692.70
สุราษฎร์ธานี	1,576.4533	1,182.3400	1792.16	2,118,942.45
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก				
กระบี่	1,599.6000	1,199.7000	545.26	654,148.42
ตรัง	1,636.8000	1,227.6000	289.57	355,476.13
พังงา	1,625.2267	1,218.9200	153.6	187,226.11
ภูเก็ต	1,676.4800	1,257.3600	276.4	347,534.30
ระนอง	1,573.1467	1,179.8600	100	117,986.00
สตูล	1,652.5067	1,239.3800	247	306,126.86

ที่มา: ดัดแปลงจากรายงานสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา,2556

กระแสเงินสดจ่าย ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ (Construction Cost) และเป็นต้นทุนผันแปรด้านค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ อุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปสำหรับแต่ละกำลังการผลิตติดตั้งของครัวเรือน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ผ-3 ถึง ผ-5

ตารางที่ ผ-3 กำลังการผลิตและราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนต่างๆ

	ราคา (บาทต่อโมเดล)		
กิโลวัตต์ (kWh)	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม
5	-	2,000	-
10	-	-	5,200
20	-	-	9,000
60	-	-	17,000
80	-	-	18,000
115	-	-	26,500
120	3,900	-	-
140	5,000	-	-
150	-	32,000	-
160	-	42,000	-
245	-	-	9,700
300	-	-	12,000

ที่มา: บริษัท ชาร์ปไทย จำกัด บริษัท สยามโซลาร์ แอนด์ อีเลคทรอนิคส์ จำกัด และบริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ ผ-4 กำลังการผลิตและราคาของอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย

กิโลวัตต์ (kWh)	ราคา (บาทต่อModule)
3.0	58,400
5.0	88,400
10.0	118,400

ที่มา: บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ ผ-5 กำลังการผลิตและราคาของเครื่องหน่วยวัดไฟฟ้า

กิโลวัตต์ (kWh)	ราคา (บาทต่อModule)
0.00-10.00	10,000
10.01-12.00	15,000
12.01-1,000.00	100,000

ที่มา: เอกสารแนบท้าย ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พ.ศ. 2556

ทั้งนี้ ค่าอุปกรณ์อื่นๆ เช่น โครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดสายดินและท่อร้อยสาย ชุดสายไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมท่อร้อยสายไฟและเบรคเกอร์ ชุดสายไฟฟ้ากระแสสลับพร้อมท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คิดค่าใช้จ่ายค่าอุปกรณ์ข้างต้น 30 บาทต่อกิโลวัตต์ นอกจากนี้ ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คิดค่าดำเนินการติดตั้งและค่าบำรุงรักษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 2 และร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาจากครัวเรือน ซึ่งประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย และเครื่องหน่วยวัดไฟฟ้า ตามลำดับ (ชาญชัย ลิมปิยากร, 2554)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิมพ์รรณ กาเยนนท์ เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2534 ที่อำเภอปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2554 และได้ทำการศึกษาต่อในหลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University