การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต
เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นางสาวศิวพร ปรีชา

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN MANUFACTURING SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION

Miss Siwaporn Preecha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
โดย	นางสาวศิวพร ปรีชา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศิวพร ปรีชา : การประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN MANUFACTURING SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์, 108 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอุตสาหกรรมการผลิตและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อให้สอดรับกับเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามเจตจำนงของประเทศไทยที่ให้ไว้กับภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นสองด้าน ประกอบด้วย ด้านความพร้อม (11 ประเด็น) และด้านผลกระทบ (4 ประเด็น) และอ้างอิงรายการเทคโนโลยีของภาคอุตสาหกรรมการผลิตจาก 3 กลุ่มประเภทพลังงาน คือ กลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน กลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน และกลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน ตามเอกสารของ UNFCCC ซึ่งทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมการผลิต และวิเคราะห์ด้วยวิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และด้านผลกระทบในประเด็นสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด โดยผลการจัดลำความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอุตสาหกรรมการผลิต พบว่า เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas) และการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ มีความพร้อมและผลกระทบสูงสุดตามลำดับ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวมีความพร้อมในประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทยต่ำ โดยปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานและเทคโนโลยีพลังงานที่มีประสิทธิภาพจากต่างประเทศ ทำให้การกระจายตัวของเทคโนโลยีกระจุกตัวอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพและความพร้อมสูงเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5987208920 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENT / CLIMATE CHANGE MITIGATION / MANUFACTURING / MULTI-CRITERIA ANALYSIS

SIWAPORN PREECHA: ENERGY TECHNOLOGY NEEDS ASSESSMENTS IN MANUFACTURING SECTOR FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION. ADVISOR: WEERIN WANGJIRANIRAN, Ph.D., 108 pp.

The purpose of this study is to prioritize climate change mitigation technologies in manufacturing sector toward greenhouse gas emission reduction goals that Thailand had ratified with UNFCCC. In this study, there are fifteen main factors consisting of eleven “readiness” and four “impact” factors. The list of climate change technologies on the manufacturing sector refers to the UNFCCC handbook, focusing in three main energy groups including Alternative/Renewable Energy, Energy Saving Technology and Energy Management. The Multi-criteria Analysis (MCA) was used in this study and it was evaluated by experts in the manufacturing sector. The results found that experts emphasize the readiness criteria on the existing policy infrastructure including regulation issues and the impact criteria on environmental issues. In addition, the experts concerned 5 prioritized technology on the GHG emission reduction which are 1) High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC) 2) Biomass heating, wood pellets, district heating 3) Combined heat and power (CHP) 4) Green gas from biomass for heat and power (biogas) and 5) Energy Saving in cement industry. The situation of the technology readiness for those 5 priority technologies are currently low in Thailand. Thailand is dependent on imports of energy and energy efficient technology from abroad. As a result, the distribution of technology is concentrated in high potential and readiness industries.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ที่มีส่วนให้ความอนุเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.วีรินทร์ หวังจีรนิรันดร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับคำปรึกษาและข้อแนะนำในทุกด้านตลอดระยะเวลาการวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (ประธานกรรมการ) รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค (กรรมการ) และ ดร.ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ (กรรมการภายนอก) สำหรับข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่หลักสูตรทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน และเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 4

บทที่ 1 บทนำ 6

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 6

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย 8

บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ข้อมูลด้านพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต 10

2.1.1 สถานการณ์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 10

2.1.2 แผนและเป้าหมายด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง 10

2.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 12

2.2.1 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน ภาคอุตสาหกรรมการผลิต 12

2.2.2 เกณฑ์และวิธีการการประเมิน 14

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

2.1.1 การประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA) 22

2.2.2 การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA) 23

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 32

3.1 ขั้นตอนวิจัยการดำเนินงาน 32

หน้า

3.1.1 ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล 32
3.1.2 วิเคราะห์ผล 44
3.2 แผนผังการดำเนินการวิจัย 45
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายข้อมูล 46
4.1 ผลการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตจากผู้เชี่ยวชาญ 46
4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ 48
4.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 73
5.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ 73
5.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 74
บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ 76
6.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 76
6.2 ข้อเสนอแนะการนำไปใช้ และการวิจัยเพิ่มเติม 77
รายการอ้างอิง 78
ภาคผนวก ก 83
ภาคผนวก ข 95
ภาคผนวก ค 101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 36

รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินการวิจัย 45

รูปที่ 4.1 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีจำแนกตามหน่วยงานสังกัด 46

รูปที่ 4.2 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี 47

รูปที่ 4.3 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นในภาพรวม 48

รูปที่ 4.4 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นในภาพรวม .. 49

รูปที่ 4.5 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา 50

รูปที่ 4.6 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา 51

รูปที่ 4.7 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ 52

รูปที่ 4.8 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ 53

รูปที่ 4.9 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ 54

รูปที่ 4.10 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ 55

รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 56

รูปที่ 4.12 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบ 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 4.13 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อม 59

รูปที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน (Alternative/Renewable Energy) 61

รูปที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)..... 62

รูปที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management)..... 64

รูปที่ 4.17 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) (กรณีศึกษาที่ 1) 66

รูปที่ 4.18 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) (กรณีศึกษาที่ 2) 67

รูปที่ 4.19 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) (กรณีศึกษาที่ 3) 68

รูปที่ 4.20 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) (กรณีศึกษาที่ 4) 69

รูปที่ 4.21 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) (กรณีศึกษาที่ 5)..... 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แผนและเป้าหมายด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง 11

ตารางที่ 2.2 รายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน ภาคอุตสาหกรรมการผลิต 12

ตารางที่ 2. 3 เปรียบเทียบวิธีการประเมินทางเลือกที่ใช้ในการวิเคราะห์ 17

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทางเลือกด้านพลังงานจากหลายเกณฑ์ของ ภาคอุตสาหกรรม 26

ตารางที่ 3.1 เทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน ภาคอุตสาหกรรมการผลิต 32

ตารางที่ 3.2 ความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ 38

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงในกรณีศึกษาต่างๆ.. 71

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงในกรณีศึกษาต่างๆ ... 72

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยกับ ประเทศในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AEDP2015	Alternative Energy Development Plan	แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579
ANP	Analytic Network Process	กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์
BAU	Business as Usual	การคาดการณ์ในกรณีปกติ
CCS	Carbon Capture and Storage	การดักจับและการจัดเก็บคาร์บอน
CHP	combined heat and power	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม
COP	Conference of Parties	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
EEP2015	Energy Efficiency Plan	แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579
HVAC	High efficiency heating, venting, and air conditioning	ระบบความร้อน ระบายอากาศ และปรับอากาศ
INDC	Intended Nationally Determined Contribution	ข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านสภาพภูมิอากาศ
ktoe	Kilotonne of oil equivalent	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
MCA	Multi-Criteria Analysis	วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์
MCDM	Multiple Criteria Decision Making	วิธีการตัดสินใจที่พิจารณาหลายเกณฑ์
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions	ข้อตกลงว่าด้วยการให้ทุกประเทศแสดงเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ
PROMETHEE	Preference ranking organization method for enrichment evaluation	
RETs	Renewable Energy Technologies	เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

TNA	Technology Need Assessment	การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
VFD	Variable Speed Motor Control	อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง ภาคการไฟฟ้า และภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัย ดังนั้น ภาครัฐจึงต้องมีการวางแผนและจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม มีคุณภาพที่ดี และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้อย่างเพียงพอ และส่งเสริมความมั่นคงด้านพลังงาน จากข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีปริมาณ 80,752 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 1.0 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,072,237 ล้านบาท โดยมีการนำเข้าพลังงานมูลค่า 862,797 ล้านบาท [1] ซึ่งจากการสำรวจสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายพบว่า ภาคอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสัดส่วนที่สูงและมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

รัฐบาลจึงกำหนดแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573) ซึ่งมีเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงาน โดยมุ่งเน้นภาคเศรษฐกิจหลักที่มีศักยภาพในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้วยการจัดการการใช้พลังงาน การใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน ซึ่งมีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานใน 3 ภาคเศรษฐกิจหลักรวมกันประมาณ 36,450 ktoe ในปี 2573 ประกอบกับประเทศไทยมีข้อตกลงว่าด้วยการให้ทุกประเทศแสดงเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) ในการประชุมประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) สมัยที่ 20 (COP20) เมื่อเดือนธันวาคม 2557 ณ กรุงลิมา สาธารณรัฐเปรู โดยเสนอเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งและภาคพลังงานให้ได้ร้อยละ 7-20 ภายในปี พ.ศ. 2563 จากปริมาณที่ปล่อยในปี พ.ศ. 2548 และได้กำหนดกรอบแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2557-2593 ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สผ.) ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2557 [2] ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว กระทรวงพลังงานจึงจำเป็นต้องกำหนดยุทธศาสตร์และแนวทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ โดยมุ่งเน้นเป้าหมายใน 4 ภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง ภาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การไฟฟ้า และภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัย โดยวางเป้าหมายในการประหยัดพลังงานของภาคอุตสาหกรรมสูงถึงร้อยละ 37.7 ในปี 2573 [3]

ภาครัฐจึงมุ่งเน้นและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมอบหมายให้สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) จัดทำรายงานการประเมินความต้องการเทคโนโลยีและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี รวมถึงแผนสนับสนุนเทคโนโลยีเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นแนวทางสำหรับนักลงทุน นักพัฒนาเทคโนโลยี นักวิทยาศาสตร์ รวมถึงผู้กำหนดนโยบาย ทั้งนี้ สวทน. ได้ประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงาน โดยมุ่งเน้น 4 ด้านหลัก คือ (1) ด้านการจัดหาและแปรูปพลังงาน (2) ด้านพลังงานหมุนเวียน (3) ด้านการพัฒนาประสิทธิภาพทางพลังงานตามความต้องการ (4) ด้านเทคโนโลยีพลังงานอื่นๆ โดยใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA) ประกอบด้วยเกณฑ์หลัก 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมและด้านผลกระทบ และทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีจะสรุปเป็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีดังนี้ 1) โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) ของเสีย (เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน) 3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สองและสาม 4) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้ของภาคอุตสาหกรรม 5) การจับและเก็บคาร์บอน (CCS) [4]

ดังนั้น เพื่อต่อยอดการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นภาคอุตสาหกรรมการผลิต และสอดรับกับแผนอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงบรรลุเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศ ตลอดจนเพื่อประโยชน์แก่ภาครัฐในการส่งเสริมสนับสนุนเทคโนลีพลังงานให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประเทศ จึงนำมาสู่จุดมุ่งหมายของการศึกษาของงานวิจัยนี้ ซึ่งงานวิจัยนี้ประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยพิจารณาเปรียบเทียบความพร้อมด้านนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน บุคลากร กฎหมายและระเบียบข้อบังคับ และผลกระทบในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก และใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) ประกอบกับการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA) โดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของภาครัฐเกี่ยวกับแนวทางในการสนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยพิจารณาจากความพร้อมและผลกระทบในด้านต่างๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. รายการเทคโนโลยีพลังงานที่ใช้ในการประเมินได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยอ้างอิงจากเอกสารของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme – UNDP) และฝ่ายเลขานุการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เรื่อง Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change
2. จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA)
3. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินอ้างอิงตาม Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ซึ่งประกอบด้วย 2 เกณฑ์ ดังนี้

    3.1 เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) ประกอบด้วย 11 ประเด็น คือ นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง การสนับสนุนด้านการเงิน ต้นทุนและผลประโยชน์ การยอมรับจากสังคม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทรัพยากรบุคคล/ ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง ฐานข้อมูลเทคโนโลยี แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ ตลอดจนสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว

    3.2 เกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) ประกอบด้วย 4 ประเด็น คือ ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า ด้านสังคม: การจ้างงาน/กระจายรายได้/ เที่ยงธรรม ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ ด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้อง ในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต จำนวนอย่างน้อย 30 คน (กลุ่มเป้าหมายที่มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถให้ข้อมูลได้อย่างมีคุณภาพมีจำนวนจำกัด)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ควรส่งเสริมและสนับสนุน
2. ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมสนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลด้านพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต

2.1.1 สถานการณ์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในปี 2560 ปริมาณ 80,752 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 1.0 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,072,237 ล้านบาท โดยภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสัดส่วนสูงที่สุด คือ ภาคขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 40.1 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาเป็น ภาคอุตสาหกรรม บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และเกษตรกรรม โดยมีการใช้ใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสัดส่วนร้อยละ 35.2, 13.3, 8.1 และ 3.3 ตามลำดับ [1] โดยสถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานของประเทศในช่วงที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณการปล่อย CO_2 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2559 พบว่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งนี้ จากการใช้พลังงานแยกรายภาคเศรษฐกิจ พบว่า ภาคไฟฟ้ามีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงสุด คือ ร้อยละ 37 ของการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งหมด ขณะที่ภาคการขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 28 และ 27 ตามลำดับ โดยในปี 2560 ภาคอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซ CO_2 รวมทั้งสิ้น 69.9 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 4.3 [5]

2.1.2 แผนและเป้าหมายด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตามที่ประเทศไทยมีข้อตกลงร่วมกับประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ในการประชุมสมัยที่ 20 (COP20) เมื่อเดือนธันวาคม 2557 ณ กรุงลิมา สาธารณรัฐเปรู รัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงได้กำหนดแผนและเป้าหมายสอดรับกับเป้าหมายดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แผนและเป้าหมายด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง

นโยบาย/แผน	เป้าหมาย
ระดับนานาชาติ	
ข้อตกลงว่าด้วยการให้ทุกประเทศแสดงเจตจำนงในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs)	ลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศเป้าหมาย 7 - 20% ภายในปี 2563
ข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านสภาพภูมิอากาศ ภายหลังปี พ.ศ. 2563 - 2573 (ค.ศ. 2020-2030) (Intended Nationally Determined Contribution: INDC)	ลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 20 - 25% จากระดับการคาดการณ์ในกรณีปกติ (BAU) ภายในปี 2573
ระดับประเทศ	
แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573)	ลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (final energy) ลง 20% ในปี 2573 หรือประมาณ 30,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) โดยกำหนดเป้าหมายให้ภาคอุตสาหกรรมเกิดการอนุรักษ์พลังงาน 11,300 ktoe ในปี 2573
แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 (Energy Efficiency Plan : EEP2015)	ลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายประมาณ 56,142 ktoe โดยกำหนดเป้าหมายให้ภาคอุตสาหกรรมเกิดการอนุรักษ์พลังงาน 14,515 ktoe ในปี 2579
แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan : AEDP2015)	เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน 30% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2579

[2]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

ข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จากการรวบรวมข้อมูลเอกสาร Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme – UNDP) และเอกสารรายงาน Technology Needs Assessments Report ของฝ่ายเลขานุการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

เอกสารอ้างอิง	ทางเลือกเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต
Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change (2010) [6]	1) การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า 2) เตาเผาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง 3) ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม 4) หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น 5) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม โดยใช้เชื้อเพลิง อาทิ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซสะอาด แสงอาทิตย์ ลม 6) ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ 7) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ 8) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล 9) ความร้อนจากยางมะตอยพื้นถนน 10) อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 11) ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม 12) ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	ทางเลือกเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต
	13) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling 14) การกำหนดทิศของอาคาร 15) เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน 16) อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า 17) การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน 18) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ 19) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร 20) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี 21) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ
Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation [4]	1) มอเตอร์และตัวขับ 2) ระบบเผาไหม้ 3) ระบบทำความเย็น 4) เครื่องอัดอากาศ
Indonesia's Technology Needs Assessment for Climate Change Mitigations [7]	1) ระบบโคเจนเนอเรชั่น 2) มอเตอร์ไฟฟ้า 3) ระบบปั๊มและพัดลม
Kingdom of Bhutan Technology Needs Assessment and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation [8]	1) อุตสาหกรรมทั่วไป (อุตสาหกรรมซีเมนต์ เหล็ก โลหะ และโลหะผสมเหล็ก) (1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต (เช่น การนำพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่) (2) การปรับปรุงระบบการจัดการ (3) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2) อุตสาหกรรมซีเมนต์ (1) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานสะอาด (เช่น แกลบ, ของเสียอื่นๆ) (2) การเพิ่มสัดส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	ทางเลือกเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต
	3) การก่อสร้างโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน (1) อาคารประหยัดพลังงาน (2) ข้อกำหนด/มาตรฐานในการใช้พลังงานในอาคาร
Sri Lanka's Technology Needs Assessment and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation [9]	1) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2) อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 4) เตาเอทานอล 5) เตาก๊าซชีวภาพ 6) หัวเผาโรตารี่ 7) หม้อไอน้ำ 8) ปั๊มความร้อนแบบดูดซึม 9) กระป๋องกระดาษ 10) เทคโนโลยีผลิตความร้อนจากยางรถยนต์ใช้แล้ว

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตจากเอสารที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่า รายการเทคโนโลยีจากเอกสาร Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP) จำนวนทั้งสิ้น 21 รายการ มีความครอบคลุมมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงอ้างอิงรายการเทคโนโลยีจากเอกสารดังกล่าว เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาคอุตสาหกรรมการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2 เกณฑ์และวิธีการการประเมิน

1) การประเมินทางเลือก

การประเมินทางเลือกของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ต้องคำนึงบริบทของประเทศไทยในด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดการส่งเสริมสนับสนับสนุนเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลสูงสุด จึงจำเป็นต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีดังกล่าว อันเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการพลังงานและการพัฒนาประเทศในระยะยาวอย่างยั่งยืน ซึ่งการประเมินทางเลือกมีหลายวิธีการ ดังนี้

1.1) การคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคต (Trend Analysis and Extrapolation)

การคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยการใช้ข้อมูลจากอดีตและปัจจุบันมาคาดการณ์ถึงแนวโน้มในอนาคต (Trend Extrapolation) ซึ่งการวิเคราะห์แนวโน้มตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตย่อมเคยเกิดขึ้นแล้วในอดีต โดยวิธีการนี้ให้ความสำคัญว่าทุกๆ แนวโน้มล้วนมีความเป็นไปได้ แต่การคาดการณ์ดังกล่าวก็ไม่สามารถที่จะระบุได้ว่า แนวโน้มดังกล่าวนั้นพัฒนาไปจนถึงจุดยุติได้อย่างไร หรือมีจุดเปลี่ยนที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการแสดงให้เห็นถึงผลกระทบทั้งในระยะสั้น และระยะปานกลาง และไม่มีการต้านแนวโน้มหลักหรือจุดยุติที่มีการคาดหวังไว้แล้ว ซึ่งผลลัพท์แนวโน้มที่ได้เป็นได้ทั้งในรูปแบบเชิงเส้น เอ็กโพเนนเชียล หรือวงจรในการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความถูกต้องในเชิงเวลา และสามารถนำเสนอแนวโน้มได้ทั้งในรูปแบบอย่างง่าย อาทิ กราฟเส้น หรือในรูปแบบที่ซับซ้อน อาทิ การใช้กราฟฟิค ภาพสามมิติ หรือ Video Simulation เป็นต้น [10]

1.2) เมตริกซ์ของผลกระทบและความขัดแย้ง/ความร่วมมือ (Matrices of Impacts and of Conflicts or Synergies)

เมตริกซ์ของผลกระทบและความขัดแย้ง/ความร่วมมือ เป็นวิธีที่สามารถระบุและนำเสนอผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของเป้าหมาย หรือกิจกรรมที่ส่งผลแตกต่างกันไปในแต่ละองค์ประกอบได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบสะสม และผลกระทบทางอ้อมตลอดจนปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันของผลกระทบได้ ทั้งนี้ สามารถแสดงผลโดยใช้ในรูปของสัญลักษณ์ ค่าคะแนน ระดับที่แตกต่างกัน สีที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบ คาดประมาณระดับ ขนาดของผลกระทบ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการนี้ง่ายต่อการตรวจสอบและเป็นที่นิยมในการระบุประเด็นและผลกระทบ การประเมินผลกระทบ และทำให้เกิดการพัฒนาและเปรียบเทียบทางเลือก [10]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3) การประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA)

MCA คือ วิธีการในการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ ซึ่งสามารถใช้ตัวแปรได้หลายตัวและให้น้ำหนักตัวแปรแต่ละตัวในการประเมินได้ โดยเปลี่ยนข้อมูลตัวกล่าวเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการให้คะแนน เช่น สามารถนำหลักเกณฑ์หรือตัวชี้วัด บริบทด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีมาใช้ประเมินทางเลือก และให้คะแนนทางเลือกที่เหมาะสม เป็นต้น โดยผลจากการประเมิน MCA สามารถสามารถจัดอันดับทางเลือกหรือจำกัดจำนวนทางเลือก และระบุทางเลือก

เดียวที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดได้ [10] ทั้งนี้ วิธีการ MCA ทั้งหมดจะต้องเกิดจากการร่วมกันตัดสินใจในการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ในการดำเนินการประเมิน ซึ่งขั้นตอนดำเนินการมีดังนี้

(1) ระบุเกณฑ์การประเมิน (Identify Assessment Criteria)

ระบุเกณฑ์การประเมินต้องคำนึงถึงความเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์และผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น โดยการกำหนดเกณฑ์ต้องเป็นเกณฑ์ที่สามารถวัดผลลัพธ์สำคัญของทางเลือกที่ถูกนำเสนอได้ และมีข้อควรระวังในการกำหนดเกณฑ์ คือ เกณฑ์ควรมีครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ควรใช้คำซ้ำกันในเกณฑ์ เกณฑ์ต้องสามารถทำการวัดได้ และเกณฑ์แต่ละเกณฑ์จะต้องเป็นอิสระต่อกัน

(2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก) (Analyze Relative Importance of Criteria (Weighting))

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ เพื่อให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ ทั้งนี้การวิเคราะห์หลายแบบหลักเกณฑ์นั้น ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์สามารถอธิบายการให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ของแต่ละเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ โดยวิธีการในการให้ค่าน้ำหนัก มีตั้งแต่วิธีการที่ง่าย เช่น นำเกณฑ์มาพิจารณาเปรียบเทียบกัน และให้น้ำหนักตามความสำคัญ เป็นต้น ไปสู่วิธีการที่ซับซ้อน เช่น การสำรวจด้านสังคม เพื่อตรวจสอบเกณฑ์สำคัญที่มีผลกระทบต่อชุมชน เป็นต้น

(3) ดำเนินการวิเคราะห์ (หรือให้ค่าคะแนน) (Analyze Performance (Scoring))

ดำเนินการวิเคราะห์หรือให้ค่าคะแนน จะต้องอธิบายนัยสำคัญของระดับคะแนนว่าทางเลือกใด เป็นกรณีที่ดีที่สุด (Best Case) และกรณีที่แย่ที่สุด (Worst Case) โดยการให้คะแนนสามารถทำได้ ด้วยวิธีพื้นฐาน 3 วิธี คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3.1) การประเมินโดยตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ และให้ค่าคะแนนกับทุกทางเลือก เช่น คะแนนตั้งแต่ 0-100 เป็นต้น

(3.2) การเปรียบเทียบเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจ โดยกำหนดเกณฑ์ในการพัฒนาเฉพาะด้าน จากดีที่สุดไปถึงเลวร้ายที่สุด

(3.3) การตัดสินใจดำเนินการในทางเลือกที่เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ

(4) ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้งและให้คะแนนในแต่ละทางเลือก (Multiply Weight and Scores for Each of the Options)

ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้งและให้คะแนนในแต่ละทางเลือก โดยหารด้วยคะแนนทั้งหมด แต่ละทางเลือกในการดำเนินการในแต่ละเกณฑ์ ทุกเกณฑ์ ผลรวมทั้งหมดมาสัมพันธ์กับ

คะแนนในแต่ละทางเลือก นำผลทั้งหมดของแต่ละทางเลือกมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและอภิปราย

(5) วิเคราะห์ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงในการให้ค่าคะแนน (Analyze Sensitivity to Change in Scores or Weight)

ให้ค่าน้ำหนัก โดยวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อผลของ MCA ทั้งนี้ การวิเคราะห์อาจจำเป็นต้องมีตัวแปรที่ไม่ทราบหรือทราบไม่แน่ชัดอย่างมาก และมีความสำคัญต่อการดำเนินการของบางทางเลือกที่เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ถูกเลือก หรือถ้าผู้ตัดสินใจหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโต้แย้งเกี่ยวกับการให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบวิธีการประเมินทางเลือกที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2. 3 เปรียบเทียบวิธีการประเมินทางเลือกที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
Trend Analysis and Extrapolation	(1) สามารถประเมินผลกระทบสะสมได้ดีในกรณีที่มีการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่องยาวนาน	(1) ต้องการข้อมูลที่ต่อเนื่องและยาวนานมากพอ (2) วิเคราะห์ยุ่งยาก หากขาดข้อมูลที่จำเป็น จะต้องใช้วิธีทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์และแปลความหมายของแนวโน้ม (3) มีข้อจำกัด คือ หากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในอนาคตมีความแตกต่างจากสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีต หรือมีวิกฤตการณ์เกิดขึ้นย่อมทำให้การคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตผิดพลาด (4) ส่วนใหญ่นิยมใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงระยะไม่เกิน 2 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
Matrices of Impacts and of Conflicts or Synergies	(1) ช่วยในการสรุปผลกระทบมีความชัดเจนและง่ายต่อการอธิบาย (2) สามารถนำไปปรับใช้ในการระบุผลกระทบสะสม การปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของผลกระทบ โดยเชื่อมโยงกับผลกระทบจากกิจกรรมที่หลากหลายและจากจำนวนโครงการ (3) สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอผลการประเมิน หรือผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ (4) สามารถปรับใช้ในการเปรียบเทียบทางเลือก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมได้	(1) ส่วนใหญ่นิยมใช้นำเสนอเพียงผลกระทบทางตรง (2) วิเคราะห์การปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ค่อนข้างยุ่งยาก อาจทำให้เสียเวลามาก และอาจละเลยประเด็นที่ก่อผลกระทบรุนแรงน้อย
Multi-criteria Analysis (MCA)	(1) MCA สามารถเสนอเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกันในเวลาเดียวกันได้ ซึ่งกระบวนการตัดสินใจไม่สามารถทำได้เนื่องจากขึ้นกับเกณฑ์หรือตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว (2) MCA สามารถรวบรวมมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในมุมมองที่แตกต่างมาประเมินผลร่วมกันได้ (3) MCA มีความโปร่งใสและเป็นรูปธรรม สามารถตรวจสอบได้ ทำให้ MCA สามารถช่วยให้มีช่องทางสื่อสารกับผู้มีอำนาจตัดสินใจหรือชุมชนในวงกว้างได้	(1) MCA อาจลดความมีเหตุมีผลที่ได้จากการอภิปรายทางเลือกที่หลากหลายทั้งในแง่บวกและลบ (2) MCA ไม่สามารถใช้ในการสำรวจการตัดสินใจ ในกรณีที่มีความเห็นขัดแย้งกันได้ (3) MCA อาจทำให้เกิดความเที่ยงตรงที่เป็นเท็จได้ เนื่องจาก MCA จะขึ้นกับคุณค่าการตัดสินใจอย่างมาก ซึ่งผลลัพธ์อาจถูกควบคุมโดยผู้ชำนาญการใช้ MCA ได้ง่าย

[10]

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่าการประเมินทางเลือกแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) เนื่องจาก MCA สามารถเสนอเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกันในเวลาเดียวกันได้ ซึ่งกระบวนการตัดสินใจอื่น

ไม่สามารถทำได้ เพราะขึ้นกับเกณฑ์หรือตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว และสามารถรวบรวมมุมมองที่แตกต่างกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมาประเมินผลร่วมกันได้

2) การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA)

ภาครัฐจำเป็นต้องมีการวางแผนเพื่อการบริหารจัดการจัดหาพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสมมีคุณภาพที่ดี และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ทั้งนี้ ภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสัดส่วนที่สูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นเพื่อบริหารจัดการพลังงานให้สามารถตอบสนองความต้องการอย่างเพียงพอ โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน อันส่งผลให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายของประเทศ งานวิจัยนี้จึงมุ่งทำศึกษาการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยใช้วิธีการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA) เนื่องจากการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีเป็นเรื่องเฉพาะทางและเป็นวิธีการใหม่ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการประเมินเพื่อลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีนี้

TNA คือ การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการทำให้ประเทศมีโอกาสในการติดตามความต้องการทางเครื่องมือและอุปกรณ์ใหม่ๆ และเทคนิคเฉพาะทาง รวมถึงการบริการ ตลอดจนความสามารถและทักษะต่างๆ สำหรับการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปรับตัว ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

(1) กำหนดและจำแนกตามประเภทของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการประเมิน

(1.1) ระบุรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความเป็นไปได้ จากฐานข้อมูลออนไลน์ เครือข่าย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

(1.2) จำแนกประเภทเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยวิธีการศึกษาดูงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลจากโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1.3) สรุปรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะใช้ในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) ประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีด้วยวิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA)

(2.1) กำหนดกรอบการประเมินและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

(2.2) กำหนดขอบเขตการประเมินเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยคำนึงถึงเป้าหมายในการพัฒนาประเทศและประโยชน์ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสำคัญ

(2.3) ทำการประเมินใช้เครื่องมือ TNAssess ในการประเมินและให้คะแนนเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่ละรายการ

(3) สรุปผลการประเมินเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(3.1) ทบทวนผลการประเมินเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(3.2) วิเคราะห์ผลการประเมินเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(3.3) สรุปผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลจากการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตนี้ นอกจากเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการกำหนดความสำคัญและการจัดลำดับก่อน-หลังของการดำเนินงานโครงการฯ แล้ว ยังช่วยให้เข้าใจถึงธรรมชาติ ลักษณะ และวัฒนธรรมของกลุ่มองค์กรอีกด้วย ซึ่งภาครัฐสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการจัดทำการนโยบายและแผนการสนับสนุนงบประมาณ รวมถึงกรอบการวิจัยของเทคโนโลยีด้านพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิตในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีให้สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นในแต่ละด้านของประเทศและบรรลุผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตัวอย่างการใช้วิธีการประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (TNA)</u>

ตัวอย่างที่ 1 ดร.สุชาตฯ จากศูนย์คาดการณ์เทคโนโลยีเอเปค สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ศึกษาการประเมินเทคโนโลยีเพื่อเตรียมพร้อมรับมือ Climate Change โดยดำเนินโครงการประเมินเทคโนโลยีเพื่อ

รองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (Climate Change Technology Needs Assessments for Thailand – TNA Project) [11] ซึ่งแบ่งเป็น 3 สาขา ดังนี้

1) การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการปรับตัวของภาคการเกษตร
2) การประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสร้างแบบจำลอง
3) การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ

โดยการประเมินเทคโนโลยีทั้ง 3 สาขา ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การจัดทำแผนการดำเนินงานร่วมกัน การปรึกษาหารือเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ รวมทั้งการสร้างขีดความสามารถ การประเมิน และการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี การวิเคราะห์อุปสรรคและการประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์ การจัดทำแผนปฏิบัติงาน การผลักดันให้แผนปฏิบัติเป็นส่วนหนึ่งของแผนและนโยบายด้านพลังงานของประเทศ การจัดทำข้อเสนอโครงการ และดำเนินงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้

ผลจากการศึกษานี้ พบว่า **การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการปรับตัวของภาคการเกษตรมีความต้องการจำเป็น** ดังนี้ 1) ระบบพยากรณ์และระบบเตือนภัย 2) เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธ์พืช 3) เทคโนโลยีการเกษตรที่มีความแม่นยำสูง 4) เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว 5) อาหารและโภชนาการของสัตว์ **การประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสร้างแบบจำลองมีความต้องการจำเป็น** ดังนี้ 1) ศูนย์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศระดับประเทศ 2) การรวบรวมและถ่ายทอดข้อมูลสภาพอากาศและภูมิ-อากาศ 3) เทคโนโลยีพยากรณ์อากาศ การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำและ**การประเมินเทคโนโลยีเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำมีความต้องการจำเป็น** ดังนี้ 1) การเชื่อมโยงทรัพยากรน้ำด้วยระบบท่อและคลอง และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งการแบ่งเขต (zoning) 2) การทำนายสภาพภูมิอากาศระดับฤดูกาล 3) ระบบตรวจจับและติดตามภัยน้ำท่วมและดินถล่ม

ตัวอย่างที่ 2 สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) จัดทำรายงานประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกสำหรับประเทศไทย [4] ตามข้อตกลงว่าด้วยการให้ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) ซึ่งจากรายงานดังกล่าวได้ศึกษาจัดลำดับความสำคัญด้านเทคโนโลยีสำหรับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคการจัดการพลังงาน โดยประเมินความต้องการทางเทคโนโลยี (TNA) มุ่งเน้นการระบุและประเมินผลกระทบด้านการลดผลกระทบของเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคการจัดการพลังงานโดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ซึ่งผลการจัดลำดับความสำคัญทางเทคโนโลยีได้รับการคัดเลือกและทบทวน รวมถึงปรึกษาหารือ ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้มั่นใจว่าทางเลือกเทคโนโลยีที่ได้ผ่านการพิจารณาทั้งหมด และช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของประเทศได้ ซึ่งการศึกษานี้แบ่งกลุ่มเทคโนโลยีในการบริหารจัดการด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) การจัดหาและแปรรูปพลังงาน

2) เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน

3) การปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานด้านความต้องการ

4) เทคโนโลยีพลังงานอื่นๆ

โดยมีเกณฑ์หลัก 2 เกณฑ์ ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม และเกณฑ์ผลกระทบ โดยถ่วงน้ำหนักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน ผลการจัดลำดับความสำคัญด้านเทคโนโลยีสรุปได้ดังนี้ 1) โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) 2) ของเสีย (เพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน) 3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สองและสาม 4) ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้ของภาคอุตสาหกรรม 5) การจับและเก็บคาร์บอน (CCS) โดยเทคโนโลยีที่ได้รับคัดเลือกทั้ง 5 แบบเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาและบริหารจัดการพลังงานในประเทศไทย เพื่อส่งผลประโยชน์สูงสุด เทคโนโลยีทั้งหมดข้างต้นควรได้รับการพิจารณาจากทั้งภาครัฐและเอกชน โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมเพื่อผลักดันประเทศสู่นโยบายและยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่สุด ซึ่งการพัฒนาพลังงานควรมุ่งเน้นทั้งระบบซึ่งนำเทคโนโลยีทั้งหมดบูรณาการร่วมกัน เพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งปัจจุบันเป็นประเด็นที่สำคัญที่สุดในระดับประเทศและระดับนานาชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (Multi-criteria Analysis: MCA)

Alexandra และคณะ (2015) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินทางเลือกแบบหลายเกณฑ์ของทางเลือกด้านนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของภาคอุตสาหกรรมในประเทศ

รัสเซีย ด้วยวิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ร่วมกับ PROMETHEE โดยมีทางเลือกด้านนโยบาย คือ การงานดำเนินตามปกติ (BAU) (ไม่ปรับเปลี่ยนนโยบาย) 1 ทางเลือก และการสนับสนุนจากรัฐบาล 6 ทางเลือก และใช้เกณฑ์ในการประเมิน ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านเศรษฐกิจ 2 ประเด็น เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม 2 ประเด็น เกณฑ์ด้านสังคม 2 ประเด็น และเกณฑ์ด้านการลงทุน 2 ประเด็น จากผลการประเมินพบว่า ทางเลือกด้านนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของภาคอุตสาหกรรมในประเทศรัสเซียที่เหมาะสมที่สุด คือ การอุดหนุนต้นทุนในการดำเนินการทำสัญญากับบริษัทที่ให้บริการด้านพลังงาน [12]

Semih O¨ nu¨t และคณะ (2008) ศึกษาเกี่ยวการประเมินทางเลือกแบบหลายเกณฑ์ (Multiple criteria evaluation) เพื่อคัดเลือกทางเลือกด้านพลังงานของอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศตุรกีที่เหมาะสมที่สุด ด้วยวิธีการตัดสินใจที่พิจารณาหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making: MCDM) ร่วมกับกระบวนการโครงขายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Network Process (ANP)) โดยมีทางเลือกด้านพลังงาน คือ ถ่านหิน ไฟฟ้า น้ำมัน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และก๊าซธรรมชาติ และใช้เกณฑ์ในการประเมิน ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 3 ประเด็น ด้านโอกาส 2 ประเด็น ด้านต้นทุน 1 ประเด็น และด้านความเสี่ยง 3 ประเด็น จากผลการประเมินพบว่า ทางเลือกด้านพลังงานของอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศตุรกีที่เหมาะสมที่สุด คือ พลังงานไฟฟ้า [13]

2.2.2 การประเมินความต้องการจำเป็นด้านเทคโนโลยี (Technology Need Assessment: TNA)

National Environment Commission Royal Government of Bhutan (2013) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี ใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้ง 35 ภาคส่วน โดยการประเมินจะแบ่งเป็น 3 ภาคส่วนหลัก คือ 1) การกำจัดขยะ/ของเสีย 2) การคมนาคมขนส่ง 3) อุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง และใช้เกณฑ์ต่างๆ ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านผลกระโยชน์ 2 ประเด็น เกณฑ์ด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนประจก 1 ประเด็น เกณฑ์ด้านควาเหมาะสม 1 ประเด็น และเกณฑ์ด้านต้นทุน 1 ประเด็น จากพบการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นของประเทศภูฏานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง อันดับแรก คือ อาคารประหยัดพลังงาน (Construction of energy efficient infrastructure) [8]

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (2555) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) ซึ่งมีบทบาทความสำคัญในการ

กำหนดแนวทางการพัฒนาประเทศของประเทศกำลังพัฒนา โดยการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) มุ่งเน้นการระบุและประเมินผลกระทบด้านการลดผลกระทบของเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคการจัดการพลังงาน โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีด้านพลังงาน 29 เทคโนโลยี จาก 4 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ 1) การจัดหาและแปรูปพลังงาน 2) เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy Technologies: RETs) 3) การปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานด้านความต้องการ และ 4) เทคโนโลยีพลังงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และมีเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง 10 เกณฑ์ ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านความพร้อม 8 ประเด็น และเกณฑ์ด้านผลกระทบ 2 ประเด็น ที่ถูกนำมาใช้และให้น้ำหนักเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานทั้งหมด เพื่อหาเทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นสูงสุด ทั้งนี้ในภาคอุตสาหกรรมได้ทำการประเมินการพัฒนาประสิทธิภาพทางพลังงานตามความต้องการ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้ มอเตอร์ และตัวขับ (Motor & Drive) ระบบเผาไหม้ (Combustion) ระบบทำความเย็น (Chiller) และเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของภาคอุตสาหกรรม พบว่าประเทศไทยควรสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบเผาไหม้มากที่สุด [4]

National Council on Climate Change of Indonesia (2012) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) โดยใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญทางเทคโนโลยี และการประเมินออกเป็น 3 ภาค คือ 1) ภาคป่าไม้ 2) ภาคพลังงาน 3) ภาคของเสีย/ขยะ และรวบรวมข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินในภาคพลังงาน ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านต้นทุน 2 ประเด็น และเกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 6 ประเด็น จากพบการประเมินพบว่า ประเทศอินโดนีเซียมีความต้องการจำเป็นและจัดลำดับเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรม พบว่ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (efficient electric motor) มีความสำคัญสูงสุด [7]

Ministry of Environment and Renewable Energy Srilanka (2011) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี โดยแบ่งเป็น 3 ภาคเศรษฐกิจที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก คือ ภาคพลังงาน ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และในส่วนของภาคอุตสาหกรรมจะใช้เกณฑ์ในการประเมินประกอบด้วย เกณฑ์ด้านต้นทุน 2 ประเด็น เกณฑ์ด้านผลประโยขน์ 12 ประเด็น จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคอุตสาหกรรมของประเทศศรีลังกา 3 อันดับแรก คือ 1) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (Energy Efficient Motors) 2) อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Variable Speed Drivers for motors) 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass residue based cogeneration combined heat and power (CHP)) ตามลำดับ [9]

Department of Science and Technology South Africa (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี และการประเมินออกเป็น 3 ภาค คือ 1) ภาคพลังงาน ประกอบด้วย ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรม และภาคการจัดการของเสีย 2) ภาคเกษตรกรรม 3) ภาคขนส่ง ซึ่งใช้วิธี Multi-Criteria Analysis (MCA) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และในส่วนของภาคอุตสาหกรรมจะใช้เกณฑ์ในการประเมิน ประกอบด้วย เกณฑ์ด้านการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกณฑ์ด้านความสอดคล้องกับเป้าหมายของประเทศและศักยภาพตลาด เกณฑ์ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ จากผลการประเมินพบว่า เทคโนโลยีที่มีความต้องการจำเป็นในภาคอุตสาหกรรมของประเทศแอฟริกาใต้ คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ [14]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ของภาคอุตสาหกรรม สามารถสรุปแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทางเลือกด้านพลังงานจากหลายเกณฑ์ของภาคอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
Alexandra Bratanovaa และคณะ (2015)	MCA และ PROMETHEE	ประกอบด้วย 4 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านเศรษฐกิจ 2 ประเด็น (1) งบประมาณดำเนินงาน (2) ค่าใช้จ่ายของภาคอุตสาหกรรม 2) เกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม 2 ประเด็น (1) การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (2) การลดการปล่อย CO_2 3) เกณฑ์ด้านสังคม 2 ประเด็น (1) การลดต้นทุนการผลิตและราคาสินค้า (2) เพิ่มการจ้างงานในภาคอุตสาหกรรม 4) เกณฑ์ด้านการลงทุน 2 ประเด็น (1) การเพิ่มการลงทุน (2) แนวโน้มการทุจริต	การสนับสนุนจากรัฐบาลโดยให้รัฐบาลอุดหนุนต้นทุนในการดำเนินการทำสัญญากับบริษัทที่ให้บริการด้านพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
Semih O¨ nu¨t และคณะ (2008)	MCDM และ ANP	ประกอบด้วย 4 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 3 ประเด็น (1) เชิงเศรษฐกิจ (2) เชิงเทคโนโลยี (3) อื่นๆ 2) เกณฑ์ด้านโอกาส 2 ประเด็น (1) เชิงเศรษฐกิจ (2) เชิงการเมือง 3) เกณฑ์ด้านต้นทุน 4) เกณฑ์ด้านความเสี่ยง 3 ประเด็น (1) เชิงสิ่งแวดล้อม (2) เชิงการเมือง (3) อื่นๆ	พลังงานไฟฟ้า
National Environment Commission Royal Government of Bhutan (2013)	MCA	ประกอบด้วย 4 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 3 ประเด็น (1) เศรษฐกิจ (2) สิ่งแวดล้อม (3) สังคม 2) เกณฑ์ด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือน 3) เกณฑ์ด้านความเหมาะสม	อาคารประหยัดพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
		(1) ความพร้อมสำหรับภาคอุตสาหกรรม (2) ศักยภาพในการใช้ประโยชน์ (3) เกณฑ์ด้านต้นทุน	
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (2555)	MCA	ประกอบด้วย 2 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านความพร้อม 8 ประเด็น คือ (1) นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (2) ต้นทุนและประโยชน์ (3) แนวโน้มระยะสั้น (4) โครงสร้างการบริหารจัดการ (5) ความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ (6) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (7) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศไทย (8) สถานการณ์ปัจจุบันด้านเทคโนโลยีของประเทศที่พัฒนาแล้ว	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบเผาไหม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
		2) เกณฑ์ด้านผลกระทบ 2 ประเด็น (1) ผลกระทบด้านอื่นๆ อาทิ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (2) การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	
National Council on Climate Change of Indonesia (2012)	MCA	ประกอบด้วย 2 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านต้นทุน 2 ประเด็น คือ (1) ต้นทุนของเงินทุน (2) ความมั่นคงทางการเงิน 2) เกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 6 ประเด็น คือ (1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (2) ความสอดคล้องกับนโยบาย/กฎระเบียบสากล (3) ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี (4) ผลกะทบด้านสิ่งแวดล้อม (5) การพัฒนาเศรษฐกิจ (6) การพัฒนาสังคม	มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
Ministry of Environment and Renewable Energy Srilanka (2011)	MCA	ประกอบด้วย 2 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านต้นทุน 2 ประเด็น คือ (1) เงินลงทุนเริ่มแรก/การลด CO_2 (2) ต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษาต่อปี 2) เกณฑ์ด้านผลประโยชน์ 12 ประเด็น (1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตเทคโนโลยี (2) ความน่าเชื่อถือและความทนทาน (3) นโยบาย/ภาษีสนับสนุน (4) โอกาสทางธุรกิจ (5) ความปลอดภัยและสุขอนามัย (6) ความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสังคม (7) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตเทคโนโลยี (8) ผลประโยชน์จากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2) อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารอ้างอิง	วิธีการประเมิน	เกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์	ผลการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้านพลังงานในภาคอุตสาหกรรม
		(9) มลพิษในน้ำเสีย (10) ของเสีย/ขยะมูลฝอย (11) คุณภาพอากาศ/เสียง/ฝุ่น (12) ของเสียอันตราย	
Department of Science and Technology South Africa (2007)	MCA	ประกอบด้วย 3 เกณฑ์ ดังนี้ 1) เกณฑ์ด้านการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) เกณฑ์ด้านความสอดคล้องกับเป้าหมายของประเทศและศักยภาพตลาด 3) เกณฑ์ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพ	การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปการนำข้อมูลที่ได้จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี มักใช้ควบคู่กับวิธีการประเมิน Multi-Criteria Analysis (MCA) และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินมีทั้งเกณฑ์คล้ายคลึงและแตกต่างกันตามความต้องการจำเป็นและสภาพปัจจุบันของแต่ละประเทศ ทั้งนี้ เพื่อให้การประเมินความต้องการจำเป็นทางเทคโนโลยี (TNA) ของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทย มีความครบถ้วนและเหมาะสม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เกณฑ์จากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ซึ่งมีความครอบคุลมและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนวิจัยการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) เทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

1.1) รายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมและอ้างอิงรายการเทคโนโลยีเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตจากเอกสาร Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change ของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme – UNDP) และฝ่ายเลขานุการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
กลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน (Alternative/ Renewable Energy)	การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric heating: controls, gas conversion)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เตาเผาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง (High-efficiency furnaces and boilers)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Micro-cogeneration systems (1 kw; e.g. on natural gas))	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม โดยใช้เชื้อเพลิงอาทิ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซสะอาด แสงอาทิตย์ ลม (Combined heat and power (CHP))	ขนาดเล็กและใหญ่	ระยะสั้น
	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating)	ขนาดใหญ่	ระยะสั้น
	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass for heat and power (biogas))	ขนาดเล็กและใหญ่	ระยะสั้นถึงกลาง
	ความร้อนจากยางมะตอยพื้นถนน (Heat from tarmac on roads)	ขนาดเล็กและใหญ่	ระยะกลางถึงยาว
กลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)	อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Motor Control (VFD))	ขนาดเล็กและใหญ่	ระยะกลางถึงยาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC))	ขนาดเล็ก	ระยะกลางถึงยาว
	การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)	ขนาดเล็ก	ระยะยาว
	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	ขนาดเล็ก	ระยะกลางถึงยาว
	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	ขนาดเล็ก	ระยะสั้น
กลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy saving in cement industry)	ขนาดใหญ่	ระยะสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	เทคโนโลยี	ขนาดของเทคโนโลยี[1]	ศักยภาพของเทคโนโลยี[2]
	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry)	ขนาดใหญ่	ระยะสั้นถึงกลาง
	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy Saving in Chemical Industry)	ขนาดใหญ่	ระยะสั้นถึงกลาง
	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry)	ขนาดใหญ่	ระยะสั้นถึงกลาง

หมายเหตุ

[1] ขนาดของเทคโนโลยี แบ่งเป็น 2 ขนาด ดังนี้ 1) ขนาดเล็ก หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในระดับครัวเรือนหรือชุมชน 2) ขนาดใหญ่ หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในระดับที่ใหญ่กว่าระดับครัวเรือนหรือชุมชน

[2] ศักยภาพของเทคโนโลยี แบ่งเป็น 3 ระยะ 1) ระยะสั้น หมายถึง เทคโนโลยีที่ได้รับการยืนยันว่าสามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางการตลาดที่คล้ายคลึงกัน 2) ระยะกลาง หมายถึง เทคโนโลยีก่อนใช้ในเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบตามบริบทของตลาด (ใช้เวลาอย่างน้อย 5 ปีนับก่อนเข้าสู่ตลาดอย่างเต็มรูปแบบ) 3) ระยะยาว หมายถึง เทคโนโลยีที่อยู่ในระหว่างวิจัยและพัฒนาหรือเทคโนโลยีต้นแบบ

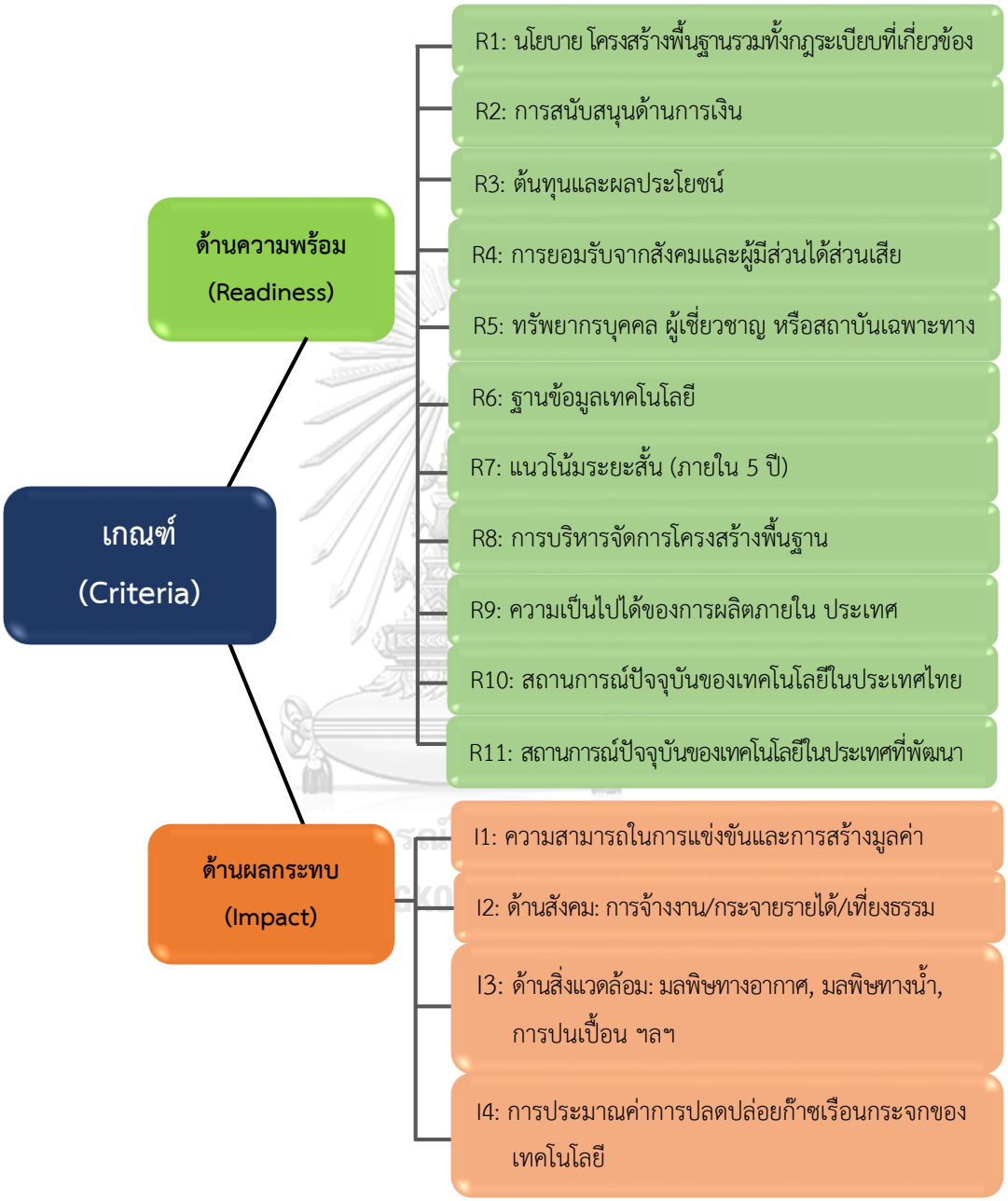
1.2) ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรายการเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จากรายงานและเอกสารเผยแพร่ของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน แสดงดังภาคผนวก ก

2) วิธีการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) โดยอ้างอิงเกณฑ์ตามเอกสาร Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation ของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ซึ่งการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) มีแสดงขั้นตอนดังนี้

2.1) *ระบุเกณฑ์การประเมิน (Identify Assessment Criteria)* ประกอบด้วยเกณฑ์หลัก 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ด้านความพร้อม (Readiness) 11 ประเด็น และเกณฑ์ด้านผลกระทบ (Impact) 4 ประเด็น แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

2.2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญของเกณฑ์ (ให้ค่าน้ำหนัก) (Analyze Relative Importance of Criteria (Weighting)) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเปรียบเทียบกัน และให้ค่าน้ำหนักตามความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละประเด็น ซึ่งแบ่งค่าน้ำหนักความสำคัญเป็น 1-3 ระดับ ดังนี้

1 หมายถึง ประเด็นนี้มีความคำคัญน้อย

2 หมายถึง ประเด็นนี้มีความคำคัญปานกลาง

3 หมายถึง ประเด็นนี้มีความคำคัญมาก

จากผลการประเมิน สามารถคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ ดังสมการต่อไปนี้

(1) ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (a)

$$\overline{V_{R_i}} = \frac{\sum V_{R_i}}{n} \quad \text{.....(a)}$$

เมื่อ V_{R_i} คือ ค่าความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

$\overline{V_{R_i}}$ คือ ค่าเฉลี่ยความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i, คะแนน

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินค่าความสำคัญของเกณฑ์, คน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น (ประเด็นที่ 1-11)

งานวิจัยนี้ให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและด้านผลกระทบเท่ากัน ซึ่งมีจำนวนประเด็นไม่เท่ากัน จึงต้อง Normalization ดังสมการต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (b)

$$W_{R_i} = \frac{\overline{V_{R_i}}}{\sum \overline{V_{R_i}}} \quad \text{.....(b)}$$

เมื่อ W_{R_i} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ที่ Normalization แล้ว, คะแนน

i คือ เกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็น

ทั้งนี้ การคำนวนด้านผลกระทบสามารถคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ดังสมการที่ (a) – (b)

2.3) ดำเนินการวิเคราะห์ (หรือให้ค่าคะแนน) (Analyze Performance (Scoring)) ด้วยวิธีการประเมินโดยตรงจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งงานวิจัยยนี้ได้กำหนดค่าคะแนนเป็น 1-5 คะแนน โดยมีความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 3.2 ความหมายของคะแนนในแต่ละเกณฑ์

เกณฑ์/ประเด็น	ความหมายของคะแนน
ด้านความพร้อม (Readiness)	
R1: นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	
5	**มีนโยบาย**และ**กฎระเบียบ**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**อย่างแข็งขัน** และ**ประกาศเป็นวาระแห่งชาติ**
4	**มีนโยบาย**และ**กฎระเบียบ**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และ**มีแผนที่ชัดเจน**
3	**มีนโยบาย**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่สอดคล้องโดยตรง** และ**กำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ**
2	**มีนโยบาย**สนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ที่สอดคล้องโดยตรง** แต่**ไม่มีกฎระเบียบรองรับ**
1	**ไม่มี**นโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R2: การสนับสนุนด้านการเงิน	
5	**มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางตรงอย่างแข็งขัน** จากทุกแหล่งทุน
4	**มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางตรง** จากทุกแหล่งทุน
3	**มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**ทางอ้อม** จากทุกแหล่งทุน
2	**มี**การสนับสนุนด้านการเงิน**อย่างไม่ต่อเนื่อง เช่น รายโครงการ**
1	**ไม่มี**การสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย
R3: ต้นทุนและผลประโยชน์	
5	เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**สูงมาก** โดย**ปราศจากกลไกใดๆ**
4	เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**สูงมาก** โดยมี**กลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น**
3	เทคโนโลยีนี้**มี**ผลตอบแทนจากการลงทุน**ปานกลาง** โดยมี**กลไกบางอย่าง**
2	เทคโนโลยีนี้**ไม่คุ้มค่า**ต่อการลงทุน ใน**บางสถานการณ์**
1	เทคโนโลยีนี้**ไม่คุ้มค่า**ต่อการลงทุน ใน**ทุกสถานการณ์**
R1: การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	
5	เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ทั้ง**ภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน**

เกณฑ์/ประเด็น	ความหมายของคะแนน
4	เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้ง**ภาครัฐบาล และท้องถิ่น**
3	เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้ง**ภาครัฐบาล และประชาชน**
2	เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจาก**ภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว**
1	เทคโนโลยีนี้**ไม่ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย**ทุกภาคส่วน**
R5: ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง	
5	**มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมต่อกัน)
4	**มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ (≥ 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน)
3	**มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อย** (≥ 10 คน)
2	**มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อยมาก** (< 10 คน)
1	**ไม่มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย
R6: ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	
5	**มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่**สมบูรณ์** และ**เปิดให้ผู้ใช้งานทุกคน**สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
4	**มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่**สมบูรณ์** และ**มีผู้ใช้งานแค่บางส่วน**สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
3	**มี**ฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้**บางส่วน (ไม่สมบูรณ์)**
2	**มี**ข้อมูลเทคโนโลยีนี้**บางส่วน**
1	**ไม่มี**ข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย
R7: แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	
5	ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ใน**อัตราเติบโตสูงมาก**
4	ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ใน**อัตราเติบโต**

Chulalongkorn University

เกณฑ์/ประเด็น	ความหมายของคะแนน
3	ประเทศไทย**มีแนวโน้ม**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
2	ประเทศไทย**มีความเป็นไปได้**ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้**น้อย**
1	ประเทศไทย**ไม่มี**ความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
R8: การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	
5	**มี**ระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่**ดีมากอย่างครบถ้วน**
4	**มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่**ดี**
3	**มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้**ปานกลาง**
2	**มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน**บางส่วน**ที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
1	**ไม่มี**การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R9: ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	
5	**มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**สูงมาก (100%)**
4	**มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**สูง (>90%)**
3	**มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**ปานกลาง (10-90%)**
2	**มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ**ต่ำ (<10%)**
1	**ไม่มี**ความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ **(0%)**
R10: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย	
5	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจาย**อย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง**
4	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง**
3	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**บางพื้นที่**
2	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**บางพื้นที่ ที่มีปัญหา**
1	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**ระยะเริ่มต้น**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์/ประเด็น	ความหมายของคะแนน
R11: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	
5	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจาย**อย่างเต็มที่**ไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศที่พัฒนาแล้ว**
4	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
3	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไป**บางพื้นที่ ในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
2	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายใน**บางพื้นที่ ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว**
1	สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้**เพิ่งเริ่มมี**การกระจาย**ในประเทศที่พัฒนาแล้ว**
ด้านผลกระทบ (Impact)	
I1: ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	
5	เทคโนโลยีนี้**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ** โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาด**สูงมาก**
4	เทคโนโลยีนี้สามารถ**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ** โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาด**สูง**
3	เทคโนโลยีนี้**ไม่มี**ผลต่อการ**แข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ** โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาด**น้อย**
2	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสียบางประการ**ในด้านเศรษฐกิจของประเทศ**บางส่วน**
1	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสีย**ต่อเศรษฐกิจของประเทศ
I2: ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม	
5	เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**เพิ่มขึ้นมาก**
4	เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น**
3	เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ**
2	เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อย**
1	เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์/ประเด็น	ความหมายของคะแนน
I3: ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	
5	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**
4	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
3	เทคโนโลยีนี้**ไม่มีผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**อย่างมีนัยสำคัญ/ไม่เพิ่ม**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม
2	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และ**เกิด**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
1	เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และ**เกิด**มลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**

[4]

2.4) ให้ค่าน้ำหนักหลายครั้งและให้คะแนนในแต่ละทางเลือก (Multiply Weight and Scores for Each of the Options) ให้ค่าน้ำหนักและนำผลทั้งหมดของแต่ละทางเลือกมาทำการวิเคราะห์

จากผลการประเมิน สามารถคำนวณคะแนนดิบเฉลี่ยที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละประเด็นของแต่ละเทคโนโลยี ดังสมการต่อไปนี้

(1) คำนวณคะแนนดิบเฉลี่ยที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละประเด็นของแต่ละเทคโนโลยี ดังสมการที่ (c)

$$\overline{X_{R_i T_k}} = \frac{\sum X_{R_i T_k}}{n_{T_k}} \quad \text{.....(c)}$$

เมื่อ $X_{R_i T_k}$ คือ ค่าคะแนนดิบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

$\overline{X_{R_i T_k}}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนดิบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k , คะแนน

T_k คือ รายการเทคโนโลยีที่ k

kk คือ เทคโนโลยีแต่ละรายการ

n_{T_k} คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีรายการที่ k, รายการ

(2) คำนวณคะแนนของแต่ละเทคโนโลยีในแต่ละประเด็น ดังสมการที่ (d)

$$Y_{R_iT_k} = \overline{X_{R_iT_k}} \quad x \quad W_{R_i} \text{ .....(d)}$$

เมื่อ $Y_{R_iT_k}$ คือ คะแนนของแต่ละเทคโนโลยีของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นที่ i ของรายการเทคโนโลยีที่ k k , คะแนน

(3) ผลรวมคะแนนด้านความพร้อมในแต่ละเทคโนโลยี ดังสมการที่ (e)

$$Z_{RT_k} = \sum Y_{R_iT_k} \text{ .....(e)}$$

เมื่อ Z_{RT_k} คือ ผลรวมคะแนนด้านความพร้อมในเทคโนโลยีที่ k, คะแนน

ทั้งนี้ การคำนวนด้านผลกระทบสามารถคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน ดังสมการที่ (c) – (e) จากนั้นนำผลที่ได้จากสมการมาจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี

3) คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีพลังงาน

งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินต้องมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

3.1) เป็นบุคลากรที่ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีพลังงาน โดยพิจารณาจากผลการดำเนินงานและ/หรือผลการดำเนินการวิจัยที่แล้วเสร็จ อย่างน้อย 3 ผลงาน

3.2) เป็นบุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานในหน่วยงานที่ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพลังงาน อย่างน้อย 2 ปี

4) เก็บข้อมูลและรวบรวมผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

4.1) จัดทำแบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบประเมินโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและสามารถทำการประเมินได้ โดยมีรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จำนวนรวม 21 รายการ

(2) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและให้ค่าน้ำหนักเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบทั้ง 14 ประเด็น

(3) ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและให้ค่าคะแนนในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีตามรายการที่เลือกในข้อ (1)

ทั้งนี้ รายละเอียดแบบประเมิน ดังภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2) ส่งแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จากทั้งหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา และเอกชนที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3) จำนวนรวมอย่างน้อย 30 คน

3.1.2 วิเคราะห์ผล

1) ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

1.1) จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีจำแนกตามสังกัดหน่วยงาน

1.2) จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ

2.1) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ ในภาพรวม

2.2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ แยกตามหน่วยงานสังกัด

2.3) ผลเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ

3) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

3.1) ผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

3.2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

(1) แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

(2) การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

(3) การวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีผลกระทบสูง (gap analysis)

(4) กรณีศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ ดังนี้

(4.1) กรณีศึกษาที่ 1 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

(4.2) กรณีศึกษาที่ 2 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

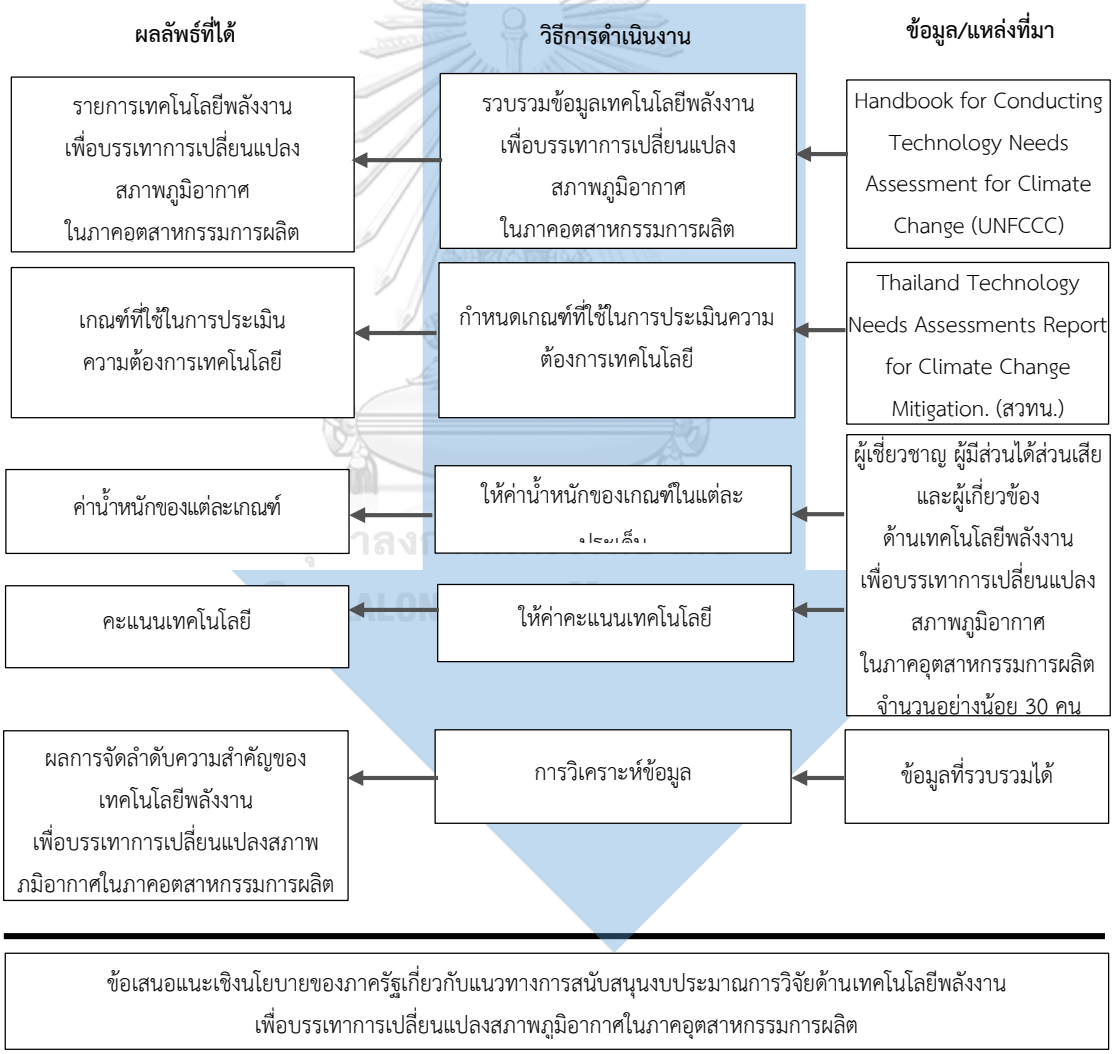
(4.3) กรณีศึกษาที่ 3 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

(4.4) กรณีศึกษาที่ 4 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

(4.5) กรณีศึกษาที่ 5 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

(5) เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในกรณีศึกษาต่างๆ

3.2 แผนผังการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายข้อมูล

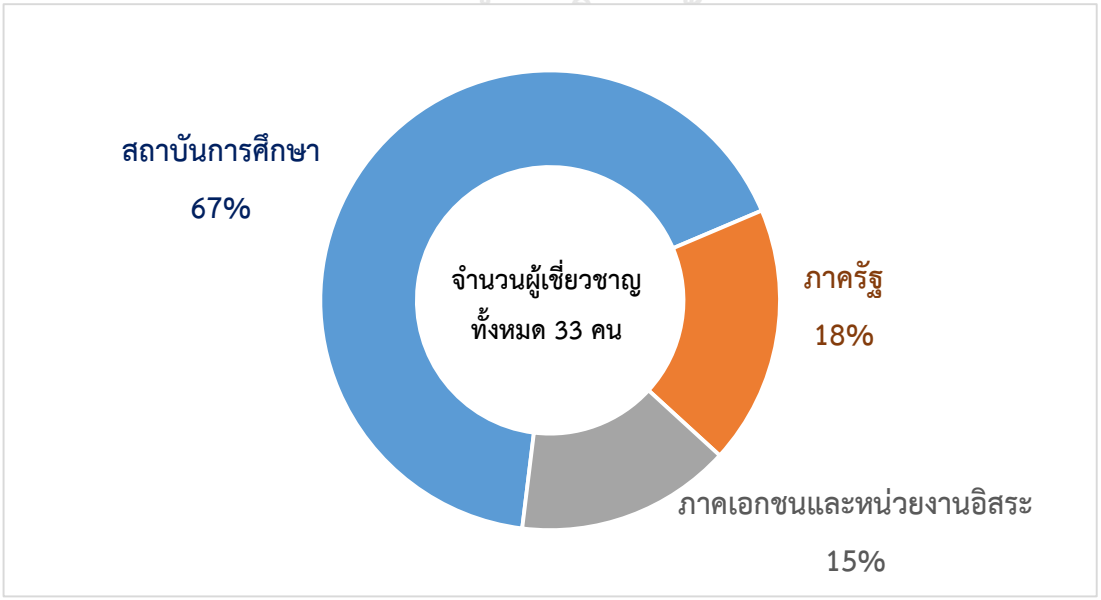
งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตจากผู้เชี่ยวชาญ

งานวิจัยนี้มีจำนวนผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ทำการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จำนวนทั้งหมด 33 คน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีจำแนกตามสังกัดหน่วยงาน

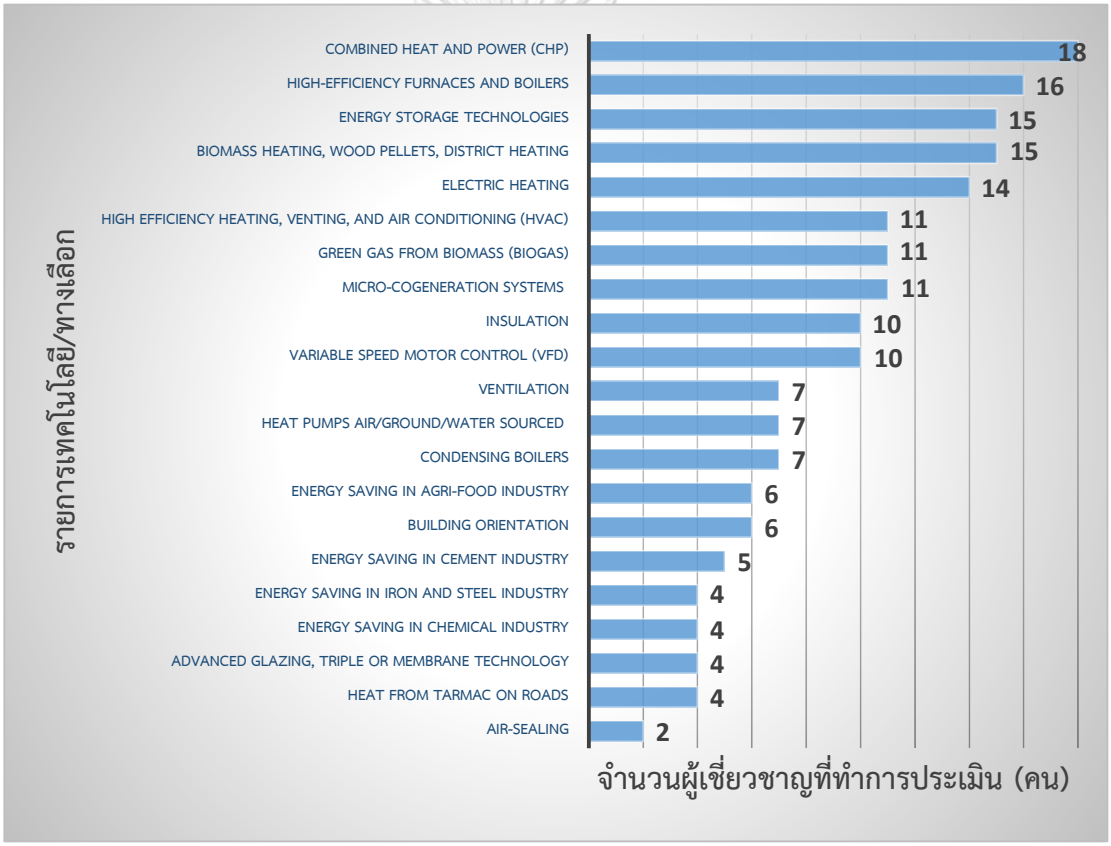
ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินจำแนกตามสังกัดหน่วยงาน 3 ภาคส่วน คือ (1) สถาบันการศึกษา จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 67 จากจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินทั้งหมด (2) ภาครัฐ จำนวน 6 คน (ร้อยละ 18) และภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ จำนวน 5 คน (ร้อยละ 15) แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีจำแนกตามหน่วยงานสังกัด

4.1.2 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเทคโนโลยีสามารถเลือกทำการประเมินเทคโนโลยีที่มีความเชี่ยวชาญและสามารถทำการประเมินได้แตกต่างกันไป โดยเทคโนโลยีที่มีผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินสูงที่สุด 3 ลำดับแรก มีดังนี้ (1) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)) จำนวน 18 คน (2) เตาเผาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง (High-efficiency furnaces and boilers) จำนวน 16 คน และ (3) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating) และเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies) จำนวน 15 คนเท่ากัน รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

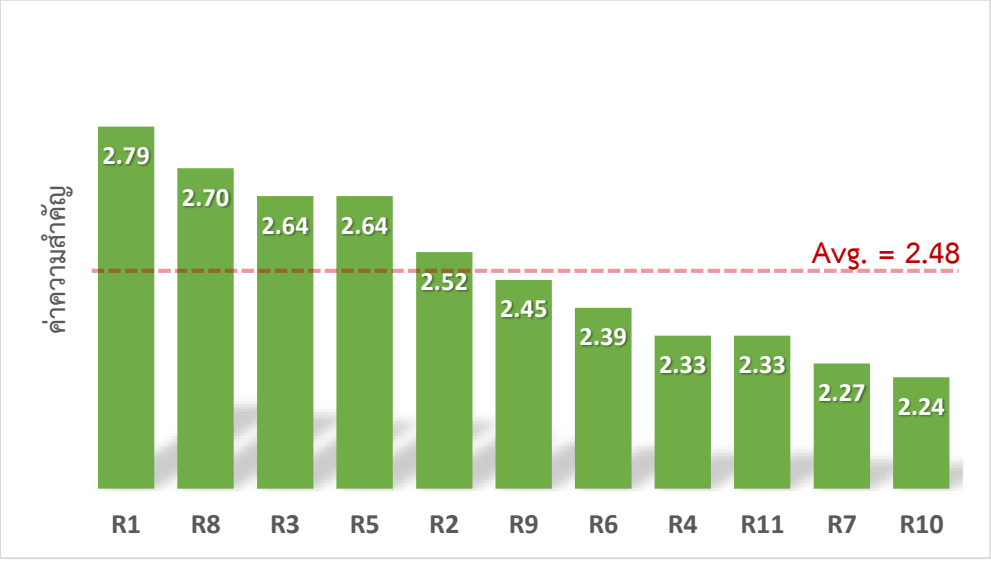
4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ

งานวิจัยนี้ ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิต พิจารณาเปรียบเทียบและให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ ในภาพรวม

1) <u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u>

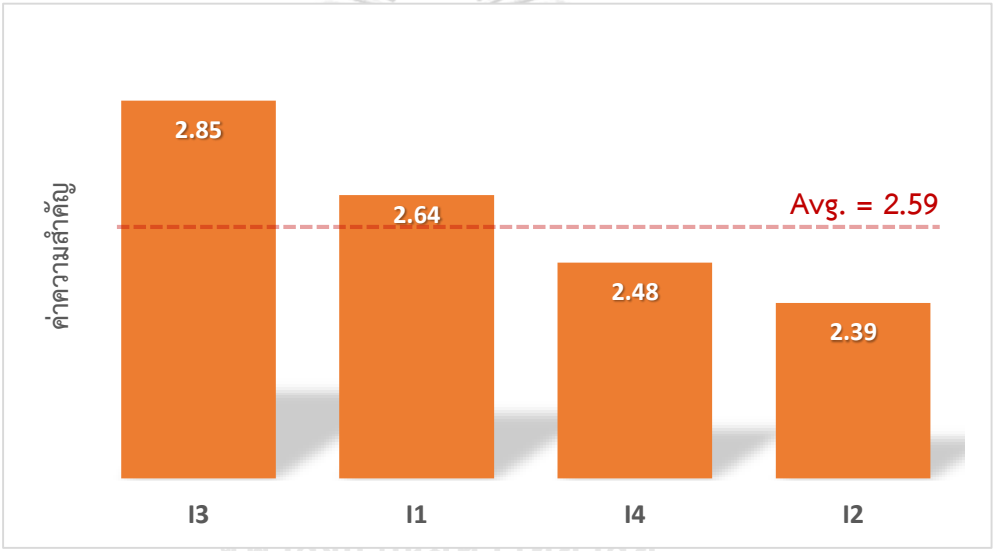
ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบายโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.79 และประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ทรัพยากรบุคคลผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และการสนับสนุนด้านการเงิน (R2) รองลงมา ซึ่งมีค่าความสำคัญรองลงมาเท่ากับ 2.70, 2.64, 2.64 และ 2.52 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.48 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) และแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.45, 2.39, 2.33, 2.33 และ 2.27 ตามลำดับ ทั้งนี้เกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.24 แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นในภาพรวม

2) <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.85 และรองลงมาคือ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.64 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.59 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.48 โดยเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.39 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นในภาพรวม

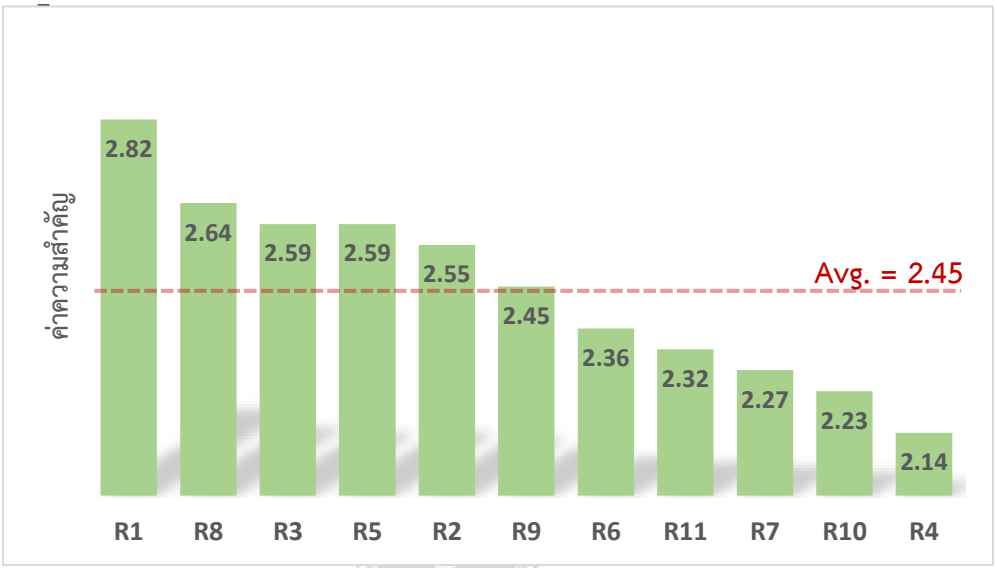
4.2.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ จำแนกตามสังกัดหน่วยงาน

1) สถาบันการศึกษา

1.1) <u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษาได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.82 และประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ซึ่งมีค่าความสำคัญรองลงมาเท่ากับ 2.64, 2.59, 2.59, 2.55 และ 2.45 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ มีค่า

เท่ากับ 2.45 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.36, 2.32, 2.27 และ 2.23 ตามลำดับ ทั้งนี้เกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.14 แสดงดังรูปที่ 4.5

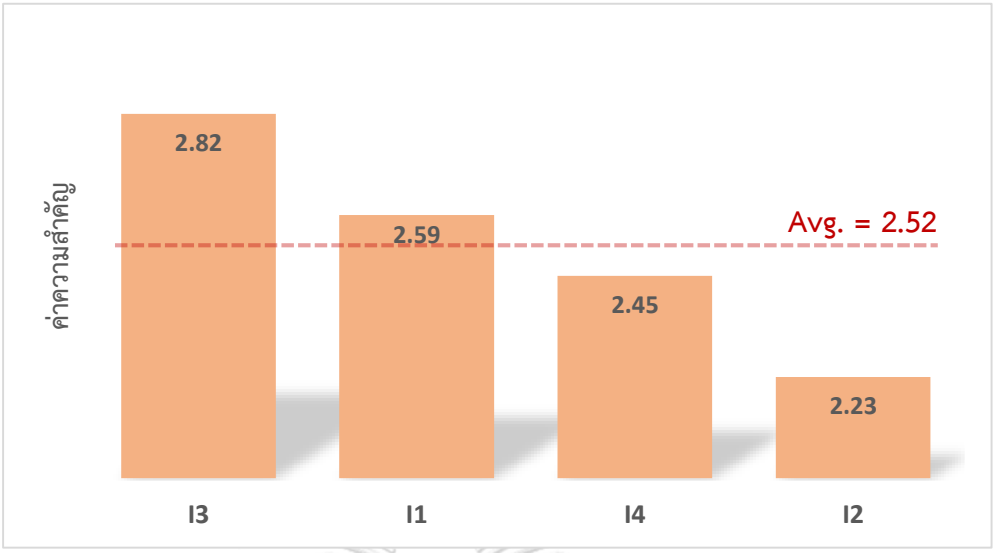


รูปที่ 4.5 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา

1.2) <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษาได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.82 และรองลงมาคือ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.59 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.52 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.45 โดยเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.33 แสดงดังรูปที่ 4.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.6 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษา

2) ภาครัฐ

2.1) <u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.83 และประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) ซึ่งมีค่าความสำคัญรองลงมาเท่ากับ 2.67 เท่ากัน ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.55 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) และแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.50 เท่ากัน ทั้งนี้เกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.33 เท่ากัน แสดงดังรูปที่ 4.7

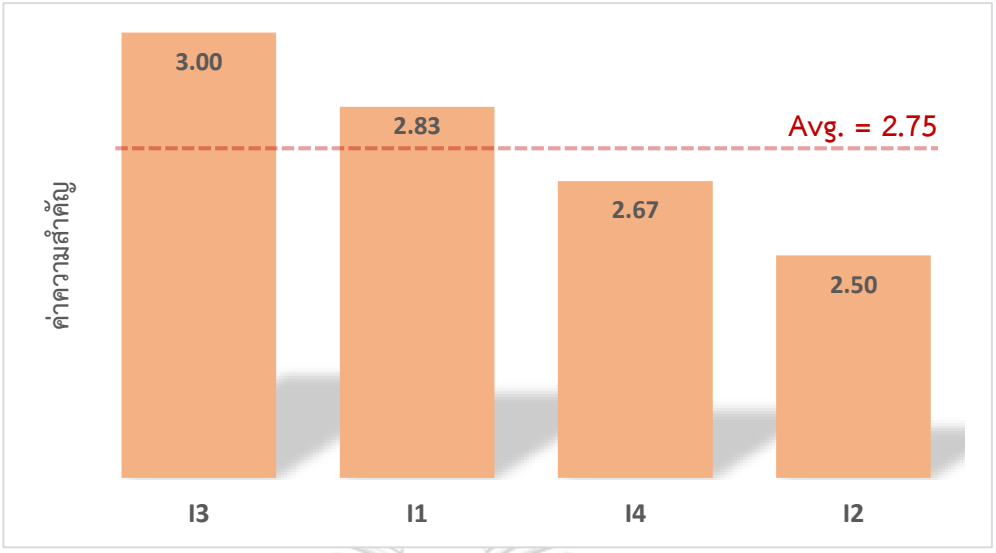
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.7 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ

2.2) <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 3.00 และรองลงมาคือ ประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.83 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.75 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.67 โดยเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.50 แสดงดังรูปที่ 4.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



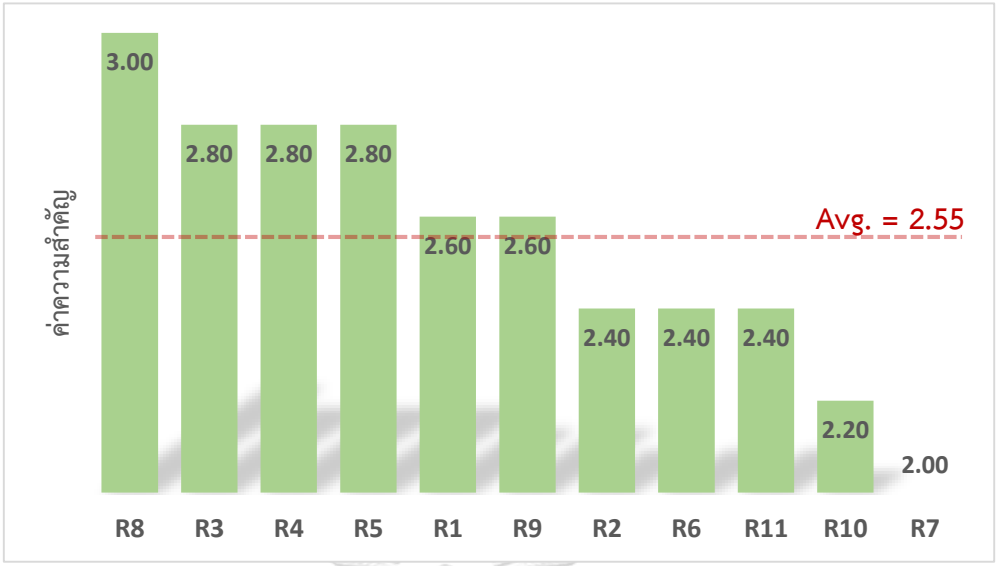
รูปที่ 4.8 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐ

3) ภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

3.1) <u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 3.00 และประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ซึ่งมีค่าความสำคัญรองลงมาเท่ากับ 2.80 เท่ากัน และประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ซึ่งมีค่าความสำคัญรองลงมาเท่ากับ 2.60 เท่ากัน ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.55 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) และและสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.40 เท่ากัน และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.20 ทั้งนี้เกณฑ์ด้านความพร้อมที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.00 แสดงดังรูปที่ 4.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

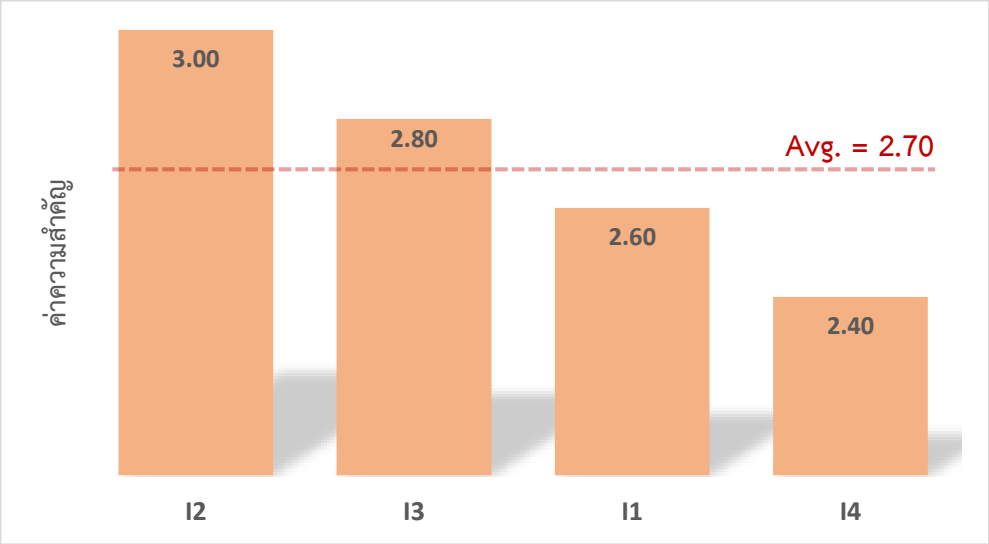


รูปที่ 4.9 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

3.2) <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u>

ผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระได้ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม (I2) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 3.00 และรองลงมาคือ ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.80 ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นต่างๆ มีค่าเท่ากับ 2.70 โดยประเด็นที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าค่าเฉลี่ยมีดังนี้ ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.60 โดยเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี (I4) ซึ่งมีค่าความสำคัญเท่ากับ 2.40 แสดงดังรูปที่ 4.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.10 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านผลกระทบในแต่ละประเด็นของผู้เชี่ยวชาญจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

4.2.3 ผลเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่าง ๆ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันการศึกษาและภาครัฐให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง (R1) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) สูงสุดเหมือนกัน ซึ่งสถาบันการศึกษาและภาครัฐเป็นหน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนนโยบาย และดำเนินงานด้วยความตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นว่า นโยบายมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานในการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสามารถช่วยลดอุปสรรคและจัดการปัญหาที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงมีส่วนสำคัญในการจูงใจผู้ที่เกี่ยวข้องในภาคอุตสาหกรรมการผลิตสนใจนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งแตกต่างจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระที่ให้ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสังคม (I2) สูงสุด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของภาคเอกชนในการตัดสินใจ โดยการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่ดี จะส่งผลให้เกิดระบบการจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม และสามารถรองรับการนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิผล

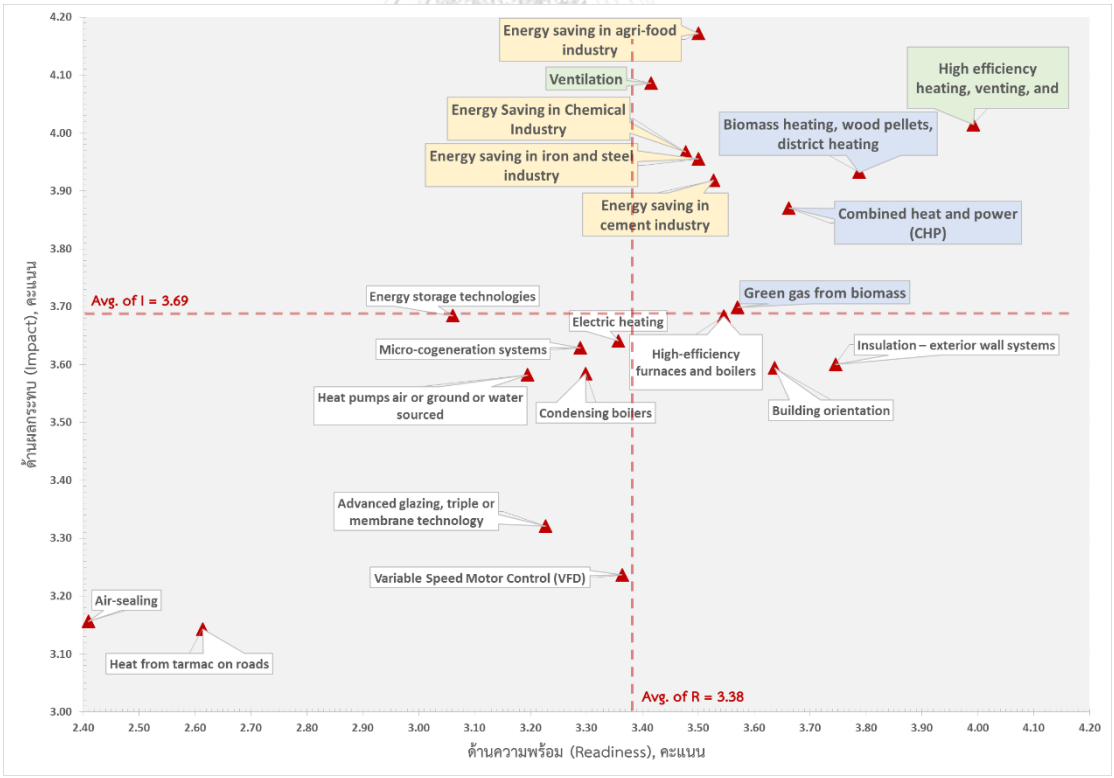
4.3 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้กำหนดให้จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ด้วยวิธีการประเมินทางเลือกจากหลายเกณฑ์ (MCA) ซึ่งรายละเอียดผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีมีดังนี้

4.3.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

1) แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

ผลรวมคะแนนทั้งด้านความพร้อมและผลกระทบที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาจัดทำเป็นแผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

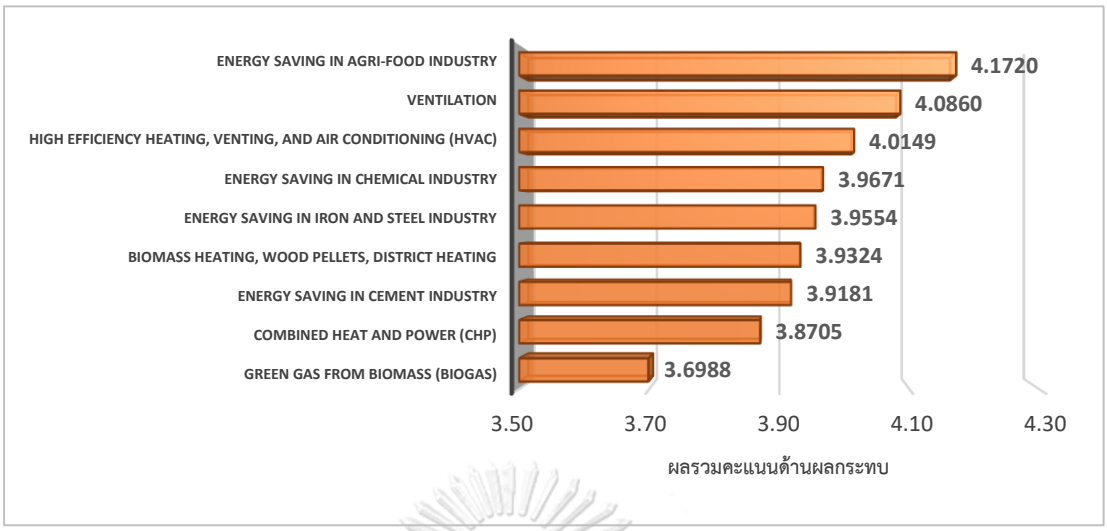
2) การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีคะแนนด้านผลกะทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย (3.69) ซึ่งจากรูปที่ 4.11 พบว่ามีจำนวนเทคโนโลยีที่มีคะแนนด้านผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมจำนวน 9 รายการ ซึ่งสามารถจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีได้ดังนี้

2.1) การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบ

ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบโดยพิจารณาจากผลรวมคะแนนด้านผลกระทบของแต่ละเทคโนโลยีใน พบว่า เทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด คือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 4.1720 คะแนน และรองลงมาคือ ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation), ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy Saving in Chemical Industry), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry), เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy saving in cement industry) และระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 4.0860, 4.0149, 3.9671, 3.9554, 3.9324, 3.9181 และ 3.8705 คะแนนตามลำดับ โดยเทคโนโลยีที่มีผลกระทบน้อยที่สุด คือ ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 3.6988 คะแนน แสดงดังรูปที่ 4.12

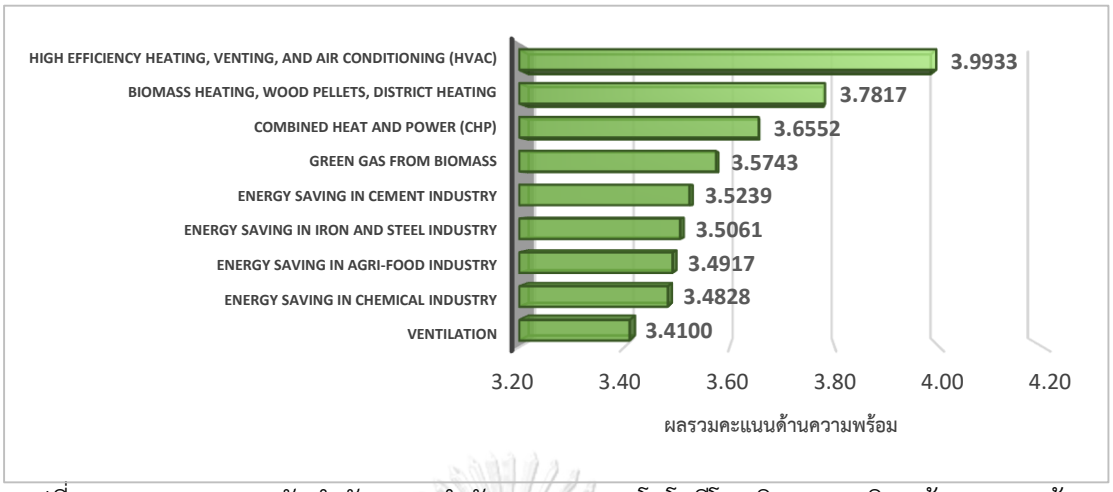
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.12 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบ

2.2) การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อม

ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อม โดยพิจารณาจากผลรวมคะแนนด้านความพร้อมของแต่ละเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงสุด คือ ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 3.9933 คะแนน และรองลงมาคือ เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating), ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)), ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy Saving in cement industry), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry), อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) และอุตสาหกรรมเคมี (Energy saving in chemical industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 3.7817, 3.6552, 3.5743, 3.5239, 3.5061, 3.4917 และ 3.4828 คะแนนตามลำดับ โดยเทคโนโลยีที่มีความพร้อมน้อยที่สุด คือ ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 3.4100 คะแนน แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อม

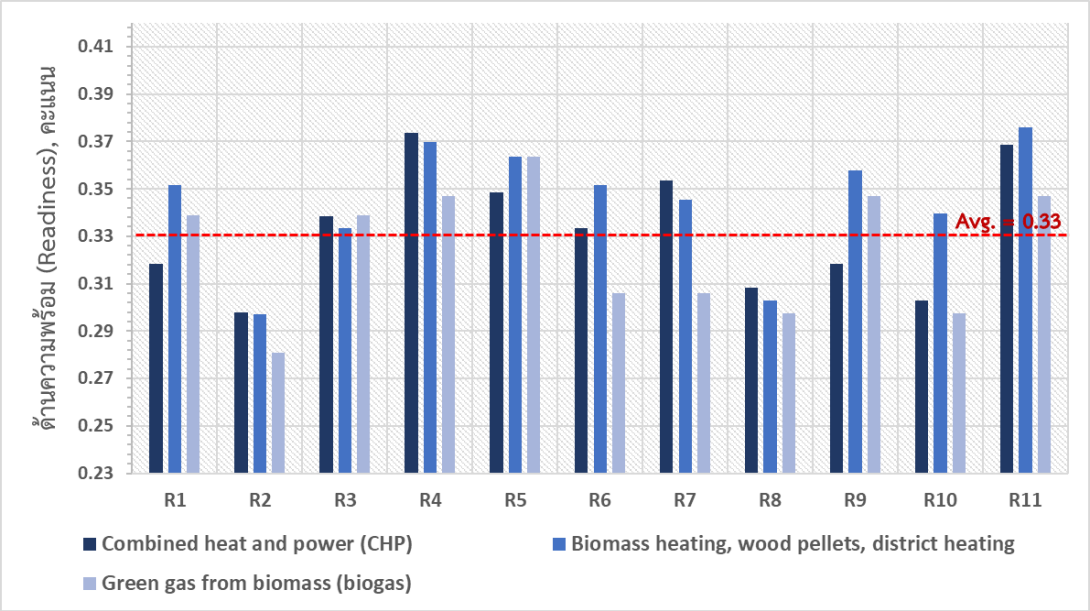
จากผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในบริบทด้านผลกระทบ พบว่า การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) มีผลกระทบสูงสุด ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารมีผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่าสูงที่สุด โดยในเดือนมกราคม 2561 อุตสาหกรรมอาหารมีภาวะการผลิต และมูลค่าการส่งออกมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ซึ่งปรับตัวตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้น [15] ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตและอาหารเกิดการปรับตัวและยกระดับกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดอาหารที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ตามแนวทางการดำเนินงานของแผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ.2555-2574 [16] ทั้งนี้ ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในบริบทความพร้อม พบว่า ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) มีความพร้อมสูงสุด โดยเทคโนโลยีดังกล่าวมีศักยภาพสูงในการประหยัดพลังงาน 30 ถึง 40% ของการใช้พลังงานโดยรวมในอาคาร และมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบกับรัฐบาลให้การสนับสนุน จึงทำให้เกิดการกระตุ้นความต้องการของตลาดมากขึ้นและนำไปสู่การนำระบบ HVAC ที่มีประสิทธิภาพสูงไปใช้มายิ่งขึ้น [17]

2.3) การวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีผลกระทบสูง (gap analysis)

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีผลรวมคะแนนด้านผลกะทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย (3.69) พบว่ามีจำนวนเทคโนโลยีที่มีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบสูงกว่าค่าเฉลี่ย จำนวน 9 รายการ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมโดยจำแนกตามประเภทของเทคโนโลยี ดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน (Alternative/Renewable Energy)

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่า เทคโนโลยีในกลุ่มมีความพร้อมสูงในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีกลุ่มนี้ได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งภาครัฐบาล และท้องถิ่น และมีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งในสถานการณ์ปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้วบางส่วนพบว่า กลุ่มเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง และประเด็นที่มีความพร้อมต่ำ คือ การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีกลุ่มนี้มีการสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนแค่ทางอ้อม และมีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีกลุ่มนี้ปานกลาง อีกทั้งสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีกลุ่มนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่เท่านั้น ทั้งนี้ จะเห็นว่าในประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ของเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ มีความพร้อมสูงมากซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยี/ทางเลือกในกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 4.14

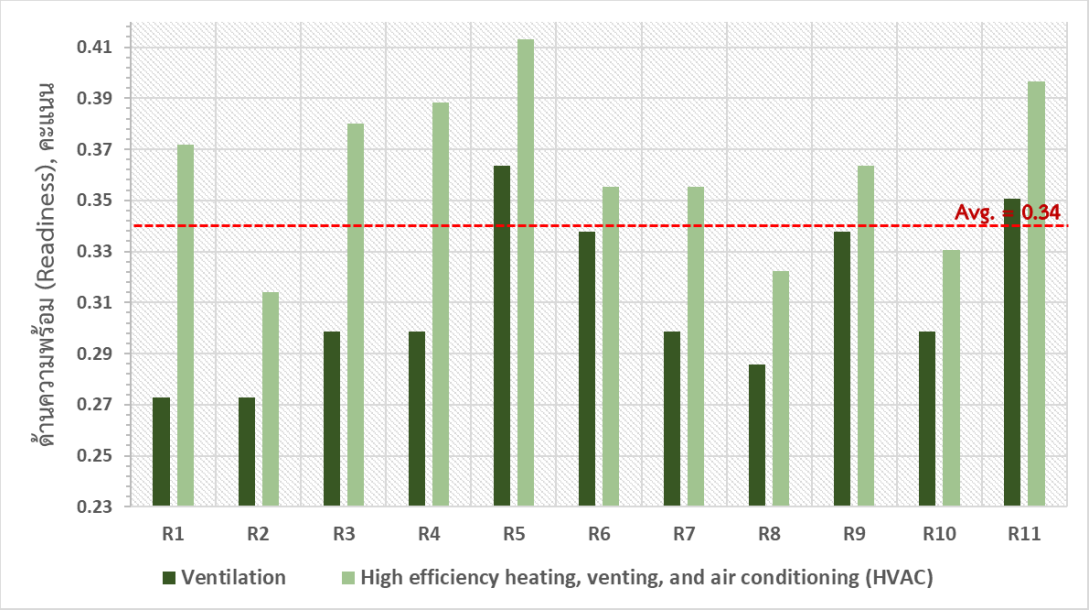


รูปที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน (Alternative/Renewable Energy)

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่า ความพร้อมในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงินของเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรมการผลิตในกลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียนต่ำ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีเพียงการสนับสนุนด้านการเงินทางอ้อม อาทิ มาตรการลดหย่อนภาษี ซึ่งมีขั้นตอนมากและใช้เวลานาน และขาดการสนับสนุนมาตรการพลังงานทดแทนเพื่อนามาใช้ในภาคความร้อนอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม และสำหรับประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่มีความพร้อมต่ำจากการขาดการวางแผนเพื่อรองรับระบบการขนส่งที่สอดคล้องกับการผลิตและการใช้ ซึ่งนโยบายด้านพลังงานทดแทนไม่สอดคล้องกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ และประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทยของก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) มีความพร้อมสูงกว่าระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)) และก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) จากสถิติการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาอุตสาหกรรมในปี 2559 พบว่า มีการใช้พลังงานจากชีวมวลสูงถึง 6,507 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ในขณะที่มีการใช้พลังงานจากไฟฟ้ารวมและก๊าซชีวภาพเพียง 6,717(พลังงานไฟฟ้าจาก CHP รวมกับแหล่งผลิตอื่นๆ) และ 593 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ [18] ประกอบกับได้รับการสนับสนุนส่งเสริมจากรัฐบาลตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 โดยวางเป้าหมายในปี 2579 ในการผลิตความร้อนจากชีวมวลสูงสุดถึง 22,100 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ [19]

(2) ผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่า เทคโนโลยีในกลุ่มมีความพร้อมสูงในประเด็นทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีกลุ่มนี้และมีปฏิสัมพันธ์กัน และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีกลุ่มนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว และประเด็นที่มีความพร้อมต่ำ คือ การสนับสนุนด้านการเงิน (R2) การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า มีการสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนให้แก่เทคโนโลยีกลุ่มนี้แค่ทางอ้อมเท่านั้น และมีการสนับสนุนเทคโนโลยีกลุ่มนี้ด้านการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในระดับปานกลาง อีกทั้งสถานการณ์ปัจจุบันมีการกระจายของเทคโนโลยีกลุ่มนี้ไปบางพื้นที่ ทั้งนี้ จะเห็นว่า เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) มีความพร้อมสูงกว่า เทคโนโลยีระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (ventilation) ในทุกประเด็น แสดงดังรูปที่ 4.15



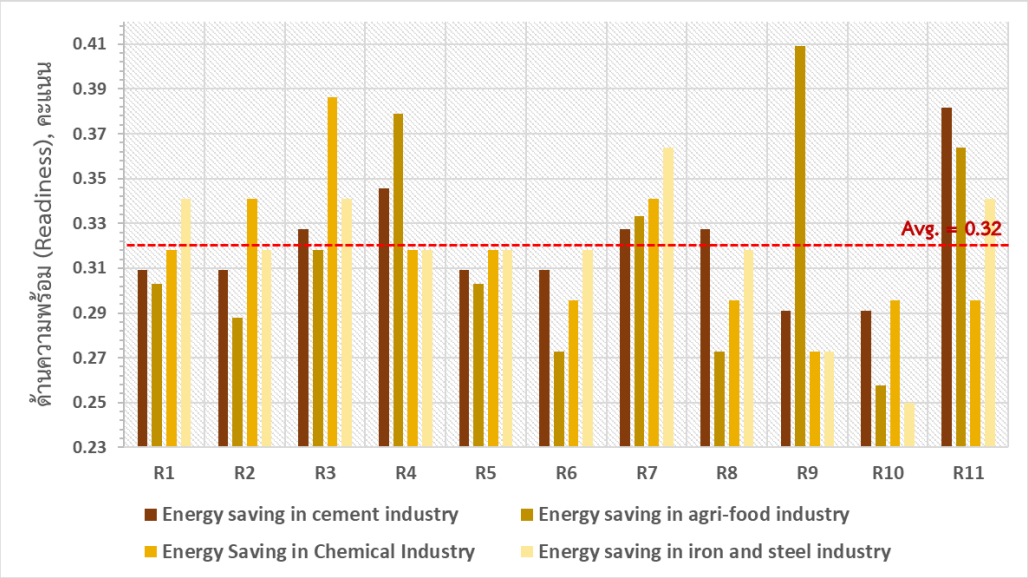
รูปที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นว่า ความพร้อมในประเด็นการสนับสนุนด้านการเงินของเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรมการผลิตในกลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)

ซึ่งภาครัฐการสนับสนุนด้านการเงินทางอ้อม อาทิ การอุดหนุนผลประหยัดในเครื่องจักรและอุปกรณ์มาตรฐาน (SOP) เงินหมุนเวียนดอกเบี้ยต่ำ (Soft loan) และการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษี (Tax Incentive) เพื่อจูงใจให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตตระหนักถึงการอนุรักษ์พลังงานในกลุ่มเทคโนโลยีดังกล่าว และประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานและประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทยมีความพร้อมต่ำ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีแผนการดำเนินงานด้านที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้จะเห็นว่าเทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ในทุกประเด็น มีความพร้อมสูงกว่าเทคโนโลยีระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation) ด้วยเทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ครอบคลุมการทำงานทั้งการทำความร้อน การระบายอากาศ และการปรับอากาศ ซึ่งทำให้เกิดประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานมากกว่าระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุมเพียงอย่างเดียว [2]

(3) ผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management)

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่า เทคโนโลยีในกลุ่มมีความพร้อมสูงในประเด็นแนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีกลุ่มนี้ไปใช้เพิ่มมากขึ้น และประเด็นที่มีความพร้อมต่ำ คือ ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง (R5) ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6) ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) และสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย (R10) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า เทคโนโลยีกลุ่มนี้มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องน้อย และมีฐานข้อมูลเพียงบางส่วนของเทคโนโลยีกลุ่มนี้ รวมทั้งมีความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศปานกลาง อีกทั้งสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีกลุ่มนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่เท่านั้น ทั้งนี้ จะเห็นว่าในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ของเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร มีความพร้อมสูงมากซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีในกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ช่องว่างด้านความพร้อมของเทคโนโลยีในกลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management)

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่า ความพร้อมในประเด็นทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญหรือสถาบันเฉพาะทาง และฐานข้อมูลเทคโนโลยีในกลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management) ต่ำ ซึ่งภาครัฐโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ได้มีการรวบรวมข้อมูลการประหยัดพลังงานในหน่วยงานภาครัฐ สถาบันอุดมศึกษาและภาคเอกชนในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นเพียงการสรุปผลการการประหยัดพลังงานแยกตามรายหน่วยงาน โดยเปิดให้บุคคลทั่วไปเข้าถึงข้อมูลเพียงบางส่วนเท่านั้น อีกทั้งด้านทรัพยากรบุคคล กระทรวงพลังงานอยู่ในระหว่างการส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาบุคลากรเพิ่มมากขึ้น และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศที่มีความพร้อมต่ำ ซึ่งการดำเนินงานในภาคอุตสาหกรรมมุ่งเน้นประโยชน์ด้านผลผลิตที่มีคุณภาพเป็นสำคัญ ประกอบกับภาครัฐมีการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานของภาคอุตสาหกรรมในภาพกว้างเท่านั้น ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในบางกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีความพร้อมและศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงเท่านั้น อีกทั้งประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศของเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร มีความพร้อมสูงมากซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินงานของรัฐบาลที่มีนโยบายและแผนในการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานสูงและมีผลประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานสูงสุด รวมถึงมีการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารอย่างเป็นรูปธรรม [3]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4) กรณีศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ

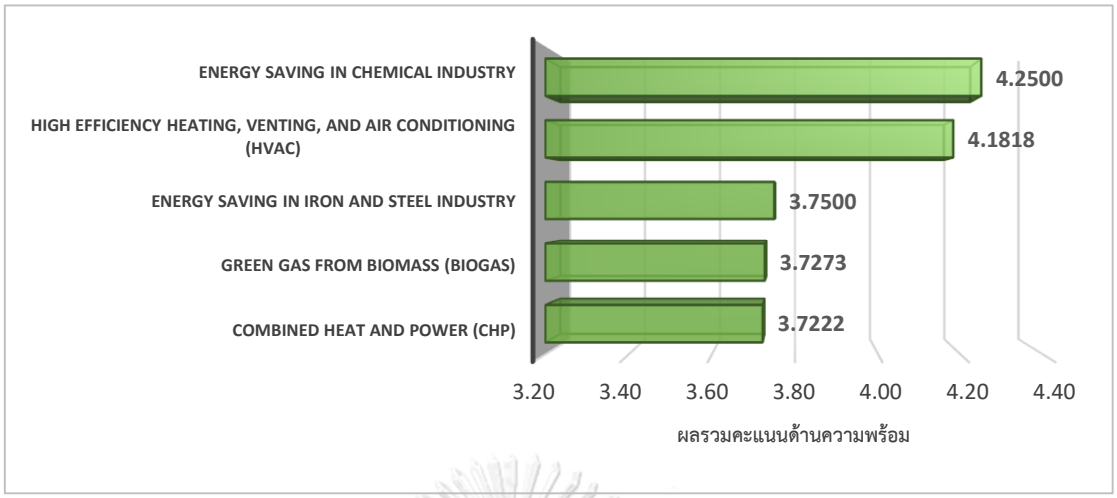
งานวิจัยนี้ได้จำลองการจัดลำดับความสำคัญของรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีผลกระทบสูง จำนวน 9 รายการ โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ จำนวน 5 กรณีศึกษา ดังนี้

(1) กรณีศึกษาที่ 1 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)

กรณีศึกษาที่ 1 กำหนดให้ค่าน้ำหนักด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่นๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักด้านผลกระทบเท่ากันในทุกประเด็น (เท่ากับ 0.25) แล้วจึงนำผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาพิจารณาจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)

จากผลการจัดลำดับความสำคัญ พบว่า เทคโนโลยีที่มีความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) สูงสุด คือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy saving in chemical industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนเท่ากับ 4.2500 คะแนน และรองลงมาคือ ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry), ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) และระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 4.1818, 3.7500, 3.7273 และ 3.7222 คะแนนตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



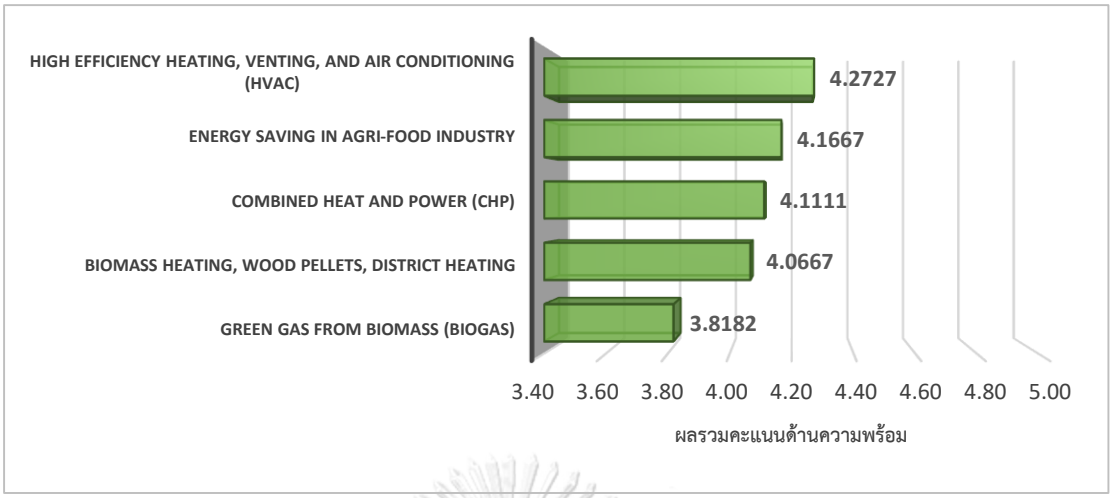
รูปที่ 4.17 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) (กรณีศึกษาที่ 1)

(2) กรณีศึกษาที่ 2 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

กรณีศึกษาที่ 2 กำหนดให้ค่าน้ำหนักด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่นๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักด้านผลกระทบเท่ากันในทุกประเด็น (เท่ากับ 0.25) แล้วจึงนำผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาพิจารณาจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการจัดลำดับความสำคัญ พบว่า เทคโนโลยีที่มีความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) สูงสุด คือ ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ซึ่งมีผลรวมคะแนนเท่ากับ 4.2500 คะแนน และรองลงมาคือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry), ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)), เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating) และก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 4.1667, 4.1111, 4.0667 และ 3.8182 คะแนนตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.18



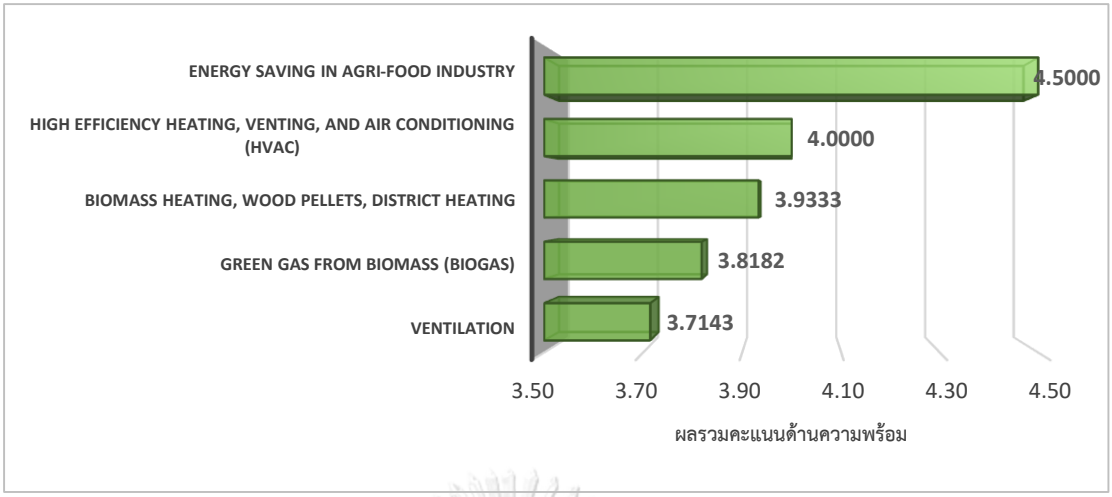
รูปที่ 4.18 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) (กรณีศึกษาที่ 2)

(3) กรณีศึกษาที่ 3 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

กรณีศึกษาที่ 3 กำหนดให้ค่าน้ำหนักด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่นๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักด้านผลกระทบเท่ากันในทุกประเด็น (เท่ากับ 0.25) แล้วจึงนำผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาพิจารณาจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการจัดลำดับความสำคัญ พบว่า เทคโนโลยีที่มีความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) สูงสุด คือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนเท่ากับ 4.5000 คะแนน และรองลงมาคือ ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC), เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating), ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) และระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านความพร้อมเท่ากับ 4.0000, 3.9333, 3.7143 และ 3.8182 คะแนนตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.19



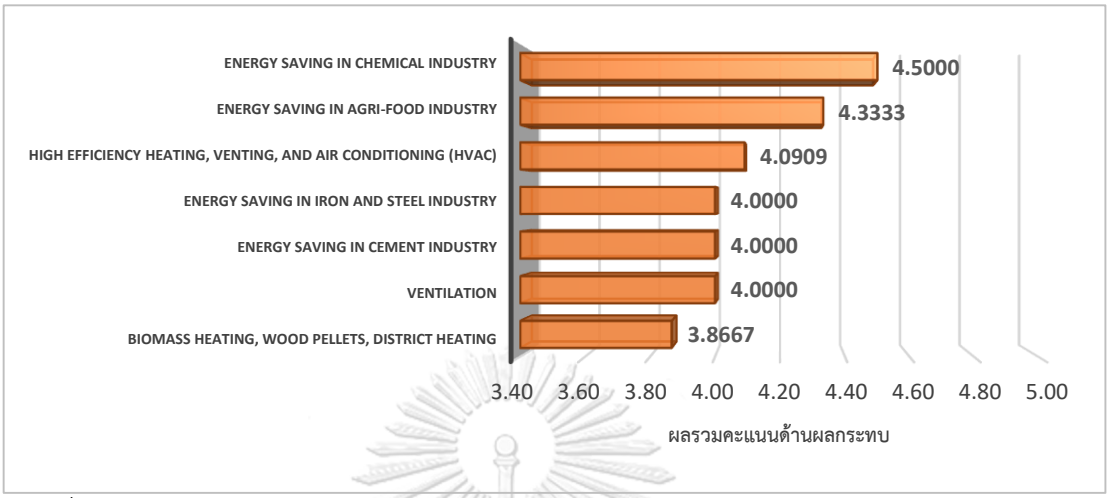
รูปที่ 4.19 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านความพร้อมในประเด็นความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) (กรณีศึกษาที่ 3)

(4) กรณีศึกษาที่ 4 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

กรณีศึกษาที่ 4 กำหนดให้ค่าน้ำหนักด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่นๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักด้านความพร้อมเท่ากันในทุกประเด็น (เท่ากับ 0.0909) แล้วจึงนำผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาพิจารณาจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)

จากผลการจัดลำดับความสำคัญ พบว่า เทคโนโลยีที่มีผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) สูงสุด คือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy saving in chemical industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนเท่ากับ 4.5000 คะแนน และรองลงมาคือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) และระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 4.3333 และ 4.0909 คะแนนตามลำดับ และถัดมาคือ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy Saving in cement industry) และระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 4.0000 คะแนนเท่ากัน และสุดท้ายคือ เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความ

ร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 3.8667 คะแนน แสดงดังรูปที่ 4.20

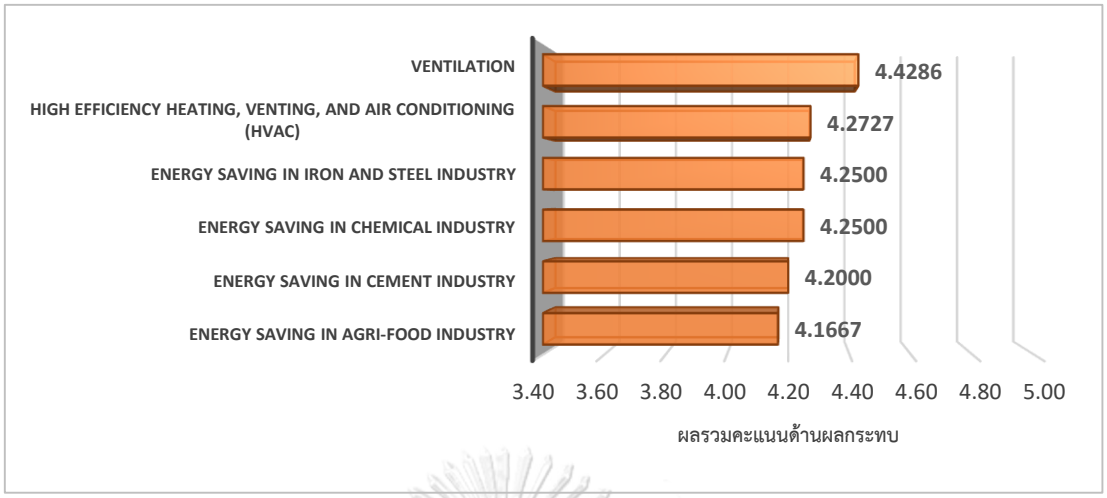


รูปที่ 4.20 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) (กรณีศึกษาที่ 4)

(5) กรณีศึกษาที่ 5 การจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

กรณีศึกษาที่ 5 กำหนดให้ค่าน้ำหนักด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ (I3) เท่ากับ 1 (ประเด็นอื่นๆ เท่ากับ 0) และค่าน้ำหนักด้านความพร้อมเท่ากันในทุกประเด็น (เท่ากับ 0.0909) แล้วจึงนำผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยีมาพิจารณาจัดลำดับความสำคัญโดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3)

จากผลการจัดลำดับความสำคัญ พบว่า เทคโนโลยีที่มีผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) สูงสุด คือ ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation)) ซึ่งมีผลรวมคะแนนเท่ากับ 4.4286 คะแนน และรองลงมาคือ ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy saving in chemical industry), การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy Saving in cement industry) และการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry) ซึ่งมีผลรวมคะแนนด้านผลกระทบเท่ากับ 4.2727, 4.2500, 4.2500, 4.2000 และ4.1667 คะแนนตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีสูงสุด 5 อันดับแรก โดยพิจารณาบริบทด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (I3) (กรณีศึกษาที่ 5)

4.3.2 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในกรณีศึกษาต่างๆ

กำหนดให้เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความพร้อมและผลกะทบสูงสุด 5 อันดับแรกในกรณีศึกษาต่างๆ รายละเอียดดังนี้

1) <u>เกณฑ์ด้านความพร้อม</u>

จากผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงสุด 5 อันดับแรกในกรณีศึกษาต่างๆ พบว่า เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) และก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas)) มีความพร้อมสูงเป็น 5 อันดับแรกทั้งในประเด็นต้นทุนและผลประโยชน์ (R3) การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4) และความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9) ซึ่งภาคอุตสาหกรรมสามารถเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยพิจารณาแต่ละบริบทตามที่องค์กรให้ความสำคัญได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีความพร้อมสูงในกรณีศึกษาต่างๆ

ลำดับที่	รายการเทคโนโลยีในกรณีต่างๆ			
	ความพร้อมในภาพรวม	กรณีศึกษาที่ 1 บริบทด้านต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	กรณีศึกษาที่ 2 บริบทด้านการยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4)	กรณีศึกษาที่ 3 บริบทความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)
1	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร
2	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ฯลฯ (biomass)	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)
3	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP)	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ฯลฯ (biomass)
4	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas)	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas)	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ฯลฯ (biomass)	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas)
5	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP)	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas)	ระบบระบายอากาศฯ (Ventilation)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) <u>เกณฑ์ด้านผลกระทบ</u>

จากผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงสุด 5 อันดับแรกในกรณีศึกษาต่างๆ พบว่า เทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) และการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy Saving in cement industry) มีผลกระทบสูงเป็น 5 อันดับแรกทั้งในประเด็นความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1) และด้านสิ่งแวดล้อม (I3) ซึ่งภาคอุตสาหกรรมสามารถเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยพิจารณาแต่ละบริบทตามที่องค์กรให้ความสำคัญได้ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีผลกระทบสูงในกรณีศึกษาต่างๆ

ลำดับที่	รายการเทคโนโลยีในกรณีต่างๆ		
	ความพร้อมในภาพรวม	กรณีศึกษาที่ 3 ความสามารถในการแข่งขัน และการสร้างมูลค่า (I1)	กรณีศึกษาที่ 4 บริบทด้านสิ่งแวดล้อม (I3)
1	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี	ระบบระบายอากาศฯ (Ventilation)
2	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ฯลฯ (biomass)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)
3	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP)	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	■ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ ■ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี
4	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas)	■ ระบบระบายอากาศฯ (Ventilation) ■ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ ■ การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์
5	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ฯลฯ (biomass)	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบในประเด็นต่างๆ

1) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมในภาพรวม พบว่า เกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องสูงสุด โดยนโยบายเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ภาคอุตสาหกรรมการผลิตใช้ประกอบการตัดสินใจ เพื่อวางแผนการดำเนินงานที่สอดรับการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ อีกทั้งเกณฑ์ด้านผลกระทบที่มีความสำคัญสูงสุด คือ ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมได้ตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสังคม โดยเฉพาะประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการดำเนินธุรกิจของภาคอุตสาหกรรมการผลิต อาทิ ยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการ และโดยอ้อม อาทิ การยอมรับจากชุมชนบริเวณโดยรอบ

2) ผลการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในประเด็นต่างๆ โดยผู้เชี่ยวชาญจากสังกัดหน่วยงานทั้งสถาบันการศึกษา ภาครัฐ และเอกชน พบว่า ในมุมมองของสถาบันการศึกษาและภาครัฐ ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนนโยบาย เห็นตรงกันว่า เกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นนโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระที่ให้ความสำคัญต่อเกณฑ์ด้านความพร้อมในประเด็นการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน และเกณฑ์ด้านผลกระทบในประเด็นด้านสังคมสูงสุด ซึ่งการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่ดี จะส่งผลให้เกิดระบบการจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมผลิต และเอื้อให้เกิดการนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย นำไปสู่การกระจายรายได้ในภาคสังคมอย่างขว้างขวาง

5.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

ผลการจัดลำดับความสำคัญของของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความพร้อมและผลกระทบสูง 5 อันดับแรก ดังนี้

(1) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)

(2) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating)

(3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP))

(4) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass (biogas))

(5) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy Saving in cement industry)

ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวมีช่องว่างด้านความพร้อมในประเด็นสถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทยต่ำเหมือนกัน โดยในปัจจุบันประเทศไทยยังต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานและเทคโนโลยีพลังงานที่มีประสิทธิภาพจากต่างประเทศ ทำให้การกระจายตัวของเทคโนโลยีกระจุกตัวอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพและความพร้อมสูงเท่านั้น

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยกับประเทศในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา พบว่า ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในทวีปเอเชียมีความคล้ายคลึงกัน โดยผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของงานวิจัยนี้และประเทศศรีลังกามีรายการเทคโนโลยีที่สำคัญเหมือนกันคือ ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP) ซึ่งแตกต่างจากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีของประเทศแอฟริกาใต้ของทวีปแอฟริกา จากผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีสูงสุด พบว่า ประเทศไทยให้ความสำคัญของเทคโนโลยีระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) สูงสุด ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพในด้านการถ่ายเทอากาศเพื่อคุณภาพอากาศที่ดีตามหลักการกลศาสตร์ทางวิศวกรรมที่เหมาะสมกับแต่ละสถานประกอบการในภาคอุตสาหกรรม โดยประเทศศรีลังกา และประเทศแอฟริกาใต้จัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำสูงสุดตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยกับประเทศในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา

ผลการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี		
ทวีปเอเชีย ประเทศไทย (งานวิจัยนี้)	ทวีปเอเชีย ประเทศศรีลังกา	ทวีปแอฟริกา ประเทศแอฟริกาใต้
1) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) 2) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (CHP) 4) ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (biogas) 5) การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์	1) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2) อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 3) ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วมโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล	1) การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ภาครัฐควรกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมสนับสนุนเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความพร้อมและผลกระทบสูงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

1) ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) ในภาคอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องคำนึงถึงการติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีขนาดเหมาะสมและการกำหนดพื้นที่ติดตั้ง ดังนั้น เพื่อส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมนำระบบ HVAC ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด รัฐบาลจึงควรสนับสนุนการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง โดยการส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบครบวงจร (ESCO) เข้าไปช่วยตรวจสอบศักยภาพในการปรับปรุงระบบ HVAC แก่สถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้คำปรึกษาและดำเนินการปรับปรุงระบบอย่างมีประสิทธิภาพตามความเหมาะสมของแต่ละสถานประกอบการ และภาครัฐควรอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงแหล่งเงินทุนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยเทคโนโลยีระบบ HVAC แก่สถานประกอบการ

2) เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating)

ปัจจุบันภาครัฐมีการสนับสนุนการใช้ชีวมวลในภาคการผลิตไฟฟ้า โดยกำหนดมาตรการการรับซื้อไฟฟ้าจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ซึ่งแตกต่างจากภาคการผลิตความร้อน โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมที่ยังขาดการสนับสนุนด้านการเงิน จึงทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลไม่เป็นที่นิยมในภาคอุตสาหกรรมมากนัก ดังนั้น เพื่อจูงใจให้ภาคอุตสาหกรรมเกิดการนำชีวมวลมาใช้ในการผลิตความร้อนอย่างแพร่หลาย ภาครัฐจึงควรกำหนดมาตรการเพื่อสนับสนุนด้านการเงินแก่สถานประกอบการที่นำชีวมวลมาผลิตพลังงานความร้อนทดแทนพลังงานฟอสซิล และควรวางแผนเพื่อบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวล อาทิ ระบบจัดหาวัตถุดิบ ระบบการพัฒนาประสิทธิภาพของชีวมวล ระบบขนส่ง โครงสร้างราคาค่าเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อรองรับความต้องการในการผลิตความร้อนโดยเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับภาคอุตสาหกรรมในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.2 ข้อเสนอแนะการนำไปใช้ และการวิจัยเพิ่มเติม

1) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินความสามารถในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรายการเทคโนโลยีที่ถูกจัดลำดับความสำคัญ

2) ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยพิจารณาให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากแต่ละหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีของภาคอุตสาหกรรมทำการประเมินอย่างเท่าเทียมกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เที่ยงตรง และไม่ถูกควบคุมโดยกลุ่มบุคคลใดบุคคลหนึ่ง รวมทั้งเพื่อประโยชน์สูงสุดในการนำผลการประเมินไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในระดับประเทศต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2560). สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม – ธันวาคม 2560. กระทรวงพลังงาน.
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). แผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2558 – 2579). กระทรวงพลังงาน.
3. กระทรวงพลังงาน (2554). แผนอนุรักษ์พลังงานระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573). กระทรวงพลังงาน.
4. National Science Technology and Innovation Policy Office (2012). Thailand Technology Needs Assessments Report for Climate Change Mitigation.
5. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2560). การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงาน ปี 2560. กระทรวงพลังงาน.
6. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010). Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change.
7. National Council on Climate Change of Indonesia (2012). Indonesia's Technology Needs Assessments for Climate Change Mitigation 2012.
8. National Environment Commission Royal Government of Bhutan (2013). Kingdom of Bhutan Technology Needs Assessment and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation.
9. Ministry of Environment and Renewable Energy Srilanka (2011). Technology Needs Assessments and Technology Action Plans for Climate Change Mitigation 2011.
10. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554). การประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (Strategic Environmental Assessment: SEA).
11. ดร.สุชาติ อุดมโสภกิจ (2555). "การประเมินเทคโนโลยีเพื่อเตรียมพร้อมรับมือ Climate Change." ifocus **38**.
12. Alexandra, B., et al. (2015). "Multiple criteria analysis of policy alternatives to improve energy efficiency in industry in Russia." Munich Personal RePEc Archive.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. Semih, O. n. t., et al. (2008). "Multiple criteria evaluation of current energy resources for Turkish manufacturing industry." Energy Conversion and Management **49**: 1480-1492.
14. Department of Science and Technology South Africa (2007). South Africa's Climate Change Technology Needs Assessment.
15. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2561). ภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม เดือนมกราคม 2561 และแนวโน้มไตรมาสที่ 1 ปี 2561. กระทรวงอุตสาหกรรม.
16. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2554). แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2555-2574. กระทรวงอุตสาหกรรม.
17. Wynn Chi-Nguyen Cam. "Highly efficient heating, ventilation and air conditioning." Retrieved 2 May 2018, from http://www.climatetechwiki.org/technology/highly-efficient-hvac.
18. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). "การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาอุตสาหกรรม." Retrieved 18 May 2018, from http://www.dede.go.th/download/state_59/Manufacturing.pdf.
19. กระทรวงพลังงาน (2558). แผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579. กระทรวงพังงาน.
20. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.). ระบบทำความร้อนโดยไฟฟ้า (*Electrical Heating System).* 18 May 2018]; Available from: https://www.dip.go.th/Portals/0/electrical%20handbook/21ระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้า.pdf.
21. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หลักการเบื้องต้นของหม้อน้ำ. 18 May 2018]; Available from: http://www.boiler2015.eng.cmu.ac.th/about.php.
22. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). หมวดที่ 9 : ระบบผลิตพลังงานรวม. 18 May 2018]; Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay28%20Cogeneration.pdf.
23. สำนักงานกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (*condensing boiler).* 18 May 2018]; Available from: http://library.dip.go.th/multim6/edoc/2557/23053.pdf.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24. แนบบุญ หุนเจริญ, et al., นโยบายการส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อน-ความเย็นร่วมสำหรับประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน, 2556. 1.
25. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน. 2552 18 May 2018]; Available from: http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/เทคโนโลยี/อาคาร/04%20การใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน.pdf.
26. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ชีวมวล (*Biomass)* 18 May 2018]; Available from: http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html.
27. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. "ก๊าซชีวภาพ" ประโยชน์และผลตอบแทน. 18 May 2018]; Available from: http://www.erdi.cmu.ac.th/index.php/article/170?category=14.
28. ICAX Interseasonal Heat Transfer. *Black tarmac roads absorb solar heat and reach high temperatures*. 18 May 2018]; Available from: http://www.icax.co.uk/Solar_Roads.html.
29. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (*Variable Speed Drive : VSD)*. 18 May 2018]; Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20Technogy3.htm.
30. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. อากาศเสียจากอุตสาหรรม - ปัญหาและแนวทางแก้ไข. 18 May 2018]; Available from: http://www.diw.go.th/km/env/pdf/บทที่1,2.pdf.
31. International Energy Agency, *Technology Roadmap Energy efficient building envelopes*. 2013.
32. pharmfactory. ระบบอากาศในโรงงานยา (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC in Phamaceutical industry)*. 18 May 2018]; Available from: https://pharmfactory.wordpress.com/2016/07/02/heating-ventilation-and-air-conditioning-hvac-in-phamaceutical-industry/.
33. international Energy Agency, *Technology Roadmap Energy storage*. 2014.
34. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (*INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE: IPPU)*. 18 May 2018]; Available from: http://php.diw.go.th/treaties/wp-content/uploads/2017/03/03_DIW_Presentation_CS_Final_28032017.pdf.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

35. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (สกพอ.). อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ. 18 May 2018]; Available from: อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ดังนี้

1. การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric heating: controls, gas conversion)

การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าเป็นกระบวนการทำความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้า โดยนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการความเที่ยงตรงและความแมนยำของอุณหภูมิ เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิได้เที่ยงตรงและรวดเร็วกว่าการทำความร้อนโดยระบบอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมอาหาร ใช้การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าเพื่ออบแห้งอาหาร/อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมโลหะ ใช้การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนตาหลอมโลหะ เป็นต้น ซึ่งการทำความร้อนด้วยพลังงานไฟฟ้ามีหลากหลายชนิด ดังนี้

(1) ฮีตเตอร์แทง (Cartridge Heater) ใช้ให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็กและโลหะ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ High Density และ Low Density สำหรับงานบรรจุหีบห่อและงานขึ้นรูปพลาสติก มีลักษณะการใช้งาน คือ นำใส่ฮีตเตอร์แทงไว้ในช่องบนวัตถุ ความร้อนจะส่งผ่านจากฮีตเตอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน เช่น ให้ความร้อนแม่พิมพ์ของเครื่องบรรจุหีบห่อไฟฟ้า

(2) ฮีตเตอร์ครีบ (Finned Heater) และฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ใช้กับอากาศ โดยโครงสร้างของ Tubular Heater คือ มีขดลวดความร้อนบรรจุอยู่ในท่อโลหะ ช่องว่างระหว่างขดลวดความร้อน และท่อโลหะ จะถูกอัดแน่นด้วยผงแมกนีเซียมออกไซด์ และถูกรีดลงให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐาน สามารถติดตั้งได้ 2 วิธี คือ ติดตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง และติดตั้งแบบส่งผ่านความร้อนจากห้องเผาไปยังห้องอบโดยใช้ลมร้อน

(3) ฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater) หรือบางทีเรียกว่า เป็นฮีตเตอร์ที่ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด สามารถทำความร้อนตั้งแต่ 1000 ถึง 4000 วัตต์ ใช้สำหรับต้มน้ำ/น้ำมัน ซึ่งประยุกต์โดยการดัด Tubular Heater เป็นรูปตัวยูและเชื่อมติดกับเกลียว และการติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถัง และจุ่มฮีตเตอร์ในเหลว เพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึง

(4) ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater) หรือฮีตเตอร์กระบอก ออกแบบสำหรับให้ความร้อนกับท่อหรือถังรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจากแผ่น Mica และลวดฮีตเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) ตัวถังด้านนอกเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลสเหมาะสำหรับให้ความร้อน

(5) ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) มีโครงสร้างคล้ายกับฮีตเตอร์รัดท่อ แต่รูปทรงจะเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหมาะสำหรับให้ความร้อนกับแม่พิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(6) ฮีตเตอรอินฟราเรด (Infrared Heater) ทำงานโดยสงผานความร่อนแบบแผรังสี ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ และประหยัดไฟได 30 – 50% สามารถให้ความร่อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัด มีขนาดเล็กกวาฮีตเตอรแบบทั่วไป ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง และการถอดเปลี่ยนเพื่อซอมบำรุงงายมีความปลอดภัยสูง

(7) ฮีตเตอรเสน (Cable Heater) ทำงานโดยสามารถปรับกำลังให้เหมาะสมเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกำลังจะลดลง ทั้งนี้ ฮีตเตอรเสนแบบจะไมสามารถทำให้เกิดความร่อนสูงได้ด้วยเหตุนี้ จึงเหมาะที่จะประยุกตใช้งานเพื่อป้องกันการจับตัวเปนน้ำแข็งในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ หรือนำไปประยุกตใชในอุตสาหกรรมทำความเย็นด้วยโครงสราง ของ Self Regulating จึงสามารถใช กับทอและข่อต่อพลาสติกได้อยางปลอดภัย

(8) ฮีตเตอรเสนแบบ Zone – Parallel ทำงานด้วยหลักการลวดความร่อนเปนฉนวนไฟฟาภายนอกหุ้มด้วยซิลิโคน สามารถกันน้ำได ปองกันการรั่วไหลของไฟฟาได้ดีเยี่ยม และมีความยืดหยุนสามารถตัดงอได้ตามความต้องการ นิยมใช้งานอุนน้ำมันเตา ใช้อุนน้ำยาง ใช้อุนช็อกโกเลต เปนต่น [20]

2. เตาเผาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง (High-efficiency furnaces and boilers)

หม้อน้ำ หรือหม้อไอน้ำ (Boiler) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานเชื้อเพลิงด้วยการสันดาป แล้วถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการสันดาปให้กับน้ำในภาชนะปิดที่รับความดันได้ เมื่อเกิดไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถกักเก็บพลังงานความร้อนไว้ได้อย่างมหาศาล จากนั้นไอน้ำจะถูกส่งไปตามระบบท่อเพื่อไปสู่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้พลังงานความร้อนในการทำงานหรือเป็นแหล่งพลังงาน หลังจากที่ไอน้ำถ่ายเทความร้อนแล้ว จะเปลี่ยนสถานะกลับเป็นน้ำที่ความดันและอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนเข้าสู่หม้อน้ำได้อีกครั้ง สำหรับโครงสร้างของหม้อน้ำโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบสำคัญหลัก ได้แก่ (1) เตา (Furnace) เตาเป็นที่เผาไหม้ของเชื้อเพลิง (2) ตัวหม้อน้ำ (Boiler shell) (3) อุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ เครื่องดงไอ สำหรับเพิ่มความร้อนให้ไอน้ำ อุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง อุปกรณ์อุ่นอากาศ เครื่องเป่าลม อุปกรณ์ปรุงน้ำป้อนหม้อน้ำ และอุปกรณ์ส่งน้ำป้อนหม้อน้ำปัจจุบันส่วนมากมีอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ ทั้งนี้ หม้อน้ำเป็นเครื่องจักรที่ใช้งานกันทั่วไปในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์และขนาดที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งประเภทหม้อน้ำได้ ดังนี้

(1) Cylindrical boiler คือ หม้อน้ำที่มีรูปทรงเป็นรูปกระบอกขนาดใหญ่ ภายในมีห้องเผาไหม้ติดตั้งอยู่ ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะไหลในท่อ โดยมีน้ำในหม้อน้ำอยู่ภายนอกท่อ ซึ่ง Cylindrical boiler สามารถแบ่งย่อยตามประเภท เช่น Vertical Boiler (ติดตั้ง Boiler drum รูปทรงกระบอกในทิศทางตั้งขึ้น ภายใน Drum มีห้องเผาไหม้) Flue boiler (ติดตั้ง Boiler drum รูปทรงกระบอกใน

ทิศทางนอน ภายใน Drum มีท่อ Flue อยู่ 1-3 ท่อ) Fire tube boiler (มีน้ำบรรจุอยู่ใน Boiler drum และในน้ำจะมีท่อขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งเป็นช่องทางไหลของก๊าซเผาไหม้ติดตั้งไว้) Flue & fire tube boiler (มีทั้งท่อ Flue และ Fire tube ทำให้มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมากและมีประสิทธิภาพของหม้อน้ำสูงถึง 85-90%)

(2) หม้อน้ำแบบท่อน้ำ (Water tube boiler) คือ หม้อน้ำที่ประกอบด้วยท่อน้ำขนาดเล็กจำนวนมาก ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะอยู่ภายนอกท่อและถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำภายในท่อ เพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนท่อหรือพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนจึงมีความสำคัญกับขนาดของหม้อน้ำด้วย

(3) หม้อน้ำชนิดพิเศษ โดยมีตัวอย่างหม้อน้ำชนิดพิเศษดังนี้

(3.1) หม้อน้ำเชื้อเพลิงพิเศษ เป็นหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น ก๊าซ Blast furnace ก๊าซ Coke oven ก๊าซผลพลอยได้จากโรงงานปิโตรเคมี ของเหลวทิ้งจากโรงงานกระดาษ (Black liquor) เป็นต้น เนื่องจากเชื้อเพลิงผลพลอยได้อาจมีค่าความร้อนต่ำหรือค่าความร้อนและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการเดินเครื่องจักร ซึ่งหม้อน้ำเชื้อเพลิงพิเศษสามารถรองรับสภาพเช่นนี้ได้

(3.2) หม้อน้ำของเหลวพิเศษ เป็นหม้อน้ำที่ใช้ความร้อนทิ้งเป็นเชื้อเพลิง โดยมีตัวกลางในการทำงานเป็นของไหล 2 ชนิดที่มีจุดเดือดต่ำผสมกัน ได้แก่ แอมโมเนียกับน้ำ

(3.3) หม้อน้ำแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed boiler) เป็นหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิด อาทิ ถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ โดยหม้อน้ำแบบฟลูอิดไดซ์เบดมีโครงสร้างที่ด้านล่างของเตาเผาเป็น Plate distributor ซึ่งมีรูเล็กๆ อยู่จำนวนมากสำหรับพ่นอากาศเพื่อการเผาไหม้เข้าไป และจะป้อนถ่านหินป่นเข้าไปในเตาเผา ผงถ่านหินที่ป้อนเข้าไปจะแสดงปรากฏการณ์ Fluidization เสมือนกับของเหลวกำลังเดือดอยู่ และเผาไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง [21]

3. ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Micro-cogeneration systems (1 kw; e.g. on natural gas))

ระบบผลิตพลังงานรวม หรือระบบโคเจนเนอเรชัน (Cogeneration) คือ ระบบที่ให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล ซึ่งมีผลพลอยได้เป็นพลังงานความร้อนควบคู่ไปด้วยในขณะเดียวกัน โดยอาศัยเชื้อเพลิงแหล่งเดียวกัน ระบบผลิตพลังงานความร้อนรวมจึงมีประสิทธิภาพสูงถึง 80% เมื่อเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว เนื่องจากพลังงานความร้อนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าจะถูกปล่อยทิ้งให้กับบรรยากาศโดยไม่ได้นำไปใช้งาน ทั้งนี้ระบบผลิตพลังงานรวมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันสามารถผลิตพลังงานกลเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้จากเครื่องต้นกำลัง 3 ชนิด คือ

(1) ระบบกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ประกอบด้วย หม้อไอน้ำ เครื่องกังหันไอน้ำ โดยใช้เชื้อเพลิงเหลว ก๊าซหรือเชื้อเพลิงแข็ง และมีหลักการทำงานคือ เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำในหม้อไอน้ำ ซึ่งได้ไอน้ำยวดยิ่ง (Superheat steam) ที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อไปขับเครื่องกังหันไอน้ำทำให้เกิดกำลังงานที่เพลา ซึ่งสามารถนำไปขับเคลื่อนเครื่องมือกลต่างๆ เช่น ปม คอมเพรสเซอร หรือเปลี่ยนรูปเป็นไฟฟ้าโดยนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สวนไอน้ำที่ออกจากเครื่องสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

(2) ระบบกังหันก๊าซ (Gas turbine) ซึ่งมีหลักการทำงานคือ คอมเพรสเซอรจะอัดอากาศจากภายนอก และนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วฉีดเข้ามาผสมกับอากาศและจุดระเบิด เกิดก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ขึ้น ซึ่งก๊าซดังกล่าวจะไปขยายตัวผ่านเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้เกิดการหมุนของกังหันและแกนของกันหันจะไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า สวนก๊าซร้อนที่ปลอยจากกังหันก๊าซจะมีอุณหภูมิประมาณ 450-550 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนโดยใช้อุปกรณ์เสริมคือ waste heat boiler เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดันต่ำ หรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรงได้

(3) ระบบเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine) สามารถแบ่งได้ตามประเภทเครื่องยนต์ออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ spark-ignitionengines ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง และเครื่องยนต์ compression-ignitionengines ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยพลังงานความร้อนที่ออกมาอยู่ในรูปของก๊าซไอเสีย น้ำหล่อเย็นเสื้อสูบและน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งการนำพลังงานความร้อนไปใช้อาจใช้คู่กับ waste heat boiler ในการผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนได้ [22]

4. หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)

หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น เป็นหม้อไอน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องควบแน่น (condenser) ซึ่งสามารถผลิตไอน้ำจากการเผาไหม้ก๊าซและน้ำมันในหม้อไอน้ำด้วยอุณหภูมิที่พอเหมาะ จนเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว และนำพลังงานที่ได้จากกระบวนการไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ซึ่งหม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่นได้รับการออกแบบให้สามารถนำความร้อนแฝงจากเสียกลับไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ และสามารถรองรับภาระได้ทุกช่วงอุณหภูมิใช้งาน ทำให้มีประสิทธิภาพสูงหว้าหม้อไอน้ำแบบทั่วไป [23]

5. ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม โดยใช้เชื้อเพลิง อาทิ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซสะอาด แสงอาทิตย์ ลม (Combined heat and power (CHP))

ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม (Combined heat and power (CHP)) เป็นระบบที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกลและความร้อนในขณะเดียวกัน ซึ่งอาจใช้เชื้อเพลิงตัวเดียวกัน โดยผลิตความร้อนในรูปก๊าซร้อนก่อน หลังจากใช้ประโยชน์เสร็จจะนำความร้อนที่เหลือใช้ผลิตไฟฟ้าหรือพลังงานกล โดย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาศัยระบบของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำตามปกติ หรืออีกทางหนึ่ง คือ ผลิตไฟฟ้าหรือพลังงานกลก่อน โดยใช้ระบบโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ กังหันก๊าซ หรือเครื่องยนต์สันดาปภายใน แล้วจึงนำไอน้ำหรือไอเสียที่ออกจากระบบไปใช้ประโยชน์โดยตรงหรือโดยอ้อม โดยอาศัยหม้อไอน้ำความร้อนทิ้งหรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งวิธีนี้มีประสิทธิภาพโดยทั่วไปที่ 50-90% ทั้งนี้ ระบบ CHP นี้สามารถนำความร้อน พลังงานและการทำความเย็น มาใช้ในระบบขนาดเล็กในโรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้าและครัวเรือนได้อีกด้วย ซึ่ง CHP สามารถผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการ และการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย [24]

6. ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)

ปั๊มความร้อนสามารถผลิตได้ทั้งความร้อน ความเย็น และน้ำร้อนให้กับอาคารในระดับครัวเรือน ภาครัฐ และภาคอุตสาหกรรม และสามารถติดตั้งได้ทุกที่ทั่วโลก เนื่องจากใช้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่แล้ว อาทิ อุณหภูมิของอากาศ แหล่งน้ำ ซึ่งปั๊มความร้อนส่วนใหญ่จะใช้ระบบการทำงานแบบอัดไอเพื่อขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ทั้งนี้ ปั๊มความร้อนชนิดดูดซับความร้อนด้วยก๊าซหรือความร้อนเหลือทิ้งเป็นพลังงาน

ปั๊มความร้อนมีอยู่ 3 ประเภท คือ ปั๊มความร้อนจากอากาศ, พื้นดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน ปั๊มความร้อนมีหน้าที่หลักในการทำความร้อน และยังสามารถเป็นเครื่องทำความเย็นแบบผันกลับในพื้นที่ที่อุณหภูมิคงที่ของพื้นดิน (หรืออากาศ) เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนในช่วงฤดูหนาว สำหรับปั๊มความร้อนจากพื้นดิน เป็นระบบพื้นฐานอย่างง่ายในการนำความร้อนจากใต้ดินระดับตื้นขึ้นมาใช้ในห้องหรือช่องว่างที่ต้องการให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือต่ำลงแล้วแต่กรณี โดยใต้ผิวดินนั้นทำหน้าที่เป็นแอ่งความร้อนขนาดใหญ่และเสถียรได้เป็นอย่างดี ทั้งยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกด้วย ซึ่งปั๊มความร้อนจากพื้นดินในระบบปิด จะมีสารละลายที่มีส่วนผสมของสารป้องกันการแข็งตัวไหลเวียนผ่านท่อที่วางไว้ในพื้นดิน (ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) ทั้งแนวนอน และแนวตั้ง เพื่อนำความร้อนหรือปลดปล่อยความร้อนออกจากพื้นดิน โดยความร้อนจะส่งผ่านสารทำความเย็นที่ส่งไปยังคอมเพรสเซอร์ และถูกบีบจนเกิดไอระเหยและสร้างความร้อนให้กระจายอยู่รอบอาคาร [25]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating)

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานของพืชที่อาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต จากนั้นแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลและจัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน มีแหล่งที่มาได้ 2 แหล่งคือ

(1) เศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือการแปรรูปสินค้าเกษตร ซึ่งสามารถนำมาใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้ เช่น เศษหญ้า เศษไม้ เศษวัสดุเหลือที่ทิ้งจากการเกษตรหรือจากการอุตสาหกรรม เช่น ขี้เลื่อย ฟาง แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น

(2) ผลผลิตจากการปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานโดยเฉพาะ อาทิ ไม้โตเร็ว เช่น ไม้สกุลยูคาลิปตัส (Eucalyptus) กระถินณรงค์ กระถินเทพา (Acacia) กระถินยักษ์ (Leucaena) สนประดิพัทธ์ (Casuarina) เสม็ดขาว (Melaleuca) และไผ่ เป็นต้น

ทั้งนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด (wood pellets) จัดเป็นประเภทหนึ่งของเชื้อเพลิงที่ทำจากไม้ ซึ่งมีการผลิตในหลากหลายรูปแบบและมีคุณภาพที่หลากหลายตามการนำไปใช้ อาทิ ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้า การให้ความร้อนกับที่อยู่อาศัยและการใช้งานประเภทอื่นๆ ทั้งนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจะมีความหนาแน่นสูงมากจากกระบวนการผลิต และจากกระบวนการให้ความร้อนสูง ทำให้มีความชื้นต่ำ (ต่ำกว่า 10%) ซึ่งช่วยให้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด สามารถที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูง [26]

8. ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass for heat and power (biogas))

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เกิดจากการหมักและย่อยสลายสารอินทรีย์ อาทิ มูลสัตว์ เศษวัสดุเหลือที่ทิ้งจากการเกษตร ขยะอินทรีย์ เป็นต้น โดยอาศัยกลุ่มของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้อากาศทำหน้าที่หมักและย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้หากมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนที่สูงกว่าร้อยละ 50 จะสามารถจุดติดไฟได้ดี และสามารถนำไปใช้ทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงอื่นๆ รวมถึงป้อนเข้าสู่ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วมเพื่อประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อนได้เช่นกัน [27]

9. ความร้อนจากยางมะตอยพื้นถนน (Heat from tarmac on roads)

ยางมะตอยพื้นถนนที่ผ่านการบ่มแสงแดดทั้งวันจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกถึง 15 องศาเซลเซียส (ลดอุณหภูมิสูงสุดที่พื้นผิว) และส่งกลับความร้อนในฤดูหนาว (เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของฤดูหนาวเหนือจุดเยือกแข็ง) ซึ่งสามารถนำความร้อนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ [28]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

10.อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Motor Control (VFD))

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวะของโหลด และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม อาทิ ระบบปั๊มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ จะใชอุปกรณ์ VFD แบบ Voltage Vector Control (VVC) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมไม่ให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนในตัวมอเตอร์ (Derating) และมีอุปกรณ์กำจัดสัญญาณรบกวน (Harmonics Filters) ที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องป้องกันการรบกวนสัญญาณควบคุมและส่งผลดีในการประหยัดพลังงานอีกด้วย ในปัจจุบัน VFD ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนและงานทั่วไปในระบบปั๊มน้ำและระบบปรับอากาศ เช่น ประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมที่ใช้มอเตอร์เป็นแรงขับเคลื่อน ระบบสายพานลำเลียง กระบวนการผลิตที่ต้องการควบคุมประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิตให้คงที่ เป็นต้น [29]

11.ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)

ระบบระบายอากาศ หรือการระบายอากาศ คือ การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางด้วยความเร็วที่ต้องการ และสามารถควบคุมความร้อน ความชื้น ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม รวมถึงสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศและดักเก็บวัสดุที่ฟุ้งกระจายกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ การระบายอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation) หรือการระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) การระบายอากาศประเภทนี้แบ่งได้เป็นอีก 2 ชนิด คือ

(1.1) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) ซึ่งการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติจากความแตกต่างของความดันบรรยากาศในพื้นที่ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศต่ำ

(1.2) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation) ซึ่งเป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหวหมุนเวียน

(2) การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดหรือในกระบวนการผลิต ก่อนที่สารจะฟุ้งกระจายหรือระเหย ขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ระบบระบายอากาศเฉพาะที่จึงมีมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงานเนื่องจากมีอัตราการไหลออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้พลังงานใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเคลื่อนที่อากาศต่ำ ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในการระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม มีดังนี้ ฮูด (Hood) ท่อนำอากาศ (Duct) อุปกรณ์ทำความสะอาด (Air Cleaner) และพัดลม (Fan) [30]

12.ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)

ความร้อนส่วนใหญ่สูญหายจากอาคารผ่านกำแพงหลังคาและพื้นซึ่งเป็นพื้นที่ภายนอกที่ใหญ่ที่สุดของอาคารที่อยู่อาศัยและบริการส่วนใหญ่ที่ใหญ่ที่สุด ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมสามารถลดการสูญเสียความร้อนในสภาพอากาศหนาวเย็น และช่วยป้องกันความร้อนส่วนเกินในช่วงอากาศร้อน อีกทั้งช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในอาคารให้สามารถอยู่ได้สบายโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ทั้งนี้ ตัวอย่างวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน คือ โฟม (foam) ซึ่งมีหลากหลายชนิด อาทิ โฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene) เป็นโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE) แต่มีคุณสมบัติป้องกันความความร้อนสูง สามารถสะท้อนความร้อนได้ดี มีอายุการใช้งานยาวนาน, โฟมโพลียูริเทนหรือพียูโฟม (Polyurethane, PU foam) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถลดการแผ่รังสีและการนำความร้อนได้มากกว่า 90% (มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าฉนวนใยแก้ว 2 เท่า) สามารถคงสภาพการเป็นฉนวนที่อุณหภูมิการใช้งานได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียสและต่ำสุดถึง ลบ 118 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดความหนาได้ตามต้องการ และปัจจุบันได้มีการฉีดติดสำเร็จรูปมากับแผ่นโลหะ (Metal Sheet) จึงสามารถติดตั้งได้ง่าย และประหยัดเวลารวมถึงค่าติดตั้ง, โฟมโพลีสไตรีน (Expanded Polystyrene, EPS) เป็นวัสดุเซลล์ธรรมชาติ (Organic cell) โครงสร้างมีลักษณะที่อากาศถูกห่อหุ้มด้วยโพลีสไตรีน ซึ่งมีสัดส่วนโพลีสไตรีนประมาณ 2% ของโครงสร้างของวัสดุ จึงไม่เป็นพิษ มีน้ำหนักเบาและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้โฟมโพลีสไตรีนในงานก่อสร้างอาคารอย่างกว้างขวาง จึงมีการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ง่ายต่อการนำโฟมชนิดนี้ไปใช้งาน เช่น การใช้โฟมโพลีสไตรีนร่วมกับคอนกรีตบล็อก โดยมีโฟมโพลีสไตรีนอยู่ตรงกลางซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า คูลบล็อก (Cool Block) หรือการใช้โฟมโพลีสไตรีนร่วมกับระบบผนังป้องกันความร้อนและความชื้นภายนอกหรือ EIFS (Exterior Insulation and Finish System) เป็นต้น [31]

13.ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling (High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC))

ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC) คือ ระบบปรับสภาวะอากาศ ซึ่งจะจัดการอากาศ เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด และการกระจายอากาศให้เป็นไปตามที่ต้องการสำหรับพื้นที่ที่กำหนด ประกอบไปด้วย H-heating (การทำความร้อน), V-Ventilation (การระบายอากาศ) และ AC-Air conditioning (การปรับอากาศ) โดยโครงสร้างของ HVAC ทั้ง 3 ระบบ จะทำงานควบคู่กันตลอดเวลา เพื่อประสิทธิภาพในการจัดการอากาศหลักการกลศาสตร์ทางวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบนี้เหมาะสมกับสถานที่สำหรับอุตสาหกรรมในระบบปิด ที่มีลักษณะซับซ้อนหรือต้องการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น อาทิ การติดตั้ง HVAC ในอุตสาหกรรมการผลิตยา ซึ่งมีข้อบังคับใช้มากกว่าอุตสาหกรรมอื่นโดยเฉพาะสภาวะอากาศในพื้นที่ Good Manufacturing Practice (GMP) เพื่อช่วยให้เกิดการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของห้องทำงาน การควบคุมความดันอากาศของห้อง รวมถึงความแตกต่างของความดันระหว่างห้องที่ติดกัน (Differential pressure) ซึ่งป้องกันการปนเปื้อนของฝุ่นยาหรือเชื้อโรคการลดฝุ่นละอองจากอากาศภายนอกที่ถูกนำเข้ามาในห้องทำงาน [32]

14.การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)

การกำหนดทิศของอาคารเป็นปัจจัยปจจัยที่มีความสำคัญสูงที่สุดในด้านการออกแบบอาคารที่สัมพันธกับรังสีอาทิตย์ ซึ่งเปนตัวกำหนดระดับของการรับรังสีอาทิตย ของเปลือกอาคาร เนื่องจากรังสีอาทิตยนั้นประกอบด้วยแสงสวางและพลังงานความร้อน ทั้งนี้ การกำหนดทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมนั้น จะทำใหอาคารสามารถใช้ประโยชนจากรังสีอาทิตยซึ่งเปนสิ่งที่มีอยูในธรรมชาติได้อยางเหมาะสม ปจจัยสำคัญที่เปนตัวกำหนดทิศทางการวางอาคารได้อยางเหมาะสมนั้นคือ มุมทิศ (Azimuth) คือ การวัดขนาดของมุมทางราบที่วัดจากแนวทิศเหนือหลักเวียนตามเข็มนาฬิกามาบรรจบ กับแนวเปาหมายที่ตองการ มุมทิศนี้จะมีคาตั้งแต 0 - 360 องศา ที่อาคารถูกวางไวและเปนสิ่งสำคัญที่ใช้เปนขอมูลในการออกแบบอุปกรณบังแดด และกำหนดสมรรถนะของกรอบแสงอาทิตย (Solar Envelope) ประโยชนของการกำหนดทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมเปนสิ่งที่ไมมีต้นทุนดานการกอสราง หากมีการคำนึงในขั้นตอนออกแบบอาคาร จะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารอยางมาก และนำไปสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพดานพลังงาน [31]

15.เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)

เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานมีส่วนช่วยในการสนับสนุนความมั่นคงด้านพลังงานและเป้าหมายการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการระบบพลังงานของประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา โดยการออกแบบระบบการจัดเก็บพลังงานอย่างมีทิศทาง จะนำไปสู่การบูรณการระบบการบริหารจัดการพลังงานทั้งระบบไฟฟ้าและความร้อนที่ดียิ่งขึ้น และมีบทบาทสำคัญในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบพลังงาน โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถกักเก็บพลังงานทดแทนที่หลากหลายได้มากขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มเสถียรภาพและความมั่นคงของไฟฟ้าด้วย ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงานที่ได้รับการพัฒนาและเข้าสู่การพาณิชย์แล้ว อาทิ Pumped Storage Hydropower(PSH), Pitstorage, Underground thermal energy storage(UTES), Compressed air energy storage (CAES), Batteries เป็นต้น [33]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

16.อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)

การปิดกั้นทางที่อากาศไหลผ่านกรอบอาคารเป็นวิธีที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งอาคารที่ก่อสร้างใหม่และปรับปรุงใหม่ ซึ่งการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการปรับอากาศภายในบ้าน อากาศภายนอกที่รั่วซึมเข้ามาภายในบ้านจะเพิ่มภาระการปรับอากาศและการใช้พลังงานถึง 25-40% ซึ่งการรั่วซึมของอากาศเข้าสู่ภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยรอบอาคาร เมื่อมีความดันระหว่างอากาศภายในกับภายนอกบ้านแตกต่าง เช่น เมื่อมีลมพัดหรือมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยอากาศจะไหลผ่านช่องว่างหรือรอยแตก รอยแยก บนกรอบอาคาร ทั้งทางผนังหรือช่องเปิดต่างๆ ซึ่งจะนำเอาอากาศร้อนชื้นหรืออากาศเย็นเข้าสู่ตัวบ้านได้ การปิดกั้นอากาศที่ไหลผ่านกรอบอาคารจึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศควรปิดกั้นอาคารระหว่างการก่อสร้างถึงก่อนติดตั้งแผ่นฝ้าบุผนัง (drywall) เมื่อทำการปิดผนึกแล้ว จะเกิดการรั่วไหลของอากาศได้ยาก ซึ่งสามารถทำการทดสอบด้วย blower door อันเป็นวิธีที่ดีในการระบุเส้นทางการรั่วไหลของอากาศ เพื่อให้สามารถปิดผนึกโดยใช้วัสดุที่เหมาะสมได้ ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์สำหรับการกั้นอากาศจำนวนมาก ได้แก่ วัสดุอุดรอยรั่ว (caulks) โฟม (foams) แผ่นปิดผนึก (weatherstripping) ยางกันรั่ว (gaskets) คิ้วประตู (door sweeps) [31]

17.การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)

การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน เป็นส่วนสำคัญในการเจะลดความร้อนภายในอาคาร ลดภาระจากอุณหภูมิที่สูง ผ่านช่องเปิด/กระจกของกรอบอาคารซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ทั้งนี้สามารถลดความร้อนจากการเคลือบโดยวัสดุและเทคโนโลยีการเคลือบสมัยใหม่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนประสิทธิภาพสูง (HPI) หรือระบบควบคุมการได้รับแสงอาทิตย์ (SC) หรือการทั้งสองแบบรวมกัน เช่น กระจก Low-E แบบฉนวนอินซูเลท ซึ่งลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและลดค่าไฟจากการเปิดไฟในอาคารได้เป็นอย่างมาก [31]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

18.การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy saving in cement industry)

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก

(1) การเตรียมวัตถุดิบ – ขุดเจาะ ขนถ่ายวัสดุไปยังโรงงานผลิต บด และผสมวัตถุดิบสาเร็จ (Raw Meal)

(2) การผลิตปูนเม็ด – นา Raw Meal ผ่านกระบวนการให้ความร้อนขั้นต้น(Preheating) ก่อนลาเลียงไปยังเตา (Kiln) เพื่อทาการ Calcination และผลิตเป็นปูนเม็ด (Clinker)

(3) การผลิตปูนซีเมนต์ – นาปูนเม็ดไปผสมกับวัตถุดิบอื่น เพื่อให้ได้ซีเมนต์ชนิดต่างๆ ก่อนบรรจุหีบห่อ และจำหน่าย

ซึ่งอุตสาหกรรมซีเมนต์มีปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ CO_2 from calcination of limestone to produce clinker: การปล่อย CO_2 โดยตรงจากปฏิกิริยาเคมีในขั้นตอนการสลายตัวด้วยความร้อนของหินปูน (Limestone หรือ Calcite) ที่เป็นองค์ประกอบ เพื่อให้ได้ปูนเม็ด และ CO_2 from lost cement kiln dust (CKD) and bypass dust (BPD): การปล่อย CO_2 จาก CKD และ Bypass Dust (BPD)

ทั้งนี้ อุตสาหกรรมซีเมนต์มีแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนและไฟฟ้า (Energy efficiency) การใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (Alternative fuel) และเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass fuel) และการใช้วัสดุทดแทนปูนเม็ด (Clinker substitution) [34]

19.การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in n agri-food q

ภาคการเกษตรเป็นสาขาอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มวลรวมมากที่สุดในประเทศไทย มีมูลค่าถึงร้อยละ 8.4 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ซึ่งปัจจุบันภาคเกษตรกรรมในไทยยังมีผลิตภาพแรงงานอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ จึงมีการมุ่งเน้นส่งเสริมศักยภาพและยกระดับจากการนำเทคโนโลยีทางการเกษตรใหม่ๆ มาใช้ เพื่อส่งผลให้เกิดการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมย่อยที่เป็นเป้าหมาย ได้แก่ ธุรกิจเทคโนโลยีการเกษตรขั้นสูง เช่น การใช้ระบบเครื่องรับรู้ (Sensors) การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลระดับสูง (Advance Datalytics) และระบบอัตโนมัติ การลงทุนและการวิจัยทางเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เช่น การปรับปรุง พันธุ์พืชและสัตว์ อุตสาหกรรมการคัดคุณภาพ บรรจุ เก็บรักษาพืชผัก ผลไม้ หรือดอกไม้ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การใช้ระบบเซ็นเซอร์ตรวจสอบเนื้อในผลไม้ และกิจการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ [35]

20.การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy Saving in Chemical Industry)

อุตสาหกรรมเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ เพื่อแปรรูปวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ซึ่งอุตสาหกรรมเคมีครอบคลุมไปถึงอุตสาหกรรมหลายประเภท อาทิ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ขั้นพื้นฐาน อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์อุปโภค เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเคมี เริ่มจากการนำสินแร่ หรือวัตถุดิบจากธรรมชาติอื่นๆ มาผ่านกระบวนการเคมีและฟิสิกส์ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาและได้ผลผลิตเป็นสารเคมีหรือเคมีภัณฑ์ตามที่ต้องการ

Chulalongkorn University

21.การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry)

กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลักกระบวนการ

(1) เหล็กขั้นต้น – นำวัตถุดิบมาถลุงเป็นวัตถุดิบพื้นฐาน

(2) เหล็กขั้นกลาง – การแปรรูปวัตถุดิบพื้นฐานเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง โดยการผลิตเหล็กกล้า หลอมเหล็ก และหล่อเหล็ก

(3) เหล็กขั้นปลาย – แปรรูปจากผลิตภัณฑ์ขั้นกลางเป็นผลิตภัณฑ์สาเร็จ โดยการรีดร้อน-เย็น การรีดซ้า การหล่อรูปพรรณ

(4) อุตสาหกรรมต่อเนื่อง – การก่อสร้างยานยนต์และชิ้นส่วน เครื่องใช้ไฟฟ้า ฯลฯ

ซึ่งอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะมีปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากกระบวนการผลิตผลิตเหล็กและเหล็กกล้า จากปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า (เหล็กขั้นกลาง) ด้วยเตาหลอมประเภทต่างๆ คือ การผลิตเหล็กโดยใช้เตาอาร์คไฟฟ้า (Electric Arc Furnace: EAF) การผลิตเหล็กโดยใช้เตาออกซิเจน (Basic Oxygen Furnace: BOF) และการผลิตเหล็กโดยใช้เตาโอเพ่นฮาร์ท (Open Hearth Furnace: OHF)

ทั้งนี้ อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะมีแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบอากาศอัด เตาเผา (Reheating furnaces) Cooling Tower ระบบไอน้ำ ระบบปรับอากาศ มอเตอร์ และการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเตาหลอมเหล็กแบบ Electric Arc Furnace (EAF) [34]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความต้องการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

<u>แบบประเมินขั้นตอนที่ 1</u> ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและสามารถทำการประเมินได้ โดยมีรายการเทคโนโลยีพลังงานเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคอุตสาหกรรมการผลิต จำนวนรวม 21 รายการ

STEP 1 : เลือกเทคโนโลยีที่จะทำการประเมิน

แบบฟอร์มสำหรับให้ผู้ประเมินคัดเลือกเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงาน
ของภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่สามารถประเมินได้

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านโปรดใส่ เครื่องหมาย √ สำหรับเทคโนโลยี/ทางเลือกพลังงานของภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ท่านสามารถทำการประเมินได้ (ท่านสามารถเลือกประเมินได้มากกว่า 1 เทคโนโลยี/ทางเลือก)

ที่	เทคโนโลยี/ทางเลือก	ท่านอยากให้ความเห็นเทคโนโลยี/ทางเลือกใดโปรดใส่ √
T1	การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า *Electric heating: controls, gas conversion*	☐
T2	เตาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง *High-efficiency furnaces and boilers*	☐
T3	ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (ขนาด 1kw โดยใช้เชื้อเพลิง อาทิ ก๊าซธรรมชาติ) *Micro-cogeneration systems (1 kw; e.g. on natural gas)*	☐
T4	หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น โดยใช้ความร้อนทิ้งและน้ำร้อนในประเทศ *Condensing boilers for space heating and domestic hot water*	☐
T5	ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม โดยใช้เชื้อเพลิง อาทิ ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซสังเคราะห์ แสงอาทิตย์ ลม. *Combined heat and power (domestic distributed energy; CHP in power stations/industry), e.g., on biogas, natural gas, green gas, solar, wind*	☐
T6	ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ *Heat pumps air or ground or water sourced for industry and residential sectors (also in combination with heating and cooling; hot and cold water underground storage)*	☐
T7	เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด/กำหนดพื้นที่เชื้อเพลิงชีวมวล *Biomass heating, wood pellets, district heating*	☐
T8	ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล *Green gas from biomass (calorie value = natural gas) for heat and power (green gas is upgraded from biogas, with a higher methane content; can be connected to natural gas grid) for, e.g., CHP (calorie value < natural gas); not grid connected*	☐
T9	ความร้อนจากยางมะตอยพื้นถนน *Heat from tarmac on roads*	☐

รูปที่ ก- 1 แบบประเมินขั้นตอนที่ 1

ที่	เทคโนโลยี/ทางเลือก	ท่านอยากให้ความเห็นเทคโนโลยี/ทางเลือกใดไปประโยค ✓
T10	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ *Variable Speed Motor Control (VFD)*	☐
T11	ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม *Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems*	☐
T12	ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังอาคาร *Insulation – exterior wall systems*	☐
T13	ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)/ระบบ Free cooling ในอาคาร *High efficiency heating, venting, and air conditioning (HVAC), free cooling, plants*	☐
T14	การกำหนดทิศของอาคาร *Building orientation*	☐
T15	เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน *Energy storage technologies*	☐
T16	อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า *Air-sealing*	☐
T17	การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน *Advanced glazing, triple or membrane technology*	☐
T18	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ *Energy saving in cement industry*	☐
T19	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร *Energy saving in agri-food industry*	☐
T20	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี *Energy Saving in Chemical Industry*	☐
T21	การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ *Energy saving in iron and steel industry*	☐
T22	.....	☐
T23	.....	☐
T24	.....	☐
T25	.....	☐
T26	.....	☐

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและสอบประเทศชาติ

<u>แบบประเมินขั้นตอนที่ 2</u> ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและให้ค่าน้ำหนักเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบทั้ง 14 ประเด็น

STEP 2 : ให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์

แบบฟอร์มการให้ค่าน้ำหนักกับเกณฑ์ด้านต่าง ๆที่ใช้ในการประเมิน

ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้ท่านโปรดใส่เครื่องหมาย √ ในช่องน้ำหนักที่เหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

เกณฑ์	ค่าน้ำหนัก		
	1 (ประเด็นนี้มีความสำคัญน้อย)	2 (ประเด็นนี้มีความสำคัญปานกลาง)	3 (ประเด็นนี้มีความสำคัญมาก)
R : ความพร้อมของเทคโนโลยี			
R1 นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง			
R2 การสนับสนุนด้านการเงิน			
R3 ต้นทุนและผลประโยชน์			
R4 การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย			
R5 ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง			
R6 ฐานข้อมูลเรื่องโนโลยี			
R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)			
R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน			
R9 ความเป็นไปได้ของการผลักดันในประเทศ			
R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย			
R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว			
I : ผลกระทบ			
I1 ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า			
I2 ด้านสังคม: การจ้างงาน สิทธิที่ดิน/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม			
I3 ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ			
I4 การประเมินความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยี			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

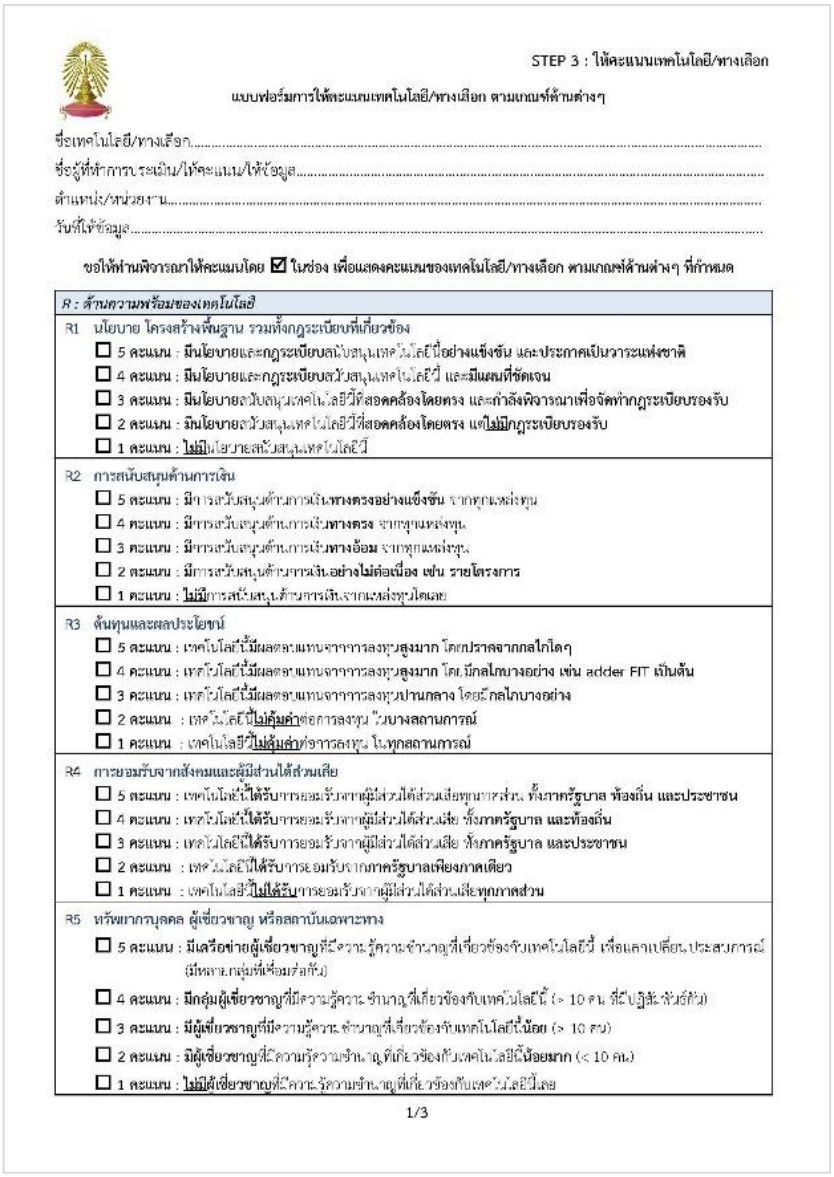
.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

รูปที่ ก- 2 แบบประเมินขั้นตอนที่ 2

<u>แบบประเมินขั้นตอนที่ 3</u> ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและให้ค่าคะแนนในแต่ละประเด็นของเทคโนโลยีตามรายการที่เลือกในขั้นตอนที่ 1



STEP 3 : ให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก

แบบฟอร์มการให้คะแนนเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ

ชื่อเทคโนโลยี/ทางเลือก.....

ชื่อผู้ที่ทำการประเมิน/ให้คะแนน/ให้ข้อมูล.....

ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

วันที่ให้ข้อมูล.....

ขอให้พิจารณาให้คะแนนโดย ☑ ในช่อง เพื่อแสดงคะแนนของเทคโนโลยี/ทางเลือก ตามเกณฑ์ด้านต่างๆ ที่กำหนด

R : ด้านความพร้อมของเทคโนโลยี	
R1	นโยบาย โครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง
	☐ 5 คะแนน : **มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้อย่างแข็งขัน และประกาศเป็นวาระแห่งชาติ**
	☐ 4 คะแนน : **มีนโยบายและกฎระเบียบสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ และมีแผนที่ชัดเจน**
	☐ 3 คะแนน : **มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง และกำลังพิจารณาเพื่อจัดทำกฎระเบียบรองรับ**
	☐ 2 คะแนน : **มีนโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่สอดคล้องโดยตรง แต่<u>ไม่มี</u>กฎระเบียบรองรับ**
	☐ 1 คะแนน : **<u>ไม่มี</u>**นโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
R2	การสนับสนุนด้านการเงิน
	☐ 5 คะแนน : **มีการสนับสนุนด้านการเงิน<u>ทางตรง</u>อย่างแข็งขัน** จากทุกแหล่งทุน
	☐ 4 คะแนน : **มีการสนับสนุนด้านการเงิน<u>ทางตรง</u>** จากหุ้นแหล่งทุน
	☐ 3 คะแนน : **มีการสนับสนุนด้านการเงิน<u>ทางอ้อม</u>** จากทุกแหล่งทุน
	☐ 2 คะแนน : **มีการสนับสนุนด้านการเงิน<u>อย่างไม่ต่อเนื่อง</u> เช่น รายโครงการ**
	☐ 1 คะแนน : **<u>ไม่มี</u>**การสนับสนุนด้านการเงินจากแหล่งทุนใดเลย
R3	ต้นทุนและผลประโยชน์
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก** โดย**ปราศจากกลไกใดๆ**
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มีผลตอบแทนจากการลงทุนสูงมาก** โดย**มีกลไกบางอย่าง เช่น adder FIT เป็นต้น**
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**มีผลตอบแทนจากการลงทุนปานกลาง** โดย**มีกลไกบางอย่าง**
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**<u>ไม่คุ้มค่า</u>**ต่อการลงทุน **ในบางสถานการณ์**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**<u>ไม่คุ้มค่า</u>**ต่อการลงทุน **ในทุกสถานการณ์**
R4	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน **ทั้งภาครัฐบาล ท้องถิ่น และประชาชน**
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย **ทั้งภาครัฐบาล และท้องถิ่น**
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย **ทั้งภาครัฐบาล และประชาชน**
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ได้รับ**การยอมรับจาก**ภาครัฐบาลเพียงภาคเดียว**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**<u>ไม่ได้รับ</u>**การยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย**ทุกภาคส่วน**
R5	ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทาง
	☐ 5 คะแนน : **มีเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ **เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์** (มีหลายกลุ่มที่เชื่อมร่วมกัน)
	☐ 4 คะแนน : **มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ (> 10 คน ที่มีปฏิสัมพันธ์กัน)
	☐ 3 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อย** (> 10 คน)
	☐ 2 คะแนน : **มีผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้**น้อยมาก** (< 10 คน)
	☐ 1 คะแนน : **<u>ไม่มี</u>ผู้เชี่ยวชาญ**ที่มีความรู้ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้เลย

1/3

รูปที่ ก- **3** แบบประเมินขั้นตอนที่ 3

R6 ฐานข้อมูลเทคโนโลยี

- ☐ 5 คะแนน : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และเปิดให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
- ☐ 4 คะแนน : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้ที่สมบูรณ์ และมีผู้ใช้งานแต่บางส่วนสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลได้
- ☐ 3 คะแนน : มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน (ไม่สมบูรณ์)
- ☐ 2 คะแนน : มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้บางส่วน
- ☐ 1 คะแนน : ไม่มีข้อมูลเทคโนโลยีนี้เลย

R7 แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)

- ☐ 5 คะแนน : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโตสูงมาก
- ☐ 4 คะแนน : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในอัตราเติบโต
- ☐ 3 คะแนน : ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้
- ☐ 2 คะแนน : ประเทศไทยมีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้น้อย
- ☐ 1 คะแนน : ประเทศไทยไม่มีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้

R8 การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน

- ☐ 5 คะแนน : มีระบบการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดีมาก อย่างครบถ้วน
- ☐ 4 คะแนน : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ที่ดี
- ☐ 3 คะแนน : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้ปานกลาง
- ☐ 2 คะแนน : มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานบางส่วนที่สามารถสนับสนุนเทคโนโลยีนี้
- ☐ 1 คะแนน : ไม่มีการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในการสนับสนุนเทคโนโลยีนี้

R9 ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ

- ☐ 5 คะแนน : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูงมาก (100%)
- ☐ 4 คะแนน : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศสูง (>90%)
- ☐ 3 คะแนน : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศปานกลาง (10-90%)
- ☐ 2 คะแนน : มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศต่ำ (<10%)
- ☐ 1 คะแนน : ไม่มีความเป็นไปได้ในการผลิตเทคโนโลยีนี้ในประเทศ (0%)

R10 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศไทย

- ☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่
- ☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ ที่มีปัญหา
- ☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายในระยะเริ่มต้น

R11 สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว

- ☐ 5 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายอย่างเต็มที่ไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องของทุกประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 4 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 3 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ ในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 2 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้มีการกระจายไปบางพื้นที่ ที่มีปัญหาในบางประเทศที่พัฒนาแล้ว
- ☐ 1 คะแนน : สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีนี้เพิ่งเริ่มมีการกระจายในประเทศที่พัฒนาแล้ว

I : ด้านผลกระทบ	
I1	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการเงินของประเทศ** โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูงมาก
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถ**เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ** โดยมีความเป็นไปได้ในการสร้างมูลค่าทางการตลาดสูง
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่มี**ผลต่อการแข่งขันของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการสร้างมูลค่าทางการตลาดน้อย
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสีย**บางประการในด้านเศรษฐกิจของประเทศ**บางส่วน**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลให้เกิดผลเสีย**ต่อเศรษฐกิจของประเทศ
I2	ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**เพิ่มขึ้นมาก**
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นเพิ่มขึ้น**
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ**
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อย**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้ส่งผลให้เกิดการจ้างงาน**คนท้องถิ่นน้อยอย่างมาก**
I3	ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่บวก/ลด**การเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ไม่มีผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ/**ไม่เพิ่ม**และลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่จำกัด**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้**ส่งผลกระทบ**ต่อสิ่งแวดล้อม**ในแง่ลบ** และเกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม**ในพื้นที่บริเวณกว้าง**
I4	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี
	☐ 5 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ได้สูงมาก**
	☐ 4 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ได้มาก**
	☐ 3 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ได้ปานกลาง**
	☐ 2 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ได้น้อย**
	☐ 1 คะแนน : เทคโนโลยีนี้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก**ได้น้อยมาก**

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและต่อประเทศชาติ

ภาคผนวก ค

ตาราง ข-1 ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบในภาพรวม

เกณฑ์	ค่าความสำคัญ
ด้านความพร้อม	
R1: นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	2.79
R2: การสนับสนุนด้านการเงิน	2.52
R3: ต้นทุนและผลประโยชน์	2.64
R4: การยอมรับจากสังคม	2.33
R5: ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทางและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	2.64
R6: ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	2.39
R7: แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	2.27
R8: การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	2.70
R9: ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	2.45
R10: สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ในประเทศไทย	2.24
R11: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	2.33
ด้านผลกระทบ	
I1: ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	2.64
I2: ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม	2.39
I3: ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	2.85
I4: การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	2.48

ตาราง ข-2 ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบของสถาบันการศึกษา

เกณฑ์	ค่าความสำคัญ
ด้านความพร้อม	
R1: นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	2.82
R2: การสนับสนุนด้านการเงิน	2.55
R3: ต้นทุนและผลประโยชน์	2.59
R4: การยอมรับจากสังคม	2.14
R5: ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทางและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	2.59
R6: ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	2.36
R7: แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	2.27
R8: การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	2.64
R9: ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	2.45
R10: สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ในประเทศไทย	2.23
R11: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	2.32
ด้านผลกระทบ	
I1: ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	2.59
I2: ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม	2.23
I3: ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	2.82
I4: การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	2.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ข-3 ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบของภาครัฐ

เกณฑ์	ค่าความสำคัญ
ด้านความพร้อม	
R1: นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	2.83
R2: การสนับสนุนด้านการเงิน	2.50
R3: ต้นทุนและผลประโยชน์	2.67
R4: การยอมรับจากสังคม	2.67
R5: ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทางและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	2.67
R6: ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	2.50
R7: แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	2.50
R8: การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	2.67
R9: ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	2.33
R10: สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ในประเทศไทย	2.33
R11: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	2.33
ด้านผลกระทบ	
I1: ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	2.83
I2: ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม	2.50
I3: ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	3.00
I4: การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	2.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ข-4 ค่าความสำคัญของเกณฑ์ด้านความพร้อมและผลกระทบของภาคเอกชนและหน่วยงานอิสระ

เกณฑ์	ค่าความสำคัญ
ด้านความพร้อม	
R1: นโยบาย โครงสร้างพื้นฐานรวมทั้งกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	2.60
R2: การสนับสนุนด้านการเงิน	2.40
R3: ต้นทุนและผลประโยชน์	2.80
R4: การยอมรับจากสังคม	2.80
R5: ทรัพยากรบุคคล ผู้เชี่ยวชาญ หรือสถาบันเฉพาะทางและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	2.80
R6: ฐานข้อมูลเทคโนโลยี	2.40
R7: แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี)	2.00
R8: การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	3.00
R9: ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ	2.60
R10: สถานการณ์ ปัจจุบัน ของ เทคโนโลยี ในประเทศไทย	2.20
R11: สถานการณ์ปัจจุบันของเทคโนโลยีในประเทศที่พัฒนาแล้ว	2.40
ด้านผลกระทบ	
I1: ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า	2.60
I2: ด้านสังคม: การจ้างงานคนท้องถิ่น/ การกระจายรายได้/ ความเที่ยงธรรม	3.00
I3: ด้านสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ, มลพิษทางน้ำ, การปนเปื้อน ฯลฯ	2.80
I4: การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยี	2.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ข-5 ผลรวมคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในแต่ละเทคโนโลยี

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม												เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**ผลรวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**ผลรวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1021	0.0921	0.0966	0.0855	0.0966	0.0877	0.0832	0.0988	0.0899	0.0821	0.0855	**1.0000**	0.2544	0.2310	0.2749	0.2398	**1.0000**
กลุ่มพลังงานทางเลือก/พลังงานหมุนเวียน (Alternative/Renewable Energy)																	
การให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric heating: controls, gas conversion)	0.2990	0.2698	0.3104	0.2808	0.3862	0.3257	0.2795	0.3316	0.3147	0.2523	0.3052	**3.3551**	0.9267	0.7095	1.0798	0.9248	**3.6408**
เตาเผาและหม้อไอน้ำประสิทธิภาพสูง (High-efficiency furnaces and boilers)	0.3701	0.3109	0.3923	0.3205	0.3440	0.3233	0.2965	0.3087	0.2809	0.2567	0.3418	**3.5458**	0.9539	0.6497	1.1510	0.9291	**3.6837**
ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Micro-cogeneration systems (1 kw; e.g. on natural gas))	0.3249	0.2596	0.3423	0.3108	0.3599	0.2790	0.2876	0.2963	0.2860	0.2389	0.3030	**3.2884**	0.9944	0.7350	1.0494	0.8501	**3.6289**
หม้อไอน้ำแบบไอเสียควบแน่น (Condensing boilers for space heating and domestic hot water)	0.2772	0.2369	0.3449	0.3418	0.3586	0.2881	0.2735	0.2258	0.3211	0.2699	0.3418	**3.2795**	0.9812	0.7260	1.0209	0.8563	**3.5844**
ระบบไฟฟ้าพลังงานร่วม โดยใช้เชื้อเพลิง (Combined heat and power (CHP))	0.3574	0.3019	0.3594	0.3513	0.3701	0.3215	0.3237	0.3348	0.3147	0.2738	0.3466	**3.6552**	0.9469	0.8213	1.1300	0.9724	**3.8705**
ปั๊มความร้อน โดยผ่านอากาศ/พื้นดิน/น้ำ (Heat pumps air or ground or water sourced)	0.2626	0.2764	0.3724	0.2686	0.3724	0.3131	0.2735	0.2399	0.3082	0.1760	0.3296	**3.1928**	0.9449	0.7260	1.0209	0.8906	**3.5823**
เชื้อเพลิงชีวมวล/เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด /การทำความร้อนแบบรวมศูนย์ (Biomass heating, wood pellets, district heating)	0.3948	0.3009	0.3541	0.3475	0.3862	0.3390	0.3163	0.3293	0.3536	0.3066	0.3532	**3.7817**	0.9836	0.9702	1.0994	0.8791	**3.9324**
ก๊าซพลังงานสะอาดจากชีวมวล (Green gas from biomass for heat and power (biogas))	0.3806	0.2847	0.3599	0.3263	0.3862	0.2949	0.2800	0.3233	0.3433	0.2688	0.3263	**3.5743**	0.9019	0.8820	0.9995	0.9155	**3.6988**

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม												เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบาย ฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคล ฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	ผลรวม	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคม ฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อม ฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ฯ (I4)	ผลรวม
น้ำหนักความสำคัญ	0.1021	0.0921	0.0966	0.0855	0.0966	0.0877	0.0832	0.0988	0.0899	0.0821	0.0855	1.0000	0.2544	0.2310	0.2749	0.2398	1.0000
ความร้อนจากยางมะตอยพื้นถนน (Heat from tarmac on roads)	0.2042	0.1612	0.2897	0.2777	0.3138	0.2192	0.2289	0.2469	0.2697	0.1437	0.2564	2.6115	0.8268	0.6352	0.9620	0.7193	3.1433
กลุ่มเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (Energy Saving Technology)																	
อุปกรณ์ความคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Motor Control (VFD))	0.2961	0.2764	0.3573	0.3504	0.3669	0.2893	0.2580	0.2963	0.2877	0.2546	0.3248	3.3578	0.8649	0.6699	0.9345	0.7673	3.2365
ระบบระบายอากาศ แบบแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ/ระบบควบคุม (Ventilation: Air-to-air heat recovery, demand control systems)	0.3063	0.2764	0.3173	0.2808	0.3862	0.3257	0.2735	0.3104	0.3339	0.2699	0.3296	3.4100	1.0175	0.8580	1.2172	0.9933	4.0860
ระบบป้องกันความร้อนโดยผนังฉนวน (Insulation – exterior wall systems)	0.3267	0.2579	0.3186	0.3589	0.4345	0.3595	0.3163	0.3358	0.3506	0.2957	0.3760	3.7307	0.9921	0.6699	1.0994	0.8392	3.6006
ระบบความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ (HVAC)	0.4177	0.3182	0.4038	0.3651	0.4389	0.3428	0.3254	0.3502	0.3596	0.2987	0.3729	3.9933	1.0407	0.8190	1.1744	0.9809	4.0149
การกำหนดทิศของอาคาร (Building orientation)	0.3744	0.2149	0.2897	0.4131	0.4506	0.3215	0.2913	0.3128	0.3296	0.2875	0.3418	3.6273	0.8904	0.7315	1.0536	0.9191	3.5945
เทคโนโลยีเก็บสะสมพลังงาน (Energy storage technologies)	0.3267	0.2518	0.3154	0.3304	0.3026	0.2514	0.2775	0.2568	0.2697	0.1807	0.2963	3.0593	0.9836	0.8162	0.9895	0.8951	3.6844

รายการเทคโนโลยี	เกณฑ์ด้านความพร้อม											เกณฑ์ด้านผลกระทบ				
	นโยบายฯ (R1)	การสนับสนุนด้านการเงิน (R2)	ต้นทุนและผลประโยชน์ (R3)	การยอมรับจากสังคมและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (R4	ทรัพยากรบุคคลฯ (R5)	ฐานข้อมูลเทคโนโลยี (R6)	แนวโน้มระยะสั้น (ภายใน 5 ปี) (R7)	การบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (R8)	ความเป็นไปได้ของการผลิตภายในประเทศ (R9)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทย (R10)	สถานการณ์ปัจจุบันในประเทศที่พัฒนาแล้ว (R11)	**ผลรวม**	ความสามารถในการแข่งขันและการสร้างมูลค่า (I1)	ด้านสังคมฯ (I2)	ด้านสิ่งแวดล้อมฯ (I3)	การประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ (I4)	**ผลรวม**
น้ำหนักความสำคัญ	0.1021	0.0921	0.0966	0.0855	0.0966	0.0877	0.0832	0.0988	0.0899	0.0821	0.0855	**1.0000**	0.2544	0.2310	0.2749	0.2398	**1.0000**
อุปกรณ์ป้องกันอากาศเข้า (Air-sealing)	0.1021	0.0921	0.3862	0.1709	0.2897	0.2192	0.2497	0.1482	0.2697	0.1232	0.3418	**2.3929**	0.6360	0.4620	1.0994	0.9591	**3.1564**
การเคลือบกระจกป้องกันความร้อน (Advanced glazing, triple or membrane technology)	0.2808	0.1612	0.3138	0.3418	0.4104	0.3069	0.2705	0.2716	0.2922	0.2259	0.3418	**3.2170**	0.8268	0.6930	0.9620	0.8392	**3.3209**
กลุ่มการบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management)																	
การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Energy saving in cement industry)	0.3472	0.3132	0.3476	0.3248	0.3283	0.2981	0.2997	0.3556	0.2877	0.2628	0.3589	**3.5239**	1.0175	0.7392	1.1544	1.0070	**3.9181**
การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Energy saving in agri-food industry)	0.3404	0.2917	0.3380	0.3561	0.3219	0.2630	0.3052	0.2963	0.4046	0.2327	0.3418	**3.4917**	1.1023	0.8855	1.1452	1.0390	**4.1720**
การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเคมี (Energy Saving in Chemical Industry)	0.3574	0.3454	0.4104	0.2991	0.3380	0.2850	0.3122	0.3210	0.2697	0.2669	0.2777	**3.4828**	1.1447	0.6352	1.1681	1.0190	**3.9671**
การประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะ (Energy saving in iron and steel industry)	0.3829	0.3224	0.3621	0.2991	0.3380	0.3069	0.3330	0.3457	0.2697	0.2259	0.3205	**3.5061**	1.0175	0.7507	1.1681	1.0190	**3.9554**

ค่าเฉลี่ยด้านความพร้อม **3.3846**

ค่าเฉลี่ยด้านผลกระทบ **3.6891**

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิวพร ปรีชา เกิดเมื่อวันอังคารที่ 10 ตุลาคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดอุทัยธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 และเข้ารับราชการในตำแหน่งนักวิเคราะห์นโยบายและแผนปฏิบัติการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 จนถึงปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University