การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย

นายธัญวิชญ์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Coal Distribution Centre Site Selection in Thailand

Mr. Thanyavit Kuakunrittiwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย
โดย	นายธัญวิชญ์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธัญวิชญ์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์ : การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย (Coal Distribution Centre Site Selection in Thailand) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย, 226 หน้า.

ภายใต้แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 ประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า โดยการเพิ่มสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆรวมถึงถ่านหินด้วย ถึงแม้ว่าการใช้ถ่านหินจะเป็นประเด็นถกเถียงกันอยู่ ถ่านหินยังคงเป็นเชื้อเพลิงที่มีความพึ่งพาได้และราคาถูก ในฐานะผู้ผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นถ่านหินนำเข้าปริมาณมาก เพื่อที่จะบริหารจัดการถ่านหินซับบิทูมินัสและบิทูมินัสนำเข้าปริมาณมากที่ไม่เคยมีมาก่อนให้เกิดความคุ้มค่าด้านการขนส่ง และภายใต้มาตรฐานสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดโครงการสร้างศูนย์กระจายถ่านหินขึ้น ที่ตั้งของศูนย์กระจายถ่านหินนั้นมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาปัจจัยเช่น สภาพภูมิประเทศ ชุมชน การขนส่ง และเศรษฐศาสตร์ การศึกษานี้ได้ประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ในการเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ทางเลือกที่ทั้งหมด จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์ และสังคมและชุมชนมากที่สุดตามลำดับ ภายหลังจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติม ผลการศึกษาระบุว่าพื้นที่มาบตาพุดและพื้นที่เทพาเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินสำหรับภาคกลางและภาคใต้ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5770202021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING (MADM) / FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (FUZZY-AHP) / BENEFIT-COST RATIO (BCR) / COAL CENTER

THANYAVIT KUAKUNRITTIWONG: Coal Distribution Centre Site Selection in Thailand. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN, CO-ADVISOR: ASST. PROF. ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D., 226 pp.

Under Power Development Plan 2015, Thailand has to diversify its heavily gas-fired electricity generation by increasing other sources of energy, including coal. Despite its controversy, coal remains the reliable and economical source of energy. As the main electricity and owner of transmission grids, Electricity Generating Authority of Thailand or EGAT is responsible to implement several coal-fired generation plants with clean coal technology. These additional plants demand high quality of imported coals. To environmentally handle and economically transport unprecedented quantities of sub-bituminous and bituminous coal, a coal center is required. The location of such facility is an important strategic decision and a paramount to the success of the energy plan as it involves many criteria, such as geography, local community, logistics, and economics. As a result, Fuzzy Analytical Hierarchy Process or Fuzzy-AHP is applied to select the most suitable location among candidates. The analysis reveals that engineering and social and society are important criteria selected by majority of experts. Having screened the potentials sites, additional economical evaluation is shown that Map Ta Phut and Thepha are the most suitable locations for siting coal centers in central and southern regions of Thailand, respectively.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Industrial Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Industrial Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งเป็นผู้สนับสนุน และผลักดันให้ประสบความสำเร็จในการศึกษาในที่สุด ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน และผศ. ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย ในการให้คำปรึกษาที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในการพัฒนาทั้งเนื้อหางานวิจัยและแนวคิดในการทำการวิจัย รวมถึงรุ่นพี่และเพื่อนๆในศูนย์บริการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้คำปรึกษาในด้านการทำงานและจัดทำวิทยานิพนธ์ ในท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนทำให้สำเร็จการศึกษาปริญญามหาบัณฑิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญภาพ ..... ฐ

สารบัญตาราง ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ปัญหาการเลือกที่ตั้ง 5

2.1.1 รูปแบบปัญหาการเลือกที่ตั้ง 5

2.1.2 เครื่องมือการแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้ง 6

2.2 ระเบียบวิธีการเลือกที่ตั้ง 8

2.2.1 กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 8

2.2.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ 13

2.3 ปัจจัยพื้นฐานในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 17

2.3.1 ปัจจัยพื้นฐานในการเลือกที่ตั้ง 17

2.3.2 เกณฑ์ในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่ายหิน 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.4 อัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio, BCR).....22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....23
บทที่ 3 สถานการณ์ถ่านหิน.....26
3.1 อุตสาหกรรมถ่านหินโลก.....26
3.1.1 ชนิดของถ่านหิน.....29
3.1.2 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว.....30
3.2 อุตสาหกรรมถ่านหินประเทศไทย.....33
3.2.1 ปริมาณสำรองถ่านหินในประเทศไทย.....33
3.2.2 ปริมาณการผลิตถ่านหิน.....34
3.2.3 ปริมาณการใช้ถ่านหิน.....35
3.3 ถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย.....36
3.3.1 ตลาดถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย.....36
3.3.2 ผู้นำเข้าถ่านหินในประเทศไทย.....37
3.3.3 ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า.....38
3.3.4 กระบวนการนำเข้าและลานกองเก็บถ่านหินนำเข้า.....39
3.4 ท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน (Coal terminal).....41
3.4.1 ตัวอย่างเครื่องจักรหลักที่ใช้ในบริเวณลานกองเก็บถ่านหิน.....42
3.4.2 ตัวอย่างท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน.....44
3.5 ประโยชน์จากท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน.....46
บทที่ 4 ปัจจัยในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน.....47
4.1 ขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยหลักและปัจจัยรอง.....47
4.2 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินปัจจัย.....48
4.3 การรวบรวมปัจจัย.....48

4.4 การวิเคราะห์ปัจจัย 51

4.5 สรุปปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง 59

บทที่ 5 ทางเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 61

5.1 การทำงานของศูนย์กระจายถ่านหิน 61

5.1.1 ปริมาณความต้องการถ่านหิน 62

5.1.2 ข้อกำหนดการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหิน 64

5.2 ขั้นตอนการคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง 67

5.3 ปัจจัยในการคัดกรองทางเลือกที่ตั้งเบื้องต้น 68

5.3.1 ด้านกฎหมาย 68

5.3.2 ด้านสมุทรศาสตร์ธรณี 70

5.3.3 ด้านแหล่งท่องเที่ยว และพื้นที่ชุมชน 70

5.4 การคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง 71

5.4.1 จังหวัดชลบุรี 75

5.4.2 จังหวัดระยอง 76

5.4.3 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77

5.4.4 จังหวัดชุมพร 79

5.4.5 จังหวัดสงขลา 80

5.4.6 จังหวัดปัตตานี 81

5.4.7 จังหวัดนราธิวาส 82

5.5 สรุปทางเลือกที่ตั้งที่ผ่านการคัดกรองและรายละเอียด 83

5.5.1 พื้นที่มาบตาพุด 83

5.5.2 พื้นที่ศรีราชา 84

5.5.3 พื้นที่ทับสะแก 85

5.5.4 พื้นที่เทพา 86
5.5.5 พื้นที่ปัตตานี 87
5.5.6 สรุปข้อมูลทางเทคนิคของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 89
บทที่ 6 กระบวนการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 91
6.1 ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ 92
6.1.1 คะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมสำหรับการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญ 92
6.1.2 แผนภูมิลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 96
6.1.3 การสร้างเมทริกซ์วิเคราะห์เป็นคู่ 98
6.1.4 การคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) 99
6.1.5 การคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ 101
6.1.6 การคำนวณค่าน้ำหนักย่อย 102
6.1.7 การคำนวณค่าน้ำหนักรวม 103
6.2 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก 104
6.2.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับปัจจัยหลัก 104
6.2.2 คะแนนของแต่ละปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 108
6.2.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยหลัก 109
6.2.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละปัจจัยหลัก 110
6.3 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยรอง 115
6.3.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับปัจจัยรอง 115
6.3.2 คะแนนของแต่ละปัจจัยรองของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 118
6.3.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรอง 121
6.3.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละปัจจัยรอง 123
6.4 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่ตั้ง 126

6.4.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับทางเลือกที่ตั้ง 127
6.4.2 คะแนนของแต่ละทางเลือกที่ตั้งจากผู้เชี่ยวชาญ 130
6.4.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 133
6.4.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 136
6.5 ผลลำดับการเลือกที่ตั้งศูนย์ระจายถ่านหิน 140
6.5.1 สรุปค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรอง 140
6.5.2 ทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 141
6.5.3 ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ 144
6.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน 147
6.6.1 ด้านการเงิน 147
6.6.2 ด้านเศรษฐศาสตร์ 149
6.6.3 การคำนวณอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost ratio) 151
6.7 การเปรียบเทียบระหว่างการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 1 แห่งกับ 2 แห่ง 152
6.7.1 ระยะการดำเนินการที่ 1 152
6.7.2 ระยะการดำเนินการที่ 2 153
บทที่ 7 การวิเคราะห์ความไวของผลการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 155
7.1 สมมติฐานการวิเคราะห์ความไว 155
7.2 ผลการวิเคราะห์ความไว 158
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 169
8.1 สรุปผลการวิจัย 169
8.2 ปัญหาและอุปสรรค 170
8.3 ข้อเสนอแนะ 171
รายการอ้างอิง 172

หน้า

ภาคผนวก..... 176
ภาคผนวก ก แบบสอบถามความเพียงพอของปัจจัย..... 177
ภาคผนวก ข คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบปัจจัยหลัก..... 193
ภาคผนวก ค คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบปัจจัยรอง..... 195
ภาคผนวก ง คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้ง..... 200
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าขนส่งถ่านหิน..... 221
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดประวัติผู้เชี่ยวชาญ..... 224
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 226

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.2-1 สร้างโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น 9

รูปที่ 2.2-2 ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) และตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy logic) ...13

รูปที่ 2.2-3 ขั้นตอนการประมวลผลแบบตรรกะแบบคลุมเครือ 14

รูปที่ 2.2-4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม.....15

รูปที่ 3.1-1 ปริมาณการใช้พลังงานของโลกระหว่างปี 2532 ถึงปี 2557 26

รูปที่ 3.1-2 ปริมาณการใช้พลังงานแบ่งตามภูมิภาคปี 2557 27

รูปที่ 3.1-3 แนวโน้มการใช้พลังงานของประเทศจีนและประเทศสหรัฐอเมริกา.....28

รูปที่ 3.1-4 ชนิดของถ่านหิน 29

รูปที่ 3.1-5 Reserves-to-production (R/P) ratio ณ สิ้นสุดปี 2557 32

รูปที่ 3.2-1 การเปรียบเทียบ R/P ratio ระหว่างเชื้อเพลิง.....33

รูปที่ 3.2-2 แนวโน้มการผลิตถ่านหินของประเทศไทยในช่วงปี 2530 ถึงปี 2556 34

รูปที่ 3.3-1 สัดส่วนการใช้ถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย 38

รูปที่ 3.3-2 เส้นทางการขนส่งทางน้ำ.....39

รูปที่ 3.3-3 กระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้าประเทศไทย.....40

รูปที่ 3.4-1 Carrington Coal Terminal, Australia.....41

รูปที่ 3.4-2 Abbot Point, Australia 42

รูปที่ 3.4-3 อุปกรณ์ลำเลียงถ่านหินจากเรือบรรทุก 42

รูปที่ 3.4-4 Stacker-Reclaimers.....43

รูปที่ 3.4-5 การขนส่งถ่านหินทางรถไฟ 43

รูปที่ 3.4-6 Kooragang Coal Terminal, Australia.....44

รูปที่ 3.4-7 KDWP Coal Terminal, India 45

รูปที่ 4.1-1 ขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง.....47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 4.4-1 ขั้นตอนการตรวจสอบความเพียงพอของปัจจัย 52
รูปที่ 4.4-2 การสัมมนาสรุปปัจจัยหลักและปัจจัยรอง.....58
รูปที่ 5.1-1 ขนาดกองถ่านหิน 66
รูปที่ 5.2-1 ขั้นตอนการคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง 67
รูปที่ 5.4-1 จังหวัดในภาคตะวันออกและภาคกลาง.....71
รูปที่ 5.4-2 จังหวัดในภาคใต้ 72
รูปที่ 5.4-3 พื้นที่อ่าวไทยตอนบนที่ผ่านการคัดกรองทั้ง 4 ปัจจัย.....74
รูปที่ 5.4-4 พื้นที่อ่าวไทยตอนล่างที่ผ่านการคัดกรองทั้ง 4 ปัจจัย.....74
รูปที่ 5.4-5 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอศรีราชา.....75
รูปที่ 5.4-6 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอมาบตาพุด 76
รูปที่ 5.4-7 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์.....77
รูปที่ 5.4-8 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอทับสะแก 78
รูปที่ 5.4-9 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอปะทิวและละแม 79
รูปที่ 5.4-10 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอจะนะและเทพา.....80
รูปที่ 5.4-11 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอเมืองปัตตานี 81
รูปที่ 5.4-12 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอเมืองนราธิวาสและตากใบ 82
รูปที่ 5.5-1 พื้นที่มาบตาพุด.....83
รูปที่ 5.5-2 พื้นที่ศรีราชา.....84
รูปที่ 5.5-3 หาดในพื้นที่ศรีราชา.....84
รูปที่ 5.5-4 พื้นที่ทับสะแก.....85
รูปที่ 5.5-5 พื้นที่เทพา.....86
รูปที่ 5.5-6 หาดในพื้นที่เทพา.....86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 5.5-7 พื้นที่ปัตตานี 87
รูปที่ 5.5-8 ชายฝั่งในพื้นที่ปัตตานี.....88
รูปที่ 5.5-9 ประกาศในพื้นที่ปัตตานี.....88
รูปที่ 5.5-10 ทางเลือกที่ตั้งที่ผ่านการคัดกรอง.....90
รูปที่ 6.1-1 ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ.....93
รูปที่ 6.1-2 แผนภูมิลำดับชั้นการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน.....97
รูปที่ 6.2-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก SOC 110
รูปที่ 6.2-2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย..... 112
รูปที่ 6.2-3 Capacity factor ของพลังงาน..... 112
รูปที่ 7.2-1 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก SOC และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 159
รูปที่ 7.2-2 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก SOC และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้..... 159
รูปที่ 7.2-3 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก INF และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง .. 161
รูปที่ 7.2-4 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก INF และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้..... 161
รูปที่ 7.2-5 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENG และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 163
รูปที่ 7.2-6 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENG และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้..... 163
รูปที่ 7.2-7 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก TRA และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง. 165
รูปที่ 7.2-8 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก TRA และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ 165
รูปที่ 7.2-9 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENV และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง. 167
รูปที่ 7.2-10 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENV และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้... 167
รูปที่ ข-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก INF 193
รูปที่ ข-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก ENG..... 193
รูปที่ ข-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก TRA..... 194

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ ข-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก ENV 194
รูปที่ ค-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC 195
รูปที่ ค-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF 196
รูปที่ ค-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG 197
รูปที่ ค-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA 198
รูปที่ ค-5 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA 199
รูปที่ ง-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOL ของพื้นที่ภาคกลาง 200
รูปที่ ง-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOG ของพื้นที่ภาคกลาง 201
รูปที่ ง-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-SOA ของพื้นที่ภาคกลาง 202
รูปที่ ง-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง E-GEO ของพื้นที่ภาคกลาง 203
รูปที่ ง-5 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-ABR ของพื้นที่ภาคกลาง 204
รูปที่ ง-6 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-BIR ของพื้นที่ภาคกลาง 205
รูปที่ ง-7 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-HUV ของพื้นที่ภาคกลาง 206
รูปที่ ง-8 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-QOL ของพื้นที่ภาคกลาง 207
รูปที่ ง-9 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOL ของพื้นที่ภาคใต้ 213
รูปที่ ง-10 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOG ของพื้นที่ภาคใต้ 214
รูปที่ ง-11 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-SOA ของพื้นที่ภาคใต้ 215
รูปที่ ง-12 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง E-GEO ของพื้นที่ภาคใต้ 216
รูปที่ ง-13 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-ABR ของพื้นที่ภาคใต้ 217
รูปที่ ง-14 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-BIR ของพื้นที่ภาคใต้ 218
รูปที่ ง-15 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-HUV ของพื้นที่ภาคใต้ 219
รูปที่ ง-16 การคำนวณน้ำหนักย่อยของปัจจัยรอง V-QOL ของพื้นที่ภาคใต้ 220

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1-1 โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 2
ตารางที่ 2.1-1 สรุปการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเลือกที่ตั้ง 7
ตารางที่ 2.2-1 ตารางการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา 10
ตารางที่ 2.2-2 มาตรฐานแสดงมาตราส่วนที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ 11
ตารางที่ 2.2-3 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มในแต่ละเมทริกซ์ n*n 12
ตารางที่ 2.2-4 ตัวอย่างน้ำหนักรวมทางเลือก 13
ตารางที่ 2.2-5 ตัวอย่างชุดตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม 15
ตารางที่ 2.2-6 การเปรียบเทียบวิธีการ Fuzzy AHP 16
ตารางที่ 2.3-1 เกณฑ์และปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้ง 21
ตารางที่ 3.1-1 ปริมาณการใช้พลังงานระหว่างปี 2556 และปี 2557 ของประเทศจีน และประเทศสหรัฐอเมริกา (Million tonnes of oil equivalent) 27
ตารางที่ 3.1-2 คุณสมบัติของถ่านหินแต่ละชนิด 30
ตารางที่ 3.1-3 ปริมาณสำรองที่สำรวจแล้ว ณ สิ้นสุดปี 2557 31
ตารางที่ 3.2-1 ปริมาณสำรองถ่านหินของประเทศไทยในแต่ละพื้นที่ 33
ตารางที่ 3.2-2 ปริมาณการใช้ถ่านหินของประเทศไทยในปี 2557 35
ตารางที่ 3.3-1 ตัวอย่างคุณสมบัติถ่านหินของผู้จำหน่ายถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย 37
ตารางที่ 4.3-1 ปัจจัยจากงานวิจัยและโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง 49
ตารางที่ 4.3-2 กลุ่มปัจจัยที่ได้จากงานวิจัยและโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง 51
ตารางที่ 4.4-1 ผลแบบสอบถามที่ 1 53
ตารางที่ 4.4-2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของปัจจับจากผลแบบสอบถามที่ 1 56
ตารางที่ 5.1-1 ข้อกำหนดเรือบรรทุกสินค้าเทกอง 61
ตารางที่ 5.1-2 ความต้องการถ่านหินของโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ตารางที่ 5.1-3 คุณสมบัติของถ่านหินนำเข้า 62
ตารางที่ 5.1-4 คุณสมบัติของถ่านหินนำเข้า 63
ตารางที่ 5.1-5 ข้อกำหนดการทำงานศูนย์กระจายถ่านหินภาคกลางและภาคใต้.....64
ตารางที่ 5.1-6 อัตราการใช้ท่าเทียบเรือแนะนำ.....65
ตารางที่ 5.4-1 สรุปพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอ่าวไทย.....73
ตารางที่ 5.5-1 สรุปข้อมูลแต่ละทางเลือกที่ตั้ง.....89
ตารางที่ 6.1-1 คะแนนสำหรับเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัย.....94
ตารางที่ 6.1-2 คะแนนสำหรับเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกที่ตั้ง.....95
ตารางที่ 6.1-3 สรุปปัจจัยหลักและปัจจัยรอง.....96
ตารางที่ 6.1-4 ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบปัจจัย 98
ตารางที่ 6.1-5 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัย 98
ตารางที่ 6.1-6 ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง 98
ตารางที่ 6.1-7 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง 99
ตารางที่ 6.1-8 ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม.....99
ตารางที่ 6.1-9 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัย 100
ตารางที่ 6.1-10 ตัวอย่างเมทริกซ์ค่า m 100
ตารางที่ 6.1-11 ตัวอย่างการหาค่าน้ำหนักจากค่า m 100
ตารางที่ 6.1-12 ตัวอย่างการหาค่า λ_{max} จากค่า m 101
ตารางที่ 6.2-1 คะแนนปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 104
ตารางที่ 6.2-2 เมทริกซ์เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 105
ตารางที่ 6.2-3 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 105
ตารางที่ 6.2-4 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุดเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 6.2-5 การหาค่าน้ำหนักเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากค่า m .. 106

ตารางที่ 6.2-6 การหาค่า λ_{max} จากค่า m เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 .. 106

ตารางที่ 6.2-7 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 107

ตารางที่ 6.2-8 คะแนนการเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 108

ตารางที่ 6.2-9 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 109

ตารางที่ 6.2-10 สรุปค่าน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก..... 111

ตารางที่ 6.3-1 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 115

ตารางที่ 6.3-2 เมทริกซ์ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 115

ตารางที่ 6.3-3 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 116

ตารางที่ 6.3-4 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 116

ตารางที่ 6.3-5 การหาค่าน้ำหนักปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากค่า m..... 116

ตารางที่ 6.3-6 การหาค่า λ_{max} จากค่า m ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 117

ตารางที่ 6.3-7 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 118

ตารางที่ 6.3-8 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 118

ตารางที่ 6.3-9 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 119

ตารางที่ 6.3-10 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 119

ตารางที่ 6.3-11 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 120

ตารางที่ 6.3-12 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 120

ตารางที่ 6.3-13 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ตารางที่ 6.3-14 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF จากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 121

ตารางที่ 6.3-15 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 121

ตารางที่ 6.3-16 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 122

ตารางที่ 6.3-17 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 122

ตารางที่ 6.3-18 สรุปค่าน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง..... 123

ตารางที่ 6.4-1 ประเภทของปัจจัยรอง..... 126

ตารางที่ 6.4-2 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 127

ตารางที่ 6.4-3 เมทริกซ์เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 127

ตารางที่ 6.4-4 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 128

ตารางที่ 6.4-5 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้
ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 128

ตารางที่ 6.4-6 การหาค่าน้ำหนักเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 128

ตารางที่ 6.4-7 การหาค่า $\lambda_{\max}$ จากค่า m เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ ปัจจัยรอง
S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 129

ตารางที่ 6.4-8 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL
ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 130

ตารางที่ 6.4-9 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 131

ตารางที่ 6.4-10 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENG
ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 6.4-11 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 132
ตารางที่ 6.4-12 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 133
ตารางที่ 6.4-13 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 134
ตารางที่ 6.4-14 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน 135
ตารางที่ 6.4-15 ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยเชิงปริมาณของภาคกลาง 136
ตารางที่ 6.4-16 ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยเชิงปริมาณของภาคใต้ 137
ตารางที่ 6.4-17 สรุปค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 138
ตารางที่ 6.4-18 สรุปค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ 139
ตารางที่ 6.5-1 ค่าน้ำหนักรวมปัจจัยรอง 140
ตารางที่ 6.5-2 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 141
ตารางที่ 6.5-3 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง 142
ตารางที่ 6.5-4 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ 144
ตารางที่ 6.5-5 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ 145
ตารางที่ 6.6-1 เงินลงทุนเบื้องต้นของศูนย์กระจายถ่านหินภาคกลาง 147
ตารางที่ 6.6-2 เงินลงทุนเบื้องต้นของศูนย์กระจายถ่านหินภาคใต้ 148
ตารางที่ 6.6-3 Benefit-Cost ratio ของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 151
ตารางที่ 6.7-1 รายละเอียดทางเลือกการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินระยะการดำเนินการที่ 1. 153
ตารางที่ 6.7-2 รายละเอียดทางเลือกการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินระยะการดำเนินการที่ 2. 154
ตารางที่ 6.7-3 เงินลงทุนเบื้องต้นและค่าขนส่งระยะการดำเนินการที่ 2 154

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 7.2-1 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก SOC..... 158

ตารางที่ 7.2-2 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก INF..... 160

ตารางที่ 7.2-3 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก ENG..... 162

ตารางที่ 7.2-4 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก TRA..... 164

ตารางที่ 7.2-5 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก ENV..... 166

ตารางที่ 7.2-6 ผลวิเคราะห์ความไวทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง..... 168

ตารางที่ 7.2-7 ผลวิเคราะห์ความไวทางเลือกที่ตั้งภาคใต้..... 168

ตารางที่ ง-1 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก SOC..... 208

ตารางที่ ง-2 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENG..... 208

ตารางที่ ง-3 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENV..... 209

ตารางที่ ง-4 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก SOC
ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 210

ตารางที่ ง-5 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENG
ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 211

ตารางที่ ง-6 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENV
ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน..... 212

ตารางที่ จ-1 รายละเอียดค่าขนส่งทางเลือกที่ตั้งภาคกลางและภาคใต้..... 221

ตารางที่ จ-2 รายละเอียดค่าขนส่งระยะการดำเนินการที่ 1..... 222

ตารางที่ จ-3 รายละเอียดค่าขนส่งทางแต่ละระยะการดำเนินการที่ 2..... 223

บทที่ 1

บทนำ

จากสถานการณ์พลังงาน ณ ปัจจุบันของประเทศไทย กระทรวงพลังงานร่วมกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้พิจารณาจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (Power Development Plan, PDP2015) [1] เพื่อรองรับแนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และแผนลงทุนโครงสร้างพื้นฐานตามนโยบายรัฐบาล รวมทั้งการเตรียมการเข้าสู่ประชาชมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community, AEC) ในพ.ศ. 2558

แผนพัฒนาดังกล่าวถูกจัดทำบนพื้นฐานหลัก 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความมั่นคงทางพลังงาน ไฟฟ้าต้องมีเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคทั้งระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้ารายพื้นที่ นอกจากนี้เชื้อเพลิงในการผลิตต้องหลากหลายเพื่อลดความเสี่ยงการพึ่งพาเชื้อเพลิงชนิดใดเพียงชนิดหนึ่งเป็นหลัก
2. ด้านเศรษฐกิจ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต้องเหมาะสมทั้งในภาคครัวเรือนและภาคเศรษฐกิจ
3. ด้านสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมและชุมชน รวมถึงลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสถาณการณ์ด้านพลังงาน ณ ปัจจุบัน พบว่าประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตกระแสไฟฟ้าถึง 65% ของเชื้อเพลิงทั้งหมด มากไปกว่านั้น 42% ของก๊าซทั้งหมดที่ใช้มาจากการนำเข้าจากประเทศพม่าถึงทั้งสิ้น เป็นที่มาของการลดสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซธรรมชาติ ซึ่งสัดส่วนที่ลดลงจะถูกทดแทนด้วยโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศ และพลังงานหมุนเวียน เป็นต้น ในด้านของเศรษฐกิจเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงต่างชนิดกันถ่านหินมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดที่ 2.91 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และราคาเชื้อเพลิงต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆที่ใช้ผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดยังทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง เพราะถ่านหินที่ใช้มีคุณภาพดีกว่าลิกไนต์ โลหะหนักหรือสารพิษที่เกิดขึ้นย่อมลดลง ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด 6โครงการ แบ่งออกเป็นโครงการในพื้นที่ภาคใต้ 4 โครงการ และภาคกลาง 2 โครงการ (ตารางที่ 1.1-1)

ตารางที่ 1.1-1 โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

ปี	โครงการ	กำลังผลิตสุทธิ (MW)	ปริมาณถ่านหิน (mtpa)	พื้นที่ (ภาค)
2562	EGAT Clean Coal #1	800	2.7	ภาคใต้
2564	EGAT Clean Coal #2	1,000	3.5	ภาคใต้
2567	EGAT Clean Coal #3	1,000	3.5	ภาคใต้
2575	EGAT Clean Coal #4	1,000	3.5	ภาคกลาง
2577	EGAT Clean Coal #5	1,000	3.5	ภาคใต้
2578	EGAT Clean Coal #6	1,000	3.5	ภาคกลาง

จากตารางที่ 1.1-1 สิ่งสำคัญอย่างแรกคือ กฟผ.ต้องสามารถรองรับปริมาณถ่านหินนำเข้าที่สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าข้างต้น ลำดับถัดมาจึงจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการจำหน่ายถ่านหินให้กับภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อกฟผ.และภาคอุตสาหกรรม เพราะการซื้อถ่านหินในปริมาณมากขึ้น ย่อมมีอำนาจในการต่อรองราคาต่อผู้ขายมากขึ้น จะได้ราคาถ่านหินที่ต่ำลง

ปัจจุบันการขนส่งถ่านหินของภาคเอกชนประมาณ 10 ล้านตันต่อปี อาศัยเส้นทางบริเวณอำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากพื้นที่อำเภอนครหลวงมีแม่น้ำป่าสักไหลผ่านซึ่งสะดวกที่จะนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศล่องเรือจากแหลมฉบังเข้ามายังปากน้ำเจ้าพระยา ส่งผลให้ชุมชนผู้อยู่อาศัยได้รับความเดือดร้อนจากมลภาวะทั้งทางอากาศ ทางน้ำ ทางเสียง จากการจัดการที่ไม่มีระเบียบ

เพราะฉะนั้นเมื่อมีแผนการเพิ่มปริมาณการใช้ถ่านหินเพื่อผลิตไฟฟ้า เบื้องต้นจึงเกิดปัญหาที่ต้องพิจารณาเริ่มจากปริมาณความต้องการถ่านหินต่อปีที่เพิ่มขึ้น จุดนำเข้าถ่านหิน สถานที่กองเก็บถ่านหิน วิธีการในการส่งถ่านหินไปยังโครงการต่างๆ บนพื้นฐานของความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรมและความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน รวมถึงการดำเนินการต้องเป็นตามมาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อความเป็นอยู่ของชุมชนผู้อยู่อาศัย จึงเป็นที่มาของโครงการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน (Coal center) ขึ้นใหม่ของกฟผ. เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

สำหรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินนั้น มีลักษณะของปัญหาที่ต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้าน ตัวอย่างเช่น ด้านธรณีวิทยา ด้านวิศวกรรมโครงสร้างท่าเรือ ด้านสิ่งแวดล้อมที่จะต้องคำนึงถึงผลกระทบในขั้นตอนการก่อสร้างและขั้นตอนการดำเนินการ และด้านการขนส่งที่เป็นหน้าที่หนักของศูนย์กระจายถ่านหิน ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงเป็นที่มาในการประยุกต์เครื่องมือการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายปัจจัย (Multi-Attribute Decision Making, MADM) เพื่อแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินของโครงการกรณีศึกษา ด้วยการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายปัจจัย (Multi-Attribute Decision Making) และเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy) เพื่อรองรับปริมาณความต้องการถ่านหินตามแผน PDP2015 v.3 และปริมาณความต้องการของภาคอุตสาหกรรมหลัก

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย

1. เปรียบเทียบการสร้างศูนย์กระจายถ่านหินระหว่างมี 1 แห่งกับมี 2 แห่ง
2. พิจารณาปริมาณความต้องการถ่านหินนำเข้าจากโครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด และภาคอุตสาหกรรมหลักของภาคใต้และภาคกลาง ได้แก่

- ภาคใต้: โครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด หมายเลข #2 #3 #5 และภาคอุตสาหกรรมหลัก
- ภาคกลาง: โครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด หมายเลข #4 #6 และภาคอุตสาหกรรมหลัก

นอกจากนี้กำหนดให้โครงที่ #4 #5 และ#6 ที่ยังไม่ได้กำหนดตำแหน่งตามแผน PDP2015 v.3 ตั้งอยู่ที่ อำเภอสับสะแก อำเภอเมืองปัตตานี และบริเวณอ่าวไทยรูปตัวก. ตามลำดับ

3. พิจารณาทางเลือกที่ตั้ง 4 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดและพื้นที่สำรองของทั้งภาคกลางและภาคใต้ โดยพิจารณาจากพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสถานการณ์อุตสาหกรรมถ่านหินโลก
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง
3. ศึกษาข้อมูลความต้องการใช้ถ่านหินนำเข้าของประเทศไทย โครงการโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และอุตสาหกรรมภาคใต้และภาคกลาง

4. ศึกษาตัวอย่างท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน
5. พิจารณาคัดกรองที่ตั้งด้วยปัจจัยจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิเบื้องต้น เช่น
   - แหล่งที่มาของถ่านหิน
   - พื้นที่ชุมชน และแหล่งท่องเที่ยว
   - สาธารณูปโภคพื้นฐาน และการเข้าถึงพื้นที่
6. ศึกษาปัจจัยการก่อสร้างและดำเนินการท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน เช่น
   - ด้านวิศวกรรม เช่น ปริมาณการกองเก็บ ภูมิประเทศ ฯลฯ
   - ด้านการขนส่งเบื้องต้น เช่น ระยะทางถึงโครงการโรงไฟฟ้า ฯลฯ
   - ด้านสมุทรศาสตร์ เช่น ความลึกของทะล ความเร็วคลื่น ฯลฯ
   - ด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชน เช่น พื้นที่ชุมชน ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ฯลฯ

   เป็นต้น
7. วิเคราะห์ปัจจัยรองของแต่ละปัจจัยหลัก
8. กำหนดทางเลือกที่ตั้งอย่างน้อย 4 ทางเลือก (ภาคกลาง 2 แห่ง ภาคใต้ 2 แห่ง)
9. ออกแบบการประเมินโดยใช้การตัดสินใจจากปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่กำหนด
10. ลงพื้นที่เก็บข้อมูลตามปัจจัยที่กำหนดในพื้นที่ทางเลือก
11. ประเมินความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามข้อมูลและแบบประเมินข้างต้น
12. วิเคราะห์และเลือกที่ตั้งที่เหมาะสม
13. เปรียบเทียบการสร้างท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหินระหว่างมี 1 แห่ง เพื่อรองรับทั้งภาคกลางและภาคใต้ร่วมกัน กับมี 2 แห่ง เพื่อรองรับภาตใต้ 1 แห่ง และภาคกลาง 1 แห่ง
14. สรุปผลและข้อเสนอแนะ
15. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเสนอปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกที่ตั้งท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน
2. สามารถเสนอทางเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินที่เหมาสมที่สุด
3. ขั้นตอนการวิจัยสามารถเป็นแนวทางในแก้ปัญหาอื่นๆ ที่มีการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายปัจจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการเลือกที่ตั้ง

2.1.1 รูปแบบปัญหาการเลือกที่ตั้ง

สำหรับการดำเนินชีวิต สิ่งที่ต้องเจออยู่เสมอคือปัญหาต่างๆที่ทำให้ต้องเกิดการตัดสินใจ มนุษย์จะใช้ความสามารถในการให้เหตุผล ความรู้สึกและประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามวิธีการแก้ปัญหาจะซับซ้อนมากขึ้นเมื่อมีเกณฑ์หลายเกณฑ์ที่ต้องนำมาพิจารณา เช่นเดียวกับปัญหาการเลือกที่ตั้ง เป็นหนึ่งในปัญหาที่ต้องพิจารณาเกณฑ์ต่างๆเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด นำมาซึ่งเครื่องมือการแก้ปัญหาจากศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์การจัดการที่เรียกว่า ระเบียบวิธีการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น [2]

- การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Decision Making, MODM) จะเป็นการแก้ปัญหาโดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไข (constraint) ต่างๆเพื่อออกแบบให้เกิดทางเลือกที่ดีที่สุดที่ผู้ตัดสินใจยอมรับได้ ลักษณะโดยทั่วไปของปัญหาประเภทนี้จะประกอบด้วยวัตถุประสงค์ที่สามารถวัดผลเป็นตัวเลขได้ และกลุ่มของเงื่อนไขที่ผ่านการพิจารณามาแล้ว เทคนิคที่ใช้ในงานแก้ปัญหาประเภทนี้ตัวอย่างเช่น global criterion, goal programming ฯลฯ

ขั้นตอนในการแก้ปัญหา MODM โดยทั่วไปประกอบด้วย

1. วัตถุประสงค์ที่ขัดแย้งในตัวเอง (conflicting objectives) เช่น มีวัตถุประสงค์ต้องการผลกำไรมากที่สุด แต่ก็มีอีกวัตถุประสงค์ คือการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด
2. คำตอบที่มีประสิทธิภาพ (efficient solution) คำตอบที่เป็นไปได้ที่เกิดจากการคำนวน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทุกๆฟังก์ชั่นพร้อมกัน
3. คำตอบที่ต้องการ (a preferred solution) ถูกเลือกโดยตู้ตัดสินใจจากคำตอบที่มีประสิทธิภาพให้เป็นคำตอบสุดท้ายของปัญหา อาจจะใช้การวิเคราะห์ความไว sensitivity analysis เป็นเครื่องมือช่วยเลือกคำตอบ

- การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Attribute Decision Making, MADM) จะมีทางเลือกในการตัดสินใจอยู่แล้วในระดับหนึ่ง ซึ่งแต่ละทางเลือกสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ แต่ละวัตถุประสงค์ได้แตกต่างกันออกไป ผู้ตัดสินใจจะได้รับคำตอบที่เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดหรือกลุ่มทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกทั้งหมด โดยอาศัยความสำคัญของวัตถุประสงค์และความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ เทคนิคที่ใช้ในงานแก้ปัญหาประเภทนี้ ตัวอย่างเช่น AHP, TOPSIS, GIS ฯลฯ

2.1.2 เครื่องมือการแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้ง

1. วิธีหาจุดศูนย์ถ่วง (The Center of Gravity Approach, CG)

เมื่อมีข้อมูลความต้องการทรัพยากร ณ จุดต่างๆ เทคนิคนี้จะถูกใช้ในการหาตำแหน่งที่ทำให้สามารถตอบสนองต่อจำนวนรวมความต้องการ (demand) ในระยะทางมีค่าน้อยที่สุดในบริเวณที่เป็นพื้นที่เป้าหมายโดยรวม

ระยะทางในแนวแกน X และ Y ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงในบริเวณของพื้นที่เป้าหมายสามารถคำนวณหาได้ ดังสมการนี้

พิกัดแนวแกน $X_{C.G.} = \frac{\sum L_i X_i}{\sum L_i}$ พิกัดแนวแกน $Y_{C.G.} = \frac{\sum L_i Y_i}{\sum L_i}$

โดยกำหนดให้

C.G. = ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงในบริเวณของพื้นที่เป้าหมาย

i = หมายเลขบริเวณใดที่เป็นพื้นที่เป้าหมาย

L_i = ความต้องการในพื้นที่เป้าหมาย

X_i = พิกัดแนวแกน X บริเวณใดที่เป็นพื้นที่เป้าหมาย

Y_i = พิกัดแนวแกน Y บริเวณใดที่เป็นพื้นที่เป้าหมาย

2. การรวมหลักเกณฑ์แบบถ่วงน้ำหนัก (Simple Additive Weighting, SAW)

คือวิธีการที่มีความซับซ้อนและวิธีการคำนวณที่ง่ายต่อผู้วิจัย โดยที่เกณฑ์หรือปัจจัยจะถูกกำหนดค่าความสำคัญด้วยผู้วิจัยหรือจากผู้เชี่ยวชาญ ทางเลือกที่มีผลคูณระหว่างค่าความสำคัญของปัจจัยกับคะแนนของปัจจัยมากที่สุดจะเป็นทางเลือกอันดับแรกในการตัดสินใจ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่สามารถแสดงความสอดคล้องกันระหว่างปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจ

3. ท็อปสิส (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)

เกณฑ์หรือปัจจัยที่นำมาพิจารณาสามารถให้ผลลัพธ์ทั้งที่เป็นบวกและเป็นลบได้ เช่น ปัจจัยด้านผลตอบแทนควรมีค่าเป็นบวก และปัจจัยด้านต้นทุนควรมีค่าต่ำหรือมีค่าเป็นลบ

การวิเคราห์ เริ่มต้นด้วยการปรับค่า (Normalization) ของเมตริกซ์การตัดสินใจ (Decision matrix) ที่ประกอบด้วยค่าของทางเลือกในแต่ละปัจจัย จากนั้นจึงคำนวณค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ ก่อนที่จะหาว่าแต่ละทางเลือกอยู่ห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบเท่าใด แล้วจึงคำนวณเป็นที่มีค่าความใกล้ชิดจากจุดในอุดมคติของแต่ละทางเลือก โดยเลือกทางที่เหมาะสมที่สุดจากระยะที่ใกล้ที่สุดทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

ตารางที่ 2.1-1 สรุปการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเลือกที่ตั้ง

วิธีการ [3]	จุดเด่น	ข้อดี	ข้อเสีย
Analytic Hierarchy Process (AHP)	การเปรียบเทียบเชิงคู่ของปัจจัยและทางเลือกด้วยการให้คะแนน	1. กระบวนการเข้าใจง่าย 2. ประยุกต์แผนภูมิลำดับชั้นได้กับปัญหาหลายขนาด	1. อาจจะเกิดความไม่สอดคล้อง ระหว่างอันดับปัจจัย และผลการตัดสินใจ
Data Envelopment Analysis (DEA)	การใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ประเมินเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของทางเลือก	1. สามารถวิเคราห์ทางเลือกจำนวนมาก 2. เปรียบเทียบทางเลือกด้วยประสิทธิภาพ	1. ไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่ขาดความแม่นยำ จำเป็นต้องตั้งสมมติฐานว่าสามารถระบุทุกอินพุทและเอาท์พุทได้
Simple Additive Weighting (SAW)	การให้คะแนนทางเลือกภายใต้แต่ละน้ำหนักย่อย (local weight)ของปัจจัย	1. เป็นกระบวนการที่การคำนวณยุ่งยาก	1. ไม่มีแสดงปฏิสัมพันธ์กับระหว่างปัจจัยที่ใช้ตัดสินใจค่า 2. ความสำคัญที่กำหนดจากผู้เชี่ยวชาญอาจจะเกิดความไม่สอดคล้อง
Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)	การประเมินทางเลือกแต่ละทางเลือกเปรียบเทียบกับวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	1. เหมาะสาหรับการตัดสินใจบนเกณฑ์เชิงปริมาณ 2. กระบวนการทำงานไม่ซับซ้อน 3. จำนวนขั้นตอนจะเท่าเดิม ไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่วิเคราะห์	1. หากมีปัจจัยจำนวนมาก อาจเกิดความไม่สอดคล้องของการตัดสินใจ 2. ไม่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

2.2 ระเบียบวิธีการเลือกที่ตั้ง

2.2.1 กระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

เกิดขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1970 โดยศาสตราจารย์ โทมัส สาตี้ [4] แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดด้วยการให้คะแนนตามความสำคัญ หลังจากให้คะแนนเพื่อจัดลำดับความสาคัญของเกณฑ์แล้ว จึงพิจารณาวิเคราะห์ทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กาหนดไว้ทีละเกณฑ์จนครบทุกเกณฑ์ การวิเคราะห์ตามลาดับชั้นนั้นถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายกับการตัดสินใจในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับการดำเนินธุรกิจ และเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision-Making) [5]

โดยใช้รูปของแผนภูมิลำดับชั้นเป็นโครงสร้างของปัญหา หลังจากนั้นนำผลความคิดเห็นมาแสดงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัย ขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ว่าทางเลือกใดที่มีลำดับความสำคัญสูงที่สุด ซึ่งจะนำมาสู่บทสรุปในการแก้ปัญหา

กระบวนการนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น การแก้ปัญหาหรือช่วยตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจ และถูกนำไปสร้างแบบประเมินต่างๆ อีกมากมาย เนื่องมาจากประโยชน์และจุดเด่นที่มีของกระบวนการนี้

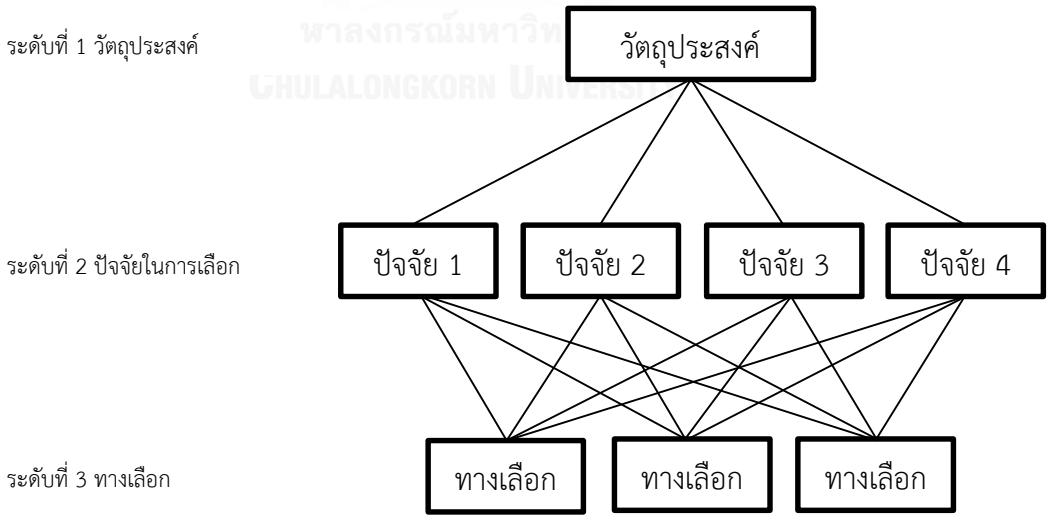
- สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ เพราะขั้นตอนการทำงานเป็นแผนภูมิลำดับชั้น เสมือนการเลียนแบบกระบวนความคิดของมนุษย์
- สามารถวิเคราะห์เกณฑ์หรือปัจจัยทั้งที่เป็นปัจจัยเชิงคุณภาพ (qualitative criteria) และปัจจัยเชิงปริมาณ (quantitative criteria)
- สามารถใช้ตัดสินใจปัญหาแบบเดี่ยว หรือปัญหาแบบกลุ่มที่มีการลงมติตัดสินใจเป็นกลุ่มได้ที่มีความต้องการของผู้ตัดสินใจที่แตกต่างกันได้ [6, 7]
- กระบวนการวิเคราะห์ความสำคัญของเกณฑ์หรือปัจจัย แสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของตัวเลข ดังนั้นจึงสะดวกต่อการเปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละเกณฑ์หรือปัจจัย
- กระบวนการวิเคราะห์ทำให้ความสำคัญของแต่ละเกณฑ์หรือปัจจัยมีความสอดคล้องไม่ขัดแย้งกัน

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์จะประกอบด้วย เริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบปัจจัยหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์หรือแต่ละปัจจัย จากนั้นนำทางเลือกที่สร้างไว้มาพิจารณาตามเกณฑ์หรือปัจจัยข้างต้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ทางเลือก องค์ประกอบของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นสัดส่วนตามรูปแบบแผนภูมิลำดับชั้น ดังนี้

- ระดับชั้นบนสุด คือ เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการแก้ปัญหา
- ระดับชั้นรองลงมา คือ เกณฑ์หรือปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งไม่มีข้อกำหนดว่าต้องมากหรือน้อยเพียงใด
- ระดับชั้นล่างสุด คือ ทางเลือกที่จะนำมาพิจารณาตามเกณฑ์หรือปัจจัยระดับด้านบนจนถึงเป้าหมายของปัญหา

ขั้นตอนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

1. กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนที่จำทำการศึกษาหรือตัดสินใจ
2. กำหนดปัจจัยหรือเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ
3. สร้างโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้นจากปัญหา โดยแบ่งระดับชั้นจากที่ได้กล่าวข้างต้น ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.2-1 สร้างโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น

4. สร้างตารางเมทริกซ์เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์หรือปัจจัย เพื่อขั้นตอนต่อไปในการประเมินทางเลือก ดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 2.2-1 ตารางการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

เกณฑ์หรือปัจจัย	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	ปัจจัย K	น้ำหนักของปัจจัย
ปัจจัย 1	1	a_{12}	a_{1k}	W_1
ปัจจัย 2	a_{21}	1	a_{2k}	W_2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
ปัจจัย K	a_{k1}	a_{k2}	1	W_k

หมายเหตุ a_{ij} เป็นค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย i เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัย j ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา และ $a_{ij} = 1/a_{ij}$

จากตารางเมทริกซ์ด้านบน ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ ปัจจัยที่ 1 แถวแนวนอนจะถูกเปรียบเทียบในแถวแนวตั้งกับปัจจัยที่ 2 ถึง ปัจจัยที่ m การเปรียบเทียบจะดำเนินไปเช่นเดียวกันในปัจจัยที่ 2 ในแถวแนวนอนที่ 2

การบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น จะแทนค่าความสำคัญด้วยตัวเลขระหว่าง 1 ถึง 9 แสดงถึงมาตรส่วนความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ถูกเปรียบเทียบ ในแง่ของความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ ดังตารางด้านล่างนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2-2 มาตรฐานแสดงมาตราส่วนที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญ

ระดับของความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย (ปัจจัยทั้งสองที่กำลังพิจาณา)
1	สำคัญเท่ากัน	มีความสำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ปัจจัยตัวที่หนึ่งมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ปัจจัยตัวที่หนึ่งมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ปัจจัยตัวที่หนึ่งมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ปัจจัยตัวที่หนึ่งมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งในระดับที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2,4,6,8	ค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	ค่าความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยถูกพิจารณาว่าควรเป็นค่าระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ เมื่อปัจจัยหรือทางเลือกทั้งสองที่เปรียบเทียบกันต้องการคำนวณค่าความสำคัญที่ละเอียดมากกว่าค่าสำคัญมาตรฐานที่แสดงไว้ดังตารางข้างต้น อาจนำค่าความสำคัญที่เป็นค่า 1.1, 1.2,...มาใช้ได้ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

5. การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยและดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, C.I.) น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเมื่อได้ค่าเปรียบเทียบในตารางเมทริกซ์ ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ซึ่งทำได้โดย การหารค่าความสำคัญที่อยู่ในแต่ละแถวแนวนอนด้วยผลรวมของค่าความสำคัญในแถวแนวตั้งเดียวกัน เพื่อให้ได้เมทริกซ์ค่าร้อยละ จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวแนวนอนของเมทริกซ์ค่าร้อยละ จะได้เป็นน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในแถวนั้น

ดัชนีความสอดคล้อง ค่าความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ในระดับเดียวกัน สามารถนำไปเป็นเกณฑ์การตัดสินปัญหาได้ ต่อเมื่อมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องมีความเบี่ยงเบนน้อยกว่า 0.1 โดยที่

$$\text{ดัชนีความสอดคล้อง C.I.} = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$$

$$\text{อัตราส่วนความสอดคล้อง} = \text{C.I.} / \text{R.I.}$$

ดัชนีเชิงสุ่ม (Random Index, R.I.) ได้จากการสุ่มตัวอย่างเมทริกซ์ส่วนกลับ ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานของค่าความสำคัญอยู่ระกว่าง 9 สำหรับค่าเฉลี้ยนดัชนีเชิงสุ่ม ที่ได้จากการทดลองในแต่ละมิติของเมทริกซ์ n = 1 ถึง n = 10 แสดงอยู่ในตารางด้านล่างนี้ [4]

ตารางที่ 2.2-3 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มในแต่ละเมทริกซ์ n*n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	149

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. เปรียบเทียบทางเลือกในระดับถัดมาของแผนภูมิภายใต้ปัจจัยตัวเดียวกัน วิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ค่าดัชนีความสอดคล้องและค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลในระดับชั้นนี้ ด้วยวิธีข้างต้นตามขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ทางเลือกที่มี ด้วยการพิจารณาหาน้ำหนักความสำคัญรวมของปัจจัยจากระดับที่หนึ่งลงไปสู่ระดับต่ำที่สุด

ตารางที่ 2.2-4 ตัวอย่างน้ำหนักรวมทางเลือก

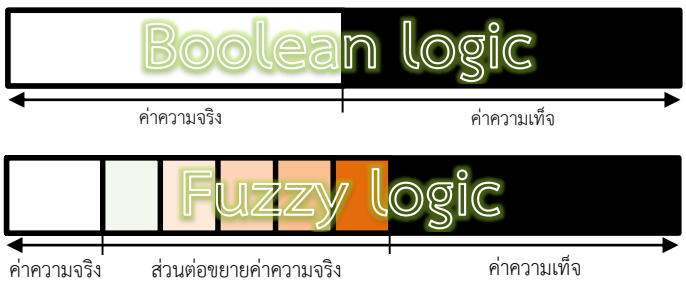
เกณฑ์การตัดสินใจ	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	ปัจจัย k	น้ำหนักความสำคัญรวม
ทางเลือก	W_1	W_2	W_k	
A1 A2 A3				

อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบความสำคัญด้วยเลขโดดด้วยวิธี AHP บ่อยครั้งไม่สามารถสื่อถึงความคิดของผู้ประเมินได้อย่างแม่นยำ ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการประเมินขึ้น การประเมินด้วยการเปรียบเทียบเชิงคำพูดจึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหาการลงคะแนนด้วยตัวเลข นอกจากนั้น การคำนวณคะแนนความสำคัญจะถูกปรับปรุงเพื่อให้ใกล้เคียงกับความคลุมเครือในการตัดสินใจมากยิ่งขึ้นด้วยทฤษฎีตรรกศาตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เกิดขึ้นเป็นวิธี Fuzzy AHP หรือ FAHP

2.2.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่

- ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือ (Fuzzy logic)

ตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือคือเครื่องมือที่เพิ่มความยืดหยุ่นในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลและการตัดสินใจ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์มีการต่อขยายในส่วนของความจริงบางส่วน (Partial true) เสมือนกับการตัดสินใจที่เกิดจากความลังเลไม่มั่นใจในคำตอบโดยค่าความจริงบางส่วนจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely true) กับเท็จ (Completely false) ซึ่งต่างจากตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) ที่มีเพียงจริงหรือเท็จเท่านั้น [8] (รูปที่ 2.2-2)



รูปที่ 2.2-2 ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) และตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy logic)

ขั้นตอนการประมวลผลตรรกะแบบคลุมเครือมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน (รูปที่ 2.2-3)

รูปที่ 2.2-3 ขั้นตอนการประมวลผลแบบตรรกะแบบคลุมเครือ

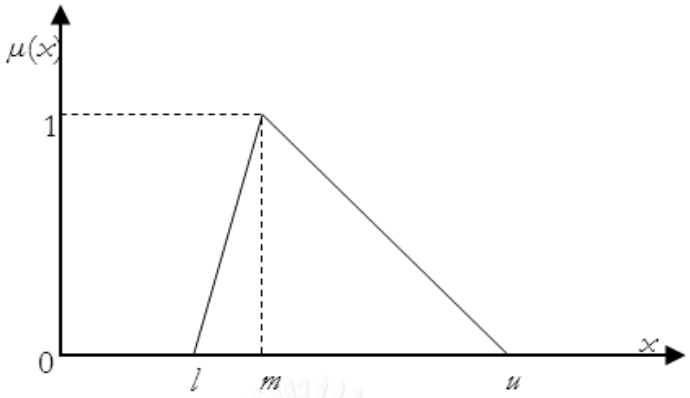
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการนำเข้าแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการนำเข้าแบบตัวแปร Fuzzyโดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จาเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการนำเข้า (Input) และFuzzy การนำเข้า

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการนำเข้าทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการนำออกที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะสร้างการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อหาการตัดสินใจที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหา Fuzzy Output โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผล Fuzzy Input โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผล

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผล Fuzzy โดยจะเปลี่ยน Fuzzy Output ให้เป็นทวินัยนำออก (รูปที่ 2.2-3) และด้วยวิธีทาง เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ

- ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Membership Function)



รูปที่ 2.2-4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมถูกนำเสนอด้วยชุดตัวเลขที่ประกอบด้วยตัวเลข (l, m, u) โดยที่ l และ u จะมีค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับศูนย์ดังรูปที่ 2.2-4 และ m จะมีค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเท่ากับหนึ่งทำให้เกิดกราฟรูปสามเหลี่ยมดังตารางที่ 2.2-5

กฎการปฏิบัติการและตัวอย่างของตัวเลขความคลุมเครือ (Fuzzy Number) สำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม มีดังนี้

$$M = (m_1, m_2, m_3) \text{ และ } N = (n_1, n_2, n_3)$$

$$M \oplus N = [m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3]$$

$$M \odot N = [m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3]$$

$$M \odot r = [m_1 r, m_2 r, m_3 r]$$

$$M^{-1} = [\frac{1}{m_3}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{m_1}]$$

ตารางที่ 2.2-5 ตัวอย่างชุดตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม

Statement [9]	TFN (l,m,n)
Absolutely important	(5/2, 3, 7/2)
Very strongly important	(2, 5/2, 3)
Essentially important	(3/2, 2, 5/2)
Weakly important	(1, 3/2, 2)
Equal important	(1, 1, 1)

- การเปรียบเทียบวิธีการ Fuzzy AHP

ด้านล่างคือวิธีการต่างๆของ Fuzzy AHP โดยแสดงจุดเด่น ข้อดี และข้อเสีย

ตารางที่ 2.2-6 การเปรียบเทียบวิธีการ Fuzzy AHP

วิธีการ [10]	จุดเด่น	ข้อดี	ข้อเสีย
Van Laarhoven และ Pedrycz	1. ประยุกต์ AHP เข้ากับ Triangular Fuzzy Numbers 2. ประยุกต์ Lootsma' logarithmic least square ในการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่	1. การลงคะแนนสามารถทำให้อยู่ในโมเดลของReciprocal matrix	1. ไม่สามารถใช้สมการเชิงเส้นหาคำตอบได้เสมอไป 2. ถึงแม้ปัญหาจะมีขนาดเล็กแต่มีการคำนวณหลายขั้นตอน 3. ใช้ได้เฉพาะกับฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม
Buckley	1. ประยุกต์ AHP เข้ากับตัวเลขฟัซซี่แบบสี่เหลี่ยมคางหมู 2. ประยุกต์ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean) ในการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่	1. ใช้งานได้ง่าย 2. สามารถแสดงคำตอบที่ดีที่สุดได้ได้จาก Reciprocal comparison matrix	1. ขั้นตอนการคำนวณมากและซับซ้อน
Boender et al.	1. พัฒนาจากวิธีการของ Van Laarhoven and Pedrycz 2. นำเสนอวิธีการ normalization ที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น	1. การลงคะแนนสามารถทำให้อยู่ในโมเดลของ	1. ขั้นตอนการคำนวณมากและซับซ้อน
Chang	1. มีการสังเคราะห์ค่าของดีกรี 2. สร้างลำดับการตัดสินใจทีละขั้นแล้วประกอบเป็นทางเลือกสุดท้าย	1. มีขั้นตอนการคำนวณน้อยกว่าวิธีอื่นๆ 2. วิธีการคำนวณคล้ายกับ AHP ตามปกติ	1. ใช้ได้เฉพาะกับฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม
Cheng	1. แสดงคะแนนทางเลือกด้วย membership function 2. ใช้หลักการ Entropy ในการหาค่าน้ำหนักรวม	1. มีขั้นตอนการคำนวณน้อยกว่าวิธีอื่นๆ	1. ต้องทราบรูปแบบความน่าจะเป็นเพราะ โมเดลอ้างอิงจากทั้งความน่าจะเป็นและความเป็นไปได้ของข้อมูล

อย่างไรก็ตาม Wang et al. [11] ระบุว่าวิธีของ Chang อาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาด เนื่องจากขั้นตอนการคำนวณจะมีการให้ค่าน้ำหนักเป็นศูนย์กับปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา นอกจากนี้ตัวเลขจากการคำนวณอาจจะไม่ได้บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักระหว่างปัจจัย เป็นเพียงการแสดงถึงอันดับความสำคัญของปัจจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธี fuzzy ของ Pan [12] ซึ่งอยู่บนพื้นฐานการประยุกต์ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean) ในการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่เช่นเดียวกับ Buckley ซึ่งขั้นตอนการคำนวณจะแสดงในบทที่ 6

2.3 ปัจจัยพื้นฐานในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

2.3.1 ปัจจัยพื้นฐานในการเลือกที่ตั้ง

การเลือกที่ตั้งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินธุรกิจเปรียบเหมือนการวางแผนกลยุทธ์ขององค์กร การตัดสินใจต้องเป็นไปอย่างรอบคอบเหมาะสมที่สุด ณ สถานการณ์ปัจจุบัน รวมทั้งมีศักยภาพในการรองรับการขยายตัวและความเสี่ยงในอนาคต หรือความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในระดับที่ผู้มีอำนาจตัดสินใจพิจารณาแล้วยอมรับได้

เนื่องจากที่ตั้งเป็นสิ่งที่จะส่งผลระยะยาวต่อองค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกที่ตั้งเพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการก่อสร้างโครงการที่มีการลงทุนสูง การศึกษาเบื้องต้นถึงเกณฑ์ และปัจจัยต่างๆที่มีลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรมขององค์กร รวมถึงข้อกำหนด กฎหมายข้อบังคับในการดำเนินการกิจกรรมขององค์กรเป็นไปตามกฎหมาย และข้อบังคับทางสิ่งแวดล้อม โดยจึงจะอยู่ในสภาพที่ดีต่อการทำงานและการอยู่อาศัย และการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อให้เห็นถึงโอกาส ความเป็นไปได้เชิงธุรกิจในการดำเนินกิจการขององค์กร เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเลือกที่ตั้งล้วนมีเกณฑ์ และปัจจัยเฉพาะที่ต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทกิจกรรม หรือประเภทผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามตัวอย่างเกณฑ์เบื้องต้นที่ควรนำมาพิจารณาในทุกองค์กรเพื่อเลือกที่ตั้ง ได้แก่

1. แหล่งวัตถุดิบ การที่มีที่ตั้งใกล้กับแหล่งวัตถุดิบสามารถลดต้นทุน และลดเวลาในการขนส่งวัตถุดิบมายังสถานประกอบการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัตถุดิบ และวิธีการขนส่ง
2. แหล่งแรงงาน การอยู่ใกล้แหล่งที่มีแรงงานจำนวนมากทำให้องค์สามารถจัดหาแรงงานที่ตรงตามความต้องการได้ง่ายขึ้น และมีตัวเลือกหลากหลายในการคัดกรองแรงงานที่ตรงตามความต้องการขององค์กร อีกกรณีหนึ่งคือการกำหนดประเภทความต้องการแรงงานล่วงหน้าไว้ก่อนจากนั้นระบุแหล่งพื้นที่ ที่มีแรงงานที่ต้องการเพื่อเป็นตัวเลือกในการเลือกที่ตั้ง
3. แหล่งลูกค้า การอยู่ใกล้แหล่งตลาด หรือแหล่งลูกค้าเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งในด้านการระบายสินค้าได้สะดวก รวดเร็ว ทันตามความต้องการจะนำมาซึ่งความพึงพอใจและเกิดความใกล้ชิดกับลูกค้า ส่งผลดีต่อปริมาณยอดขายที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับระยะทางที่สั้นทำให้ค่าใช้จ่ายที่องค์กรต้องแบกรับในการขนส่งยิ่งลดลง เป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีวิธีการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้เมื่อต้นทุนลดลงองค์กรสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในราคาที่ถูกกว่าคู่แข่งได้

4. การขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ และสิ่งต่างๆที่ช่วยสนับสนุนกิจกรรมการดำเนินการต่างๆล้วนอาศัยการขนส่งทั้งสิ้น เกณฑ์ในการพิจารณามักเกี่ยวข้องกับวิธีการขนส่ง เช่น การขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำ หรือการขนส่งทางอากาศ ฯลฯ ระยะทางการขนส่ง ความสะดวกการขนส่ง ความรวดเร็วการขนส่ง ต้นทุนการขนส่ง และความปลอดภัยการขนส่ง หากองค์กรเลือกรูปแบบการขนส่งได้อย่างเหมาะสมย่อมสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้เป็นอย่างดี

5. สาธาณูปโภค และบริการสาธารณะ สาธารณูปโภคพื้นฐาน ระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบโทรคมนาคม อินเตอร์เน็ต รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น โรงพยาบาล สถานีตำรวจ สถานีด้บเพลิง เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินกิจกรรมขององค์กร เพื่อให้เกิดความราบรื่นคล่องตัว และเกิดความสะดวกแก่บุคลากรในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

6. กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับและนโยบายภาครัฐ กฎหมายในแต่ละพื้นที่เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการพิจารณาเลือกที่ตั้ง เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมต้องควบคุมให้อยู่บนพื้นฐานความถูกต้องทางกฎหมายอย่างเคร่งครัด รวมถึงศึกษาว่าภาครัฐมีนโยบายต่อพื้นที่ดังกล่าวอย่างไร กล่าวคือภาครัฐส่งเสริมให้ใช้เป็นแหล่งที่ตั้งโรงงาน หรือเป็นเขตอุตสาหกรรมหรือไม่ หากไม่มีการศึกษาระเบียบข้อบังคับในบางกรณียังรวมถึงประเพณี วัฒนธรรมของพื้นที่บริเวณนั้นๆก่อนการดำเนินการใดๆ ความเสี่ยงที่ตามมาจะไม่ใช่เฉพาะด้านค่าใช้จ่ายยังรวมถึงภาพลักษณ์ขององค์กรต่อสาธารณชน

7. โอกาสในอนาคต ที่ตั้งที่มีศักยภาพในการขยายขอบเขตการทำงานในอนาคตเพื่อทำหน้าที่รองรับการเติบโตขององค์กร เป็นอีกเกณฑ์หนึ่งที่ควรให้ความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์กรที่วางแผนกลยุทธ์ไว้อย่างชัดเจนสำหรับการเติบโตในอนาคต หรือจะเป็นที่ตั้งที่ผ่านการศึกษาและคาดการณ์แล้วว่า ในอนาคตจะเป็นพื้นที่สำคัญที่มีศักยภาพพัฒนาเป็นแหล่งตลาดใหม่ที่มีลูกค้าหนาแน่น

8. สภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่ดำเนินในการผลิตย่อมแตกต่างกันออกไป อุณหภูมิ สภาพอากาศหรือระดับความชื้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์หรือขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความถี่ของการเกิดภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัยและภัยธรรมชาติอื่นๆในบริเวณดังกล่าว พร้อมกับวิเคราะห์แนวทางการรับมือ

9. คุณภาพชีวิต บุคลากรเป็นเกณฑ์ที่มองข้ามไม่ได้ในการดำเนินกิจกรรมขององค์กร การมีที่ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่พร้อมไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกและมีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เมื่อมีสภาพความเป็นอยู่ที่ดี มีคุณภาพชีวิตที่ดีย่อมเป็นการส่งเสริมให้บุคลากรทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3.2 เกณฑ์ในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่ายหิน

นอกจากเกณฑ์และปัจจัยพื้นฐานข้างต้น เกณฑ์และปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกทำเลที่ตั้งท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน จากโครงการท่าเทียบเรือขนถ่ายถ่านหินฮะเดรา ประเทศอิสราเอล [13] ออกแบบเพื่อรองรับถ่านหิน 3.3 ล้านตันต่อปี และเพื่อรองรับการเทียบท่าของเรือบรรทุกขนาด 140,000 เดทเวทตัน และจะขยายการรองรับเป็น 9.0 ล้านตันต่อปีและสามารถรองรับเรือบรรทุกขนาด 170,00 เดทเวทตันในอนาคต เกณฑ์ในการออกแบบประกอบด้วยระบบโครงสร้าง และระบบการดำเนินงานของท่าเทียบเรือ ขนถ่ายถ่านหิน โดยที่เกณฑ์เหล่านี้วิเคราะห์มาจากตัวอย่างของท่าเรือที่มีอยู่ การทดลอง และการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่

- ปริมาณถ่านหินสำรองที่ลานกอง
- ความปลอดภัยในการถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก
- ความแข็งแรงของท่าเทียบเรือ
- การเปลี่ยนแปลงของแต่ละฤดูกาล
  - ความสูงจากระดับน้ำทะเล และน้ำขึ้นน้ำลง
  - ทิศทางคลื่น ความสูงคลื่น
  - เวลาระหว่างลูกคลื่น
  - ปริมาณพายุฝน
  - ทิศทางลม ความเร็วลม
- สภาพธรณีวิทยาชายฝั่ง
  - คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง
- สภาพธรณีวิทยาใต้ทะเล
- การป้องกันแผ่นดินไหว
- อุปกรณ์ในการดำเนินการ
  - อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก
  - ระบบขนส่งถ่านหินภายในท่าเทียบเรือ
- ความสามารถในการขนส่งถ่านหินจากท่าเทียบเรือ
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ยังมีโครงการของประเทศบังคลาเทศ [14, 15] ในการสร้างท่าเทียบเรือขนถ่ายถ่านหิน มีเกณฑ์พิจารณาเกณฑ์เพิ่มเติมจากโครงการของประเทศอิสราเอล ดังต่อไปนี้

- เวลาการดำเนินการต่อปี (วันต่อปี หรือเดือนต่อปี)
- การเปลี่ยนแปลงของแต่ละฤดูกาล
  - อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด
  - ปริมาณน้ำฝน
  - ความชื้นสัมพัทธ์
- การขุดลอกร่องน้ำ
- คุณสมบัติของถ่านหิน
  - ความหนาแน่น
  - ความชื้น
  - สัดส่วนโลหะหนัก
  - มุมทรงตัว
- ท่าเทียบเรือ
  - ชนิดของท่าเทียบเรือ
  - ทิศทางการเทียบท่า
- เรือบรรทุก
  - ชนิด หรือขนาดของเรือบรรทุก
  - น้ำหนักที่บรรทุกได้
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
  - มลภาวะทางเสียง
  - มลภาวะทางอากาศ
  - การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น
  - การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล
  - ของเสียจากเรือ
  - ผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น

จากการศึกษาข้างต้นเมื่อแบ่งกลุ่มออกเป็นเกณฑ์สำหรับโครงสร้างท่าเทียบเรือ และเกณฑ์สำหรับการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3-1 เกณฑ์และปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้ง

เกณฑ์ (criteria)	ปัจจัย (sub-criteria)
ด้านเศรษฐศาสตร์	ความต้องการของโรงไฟฟ้า
	ความต้องการของผู้ใช้เอกชน
ด้านภูมิอากาศ	อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด
	ทิศทางและความเร็วลม
	ปริมาณน้ำฝน
	ปริมาณพายุฝน
	ความชื้นสัมพัทธ์
ด้านสมุทรศาสตร์	ระดับน้ำขึ้นน้ำลง
	ทิศทางและความสูงคลื่น
	เวลาระหว่างลูกคลื่น
ด้านธรณีวิทยาชายฝั่ง	คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง
	การป้องกันแผ่นดินไหว
ด้านธรณีวิทยาใต้ทะเล	การขุดลอกร่องน้ำ
ด้านวิศวกรรม	เวลาการดำเนินการต่อปี
	ปริมาณถ่านหินสำรองเพื่อกำหนดขนาดพื้นที่ลานกองถ่านหิน
ด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชน	มลภาวะทางเสียง
	มลภาวะทางอากาศ
	การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น
	การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล
	ของเสียจากเรือ
	ผลกระทบต่อระบบนิเวศ
ด้านกฎหมายข้อบังคับ	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม
	พระราชบัญญัติ
	กฎกระทรวง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 อัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio, BCR)

อัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับผลรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดอายุของโครงการ

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในทางเลือกใด ๆ ก็คือ เมื่อ B/C Ratio มากกว่า 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกด้วยอัตราส่วนนี้ ทางเลือกที่มีอัตราส่วนมากที่สุดย่อมมีความคุ้มค่าที่จะลงทุนมากที่สุด

ผลตอบแทนข้างต้นแบ่งออกเป็นประโยชน์ที่จับต้องได้ (tangible benefits) คือประโยชน์ที่สามารถตีมูลค่าเป็นตัวเงินได้โดยตรง เช่น การลดค่าใช้จ่าย การเพิ่มรายรับ เป็นต้น และประโยชน์ที่จับต้องไม่ได้ (intangible benefit) คือประโยชน์ที่ตีไม่ได้แสดงในรูปของมูลค่าตัวเงินโดยตรง เช่น คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ความปลอดภัยในชีวิตที่เพิ่มขึ้น ความสุขที่เพิ่มขึ้น ขวัญกำลังใจที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

เช่นเดียวกันสามารถแบ่งต้นทุนออกเป็นต้นทุนที่แปลงมูลค่าเป็นเงินได้ทันที เช่น เงินลงทุนครั้งเดียว (Start-up cost) ณ จุดเริ่มต้นของโครงการ เช่น ค่าเครื่องจักร ค่าสิ่งอำนวยความสะดวก เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งคือต้นทุนที่ไม่ได้แสดงออกในรูปของมูลค่าเงินโดยตรง เช่น ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชุมชน หรือสิ่งแวดล้อม

เพราะฉะนั้นการตีมูลค่าของทั้งประโยชน์และต้นทุนที่จับต้องไม่ได้ซึ่งบ่อยครั้งจะเกี่ยวข้องกับผู้ที่ได้รับผลกระทบในด้านความรู้สึกและด้านการดำเนินชีวิตไม่ได้แสดงอยู่รูปของมูลค่าเงินโดยตรง ย่อมทำให้ความซับซ้อนในการวิเคราห์เพิ่มขึ้น กล่าวคือประโยชน์ที่จับต้องไม่ได้เสมือนเป็นการตีค่าของความสุขออกมาในรูปของตัวเงิน ในส่วนของต้นทุนมักเกี่ยวข้องกับค่าเสียหายที่เกิดขึ้นกับชุมชน สิ่งแวดล้อมหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินชีวิตประจำวัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

AHP เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ เนื่องมาจากจุดเด่นที่มีความยืดหยุ่นของ AHP และประโยชน์ของ AHP ที่กล่าวข้างต้น ตัวอย่างประเภทงานวิจัย เช่น การวางแผน การเลือกทางเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด การจัดสรรทรัพยากร และการเลือกทำเลที่ตั้งเป็นต้น

เริ่มต้นจากงานวิจัยประเภทต้องตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในกลุ่มของทางเลือก ภายใต้เกณฑ์ต่างๆ เศกสรรค์ ตั้นตระกูล [16] ประเมินทางเลือกสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์เหล็ก ที่มีทางเลือก 2 ทางคือ ลงทุนทำการขนส่งเอง หรือจัดจ้างจากภายนอก ด้วยการประยุกต์ AHP ในการคัดเลือกและหาระดับความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ และหาระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก พบว่าเกณฑ์ที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ เช่น ความตรงต่อเวลา ความเสียหายของสินค้า การดูแลสินค้า และการจัดส่งสินค้าตรงตามสถานที่ เป็นต้น เช่นเดียวกัน Al Harbi [17] ใช้ AHP จัดการในการตัดสินใจเลือกผู้รับเหมาที่ดีที่สุดจากผู้รับเหมา 5 ราย โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาผู้รับเหมาดังนี้ ประสบการณ์ ความมั่นคงทางด้านการเงิน คุณภาพงาน ปริมาณคนงาน ปริมาณเครื่องมือและอุปกรณ์ และปริมาณงานที่ทำ ณ ปัจจุบัน จากนั้นทำการจัดอันดับความสำคัญของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ เพื่อนำไปสู่การหาระดับความสำคัญรวมของแต่ละผู้รับเหมาเพื่อเลือกผู้รับเหมาที่ดีสุด

ประเภทต่อมาที่มีการประยุกต์ใช้ AHP แก้ปัญหาคือการเลือกทำเลที่ตั้ง นารีรัตน์ โพธิกุล [5] แก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งคลังสินค้าจาก 4 ที่ตั้งทำเลด้วย AHP จากเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาได้แก่ เขตจำกัดเวลาห้ามรถบรรทุก ค่าขนส่ง ค่าแรง ศักยภาพในการขยายพื้นที่ ความพร้อมของระบบส่ง ราคาที่ดิน ความใกล้ชิดลูกค้า ความพร้อมสาธารณูปโภค ปัจจัยด้านสังคมและชุมชน เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้า Fernandez กับ Ruiz [18] และ Tzeng et al. [19] ทำการวิจัยในการเลือกทำเลที่ตั้ง แบ่งออกเป็นการเลือกทำเลที่ตั้งเขตอุตสาหกรรมและเลือกทำเลที่ตั้งร้านอาหาร ตามลำดับ งานวิจัยทั้ง 2 งานนี้มีความคล้ายคลึงกันตรงที่เป็นการแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง และมีการสร้างโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น 3 ลำดับชั้นในแต่ละลำดับชั้นจะมีคุณลักษณะย่อยอีกหนึ่งขั้น เช่นเดียวกับ Aras et al. [20] ทำการวิจัยในการเลือกที่ตั้งเพื่อผลิตพลังงานจากลมจากทางเลือก 5 สถานที่ด้วยใช้เกณฑ์ 5 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ต้นทุน สภาพภูมิประเทศ สาธารณูปโภค ความปลอดภัยและความสะดวกในการขนส่ง จากการวิเคราะห์เกณฑ์ทั้ง 5 เกณฑ์พบว่าสภาพภูมิประเทศ และความปลอดภัยเป็นเกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญมากที่สุด

นอกจากนั้นมีงานวิจัยที่ประยุกต์ AHP ร่วมกับเทคนิคอื่นๆเพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้นตามความเป็นจริง Vaidya กับ Kumar [21] ทำการรวบรวมงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ AHP ใน

การแก้ปัญหาได้ถึง 150 งานวิจัยระหว่างปี1980 ถึงปี 2003 เนื่องจากความสะดวกในการใช้งานและความหยืดหยุ่นที่กล่าวข้างต้น AHP จึงสามารถประยุกต์ร่วมกับเครื่องมือหรือเทคนิคอื่นๆได้อีก เช่น ประยุกต์ AHP เข้ากับการคำนวณต้นทุนของทางเลือก การคำนวณค่าใช้จ่ายของทางเลือก B/C ratio และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพิจารณาความจำกัดของทรัพยากรนอกเหนือจากเกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ AHP เข้ากับเทคนิคอื่นๆจะให้คำตอบของปัญหาที่มีความสมจริงมากยิ่งขึ้นทำให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ณัฐวุฒิ นาดี [22] ใช้ AHP เลือกที่ตั้งโรงงานใหม่จาก 3 ทำเล (ลำลูกกา รังสิตและเชียงราก) จากการวิเคราะห์ผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญกับเรื่องค่าเช่ามากที่สุด เพราะค่าเช่าถูกมองว่าเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนและค่าใช้จ่ายของสินค้า รองลงมาคือเกณฑ์ด้านแรงงานในการผลิตเนื่องจากการผลิตต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือซึ่งอาศัยการฝึกฝน และสั่งสมประสบการณ์เป็นเวลาช่วงหนึ่ง หลังจากได้ที่ตั้งแล้วผู้วิจัยพิจารณาจุดคุ้มทุนระหว่างการเช่าหรือการซื้อพื้นที่นั้นว่าควรลงทุนแบบใดเพื่อดำเนินการ

น้ำฝน พุฒิสันติกุล [23] ประยุกต์ใช้ AHP และต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมและมูลค่าความเป็นเจ้าของเพื่อเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าอะไหล่ยานยนต์แห่งใหม่ ซึ่ง AHP จะถูกนำมาวิเคราะห์เกณฑ์เชิงคุณภาพ ส่วนต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมและมูลค่าความเป็นเจ้าของถูกใช้ในการพิจารณาเกณฑ์เชิงปริมาณ เช่นเดียวกับ Korpela กับ Tuominen [24] ทำการวิเคราะห์เกณฑ์เชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพเพื่อหาที่ตั้งคลังสินค้า โดยแบ่งการทำงานเป็น 4 เฟส เริ่มต้นเฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 ด้วยการระบุวัตถุประสงค์ และเลือกทางเลือกสถานที่ตั้ง เฟส 3 ประกอบด้วยการวิเคราะห์ เกณฑ์เชิงคุณภาพด้วย AHP เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกบนพื้นฐานของเกณฑ์เชิงคุณภาพ และวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของแต่ละทางเลือก เฟสสุดท้ายทำการรวมผลการวิเคราะห์จากเฟสก่อนหน้าด้วยสัดส่วน benefit/cost เพื่อเลือกที่ตั้งคลังสินค้าที่ดีที่สุด

จากที่กล่าวต้นในการประยุกต์ AHP กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Braglia et al. [25] ประยุกต์ใช้ AHP วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ที่จะใช้ขนส่ง โดยที่เกณฑ์ที่ใช้วัดอุปกรณ์ได้แก่ ต้นทุน ประโยชน์ และความเหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์ ต่อจากนั้นนำข้อมูลค่าน้ำหนักมาวิเคราะห์ด้วย ILP เพื่อที่จะเลือกกลุ่มของอุปกรณ์ที่ให้ค่าน้ำหนักมากที่สุด ในทำนองเดียวกับ Braglia et al. Cebi กับ Bayraktar [26] ทำการพิจารณาเพื่อเลือกซัพพลายเออร์ในการสั่งวัตถุดิบแต่ละชนิด ด้วยการใช้เกณฑ์พิจารณาต่างๆเช่น เวลานำส่ง การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และชื่อเสียง เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินการคล้ายกับงานวิจัยของ Ghodsypour and O'Brian [27] โดยที่ค่าน้ำหนักซัพพลายเออร์ที่ได้จาก AHP จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย ILP เพื่อสรุปออกมาเป็นปริมาณของวัตถุดิบชนิดนั้นที่ควรสั่งกับซัพพลายเออร์แต่ละราย

นอกจากนั้น Badri [28] เริ่มต้นแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรไปยังพื้นที่ต่างๆ ด้วยการใช้ AHP เรียงความสำคัญของพื้นที่แต่ละแห่ง โดยที่มีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา เช่น สถานการณ์ทางการเมือง ระเบียบข้อบังคับทางราชการ ภาวะเศรษฐกิจ เป็นต้น จากนั้น GP ถูกใช้เพื่อวิเคราะห์กลุ่มทางเลือกพื้นที่ที่ดีที่สุดบนพื้นฐานของทรัพยากรที่มีจำกัด และการจัดสรรทรัพยากรแต่ละชนิดไปยังศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งมีข้อดีของการใช้ AHP ร่วมกับ GP เสนอโดย Ho [29] คือ

- ความสอดคล้องของผลลัพธ์การตัดสินใจ กล่าวคือการตัดสินใจที่ดีเกิดจากการให้เหตุผลที่มีความสอดคล้องกันในการตัดสินปัจจัยต่างๆ ในส่วนนี้ AHP จะมีกระบวนการทำงานที่สามารถตรวจสอบและแก้ไขการตัดสินใจได้ หากผลลัพธ์การตัดสินใจระหว่างปัจจัยไม่สอดคล้องกัน
- ความจำกัดของทรัพยากร การตัดสินต้องอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริงซึ่งในส่วนนี้ GP จะช่วยให้ผลการวิเคราะห์มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

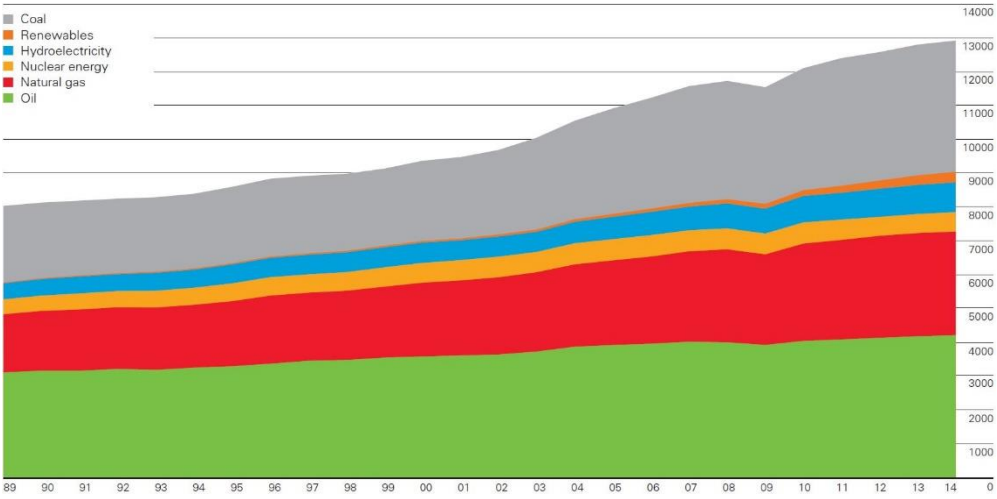
บทที่ 3

สถานการณ์ถ่านหิน

3.1 อุตสาหกรรมถ่านหินโลก

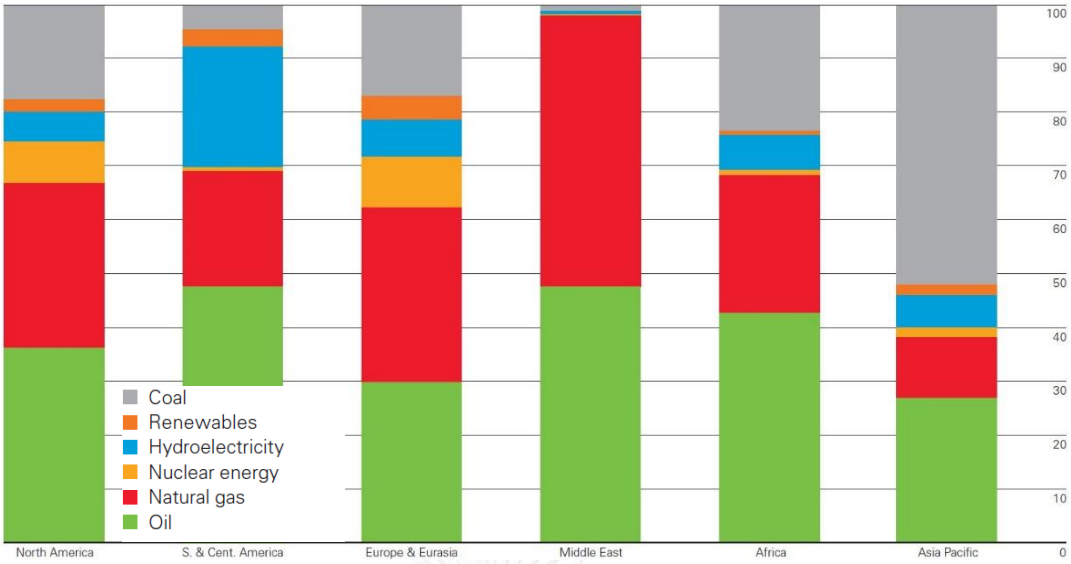
ณ ปัจจุบันปริมาณความต้องการพลังงานทั่วโลกมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกๆเชื้อเพลิง (น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) 0.9% ในปี 2557 [30] แต่อัตราการดังกล่าวลดลงจากปี 2013 ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้น 2.0% นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานทั่วโลกในปี 2557 ยังต่ำกว่าอัตราความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยภายในรอบ 10 ปีอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากการปรับสมดุลทางเศรษฐกิจของประเทศจีนซึ่งเป็นผู้ใช้พลังงานรายใหญ่ของโลก มีการใช้พลังงานลดลงต่ำสุดตั้งแต่ปี 2541 มีเพียงพลังงานนิวเคลียร์เท่านั้นที่ถูกใช้เพิ่มมากขึ้นกว่าระดับค่าเฉลี่ยนปกติ และน้ำมันยังคงสถานะเป็นพลังงานที่ถูกใช้มากที่สุดโลก (รูปที่ 3.1-1)

เมื่อจัดกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแต่ละประเภทตามภูมิภาค ได้แก่ อเมริกาเหนือ อเมริกากลางและอเมริกาใต้ ยุโรป ตะวันออกกลาง แอฟริกา และเอเชีย จากซ้ายไปขวา (รูปที่ 3.1-2) แสดงให้เห็นว่าเอเชียมีสัดส่วนการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมากกว่า 50% มากไปกว่านั้นเอเชียเป็นภูมิภาคที่ปริมาณการใช้พลังงานเติบโตขึ้นมากที่สุดในโลกเท่ากับ 41.3% ของโลก ซึ่งผู้ใช้ถ่านหินรายใหญ่ในเอเชียได้แก่ จีน และ อินเดีย และ ญี่ปุ่น



รูปที่ 3.1-1 ปริมาณการใช้พลังงานของโลกระหว่างปี 2532 ถึงปี 2557

(ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2015, 64th edition)



รูปที่ 3.1-2 ปริมาณการใช้พลังงานแบ่งตามภูมิภาคปี 2557

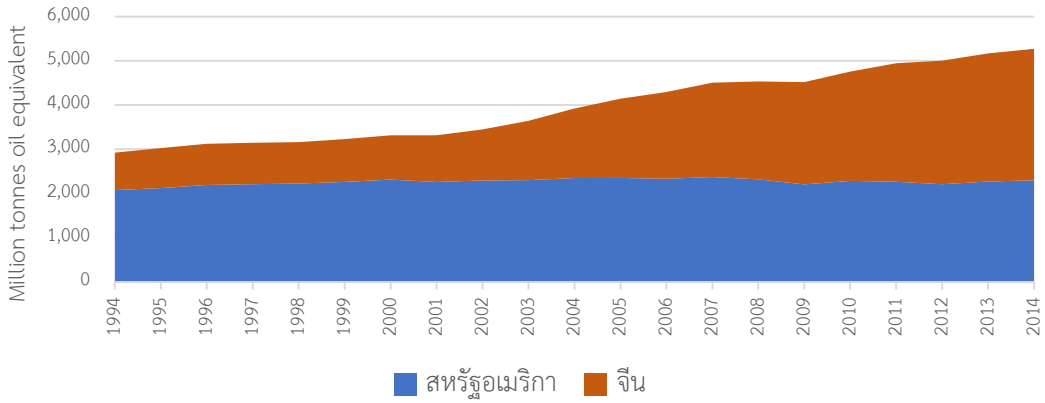
(ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2015, 64th edition)

ประเทศจีนมีปริมาณการใช้พลังงานเป็นอันดับที่ 1 ของโลกคิดเป็น 23.0% (ตารางที่ 3.1-1)ของของพลังงานที่ถูกใช้ทั่วโลก และมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆปี อันดับที่ 2 คือประเทศสหรัฐอเมริกามีสัดส่วนการใช้พลังงาน 17.8% ของพลังงานที่ถูกใช้ทั่วโลก อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างผู้ใช้พลังงานรายใหญ่ของโลกทั้ง 2 นี้คือ ประเทศสหรัฐอเมริกามีสถิติการใช้พลังงานค่อนข้างคงที่ (

รูปที่ 3.1-3) จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลา 10 ย้อนหลัง เนื่องมาจากในคณะนี้ประเทศสหรัฐอเมริกามีโครงสร้างสาธรณูปโภคพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวกที่มีความพร้อม เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนแล้ว

ตารางที่ 3.1-1 ปริมาณการใช้พลังงานระหว่างปี 2556 และปี 2557 ของประเทศจีนและประเทศสหรัฐอเมริกา (Million tonnes of oil equivalent)

	ปี2556	ปี2557	การเพิ่มขึ้น	สัดส่วนปี 2557
สหรัฐอเมริกา	2270.5	2298.7	1.2%	17.8%
จีน	2898.1	2972.1	2.6%	23.0%



รูปที่ 3.1-3 แนวโน้มการใช้พลังงานของประเทศจีนและประเทศสหรัฐอเมริกา

กล่าวคือประเทศจีนกำลังจะเติบโตไปสู่จุดเดียวกันกับที่ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นอยู่ ณ ปัจจุบัน มีโครงการก่อสร้างดำเนินการอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น การก่อสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน การก่อสร้างเส้นทางคมนาคม รวมถึงการก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เป็นต้น เพื่อทำให้ประเทศจีนมีความพร้อมรับมือเศรษฐกิจที่เติบโตขึ้น สังเกตได้จากปริมาณการใช้ถ่านหินของประเทศจีนที่มากกว่าประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 4 เท่า เนื่องจากอุตสาหกรรมหนักต้องพึ่งพาถ่านหินในการวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมเหล็ก ฯลฯ

ตลาดถ่านหินโลกในปี 2557 อยู่ในภาวะที่มีอุปทานส่วนเกินมาก เนื่องมาจากเศรษฐกิจของประเทศจีนที่เกิดการชะลอตัว ประกอบกับภายในประเทศจีน มีถ่านหินอยู่ในตลาดเป็นจำนวนมากเกินกว่าความต้องการเช่นกันทำให้การนำเข้าถ่านหินของประเทศจีนแทบจะคงที่ อย่างไรก็ตามภาพรวมของตลาดถ่านหินเอเชียยังคงเติบโตเพราะมีประเทศอินเดียที่เพิ่มการนำเข้ามากขึ้น ตรงกันข้ามตลาดถ่านหินยุโรป หดตัวลงเนื่องจากข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมที่โคตรที่เข้มงวดขึ้นและการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้นจากที่กล่าวข้างต้นประเทศจีนมี ปริมาณการใช้ถ่านหินพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกลายเป็นรายใหญ่ที่สุดในเอเชีย แต่เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจทำให้ไม่มีความจำเป็นต้องนำเข้าถ่านหินเพิ่มเติม ประกอบกับการผลิตไฟฟ้า ด้วยพลังน้ำมีเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการถ่านหินในจีนปีนี้ชะลอตัว เกิดภาวะราคาถ่านหินลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ประเทศอินเดียมีความสามารถในการผลิตถ่านหินภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ จึงต้องเพิ่มการนำเข้าถ่านหินเป็นจำนวนมากโดยส่วนมากแล้วมักจะนำถ่านหินไปใช้ ผลิตกระแสไฟฟ้า [31]

3.1.1 ชนิดของถ่านหิน

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่สามารถติดไฟได้ เกิดจากการทับถมของตะกอนจากธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น พืชพันธุ์สลายตัว และสะสมอยู่ที่บริเวณที่เป็นแอ่ง ภายหลังการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก แอ่งเหล่านี้จมตัวภายใต้แรงดันเกิดเป็นตะกอนทับถมนานหลายล้านปี โดยมีความร้อนใต้เปลือกโลกเข้ามามีส่วนช่วยด้วย คล้าย ๆ กับวิธีการนำไม้ฝืนมาเผาในที่ไม่มีอากาศจึงได้เป็นถ่านไม้

ระบบของสมาคมทดสอบและวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกาได้จำแนกถ่านหินเป็น 4 ลำดับชั้น (รูปที่ 3.1-4) โดยเรียงจากประเภทที่มีคาร์บอนมากที่สุดไปน้อย

1. แอนทราไซต์ (Anthracite) เป็นถ่านหินที่มีลักษณะดำเป็นเงา มันวาวมาก มีรอยแตกเว้าแบบก้นหอย ติดไฟยาก มีปริมาณความชื้นต่ำมากและมีค่าความร้อนสูง มีควันน้อยแต่จุดไฟติดยาก ส่วนใหญ่มักใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนภายในบ้าน และในอุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น

2. ทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินเนื้อแน่น แข็ง ประกอบด้วยชั้นถ่านหินสีดำสนิทลักษณะเป็นมันวาว ถ่านหินชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้เป็นถ่านหินเพื่อการถลุงโลหะ หรืออาจใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าได้ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและความสามารถในการระเหย

รูปที่ 3.1-4 ชนิดของถ่านหิน

(ที่มา : https://www.e-education.psu.edu/eme444/node/270)

3. ซับบิทูมินัส (Sub-bituminous) มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ เนื้อถ่านหินจะมีความอ่อนตัวคล้ายขี้ผึ้ง ไม่แข็งมาก มีสีดำ เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้า

4. ลิกไนต์ (Lignite) มีซากพืชหลงเหลืออยู่เล็กน้อย มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ไม่แข็งมาก มีความชื้นมาก ส่วนมากเป็นถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านหินแต่ละชนิด (ตารางที่ 3.1-2) ด้วยการแยกตามปริมาณความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณขี้เถ้า และปริมาณกำมะถัน แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั่วไปของ ถ่านหินที่อยู่ในลำดับสูงคือจะมีปริมาณคาร์บอนมาก ให้ความร้อนสูง มีไฮโดรเจนและออกซิเจนอยู่น้อย ในขณะที่ถ่านหินที่อยู่ในลำดับต่ำจะมีปริมาณคาร์บอนน้อย แต่มีไฮโดรเจนและออกซิเจนมาก อย่างไรก็ตามนอกจากคุณสมบัติของถ่านหิน การเลือกใช้ถ่านหินยังขึ้นอยู่กับความเหมาะสมด้านต้นทุนด้วย

ตารางที่ 3.1-2 คุณสมบัติของถ่านหินแต่ละชนิด

ถ่านหิน	ปริมาณความร้อน	ปริมาณความชื้น	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
แอนทราไซต์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
บิทูมินัส	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
ซับบิทูมินัส	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
ลิกไนต์	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ-สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 ปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว

ประเทศสหรัฐอเมริกามีปริมาณสำรองถ่านหินที่พิสูจน์แล้วมากที่สุดในโลก 237,295 ล้านตัน อันดับที่ 2 คือประเทศรัฐเซีย 157,010 ล้านตัน และอันดับที่ 3 ประเทศจีน 114,500 ล้านตัน โดยจะเป็นเป็นกลุ่ม High rank coal ประกอบด้วยแอนทราไซต์ และบิทูมินัส และกลุ่ม Low rank coal ประกอบด้วย ซับบิทูมินัส และลิกไนต์ [30] (ตารางที่ 3.1-3)

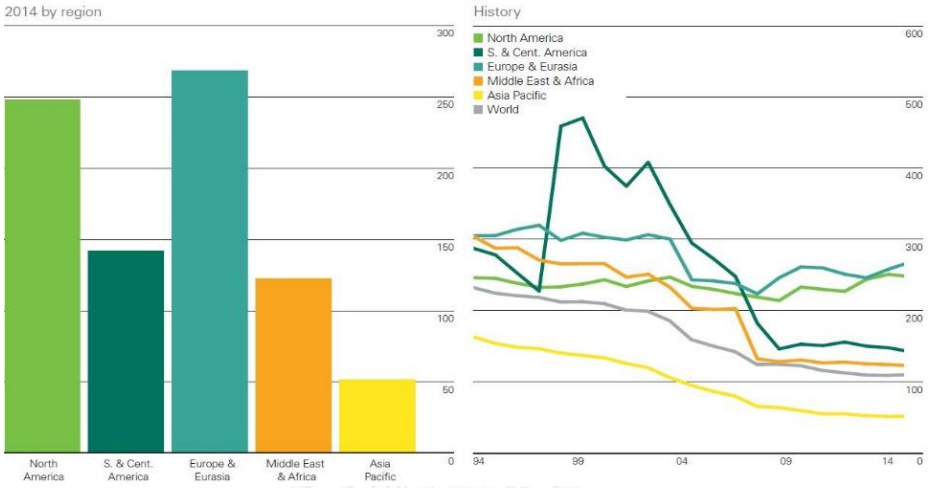
ตารางที่ 3.1-3 ปริมาณสำรองที่สำรวจแล้ว ณ สิ้นสุดปี 2557

Million tonnes	Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Total	Share of Total	R/P ratio
US	108501	128794	237295	26.6%	262
Canada	3474	3108	6582	0.7%	96
Mexico	860	351	1211	0.1%	87
Total North America	112835	132253	245088	27.5%	248
Brazil	-	6630	6630	0.7%	>500
Colombia	6746	-	6746	0.8%	76
Venezuela	479	-	479	0.1%	189
Other S. & Cent. America	57	729	786	0.1%	234
Total S. & Cent. America	7282	7359	14641	1.6%	142
Czech Republic	181	871	1052	0.1%	22
Germany	48	40500	40548	4.5%	218
Kazakhstan	21500	12100	33600	3.8%	309
Poland	4178	1287	5465	0.6%	40
Russian Federation	49088	107922	157010	17.6%	441
Spain	200	330	530	0.1%	136
Turkey	322	8380	8702	1.0%	125
Ukraine	15351	18522	33873	3.8%	>500
United Kingdom	228	-	228	<0.05%	20
Uzbekistan	47	1853	1900	0.2%	432
Other Europe & Eurasia	1389	18904	20293	2.3%	337
Total Europe & Eurasia	92557	217981	310538	34.8%	268
South Africa	30156	-	30156	3.4%	116
Zimbabwe	502	-	502	0.1%	120
Other Africa	942	214	1156	0.1%	379
Middle East	1122	-	1122	0.1%	>500
Total Middle East & Africa	32722	214	32936	3.7%	122
Australia	37100	39300	76400	8.6%	155
China	62200	52300	114500	12.8%	30
India	56100	4500	60600	6.8%	94
Indonesia	-	28017	28017	3.1%	61
Japan	337	10	347	<0.05%	265
New Zealand	33	538	571	0.1%	143
North Korea	300	300	600	0.1%	19
Pakistan	-	2070	2070	0.2%	>500
South Korea	-	126	126	<0.05%	72
Thailand	-	1239	1239	0.1%	69
Vietnam	150	-	150	<0.05%	4
Other Asia Pacific	1583	2125	3708	0.4%	97
Total Asia Pacific	157803	130525	288328	32.3%	51
Total World	403199	488332	891531	100.0%	110

(ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2015, 64th edition)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณสำรองถ่านหินของโลก มี R/P ratio[1] 110 ปี ซึ่งเพิ่มระยะเวลาที่มากที่สุดในบรรดาเชื้อเพลิงประเภทฟอซซิล โดยที่ต่ำที่สุดอยู่ที่เอเชีย 51 ปี (รูปที่ 3.1-5)



รูปที่ 3.1-5 Reserves-to-production (R/P) ratio ณ สิ้นสุดปี 2557

(ที่มา : BP Statistical Review of World Energy June 2015, 64th edition)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[1] Reserves-to-production (R/P) ratio มีหน่วยเป็นปี หมายถึงอัตราส่วนปริมาณสำรองที่เหลืออยู่ ณ เวลาสิ้นปีต่อปริมาณการผลิตของปีนั้น ซึ่งจะแสดงเป็นระยะเวลาที่สามารถใช้ทรัพยากรได้ หากอัตราการผลิตคงที่ ที่ระดับนี้ไปตลอด

3.2 อุตสาหกรรมถ่านหินประเทศไทย

3.2.1 ปริมาณสำรองถ่านหินในประเทศไทย

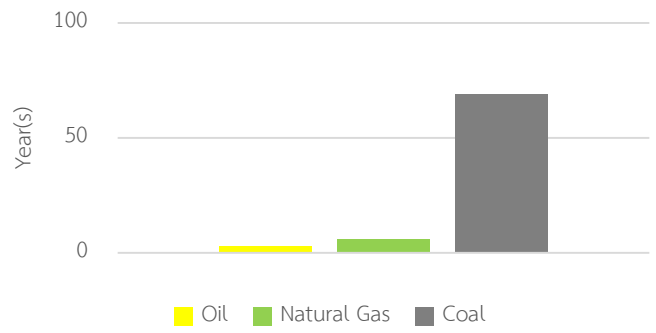
แหล่งถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือของประเทศ ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ทานทีที่พบส่วนมากจัดเป็นประเภทซับบิทูมินัสและลิกไนต์ (low rank coal) ซึ่งมีค่าความร้อนค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถจำแนกตามแหล่งในประเทศไทย (ตารางที่ 3.2-1) ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2-1 ปริมาณสำรองถ่านหินของประเทศไทยในแต่ละพื้นที่

Basin Name	Location		Reserve		Coal Rank	Age	Concessionaire
	District	Province	Produced	Remaining			
Northern Region							
Na hong	Mae Chaem	Chiang Mai	2.487	NA	Sub-bituminous to Bituminous	Tertiary	Private Company
Bo Luang	Hot	Chiang Mai	1.378	NA	Sub-bituminous to Bituminous	Tertiary	Private Company
Mae Tip	Ngao	Lampang	0.885	10.115	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Mae Than	Sop Prap	Lampang	15.451	20.398	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Mae Moh	Mae Moh	Lampang	178.862	1,226.748	Lignite to Sub-bituminous	Tertiary	EGAT
Li	Li	Lamphun	34.315	1.037	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Chiang Muan	Chiang Muan	Phayao	1.872	NA	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Mae Tuen	Mae Ramat	Tak	0.320	0.900	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Mae Lamao	Mae Sot	Tak	1.053	0.576	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Central Region							
Nong ya Plong	Nong ya Plong	Phetchaburi	1.091	0.630	Lignite to Bituminous	Tertiary	Private Company
Southern Region							
Krabi	Muang	Krabi	7.961	112.038	Lignite to Sub-bituminous	Tertiary	EGAT
Kan Tang	Kan Tang	Trang	0.010	NA	Lignite	Tertiary	Private Company
Northeastern Region							
Na Duang	Na Duang	Loei	0.154	NA	Anthracite	Pre-Tertiary	Suspended
Na Klang	Na Klang	Udon Thani	0.006	NA	Anthracite	Pre-Tertiary	Suspended
Total			**245.836**	**1,372.048**			

(ที่มา : Thailand Coal Demand for Power Generation in 2004 – 2015, EGAT)

นอกจากนี้ [30] รายงานว่าประเทศไทยมีปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้ว 1,239 ล้านตัน ซึ่งเป็นถ่านหินประเภทสซับบิทูมินัสและลิกไนต์ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบ R/P Ratio กับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ (รูปที่ 3.2-1) จะเห็นว่าถ่านหินมี R/P Ratio มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

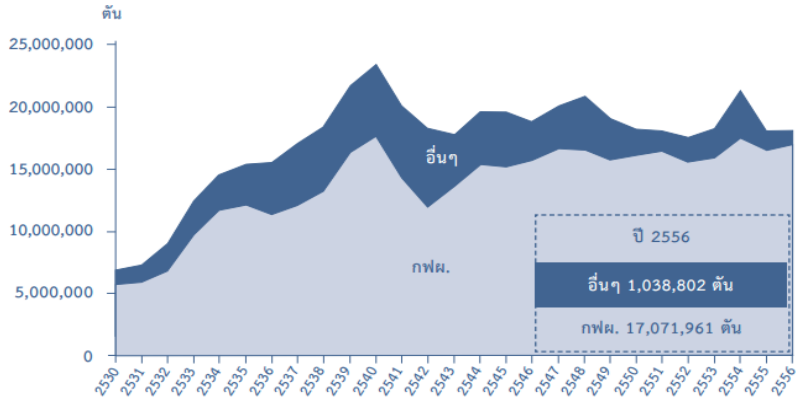


รูปที่ 3.2-1 การเปรียบเทียบ R/P ratio ระหว่างเชื้อเพลิง

3.2.2 ปริมาณการผลิตถ่านหิน

ข้อมูลจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2557 [32] การผลิตถ่านหินในประเทศไทยได้จากเหมืองเอกชน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เนื่องจากกฟผ.เป็นเจ้าของสัมปทานแหล่งถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และเหมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ซึ่งเหมืองกระบี่ได้หยุดการผลิตแล้วตั้งแต่ปี 2551

ในปี 2556 ปริมาณถ่านหินที่ผลิตในประเทศไทยรวม 18,110,763 ตัน โดยร้อยละ 94 เป็นผลผลิตจากแหล่งถ่านหินแม่เมาะทั้งสิ้นอย่างไรก็ตามการผลิตถ่านหินมีแนวโน้มชะลอตัวเนื่องจากสัปทานของภาคเอกชนทยอยหมดลง (รูปที่ 3.2-2) รวมถึงข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม แลละการคัดค้านโรงไฟฟ้า-ถ่านหิน



รูปที่ 3.2-2 แนวโน้มการผลิตถ่านหินของประเทศไทยในช่วงปี 2530 ถึงปี 2556

(ที่มา : รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.3 ปริมาณการใช้ถ่านหิน

การใช้ถ่านหินแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือการใช้ถ่านหินที่ผลิตในประเทศ และการใช้ถ่านหินนำเข้า ในปี 2556 มีการใช้ลิกไนต์ในภาคการผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 83 ในส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 17 ถูกใช้ในภาคอุตสาหกรรม [32]

ในส่วนของถ่านหินนำเข้าถูกใช้ในภาคการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 45 แบ่งออกเป็น IPP ร้อยละ 32 และSPP ร้อยละ 13 ส่วนที่เหลือถูกใช้ในภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 55 (ตารางที่ 3.2-2) ดังนั้นภาพรวมปริมาณการใช้ถ่านหินของประเทศไทยจะอยู่ที่ภาคการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 69 และภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 31

ตารางที่ 3.2-2 ปริมาณการใช้ถ่านหินของประเทศไทยในปี 2557

	Thousand tonnes of oil equivalent	ปริมาณ	สัดส่วน
ถ่านหินลิกไนต์	ภาคการผลิตกระแสไฟฟ้า	15,427,337	84%
	ภาคอุตสาหกรรม	2,938,540	16%
ถ่านหินนำเข้า	ภาคการผลิตกระแสไฟฟ้า	8,149,680	42%
	ภาคอุตสาหกรรม	11,254,320	58%
รวม	ภาคการผลิตกระแสไฟฟ้า	23,577,017	62%
	ภาคอุตสาหกรรม	14,192,860	38%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย

3.3.1 ตลาดถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย

สามารถแบ่งกลุ่มของตลาดออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ [31]

1. ผู้ใช้ถ่านหินรายใหญ่ได้แก่ ผู้ใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมกระดาษขนาดใหญ่ รวมถึงกลุ่ม ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPPs) ซึ่งมีศักยภาพที่จะนำเข้าถ่านหินจาก ต่างประเทศโดยตรง โดยจะซื้อถ่านหินส่วนใหญ่จากผู้ประกอบการ ที่มีความน่าเชื่อถือ ทำให้มีผู้ประกอบการค้าถ่านหินรายใหญ่จาก ต่างประเทศเข้ามาแข่งขันในตลาดนี้ด้วย

2. กลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPPs) กลุ่มผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระจะทำสัญญา ซื้อถ่านหินระยะยาวกับผู้ผลิตถ่านหินในต่างประเทศ จึงมีปริมาณเหลือสำหรับซื้อในตลาดจรเพียงเล็กน้อย ทำให้ตลาดนี้ไม่มีการแข่งขันมากนัก

3. กลุ่มผู้ใช้ถ่านหินรายเล็ก กลุ่มผู้ใช้ถ่านหินรายเล็กมีจำนวนมากแต่ละรายจะใช้ถ่านหินในปริมาณ้อย ผู้ใช้ถ่านหินในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่จะซื้อถ่านหินจากผู้ประกอบการค้าถ่านหินที่มีพื้นที่ กองเก็บ หรือสามารถทยอยส่งมอบได้ เนื่องจากโรงงานมีขนาด เล็กและมีพื้นที่กองเก็บน้อย จึงรับถ่านหินแต่ละครั้งในปริมาณน้อย นอกจากนี้ เครื่องจักรของโรงงานขนาดเล็กหลายโรงงาน ต้องการใช้ถ่านหินที่เป็นก้อน ไม่สามารถใช้ถ่านฝุ่นได้ ดังนั้น ผู้ประกอบการหลายรายจึงต้องมีกระบวนการคัดขนาดถ่านหินก้อน ทยอยส่งมอบให้ลูกค้า และขายถ่ายฝุ่นให้กับโรงงานที่สามารถใช้ ถ่านฝุ่นได้ เช่น โรงงานปูนซีเมนต์ เป็นต้น ตลาดในกลุ่มนี้จะมี การแข่งขันสูงเนื่องจากมีผู้ค้าหลายราย และการตัดสินใจซื้อขึ้นอยู่ กับราคาเป็นสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 ผู้นำเข้าถ่านหินในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีผู้ประกอบการทั้งสิ้นประมาณ 20 ราย [31] ทำให้การแข่งขันในตลาดไม่สูงมากนักสามารถแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการได้เป็น 3 ประเภทดังนี้ [33]

1. ผู้ประกอบการรายใหญ่มีเงินทุนจำนวนมาก และมีการเข้าร่วมลงทุนกับเหมืองถ่านหินในต่างประเทศทำให้เกิดความมั่งคงทางด้านปริมาณสำรองในการจำหน่ายให้ลูกค้าค่อนข้างสูง กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานปูนซิเมนต์ และโรงไฟฟ้าถ่านหิน

2. ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก มักจะไม่มีการร่วมทุนกับเหมืองถ่านหินในต่างประเทศ จะเน้นการทำธุรกิจแบบซื้อมาขายไป ทำให้บางครั้งความมั่นคงทางด้านปริมาณในการส่งมอบและคุณภาพของถ่านหินเกิดความไม่แน่นอนขึ้น กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

3. ผู้ประกอบการรายใหญ่ในต่างประเทศมักจะส่งมอบถ่านหินในปริมาณที่มากทั้งลำเรือให้กับผู้ซื้อในคราวเดียว

จากข้างต้นถ่านหินนำเข้าจะมีค่าความร้อนสูง กำมะถันต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหินที่ผลิตในประเทศไทย ดังนั้นจึงเหมาะกับการใช้ในภาคอุตสาหกรรม และภาคการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ตัวอย่างผู้จัดจำหน่ายถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย (ตารางที่ 3.3-1) เช่น SCT BANPU AGE LANNA และUMS เป็นต้น

ตารางที่ 3.3-1 ตัวอย่างคุณสมบัติถ่านหินของผู้จำหน่ายถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย

รายการ	SCT	BANPU		AGE	LANNA	UMS
	Steam Coal	ถ่านหินอินโดนีเซีย	ถ่านหินออสเตรเลีย	บิทูมินัส	บิทูมินัส	ซับบิทูมินัส - บิทูมินัส
ค่าความร้อนรวม (AD) (Kcal/Kg)	5,800 - 6,000	5,300 – 6,900	6,700	5,500 - 6,000	5,400	5,000-6,000
ความชื้นรวม (%)	10-26	12-19	9	25 - 30	38	20
ปริมาณขี้เถ้า (%)	3-12	5-6	16	5 - 9	5	n/a
คาร์บอนคงที่ (%)	>41	37-48	50.5	39 - 40	36-38	n/a
กำมะถัน (%)	0.2-1	0.15-1.8	0.65	0.3 - 1	<1	0.1.5

(ที่มา : จรินทร์ ชลไพศาล, สถารการณ์ถ่านหินนำเข้าปี 2553 และแนวโน้มปี 2554)

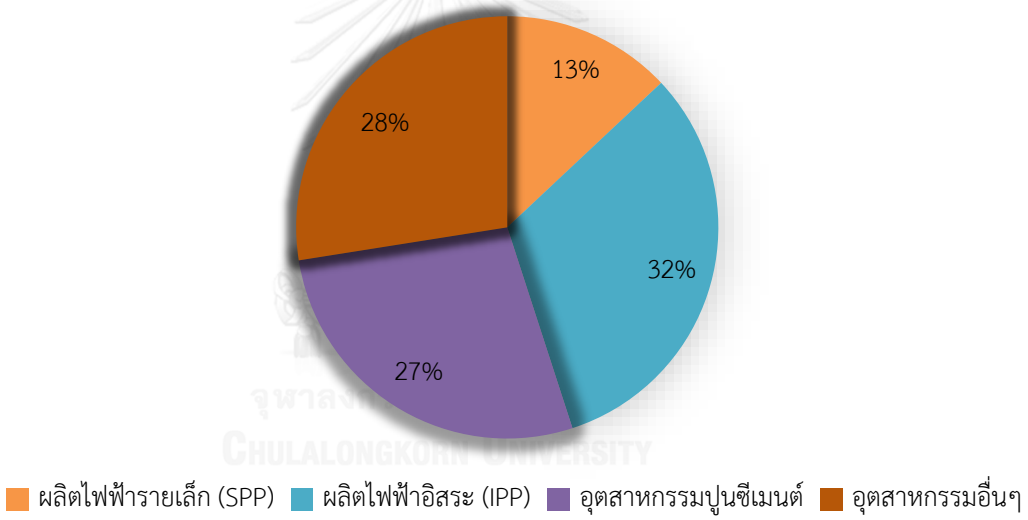
ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้นำเข้าถ่านหิน สามารถช่วงชิงส่วนแบ่งในตลาดได้แก่

1. มีแหล่งถ่านหินเป็นของตนเอง ทำให้มีต้นทุนต่ำกว่าการซื้อถ่านหินจากผู้ผลิต รวมถึงลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพ ปริมาณและเวลาในการส่งมอบถ่านหินที่จะเกิดขึ้น

2. มีคลังสินค้าสำหรับกองเก็บถ่านหิน ช่วยเพิ่มความสามารถในการตอบสนองกลุ่มลูกค้าขนาดกลางและขนาดเล็กที่ไม่มีคลังกองเก็บถ่านหิน เนื่องมาจากสามารถทยอยส่งมอบถ่านหินตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการได้

3.3.3 ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า

จากข้อมูลรายงานสถิติพลังงาน 2557 ถ่านหินนำเข้าประมาณร้อยละ 55 ถูกใช้โดยอุตสาหกรรมส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 45 ถูกใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรมที่ใช้พลังความร้อนมาผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต (รูปที่ 3.3-1)



รูปที่ 3.3-1 สัดส่วนการใช้ถ่านหินนำเข้าในประเทศไทย

นอกจากนี้การนำถ่านหินนำเข้ามาใช้งานจำเป็นต้องปรับคุณสมบัติของถ่านหินเพื่อให้ได้ค่าความร้อน และคุณสมบัติต่างๆให้เป็นไปตามมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมตามกฎหมายและเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่การควบคุมคุณสมบัติดังกล่าวผู้ประกอบการจะดำเนินการทำทดสอบด้วยตนเอง

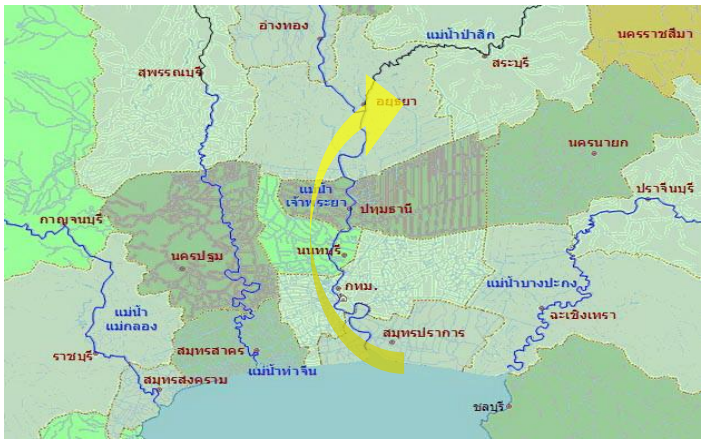
3.3.4 กระบวนการนำเข้าและลานกองเก็บถ่านหินนำเข้า

ประเทศไทยนำเข้าถ่านหินจากประเทศอินโดนีเซียเป็นปริมาณ 75% ของถ่านหินนำเข้าทั้งหมด ประกอบด้วยการนำเข้าถ่านหินจากเรือขนส่งขนาดใหญ่ (Vessel) ที่มีระวางบรรทุก 10,000 ถึง 100,000 ตันต่อลำต่อเที่ยวการขนส่ง และเรือลำเรียงขนาดใหญ่ (Barge) ที่มีระวางบรรทุก 8000 ถึง 10,000 ตันต่อลำต่อเที่ยวการขนส่ง

โดยส่วนมากจะไปขนถ่ายถ่านหินลงเรือลำเรียงขนาดเล็กบริเวณท่าเรือน้ำลึกเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี จากนั้นจะลำเลียงถ่านหินต่อไปยังลานกองเก็บและโรงคัดขนาดในบริเวณจังหวัดต่างๆ (รูปที่ 10) และมีบางส่วนที่ลำเลียงจากเกาะสีชังไปยังผู้ใช้โดยตรง นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าถ่านหินบางส่วนที่ท่าเรือกันตัง จังหวัดตรัง และทางภาคเหนือที่จังหวัดเชียงราย

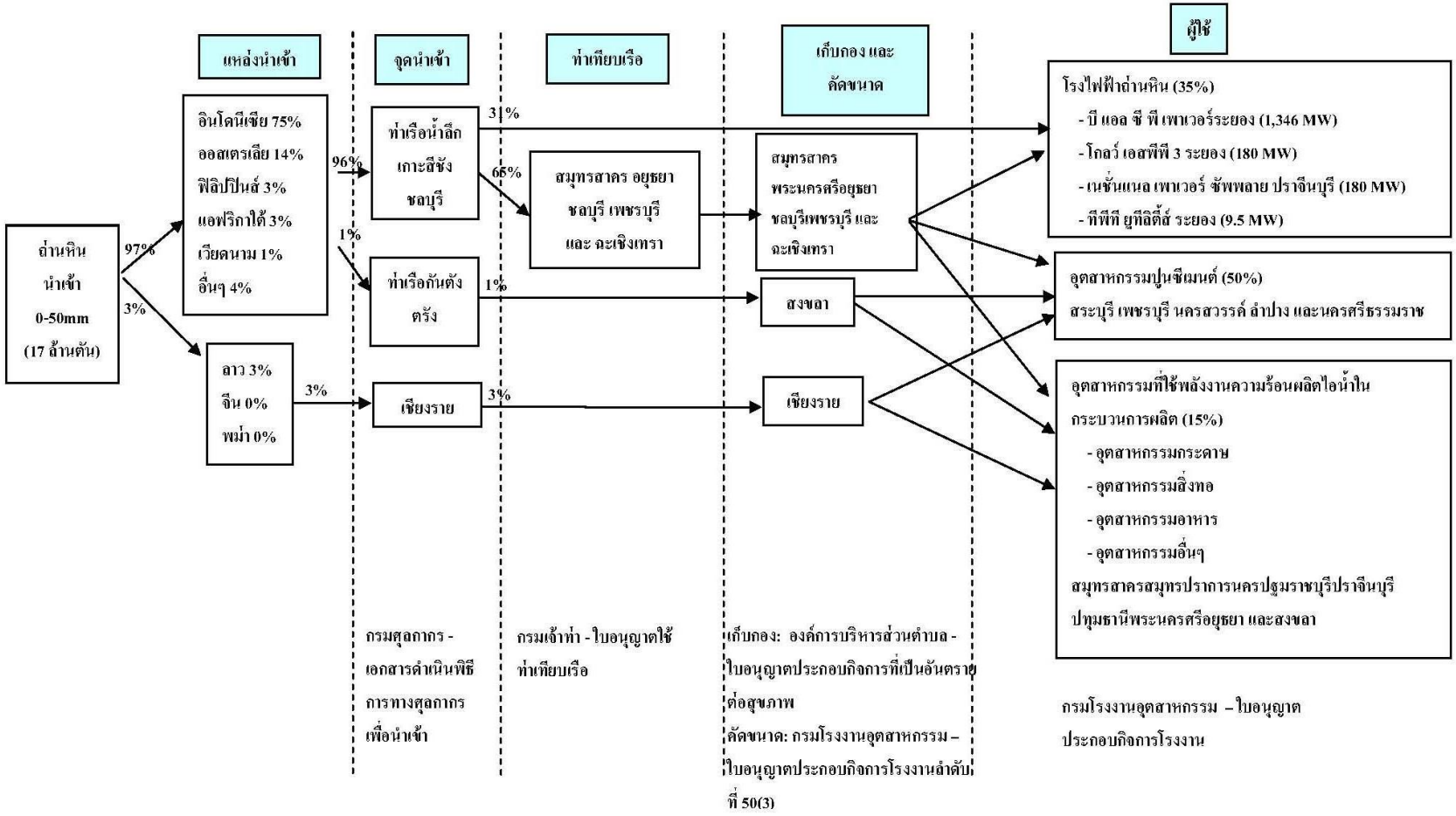
อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการคัดค้านการประกอบกิจการถ่านหินนำเข้า บริเวณเพื้นที่ตำบลท่า-ทราย อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ทำให้ไม่ว่าจะเป็น การลำเลียง การกองเก็บ การขนถ่าย การขนส่ง หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องต้องยุติลงตามคำสั่งระงับของศาลปกครองทำให้การขนถ่ายถ่านหินนำเข้ามีความยากลำบากมากยิ่งขึ้น จึงต้องมีการโยกย้ายการขนส่งไปยังท่าเทียบเรืออื่นๆ บริเวณจังหวัดใกล้เคียง

เป็นที่มาของความคับคั่งทางการจราจรทางน้ำแม่น้ำป่าสัก อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากพื้นที่อำเภอนครหลวงมีแม่น้ำป่าสักไหลผ่านซึ่งสะดวกที่จะนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศล่องเรือจากแหลมฉบังเข้ามายังปากน้ำเจ้าพระยาโดยผ่านทาง จ.สมุทรปราการ, กรุงเทพมหานคร จ.นนทบุรี และ จ.ปทุมธานี (รูปที่ 3.3-2) ปัญหาที่เกิดขึ้นเช่น ปัญหาฝุ่นจากถ่านหินที่กองไว้กลางแจ้งไม่มีการป้องกัน ปัญหาการพังทลายของตลิ่งจากการจอดเรือขวางลำน้ำ ปัญหาการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 3.3-2 เส้นทางการขนส่งทางน้ำ

(ที่มา : http://thaipublica.org/wp-content/uploads/2557/08/แผนที่เส้นทางขนส่งถ่านหิน.jpg)



รูปที่ 3.3-3 กระบวนการขนถ่ายถ่านหินนำเข้าประเทศไทย

(ที่มา : จรินทร์ ชลไพศาล, สถารการณ์ถ่านหินนำเข้าปี 2553 และแนวโน้มปี 2554)

3.4 ท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน (Coal terminal)

ท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน (Coal terminal) สามารถประกอบกิจกรรมเกี่ยวกับการขนส่งถ่านหินไม่ว่าจะเป็นการนำเข้าถ่านหินจากต่างประเทศ เพื่อลำเลียงต่อไปยังผู้ใช้ในประเทศ หรือการส่งออกถ่านหินไปสู่ผู้ซื้อต่างประเทศอย่างเป็นระบบ เมื่อเจาะจงที่การนำเข้าถ่านหิน โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลำเลียงถ่านหินจากเรือบรรทุกที่เข้ามาเทียบ ซึ่งวิธีการลำเลียงนั้นขึ้นอยู่กับโครงสิ่งอำนวยความสะดวกของแต่ละท่าเรือ ตัวอย่างเช่น ท่าเทียบเรือบางแห่งออกแบบให้เรือบรรทุกสามารถเทียบที่ฝั่งได้ (รูปที่ 3.4-1) หรือบางแห่งออกแบบท่าเทียบให้ยื่นออกไปในทะเล (รูปที่ 3.4-2) เป็นต้น ต่อจากนั้นถ่านหินจะถูกลำเลียงไปยังพาหนะต่อไปเพื่อส่งให้ผู้ใช้โดยตรง หรือจะถูกนำไปกองเก็บบริเวณลานกองเก็บเพื่อคละคุณภาพก่อนนำส่ง ก็ขึ้นอยู่กับการวางแผนเช่นเดียวกัน

รูปที่ 3.4-1 Carrington Coal Terminal, Australia

(ที่มา https://www.pwcs.com.au)

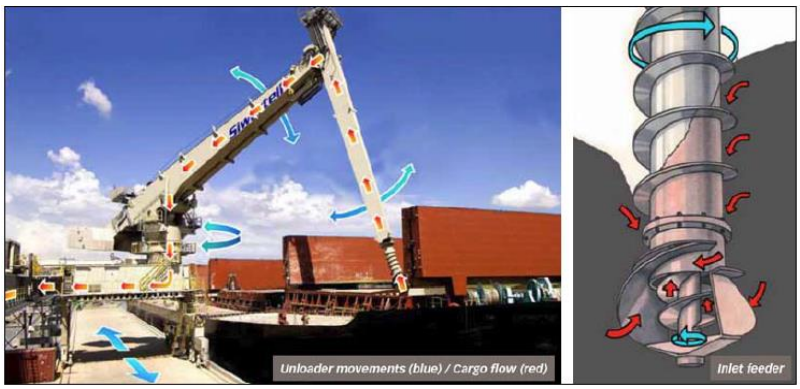
รูปที่ 3.4-2 Abbot Point, Australia

(ที่มา : https://www.nqbp.com.au)

3.4.1 ตัวอย่างเครื่องจักรหลักที่ใช้ในบริเวณลานกองเก็บถ่านหิน

จากข้างต้นท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหินสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นจุดนำเข้าถ่านหิน และเป็นจุดส่งออกถ่านหิน เพราะฉะนั้นเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละวัตถุประสงค์ย่อมมีความแตกต่าง

หากเจาะจงที่การนำเข้าถ่านหิน เริ่มต้นจากลำเลียงถ่านหินจากเรือบรรทุกด้วยอุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหิน (ship unloader) (รูปที่ 3.4-3) เป็นแบบชนิดทำงานแบบต่อเนื่องเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของถ่านและถ่านตกลงน้ำ ใช้ระบบไฟฟ้าและติดตั้งอยู่บนระบบราง มีโครงสร้างปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการตกหล่นของถ่านหิน



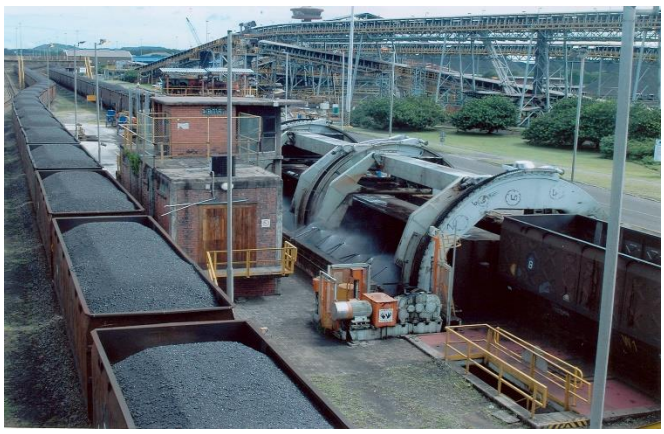
รูปที่ 3.4-3 อุปกรณ์ลำเลียงถ่านหินจากเรือบรรทุก

(ที่มา: เอกสารประกอบการประชุมการกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (public scoping) โครงการท่าเทียบเรือบ้านคลองรั้ว อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่)

จากนั้นขั้นตอนต่อไปคือการลำเลียงถ่านหินด้วยสายพานไปที่ลานกองเก็บเพื่อทำกอง ขั้นตอนนี้ ได้แก่ การโปรยหรือการทำกอง (stacker) และการตัก (reclaimer) การโปรยทำเพื่อกองถ่านหินให้อยู่ในรูปของกอง รวมถึงการคละคุณภาพของถ่านหินด้วย ส่วนการตักเป็นการตักเพื่อขนย้ายถ่านหินไปยังพาหนะถัดไปเพื่อลำเลียงสู่ปลายทางต่อไป (รูปที่ 3.4-4)

รูปที่ 3.4-4 Stacker-Reclaimers
(ที่มา https://www.pwcs.com.au)

เมื่อถึงขั้นตอนการขนส่งถ่านหินไปยังผู้ใช้ย่อมขึ้นอยู่กับวิธีการที่ได้วางแผนกำหนดไว้ ซึ่งต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านภูมิประเทศ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านความปลอดภัย ดังนั้นการขนส่งจึงมีได้หลายวิธีการด้วยกัน เช่น การขนส่งทางรถไฟ (รูปที่ 3.4-5) การขนส่งด้วยรถบรรทุก หรือการขนส่งด้วยสายพานลำเลียง เป็นต้น

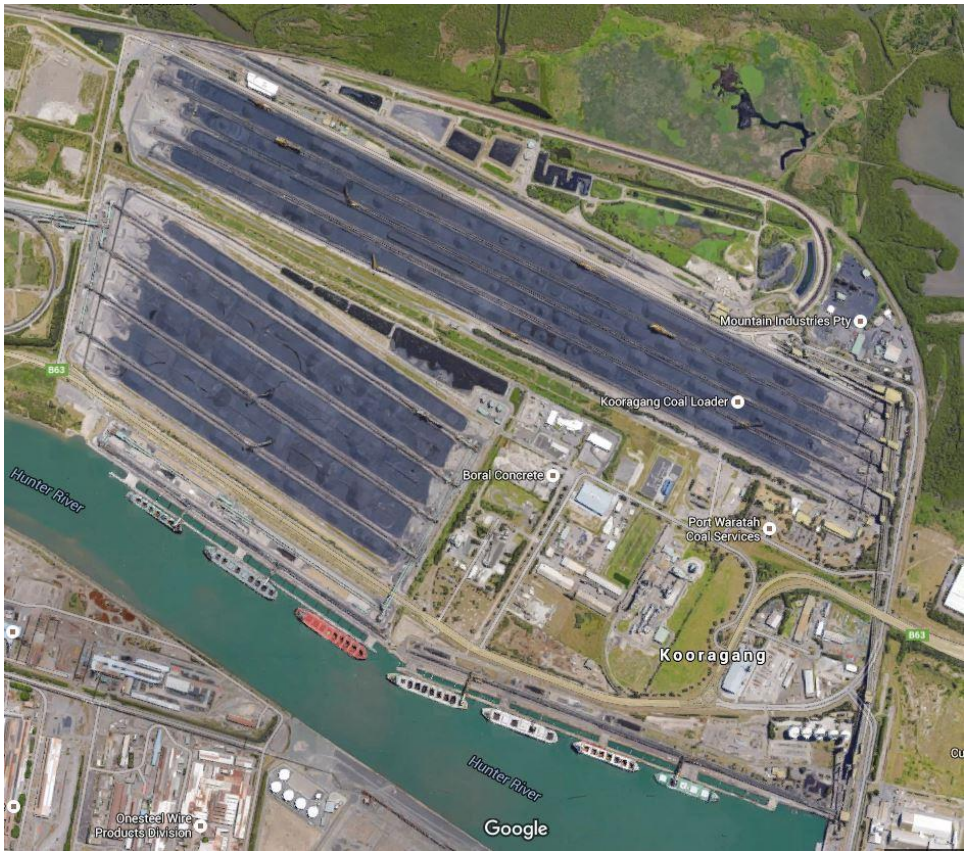


รูปที่ 3.4-5 การขนส่งถ่านหินทางรถไฟ

(ที่มา : https://www.rbct2.cyberproof.co.za)

3.4.2 ตัวอย่างท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน

Kooragang Coal Terminal เป็นท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดในประเทศออสเตรเลีย (รูปที่ 3.4-6) มีความสามารถในการรองรับถ่านหินได้ 120 ล้านตันต่อปี ตั้งอยู่บริเวณท่าเรือนิวคลาสเซิล รัฐนิวเซาท์เวลส์ หน้าที่หลักของท่าเทียบเรือแห่งนี้คือการมุ่งเน้นที่การจัดเตรียมถ่านหินผ่านการขนส่งทางรถไฟจากผู้ผลิตเพื่อการส่งออก เริ่มต้นจากการกองเก็บถ่านหิน การผสมถ่านหิน และการลำเลียงถ่านหินไปยังเรือบรรทุกเพื่อส่งออกไปยังผู้ใช้ปลายทาง



รูปที่ 3.4-6 Kooragang Coal Terminal, Australia

(ที่มา : www.google.co.th/maps)

KDWP Coal Terminal ท่าเทียบเรือแห่งนี้ตั้งอยู่ที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงใต้ รัฐอานธรประเทศ ประเทศอินเดีย (รูปที่ 3.4-7) มีความสามารถในการรองรับถ่านหินได้ 8 ล้านตันต่อปี หน้าที่หลักของท่าเทียบเรือแห่งนี้คือการนำเข้าถ่านหินโดยขนส่งด้วยรถไฟ ดังนั้นจึงมีข้อดีในด้านภูมิประเทศที่ไม่ไกลจากตอนกลางของประเทศอินเดีย รวมถึงมีเส้นทางทางทะเลติดต่อประเทศออสเตรเลีย และประเทศอินโดนีเซียได้อย่างสะดวก

รูปที่ 3.4-7 KDWP Coal Terminal, India

(ที่มา : www.google.co.th/maps)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 ประโยชน์จากท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน

การก่อสร้างท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน เพื่อนำเข้าถ่านหินที่มีคุณภาพจากต่างประเทศ ก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการต่อประเทศไทย ไม่ว่าผู้นำเข้าจะนำมาใช้ในอุตสาหกรรม หรือจะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1. ด้านประสิทธิภาพในกระบวนการอุตสาหกรรม เนื่องจากถ่านหินนำเข้ามีคุณภาพดีกว่าลิกไนต์ ไม่ว่าจะเป็นการปริมาณความร้อนที่มากกว่าในขณะที่ใช้ปริมาณถ่านหินเท่ากัน ปริมาณโลหะหนักรวมถึงก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเครื่องจักรน้อยกว่าการใช้ลิกไนต์ ดังนั้นจึงเป็นผลดีต่อกระบวนการต่างๆในอุตสาหกรรม

2. ด้านการควบคุมดูแลสิ่งแวดล้อม เมื่อมีท่าเทียบเรือและลานกองเก็บที่เป็นรูปธรรม สามารถก่อให้เกิดการจัดการถ่านหินนำเข้าอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่กระบวนการขนถ่ายออกจากเรือไปสู่ลานกอง และขนส่งไปสู่ผู้ใช้ปลายทาง ทุกขั้นตอนจะมีมาตรฐานควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

3. ด้านระบบการขนส่ง ลานกองเก็บเปรียบเสมือนศูนย์กลางในการกระจายสินค้าทำให้การขนส่งไปสู่ผู้ใช้ปลายทางอย่างเป็นระบบและสามารถควบคุมผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น การขนส่งถ่านทางรางด้วยรถไฟสู่ผู้ใช้ต่างจากการขนส่งด้วยรถบรรทุกโดยทั่วไป เพราะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ รวมถึงมีเส้นทางเฉพาะไม่ก่อความเดือดร้อนต่อการใช้รถใช้ใช้ถนน ทำให้การส่งมอบตรงต่อเวลาตามที่กำหนด

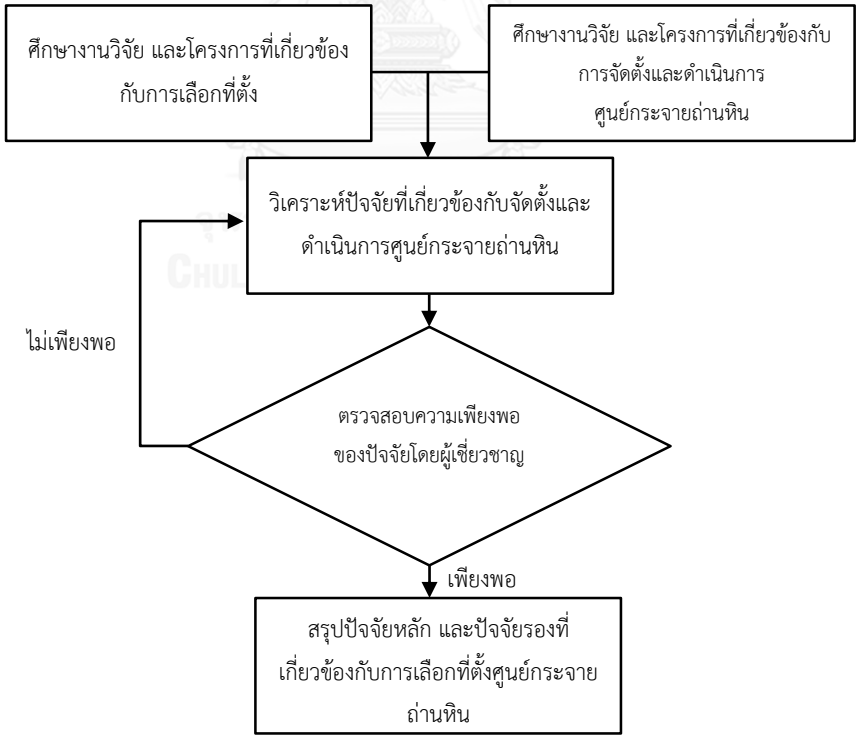
4. ด้านการควบคุมคุณภาพ และปริมาณสำรองของถ่านการมีลานกองเก็บทำให้สามารถปรับปรุงหรือผสมถ่านหิน เพื่อให้คุณภาพของถ่านหินตรงกับความต้องการของผู้ใช้ รวมถึงการสำรองถ่านหินในกรณีถ่านหินนำเข้ามีแนวโน้มของราคาที่สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ในปริมาณหนึ่ง หรือกรณีที่เกิดเหตุคัดข้องทำให้ต้องหยุดการนำเข้าถ่านหิน ปริมาณสำรองในส่วนนี้สามารถทำหน้าที่ทดแทนระหว่างการแก้ไขปัญหาได้

บทที่ 4

ปัจจัยในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

4.1 ขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

การศึกษารวบรวมปัจจัยในด้านที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง เป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดปัจจัยหลัก และปัจจัยรองให้เพียงพอต่อการพิจารณาแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งที่สนใจ ซึ่งนำไปสู่การแก้การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในบทที่ 2 ได้สรุปปัจจัยเบื้องต้นที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้ง ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งแรงงาน แหล่งลูกค้า การขนส่ง สาธารณูปโภคพื้นฐาน กฎหมายและระเบียบข้อบังคับ โอกาสในอนาคต สภาพภูมิศาสตร์ และคุณภาพชีวิต ดังนั้นการคัดเลือกปัจจัยต้องดำเนินการอย่างรอบครอบเพื่อความเพียงพอและความถูกต้องของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง ดังรูปที่ 4.1-1



รูปที่ 4.1-1 ขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง

เริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งจากทั้งงานวิจับและโครงการ โดยไม่จำกัดเฉพาะการเลือกที่ตั้งที่เกี่ยวข้องกับศูนย์กระจายถ่านหิน ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์รวมเข้ากับปัจจัยเฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดตั้งและดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน เพื่อให้ปัจจัยที่จะถูกพิจารณามีครอบคลุมมากที่สุด จากนั้นหากผู้เชี่ยวชาญลงความคิดเห็นว่าปัจจัยที่ได้คัดเลือกมามีความเพียง ปัจจัยที่ถูกแบ่งออกเป็นหัวข้อในแต่ละด้านพร้อมระบุปัจจัยย่อยภายใน

4.2 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินปัจจัย

ผู้เชี่ยวชาญมีบทบาทเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกปัจจัย เริ่มจากเป็นผู้ตรวจสอบความเพียงพอของปัจจัยหลังจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่จะถูกใช้ในการเลือกที่ตั้งแล้วเสร็จ มากไปกว่านั้น การประเมินแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจะเป็นส่วนสำคัญในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทั้งหลักและรอง รวมถึงค่าน้ำหนักสำหรับที่ตั้งทางเลือกด้วย

ดังนั้นองค์ความรู้ ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ เป็นหัวข้อสำคัญในการกำหนดผู้เชี่ยวชาญในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ด้านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งถ่านหิน ผู้เชี่ยวชาญด้านโรงไฟฟ้า ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม และผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทุกด้านล้วนมีประสบการณ์ในการทำงานทั้งในเชิงการศึกษา และงานโครงการมากกว่า 10 ปี ในด้านของตนเอง (ภาคผนวก ฉ)

4.3 การรวบรวมปัจจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งที่ดังตารางที่ 4.3-1 [19, 20, 34-40] ที่ยกมานั้นส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับ ระยะทางถึงลูกค้า และการขนส่งทางบกเป็นหลัก ทั้ง 2 ปัจจัยนี้เมื่อพูดอีกนัยหนึ่งก็คือปัจจัยที่นำไปสู่ความพึงพอใจของลูกค้า เนื่องจากลูกค้าเป็นแหล่งรายได้หลักในการดำเนินธุรกิจ ความรวดเร็วในการเข้าถึงกลุ่มลูกค้า การส่งมอบสินค้าหรือบริการอย่างมีคุณภาพทั้งในแง่ของปริมาณ และความตรงต่อเวลาในการส่งมอบย่อมเป็นสิ่งสำคัญ อีกทั้งปัจจัยด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน ไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้า ระบบน้ำ ระบบเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์ ฯลฯ การมีสาธารณูปโภคพื้นฐานช่วยให้ขั้นตอนการก่อสร้าง และการดำเนินการสะดวกมากยิ่งขึ้น ลดภาระในการจัดหาหรือสร้างระบบขึ้นมาใหม่โดยเฉพาะโครงการที่มีการลงทุนไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ต้นทุนการดำเนินการต่ำแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการที่มีความยืดหยุ่นในการตั้งราคาขายหรือการให้บริการ ส่งผลให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น

ตารางที่ 4.3-1 ปัจจัยจากงานวิจัยและโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง

ปัจจัย/ผู้วิจัย	Cradden and Kalogeri et al. (2016)	Shaheen and Khan (2016)	Zavadskas et al. (2015)	Wang et al. (2014)	Alaska Regional Ports (2012)	Dong and Wang (2012)	Ka (2011)	Keller (2011)	Werrich et al. (2011)	Olson (2010)	Kovačić and Đundović (2009)	Wiegmans, Hoest et al. (2008)	Haydar et al. (2004)	Tzeng et al. (2002)
ระยะทางถึงลูกค้า		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●		●
การขนส่งทางบก		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●
สาธารณูปโภคพื้นฐาน	●	●	●	●		●	●		●		●		●	●
ต้นทุนการดำเนินการ		●		●		●	●		●	●		●	●	●
การยอมรับของชุมชนในพื้นที่		●	●	●	●		●	●		●	●			
สภาพภูมิประเทศ	●	●			●		●	●			●	●	●	
สภาพภูมิอากาศ	●	●		●	●			●		●	●		●	
ความปลอดภัยของพื้นที่และการอนุมัติจากรัฐบาล			●	●		●		●		●	●		●	
การขัดขวางพื้นที่ทางน้ำ	●		●	●	●					●	●	●		
ต้นทุนการก่อสร้าง		●	●				●	●			●		●	
ความสามารถในการขยายกำลังการผลิต			●			●					●			●
ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	●	●									●	●		

ปัจจัยที่ภายนอกที่ไม่สามารถกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงได้ จะถูกระบุเพื่อออกแบบวิธีการดำเนินการ หรือมาตรการรองรับความเสี่ยงให้สอดคล้องกับสภาพของปัจจัยนั้น ตัวอย่างปัจจัย เช่น การยอมรับของชุมชนในพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ความปลอดภัยของพื้นที่และกฎหมาย ข้อบังคับและการอนุมัติจากรัฐบาล เป็นต้น

เนื่องจากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้นมักไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเลือกที่ตั้งเพื่อก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างใหม่ แต่จะพิจารณาที่ตั้งที่มีสิ่งปลูกสร้างพร้อมดำเนินการได้ทันที ตัวอย่างเช่น เลือกที่ตั้งสำหรับการเทียบท่าเรือสำราญจากท่าเรือสำราญที่ดำเนินการอยู่ ณ ปัจจุบัน ดังนั้นปัจจัยในด้านของต้นทุนการก่อสร้าง ความสามารถในการขยายกำลังการผลิตหรือขยายพื้นที่ และการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะถูกให้ความสำคัญน้อยกว่า หรือไม่ให้ความสำคัญเลย อย่างไรก็ตาม หากเป็นการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ ย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องคำนึงถึงต้นทุนการก่อสร้าง และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

นอกจากปัจจัยพื้นฐานข้างต้น ปัจจัยเฉพาะด้านที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน รวบรวมจากโครงการท่าเทียบเรือขนถ่ายถ่านหินฮะเดรา ประเทศอิสราเอล [13] และโครงการท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหินบังคลาเทศ [14, 15]

โครงการดังกล่าวแบ่งการออกเป็น การออกแบบการก่อสร้าง ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางโครงสร้างฐานราก ไม่ว่าจะเป็นสภาพของพื้นดินบนบกสำหรับลานกองถ่านหิน หรือธรณีสัณฐานชายฝั่งสำหรับการเลือกรูปแบบของเทียบเรือที่เหมาะสม หัวข้อต่อมาคือการออกแบบการดำเนินการจะต้องคำนึงถึง ความสูง ทิศทางและความแรงของคลื่น ทิศทางและความเร็วลม ฤดูกาล เพราะการออกแบบการดำเนินการเกี่ยวข้องอย่างมากกับการเลือกใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร หากต้องการออกแบบให้ศูนย์กระจายถิ่นดำเนินการได้ทุกฤดูกาลจะส่งผลโดยตรงต่ออุปกรณ์ รูปแบบของโครงสร้างที่จะก่อสร้าง ท้ายที่สุดจะนำมาสู่เรื่องของต้นทุนที่สูงขึ้น

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนการสร้าง และดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ขาดไม่ได้ ทั้งการก่อสร้างและการดำเนินการจำเป็นต้องลดผลกระทบให้ได้มากที่สุดด้วยวิธีปฏิบัติที่ได้มาตรฐาน และวิธีการทางวิศวกรรมที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ควรหลีกเลี่ยงวิธีการทางวิศวกรรมใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศ คุณภาพอากาศ เสียงและการสั่นสะเทือน การกัดเซาะชายฝั่ง การเพิ่มขึ้นของตะกอนทำให้ระดับน้ำตื้นเขิน เป็นต้น คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณภาพชีวิต เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน การป้องกันน้ำท่วม การกำจัดกากของเสีย ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เป็นต้น

จากการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน จากการแบ่งเป็นด้านการก่อสร้าง และด้านการดำเนินการได้ดังตารางที่ 4.3-2

ตารางที่ 4.3-2 กลุ่มปัจจัยที่ได้จากงานวิจัยและโครงการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้ง

ด้านการวิเคราะห์	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
การก่อสร้าง	- ปริมาณถ่านหินที่ลานกอง - ความแข็งแรงของโครงสร้างท่าเทียบเรือ - รูปแบบของท่าเทียบเรือ - การป้องกันแผ่นดินไหว - การขุดลอกร่องน้ำ - ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
การดำเนินการ	- วันดำเนินการต่อปี - รูปแบบการกองถ่านหิน - สภาพภูมิอากาศ - ขนาดของเรือขนส่ง - การเข้าถึงที่ตั้ง - วิธีการขนส่งถ่านหินไปยังผู้ใช้ - ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 การวิเคราะห์ปัจจัย

ความเพียงพอของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินจะประเมินจากแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะการขอรับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจาก โดยใช้ข้อมูลปัจจัยจากการศึกษาและรวบรวมโดยผู้วิจัย

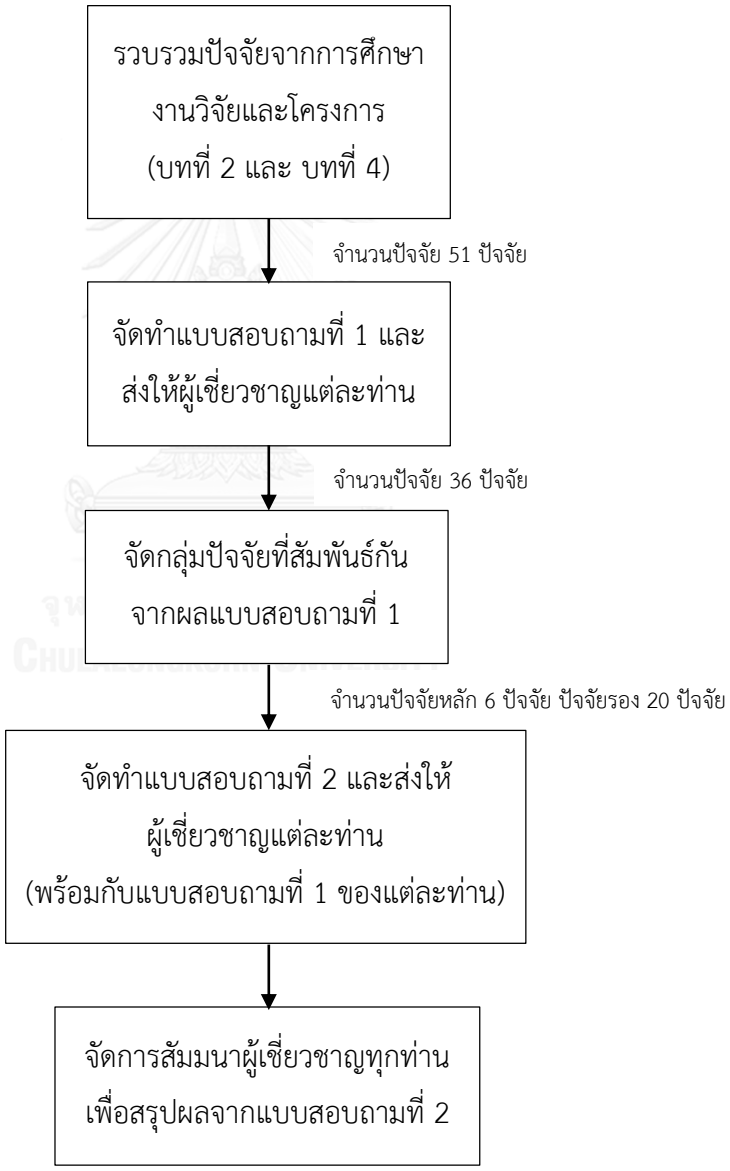
ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยแบบสอบถามทั้งสิ้น 2 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

แบบสอบถามที่ 1 กล่าวถึงตัวอย่างการดำเนินการของศูนย์กระจายถ่านหิน และเน้นคำถามที่ปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญคาดว่ามีความสำคัญ และเกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

แบบสอบถามที่ 2 กล่าวถึงปัจจัยที่ถูกเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 เป็นต้นไป (หรือตั้งแต่ 3 ท่าน) ปัจจัยดังกล่าวจะถูกนำมาจัดกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน และประเมินความเพียงพอของปัจจัยด้วยผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้ในขั้นตอนการทำแบบสอบถาม ผู้วิจัยยังมีการให้ข้อมูลโดยตรงกับผู้เชี่ยวชาญ ถึงข้อสงสัยที่เกิดขึ้นจากการตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเข้าใจจุดประสงค์และความหมายของคำถามทุกคำถามให้มากที่สุด และขั้นตอนสุดท้ายคือการสัมมนา (Seminar) เพื่อสังเคราะห์ข้อสรุปที่เห็นพ้องกันระหว่างผู้เชี่ยวชาญทุกๆด้าน รายละเอียดคำตอบแบบสอบถามอยู่ในภาคผนวก ก

เพื่ออธิบายขั้นตอนการตรวจสอบความเพียงพอของปัจจัยให้ชัดเจนยิ่ง รูปที่ 4.4-1 แสดงขั้นดังกล่าวอยู่ในรูปของแผนภาพ และต่อจากนั้นจะเป็นตัวอย่างแบบสอบถามที่ 1 และแบบสอบถามที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1



รูปที่ 4.4-1 ขั้นตอนการตรวจสอบความเพียงพอของปัจจัย

จากผลแบบสอบถามที่ 1 พบว่าปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินว่ามีความเกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินมีจำนวน 36 ปัจจัย จากปัจจัยทั้งหมด 51 ดังตารางที่ 4.4-1 และไม่มีการเพิ่มเติมปัจจัยอื่นๆ

ตารางที่ 4.4-1 ผลแบบสอบถามที่ 1

ลำดับ	ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเกี่ยวข้อง (ท่าน)
1	แหล่งถ่านหินนำเข้า	5
2	แหล่งแรงงาน	0
3	แหล่งลูกค้า (ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า)	5
4	การขนส่ง	5
5	สาธาณูปโภค	4
6	บริการสาธารณะ	0
7	กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ	5
8	นโยบายภาครัฐ	4
9	การขยายพื้นที่ของศูนย์กระจายถ่านหิน	5
10	สภาพภูมิอากาศ	5
11	คุณภาพชีวิตบุคลากร	5
12	การขนส่งทางบก	5
13	ต้นทุนการดำเนินการ	5
14	การยอมรับของชุมชนในพื้นที่	5
15	สภาพภูมิประเทศ	5
16	ความปลอดภัยของพื้นที่และการอนุมัติจากรัฐบาล	5
17	การเข้าถึงพื้นที่ทางน้ำ	5
18	ต้นทุนการก่อสร้าง	5
19	ความสามารถในการขยายกำลังการผลิต	5
20	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4-1 ผลแบบสอบถามที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเกี่ยวข้อง (ท่าน)
21	ปริมาณถ่านหินสำรอง	5
22	ความปลอดภัยในการถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก	0
23	ความแข็งแรงของท่าเทียบเรือ	5
24	การเปลี่ยนแปลงของแต่ละฤดูกาล	1
25	ความสูงจากระดับน้ำทะเล และน้ำขึ้นน้ำลง	0
26	ทิศทางคลื่น ความสูงคลื่น	3
27	เวลาระหว่างลูกคลื่น	0
28	ปริมาณพายุฝน	5
29	ทิศทางลม ความเร็วลม	5
30	สภาพธรณีวิทยาชายฝั่ง	5
31	คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง	5
32	สภาพธรณีวิทยาใต้ทะเล	5
33	การป้องกันแผ่นดินไหว	5
34	อุปกรณ์ในการดำเนินการ	0
35	อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก	0
36	ระบบขนส่งถ่านหินภายในท่าเทียบเรือ	0
37	ความสามารถในการขนส่งถ่านหินจากท่าเทียบเรือ	0
38	เวลาการดำเนินการต่อปี	5
39	อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด	3
40	ปริมาณน้ำฝน	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4-1 ผลแบบสอบถามที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเกี่ยวข้อง (ท่าน)
41	ความชื้นสัมพัทธ์	3
42	การขุดลอกร่องน้ำ	5
43	คุณสมบัติของถ่านหิน	0
44	ทิศทางการเทียบท่า	0
45	ชนิด หรือขนาดของเรือบรรทุก	0
46	มลภาวะทางเสียง	4
47	มลภาวะทางอากาศ	5
48	การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น	5
49	การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล	0
50	ของเสียจากเรือ	0
51	ผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น	5

ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องสามารถจัดเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- ปัจจัยที่ไม่ส่งผล หรือส่งผลน้อยมากในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานของศูนย์ฯ เช่น บริการสาธารณะ ความสูงจากระดับน้ำทะเล และน้ำขึ้นน้ำลง นอกจากนี้ปัจจัยเช่นแหล่งแรงงานสามารถจัดการอบรมวิธีการทำงานพื้นฐานเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำงานได้ อีกปัจจัยหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเนื่องจากประเทศไทยแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันไม่มากนักเช้นเดียวกับความสูงจากระดับน้ำทะเลและน้ำขึ้นน้ำลงไม่มีผลต่อการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการดำเนินการเพื่อตอบสนองความต้องการ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ถูกกำหนดด้วยปริมาณความต้องการ (demand) ไม่ใช่ทำเลที่ตั้ง ได้แก่ ความปลอดภัยในการถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก อุปกรณ์ในการดำเนินการ อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก ระบบขนส่งถ่านหินภายในท่าเทียบเรือ ความสามารถในการขนส่งถ่านหินจากท่าเทียบเรือ คุณสมบัติของถ่านหิน ทิศทางการเทียบท่า ชนิดหรือขนาดของเรือบรรทุก การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล และของเสียจากเรือ

ขั้นตอนต่อมาคือการจัดทำแบบสอบถามที่ 2 ด้วยการนำทั้ง 36 ปัจจัยจากแบบสอบถามที่ 1 มาจัดกลุ่มโดยยังไม่มีการตัดหรือรวมปัจจัยเข้าด้วยกัน เพื่อให้เห็นความเกี่ยวข้องกัความซ้ำซ้อนของแต่ละปัจจัยอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จะแบ่งกลุ่มปัจจัยในขั้นแรกออกเป็น 8 กลุ่มใหญ่ และภายในกลุ่มของแต่ละปัจจัยจะประกอบด้วยปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกันในแต่ละด้านดังตารางที่ 4.4-2

ตารางที่ 4.4-2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของปัจจับจากผลแบบสอบถามที่ 1

กลุ่มปัจจัย	ความเหมาะสม			หมายเหตุ (เหตุผล)
	ไม่เหมาะสม	เหมาะสม	ซ้ำซ้อน	
ด้านการขนส่ง		✔		
แหล่งถ่านหินนำเข้า		✔		
แหล่งลูกค้า (ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า)		✔		
การขนส่งทางบก		✔		
การเข้าถึงพื้นที่ทางน้ำ		✔		
ด้านภูมิอากาศ			✔	อยู่ในด้านวิศวกรรมศาสตร์
ปริมาณพายุฝน		✔		
ทิศทางลม ความเร็วลม		✔		
อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด		✔		
ปริมาณน้ำฝน		✔		
ความชื้นสัมพัทธ์		✔		
ด้านสมุทรศาสตร์			✔	อยู่ในด้านวิศวกรรมศาสตร์
ทิศทางคลื่น ความสูงคลื่น		✔		
ด้านธรณีวิทยาชายฝั่ง			✔	อยู่ในด้านวิศวกรรมศาสตร์
คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง		✔		
การป้องกันแผ่นดินไหว		✔		
ด้านธรณีวิทยาใต้ทะเล			✔	อยู่ในด้านวิศวกรรมศาสตร์
การขุดลอกร่องน้ำ		✔		
ด้านวิศวกรรม		✔		
การขยายพื้นที่ของศูนย์กระจายถ่านหิน		✔		
สภาพภูมิประเทศ		✔		
ปริมาณถ่านหินสำรอง	✔			การคำนวณการดำเนินการ
ความแข็งแรงของท่าเทียบเรือ		✔		
เวลาการดำเนินการต่อปี	✔			การคำนวณการดำเนินการ

ตารางที่ 4.4-2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของปัจจัยจากผลแบบสอบถามที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มปัจจัย	ความเหมาะสม			หมายเหตุ (เหตุผล)
	ไม่เหมาะสม	เหมาะสม	ซ้ำซ้อน	
ด้านสิ่งแวดล้อมและชุมชน	✔			แยกเป็นคนละด้าน
การยอมรับของชุมชนในพื้นที่		✔		
ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม		✔		
มลภาวะทางเสียง		✔		
มลภาวะทางอากาศ		✔		
การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น		✔		
ผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น		✔		
คุณภาพชีวิตบุคลากร	✔			ควรอยู่ในด้านชุมชน
ด้านกฎหมายข้อบังคับ		✔		
นโยบายภาครัฐ		✔		
ความปลอดภัยของพื้นที่และการอนุมัติจากรัฐบาล	✔			แยกออกจากกัน
ด้านสาธารณูปโภค		✔		
ด้านต้นทุน		✔		
ต้นทุนการก่อสร้าง		✔		
ต้นทุนการดำเนินการ		✔		

จากตารางที่ 4.4-2 เกิดความซ้ำซ้อนในด้านภูมิอากาศ ด้านสมุทรศาสตร์ ด้านธรณีวิทยา-ชายฝั่ง และด้านธรณีวิทยาใต้ทะเล ทุกด้านที่กล่าวมาล้วนเป็นศาสตร์ในเชิงวิศวกรรม ซึ่งควรอยู่ภายใต้ปัจจัยด้านวิศวกรรม

นอกจากนี้บางด้านความสัมพันธ์สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ กล่าวคือด้านธรณีวิทยาชายฝั่งและด้านธรณีวิทยาใต้ทะเลมีความเกี่ยวข้องกับความรู้เชิงกายภาพของสัณฐานใต้ท้องทะเลจังสามารถรวมเป็นด้านเดียวกันได้

ด้านสิ่งแวดล้อมควรแยกเป็นคนละด้านกับชุมชน เนื่องในที่นี้ด้านสิ่งแวดล้อมจะพูดถึงผลกระทบที่เกิดจากการมีศูนย์กระจายถ่านหินตามหัวข้อ 4 หัวข้ออ้างอิงจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และด้านชุมชนควรผนวกรวมกับสังคมเพื่อเป็นปัจจัยที่สะท้อนความคิดเห็น และมุมมองที่มีต่อการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินได้อย่างชัดเจน

ขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดสัมมนาผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเพื่อสรุปผลจากแบบสอบถามที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดการสัมมนาดังต่อไปนี้

วันและเวลา : วันพุธที่เวลา 16.30 น. ถึง 19.00 น.

สถานที่ : ห้อง 615 อาคารเจริญวิศวกรรมศาสตร์ 4 (อาคารเจริญวิศวกรรม)

เอกสาร : แบบสอบถามที่ 1 และแบบสอบถามที่ 2

ผู้เข้าร่วม : ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชายฝั่ง
ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งถ่านหิน
ผู้เชี่ยวชาญด้านโรงไฟฟ้า
ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
ผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์
และผู้เชี่ยวชาญด้านอื่นๆ

รูปที่ 4.4-2 การสัมมนาสรุปปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

หลังจากจัดการสัมมนาผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเพื่อสรุปผลจากแบบสอบถามที่ 2 (ภาคผนวก ก) ปัจจัยหลักและปัจจัยรองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังบทต่อไป

4.5 สรุปปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง

การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายปัจจัยที่นำไปสู่การเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมทั้งในการก่อสร้างและการดำเนินการ หลังจากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล รวมทั้งผ่านการตรวจสอบความเพียงพอของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่จำเป็นต้องให้ความสำคัญในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินแสดงได้ดังนี้

1. สังคมและชุมชน (Social and Society) เกี่ยวข้องโดยตรงกับมุมมอง และการยอมรับของ ผู้คนในพื้นที่ ในแง่ที่ว่าศูนย์กระจายถ่านหินจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับวิถีการใช้ชีวิต

- การยอมรับของชุมชนในพื้นที่ (Acceptance of the local community, S-AOL)
- การอนุมัติจากรัฐบาล (Approval of the government, S-AOG) หมายถึงการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินจำเป็นต้องดำเนินการกฎหมายอย่างเคร่งขัด
- ความปลอดภัยในพื้นที่ (Security of the area, S-SOA) บริเวณที่ตั้งมีความปลอดภัยทั้งในชีวิตและทรัพย์สินของผู้ปฏิบัติการ

2. สาธารณูปโภคพื้นฐาน (Infrastructure) ความพร้อมของสาธารณูปโภคพื้นฐานในพื้นที่ทำให้ขั้นตอนการก่อสร้างมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

- ระบบไฟฟ้า (Electricity availability, I-ELA)
- ระบบน้ำ (Water supply network, I-WSN) รวมทั้งระบบน้ำประปาและระบบน้ำในการดำเนินการ

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) กล่าวถึงระดับความเหมาะสมของพื้นที่ในการก่อสร้างและดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน

- ความสามารถในการขยายพื้นที่ (Ability to expand capacity, E-AEC) เพื่อรองรับปริมาณการกองเก็บถ่านหินเพิ่มเติมในอนาคต
- ธรณีสัณฐานชายฝั่ง (Coastal morphology, E-COM) บ่งบอกถึงรูปแบบของท่าเทียบเรือที่เหมาะสม ขนาดหน้าท่าและความยาวท่าเทียบเรือ (Jetty) รวมถึงเกี่ยวข้องกับความลึกของทะเล และการกัดเซาะของพื้นที่ทั้งก่อนและหลังการสร้างศูนย์กระจายถ่านหิน
- อุตุนิยมวิทยา (Meteorology, E-MET) สภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน เช่น ช่วงเวลาพายุเข้าใยรอบปี จำนวนวันที่ฝนตกในรอบปี อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สมุทรศาสตร์กายภาพ (Physical oceanography, E-POC) เกี่ยวข้องกับ ความสูงของคลื่น ทิศทางคลื่น ทิศทางกระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง เป็นต้น ทั้งหมดนำไปสู่การกำหนดรูปแบบของเขื่อนกันคลื่น (Breakwater)
- ธรณีวิทยา (Geology, E-GEO) ทั้งบนบกและในทะเล เน้นที่ความแข็งแรงของสภาพปฐพีในการวางโครงสร้างของท่าเทียบเรือ และลานกองถ่านหิน

4. การขนส่ง (Transportation) ประกอบด้วยวิธีการขนส่งทางทะเลที่เหมาะสมกับการนำเข้าถ่านหิน และวิธีการขนส่งทางบกเพื่อนำถ่านหินไปยังผู้ใช้ปลายทาง

- ระยะจากผู้ใช้ปลายทาง (Proximity to customers, T-PTC) ระยะทางจากศูนย์กระจายถ่านหินถึงโรงไฟฟ้าเป็นหลัก
- เส้นทางการขนส่งทางถนน (Land routes, T-LAR) ความสามารถและความเหมาะสมในการขนส่งด้วยรถบรรทุก
- เส้นทางการขนส่งทางน้ำ Maritime transport options, T-MAR) ความสามารถและความเหมาะสมในการขนส่งด้วยเรือ
- ความสามารถในการขนส่งทางราง (Railways, T-RAI) ความสามารถและความเหมาะสมในการขนส่งด้วยรถไฟ

5. สิ่งแวดล้อม (Environment)

- ทรัพยากรทางกายภาพ (Abiotic resources, V-ABR) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับภูมิประเทศ คุณภาพอากาศ เสียงและการสั่นสะเทือน คุณภาพน้ำผิวดินและใต้ดิน
- ทรัพยากรทางชีวภาพ (Biotic resources, V-BIR) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศบนบกและในน้ำ
- คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human use value, V-HUV) เกิดการเปลี่ยนแปลงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินของชุมชน ไฟฟ้าและน้ำประปา การระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วม การกำจัดมูลฝอยและกากของเสีย การคมนาคม ระบบโทรคมนาคม การเกิดอัคคีภัย และคุณภาพบริการสาธารณะ
- คุณค่าคุณภาพชีวิต (Quality of life, V-QOL) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับทัศนียภาพสุนทรียภาพ คุณค่าทางวัฒนธรรม อาชีวอนามัยและความปลอดภัยในพื้นที่

6. ต้นทุน (Cost)

- ต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost, COC)
- ต้นทุนการดำเนินการ (Operation cost, OPC)

บทที่ 5

ทางเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

5.1 การทำงานของศูนย์กระจายถ่านหิน

ข้อกำหนดการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหินเป็นส่วนสำคัญในการเลือกรูปแบบของท่าเทียบเรือ และวางแผนการดำเนินการเพื่อรองรับปริมาณความต้องการที่จะเกิดขึ้น โดยที่การออกแบบอาศัยหลักการทางวิศวกรรมที่รองรับด้วยข้อมูลเพิ่มเติมจากงานวิจัยหรือโครงการจากต่างประเทศที่มีเนื้อหาเกี่ยวเนื่องกับกิจกรรมของถ่านหิน

ถ่านหินจะถูกขนส่งจากต่างประเทศด้วยเรือบรรทุกสินค้าเทกอง (Bulk vessel) โดยส่วนใหญ่จะมีขนาด ปานาแม็ก (Panamax) และเคปไซส์ (Capesize) สามารถสรุปลักษณะสำคัญของเรือบรรทุกถ่านหินได้ดังตารางที่ 5.1-1

ตารางที่ 5.1-1 ข้อกำหนดเรือบรรทุกสินค้าเทกอง

รายการ	หน่วย	ประเภทเรือบรรทุกสินค้าเทกอง	
		Panamax	Capesize
ความจุ	เดดเวตตัน	60,000	100,000
ความยาวลำเรือ	เมตร	250.0	280.0
ระยะกินน้ำลึก	เมตร	12.5	14.5
ความกว้างลำเรือ	เมตร	40.0	45.0
ความยาวหน้าท่าที่เพียงพอ	เมตร	300.0	350.0
ความลึกน้ำขั้นต่ำ	เมตร	14.0	16.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.1 ปริมาณความต้องการถ่านหิน

ปริมาณถ่านหินนำเข้าที่ต้องรองรับต่อปี แบ่งออกเป็น 7 ล้านตันต่อปีสำหรับภาคกลาง และ 10.5 ล้านตันต่อปีสำหรับภาคใต้ดังตารางที่ 5.1-2

ตารางที่ 5.1-2 ความต้องการถ่านหินของโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด

	พ.ศ.	โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด	กำลังผลิตสุทธิ	ความต้องการถ่านหิน		พื้นที่
			(เมกะวัตต์)	(ตันต่อวัน)	(ตันต่อปี)	
เฟสที่ 1	2564	#2 (เทพา)	1,000	10,850	3.5	ภาคใต้
	2567	#3 (เทพา)	1,000	10,850	3.5	ภาคใต้
เฟสที่ 2	2575	#4 (ทับสะแก)	1,000	10,850	3.5	ภาคกลาง
	2577	#5 (ปัตตานี)	1,000	10,850	3.5	ภาคใต้
	2578	#6	1,000	10,850	3.5	ภาคกลาง

เพื่อให้เกิดความเหมาะกับโรงไฟฟ้าถ่านหินเทคโนโลยีสะอาดโดย ถ่านหินที่ใช้ผลิตไฟฟ้าจะต้องมีคุณสมบัติดังตารางที่ 5.1-3 และตารางที่ 5.1-4

ตารางที่ 5.1-3 คุณสมบัติของถ่านหินนำเข้า

องค์ประกอบ	ค่าที่กำหนด
ค่าความร้อนของถ่านหิน	4,000 - 6,000 kcal/kg, gar
ปริมาณความชื้น	ไม่เกิน 30%, as received
ปริมาณเถ้าถ่านหิน	ไม่เกิน 17%, as received
ซัลเฟอร์ทั้งหมด	ไม่เกิน 1%, as received
คาร์บอนคงที่	ไม่น้อยกว่า 57%, air dried
สารระเหย	ไม่น้อยกว่า 25%, air dried
ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในเถ้าถ่านหิน	ไม่เกิน 25%, dry basis
คลอรีน	ไม่เกิน 0.1%, air dried

(ที่มา : รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินเทพา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1-4 คุณสมบัติของถ่านหินนำเข้า

องค์ประกอบ	ค่าปริมาณโลหะหนักสูงสุด (mg/kg) dried basis
สารหนู	4.0
แคดเมียม	1.0
ปรอท	0.1
ตะกั่ว	8.0

(ที่มา : รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ โครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินเทพา)

งานวิจัยนี้ออกแบบให้ศูนย์กระจายถ่านหินมีความสามารถในการสำรองถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้าแต่ละโรงได้สูงที่สุดเท่ากับปริมาณถ่านหิน 2 เดือน เนื่องมาจากการป้องกันความเสี่ยงจาก

- สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมในช่วงฤดูมรสุม
- เหตุขัดข้องที่อาจเกิดขึ้นกับการขนส่งถ่านหินจากต่างประเทศ

ดังนั้นปริมาณถ่านหินสำรองสำหรับโรงไฟฟ้าหนึ่งแห่งเท่ากับ 651,000 ตัน เมื่อระบุรูปทรงการกองถ่านหินหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู ฐานด้านล่างกว้าง 47 เมตร ด้านบน 6 เมตรและความสูง 16 เมตร ในส่วนของความยาวของกองจะขึ้นอยู่กับปริมาณถ่านหินที่จะกองซึ่งจะนำไปสู่จำนวนกองของถ่านหิน

5.1.2 ข้อกำหนดการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหิน

จากการศึกษาจากกรณีตัวอย่าง ข้อกำหนดการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหินสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1-5

ตารางที่ 5.1-5 ข้อกำหนดการทำงานศูนย์กระจายถ่านหินภาคกลางและภาคใต้

รายการ	ภาคกลาง	ภาคใต้	หน่วย	หมายเหตุ
ถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้า	7,000,000	10,500,000	ตันต่อปี	10,850 ตันต่อวัน
ถ่านหินสำหรับอุตสาหกรรม	2,000,000	3,500,000	ตันต่อปี	5,555 ตันต่อวัน
วันดำเนินการ	360	360	วันต่อปี	21 ชั่วโมงต่อวัน
ถ่านหินสูงสุด ณ ลานกอง	1,675,000	2,625,000	ตัน	
พื้นที่ลานกอง	139	217	ไร่	ถ่านหินสำรอง 60 วัน
ประสิทธิภาพเครื่องจักร	80	80	เปอร์เซ็นต์	
เครื่องจักรขนถ่ายถ่านหินขึ้นจากเรือบรรทุก	2,500	2,500	ตันต่อชั่วโมง	2 เครื่องต่อท่า
เครื่องจักรทำกองถ่านหิน	5,500	5,500	ตันต่อชั่วโมง	
เครื่องจักรตักถ่านหินจากกอง	3,000	3,000	ตันต่อชั่วโมง	
ท่าเทียบเรือบรรทุก	1	2	ท่า	unloading
เรือเทียบท่า	150	234	ลำต่อปี	60,000 เดดเวทตัน
ความยาวหน้าท่า	300	300	เมตร	
ความลึกหน้าท่า	14	14	เมตร	
เวลาเฉลี่ยในการเทียบท่า	0.96	0.96	วันต่อลำ	
เวลานำของเรือบรรทุก	1.44	2.11	วันต่อลำ	
เวลารวมต่อรอบการขนส่ง	2.40	3.08	วันต่อลำ	
ท่าเทียบเรือขนส่ง	2	2	ท่า	ยกเว้นเทพา 1 ท่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการคำนวณจำนวนท่าเทียบเรือสำหรับภาคกลาง อัตราการใช้ท่าเทียบเรือถูกกำหนดตามข้อแนะนำของ Port Development – A Handbook for Planner in Developing Countries ดังนี้

ตารางที่ 5.1-6 อัตราการใช้ท่าเทียบเรือแนะนำ

จำนวนท่าเทียบเรือ	อัตราการใช้ท่าเทียบเรือ
1	40%
2	50%
3	55%
4	60%
5	65%
6 - 10	70%

(ที่มา : Port Development – A Handbook for Planner in Developing Countries)

เริ่มต้นกำหนดอัตรการใช้ท่าเทียบเรือเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถคำนวณจำนวนท่าเทียบเรือได้จากสมการ

$$\text{จำนวนท่าเทียบเรือ} = \frac{(\text{จำนวนเรือเทียบท่าต่อปี}^{1} * \text{เวลาเฉลี่ยในการเทียบท่า}^{2})}{(\text{จำนวนวันดำเนินการ} * \text{อัตราการใช้ท่าเทียบเรือ})}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่

[1]จำนวนเรือเทียบท่าต่อปี = ปริมาณถ่านหินที่รองรับ / ขนาดเรือบรรทุก

= 9,000,000 / 60,000 = 150 ลำ

[2]เวลาเฉลี่ยในการเทียบท่า = (จำนวนเรือเทียบท่าต่อปี/(จำนวนเครื่องจักรขนถ่าย*อัตราการขนถ่าย *ประสิทธิภาพเครื่องจักร*ชั่วโมงการดำเนินการต่อวัน)) + เวลารอ

= (150 / 2*2500*80%*21) + 0.25 = 0.96 วันต่อลำ

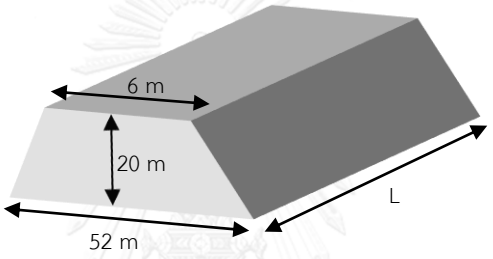
ดังนั้น

จำนวนท่าเทียบเรือ = 150*0.96 / 360*40% = 1 ท่า

ตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ลานกองสำหรับภาคกลาง จากการออกแบบปริมาณถ่านหินสำรองสำหรับโรงไฟฟ้าหนึ่งโรงเท่ากับ 651,000 ตัน ดังนั้นศูนย์กระจายถ่านหินสำหรับภาคกลางจะต้องมีถ่านหินในลานกองไม่ต่ำกว่า 1,302,000 ตัน รวมกับถ่านหินสำรองของอุตสาหกรรมอีก 333,333 ตัน รวมถ่านหินสำรองเท่ากับ 1,635,333 ตัน นอกจากนั้นจำนวนถ่านหินที่ต้องใช้ต่อวันในช่วงเวลานำของเรือบรรทุกอีก 39,132 ตัน

สรุปได้ว่าาศูนย์กระจายถ่านหินสำหรับภาคกลางมีความสามารถในการกองถ่านหินสูงสุดที่ 1,674,465 ตัน หรือประมาณ 1,675,000 ตัน ซึ่งสามารถคำนวณพื้นที่ลานกองได้จากสมการ

พื้นที่ลานกอง = ความกว้างกองถ่านหิน*ความยาวกองถ่านหิน[3]/ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่



รูปที่ 5.1-1 ขนาดกองถ่านหิน

โดยที่

[3]ความยาวกองถ่านหิน = ปริมาตรถ่านหิน ณ ลานกอง / พื้นที่หน้าตัดกองถ่านหิน

= น้ำหนักถ่านหิน ณ ลานกอง*ค่าความหน่าแน่นถ่านหิน / (0.5*ผลบวกด้านคู่ขนานกองถ่านหิน*ความสูงกองถ่านหิน)

= (1,675,000*850) / (0.5*58*20) = 3,400 เมตร

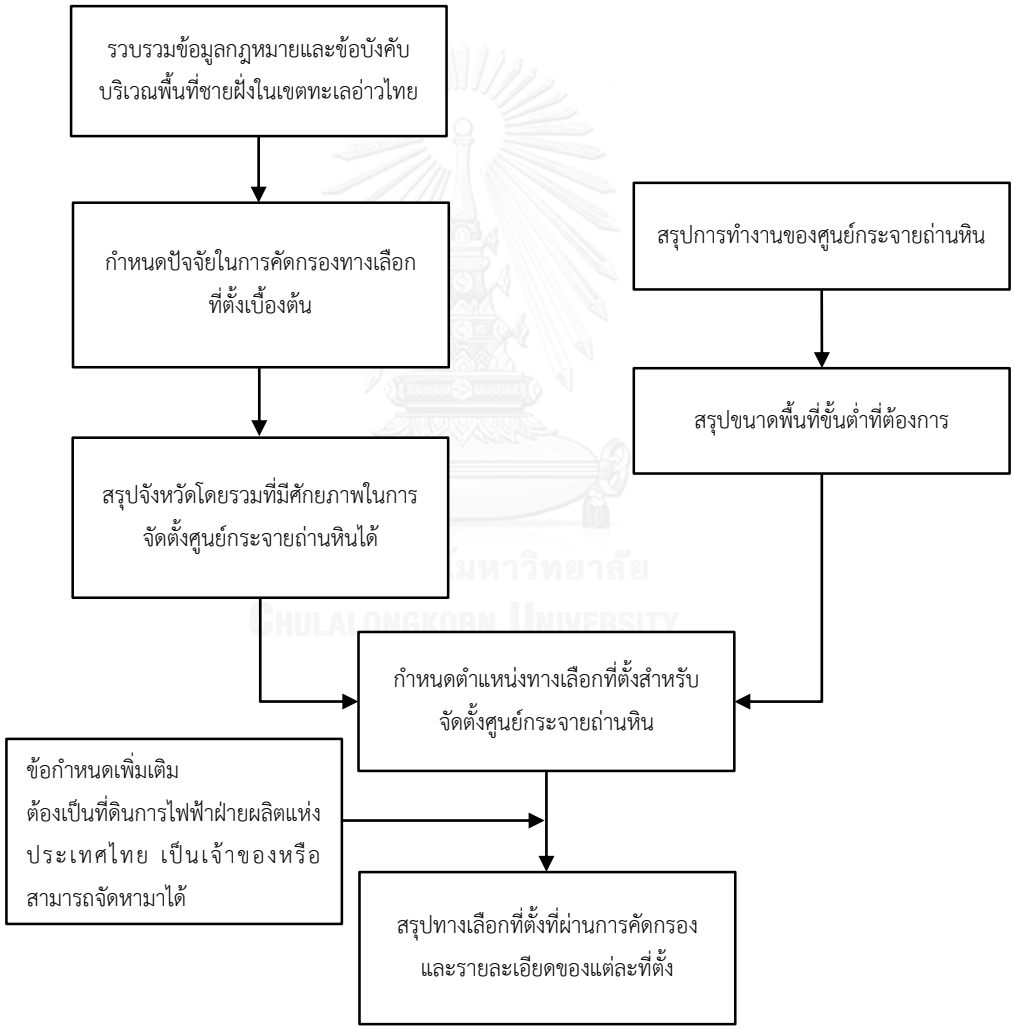
ดังนั้น

พื้นที่ลานกอง = 52*3400/80% = 221,000 ตารางเมตร = 138.125 ไร่ = 139 ไร่

5.2 ขั้นตอนการคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง

หลังจากการสรุปการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหินซึ่งได้อธิบายดังบทที่ 5.1 อีกด้านหนึ่งคือการรวบรวมกฎหมายข้อบังคับสำหรับพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล เพื่อทำการคัดกรองพื้นที่ชายฝั่งร่วมกับปัจจัยในการคัดกรองเบื้องต้น เพื่อสรุปจังหวัดที่มีศักยภาพในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน และสุดท้ายทำการกำหนดพื้นที่จัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินพร้อมรายละเอียดของแต่ละพื้นที่

รูปที่ 5.2-1



รูปที่ 5.2-1 ขั้นตอนการคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง

5.3 ปัจจัยในการคัดกรองทางเลือกที่ตั้งเบื้องต้น

5.3.1 ด้านกฎหมาย

การจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินต้องทำตามขั้นตอนของกฎหมายอย่างเคร่งครัด ซึ่งในกฎหมายได้ระบุประเภทพื้นที่ ที่ไม่สามารถบุกรุก หรือนำมาใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากเป็นสมบัติของชาติ ดังนั้นพื้นที่นำมาพิจารณาต้องไม่ตกอยู่ในประเภทพื้นที่ดังต่อไปนี้

- อุทยานแห่งชาติ
- ป่าสงวนแห่งชาติ
- ป่าชายเลน
- แหล่งอาศัยของสัตว์ทะเลหายาก
- พื้นที่คุ้มครองปะการัง
- เขตห้ามล่าสัตว์ป่า
- เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตรักษาพันธุ์สัตว์น้ำ
- พื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม
- ประเภทที่ดิน

ประเภทที่ดินที่จะแสดงต่อไปนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

- ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

เฉพาะที่ดินซึ่งเป็นของรัฐให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น ที่ดินประเภทนี้ซึ่งเอกชนเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองโดยชอบด้วยกฎหมาย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การอยู่อาศัย เกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้นที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม
- กำจัดมูลฝอย
- เลี้ยงม้า โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ห่าน เป็ด ไก่ งู จระเข้ หรือสัตว์ป่าตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า เพื่อการค้า
- จัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย
- การอยู่อาศัยหรือพาณิชยกรรมประเภทอาคารสูงหรือขนาดใหญ่

- การอยู่อาศัยประเภทห้องแถว ตึกแถว หรือบ้านแถว
- การอยู่อาศัยประเภทห้องชุด อาคารชุด หรือหอพัก

- ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สถาบัน ราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบห้าของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ ในระยะตั้งแต่ 6 เมตร ถึง 15 เมตร วัดจากแนวชายฝั่งทะเล เข้าไปในแผ่นดิน ให้ดำเนินการหรือประกอบกิจการได้ในอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 8 เมตรการใช้ประโยชน์ที่ดินริมทางหลวงแผ่นดินให้มีที่ว่างตามแนวขนานริมเขตทางไม่น้อยกว่า 15 เมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมฝั่งลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีที่ว่างตามแนวขนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของลำคลองหรือแหล่งน้ำสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้าง เพื่อการคมนาคมทางน้ำหรือการสาธารณูปโภค

การใช้ประโยชน์ที่ดินริมชายฝั่งทะเล ให้มีที่ว่างตามแนวขนานริมฝั่งตามสภาพธรรมชาติของชายฝั่งทะเลไม่น้อยกว่า 6 เมตร เว้นแต่เป็นการก่อสร้างเพื่อการคมนาคมทางน้ำสะพานหรือการสาธารณูปโภค ที่ดินประเภทนี้ ห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

- โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม
- โรงงานทุกจำพวกตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เว้นแต่โรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนดให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ และโรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน
- คลังน้ำมันเชื้อเพลิงและสถานที่ที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ไม่ใช่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซธรรมชาติ เพื่อจำหน่ายที่ต้องขออนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง เว้นแต่เป็นสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง
- สถานที่บรรจุก๊าซและสถานที่เก็บก๊าซ สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลวตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ไม่หมายความรวมถึงสถานีบริการ ร้านจำหน่ายก๊าซ สถานที่ใช้ก๊าซ และสถานที่จำหน่ายอาหารที่ใช้ก๊าซ
- โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบอุตสาหกรรม

- จัดสรรที่ดินเพื่อประกอบพาณิชยกรรม เว้นแต่เป็นการจัดสรรที่เป็นส่วนหนึ่งของการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชยกรรมประเภทอาคารขนาดใหญ่
- การอยู่อาศัยหรือประกอบพาณิชยกรรมประเภทห้องแถว ตึกแถว หรือบ้านแถว เว้นแต่เป็นการดำเนินการในโครงการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย และมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่ โครงการทั้งหมด
- การอยู่อาศัยประเภทห้องชุด อาคารชุด หรือหอพัก

5.3.2 ด้านสมุทรศาสตร์ธรณี

พื้นที่ไม่ควรเป็นดินเลนซึ่งยากต่อการวางโครงสร้างฐานราก พื้นที่ไม่ควรเป็นดินเลนหรือทรายปนเลน ซึ่งยากต่อการวางโครงสร้างฐานราก เพื่อให้ฐานรากมีความแข็งแรงเพียงพอ จะต้องเพิ่มปริมาณวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง นำไปสู่ต้นทุนที่สูง

5.3.3 ด้านแหล่งท่องเที่ยว และพื้นที่ชุมชน

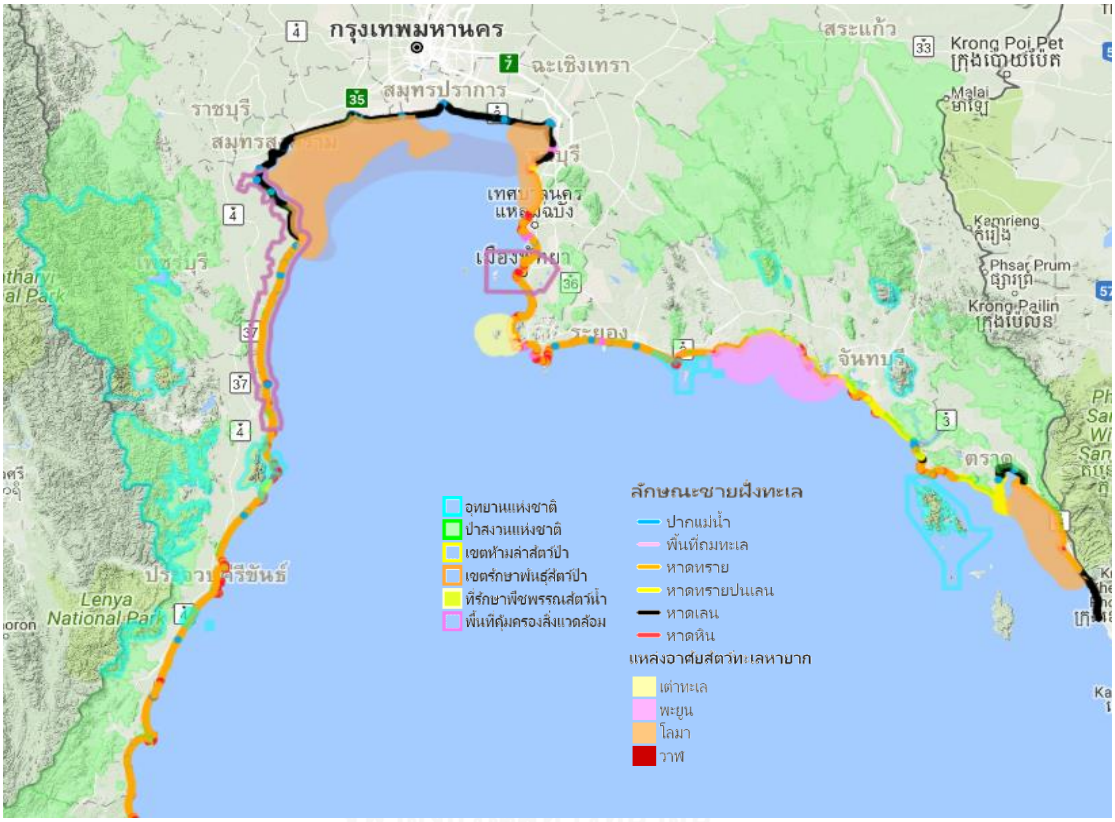
พื้นที่นำมาพิจารณาต้องไม่ตกอยู่ในพื้นที่ดังต่อไปนี้

- ชายหาดท่องเที่ยว
- สถานที่พักผ่อนตากอากาศ
- ชุมชนอาศัยหนาแน่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 การคัดกรองทางเลือกที่ตั้ง

การพิจารณาแบ่งออกเป็นจังหวัดในภาคตะวันออก ภาคกลางและภาคใต้ การคัดกรองพื้นที่ด้วยปัจจัยที่กำหนดในข้างต้นแสดงผลได้ดังรูปที่ 5.4-1 และรูปที่ 5.4-2



รูปที่ 5.4-1 จังหวัดในภาคตะวันออกและภาคกลาง

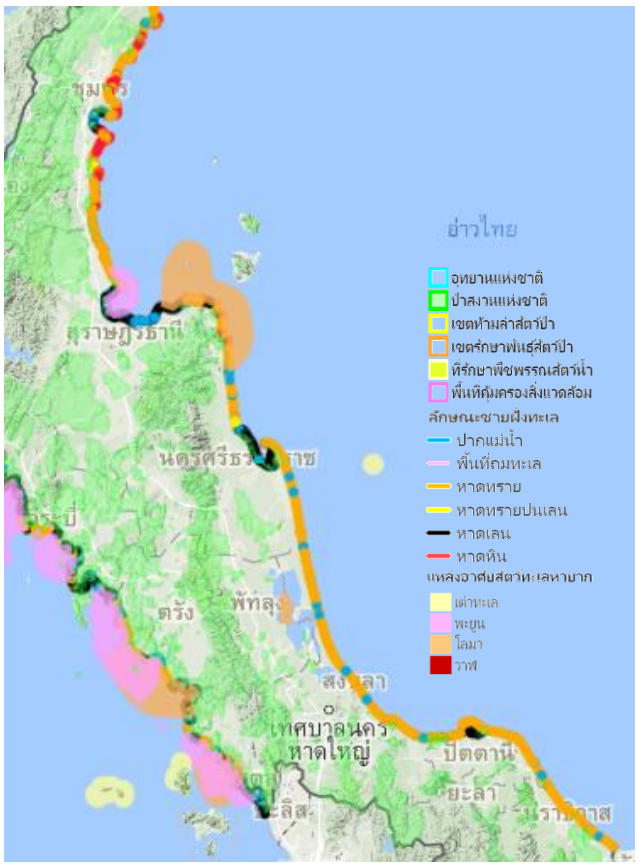
(ที่มา : ระบบฐานข้อมูลกลางและมาตรฐานข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง)

ตามมาตรฐานข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในเขตอ่าวไทยตอนบนด้านตะวันตก แสดงให้เห็นอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด อำเภอสามร้อยยอด และอุทยานแห่งชาติหาดวนกร อำเภอทับสะแก ทางตอนกลางของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พื้นที่ชายฝั่งทะเล อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ไปจนถึงจังหวัดเพชรบุรีเป็นพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับทางด้านตะวันออกประกอบด้วยเกาะล้าน และเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี

นอกจากนี้พื้นที่ชายฝั่งทะเลตั้งแต่จังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการและบางส่วนของชลบุรี เป็นหาดเลนและเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ทะเลหายาก ได้แก่ โลมาและวาฬ รวมถึงเกาะครามใหญ่ที่เป็นแหล่งอาศัยของเต่าทะเล ด้านใต้สุดของจังหวัดชลบุรี ถัด

จากเกาะครามใหญ่ บริเวณเกาะแสมสาร เป็นแหล่งท่องเที่ยวและพื้นที่ของกองทัพเรือและศูนย์อนุรักษ์พันธุ์เต่าทะเล

อ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออกเป็นที่ตั้งของแหล่งท่องเที่ยวและพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ได้แก่ พื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้าหมู่เกาะเสม็ด จังหวัดระยอง และติดกันเป็นแหล่งที่อาศัยของพะยูน ถัดมาด้านขวามือที่จังหวัดตราด เป็นที่ตั้งของอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะช้างและแหล่งที่อาศัยของโลมา



รูปที่ 5.4-2 จังหวัดในภาคใต้

(ที่มา : ระบบฐานข้อมูลกลางและมาตรฐานข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง)

ในรูปที่ 5.4-2 แสดงพื้นที่ชายฝั่งทะเลตั้งแต่จังหวัด ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส

จังหวัดชุมพรเป็นที่ตั้งของอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะชุมพร แห่งมีแหล่งท่องเที่ยวเป็นชายหาดมีแนวยาวตลอด และมีท่าเรือเพื่อเดินทางไปยังเกาะอื่นๆ

จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่ชายฝั่งทะเลบางส่วนเป็นหาดเลน และมีแหล่งท่องเที่ยวหลายแห่งไม่ว่าจะเป็น เกาะสมุย เกาะพงัน รวมถึงเป็นแหล่งที่อาศัยของพะยูน และโลมา จึงไม่เหมาะที่จะตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ทะเลที่คาบเกี่ยวกับจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่เป็นแหล่งที่อาศัยของโลมา มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลบางส่วนเป็นหาดเลน และมีชุมชนอยู่อาศัยหนาแน่นริมชายฝั่งทะเลจึงไม่เหมาะที่จะตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

จังหวัดสงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ลักษณะของพื้นที่มีความคล้ายคลึงกันในด้านสมุทรศาสตร์ธรณี โดยจะต้องลงรายละเอียดในการพิจารณาเฉพาะพื้นที่ในขั้นตอนต่อไป

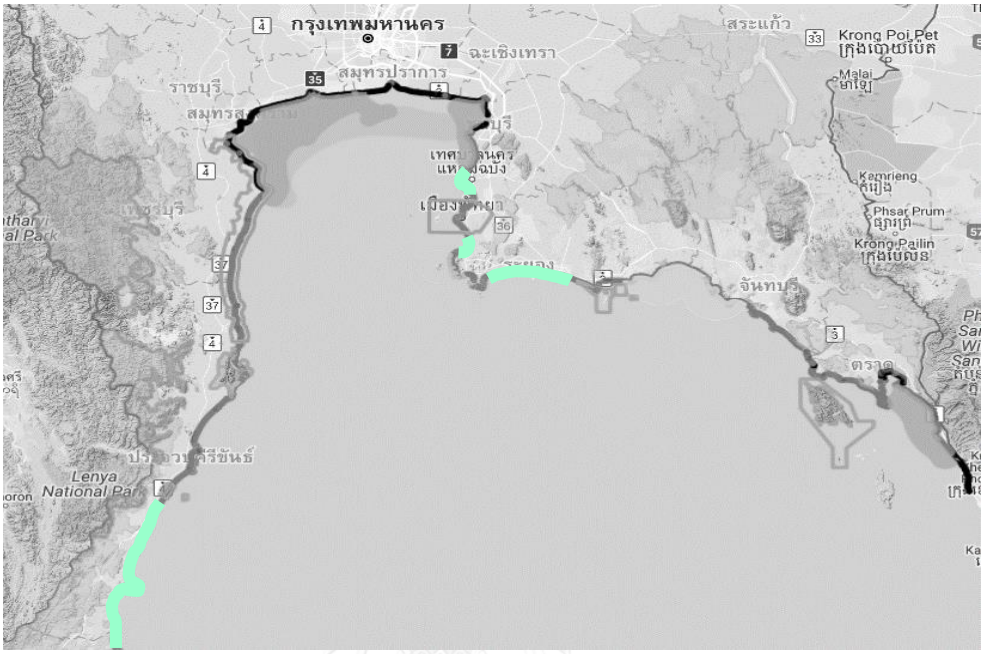
หลังจากใช้ปัจจัยทั้ง 4 ด้านเป็นข้อจำกัดในการเลือกที่ตั้ง จังหวัดที่เหลืออยู่ในภาคตะวันออกและภาคกลาง 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนจังหวัดในภาคใต้ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชุมพร สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4-1

ตารางที่ 5.4-1 สรุปพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอ่าวไทย

พื้นที่ชายฝั่งจังหวัด	กฎหมาย			สมุทรศาสตร์ธรณี	แหล่งท่องเที่ยวและชุมชน	รวม
	อุทยานแห่งชาติ	แหล่งอาศัยสัตว์ทะเลหายาก	พื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม	หาดทรายปนเลนและหาดเลน		
ตราด	●	●		●		3
จันทบุรี	●	●		●		3
ระยอง	●	●				2
ชลบุรี		●	●			2
ฉะเชิงเทรา		●		●		2*
สมุทรปราการ		●		●		2*
สมุทรสาคร		●		●		2*
สมุทรสงคราม		●		●		2*
เพชรบุรี		●	●		●	3
ประจวบคีรีขันธ์	●				●	2
ชุมพร					●	1
สุราษฎร์ธานี		●		●	●	3
นครศรีธรรมราช		●		●	●	3
สงขลา						0
ปัตตานี				●		1
นราธิวาส						0

หมายเหตุ *พื้นที่ชายฝั่งทั้งหมดเป็นหาดเลน

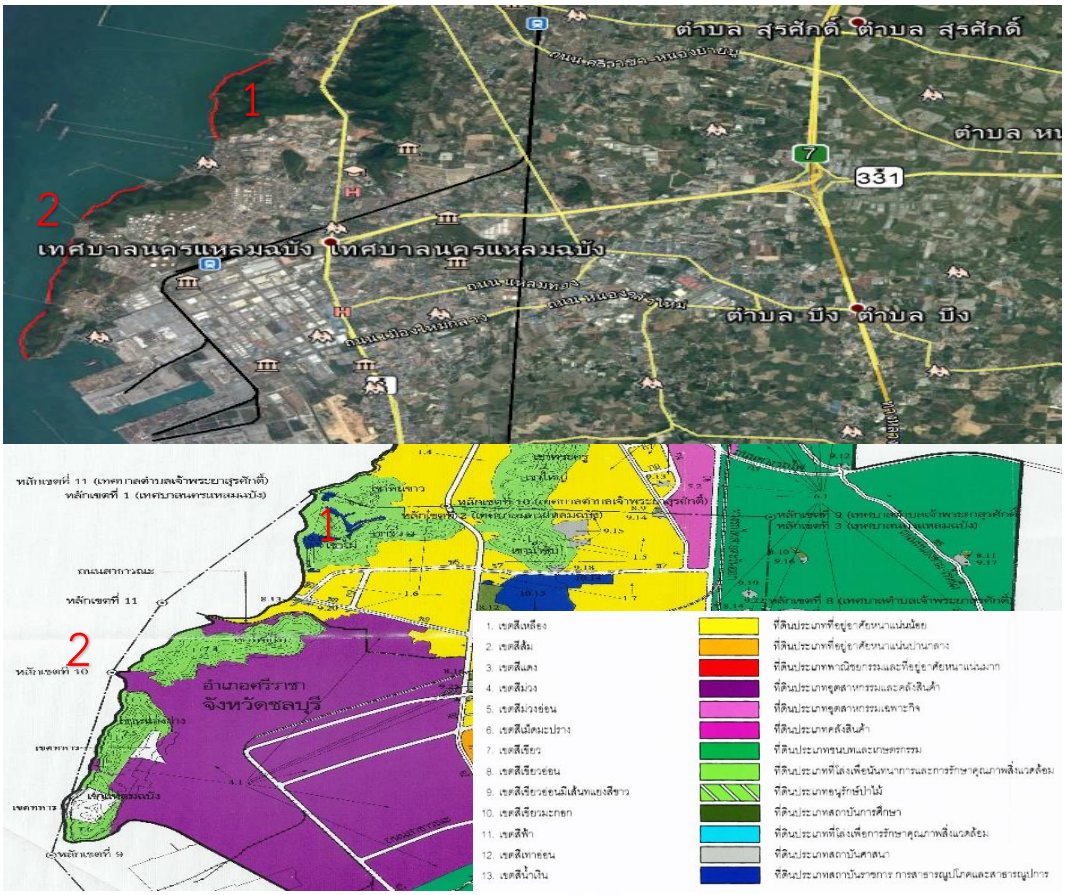
เมื่อทำการตัดจะงหวัดที่มีคะแนนรวมมากกว่า 3 และจังหวัดที่มีพื้นที่ชายฝั่งลักษณะหาดทรายเป็นเลนและหาดเลนออก จะเหลือพื้นที่ทั้งหมด 7 จังหวัด ซึ่งสามารถระบุให้ละเอียดยิ่งขึ้นดังรูปที่ 5.4-3และรูปที่ 5.4-4



รูปที่ 5.4-3 พื้นที่อ่าวไทยตอนบนที่ผ่านการคัดกรองทั้ง 4 ปัจจัย

รูปที่ 5.4-4 พื้นที่อ่าวไทยตอนล่างที่ผ่านการคัดกรองทั้ง 4 ปัจจัย

5.4.1 จังหวัดชลบุรี



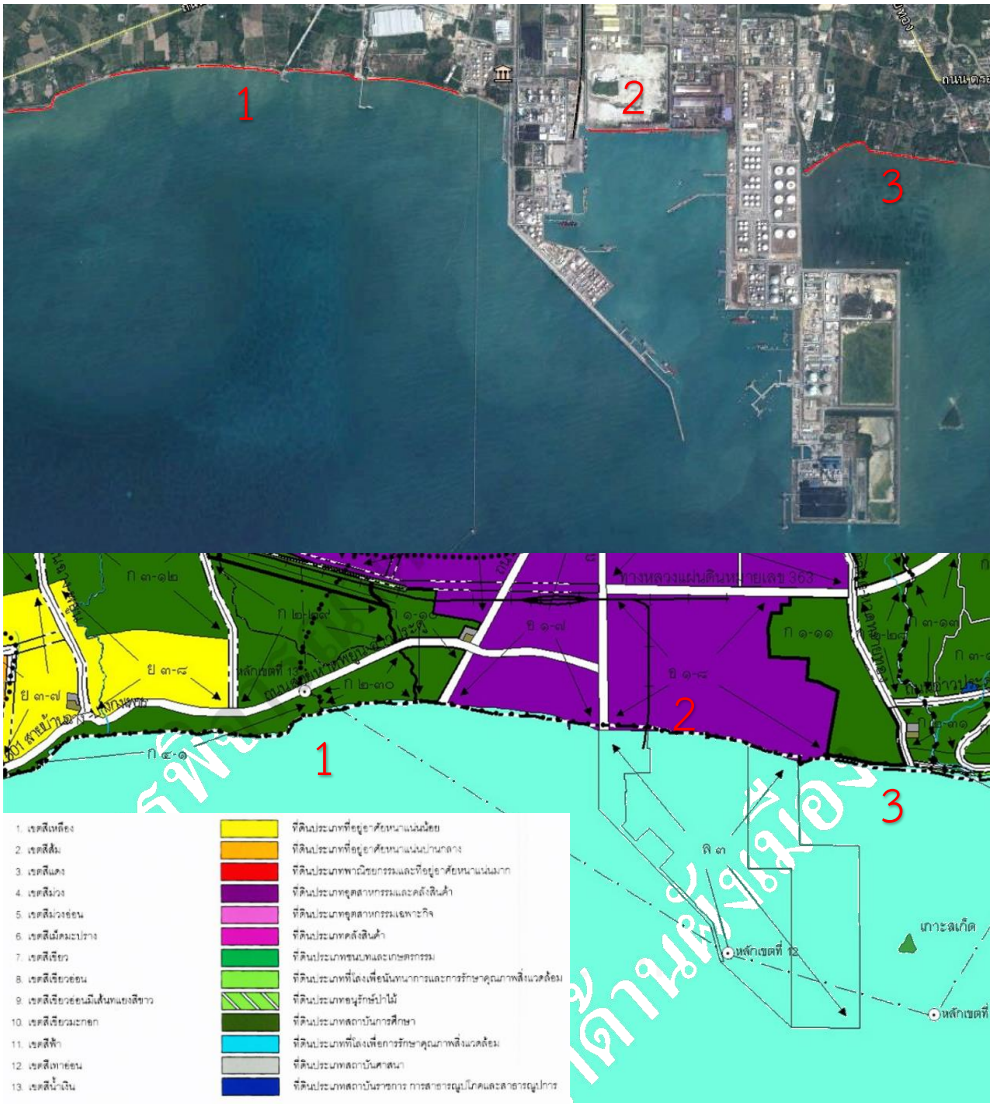
รูปที่ 5.4-5 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอศรีราชา

(ที่มา : กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมบริเวณอุตสาหกรรมและชุมชนแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พ.ศ. ๒๕๕๕)

เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-5 บน แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน อำเภอศรีราชา ด้านบนสุดพื้นที่หมายเลข 1 คือเขาหินขาว เขาขวาง และเขาไผ่ พื้นที่หมายเลข 2 คือเขาโพธิ์ใบ และเขาหนองอ่าง

ตามที่แสดงดังรูปที่ 5.4-5 ล่าง พื้นที่ทั้ง 3 บริเวณอยู่ใกล้กับที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า และถูกระบุให้เป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

5.4.2 จังหวัดระยอง

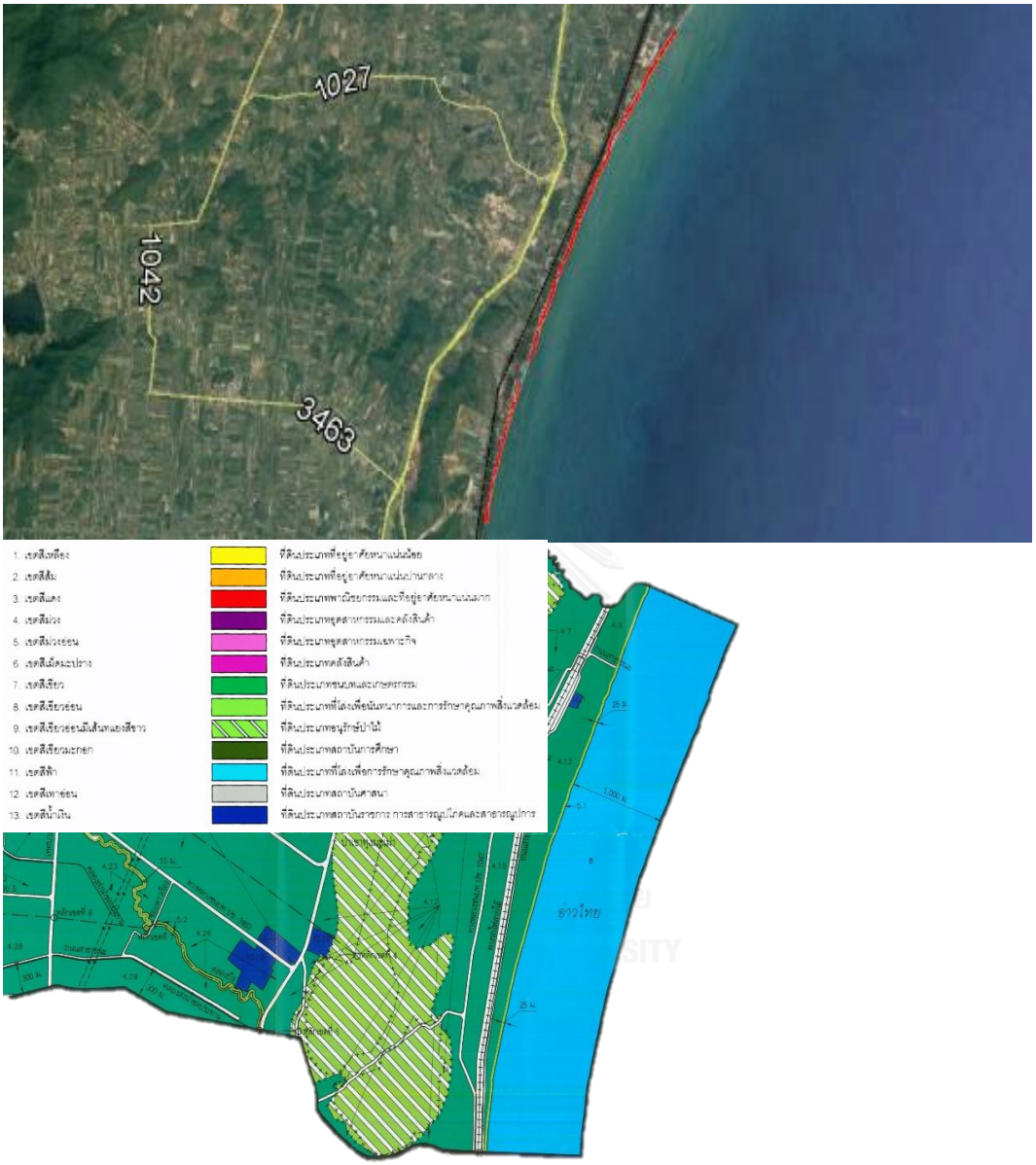


รูปที่ 5.4-6 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอมาบตาพุด

(ที่มา : กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมบริเวณอุตสาหกรรมและชุมชนแหลมฉบัง จังหวัดระยอง)

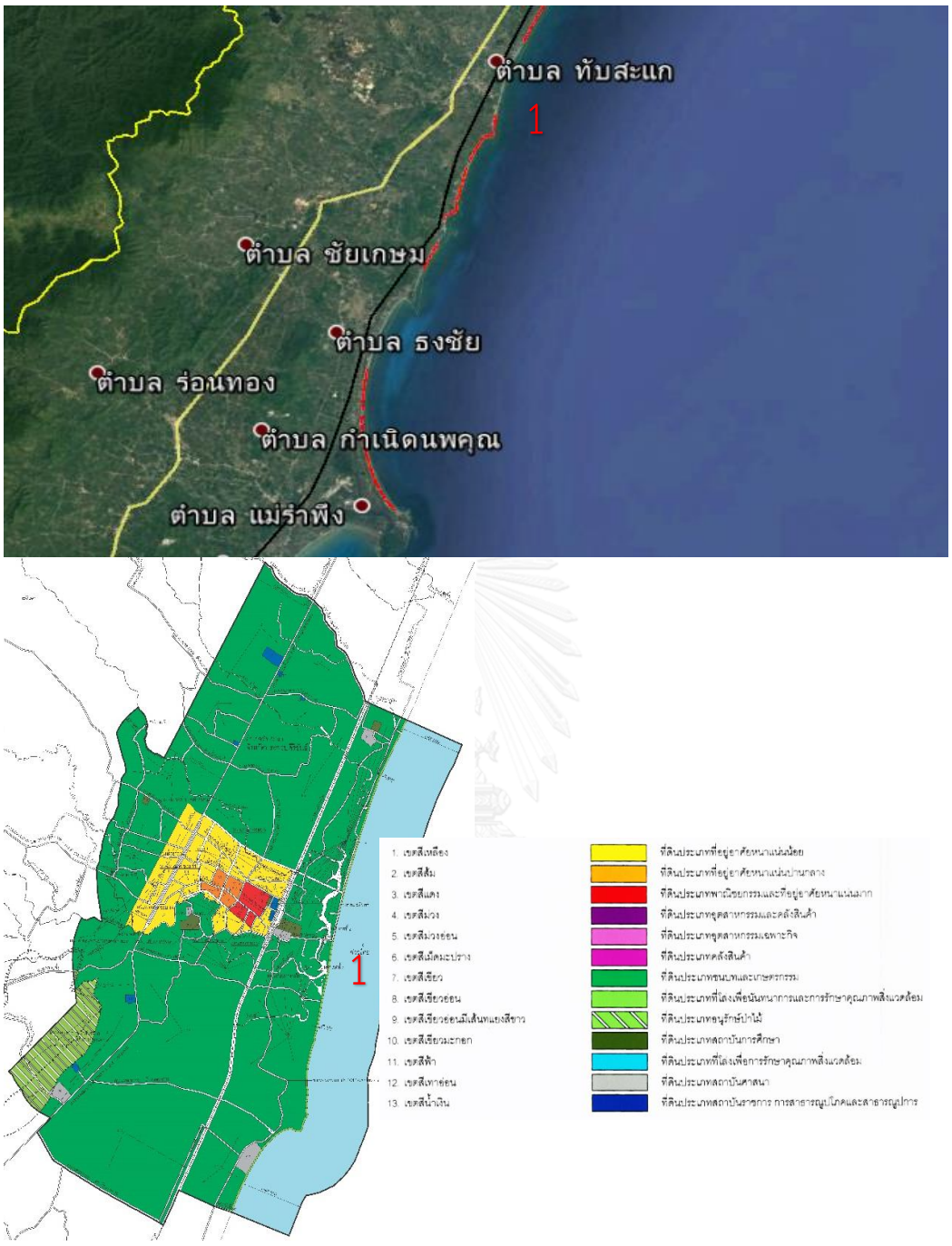
เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-6 บน แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน จากรูปที่ 5.4-6 ล่าง มีพื้นที่หมายเลข 2 อยู่ภายในเขตนิคมอุสาหกรรมาบตาพุดที่เป็นที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า พื้นที่หมายเลข 1 และ 3 ที่ถูกระบุให้เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

5.4.3 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



รูปที่ 5.4-7 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์

เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-7 แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน อยู่ในบริเวณอำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

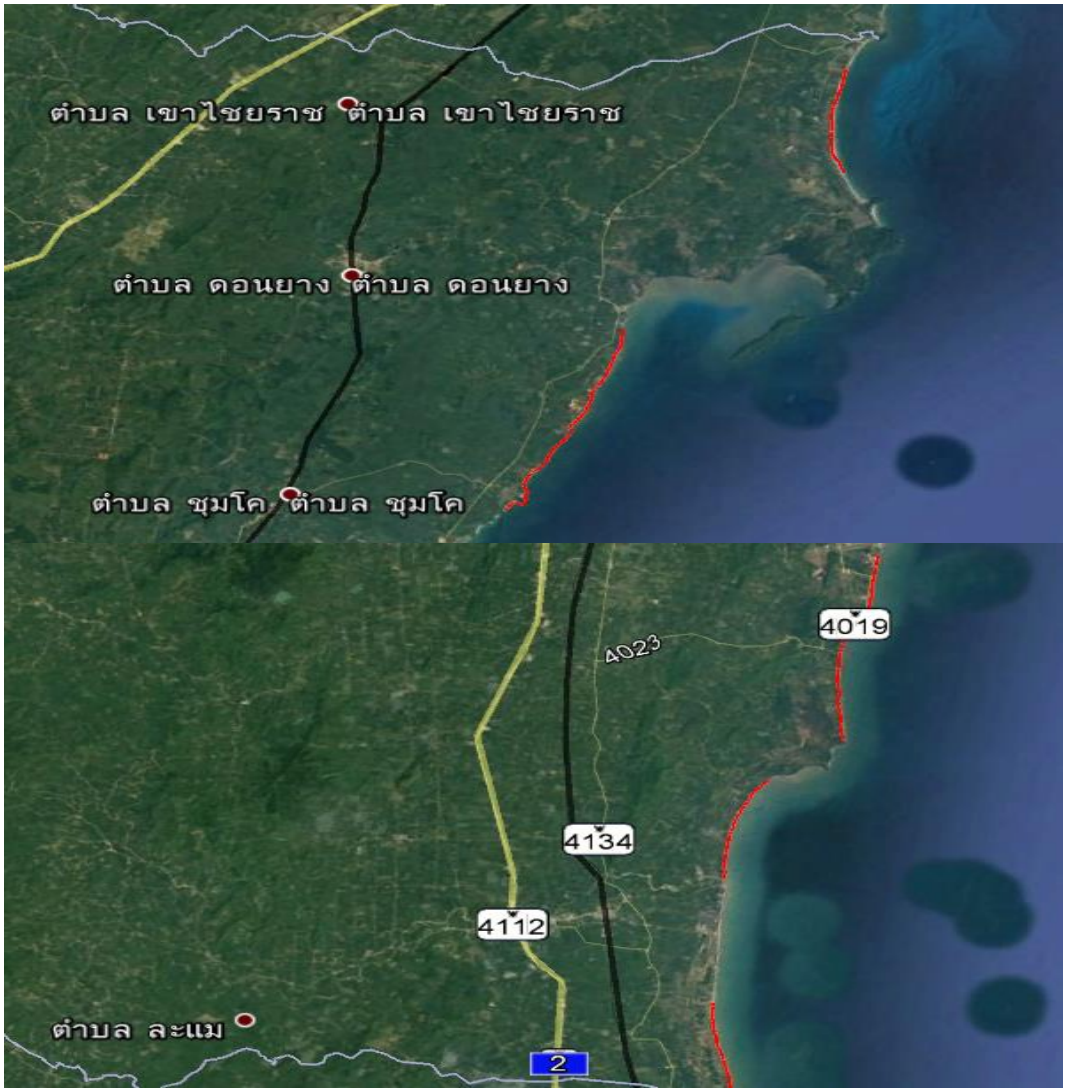


รูปที่ 5.4-8 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอทับสะแก

(ที่มา : กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมชุมชนทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๘)

เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-8 แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน อยู่ในหมายเลข 1 บริเวณอำเภอทับสะแก

5.4.4 จังหวัดชุมพร



รูปที่ 5.4-9 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ในอำเภอปะทิวและละแม

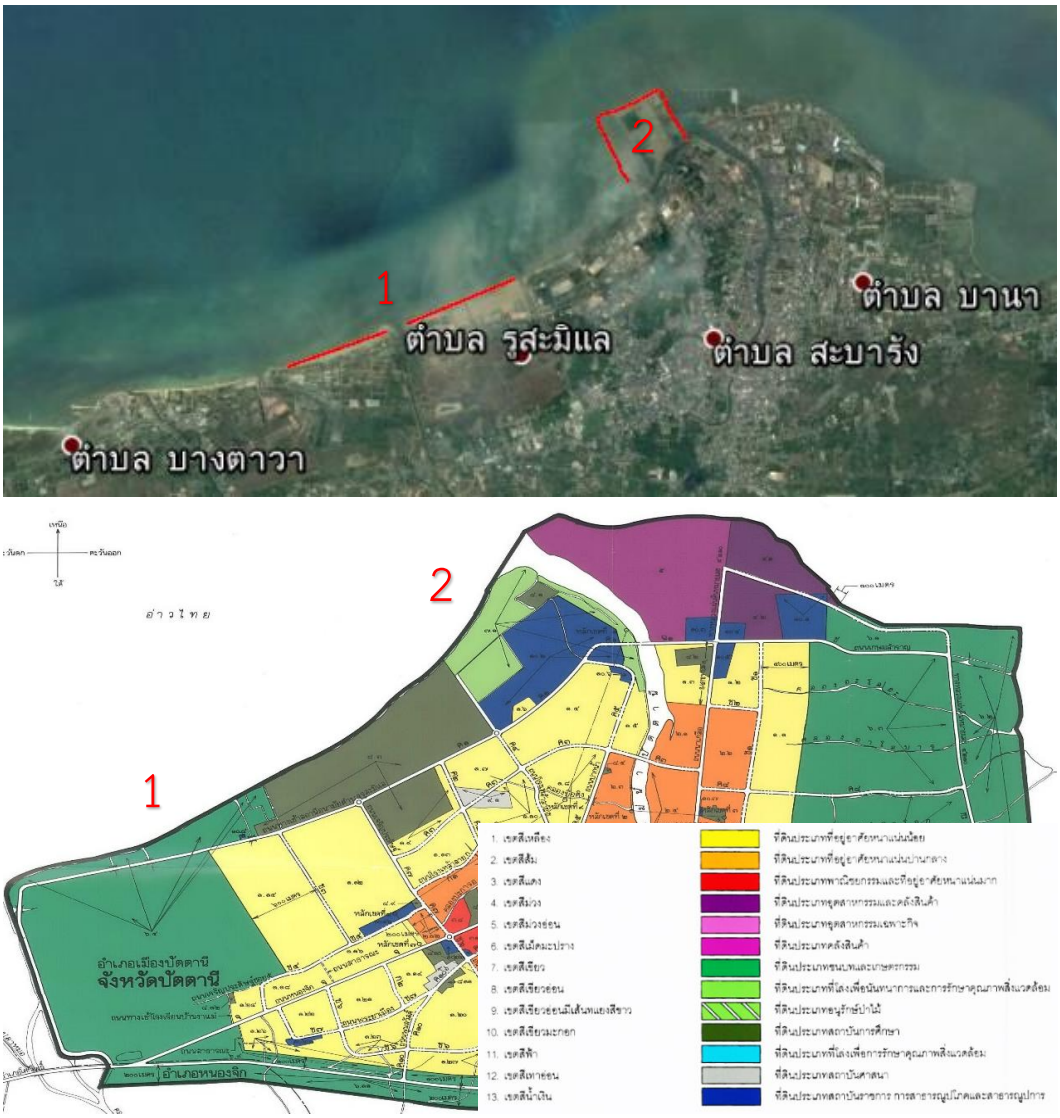
เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-9 บน แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน อยู่ในบริเวณอำเภอปะทิว และอำเภอละแมในรูปที่ 5.4-9 ล่าง พื้นที่ส่วนอื่นๆ มักจะเป็นแหล่งเที่ยว และอุทยานแห่งชาติ ในส่วนของประเภทที่ดินไม่ปรากฏในแหล่งข้อมูลแบบเปิดเผย คาดการณ์ว่าเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

5.4.5 จังหวัดสงขลา

รูปที่ 5.4-10 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอจะนะและเทพา

พื้นที่ชายฝั่งทะเลมีชุมชนอาศัยหนาแน่นตลอดแนวชายฝั่งดังรูปที่ 5.4-10 จะมีพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหินหมายเลข 1 อยู่ในบริเวณอำเภอจะนะ และหมายเลข 2 อยู่ในบริเวณอำเภอเทพา ในส่วนของประเภทที่ดินไม่ปรากฏในแหล่งข้อมูลแบบเปิดเผย คาดการณ์ว่าเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

5.4.6 จังหวัดปัตตานี

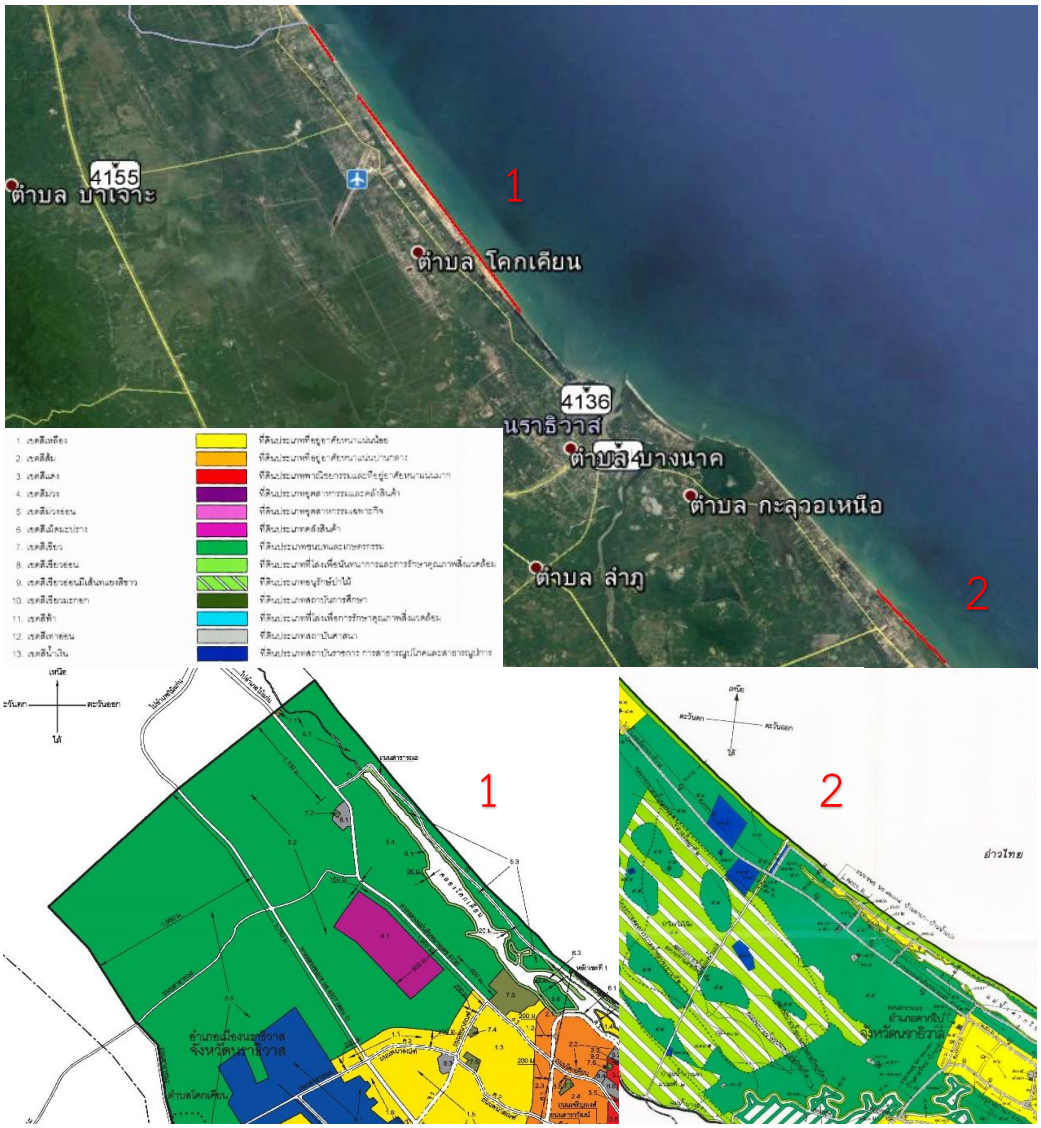


รูปที่ 5.4-11 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอเมืองปัตตานี

(ที่มา : กฎกระทรวงฉบับที่ ๓๓๐ (พ.ศ. ๒๕๔๐) ออกตามความในพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. ๒๕๑๘)

เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-11 แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน โซนที่ 1 อำเภอหนองจิก และโซนที่ 2 อำเภอเมืองปัตตานี เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม ในโซนที่ 3 นั้นตั้งอยู่ที่อำเภอเมืองปัตตานีเป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

5.4.7 จังหวัดนราธิวาส



รูปที่ 5.4-12 พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์ฯ ใน อำเภอเมืองนราธิวาสและตากใบ

(ที่มา : กฎกระทรวงฉบับที่ ๔๔๔ และ ๔๕๘ (พ.ศ. ๒๕๔๓) ออกตามความในพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. ๒๕๑๘)

เส้นสีแดงที่แสดงในรูปที่ 5.4-12 แสดงถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความเป็นไปได้ในการตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน มีพื้นที่หมายเลข 1 อยู่ภายในเขตอำเภอเมืองนราธิวาสเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม และพื้นที่หมายเลข 2 อยู่ภายในเขตอำเภอตากใบเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม

5.5 สรุปทางเลือกที่ตั้งที่ผ่านการคัดกรองและรายละเอียด

การระบุที่ตั้งที่ผ่านการคัดเลือกนั้นอยู่บนสมมติฐานหรือข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. เป็นที่ดินการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นเจ้าของหรือสามารถจัดหามาได้
2. พื้นที่ต้องมีขนาดมากกว่าขนาดลานกองขั้นต่ำดังที่ตารางที่ 5.1-5 ระบุไว้ว่า ภาคกลาง 139 ไร่ และภาคใต้ 217 ไร่
3. ควรเป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ประเภทชนบทและเกษตรกรรม หรือประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ซึ่งจะสะดวกในการขออนุญาตในการดำเนินการด้านการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์

5.5.1 พื้นที่มาบตาพุด

รูปที่ 5.5-1 พื้นที่มาบตาพุด

จากรูปที่ 5.5-1 พื้นที่ราบขนาดประมาณ 353 ไร่ มีพื้นที่รองรับการกองถ่านหินอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อำเภอมาบตาพุด จังหวัดระยอง เดิมทีเป็นพื้นที่เช่าของบริษัท ปุ๋ยเอ็นเอฟซี ปัจจุบันถูกเช่าโดยเอกชนรายอื่นแต่ไม่ได้ดำเนินการใช้ประโยชน์พื้นที่

บริเวณใกล้เคียงกันมีลานกองถ่านหินของโรงไฟฟ้าบริษัทโกลว์ และบริษัท บีแอลซีพี ทั้ง 2 บริษัทใช้ถ่านหินในการผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ภายใต้รูปแบบผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent Power Producer, IPP)

5.5.2 พื้นที่ศรีราชา

รูปที่ 5.5-2 พื้นที่ศรีราชา

รูปที่ 5.5-3 หาดในพื้นที่ศรีราชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ขนาดประมาณ 913 ไร่ ตั้งใกล้กับนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เฉพาะที่ดินซึ่งเป็นของรัฐให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

ทางทิศใต้ของพื้นที่ติดกับท่าเรือของบริษัท เคอรี่ สยามซีพอร์ต และท่าเรือของบริษัท สยามคอมเมอร์เชียลซีพอร์ทตามลำดับ นอกจากนั้นทางทิศเหนือติดกับท่าเรือของบริษัท ศรีราชา ฮาร์เบอร์ แสดงดังรูปที่ 5.5-2

รูปที่ 5.5-3 มีภูมิประเทศเป็นเนินเขาสูงในช่วง 50 - 100 เมตรขั้นกลางระหว่างเขตที่อยู่อาศัย เดิมทีเป็นพื้นที่สำหรับพัฒนาโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปัจจุบันยังไม่ได้ดำเนินการใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม

5.5.3 พื้นที่ทับสะแก

รูปที่ 5.5-4 พื้นที่ทับสะแก

จากรูปที่ 5.5-4 พื้นที่ขนาดประมาณ 1,888 ไร่ ตั้งอยู่ในอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ภูมิประเทศเป็นที่ราบมีต้นไม้ขึ้นปกคลุม มีสิ่งปลูกสร้างที่พักอาศัยอยู่อย่างไม่หนาแน่นเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่

เจ้าของพื้นที่คือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยใช้ในการปลูกหญ้าเนเปียร์ และพื้นที่ใกล้เคียงเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 5 เมกะวัตต์

5.5.4 พื้นที่เทพา

รูปที่ 5.5-5 พื้นที่เทพา

รูปที่ 5.5-6 หาดในพื้นที่เทพา

พื้นที่ขนาดประมาณ 2,960 ไร่ ตั้งอยู่ในอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา ภูมิประเทศเป็นที่ราบมีต้นไม้ขึ้นปกคลุมดังรูปที่ 5.5-5 มีสิ่งปลูกสร้างที่พักอาศัยอยู่ไม่หนาแน่นเป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สถาบัน ราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นเจ้าของเช่นเดียวกับพื้นที่ศรีราชาและทับสะแก และรูปที่ 5.5-6 แสดงภาพบริเวณชายหาดในพื้นที่

5.5.5 พื้นที่ปัตตานี

รูปที่ 5.5-7 พื้นที่ปัตตานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ขนาดประมาณ 492.5 ไร่ ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองปัตตานี จังหวัดปัตตานี ภูมิประเทศเป็นที่ราบ มีแนวคันดิน เกิดจากการถมพื้นที่เพิ่มออกไปจากชายฝั่งทะเลบางส่วนยังมีน้ำขัง ตามรูปที่ 5.5-7

รูปที่ 5.5-8 ชายฝั่งในพื้นที่ปัตตานี

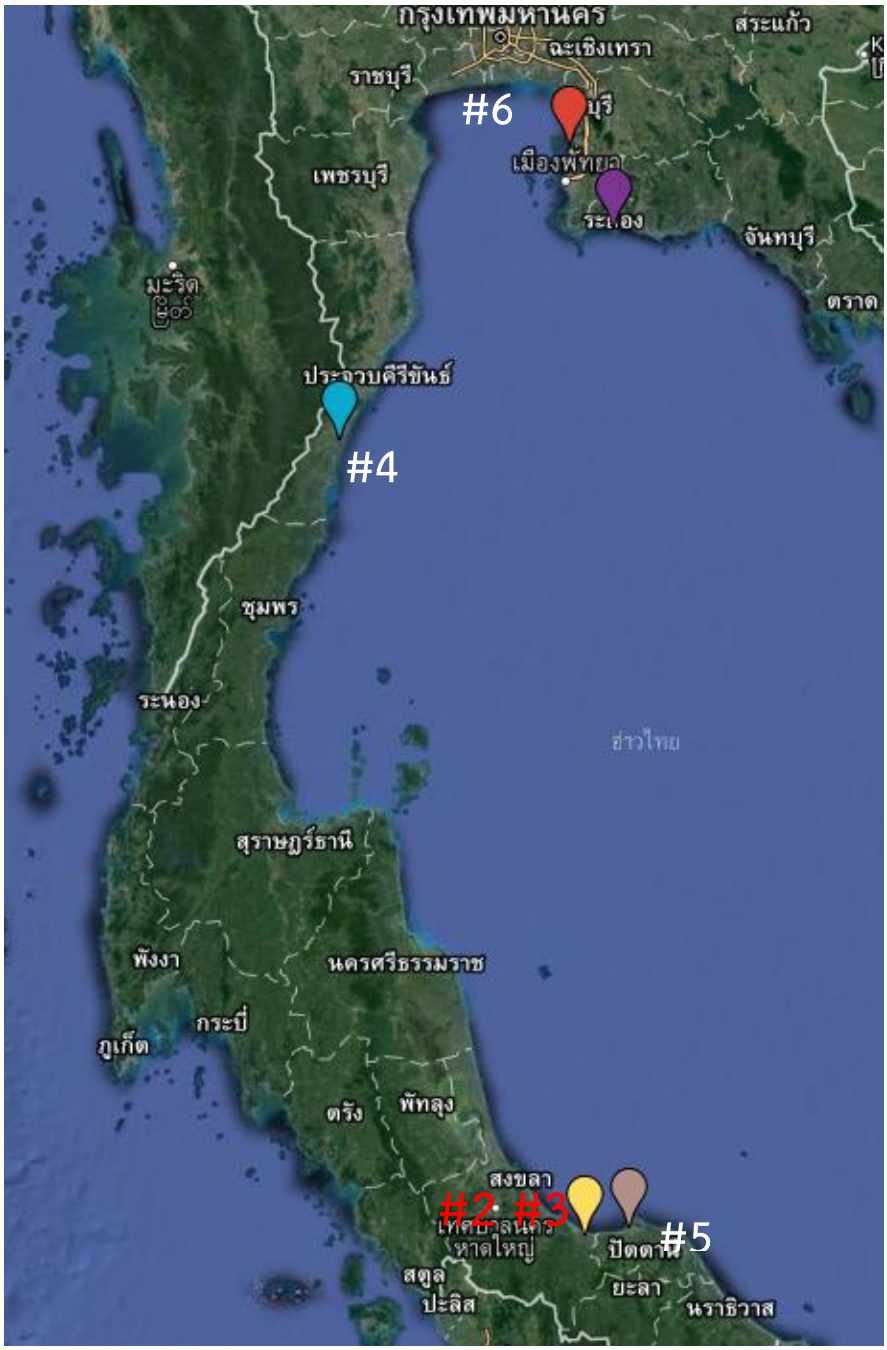
รูปที่ 5.5-9 ประกาศในพื้นที่ปัตตานี

จากรูปที่ 5.5-9 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่นี้เป็นที่ดินสาธารณประโยชน์ของจังหวัดปัตตานี ตามประกาศ ณ วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2558

ตารางที่ 5.5-1 สรุปข้อมูลแต่ละทางเลือกที่ตั้ง

รายการ	หน่วย	ทางเลือกที่ตั้ง				
		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
สัญลักษณ์						
ระยะห่างจากชุมชน	กิโลเมตร	นิคมอุตสาหกรรม	3.25	6.00	2.00	1.00
ระยะห่างจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115kV หรือ 230kV	กิโลเมตร	1.00	2.00	2.00	2.00	5.00
ละติจูด	เหนือ	12.67	13.14	11.46	6.86	6.90
ลองติจูด	ตะวันออก	101.14	100.90	99.58	100.99	101.24
ความสามารถในการกองถ่านหิน	ตารางเมตร	421,000	941,00	2,020,000	3,500,000	634,000
	ไร่	353.00	913.00	1888.00	2,960	492.5
ความลึกน้ำ (จากฝั่ง กม.)	กิโลเมตร	12.7 - 13.2 (0)	9.4 - 12.1 (2.5)	13.7 – 14.1 (4.0)	12.6 - 14.5 (12.5)	10.0 - 12.2 (12.5)
ระยะห่างจากทางบริเวณทะเลจีนใต้ (6.0380, 105.0019)	กิโลเมตร	870	1,000	855	455	430
เขื่อนกันคลื่น	กิโลเมตร	0	0	1	1	1
อัตราการกัดเซาะ	เมตรต่อปี	1.00	1.00-5.00	1.00-5.00	1.00-5.00	<1.00
ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในปี	มิลลิเมตร	255.2 (ก.ย.)	269.2 (ก.ย.)	227.8 (ต.ค.)	545.9 (พ.ย.)	406.6 (พ.ย.)
อุณหภูมิสูงสุดในปี	องศาเซลเซียส	34.30	33.0	34.0	33.00	34.10
ช่วงพายุเข้า	เดือน	ก.ย. – ต.ค.	ก.ย. – ต.ค.	ต.ค. – ธ.ค.	ต.ค. – ธ.ค.	ต.ค. – ธ.ค.
ระยะห่างจากถนนหลัก	กิโลเมตร	5.70	2.65	3.50	1.50	5.50
ระยะห่างจากทางรถไฟ	กิโลเมตร	0.1	3.40	0.50	3.90	25.00
ระยะห่างจากโรงไฟฟ้าภาคกลาง	กิโลเมตร	380	330	295	-	-
ระยะห่างจากโรงไฟฟ้าภาคใต้	กิโลเมตร	-	-	560	50	50
ภูมิประเทศ	ประเภท	ที่ราบ	เนินเขา	ที่ราบ	ที่ราบ	ที่ราบ

รูปด้านล่างนำเสนอทางเลือกที่ตั้งสำหรับจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินทั้ง 5 พื้นที่ ที่ถูกนำเสนอก่อนหน้านี้ พร้อมระบุตำแหน่งโดยสังเขปของที่ตั้งโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดทั้ง 5 โครงการ โดยแบ่งเป็น 2 ระยะการดำเนินการ (ตัวอักษรสีแดงคือระยะการดำเนินการที่ 1 และตัวอักษรสีขางคือระยะการดำเนินการที่ 2)



รูปที่ 5.5-10 ทางเลือกที่ตั้งที่ผ่านการคัดกรอง

บทที่ 6

กระบวนการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

จากการวิเคราะห์รูปแบบปัญหาการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน พบว่ามีเนื้อหาประกอบการตัดสินใจหลายส่วน ตัวอย่างเช่น การที่มีปัจจัยหลักและปัจจัยรองหลายด้าน หรือมีทางเลือกที่ตั้งหลายทางเลือก เป็นต้น เมื่อเนื้อหามีมากขึ้นทำให้ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ดังนั้นการประยุกต์ใช้แผนภูมิลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นภาพรวมของปัญหาและความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ ปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และทางเลือกที่ตั้งได้อย่างชัดเจน

ในระดับของปัจจัยหลักและปัจจัยรองนั้น ประกอบด้วยปัจจัยเชิงปริมาณและปัจจัยเชิงคุณภาพ ซึ่ง AHP มีข้อดีที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 2 ประเภทได้ในเวลาเดียวกัน ก่อให้เกิดความครบถ้วนในการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตั้ง และดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน

นอกจากนี้ AHP จะมีกลไกการตรวจสอบความสอดคล้องของผลคะแนนในขั้นตอนการลำดับความสำคัญปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและทางเลือกที่ตั้ง เนื่องจากผลการวิเคราะห์โดยหลักแล้วมาจากการที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการลงคะแนน เพราะฉะนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์ความสอดคล้องจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการลงคะแนนได้

อย่างไรก็ตามข้อมูลประกอบการตัดสินใจสำหรับผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มาจากข้อมูลทุติภูมิที่เผยแพร่ในสาธารณะ อาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนในลงคะแนนจากสาเหตุต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่ได้แสดงอยู่ในรูปของตัวเลข ข้อมูลไม่สมบูรณ์หรือเปิดเผยเพียงบางส่วน และข้อมูลที่ไม่สามารถจัดหาได้เนื่องจากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความซับซ้อนและใช้เวลามาก (ข้อมูลด้านสมุทรศาสตร์ ข้อมูลด้านธรณีวิทยา ฯลฯ)

มากไปกว่านั้นการวิจัยนี้มีผู้เชี่ยวชาญในการลงคะแนนทั้งสิ้น 5 ท่าน ซึ่งแต่ละท่านมีความเชี่ยวชาญที่ต่างกัน บางครั้งการให้คะแนนในด้านที่ตนมีความเชี่ยวชาญไม่มากนัก ทำให้เกิดความลังเลหรือความไม่แน่นอนขึ้น ฟัซซี่ลอจิกจะช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจภายใต้ความลังเล โดยใช้หลักเหตุและผลที่เลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ เสมือนกับการตัดสินใจที่เกิดจากความลังเลไม่มั่นใจในคำตอบ

ดังนั้นการประยุกต์ฟัซซี่ลอจิกเข้ากับ AHP สามารถทำให้การวิเคราะห์ผลมีความยืดหยุ่นในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน นำมาสู่ผลลัพธ์ที่มีถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

6.1 ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ

การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเริ่มตั้งแต่ ระดับปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และทางเลือกที่ตั้ง เป็นขั้นตอนที่นำคะแนนแบบเป็นวลีจากแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญประเมิน มาแปลงให้อยู่ในรูปของค่าน้ำหนักฟัซซี่ เพื่อเป็นการแสดงถึงความไม่แน่นอนในการให้คะแนน แทนที่จะเป็นตัวเลขโดด

ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะต้องให้คะแนนโดย ไม่ขัดแย้งกันเองภายในลำดับการให้ความสำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบความสอดคล้องของคะแนน หากไม่สอดคล้องผู้เชี่ยวชาญจะต้องทำการทบทวนคะแนนในแบบสอบถามและทำการตรวจสอบความสอดคล้องอีกครั้งหนึ่ง

คะแนนจากแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน จะถูกนำมาคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย และทางเลือกที่ตั้ง

ต่อจากนั้นค่าน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อยและทางเลือกที่ตั้งจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่านจะถูกคำนวณเป็นค่าน้ำหนักเลขโดดเพื่อเป็นตัวแทนค่าน้ำหนักสำหรับทุกปัจจัยและทุกทางเลือก ทำให้สามารถคำนวณน้ำหนักรวมของปัจจัยรองและน้ำหนักรวมของทางเลือกที่ตั้งได้ ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวข้างต้นทั้งหมดสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 1

6.1.1 คะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมสำหรับการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญ

ฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมเป็นรูปแบบพื้นฐาน ที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นแก้ปัญหาที่ประยุกต์ฟัซซี่เข้ามาใช้ เนื่องจากการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน และสะดวกในปรับเปลี่ยนระดับความไม่แน่นอนที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความไวของคำตอบที่มีต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป

การศึกษาครั้งนี้ใช้คะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมคะแนนฟัซซี่ประกอบด้วยค่าตัวเลข 3 ตัว ได้แก่ ค่าขอบเขตล่าง (l) ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) และค่าขอบเขตบน (u) ซึ่งจะถูกแทนด้วยวลีในการให้คะแนน (ซึ่งได้คะแนนฟัซซี่นั้นได้จากผลการประชุมเสวนากับผู้เชี่ยวชาญ) ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยหลัก ก. และปัจจัยหลัก ข. เมื่อผู้เชี่ยวชาญเลือกวลี สำคัญน้อยกว่า หมายความว่า ปัจจัยหลัก ก. มีความสำคัญน้อยกว่าเทียบเท่ากับปัจจัยหลัก ข. ดังแสดงในตารางที่ 6.1-1

รูปที่ 6.1-1 ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ

ตารางที่ 6.1-1 คะแนนสำหรับเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัย

วลี	สัญลักษณ์	คำอธิบาย	คะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (l, m, u)
ไม่สำคัญ Not Important	NI	ปัจจัยตั้งต้น ไม่มีความสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(4/8 , 4/8 , 4/7)
สำคัญน้อยกว่ามาก Very Less Important	VLI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญน้อยกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(4/8 , 4/7 , 4/6)
สำคัญน้อยกว่า Less Important	LI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(4/7 , 4/6 , 4/5)
สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย Slightly Less Important	SLI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(4/6 , 4/5 , 1)
สำคัญเท่ากัน Equally Important	EI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(1 , 1 , 5/4)
สำคัญมากกว่าเล็กน้อย Slightly More Important	SMI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญมากกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(1 , 5/4 , 6/4)
สำคัญมากกว่า More Important	MI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(5/4 , 6/4 , 7/4)
สำคัญมากกว่ามาก Very Important	VI	ปัจจัยตั้งต้น สำคัญมากกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(6/4 , 7/4 , 8/4)
สำคัญมากกว่าที่สุด Very Strongly Important	VSI	ปัจจัยตั้งต้น มีไม่มีความสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยหนึ่ง	(7/4 , 8/4 , 8/4)

เช่นเดียวกันกับปัจจัย สำหรับการเปรียบเทียบที่ตั้งทางวลี และคำอธิบายที่ใช้จะถูกเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 6.1-2 แต่ในส่วนของคะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมยังคงเหมือนเดิม

Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1-2 คะแนนสำหรับเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกที่ตั้ง

วลี	สัญลักษณ์	คำอธิบาย	คะแนนฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (l, m, u)
ไม่เหมาะสม Not Appropriate	NA	ทางเลือกตั้งต้น ไม่มีความเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(4/8 , 4/8 , 4/7)
เหมาะสมน้อยกว่ามาก Very Less Appropriate	VLA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมน้อยกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(4/8 , 4/7 , 4/6)
เหมาะสมน้อยกว่า Less Appropriate	LA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(4/7 , 4/6 , 4/5)
เหมาะสมน้อยกว่าเล็กน้อย Slightly Less Appropriate	SLA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมน้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(4/6 , 4/5 , 1)
เหมาะสมเท่ากัน Equally Appropriate	EA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมเท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(1 , 1 , 5/4)
เหมาะสมมากกว่าเล็กน้อย Slightly More Appropriate	SMA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมมากกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(1 , 5/4 , 6/4)
เหมาะสมมากกว่า More Appropriate	MA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(5/4 , 6/4 , 7/4)
เหมาะสมมากกว่ามาก Very Appropriate	VA	ทางเลือกตั้งต้น เหมาะสมมากกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(6/4 , 7/4 , 8/4)
เหมาะสมมากกว่าที่สุด Very Strongly Appropriate	VSA	ทางเลือกตั้งต้น มีไม่มีความเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทางเลือกหนึ่ง	(7/4 , 8/4 , 8/4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.2 แผนภูมิลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

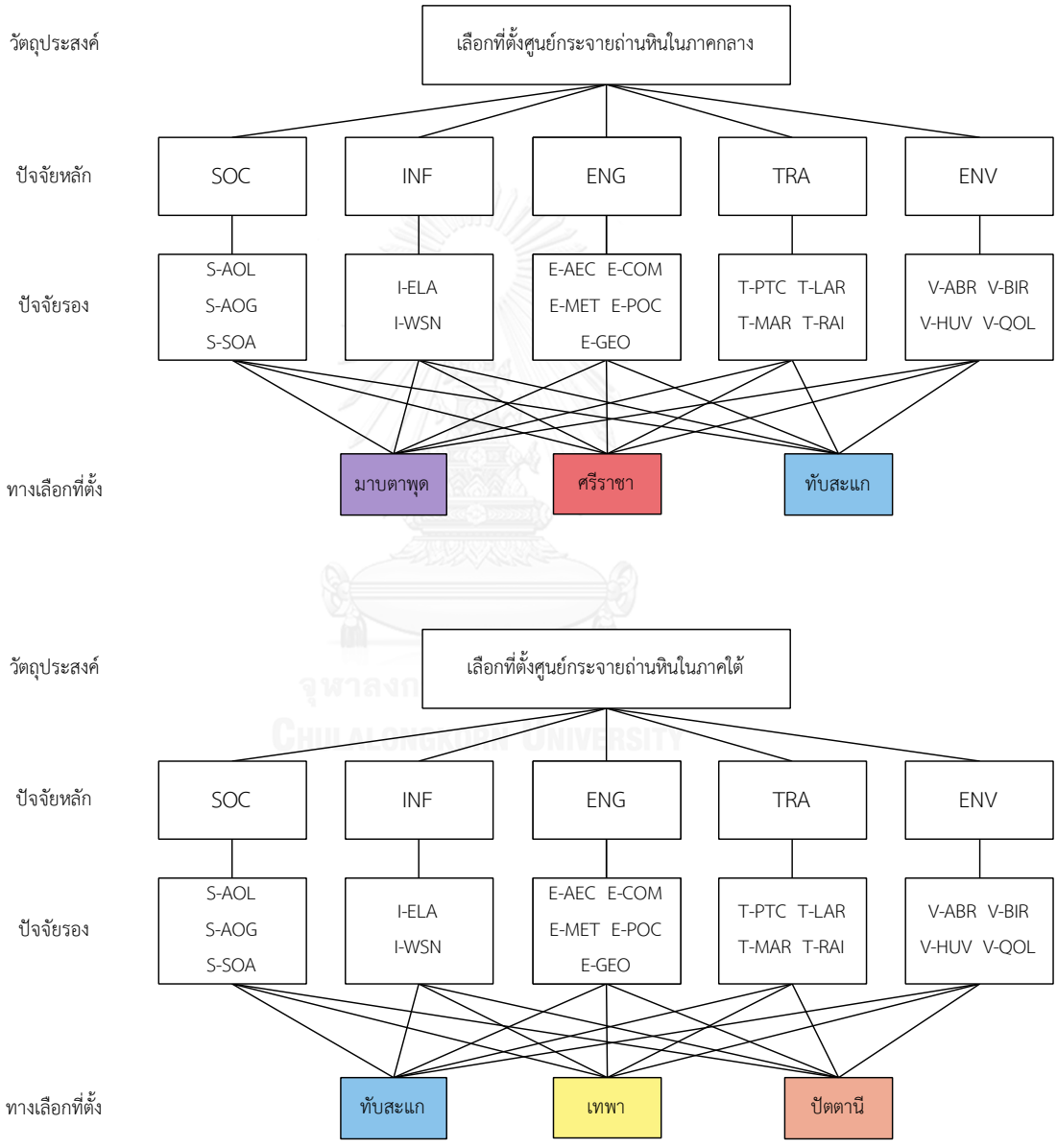
เพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างปัญหาวัตถุประสงค์ของปัญหา ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ใช้ในการวิเคราะห์ และทางเลือกที่ตั้งที่มีศักยภาพ จะถูกจัดลำดับชั้นเพื่อแสดงความสอดคล้องในแต่ละระดับ โดยที่ภูมิลำดับชั้นจะแสดงด้วยอักษรย่ออ้างอิงจากตารางที่ 6.1-3

ตารางที่ 6.1-3 สรุปปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

ปัจจัยหลัก		ปัจจัยรอง	
ชื่อปัจจัย	อักษรย่อ	ชื่อปัจจัย	อักษรย่อ
Social and Society	SOC	Acceptance of the local community	S-AOL
		Approval of the government	S-AOG
		Security of the area	S-SOA
Infrastructure	INF	Electricity availability	I-ELA
		Water supply network	I-WSN
Engineering	ENG	Ability to expand capacity	E-AEC
		Coastal morphology	E-COM
		Meteorology	E-MET
		Physical oceanography	E-POC
		Geology	E-GEO
Transportation	TRA	Proximity to customers	T-PTC
		Land routes	T-LAR
		Maritime transport options	T-MAR
		Railways	T-RAI
Environment	ENV	Abiotic resources	V-ABR
		Biotic resources	V-BIR
		Human use value	V-HUV
		Quality of life	V-QOL

ทางเลือกที่ตั้งสำหรับภาคกลางประกอบด้วย มาบตาพุด ศรีราชา และทับสะแก ส่วนของทางเลือกที่ตั้งสำหรับภาคใต้ประกอบด้วย ทับสะแก เทพา และปัตตานี ดังรูปที่ 6.1-2

ทับสะแกถูกกำหนดให้เป็นทางเลือกที่ตั้งสำหรับทั้ง 2 ภาค เนื่องจากมีตำแหน่งที่ตั้งอยู่กึ่งกลางระหว่างทางเลือกที่ตั้งทั้ง 2 ภาค มีความเป็นไปได้ในการรองรับความต้องการจากภาคกลางหรือภาคใต้



รูปที่ 6.1-2 แผนภูมิลำดับชั้นการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

6.1.3 การสร้างเมทริกซ์วิเคราะห์เป็นคู่

ในแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญจะต้องทำการให้คะแนนเปรียบเทียบความสำคัญจากวลีในหัวข้อ 6.1.1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบกันทีละคู่ของปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย หรือทางเลือกในระดับเดียวกัน กล่าวคือจะมีการเปรียบเทียบ 3 ระดับดังนี้

- เปรียบเทียบปัจจัยหลักกับปัจจัยหลักอื่นๆทีละคู่
- เปรียบเทียบปัจจัยรองกับปัจจัยรองอื่นๆทีละคู่ ภายใต้ปัจจัยหลักเดียวกัน

ดังตารางที่ 6.1-4 และตารางที่ 6.1-5

ตารางที่ 6.1-4 ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบปัจจัย

ปัจจัยตั้งต้น		ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
	ปัจจัยที่ 1		EI	SMI
	ปัจจัยที่ 2	EI		EI
	ปัจจัยที่ 3	SLI	EI	

ตารางที่ 6.1-5 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัย

ปัจจัยตั้งต้น		ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
	ปัจจัยที่ 1	(1 , 1 , 1)	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 5/4 , 6/4)
	ปัจจัยที่ 2	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)	(1 , 1 , 5/4)
	ปัจจัยที่ 3	(4/6 , 4/5 , 1)	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)

- เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งกับทางเลือกที่ตั้งอื่นๆทีละคู่ ภายใต้ปัจจัยรองเดียวกัน ดังตารางที่ 6.1-6 และตารางที่ 6.1-7

ตารางที่ 6.1-6 ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง

ปัจจัยตั้งต้น		ทางเลือกที่ตั้งที่ 1	ทางเลือกที่ตั้งที่ 2	ทางเลือกที่ตั้งที่ 3
	ทางเลือกที่ตั้งที่ 1		EA	NA
	ทางเลือกที่ตั้งที่ 2	EA		EA
	ทางเลือกที่ตั้งที่ 3	VSA	EA	

ตารางที่ 6.1-7 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง

		ทางเลือกที่ตั้งที่ 1	ทางเลือกที่ตั้งที่ 2	ทางเลือกที่ตั้งที่ 3
ปัจจัยตั้งต้น	ทางเลือกที่ตั้งที่ 1	(1 , 1 , 1)	(1 , 1 , 5/4)	(4/8 , 4/8 , 4/7)
	ทางเลือกที่ตั้งที่ 2	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)	(1 , 1 , 5/4)
	ทางเลือกที่ตั้งที่ 3	(7/4 , 8/4 , 8/4)	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)

6.1.4 การคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR)

หลังจากเมทริกซ์วิเคราะห์เป็นคู่ ต้องทำการตรวจสอบความสอดคล้องของคะแนนที่ให้ก่อนนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ โดยปกติแล้วจะกำหนดให้มีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องน้อยกว่า 0.10 Garcia Agri กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่มที่เกิดจากให้คะแนนแบบสุ่ม ถือว่าคะแนนจากแบบสอบถามมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

สมการคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง

$$CR = CI \,/\, RI \tag{6.1}$$

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง = ดัชนีความสอดคล้อง[1] / ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม[2]

โดยที่

[2]ตารางที่ 6.1-8 ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม (Consistency Random Index, RI) เกิดจากการให้คะแนนเปรียบเทียบทีละคู่แบบสุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1-8 ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม

จำนวนปัจจัย (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม (RI)	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	149

$$^{1}CI = \lambda_{max} - n \,/\, n - 1 \tag{6.2}$$

ดัชนีความสอดคล้อง = λ_{max} - จำนวนปัจจัย / จำนวนปัจจัย - 1

เริ่มจากการนำค่าความเป็นไปได้มากที่สุด (m) ของแต่ละคู่ออกมา และคำนวณจำนวนรวมของแต่ละหลักดังตารางที่ 6.1-9

ตารางที่ 6.1-9 ตัวอย่างเมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัย

i \ j	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	$(1,1,1)$	(l_{12},m_{12},u_{12})	(l_{13},m_{13},u_{13})
ปัจจัยที่ 2	(l_{21},m_{21},u_{21})	$(1,1,1)$	(l_{23},m_{23},u_{23})
ปัจจัยที่ 3	(l_{31},m_{31},u_{31})	(l_{32},m_{32},u_{32})	$(1,1,1)$

ตารางที่ 6.1-10 ตัวอย่างเมทริกซ์ค่า m

i \ j	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	m_{11}	m_{12}	m_{13}
ปัจจัยที่ 2	m_{21}	m_{22}	m_{23}
ปัจจัยที่ 3	m_{31}	m_{32}	m_{33}
ผลรวมแนวตั้ง	$M_{i1}=\sum_{i}^{I} m_{i1}$	$M_{i2}=\sum_{i}^{I} m_{i2}$	$M_{i3}=\sum_{i}^{I} m_{i3}$

จากนั้นตารางที่ 6.1-10 จะทำการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละหลัก แล้วรวมคะแนนค่าเฉลี่ยนของแต่ละแถว เพื่อหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 6.1-11

ตารางที่ 6.1-11 ตัวอย่างการหาค่าน้ำหนักจากค่า m

i \ j	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3	ผลรวมแนวนอน	ค่าน้ำหนัก
ปัจจัยที่ 1	m_{11}/M_{i1}	m_{12}/M_{i2}	m_{13}/M_{i3}	$M_{1J}=\sum_{j}^{J} m_{1j}/M_{1j}$	$M_1=M_{1J}/M_{IJ}$
ปัจจัยที่ 2	m_{21}/M_{i1}	m_{22}/M_{i2}	m_{23}/M_{i3}	$M_{2J}=\sum_{j}^{J} m_{2j}/M_{2j}$	$M_2=M_{2J}/M_{IJ}$
ปัจจัยที่ 3	m_{31}/M_{i1}	m_{32}/M_{i2}	m_{33}/M_{i3}	$M_{3J}=\sum_{j}^{J} m_{3j}/M_{3j}$	$M_3=M_{3J}/M_{IJ}$
			รวม	$M_{IJ}=\sum_{i}^{I} M_{iJ}$	$\sum_{i}^{I} M_i=1$

ตารางที่ 6.1-12 เป็นการแสดงการหาค่า λ_{max} เมื่อนำค่าน้ำหนักที่ได้จากตารางที่ 10 คูณกับคะแนนในตารางที่ 9 ตามแต่ละหลัก จากนั้นรวมผลรวมแนวนอนแต่ละแถวเพื่อหาค่าไอเกนของแต่ละแถว เมื่อนำค่าไอเกนมาเฉลี่ยจะได้ค่า λ_{max} ไปคำนวณดัชนีความสอดคล้อง ดังนั้นเมื่อมีค่า CI และ RI จึงสามารถคำนวณค่า CR ได้

ตารางที่ 6.1-12 ตัวอย่างการหาค่า $\lambda_{\max}$ จากค่า m

i \ j	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3	ผลรวมแนวนอน	ค่าไอเกน
ปัจจัยที่ 1	$m_{11} \times M_1$	$m_{12} \times M_2$	$m_{13} \times M_3$	$\sum_j^J m_{1j} \times M_j$	$E_1 = \sum_j^J m_{1j} \times M_j \Big/ M_1$
ปัจจัยที่ 2	$m_{21} \times M_1$	$m_{22} \times M_2$	$m_{23} \times M_3$	$\sum_j^J m_{2j} \times M_j$	$E_2 = \sum_j^J m_{2j} \times M_j \Big/ M_2$
ปัจจัยที่ 3	$m_{31} \times M_1$	$m_{32} \times M_2$	$m_{33} \times M_3$	$\sum_j^J m_{2j} \times M_j$	$E_3 = \sum_j^J m_{2j} \times M_j \Big/ M_2$
				ค่าเฉลีย	$\lambda_{\max} = \sum_i^I E_i \Big/ n$

6.1.5 การคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่

การคำนวณได้ประยุกต์ใช้หลักการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตในการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าขอบเขตล่าง (l) ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) และค่าขอบเขตบน (u) ในการเปรียบเทียบ สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยเราขาคณิตได้จากสมการต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$l_i = \left[\prod_{j=1}^{J} l_{ij} \right]^{1/n} \quad \text{และ} \quad L = \sum_{i=1}^{I} l_i \tag{6.3}$$

$$m_i = \left[\prod_{j=1}^{J} m_{ij} \right]^{1/n} \quad \text{และ} \quad M = \sum_{i=1}^{I} m_i \tag{6.4}$$

$$u_i = \left[\prod_{j=1}^{J} u_{ij} \right]^{1/n} \quad \text{และ} \quad U = \sum_{i=1}^{I} u_i \tag{6.5}$$

และค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และพื้นที่ทางเลือกที่ i สามารถคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$\mathbf{w}_i = \left(l_i \cdot U^{-1}, m_i \cdot M^{-1}, u_i \cdot L^{-1} \right) \quad \forall i \tag{6.6}$$

6.1.6 การคำนวณค่าน้ำหนักย่อย

การรวบรวมค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และพื้นที่ทางเลือกที่ i จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน

$$\mu_i(x) = \max\left\{\min\left[\left(\mu_i(x)\right)_{1\text{th expert}}, \left(\mu_i(x)\right)_{2\text{th expert}}, ..., \left(\mu_i(x)\right)_{n\text{th expert}}\right]\right\} \quad (6.7)$$

$$A_{ik}(x) = \max\left\{\min\left[\left(A_{ik}(x)\right)_{1\text{th expert}}, \left(A_{ik}(x)\right)_{2\text{th expert}}, ..., \left(A_{ik}(x)\right)_{n\text{th expert}}\right]\right\} \quad (6.8)$$

$$D_{km}(x) = \max\left\{\min\left[\left(D_{km}(x)\right)_{1\text{th expert}}, \left(D_{km}(x)\right)_{2\text{th expert}}, ..., \left(D_{km}(x)\right)_{n\text{th expert}}\right]\right\} \quad (6.9)$$

โดยที่ $\mu_i(x)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยหลักที่ i และ $(\mu_i(x))_{n\text{th expert}}$ คือค่าน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยหลักที่ i จากผู้เชี่ยวชาญคนที่ n

ในทำนองเดียวกัน $A_{ik}(x)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของปัจจัยรองที่ k ภายใต้ปัจจัยหลักที่ i และ $(A_{ik}(x))_{n\text{th expert}}$ คือค่าน้ำหนักฟัซซี่ของของปัจจัยรองที่ k ภายใต้ปัจจัยหลักที่ i จากผู้เชี่ยวชาญคนที่ n

$D_{km}(x)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของทางเลือกที่ตั้งที่ m ภายใต้ปัจจัยรองที่ k และ และ $(D_{km}(x))_{n\text{th expert}}$ คือค่าน้ำหนักฟัซซี่ของของทางเลือกที่ตั้งที่ m ภายใต้ปัจจัยรองที่ i จากผู้เชี่ยวชาญคนที่ n

ขั้นตอนต่อไปคือการแปลงค่าน้ำหนักฟัซซี่เป็นค่าน้ำหนักเลขโดด โดยสมการหาจุดศูนย์ถ่วง จะได้น้ำหนักย่อยของแต่ละระดับ

$$\mu_i^* = \int \frac{\mu_i(x) \cdot x dx}{\mu_i(x) dx} \quad (6.10)$$

$$A_{ik}^* = \int \frac{A_{ik}(x) \cdot x dx}{A_{ik}(x) dx} \quad (6.11)$$

$$D_{km}^* = \int \frac{D_{km}(x) \cdot x dx}{D_{km}(x) dx} \quad (6.12)$$

โดยที่ μ_i^* คือน้ำหนักย่อยของปัจจัยหลักที่ i

A_{ik} คือน้ำหนักย่อยของปัจจัยรองที่ k ภายใต้ปัจจัยหลักที่ i

D_{km} คือน้ำหนักย่อยของทางเลือกที่ตั้งที่ m ภายใต้ปัจจัยรองที่ k

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.7 การคำนวณค่าน้ำหนักรวม

คำนวณค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรองจากสมการที่ AG_k คือค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรองที่ k

$$AG_k = \mu_i^* \cdot A_{ik} \quad \forall i \forall k \tag{6.13}$$

โดยที่ μ_i^* คือน้ำหนักย่อยของปัจจัยหลักที่ i และ A_{ik} คือน้ำหนักย่อยของปัจจัยรองที่ k ภายใต้ปัจจัยหลักที่ i

และคำนวณค่าน้ำหนักรวมของทางเลือกที่ตั้งจากสมการที่ D_m คือค่าน้ำหนักรวมของทางเลือกที่ตั้งที่ m

$$D_m = \sum_{m=1}^{M} AG_k \cdot D_{km} \quad \forall k \tag{6.14}$$

โดยที่ AG_k คือค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรองที่ k และ D_{km} คือน้ำหนักย่อยของของทางเลือกที่ตั้งที่ m ภายใต้ปัจจัยรองที่ k

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

6.2.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับปัจจัยหลัก

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอตัวอย่างแบบสอบถาม (ตารางที่ 6.2-1) และตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 (ตารางที่ 6.2-2 ถึงตารางที่ 6.2-6)

ตารางที่ 6.2-1 คะแนนปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยตั้งต้น	ไม่สำคัญ NI	สำคัญน้อยกว่ามาก VLI	สำคัญน้อยกว่า LI	สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย SLI	สำคัญเท่ากัน EI	สำคัญมากกว่าเล็กน้อย SMI	สำคัญมากกว่า MI	สำคัญมากกว่ามาก VI	สำคัญมากกว่าที่สุด VSI	
Social and Society									✔	Infrastructure
Social and Society				✔						Engineering
Social and Society						✔				Transportation
Social and Society							✔			Environment
Infrastructure	✔									Engineering
Infrastructure	✔									Transportation
Infrastructure	✔									Environment
Engineering							✔			Transportation
Engineering								✔		Environment
Transportation		✔								Environment
ปัจจัยตั้งต้น	NI	VLI	LI	SLI	EI	SMI	MI	VI	VSI	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2-2 เมทริกซ์เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยตั้งต้น		SOC	INF	ENG	TRA	ENV
	SOC		VSI	SLI	SMI	MI
	INF	NI		NI	NI	NI
	ENG	SMI	VSI		MI	VI
	TRA	SMI	VSI	LI		VLI
	ENV	LI	VSI	VLI	VI	

ตารางที่ 6.2-3 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยตั้งต้น		SOC	INF	ENG	TRA	ENV
	SOC	(1 , 1 , 1)	(7/4 , 8/4 , 8/4)	(4/6 , 4/5 , 1)	(1 , 5/4 , 6/4)	(5/4 , 6/4 , 7/4)
	INF	(4/8 , 4/8 , 4/7)	(1 , 1 , 1)	(4/8 , 4/8 , 4/7)	(4/8 , 4/8 , 4/7)	(4/8 , 4/8 , 4/7)
	ENG	(1 , 5/4 , 6/4)	(7/4 , 8/4 , 8/4)	(1 , 1 , 1)	(5/4 , 6/4 , 7/4)	(6/4 , 7/4 , 8/4)
	TRA	(1 , 5/4 , 6/4)	(7/4 , 8/4 , 8/4)	(4/7 , 4/6 , 4/5)	(1 , 1 , 1)	(4/8 , 4/7 , 4/6)
	ENV	(4/7 , 4/6 , 4/5)	(7/4 , 8/4 , 8/4)	(4/8 , 4/7 , 4/6)	(6/4 , 7/4 , 8/4)	(1 , 1 , 1)

การคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง อ้างอิงจากตารางที่ 6.1-9 ถึงตารางที่ 6.1-11โดยที่ปัจจัยหลักจะถูกแทนด้วยอักษรย่อ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.2-4 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุดเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยตั้งต้น		SOC	INF	ENG	TRA	ENV
	SOC	1	8/4	4/5	5/4	6/4
	INF	4/8	1	4/8	4/8	4/8
	ENG	5/4	8/4	1	6/4	7/4
	TRA	5/4	8/4	4/6	1	4/7
	ENV	4/6	8/4	4/7	7/4	1
ผลรวมแนวตั้ง		4.67	9.00	3.54	6.00	5.32

ตารางที่ 6.2-5 การหาค่าน้ำหนักเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากค่า m

		SOC	INF	ENG	TRA	ENV	ผลรวมแนวนอน	ค่าน้ำหนัก
ปัจจัยตั้งต้น	SOC	1 / 4.67	8/4 / 9.00	4/5 / 3.54	5/4 / 6.00	6/4 / 5.32	1.15	0.23
	INF	4/8 / 4.67	1 / 9.00	4/8 / 3.54	4/8 / 6.00	4/8 / 5.32	0.54	0.11
	ENG	5/4 / 4.67	8/4 / 9.00	1 / 3.54	6/4 / 6.00	7/4 / 5.32	1.35	0.27
	TRA	5/4 / 4.67	8/4 / 9.00	4/6 / 3.54	1 / 6.00	4/7 / 5.32	0.95	0.19
	ENV	4/6 / 4.67	8/4 / 9.00	4/7 / 3.54	7/4 / 6.00	1 / 5.32	1.01	0.20
						รวม	5.00	1.00

ตารางที่ 6.2-6 การหาค่า λ_{max} จากค่า m เปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		SOC	INF	ENG	TRA	ENV	ผลรวมแนวนอน	ค่าไอเกน
ปัจจัยตั้งต้น	SOC	1 x 0.23	8/4 x 0.11	4/5 x 0.27	5/4 x 0.19	6/4 x 0.20	1.20	1.20 / 0.23
	INF	4/8 x 0.23	1 x 0.11	4/8 x 0.27	4/8 x 0.19	4/8 x 0.20	0.55	0.55 / 0.11
	ENG	5/4 x 0.23	8/4 x 0.11	1 x 0.27	6/4 x 0.19	7/4 x 0.20	1.41	1.41 / 0.27
	TRA	5/4 x 0.23	8/4 x 0.11	4/6 x 0.27	1 x 0.19	4/7 x 0.20	0.99	0.99 / 0.19
	ENV	4/6 x 0.23	8/4 x 0.11	4/7 x 0.27	7/4 x 0.19	1 x 0.20	1.06	1.06 / 0.20
							ค่าเฉลี่ย (λ_{max})	5.21

ดังนั้น

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง = ดัชนีความสอดคล้อง / ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม

= 0.05 / 1.11 = 0.045

โดยที่

ดัชนีความสอดคล้อง = λ_{max} - จำนวนปัจจัย / จำนวนปัจจัย - 1

= 5.21 - 5 / 5 - 1 = 0.05

ซึ่งผลค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.045 น้อยกว่า 0.10 เพราะฉะนั้นคะแนนการเปรียบเทียบปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ถือว่ามีความสอดคล้อง

ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่จากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากตารางที่ 6.2-3 ด้านล่างเป็นตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยหลัก SOC

l_{soc} = [1 x 7/4 x 4/6 x 1 x 5/4]$^{1/5}$ = 1.08

m_{soc} = [1 x 8/4 x 4/5 x 5/4 x 6/4]$^{1/5}$ = 1.25

u_{soc} = [1 x 8/4 x 1 x 6/4 x 7/4]$^{1/5}$ = 1.39

ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณค่าคำนวณค่าเฉลี่ยค่าขอบเขตล่าง (l) ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) และค่าขอบเขตบน (u) ของปัจจัยหลักอื่นได้จากสมการเดียวกัน ได้แก่ INF ENG TRA และ ENV ตามลำดับ

$$L = 1.08 + 0.57 + 1.27 + 0.87 + 0.94 = 4.74$$
$$M = 1.25 + 0.57 + 1.46 + 0.99 + 1.06 = 5.33$$
$$U = 1.39 + 0.64 + 1.60 + 1.10 + 1.16 = 5.89$$

จากสมการที่ (6.6) จะได้ค่าน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 สรุปได้ตารางที่ 6.2-7

$$\mathbf{W}_{soc} = (1.08 \times 5.89^{-1}, 1.25 \times 5.33^{-1}, 1.39 \times 4.74^{-1})$$
$$= (0.183 , 0.234 , 0.294)$$

ตารางที่ 6.2-7 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

	ปัจจัยหลัก	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักฟัซซี่
ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1	Social and Society	SOC	(0.183 , 0.234 , 0.294)
	Infrastructure	INF	(0.097 , 0.108 , 0.135)
	Engineering	ENG	(0.215 , 0.274 , 0.338)
	Transportation	TRA	(0.148 , 0.186 , 0.232)
	Environment	ENV	(0.160 , 0.199 , 0.246)

6.2.2 คะแนนของแต่ละปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ตารางที่ 6.2-8 แสดงคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านในการเปรียบเทียบปัจจัยหลักทีละคู่ และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง

ตารางที่ 6.2-8 คะแนนการเปรียบเทียบปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยตั้งต้น			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
SOC	เปรียบเทียบกับ	INF	VSI	VSI	VSI	VSI	VSI
SOC	เปรียบเทียบกับ	ENG	SLI	LI	SLI	SLI	LI
SOC	เปรียบเทียบกับ	TRA	SMI	MI	SMI	MI	MI
SOC	เปรียบเทียบกับ	ENV	MI	MI	MI	MI	SMI
INF	เปรียบเทียบกับ	ENG	NI	NI	NI	NI	NI
INF	เปรียบเทียบกับ	TRA	NI	NI	NI	NI	NI
INF	เปรียบเทียบกับ	ENV	NI	NI	NI	NI	NI
ENG	เปรียบเทียบกับ	TRA	MI	MI	MI	MI	MI
ENG	เปรียบเทียบกับ	ENV	VI	MI	VI	VI	VI
TRA	เปรียบเทียบกับ	ENV	VLI	VLI	VLI	VLI	VLI
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.05	0.02	0.05	0.02	0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยหลักได้

6.2.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยหลัก

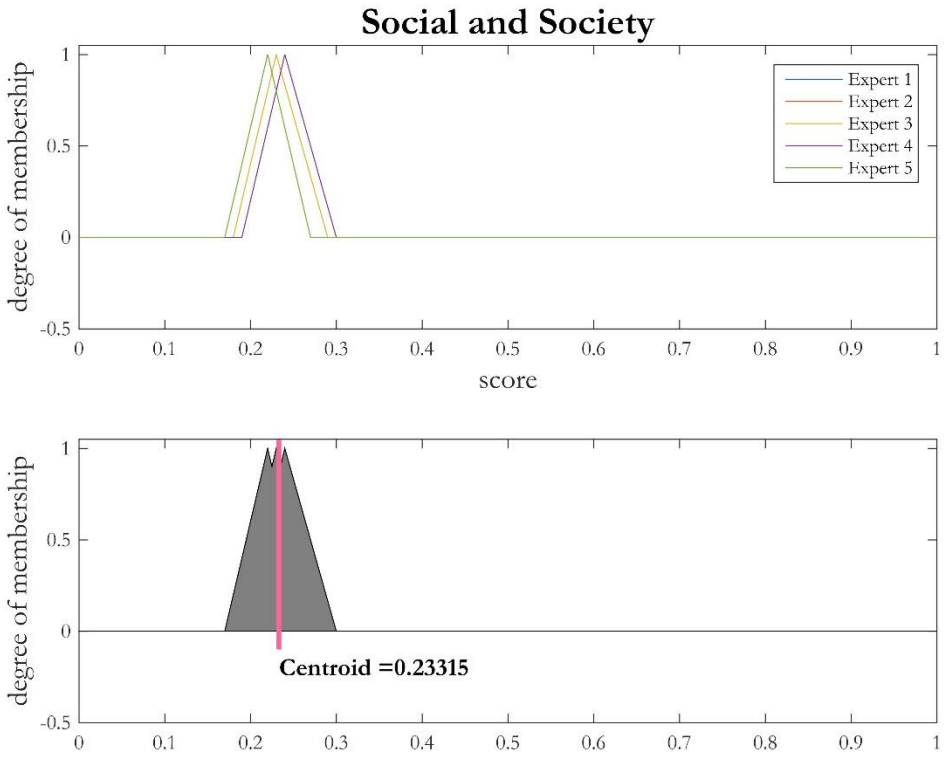
ตารางที่ 6.2-9 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Social and Society	Infrastructure	Engineering	Transportation	Environment
	SOC	INF	ENG	TRA	ENV
1	(0.183 , 0.234 , 0.294)	(0.097 , 0.108 , 0.135)	(0.215 , 0.274 , 0.338)	(0.148 , 0.186 , 0.232)	(0.160 , 0.199 , 0.246)
2	(0.189 , 0.238 , 0.293)	(0.099 , 0.109 , 0.136)	(0.221 , 0.279 , 0.342)	(0.154 , 0.166 , 0.206)	(0.167 , 0.208 , 0.257)
3	(0.183 , 0.234 , 0.294)	(0.097 , 0.108 , 0.135)	(0.215 , 0.274 , 0.338)	(0.148 , 0.186 , 0.232)	(0.160 , 0.199 , 0.246)
4	(0.194 , 0.246 , 0.306)	(0.099 , 0.109 , 0.136)	(0.218 , 0.277 , 0.341)	(0.134 , 0.166 , 0.206)	(0.163 , 0.202 , 0.483)
5	(0.177 , 0.224 , 0.279)	(0.097 , 0.107 , 0.134)	(0.224 , 0.282 , 0.345)	(0.132 , 0.163 , 0.203)	(0.179 , 0.224 , 0.276)

6.2.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละปัจจัยหลัก

เมื่อคำนวณและรวบรวมค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยหลักจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ดังตารางที่ 6.2-9 ทำให้สามารถคำนวณสรุปค่าน้ำหนักย่อย หรือตัวแทนค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลักจากคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

จากสมการที่ (6.7) และ (6.10) สามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักย่อยของปัจจัยหลัก SOC ได้ดังรูปที่ 6.2-1



รูปที่ 6.2-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก SOC

จากรูปที่ 6.2-1 ด้านบน ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 2 และ 3 มีค่าน้ำค่าน้ำหนักฟัซซี่ใกล้เคียงกันจึงถูกแทนด้วยกราฟสีเหลืองของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3 เพียงกราฟเดียว และรูปที่ ด้านล่างแสดงการแปลงค่าน้ำหนักฟัซซี่ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นค่าน้ำหนักเลขโดดด้วยวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงจากสมการที่

เมื่อดำเนินการกระบวนการข้างต้นกับปัจจัยหลักอื่นๆดังภาคผนวก ข ทำให้สรุป และเรียงลำดับค่าน้ำหนักย่อยของปัจจัยหลักได้ดังตารางที่ 6.2-10

ตารางที่ 6.2-10 สรุปค่าน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก

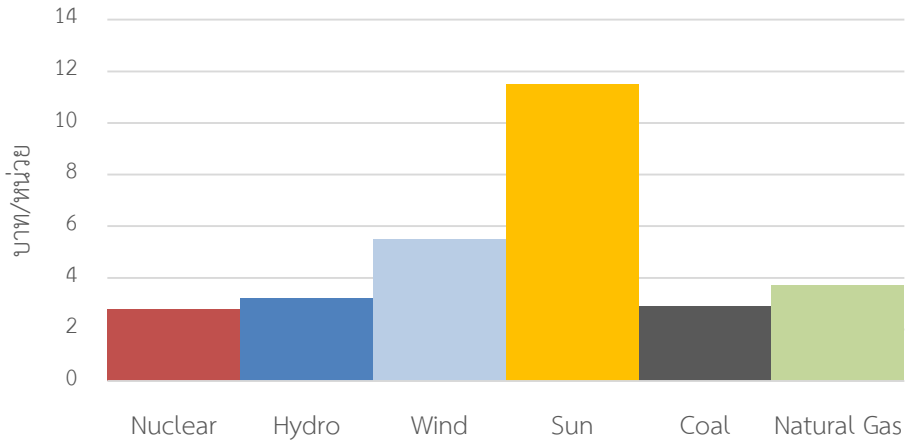
ปัจจัยหลัก	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักย่อย	ลำดับความสำคัญ
Social and Society	SOC	0.233	2
Infrastructure	INF	0.107	5
Engineering	ENG	0.275	1
Transportation	TRA	0.176	4
Environment	ENV	0.211	3

จากตารางที่ 6.2-10 ปัจจัยหลักที่ได้ค่าน้ำหนักย่อยมากที่สุด ที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุดได้แก่ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม พื้นที่ทางเลือกใดที่มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมที่สะท้อนอยู่ในรูปแบบของน้ำหนักทางเลือกที่ตั้งมากที่สุด ย่อมมีความเป็นไปได้สูงกว่าในการเป็นที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

อีกนัยหนึ่งคือแนวทางในการคัดกรองพื้นที่ทางเลือก ให้ความสำคัญกับความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมเป็นอันดับแรก จากนั้นจะพิจารณาด้านสังคมและชุมชน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การขนส่ง และสาธารณูปโภคพื้นฐานตามลำดับ

เมื่อมองภาพรวมของประเทศ การที่ปัจจัยด้านวิศวกรรมมีค่าน้ำหนักย่อยมากกว่าปัจจัยด้านสังคมและชุมชน เนื่องจากประเทศไทย ณ ปัจจุบันอยู่ในสถานภาพประเทศกำลังพัฒนา การมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน เศรษฐกิจและสังคม ให้เกิดความเท่าเทียมและส่งเสริมศักยภาพในการแข่งขันเชิงธุรกิจเป็นสิ่งสำคัญ ในที่นี้คือการเพิ่มเสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตไฟฟ้าให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งสะท้อนออกมาในมุมของปริมาณไฟฟ้าที่ต่อผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้น ราคาค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมกับทั้งภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม

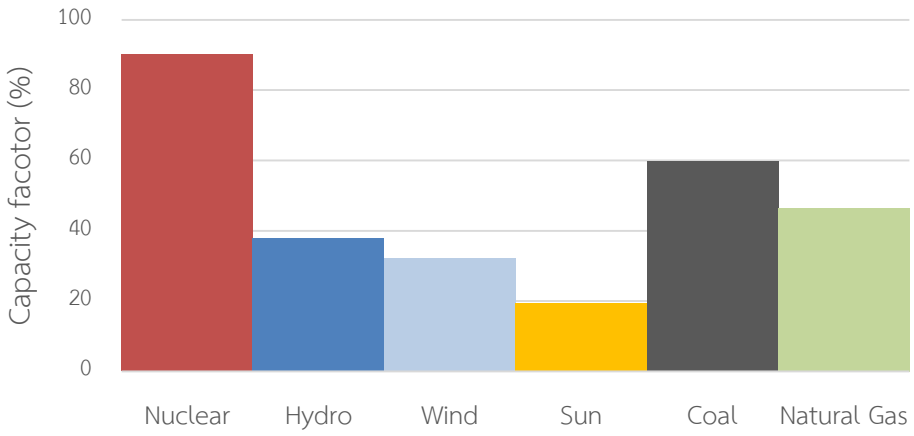
ทางด้านวิศวกรรมแนะนำการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดเนื่องจากมีราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำ แต่ทางด้านสังคมมีมุมมองว่าถ่านหินเป็นวัตถุที่อันตรายต่อชุมชนใกล้เคียงและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงแนะนำให้ด้านวิศวกรรมใช้วิธีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานสะอาดแทนโรงไฟฟ้าถ่านหิน แต่ด้วยด้วยบริบทของประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาประชาชนยังไม่มีความพร้อมที่จะจ่ายค่าไฟฟ้าราคาสูง ยกตัวอย่างเช่น ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหินหน่วยละ 2.4 บาท หากเป็นการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์หรือลม ต้นทุนจะอยู่ที่หน่วยละ 12 บาทและ 5.5 บาทตามลำดับ (รูปที่ 6.2-2) นอกจากเหตุผลด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้า พลังงานทางเลือกเหมาะที่จะเป็นการผลิตส่วนเสริมมากกว่าเป็นส่วนหลักเนื่องจากเหตุผลเพิ่มเติมดังนี้



รูปที่ 6.2-2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ,เชริด กัลยาณมิตร 11 มิถุนายน 2558)

- ด้านความมั่นคงและความสม่ำเสมอในการผลิตไฟฟ้า กล่าวคือ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง ต้องพึ่งพาธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณและเวลาได้อย่างคงที่
- ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้น้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกถ่านหินหรือก๊าซธรรมชาติในปริมาณเชื้อเพลิงที่เท่ากัน (Capacity factor) ดังรูปที่ 6.2-3
- โดยที่เชื้อเพลิงฟอสซิลมีแฟกเตอร์โดยเฉลี่ยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แสงอาทิตย์ และลมมีแฟกเตอร์สูงที่สุดไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 6.2-3 Capacity factor ของพลังงาน

(ที่มา : U.S. Energy Information Administration 2013)

ในทำนองเดียวกันการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินจะประสบความสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับชุมชนผู้อยู่อาศัยในบริเวณพื้นที่ ซึ่งจุดประสงค์ของการจัดตั้งศูนย์คือเพื่อพัฒนาความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตของประชาชน การรับรู้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนหรือไม่เพียงพอนำไปสู่ความเข้าใจผิดและเกิดการต่อต้านขึ้นทำให้การพัฒนาที่จะเกิดการติดขัด ส่งผลให้สังคมและประชาชนเสียประโยชน์ที่จะได้รับอย่างไม่รู้ตัว เพราะฉะนั้นการให้ความรู้อย่างจริงใจ ทำให้ชุมชนเกิดความเข้าใจในด้านวิศวกรรมให้มากขึ้นในเรื่องของเทคโนโลยีที่จะช่วยลดผลกระทบได้จริง การวางมาตรการที่เป็นมาตรฐานสากลอย่างรัดกุมในการจัดการผลกระทบ รวมทั้งอธิบายถึงประโยชน์ที่จะได้รับในอนาคตเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อทำให้การจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินเป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

การก่อสร้างและการดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหินจำเป็นต้องมีการวางแผนอย่างรอบคอบถูกต้องและมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ โดยศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการตัดสินใจ เริ่มจากการวางแผนการดำเนินการ (process selection) และการวางแผนการผลิต (capacity planning) ซึ่งนำไปสู่ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างและการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพและสามารถดำเนินการได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ในด้านการดำเนินการ โดยหลักปกติวิธีการนำเข้าถ่านหินมายังประเทศไทยจะใช้เรือบรรทุกขนาดใหญ่ บรรทุกถ่านหินจากประเทศต้นทางไม่ว่าจะเป็นประเทศอินโดนีเซีย หรือออสเตรเลีย ดังนั้นศูนย์กระจายถ่านหินจะต้องมีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่สามารถรองรับเรือบรรทุกขนาดใหญ่ได้ เมื่อมีการกำหนดปริมาณความต้องการถ่านหินต่อปีและปริมาณถ่านหินสำรอง ทำให้สามารวางแผนกำลังการผลิตหรือในที่นี้คือการวางแผนการรองรับถ่านหินตามปริมาณความต้องการซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับขั้นตอนการก่อสร้างต่อไป

ตัวอย่างเช่น การออกแบบท่าเทียบเรือต้องคำนึงถึงจำนวนเรือเทียบท่าต่อปี เวลารวมต่อรอบการขนส่ง ความหนาแน่นของท่าเทียบเรือ ความลึกน้ำขั้นต่ำสำหรับเรือบรรทุก เคลื่อนกันคลื่นและจำนวนเครื่องจักรขนถ่ายถ่านหิน นอกจากนั้นการออกแบบพื้นที่ลานกองถ่านหินต้องคำนึงปริมาณถ่านหินสำรอง ลักษณะกองถ่านหิน จำนวนเครื่องจักรทำกองและตักถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งการคำนวณจะช่วยให้ทราบถึงจำนวนท่าเทียบเรือ จำนวนและขนาดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ข้างต้นที่เพียงพอต่อการรองรับถ่านหิน[1] ทำให้สามารถวางแผนขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

[1] รายละเอียดการคำนวณแสดงดังบทที่ 5.1.2

การก่อสร้างศูนย์กระจายถ่านหินประกอบด้วยสิ่งปลูกสร้างหลักได้แก่ หน้าท่า (berth) ท่าเทียบเรือ (jetty) เขื่อนกันคลื่น (breakwater) ลานกองถ่านหิน และเครื่องจักรหนักอื่นๆ เช่น เครื่องขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก (unloader) เครื่องทำกองและตักถ่านหิน (stacker/reclaimer) ชุดสายพานลำเลียง (belt conveyor) เครื่องขนถ่ายถ่านหินสู่เรือบรรทุก (loader) เป็นต้น

ด้วยเหตุผลข้างต้นทำให้ปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวางแผนที่นำไปสู่ความสำเร็จของการดำเนินการและการก่อสร้างศูนย์กระจายถ่านหิน มีน้ำหนักย่อยมากที่สุดในบรรดาปัจจัยหลักทั้งหมด

ปัจจัยหลักด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีค่าน้ำหนักเป็นอันดับสาม การจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินต้องหลีกเลี่ยงผลกระทบทางด่านลบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมทั้งในเชิงกายภาพและชีวภาพให้ได้มากที่สุด ซึ่งปฏิเสธไม่ได้ว่าการดำเนินการและการก่อสร้างศูนย์กระจายถ่านหินย่อมทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป แต่การควบคุมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายใต้มาตรฐานเป็นสิ่งที่ต้องให้ความใส่ใจเป็นอย่างมาก เช่น ขั้นตอนการดำเนินการและการก่อสร้างจะต้องเลือกวิธีการที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การขนส่งถ่านหินสามารถทำได้หลายวิธีทั้งทางบก ได้แก่ รถบรรทุกหรือรถไฟ และทางน้ำได้แก่ เรือบรรทุก รวมถึงการผสมผสานวิธีการขนส่งเข้าด้วยกัน ด้วยความยืดหยุ่นของวิธีการขนส่งทำให้ปัจจัยหลักด้านการขนส่งมีค่าน้ำหนักเป็นอันดับที่สี่

สุดท้ายปัจจัยหลักอันดับที่ห้า สาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานสามารถจัดหาได้สะดวกกว่าปัจจัยทางด้านอื่น นอกจากนี้ พื้นที่ที่เหมาะสมส่วนมากจะมีระบบน้ำระบบไฟฟ้าอยู่ในบริเวณใกล้เคียงแต่อาจจะต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม

โดยสรุป ปัจจัยหลักที่มีค่าน้ำหนักสูงเป็นอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สอง ไม่ว่า จะเป็นปัจจัยหลักด้านวิศวกรรมและปัจจัยหลักด้านสังคมและชุมชน ล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพการณ์ภายนอก (Exogenous) ที่จำเป็นต้องปฏิบัติตามหรือยากต่อการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินได้ ในทางตรงกันข้าม ปัจจัยในลำดับถัดมา ปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อมปัจจัยหลักด้านการขนส่งและปัจจัยหลักด้านสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน เปรียบเสมือนสภาพการณ์ภายใน (Endogenous) ที่มีวิธีการซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามแต่ละพื้นที่ได้สะดวกมากกว่าปัจจัยที่เป็นสภาพการณ์ภายนอก

6.3 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยรอง

6.3.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับปัจจัยรอง

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอตัวอย่างแบบสอบถาม (ตารางที่ 6.3-1) และตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC จากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 (ตารางที่ 6.3-2 ถึง ตารางที่ 6.3-6) ในส่วนของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญท่านอื่นจะอยู่ในส่วนภาคผนวก ค

ตารางที่ 6.3-1 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

	ไม่สำคัญ NI	สำคัญน้อยกว่ามาก VLI	สำคัญน้อยกว่า LI	สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย SLI	สำคัญเท่ากัน EI	สำคัญมากกว่าเล็กน้อย SMI	สำคัญมากกว่า MI	สำคัญมากกว่ามาก VI	สำคัญมากกว่าที่สุด VSI	
ปัจจัยตั้งต้น										
Acceptance of the local community					✔					Approval of the government
Acceptance of the local community							✔			Security of the area
Approval of the government							✔			Security of the area
ปัจจัยตั้งต้น										

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.3-2 เมทริกซ์ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยตั้งต้น		S-AOL	S-AOG	S-SOA
	S-AOL		EI	MI
	S-AOG	EI		MI
	S-SOA	LI	LI	

ตารางที่ 6.3-3 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		S-AOL	S-AOG	S-SOA
ปัจจัยตั้งต้น	S-AOL	(1 , 1 , 1)	(1 , 1 , 5/4)	(5/4 , 6/4 , 7/4)
	S-AOG	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)	(5/4 , 6/4 , 7/4)
	S-SOA	(4/7 , 4/6 , 4/5)	(4/7 , 4/6 , 4/5)	(1 , 1 , 1)

การคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง อ้างอิงจากตารางที่ 6.1-9 ถึงตารางที่ 6.1-11 โดยที่ปัจจัยรองจะถูกแทนด้วยอักษรย่อ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.3-4 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		S-AOL	S-AOG	S-SOA
ปัจจัยตั้งต้น	S-AOL	1	1	6/4
	S-AOG	1	1	6/4
	S-SOA	4/6	4/6	1
	ผลรวมแนวตั้ง	2.67	2.67	4.00

ตารางที่ 6.3-5 การหาค่าน้ำหนักปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากค่า m

		S-AOL	S-AOG	S-SOA	ผลรวมแนวนอน	ค่าน้ำหนัก
ปัจจัยตั้งต้น	S-AOL	1 / 2.67	1 / 2.67	6/4 / 4.00	1.13	0.375
	S-AOG	1 / 2.67	1 / 2.67	6/4 / 4.00	1.13	0.375
	S-SOA	4/6 / 2.67	4/6 / 2.67	1 / 4.00	0.75	0.250
				รวม	3.00	1.000

ตารางที่ 6.3-6 การหาค่า λ_{max} จากค่า m ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		S-AOL	S-AOG	S-SOA	ผลรวมแนวนอน	ค่าไอเกน
ปัจจัยตั้งต้น	S-AOL	1 x 0.375	1 x 0.375	6/4 x 0.250	1.13	1.13 / 0.375
	S-AOG	1 x 0.375	1 x 0.375	6/4 x 0.250	1.13	1.13 / 0.375
	S-SOA	4/6 x 0.375	4/6 x 0.375	1 x 0.250	0.75	0.75 / 0.250
					ค่าเฉลี่ย (λ_{max})	3.00

ดังนั้น

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง = ดัชนีความสอดคล้อง / ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม

= 0.00 / 0.52 = 0.00

โดยที่

ดัชนีความสอดคล้อง = λ_{max} - จำนวนปัจจัย / จำนวนปัจจัย - 1

= 3.00 - 3 / 3 - 1 = 0.00

ซึ่งผลค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.00 น้อยกว่า 0.10 เพราะฉะนั้นคะแนนการเปรียบเทียบปัจจัยรองจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ถือว่ามีความสอดคล้อง

ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่จากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 จากตารางที่ 6.3-3ตัวอย่างด้านล่างเป็นการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยรอง AOL ภายใต้ปัจจัยหลัก SOC

$l_{S\text{-}AOL} = [1 \times 1 \times 5/4]^{1/3} = 1.08$

$m_{S\text{-}AOL} = [1 \times 1 \times 6/4]^{1/3} = 1.14$

$u_{S\text{-}AOL} = [1 \times 5/4 \times 7/4]^{1/3} = 1.30$

ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณค่าคำนวณค่าเฉลี่ยค่าขอบเขตล่าง (l) ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) และค่าขอบเขตบน (u) ของปัจจัยรองอื่นได้จากสมการเดียวกัน ได้แก่ AOG และ SOA ตามลำดับ

$L = 1.08 + 1.08 + 0.69 = 2.85$

$M = 1.14 + 1.14 + 0.76 = 3.04$

$U = 1.30 + 1.30 + 0.86 = 3.46$

จากสมการที่ (6.6) จะได้ค่าน้ำหนักฟัซซี่ของปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 สรุปได้ดังตารางที่ 6.3-7

$$\mathbf{w}_{\text{S-AOL}} = (1.08 \times 3.46^{-1},\ 1.14 \times 3.04^{-1},\ 1.30 \times 2.85^{-1})$$
$$= (0.31\ ,\ 0.38\ ,\ 0.46)$$

ตารางที่ 6.3-7 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1	ปัจจัยรอง	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักฟัซซี่
	Acceptance of the local community	S-AOL	(0.312 , 0.375 , 0.457)
	Approval of the government	S-AOG	(0.312 , 0.375 , 0.457)
	Security of the area	S-SOA	(0.199 , 0.250 , 0.303)

6.3.2 คะแนนของแต่ละปัจจัยรองของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ตารางที่ 6.3-8 ถึงตารางที่ 6.3-12 แสดงคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านในการเปรียบเทียบปัจจัยรองทีละคู่ และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง

ตารางที่ 6.3-8 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก Social and Society, SOC			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
S-AOL	เปรียบเทียบกับ	S-AOG	EI	EI	EI	EI	SMI
S-AOL	เปรียบเทียบกับ	S-SOA	MI	SMI	SMI	SMI	SMI
S-AOG	เปรียบเทียบกับ	S-SOA	MI	EI	SMI	EI	SMI
	ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง		0.000	0.005	0.000	0.005	0.005

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

ตารางที่ 6.3-9 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก Infrastructure, INF			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
I-ELA	เปรียบเทียบกับ	I-WSN	EI	EI	EI	EI	EI
	ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

ตารางที่ 6.3-10 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก Engineering, ENG			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
E-AEC	เปรียบเทียบกับ	E-COM	SLI	LI	SLI	SLI	LI
E-AEC	เปรียบเทียบกับ	E-MET	EI	SLI	EI	EI	EI
E-AEC	เปรียบเทียบกับ	E-POC	SLI	LI	SLI	LI	LI
E-AEC	เปรียบเทียบกับ	E-GEO	EI	SLI	SLI	SLI	SLI
E-COM	เปรียบเทียบกับ	E-MET	EI	SMI	SMI	SMI	SMI
E-COM	เปรียบเทียบกับ	E-POC	EI	EI	SLI	EI	SLI
E-COM	เปรียบเทียบกับ	E-GEO	EI	SMI	SMI	SMI	SMI
E-MET	เปรียบเทียบกับ	E-POC	SLI	SLI	SLI	LI	SLI
E-MET	เปรียบเทียบกับ	E-GEO	EI	SLI	EI	EI	EI
E-POC	เปรียบเทียบกับ	E-GEO	SMI	SMI	SMI	SMI	SMI
	ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง		0.002	0.001	0.003	0.002	0.002

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.3-11 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก Transportation, TRA			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
T-PTC	เปรียบเทียบกับ	T-LAR	SMI	MI	MI	MI	MI
T-PTC	เปรียบเทียบกับ	T-MAR	EI	SMI	EI	SMI	SMI
T-PTC	เปรียบเทียบกับ	T-RAI	VI	MI	MI	MI	MI
T-LAR	เปรียบเทียบกับ	T-MAR	LI	LI	LI	LI	VLI
T-LAR	เปรียบเทียบกับ	T-RAI	SMI	EI	EI	SMI	SMI
T-MAR	เปรียบเทียบกับ	T-RAI	VI	VSI	VSI	VI	VI
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.001	0.009	0.004	0.006	0.009

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

ตารางที่ 6.3-12 คะแนนปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก Environment, ENV			ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น			ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
V-ABR	เปรียบเทียบกับ	V-BIR	SMI	MI	SMI	SMI	SMI
V-ABR	เปรียบเทียบกับ	V-HUV	EI	SLI	SLI	SLI	SLI
V-ABR	เปรียบเทียบกับ	V-QOL	SMI	SMI	SMI	SMI	SMI
V-BIR	เปรียบเทียบกับ	V-HUV	SMI	SLI	LI	LI	LI
V-BIR	เปรียบเทียบกับ	V-QOL	LI	LI	SLI	SLI	SLI
V-HUV	เปรียบเทียบกับ	V-QOL	EI	SMI	SMI	SMI	SMI
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.019	0.010	0.002	0.002	0.002

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

6.3.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรอง

ตารางที่ 6.3-13 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Social and Society, SOC		
	S-AOL[1]	S-AOG[2]	S-SOA[3]
1	(0.312 , 0.375 , 0.457)	(0.312 , 0.375 , 0.457)	(0.199 , 0.250 , 0.303)
2	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.288 , 0.333 , 0.404)	(0.252 , 0.309 , 0.375)
3	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.220 , 0.286 , 0.362)
4	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.288 , 0.333 , 0.404)	(0.252 , 0.309 , 0.375)
5	(0.289 , 0.384 , 0.497)	(0.253 , 0.331 , 0.434)	(0.221 , 0.285 , 0.379)

[1]Acceptance of the local community, [2]Approval of the government, and [3]Security of the area.

ตารางที่ 6.3-14 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF จากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Infrastructure, INF	
	I-ELA[1]	I-WSN[2]
1	(0.447 , 0.500 , 0.559)	(0.447 , 0.500 , 0.559)
2	(0.447 , 0.500 , 0.559)	(0.447 , 0.500 , 0.559)
3	(0.447 , 0.500 , 0.559)	(0.447 , 0.500 , 0.559)
4	(0.447 , 0.500 , 0.559)	(0.447 , 0.500 , 0.559)
5	(0.447 , 0.500 , 0.559)	(0.447 , 0.500 , 0.559)

[1]Electricity availability and [2]Water supply network

ตารางที่ 6.3-15 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Engineering, ENG				
	E-AEC[1]	E-COM[2]	E-MET[3]	E-POC[4]	E-GEO[5]
1	(0.143 , 0.182 , 0.233)	(0.168 , 0.208 , 0.264)	(0.155 , 0.191 , 0.244)	(0.168 , 0.228 , 0.284)	(0.155 , 0.191 , 0.244)
2	(0.115 , 0.154 , 0.208)	(0.176 , 0.234 , 0.312)	(0.132 , 0.181 , 0.246)	(0.176 , 0.234 , 0.312)	(0.143 , 0.197 , 0.267)
3	(0.132 , 0.174 , 0.237)	(0.155 , 0.217 , 0.289)	(0.143 , 0.182 , 0.248)	(0.169 , 0.237 , 0.314)	(0.143 , 0.190 , 0.257)
4	(0.128 , 0.167 , 0.221)	(0.169 , 0.226 , 0.295)	(0.139 , 0.174 , 0.231)	(0.184 , 0.243 , 0.313)	(0.143 , 0.189 , 0.250)
5	(0.124 , 0.161 , 0.215)	(0.163 , 0.224 , 0.296)	(0.143 , 0.181 , 0.246)	(0.176 , 0.245 , 0.321)	(0.143 , 0.189 , 0.255)

[1]Ability to expand capacity, [2]Coastal morphology, [3]Meteorology, [4]Physical oceanography, and [5]Geology.

ตารางที่ 6.3-16 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Transportation, TRA			
	T-PTC[1]	T-LAR[2]	T-MAR[3]	T-RAI[4]
1	(0.235 , 0.296 , 0.376)	(0.167 , 0.220 , 0.283)	(0.249 , 0.310 , 0.391)	(0.136 , 0.174 , 0.221)
2	(0.241 , 0.315 , 0.395)	(0.163 , 0.198 , 0.255)	(0.236 , 0.302 , 0.369)	(0.157 , 0.185 , 0.235)
3	(0.240 , 0.297 , 0.366)	(0.162 , 0.198 , 0.247)	(0.261 , 0.320 , 0.378)	(0.157 , 0.185 , 0.228)
4	(0.239 , 0.315 , 0.408)	(0.162 , 0.210 , 0.276)	(0.226 , 0.293 , 0.381)	(0.141 , 0.181 , 0.238)
5	(0.239 , 0.314 , 0.405)	(0.156 , 0.202 , 0.262)	(0.237 , 0.304 , 0.391)	(0.141 , 0.180 , 0.236)

[1]Proximity to customers, [2]Land routes, [3]Maritime transport options, and [4]Railways

ตารางที่ 6.3-17 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	Environment, ENV			
	V-ABR[1]	V-BIR[2]	V-HUV[3]	V-QOL[4]
1	(0.214 , 0.279 , 0.355)	(0.168 , 0.225 , 0.287)	(0.193 , 0.236 , 0.307)	(0.204 , 0.261 , 0.334)
2	(0.204 , 0.273 , 0.363)	(0.146 , 0.191 , 0.255)	(0.214 , 0.292 , 0.387)	(0.185 , 0.244 , 0.328)
3	(0.193 , 0.261 , 0.351)	(0.151 , 0.200 , 0.271)	(0.226 , 0.306 , 0.404)	(0.174 , 0.234 , 0.317)
4	(0.193 , 0.261 , 0.351)	(0.151 , 0.200 , 0.271)	(0.226 , 0.306 , 0.404)	(0.174 , 0.234 , 0.317)
5	(0.193 , 0.261 , 0.351)	(0.151 , 0.200 , 0.271)	(0.226 , 0.306 , 0.404)	(0.174 , 0.234 , 0.317)

[1]Abiotic resource, [2]Biotic resource, [3]Human use value, and [4]Quality of life

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.3.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละปัจจัยรอง

เมื่อคำนวณและรวบรวมค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่านดังตารางที่ 6.3-13 ถึงตารางที่ 6.3-17 ทำให้สามารถคำนวณสรุปค่าน้ำหนักย่อย หรือตัวแทนค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยรองจากสมการที่ (6.8) และ (6.11) เช่นเดียวกับการคำนวณของปัจจัยหลักรูปที่ 2 เมื่อดำเนินการกระบวนการข้างต้นกับทุกปัจจัยรองดังภาคผนวก ค ทำให้สรุปและเรียงลำดับค่าน้ำหนักย่อยของปัจจัยรองได้ดังตารางที่ 6.3-18

ตารางที่ 6.3-18 สรุปค่าน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ค่าน้ำหนักย่อย	ลำดับความสำคัญ
SOC	S-AOL	0.387	1
	S-AOG	0.350	2
	S-SOA	0.278	3
INF	I-ELA	0.497	1
	I-WSN	0.497	1
ENG	E-AEC	0.168	5
	E-COM	0.226	2
	E-MET	0.183	4
	E-POC	0.236	1
	E-GEO	0.195	3
TRA	T-PTC	0.310	1
	T-LAR	0.211	3
	T-MAR	0.302	2
	T-RAI	0.178	4
ENV	V-ABR	0.221	2
	V-BIR	0.208	4
	V-HUV	0.285	1
	V-QOL	0.248	3

จากตารางที่ 40 สามารถสรุปลำดับของปัจจัยรองได้ดังนี้

1. สำหรับปัจจัยหลักด้านสังคมและชุมชน (SOC) ปัจจัยรองการยอมรับของชุมชนในพื้นที่ (S-AOL) มีค่าน้ำหนักย่อยมากที่สุด ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- ชุมชนในพื้นที่เป็นผู้ที่ได้รับทั้งประโยชน์และผลกระทบโดยตรงเมื่อมีการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในบริเวณใกล้เคียง หากชุมชนเกิดความเข้าใจและยอมรับ ย่อมเป็นการเพิ่มโอกาสในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน
- หากขั้นตอนการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินดำเนินการอย่างถูกต้องภายใต้กฎหมายอย่างเคร่งครัดย่อมได้รับการอนุมัติจากรัฐบาล ต่างจากการยอมรับจากชุมชนถึงแม้จะมีขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็น แต่การไม่ยอมรับก็อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- ความปลอดภัยในด้านการทำงานเกิดจากการสร้างมาตรการต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น ซึ่งทำได้สะดวกกว่าการเจรจากับชุมชน

2. สำหรับปัจจัยหลักด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน (INF) ปัจจัยรองระบบไฟฟ้า (I-ELA) มีค่าน้ำหนักย่อยเท่ากับปัจจัยรองระบบน้ำ (I-WSN) ทั้ง 2 ปัจจัยล้วนเป็นพื้นฐานสำหรับการก่อสร้าง และดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน

3. สำหรับปัจจัยหลักด้านวิศวกรรมศาสตร์ (ENG) ปัจจัยรองสมุทรศาสตร์กายภาพ (E-POC) และธรณีสัณฐานชายฝั่ง (E-COM) มีค่าน้ำหนักใกล้เคียงกัน เนื่องจากปัจจัยทั้งสองเป็นข้อกำหนดในการออกแบบท่าเทียบเรือของศูนย์กระจายถ่านหิน ซึ่งต้องการเงินลงทุนสูงมาก มากกว่าการจัดการกับปัจจัยอื่น

E-POC จะอาศัยข้อมูล เช่น ความสูงของคลื่น ทิศทางคลื่น ทิศทางกระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง ทิศทางลม เป็นต้น ในการออกแบบเขื่อนกันคลื่น (Breakwater)

E-COM บ่งบอกถึงรูปแบบของท่าเทียบเรือที่เหมาะสม ขนาดหน้าท่าและความยาวท่าเทียบเรือ โดยอาศัยความลึกร่องน้ำในการออกแบบ

4. ปัจจัยหลักด้านการขนส่ง (TRA) มีระยะจากผู้ใช้ปลายทาง (T-PTC) เป็นปัจจัยรองที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงที่สุด เพราะในแง่ของการขนส่งยิ่งใกล้ยิ่งส่งของได้รวดเร็วและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการขนส่งเรียงลำดับตามค่าน้ำหนักจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ เส้นทางการขนส่งทางน้ำ (T-MAR) เส้นทางการขนส่งทางถนน (T-LAR) และความสามารถในการขนส่งทางราง (T-RAI) เนื่องจาก

- การขนส่งทางเรือมีปริมาณการขนส่งต่อครั้งมากที่สุด รวมถึงตำแหน่งผู้ใช้หลักเป็นโรงไฟฟ้าที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลสะดวกในการลำเลียงถ่านหินขึ้นฝั่ง และสามารถหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด

- การขนส่งด้วยรถไฟจะมีจุดเด่นด้านความปลอดภัยและหลีกเลี่ยงการจราจรติดขัด แต่มีข้อจำกัดด้านเส้นทางที่สามารถเข้าถึงได้และปริมาณการขนส่งต่อครั้ง ยังคงต้องพัฒนาระบบการขนส่งอีกระดับหนึ่ง

- เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงและปริมาณการขนส่งต่อครั้งต่ำ แต่มีข้อดีด้านความยืดหยุ่นของเส้นทาง การขนส่งด้วยรถบรรทุกจึงเหมาะแก่การเป็นวิธีการขนส่งยามฉุกเฉิน

5. ปัจจัยหลักด้านสิ่งแวดล้อม (ENV) เน้นคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (V-HUV) เป็นอันดับแรก ศูนย์กระจายถ่านหินจะต้องส่งผลกระทบน้อยที่สุดต่อสภาพความเป็นอยู่ของชุมชน ได้แก่ หลีกเลี่ยงการเกิดมูลฝอย หลีกเลี่ยงการเกิดอัคคีภัย หลีกเลี่ยงผลกระทบการจราจรทั้งทางบกและทางน้ำ เป็นต้น

ลำดับถัดมาคือทรัพยากรทางกายภาพ (V-ABR) การก่อสร้างท่าเทียบเรือ หรือการปรับพื้นที่สำหรับลานกองถ่านหินต้องหลีกเลี่ยงหรือลดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ รวมถึงควบคุมคุณภาพอากาศ เสียงจากการทำงาน แหล่งน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายกำหนด

คุณค่าคุณภาพชีวิต (V-QOL) มีค่าน้ำหนักความสำคัญลำดับที่สาม เนื่องจากพื้นที่และวิธีการดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหินจะอยู่ภายใต้ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การมีปริมาณของพื้นที่สีเขียว และมีข้อกำหนดระยะห่างจากชุมชมตามข้อบังคับทางสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรม เช่น บริเวณที่เป็นโบราณสถาน หรือมีโบราณวัตถุ วัด และโรงเรียน เพราะฉะนั้นผลกระทบต่อสุนทรียภาพและคุณค่าทางวัฒนธรรมจึงเกิดขึ้นน้อยมาก

นอกจากนี้มาตรการความปลอดภัยสำหรับการรองรับเหตุการณ์เฉพาะหน้าที่เป็นไปตามมาตรฐานจะช่วยเพิ่มระดับความปลอดภัยในการดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหินมากยิ่งขึ้น และด้วยอุปกรณ์ที่มีเทคโนโยที่พัฒนามากยิ่งขึ้นทำให้การก่อสร้างและดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหินส่งผละกระทบต่อระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำลกลง ทรัพยากรทางชีวภาพ (V-BIR) ลดลงจึงมีค่าน้ำหนักความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย

6.4 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่ตั้ง

ทางเลือกที่ตั้งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทางเลือกที่ตั้งสำหรับภาคกลางประกอบด้วย มาบตาพุด ศรีราชาและทับสะแก และกลุ่มสำหรับภาคใต้ประกอบด้วย ทับสะแก เทพา และปัตตานี

ทางเลือกที่ตั้งจะถูกเปรียบเทียบทีละคู่ภายใต้ปัจจัยรอง ซึ่งแบ่งออกเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลปฐมภูมิได้โดยตรงหรือปัจจัยเชิงคุณภาพ 10 ปัจจัย ต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการให้คะแนน และปัจจัยเชิงปริมาณที่อาศัยการคำนวณจากข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมได้หรือปัจจัยเชิงปริมาณ เพียงแต่ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งดังตารางที่ 6.4-1

ตารางที่ 6.4-1 ประเภทของปัจจัยรอง

ปัจจัยรอง	ปัจจัยเชิงคุณภาพ	ปัจจัยเชิงปริมาณ
S-AOL	✔	
S-AOG	✔	
S-SOA	✔	
I-ELA		✔
I-WSN		✔
E-AEC		✔
E-COM		✔
E-MET		✔
E-POC		✔
E-GEO	✔	
T-PTC		✔
T-LAR		✔
T-MAR		✔
T-RAI		✔
V-ABR	✔	
V-BIR	✔	
V-HUV	✔	
V-QOL	✔	
รวม	8	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.4.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับทางเลือกที่ตั้ง

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอตัวอย่างแบบสอบถาม (ตารางที่ 6.4-2) และตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักของทางเลือกที่ตั้งภาคกลางจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ภายใต้ปัจจัยรอง Acceptance of the local community, S-AOL (ตารางที่ 6.4-3 ถึงตารางที่ 6.4-7) ในส่วนของแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญท่านอื่นจะอยู่ในส่วน

ตารางที่ 6.4-2 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

	ไม่เหมาะสม	เหมาะสมน้อยกว่ามาก	เหมาะสมน้อยกว่า	เหมาะสมน้อยกว่าเล็กน้อย	เหมาะสมเท่ากัน	เหมาะสมมากกว่าเล็กน้อย	เหมาะสมมากกว่า	เหมาะสมมากกว่ามาก	เหมาะสมมากกว่าที่สุด	
ปัจจัยตั้งต้น	NA	VLA	LA	SLA	EA	SMA	MA	VA	VSA	
มาบตาพุด								✔		ศรีราชา
มาบตาพุด						✔				ทับสะแก
ศรีราชา		✔								ทับสะแก
ปัจจัยตั้งต้น	NA	VLA	LA	SLA	EA	SMA	MA	VA	VSA	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-3 เมทริกซ์เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
ปัจจัยตั้งต้น	มาบตาพุด		VA	SMA
	ศรีราชา	VLA		VLA
	ทับสะแก	SLA	EA	

ตารางที่ 6.4-4 เมทริกซ์คะแนนฟัซซี่เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
ปัจจัยตั้งต้น	มาบตาพุด	(1 , 1 , 1)	(6/4 , 7/4 , 8/4)	(1 , 5/4 , 6/4)
	ศรีราชา	(4/8 , 4/7 , 4/6)	(1 , 1 , 1)	(4/8 , 4/7 , 4/6)
	ทับสะแก	(4/6 , 4/5 , 1)	(1 , 1 , 5/4)	(1 , 1 , 1)

การคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง อ้างอิงจากตารางที่ 6.1-9 ถึงตารางที่ 6.1-11จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.4-5 เมทริกซ์ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
ปัจจัยตั้งต้น	มาบตาพุด	1	7/4	5/4
	ศรีราชา	4/7	1	4/7
	ทับสะแก	4/5	1	1
	ผลรวมแนวตั้ง	2.37	4.50	2.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-6 การหาค่าน้ำหนักเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	ผลรวมแนวนอน	ค่าน้ำหนัก
ปัจจัยตั้งต้น	มาบตาพุด	1 / 2.37	7/4 / 4.50	5/4 / 2.82	1.25	0.418
	ศรีราชา	4/7 / 2.37	1 / 4.50	4/7 / 2.82	0.67	0.222
	ทับสะแก	4/5 / 2.37	1 / 4.50	1 / 2.82	1.08	0.360
				รวม	3.00	1.00

ตารางที่ 6.4-7 การหาค่า λ_{max} จากค่า m เปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	ผลรวมแนวนอน	ค่าไอเกน
ปัจจัยตั้งต้น	มาบตาพุด	1 x 0.418	7/4 x 0.222	5/4 x .360	1.26	1.26 / 0.418
	ศรีราชา	4/7 x 0.418	1 x 0.222	4/7 x 0.360	0.67	0.67 / 0.222
	ทับสะแก	4/5 x 0.418	1 x 0.222	1 x 0.360	1.08	1.08 / 0.360
					ค่าเฉลี่ย (λ_{max})	3.01

ดังนั้น

ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง = ดัชนีความสอดคล้อง / ดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม

= 0.003 / 0.52 = 0.006

โดยที่

ดัชนีความสอดคล้อง = λ_{max} - จำนวนปัจจัย / จำนวนปัจจัย - 1

= 3.006 - 0 / 3 - 1 = 0.003

ซึ่งผลค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.00 น้อยกว่า 0.10 เพราะฉะนั้นคะแนนการเปรียบเทียบปัจจัยรองจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ถือว่ามีความสอดคล้อง

ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณค่าน้ำหนักทางเลือกที่ตั้งจากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ตารางที่ 6.4-4 แสดงตัวอย่างด้านล่างเป็นการคำนวณน้ำหนักฟัซซี่ของทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL

$$l_{\text{มาบตาพุด}} = [1 \times 6/4 \times 1^{1/3} = 1.14$$

$$m_{\text{มาบตาพุด}} = [4/8 \times 1 \times 1^{1/3} = 1.30$$

$$u_{\text{มาบตาพุด}} = [1 \times 8/4 \times 6/4]^{1/3} = 1.44$$

ในทำนองเดียวกันสามารถคำนวณค่าคำนวณค่าเฉลี่ยค่าขอบเขตล่าง (l) ค่าเป็นไปได้มากที่สุด (m) และค่าขอบเขตบน (u) ของทางเลือกที่ตั้งอื่นได้จากสมการเดียวกัน ได้แก่ ศรีราชา และมาบตาพุดตามลำดับ

$$L = 1.14 + 0.79 + 0.87 = 2.80$$

$$M = 1.30 + 0.83 + 0.93 = 3.06$$

$$U = 1.44 + 0.94 + 1.08 = 3.46$$

จากสมการที่ (6.6) จะได้ค่าน้ำหนักฟัซซี่ของทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL จากผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 สรุปได้ดังตารางที่ 6.4-8

$$\mathbf{W}_{\text{มาบตาพุด}} = (1.14 \times 3.46^{-1}, 1.30 \times 3.06^{-1}, 1.44 \times 2.80^{-1})$$
$$= (0.33 , 0.42 , 0.52)$$

ตารางที่ 6.4-8 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยรอง S-AOL ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ทางเลือกที่ตั้ง	ค่าน้ำหนักฟัซซี่
SOC	S-AOL	มาบตาพุด	(0.33 , 0.41 , 0.51)
		ศรีราชา	(0.18 , 0.22 , 0.27)
		ทับสะแก	(0.28 , 0.36 , 0.45)

6.4.2 คะแนนของแต่ละทางเลือกที่ตั้งจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 6.4-9 ถึงตารางที่ 6.4-11 แสดงคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านในการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคกลางละแต่คู่ และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง ในส่วนของการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้จะอยู่ในภาคผนวก ง

จะเห็นว่าค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีค่าต่ำกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมที่จะนำไปคำนวณค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละปัจจัยรองได้

ตารางที่ 6.4-9 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

	ปัจจัยหลัก	SOC	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น	ปัจจัยรอง	S-AOL	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	VA	MA	MA	MA	MA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	SMA	MA	MA	SMA	SMA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	VLA	LA	LA	LA	LA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.006	0.018	0.018	0.005	0.005
	ปัจจัยรอง	S-AOG					
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	MA	MA	VA	MA	VA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	MA	MA	MA	VA	MA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	EA	EA	EA	SLA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.003	0.003	0.001
	ปัจจัยรอง	S-SOA					
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	EA	EA	SMA	EA	SMA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	EA	EA	EA	SMA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	SLA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.005	0.005	0.000	0.000

ตารางที่ 6.4-10 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

	ปัจจัยหลัก	ENG	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น	ปัจจัยรอง	E-GEO	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	SMA	SMA	EA	SMA	EA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	SMA	SMA	SMA	MA	MA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	SLA	SLA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.005	0.005	0.004	0.018

ตารางที่ 6.4-11 คะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

	ปัจจัยหลัก	ENV	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
	ปัจจัยรอง	V-ABR	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	SLA	SLA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
	ปัจจัยรอง	V-BIR					
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	MA	MA	MA	SMA	SMA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	MA	MA	MA	MA	MA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	SMA	SMA	MA	MA	SMA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.005	0.018	0.005	0.000
	ปัจจัยรอง	V-HUV					
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	EA	EA	EA	EA	EA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	SMA	EA	EA	EA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	EA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
	ปัจจัยรอง	V-QOL					
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ศรีราชา	SMA	EA	SMA	SMA	EA
มาบตาพุด	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	EA	EA	EA	EA
ศรีราชา	เปรียบเทียบกับ	ทับสะแก	EA	EA	SLA	SLA	SLA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.000	0.000	0.000	0.005

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.4.3 สรุปค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง

ตารางที่ 6.4-12 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก	SOC	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
S-AOL	1	(0.330 , 0.418 , 0.519)	(0.181 , 0.221 , 0.275)	(0.288 , 0.36 , 0.454)
	2	(0.338 , 0.426 , 0.529)	(0.200 , 0.248 , 0.314)	(0.260 , 0.325 , 0.407)
	3	(0.338 , 0.426 , 0.529)	(0.200 , 0.248 , 0.314)	(0.26 , 0.325 , 0.407)
	4	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.199 , 0.249 , 0.318)	(0.273 , 0.347 , 0.445)
	5	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.199 , 0.249 , 0.318)	(0.273 , 0.347 , 0.445)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
S-AOG	1	(0.336 , 0.428 , 0.514)	(0.240 , 0.285 , 0.354)	(0.240 , 0.285 , 0.354)
	2	(0.336 , 0.428 , 0.514)	(0.240 , 0.285 , 0.354)	(0.240 , 0.285 , 0.354)
	3	(0.356 , 0.447 , 0.531)	(0.229 , 0.269 , 0.329)	(0.239 , 0.283 , 0.350)
	4	(0.356 , 0.447 , 0.531)	(0.239 , 0.283 , 0.350)	(0.229 , 0.269 , 0.329)
	5	(0.356 , 0.446 , 0.550)	(0.200 , 0.249 , 0.316)	(0.240 , 0.304 , 0.385)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
S-SOA	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.251 , 0.308 , 0.374)	(0.288 , 0.358 , 0.429)
	3	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.251 , 0.308 , 0.374)	(0.288 , 0.332 , 0.403)
	4	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	5	(0.288 , 0.384 , 0.476)	(0.252 , 0.307 , 0.392)	(0.252 , 0.307 , 0.392)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-13 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก	ENG	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
E-GEO	1	(0.289 , 0.383 , 0.496)	(0.220 , 0.285 , 0.379)	(0.252 , 0.330 , 0.434)
	2	(0.289 , 0.383 , 0.496)	(0.220 , 0.285 , 0.379)	(0.252 , 0.330 , 0.434)
	3	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.251 , 0.308 , 0.374)
	4	(0.311 , 0.406 , 0.496)	(0.252 , 0.305 , 0.387)	(0.240 , 0.287 , 0.359)
	5	(0.311 , 0.379 , 0.446)	(0.289 , 0.331 , 0.399)	(0.239 , 0.289 , 0.343)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-14 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคกลางภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก	ENV	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
V-ABR	1	(0.288 , 0.384 , 0.476)	(0.252 , 0.307 , 0.392)	(0.252 , 0.307 , 0.392)
	2	(0.289 , 0.383 , 0.496)	(0.22 , 0.285 , 0.379)	(0.252 , 0.330 , 0.434)
	3	(0.312 , 0.405 , 0.515)	(0.209 , 0.266 , 0.346)	(0.253 , 0.328 , 0.427)
	4	(0.288 , 0.384 , 0.476)	(0.252 , 0.307 , 0.392)	(0.252 , 0.307 , 0.392)
	5	(0.288 , 0.384 , 0.476)	(0.252 , 0.307 , 0.392)	(0.252 , 0.307 , 0.392)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
V-BIR	1	(0.337 , 0.427 , 0.534)	(0.241 , 0.307 , 0.391)	(0.21 , 0.264 , 0.341)
	2	(0.337 , 0.427 , 0.534)	(0.241 , 0.307 , 0.391)	(0.21 , 0.264 , 0.341)
	3	(0.338 , 0.426 , 0.529)	(0.260 , 0.325 , 0.407)	(0.200 , 0.248 , 0.314)
	4	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.273 , 0.347 , 0.445)	(0.199 , 0.249 , 0.318)
	5	(0.312 , 0.405 , 0.515)	(0.253 , 0.328 , 0.427)	(0.209 , 0.266 , 0.346)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
V-HUV	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.251 , 0.308 , 0.374)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	5	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
V-QOL	1	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.251 , 0.308 , 0.374)	(0.288 , 0.332 , 0.403)
	2	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	3	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.220 , 0.285 , 0.361)	(0.288 , 0.357 , 0.446)
	4	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.220 , 0.285 , 0.361)	(0.288 , 0.357 , 0.446)
	5	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.251 , 0.308 , 0.374)	(0.288 , 0.358 , 0.429)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.4.4 สรุปค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง

ค่าน้ำหนักย่อยของทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยเชิงปริมาณจะคำนวณจากข้อมูลดังตารางที่ 5.5-1 ซึ่งสามารถแสดงคะแนนทางเลือกที่ตั้งภาคกลางและภาคใต้ได้ดังตารางที่ 6.4-15 และตารางที่ 6.4-18 ในส่วนของการคำนวณค่าน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังตัวอย่างด้านล่าง เช่น

- I-ELA

รวมข้อมูลของแต่ละทางเลือกที่ตั้งโดยใช้ส่วนกลับ เพราระยะห่างจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงยิ่งน้อยยิ่งดี (1/1+1/1+1/2 เท่ากับ 2.5) จากนั้นทำการเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 1/2.5 1/2.5 และ 2/2.5 หรือ 0.400 0.400 และ 0.200

- E-AEC

รวมข้อมูลของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง (421,000+941,000+2,020,000 เท่ากับ 3,382,000) จากนั้นทำการเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง 421,000/3,382,000 941,000/3,382,000 และ 2,020,000/3,382,000 หรือ 0.124 0.278 และ 0.597

เป็นต้น

ตารางที่ 6.4-15 ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยเชิงปริมาณของภาคกลาง

ปัจจัยรอง	เกณฑ์สำหรับปัจจัย	หน่วย	ข้อมูลทางเลือกที่ตั้ง			ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้ง		
			มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
I-ELA	ระยะห่างจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115kV หรือ 230kV	กม.	1.0	1.0	2.0	0.400	0.400	0.200
I-WSN	พื้นที่แหล่งน้ำโดยรอบ	มี/ไม่มี	มี	มี	มี	0.333	0.333	0.333
E-AEC	ความสามารถในการกองถ่านหิน	ตร.ม.	421,000	941,000	2,020,000	0.124	0.278	0.597
E-COM	ความลึกน้ำ	กม.	1.0	2.5	4.0	0.606	0.242	0.152
E-MET	จำนวนเดือนที่มีพายุ	เดือน	2	2	3	0.375	0.375	0.250
E-POC	เขื่อนกันคลื่น	กม.	0	0	1	0.450	0.450	0.100
T-PTC	ระยะห่างจากโรงฟ้า	กม.	380	330	295	0.291	0.335	0.374
T-LAR	ระยะห่างจากถนนหลัก	กม.	5.70	2.65	4.5	0.226	0.487	0.287
T-MAR	ระยะห่างจากทะเลจีนใต้ทางใต้สุดของประเทศไทย	กม.	870	1,000	855	0.202	0.176	0.205
T-RAI	ระยะห่างจากทางรถไฟ	กม.	0.1	3.40	0.50	0.813	0.024	0.163

ตารางที่ 6.4-16 ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยเชิงปริมาณของภาคใต้

ปัจจัยรอง	เกณฑ์สำหรับปัจจัย	หน่วย	ข้อมูลทางเลือกที่ตั้ง			ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้ง		
			ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
I-ELA	ระยะห่างจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 115kV หรือ 230kV	กม.	2.0	2.0	2.0	0.333	0.333	0.333
I-WSN	พื้นที่แหล่งน้ำโดยรอบ	มี/ไม่มี	มี	มี	มี	0.333	0.333	0.333
E-AEC	ความสามารถในการกองถ่านหิน	ตร.ม.	2,020,000	3,500,000	634,000	0.328	0.569	0.103
E-COM	ความลึกน้ำ	กม.	4.0	12.5	12.5	0.610	0.195	0.195
E-MET	จำนวนเดือนที่มีพายุ	เดือน	3	3	3	0.333	0.333	0.333
E-POC	เขื่อนกันคลื่น	กม.	1	1	1	0.333	0.333	0.333
T-PTC	ระยะห่างจากโรงฟ้า	กม.	560	50	50	0.043	0.479	0.479
T-LAR	ระยะห่างจากถนนหลัก	กม.	3.5	1.5	5.5	0.252	0.588	0.160
T-MAR	ระยะห่างจากทะเลจีนใต้ทางใต้สุดของประเทศไทย	กม.	855	455	430	0.205	0.386	0.409
T-RAI	ระยะห่างจากทางรถไฟ	กม.	0.5	3.9	25	0.871	0.112	0.017

เมื่อคำนวณและรวบรวมค่าน้ำหนักฟัซซี่ของแต่ละทางเลือกที่ตั้งภาคกลางจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่านดังตารางที่ 6.4-12 ถึงตารางที่ 6.4-14 ทำให้สามารถคำนวณสรุปค่าน้ำหนักย่อยหรือตัวแทนค่าน้ำหนักของแต่ละทางเลือกที่ตั้งภาคกลางจากสมการที่ (6.9) และ (6.12) เช่นเดียวกับการคำนวณของปัจจัยหลักรูปที่ 2 เมื่อดำเนินการกระบวนการข้างต้นกับทุกปัจจัยรองดังภาคผนวก ง ทำให้สรุปและเรียงลำดับค่าน้ำหนักย่อยของแต่ละทางเลือกที่ตั้งได้ดังตารางที่ 6.4-17 และตารางที่ 6.4-18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-17 สรุปค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ทางเลือกที่ตั้ง		
		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
SOC	S-AOL	0.413	0.240	0.349
	S-AOG	0.436	0.269	0.292
	S-SOA	0.367	0.316	0.331
INF	I-ELA	0.400	0.400	0.200
	I-WSN	0.333	0.333	0.333
ENG	E-AEC	0.124	0.278	0.597
	E-COM	0.606	0.242	0.152
	E-MET	0.375	0.375	0.250
	E-POC	0.450	0.450	0.100
	E-GEO	0.381	0.308	0.321
TRA	T-PTC	0.291	0.335	0.374
	T-LAR	0.209	0.450	0.341
	T-MAR	0.346	0.301	0.352
	T-RAI	0.813	0.024	0.163
ENV	V-ABR	0.393	0.289	0.331
	V-BIR	0.416	0.332	0.260
	V-HUV	0.346	0.337	0.315
	V-QOL	0.353	0.302	0.353

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4-18 สรุปค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ทางเลือกที่ตั้ง		
		ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
SOC	S-AOL	0.426	0.332	0.260
	S-AOG	0.346	0.356	0.305
	S-SOA	0.384	0.361	0.260
INF	I-ELA	0.333	0.333	0.333
	I-WSN	0.333	0.333	0.333
ENG	E-AEC	0.328	0.569	0.103
	E-COM	0.610	0.195	0.195
	E-MET	0.333	0.333	0.333
	E-POC	0.333	0.333	0.333
	E-GEO	0.363	0.363	0.271
TRA	T-PTC	0.043	0.479	0.479
	T-LAR	0.252	0.588	0.160
	T-MAR	0.205	0.386	0.409
	T-RAI	0.871	0.112	0.017
ENV	V-ABR	0.330	0.330	0.330
	V-BIR	0.330	0.330	0.330
	V-HUV	0.302	0.374	0.343
	V-QOL	0.367	0.337	0.303

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.5 ผลลำดับการเลือกที่ตั้งศูนย์ระจายถ่านหิน

6.5.1 สรุปค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรอง

จากสมการที่ (6.13) สามารถคำนวณค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรองได้ดังตารางที่ 6.5-1

ตารางที่ 6.5-1 ค่าน้ำหนักรวมปัจจัยรอง

ปัจจัยหลัก		ปัจจัยรอง		
อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักย่อย	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักย่อย	ค่าน้ำหนักรวม
SOC	0.233	S-AOL	0.387	0.088
		S-AOG	0.350	0.082
		S-SOA	0.278	0.065
INF	0.107	I-ELA	0.497	0.053
		I-WSN	0.497	0.053
ENG	0.275	E-AEC	0.168	0.046
		E-COM	0.226	0.062
		E-MET	0.183	0.050
		E-POC	0.236	0.065
		E-GEO	0.195	0.054
TRA	0.176	T-PTC	0.310	0.055
		T-LAR	0.211	0.037
		T-MAR	0.302	0.053
		T-RAI	0.178	0.031
ENV	0.211	V-ABR	0.221	0.057
		V-BIR	0.208	0.044
		V-HUV	0.285	0.060
		V-QOL	0.248	0.052

6.5.2 ทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง

ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งคำนวณจากสมการที่ (6.14) ดังแสดงในตารางที่ 6.5-2

ตารางที่ 6.5-2 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง		ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้ง			ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้ง		
อักษรย่อ	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักรวม	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
SOC	S-AOL	0.088	0.413	0.240	0.349	0.036	0.021	0.031
	S-AOG	0.082	0.436	0.269	0.292	0.036	0.022	0.024
	S-SOA	0.065	0.367	0.316	0.331	0.024	0.021	0.021
					รวม	0.096	0.064	0.076
INF	I-ELA	0.053	0.400	0.400	0.200	0.021	0.021	0.011
	I-WSN	0.053	0.333	0.333	0.333	0.018	0.018	0.018
					รวม	0.039	0.039	0.028
ENG	E-AEC	0.046	0.124	0.278	0.597	0.006	0.013	0.028
	E-COM	0.062	0.606	0.242	0.152	0.038	0.015	0.009
	E-MET	0.050	0.375	0.375	0.250	0.019	0.019	0.013
	E-POC	0.065	0.450	0.450	0.100	0.029	0.029	0.006
	E-GEO	0.054	0.381	0.308	0.321	0.020	0.016	0.017
					รวม	0.112	0.093	0.073
TRA	T-PTC	0.055	0.291	0.335	0.374	0.016	0.018	0.020
	T-LAR	0.037	0.226	0.487	0.287	0.008	0.017	0.013
	T-MAR	0.053	0.346	0.301	0.352	0.018	0.016	0.019
	T-RAI	0.031	0.813	0.024	0.163	0.026	0.001	0.005
					รวม	0.068	0.052	0.057
ENV	V-ABR	0.057	0.393	0.289	0.331	0.023	0.017	0.019
	V-BIR	0.044	0.416	0.332	0.260	0.018	0.015	0.011
	V-HUV	0.060	0.346	0.337	0.315	0.021	0.020	0.019
	V-QOL	0.052	0.353	0.302	0.353	0.018	0.016	0.018
					รวม	0.080	0.067	0.068
					รวมทั้งหมด	0.394	0.314	0.302

จากค่าน้ำหนักรวมตารางที่ 6.5-2 และ บรรยายการบรรยายสรุปตารางที่ 6.5-3 แสดงให้เห็นว่า มาบตาพุดเป็นที่ตั้งทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับภาคกลาง เนื่องมาจากจุดเด่นในด้านวิศวกรรมศาสตร์ สังคมและชุมชน และสิ่งแวดล้อม รวมถึงทางเลือกที่ตั้งสำรองได้แก่ ศรีราชา ที่มีค่าน้ำหนักรวมเป็นอันดับที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.5-3 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง

	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
SOC	- อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายจึงเหมาะสมกับการประกอบกิจการทางอุตสาหกรรม รวมทั้งมีแรงต่อต้านจากชุมชนน้อย - ความปลอดภัยในพื้นที่สูง ทั้งในแง่การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน	- ชุมชนและที่อยู่อาศัยค่อนข้างหนาแน่นถูกกั้นกลางระหว่างพื้นที่ด้วยแนวเขา - ความปลอดภัยในพื้นที่สูง ทั้งในแง่การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน	- ชุมชนในพื้นที่มีแนวโน้มยอมรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน - ความปลอดภัยในพื้นที่สูง ทั้งในแง่การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน
INF	- อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมระบบไฟฟ้า ระบบน้ำ ระบบถนน มีความพร้อมใช้งาน	- เนื่องจากอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าแรงสูง จึงมีระบบไฟฟ้าและระบบน้ำพร้อมใช้งาน แต่ภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาอาจจะเพิ่มอุปสรรคในการพัฒนาระบบเพิ่มเติม	- ระบบไฟฟ้าพร้อมใช้งานเนื่องจากอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าแรงสูง - ระบบน้ำเข้าถึงพื้นที่พร้อมใช้งาน
ENG	- พื้นที่ขนาด 353 ไร่ จึงมีข้อจำกัดในการขยายพื้นที่การทำงาน หรือพื้นที่ลานกองถ่านหิน - ไม่มี jetty และ breakwater ทำให้ลดค่าใช้จ่าย และความซับซ้อนในการก่อสร้าง	- พื้นที่ขนาด 913 ไร่ ไม่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ - ความยาว jetty น้อยกว่าพื้นที่ทับสะแกเนื่องจากที่ระยะห่างจากฝั่งเท่ากัน (2.5 กิโลเมตร) พื้นที่ศรีราชา มีความลึกเพียงสำหรับการเทียบท่า (12.5 เมตร) - ภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาทำให้การเตรียมพื้นที่ลานกองต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น	- พื้นที่ขนาด 1,888 ไร่ ไม่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ - เนื่องจากความลึกน้ำที่เพียงพอเท่ากับ 12.5 เมตร จึงต้องสร้าง jetty ความยาวมากกว่าพื้นที่ศรีราชา 1.5 กิโลเมตร

ตารางที่ 6.5-3 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง (ต่อ)

	มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
TRA	- พื้นที่อยู่ใกล้แนวที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคกลาง 92.5 กิโลเมตรรอบอ่าวไทยรูปตัว ก - มีจุดเด่นด้านการขนส่งทางรถไฟ มีรางรถไฟห่างจากพื้นที่ 100 เมตร - การขนส่งทางน้ำอาจจะเกิดการติดขัดจากการจราจรที่หนาแน่นเนื่องจากปากทางเข้าพื้นที่จำกัด	- พื้นที่อยู่ใกล้แนวที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคกลาง 42.5 กิโลเมตรรอบอ่าวไทยรูปตัว ก - มีจุดเด่นด้านการขนส่งทางน้ำมากที่สุดในบรรดาพื้นที่ภาคกลาง เพราะได้รับประโยชน์จากทะเลเปิด การจราจรไม่หนาแน่น และมีเกาะสีชังเป็นแนวกันคลื่นตามธรรมชาติ	- พื้นที่อยู่ไกลจากแนวที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคกลาง 290 กิโลเมตรรอบอ่าวไทยรูปตัว ก ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบหลักของพื้นที่แห่งนี้ ทำให้ภาพรวมด้านการขนส่งด้อยกว่าพื้นที่อีก 2 แห่ง
ENV	- อยู่ในอุตสาหกรรมจึงมีความพร้อมของพื้นที่มากที่สุด ไม่จำเป็นต้องขั้นตอนการปรับพื้นที่มากนัก ทำให้ลดผลกระทบต่อทรัพยากรทางกายภาพที่เกิดขึ้น - เมื่อไม่มี jetty ทำให้ลดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติในขั้นตอนการก่อสร้าง	- ภูมิประเทศเป็นเนินเขา มีความจำเป็นที่จะต้องปรับพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง ส่งผลต่อทรัพยากรทางกายภาพอย่างมาก	- การสร้าง jetty ที่มีความยาวมากกว่าที่พื้นที่ศรีราชาก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติมากกว่า

6.5.3 ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

เช่นเดียวกันกับทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง สมการที่ (6.13) ถูกใช้คำนวณค่าน้ำหนักรวมของปัจจัยรอง และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งคำนวณจากสมการที่ (6.14) ดังแสดงในตารางที่ 6.5-4

ตารางที่ 6.5-4 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง		ค่าน้ำหนักย่อยทางเลือกที่ตั้ง			ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้ง		
อักษรย่อ	อักษรย่อ	ค่าน้ำหนักรวม	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
SOC	AOL	0.088	0.426	0.332	0.260	0.038	0.029	0.023
	AOG	0.082	0.346	0.356	0.305	0.028	0.029	0.025
	SOA	0.065	0.384	0.361	0.260	0.025	0.023	0.017
					รวม	0.091	0.082	0.065
INF	ELA	0.053	0.333	0.333	0.333	0.018	0.018	0.018
	WSN	0.053	0.333	0.333	0.333	0.018	0.018	0.018
					รวม	0.035	0.035	0.035
ENG	AEC	0.046	0.328	0.569	0.103	0.015	0.026	0.005
	COM	0.062	0.610	0.195	0.195	0.038	0.012	0.012
	MET	0.050	0.333	0.333	0.333	0.017	0.017	0.017
	POC	0.065	0.333	0.333	0.333	0.022	0.022	0.022
	GEO	0.054	0.363	0.363	0.271	0.019	0.019	0.015
					รวม	0.111	0.096	0.070
TRA	PTC	0.055	0.043	0.479	0.479	0.002	0.026	0.026
	LAR	0.037	0.252	0.588	0.160	0.009	0.022	0.006
	MAR	0.053	0.205	0.386	0.409	0.011	0.021	0.022
	RAI	0.031	0.871	0.112	0.017	0.027	0.004	0.001
					รวม	0.050	0.072	0.054
ENV	ABR	0.057	0.333	0.333	0.333	0.019	0.019	0.019
	BIR	0.044	0.333	0.333	0.333	0.014	0.014	0.014
	HUV	0.060	0.303	0.358	0.358	0.018	0.022	0.021
	QOL	0.052	0.367	0.337	0.303	0.019	0.018	0.016
					รวม	0.071	0.074	0.070
					รวมทั้งหมด	0.358	0.359	0.294

จากค่าน้ำหนักรวมตารางที่ 6.5-4 และบรรยายการบรรยายสรุปตารางที่ 6.5-5 แสดงให้เห็นว่า เทพาเป็นที่ตั้งทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับภาคใต้ เนื่องมาจากจุดเด่นในด้านวิศวกรรมศาสตร์ และการขนส่ง และทางเลือกที่ตั้งสำรองได้แก่ ทับสะแก ที่มีค่าน้ำหนักรวมเป็นอันดับที่ 2

ตารางที่ 6.5-5 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
SOC	- ชุมชนในพื้นที่มีแนวโน้มยอมรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน - ความปลอดภัยในพื้นที่สูง ทั้งในแง่การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน	- ชุนชนในพื้นที่เข้าใจและยอมรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินระดับหนึ่ง แต่ยังมีบางส่วนที่ขัดค้านกิจกรรมทุกชนิดทีเกี่ยวข้องกับถ่านหิน - ความปลอดภัยในพื้นที่สูง ทั้งในแง่การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน	- อยู่ใกล้แหล่งชุมชนและสถานศึกษา - จากเหตุการณ์ความไม่สงบทำให้มีความปลอดภัยในพื้นที่ต่ำที่สุด
INF	- ระบบไฟฟ้าพร้อมใช้งานเนื่องจากอยู่ใกล้สถานีไฟฟ้าแรงสูง - ระบบน้ำเข้าถึงพื้นที่พร้อมใช้งาน		
ENG	- พื้นที่ขนาด 1,888 ไร่ ไม่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ - ความยาว jetty น้อยกว่าพื้นที่เทพาและปัตตานี เนื่องจากที่ระยะห่างจากฝั่งเท่ากัน (4 กิโลเมตร) พื้นที่ทับสะแก มีความลึกเพียงสำหรับการเทียบท่า (12.5 เมตร)	- พื้นที่ขนาด 2,960 ไร่ ข้อจำกัดด้านพื้นที่ - ความยาว jetty เท่ากันกับความยาว jetty ของพื้นที่ปัตตานี	- พื้นที่ขนาด 493 ไร่ จึงมีข้อจำกัดในการขยายพื้นที่การทำงาน หรือพื้นที่ลานกองถ่านหิน - ความยาว jetty เท่ากันกับความยาว jettyของพื้นที่เทพา - สภาพพื้นดินที่เป็นส่วนของการถมทะเลอาจจะต้องได้รับการพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มเติม

ตารางที่ 6.5-5 สรุปผลทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ (ต่อ)

	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
TRA	- พื้นที่อยู่ไกลจากที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคใต้ 550 กิโลเมตร ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบหลักของพื้นที่แห่งนี้ - มีจุดเด่นด้านการขนส่งทางน้ำและทางรถไฟ มีรางรถไฟห่างจากพื้นที่ 500 เมตร	- พื้นที่อยู่ใกล้แนวที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคใต้ 100 กิโลเมตร - มีจุดเด่นด้านการขนส่งทางน้ำและทางถนน ห่างจากทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 43 1 กิโลเมตร	- พื้นที่อยู่ใกล้แนวที่จะตั้งโรงไฟฟ้าภาคใต้ 100 กิโลเมตร มีจุดเด่นด้านการขนส่งทางน้ำและทางถนน ห่างจากทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 42 3.05 กิโลเมตร
ENV	- โดยภาพรวมในด้านผลกระทบต่อสิ่งล้อมมีค่าน้ำหนักสุดท้ายใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามจะมีจุดที่แตกต่างอยู่บางกรณี ได้แก่ พื้นที่ปัตตานีอยู่ใกล้สถานศึกษาอาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตมากกว่าพื้นที่อื่น และการขนส่งที่ไกลทำให้พื้นที่ทับสะแกส่งผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ในการคมนาคมมมากกว่าพื้นที่อื่น		

6.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการเงิน

6.6.1 ด้านการเงิน

ประกอบด้วยรายเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน ซึ่งรายการดังกล่าวจะถูกใช้เพื่อคำนวณเงินลงทุนเบื้องต้นของแต่ละพื้นที่ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.6-1 เงินลงทุนเบื้องต้นของศูนย์กระจายถ่านหินภาคกลาง

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ			ราคาต่อหน่วย		ราคา (บาท)		
			มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก	บาท		มาบตาพุด	ศรีราชา	ทับสะแก
ท่าที่ยนเรือขนรถทุก										
	ความยาวหน้าท่า 300 เมตร	ท่า	1	1	1	850,000	255,000,000	255,000,000	255,000,000	
	ความยาวท่าเทียบเรือ (jetty)	เมตร	-	2,350	3,300	400,000	-	940,000,000	1,320,000,000	
	เขื่อนกันคลื่น (breakwater)	เมตร	-	-	1,000	2,000,000	-	-	2,000,000,000	
ท่าเทียบเรือขนส่ง										
	ความยาวหน้าท่า 120 เมตร	ท่า	1	1	1	850,000	102,000,000	102,000,000	102,000,000	
						รวม	357,000,000	1,297,000,000	3,677,000,000	
อุปกรณ์ลำเลียงถ่านหิน										
	เครื่องจักรขนถ่ายถ่านหินขึ้นจากเรือบรรทุก	เครื่อง	2	2	2	540,400,000	1,080,800,000	1,080,800,000	1,080,800,000	
	เครื่องจักรทำกองถ่านหิน	เครื่อง	5	5	4	225,400,000	1,127,000,000	1,127,000,000	901,600,000	
	เครื่องจักรขนถ่ายถ่านหินลงเรือบรรทุก	เครื่อง	1	1	1	225,400,000	225,400,000	225,400,000	225,400,000	
	ความยาวสายพานขนถ่ายถ่านหินขึ้นจากเรือบรรทุก	กิโลเมตร	4.92	7.27	8.11	274,400,000	38,541,440	56,9654,440	68,364,800	
	ความยาวสายพานขนถ่ายถ่านหินลงเรือบรรทุก	กิโลเมตร	0.62	0.62	0.62	169,190,000	2,997,080	2,997,080	2,997,080	
						รวม	2,474,738,520	2,493,162,520	2,274,395,160	
อุปกรณ์ป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม										
	รั้วกันฝุ่น	เมตร	3,500	3,500	3,500	52,500	183,750,000	183,750,000	183,750,000	
						รวม	183,750,000	183,750,000	183,750,000	
อุปกรณ์อื่นๆ										
	สปริงเกอร์ รถดับ แผ่นพลาสติกรองถ่านหิน เป็นต้น L.S.		70,000,000	70,000,000	70,000,000		70,000,000	70,000,000	70,000,000	
						รวม	70,000,000	70,000,000	70,000,000	
							รวมทั้งหมด	3,085,488,520	4,043,912,520	6,205,145,1600

สำหรับภาคกลางทางเลือกที่ตั้งที่มีเงินลงทุนเบื้องต้นต่ำที่สุด คือ พื้นที่มาบตาพุด เนื่องจากเหตุผลหลักดังต่อไปนี้

- ไม่มีโครงสร้าง jetty และเขื่อนกันคลื่น
- ความยาวสายพานในระบบน้อยกว่าพื้นที่อื่น

ตารางที่ 6.6-2 เงินลงทุนในเบื้องต้นของศูนย์กระจายถ่านหินภาคใต้

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ		ราคาต่อหน่วย		ราคา (บาท)		
			ทับสะแก	เพทา	ปัตตานี	บาท	ทับสะแก	เพทา	ปัตตานี
ท่าเทียบเรือบรรทุก									
	ความยาวหน้าท่า 300 เมตร	ท่า	2	2	2	850,000	510,000,000	510,000,000	510,000,000
	ความยาวท่าเทียบเรือ (jetty)	เมตร	3,300	12,500	12,500	400,000	1,320,000,000	5,000,000,000	5,000,000,000
	เขื่อนกันคลื่น (breakwater)	เมตร	1,000	1,000	1,000	2,000,000	2,000,000,000	2,000,000,000	2,000,000,000
ท่าเทียบเรือขนส่ง									
	ความยาวหน้าท่า 120 เมตร	ท่า	1	1	1	850,000	204,000,000	102,000,000	102,000,000
		รวม				รวม	3,932,000,000	7,612,000,000	7,612,000,000
อุปกรณ์ลำเลียงถ่านหิน									
	เครื่องจักรขนถ่ายถ่านหินขึ้นจากเรือบรรทุก	เครื่อง	4	4	4	540,400,000	2,161,600,000	2,161,600,000	2,161,600,000
	เครื่องจักรกองถ่านหิน	เครื่อง	7	7	7	225,400,000	1,577,800,000	1,577,800,000	1,577,800,000
	เครื่องจักรขนถ่ายถ่านหินลงเรือบรรทุก	เครื่อง	1	1	1	225,400,000	225,400,000	225,400,000	225,400,000
	ความยาวสายพานขนถ่ายถ่านหินขึ้นจากเรือบรรทุก	กิโลเมตร	8.72	17.92	17.92	274,400,000	68,396,160	140,524,160	140,524,160
	ความยาวสายพานขนถ่ายถ่านหินลงเรือบรรทุก	กิโลเมตร	0.62	0.62	0.62	169,190,000	2,997,080	2,997,080	2,997,080
						รวม	4,036,193,240	4,108,321,240	4,108,321,240
อุปกรณ์ป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม									
	รั้วกันฝุ่น	เมตร	5,400	5,400	5,400	52,500	283,500,000	283,500,000	283,500,000
						รวม	283,500,000	283,500,000	283,500,000
อุปกรณ์อื่นๆ									
	สถิรงเกอร์ รถตัก แผ่นพลาสติกรองถ่านหิน เป็นต้น L.S.		70,000,000	70,000,000	70,000,000		70,000,000	70,000,000	70,000,000
						รวม	70,000,000	70,000,000	70,000,000
						รวมทั้งหมด	8,321,693,240	12,073,821,240	12,073,821,240

สำหรับภาคใต้ทางเลือกที่ตั้งที่มีเงินลงทุนเบื้องต้นต่ำที่สุด คือ พื้นที่ทับสะแก เนื่องจากเหตุผลหลักดังต่อไปนี้

- โครงสร้าง jetty มีความยาวน้อยกว่าพื้นที่อื่น
- ความยาวสายพานในระบบน้อยกว่าพื้นที่อื่น

6.6.2 ด้านเศรษฐศาสตร์

ผลจากการมีศูนย์กระจายถ่านหินจะช่วยให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆได้ดังนี้

- ความมั่นคง

PDP2015 [1] ระบุว่าปัจจุบันประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตกระแสไฟฟ้า 65 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงทั้งหมด ในจำนวนนั้นเป็นก๊าซธรรมชาติที่นำเข้าจากประเทศพม่าถึง 42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเพิ่มสัดส่วนการใช้ถ่านหินถือเป็นการลดความพึ่งพาเชื้อเพลิงจากประเทศข้างเคียง ทำให้เพิ่มความมั่นคงในด้านการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

- เสถียรภาพ

ศูนย์กระจายถ่านหินมาสามารถลดความเสี่ยงในการขาดแคลนถ่านหินในเวลาที่ไม่สามารถนำเข้าถ่านหินได้ รวมถึงการสำรองถ่านหินในเวลาที่ราคาถ่านหินในตลาดเกิดการผันผวน

- ต้นทุนการดำเนินการ

การมีศูนย์กระจายถ่านหินจะทำให้สามารถบริหารจัดการด้านต้นทุนสินค้าคงคลังทั้งค่าเก็บรักษา (Holding Cost) และค่าสั่งซื้อ (Ordering Cost) ทำให้สามารถจัดการต้นทุนของศูนย์กระจายถ่านหินให้มีต้นทุนที่ต่ำ รวมถึงความสามารถในการลดค่าขนส่งถ่านหินจาก 200 บาทต่อตัน ณ ปัจจุบัน เป็น 100 บาทโดยประมาณ

- ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

เนื่องจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามากกว่าร้อยละ 50 เกิดจากต้นทุนเชื้อเพลิงซึ่งต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหินต่ำกว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชนิดอื่น ดังนั้นการเพิ่มสัดส่วนการใช้ถ่านหินส่งผลให้ค่าไฟฟ้าฐานและค่าไฟฟ้าผันแปร(Ft) ลดลง นอกจากนี้การทำสัญญานำเข้าถ่านหินปริมาณมากทำให้เกิดอำนาจในการต่อรองราคาถ่านหินต่อตันให้ต่ำลงได้อีก

- การแข่งขันด้านธุรกิจ

การที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าลดลง ส่งผลให้เกิดการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้านธุรกิจ นำไปสู่การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

- การจำหน่ายให้กับกลุ่มผู้ใช้รายเล็ก

ศูนย์กระจายถ่านหินจึงสามารถทำหน้าที่เป็นผู้จำหน่ายถ่านหินนำเข้าให้กับกลุ่มผู้ใช้รายเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่จะซื้อถ่านหินจากผู้ประกอบการค้าถ่านหินที่มีพื้นที่กองเก็บ หรือสามารถทยอยส่งมอบได้ เนื่องจากโรงงานมีขนาด เล็กและมีพื้นที่กองเก็บน้อย เนื่องจากปริมาณการนำเข้ามากขึ้นจะช่วยให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง ซึ่งช่วยเพิ่มความได้เปรียบในการตั้งราคาขาย

- การสร้างอาชีพและการกระจายรายได้

การจ้างงาน การกระจายรายได้ และการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นของพื้นที่รอบโครงการศูนย์กระจายถ่านหิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.6.3 การคำนวณอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost ratio)

การคำนวณอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุนทำได้โดยการคำนวณประโยชน์ (Benefit) ที่จะเกิดขึ้นจากความสามารถในการลดค่าขนส่งจากราคาปัจจุบันประมาณ 200 บาท/ตัน[2] โดยที่การขนส่งเป็นการขนส่งลำดับที่ 2 ครอบคลุมเฉพาะการขนส่งถ่านหินด้วยเรือบาร์จไปยังผู้ใช้ปลายทางในประเทศไทย ไม่รวมค่าขนส่งด้วยเรือบรรทุกสินค้าเทกองที่มาจากต่างประเทศ เมื่อมีการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน ณ พื้นที่ทางเลือกอันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 ที่ผ่านการวิเคราะห์จาก Fuzzy-AHP (รายละเอียดการคำนวณดังภาคผนวก จ)

จากนั้นนำค่าขนส่งที่ประหยัดได้ภายในระยะเวลาโครงการ (20 ปี) มาคำนวณกับต้นทุน (Cost) หรือเงินลงทุนเบื้องต้นที่แสดงในตารางที่ 6.6-1 และตารางที่ 6.6-2 ผลวิเคราะห์จากปัจจัยเชิงคุณภาพและปัจจัยเชิงปริมาณ ที่ได้จาก Fuzzy-AHP และอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุนตามลำดับ โดยที่ทุกทางเลือกที่ตั้งมีอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุนมากกว่า 1 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนประโยชน์ต่อต้นทุนส่วนเพิ่มระหว่างที่ตั้งภายในภาคเดียวกัน ศรีราชา-มาบตาพุดได้ค่าเท่ากับ 0.59 แสดงว่ามาบตาพุดเหมาะสมที่จะจะจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินมากกว่าศรีราชาในทำนองเดียวกัน เทพา-ทับสะแกได้ค่าเท่ากับ 4.99 ทำให้พื้นที่เทพามีความเหมาะที่จะจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินมากกว่าทับสะแก

สรุปได้ว่ามาบตาพุดคือทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินภาคกลางโดยมีศรีราชาเป็นทางเลือกที่ตั้งสำรอง และเทพาเป็นทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินภาคใต้โดยมีทับสะแกเป็นทางเลือกที่ตั้งสำรองดังตารางที่ 6.6-3

ตารางที่ 6.6-3 Benefit-Cost ratio ของแต่ละทางเลือกที่ตั้ง

ทางเลือกที่ตั้ง		ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	เงินลงทุนเบื้องต้น	B/C	ΔB/ΔC
ภาค	พื้นที่	B (พันล้านบาท)	C (พันล้านบาท)		
กลาง	มาบตาพุด	14.320	3.085	4.64	ศรีราชา-มาบตาพุด
	ศรีราชา	14.899	4.044	3.68	0.60
ใต้	เทพา	32.129	12.074	2.66	เทพา-ทับสะแก
	ทับสะแก	10.081	8.321	1.61	5.87

[2] อ้างอิงจากการสอบถามผู้ประกอบการขนส่งถ่านหินจาก เกาะสีชังไปยัง อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

6.7 การเปรียบเทียบระหว่างการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน 1 แห่งกับ 2 แห่ง

จากการสรุปทางเลือกที่ตั้งบทที่ 5.5.6 หากมีศูนย์กระจายถ่านหินหนึ่งแห่ง จะต้องมีพื้นที่ในการรองรับปริมาณความต้องการของภาคกลางและภาคใต้ 17.5 ล้านตันกับภาคอุตสาหกรรม 5.5 ล้านตันรวมทั้งหมดเท่ากับ 23 ล้านตัน ซึ่งต้องการลานกองขนาด 354 ไร่ และต้องการท่าเทียบเรือ 3 ท่าเพื่อรองรับเรือบรรทุกถ่านหิน 384 ลำต่อปี ตามตารางที่ 5.1-5

เมื่อพิจารณาที่ปริมาณความต้องการดังตารางที่ 5.1-2 โรงไฟฟ้าแห่งแรกที่ต้องการถ่านหินนำเข้าจะตั้งอยู่ที่พื้นที่เทพา ในปีพ.ศ.2564 (โรงไฟฟ้า #2 เทพา) และปีพ.ศ.2567 (โรงไฟฟ้า #3 เทพา) หลักจากนั้น 11 ปี จึงจะเริ่มดำเนินการในโรงไฟฟ้าในภาคกลาง ในปีพ.ศ.2575 และปีพ.ศ. 2578 (โรงไฟฟ้า #4 และ #6) ขั้นกลางด้วยโรงไฟฟ้า #5 ในปีพ.ศ.2577

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถระยะการดำเนินการได้ดังนี้

ระยะการดำเนินการที่ 1 ปีพ.ศ.2564 - 2575 โรงไฟฟ้า #2 เทพา และ #3 เทพา

ระยะการดำเนินการที่ 2 ปีพ.ศ.2575 - 2579 โรงไฟฟ้า #4 ทับสะแก #5 ปัตตานี #6 บริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก

6.7.1 ระยะการดำเนินการที่ 1

จากผลการวิเคราะห์บทที่ 6.6 ทางเลือกที่ตั้งสำหรับภาคกลางที่เหมาะสมได้แก่ พื้นที่มาบตาพุดและพื้นที่ศรีราชา ซึ่งการตั้งศูนย์กระจายถ่านหินที่พื้นที่ศรีราชา หรือพื้นที่มาบตา-พุดทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งถ่านหินไปยังภาคใต้ประมาณ 126 ถึง 131 บาทต่อตัน หรือประมาณ 882 ถึง 917 ล้านบาทต่อปี (ตารางที่ 6.7-1)

ในทำนองเดียวกันผลวิเคราะห์จากบทที่ 6.6 ศูนย์กระจายถ่านหินสำหรับภาคใต้ควรจัดตั้งบริเวณพื้นที่เทพาซึ่งถูกออกแบบให้รองรับปริมาณความต้องการจากโรงไฟฟ้า #2 #3 ในระยะการดำเนินการที่ 1 และโรงไฟฟ้า #5 ในระยะการดำเนินการที่ 2

มากไปกว่านั้นเมื่อพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง จากการที่พื้นที่เทพาเป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้า #2 และ#3 ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งถ่านหินได้ ถึงแม้ว่าเงินลงทุนเบื้องต้นเทพาจะมากกว่าพื้นทีที่มีเงินลงทุนต่ำที่สุดประมาณ 6,542 ล้านบาท (9,627-3,085) แต่เมื่อรวมค่าใช้จ่ายของระยะการดำเนินการที่ 1 ทั้งอายุโครงการ 20 พบว่าค่าใช้จ่ายมีค่าสูงกว่าส่วนต่างเงินลงทุนอย่างน้อย 14,173 ล้านบาท เพราะฉะนั้นพื้นที่เทพาจะมีข้อได้เปรียบอย่างมากที่เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินสำหรับระยะการดำเนินการที่

ตารางที่ 6.7-1 รายละเอียดทางเลือกการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินระยะการดำเนินการที่ 1

รายการ	หน่วย	มาบตาพุด	ศรีราชา	เทพา	หมายเหตุ
เงินลงทุนเบื้องต้น	ล้านบาท	3,085	4,043	9,627	
ปริมาณถ่านหินที่ต้องขนส่ง	ล้านตันต่อปี	7	7	-	
จำนวนการขนส่ง	เที่ยวต่อปี	538	538	-	13,000 ตันต่อลำ
ระยะทางจากโรงไฟฟ้า #2	กิโลเมตร	650	700	-	
ระยะทางจากโรงไฟฟ้า #3	กิโลเมตร	650	700	-	
จำนวนเรือบาร์จ	ลำ	8	8	-	87.5 ล้านบาทต่อลำ
จำนวนเรือลากจูง	ลำ	6	6	-	105 ล้านบาทต่อลำ
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งปีแรก	บาทต่อตัน	126	131	-	
	ล้านบาทต่อปี	882	917	-	
มูลค่าปัจจุบันค่าใช้จ่ายในการขนส่ง 20 ปี	ล้านบาท	23,700	24,640		ค่าขนส่งเพิ่มขึ้น 3% ต่อปี

6.7.2 ระยะการดำเนินการที่ 2

ทางเลือกที่ตั้งสำหรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่ายหินสำหรับโรงไฟฟ้า #4 #5 และ #6 สามารถทำให้สรุปทางเลือกการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินได้ดังนี้

1. ศูนย์กระจายถ่านหิน 1 แห่ง

- ขยายการดำเนินการพื้นที่เทพาเพื่อรองรับปริมาณความต้องการถ่านหินเพิ่มเติมจากโรงไฟฟ้า #4 และ #6 (ออกแบบครอบคลุมโรงไฟฟ้า #5 ตั้งแต่ระยะการดำเนินการที่ 1)

2. ศูนย์กระจายถ่านหิน 2 แห่ง

- พื้นที่เทพารองรับปริมาณความต้องการถ่านหินเพิ่มเติมจากโรงไฟฟ้า #5 (จากเดิม #2 และ#3)
- พื้นที่มาบตาพุด หรือพื้นที่ศรีราชา รองรับปริมาณความต้องการถ่านหินจากโรงไฟฟ้า #4 และ#6

ตารางที่ 6.7-2 รายละเอียดทางเลือกการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินระยะการดำเนินการที่ 2

รายการ	หน่วย	มาบตาพุด	ศรีราชา	เทพา	เทพา (1 แห่ง)	หมายเหตุ
เงินลงทุนเบื้องต้น	ล้านบาท	3,085	4,043	-	-	
เงินลงทุนเพิ่มเติม	ล้านบาท	-	-	2,447	4,741	
ปริมาณถ่านหินที่ต้องขนส่ง	ล้านตันต่อปี	7	7	3.5	10.5	
จำนวนการขนส่ง	เที่ยวต่อปี	538	538	269	808	13,000 ตันต่อลำ
ระยะทางจากโรงไฟฟ้า #4	กิโลเมตร	200	230	-	560	
ระยะทางจากโรงไฟฟ้า #5	กิโลเมตร	-	-	50	30	
ระยะทางจากโรงไฟฟ้า #6	กิโลเมตร	160	100	-	750	
จำนวนเรือบาร์จ	ลำ	3	3	1	8	87.5 ล้านบาทต่อลำ
จำนวนเรือลากจูง	ลำ	2	2	1	6	105 ล้านบาทต่อลำ
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งปีแรก	บาทต่อตัน	61	58	26	173	
	ล้านบาทต่อปี	427	406	91	1,816.5	

จากตารางที่ 6.7-3 จะพบว่า ถึงแม้เงินลงทุนในปีแรกสำหรับการมีศูนย์กระจายถ่านหิน 2 แห่งจะมากกว่า แต่เมื่อคำนวณหาจุดตคุ้มทุนเบื้องต้น พบว่าการสร้างศูนย์กระจายถ่านหินที่พื้นที่เทพาและมาบตาพุดจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 0.63 ปี (791.4/1,298.5) เร็วกว่าการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินที่พื้นที่เทพาและศรีราชาซึ่งมีระยะคืนทุนประมาณ 1.32 ปี (1,749/1,319.5)

ตารางที่ 6.7-3 เงินลงทุนเบื้องต้นและค่าขนส่งระยะการดำเนินการที่ 2

รายการ	หน่วย	เทพาและมาบตาพุด	เทพา (1 แห่ง)	ส่วนต่าง
เงินลงทุนรวมเบื้องต้น	ล้านบาท	5,532	4,741	-791.4
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งปีแรก	ล้านบาทต่อปี	518	1,816.5	+1,298.5
รายการ	หน่วย	เทพาและศรีราชา	เทพา (1 แห่ง)	ส่วนต่าง
เงินลงทุนรวมเบื้องต้น	ล้านบาท	6,490	4,741	-1,749
ค่าใช้จ่ายในการขนส่งปีแรก	ล้านบาทต่อปี	497	1,816.5	+1,319.5

จากผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของทางเลือกที่ตั้ง และผลจากตารางที่ 6.7-3 สรุปได้ว่า การมีศูนย์กระจายถ่านหิน 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่เทพาสำหรับรองรับปริมาณความต้องการของโรงไฟฟ้า #2 #3 และ #5 และพื้นที่มาบตาพุดสำหรับรองรับปริมาณความต้องการของโรงไฟฟ้า #4 และ #6 มีความเหมาะสมมากกว่าการมีศูนย์กระจายถ่านหิน 1 แห่งที่พื้นทีเทพา

บทที่ 7

การวิเคราะห์ความไวของผลการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

7.1 สมมติฐานการวิเคราะห์ความไว

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ความไวเพื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักรวมของทางเลือกที่ตั้งเมื่อน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผลลัพธ์การเลือกที่ตั้งคำนวณมาจากค่าน้ำหนักรวมเพียงกรณีเดียว หากเปลี่ยนค่าน้ำหนักรวมผลลัพธ์ที่ได้อาจจะเปลี่ยนแปลงไป

การวิเคราะห์ความไวจะช่วยแสดงว่า ค่าน้ำหนักรวมของทางเลือกที่ตั้งแต่ละที่มีความไวในการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด กล่าวคือทางเลือกที่ตั้งที่มีความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักรวมต่ำหมายถึงเป็นทางเลือกที่มีความมั่นคงสูง ถึงแม้สภาพการณ์จะเปลี่ยนแปลงไปทางเลือกนั้นยังคงอันดับที่มีความเหมาะสมได้ดังเดิม

เมื่อประยุกต์การวิเคราะห์ความไวร่วมกับผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้างต้น ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกที่มีความเหมาะสมได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น บางกรณีผลลัพธ์ทางเลือกที่เหมาะสมอันดับที่หนึ่งอาจจะมีความไวต่อสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงมากกว่าผลลัพธ์ทางเลือกที่เหมาะสมอันดับรองลงมา

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจต้องพิจารณาถึงขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสภาพการณ์ด้วย หากสภาพการณ์ที่ใช้พิจารณาความไวไม่เคยเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นได้ยาก เพราะผลการวิเคราะห์ความไวอาจจะไม่สื่อถึงสภาพความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้น

การวิจัยนี้จะวิเคราะห์ความไวด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักทั้ง 5 ทีละปัจจัยจาก 0.00 ถึง 0.99 เพิ่มขึ้นที่ละ 0.1 ทั้งหมด 11 กรณี เพื่อเปรียบเทียบอันดับทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในภาคใต้และภาคกลาง ด้วยการคำนวณดังนี้ โดยทีใช้ความสัมพันธ์ของสัดส่วนคะแนนจากผลการวิเคราะห์ Fuzzy-AHP เป็นต้นแบบ ซึ่งเมื่อกำหนดน้ำหนักค่าน้ำหนักความสำคัญทีละปัจจัยจึงสามารถคำนวณค่าน้ำหนักอีก 4 ปัจจัยได้จากความสัมพันธ์ ดังวิธีการคำนวณต่อไปนี้

$$W_j' = \frac{W_j}{W_{ALL} - W_i} \cdot (1 - W_i') \tag{7.1}$$

โดยที่

W_j' คือ น้ำหนักความสำคัญใหม่ของปัจจัยหลัก j

W_j คือ น้ำหนักความสำคัญเดิมจากการวิเคราะห์ของปัจจัยหลัก j

W_i' คือ น้ำหนักความสำคัญใหม่ของปัจจัยหลักตั้งต้น i ที่กำหนด

W_i คือ น้ำหนักความสำคัญเดิมของปัจจัยหลักตั้งต้น i ที่กำหนด

W_{ALL} คือ น้ำหนักความสำคัญรวมของทุกปัจจัยหลัก

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความไวทางเลือกที่ตั้งเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC เปลี่ยนแปลงจาก 0.00 ถึง 0.99 เพิ่มขึ้นทีละ 0.1 (ทั้งหมด 11 กรณี)

กำหนดให้ปัจจัยหลักตั้งต้นคือ ปัจจัยหลัก SOC

จากตารางที่ 6.2-10 ดังนั้น $W_i = \mu^*_{SOC} = 0.233$ และ $W_{ALL} = \mu^*_{ALL} = 1.000$

- กรณีที่ 1 เมื่อกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC เท่ากับ 0 ดังนั้น $W_i' = (\mu^*_{SOC})' = 0.00$

ปัจจัยหลัก INF $W_j = \mu^*_{INF} = 0.107$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.107}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0) = 0.139$$

ปัจจัยหลัก ENG $W_j = \mu^*_{ENG} = 0.275$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.275}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0) = 0.358$$

ปัจจัยหลัก TRA $W_j = \mu^*_{TRA} = 0.176$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.176}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0) = 0.229$$

ปัจจัยหลัก ENV $W_j = \mu^*_{ENV} = 0.211$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.211}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0) = 0.274$$

- กรณีที่ 2 เมื่อกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC เท่ากับ 0.1 ดังนั้น $W_i' = (\mu^*_{SOC})' = 0.10$

ปัจจัยหลัก INF $W_j = \mu^*_{INF} = 0.107$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.107}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.10) = 0.125$$

ปัจจัยหลัก ENG $W_j = \mu^*_{ENG} = 0.275$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.275}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.10) = 0.322$$

ปัจจัยหลัก TRA $W_j = \mu^*_{TRA} = 0.176$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.176}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.10) = 0.206$$

ปัจจัยหลัก ENV $W_j = \mu^*_{ENV} = 0.203$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.203}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.10) = 0.247$$

เมื่อคำนวณตามขั้นต้นข้างต้นจนกระทั่งกรณีที่ 11 เมื่อกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC เท่ากับ 1 จะพบว่า $W_i' = (\mu^*_{SOC})' = 1.00$ ทำให้ค่าน้ำหนักความสำคัญใหม่ของปัจจัยหลัก j จะมีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากพจน์ $1 - (\mu^*_{SOC})'$ งานวิจัยจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0.99 เพื่อให้ค่าน้ำหนักไม่เป็นศูนย์ ดังนั้น $W_i' = (\mu^*_{SOC})' = 0.99$

- กรณีที่ 11 เมื่อกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC เท่ากับ 0.99 ดังนั้น $W_i' = (\mu^*_{SOC})' = 0.99$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยหลัก INF $W_j = \mu^*_{INF} = 0.107$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.107}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.99) = 0.001$$

ปัจจัยหลัก ENG $W_j = \mu^*_{ENG} = 0.275$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.275}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.99) = 0.004$$

ปัจจัยหลัก TRA $W_j = \mu^*_{TRA} = 0.176$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.176}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.99) = 0.002$$

ปัจจัยหลัก ENV $W_j = \mu^*_{ENV} = 0.211$ เมื่อแทนค่าด้วยสมการ 7.1 จะได้ว่า

$$W_j' = \frac{0.211}{1.000 \text{ - } 0.233} \times (1 \text{ - } 0.99) = 0.003$$

7.2 ผลการวิเคราะห์ความไว

หลังจากการคำนวณทั้ง 11 กรณีของปัจจัยหลักตั้งต้นคือ ปัจจัยหลัก SOC จากนั้นนำค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักในแต่ละกรณีแทนลงในสมการ (6.13) เพื่อคำนวณน้ำหนักรวมของปัจจัยย่อย และทำการคำนวณค่าน้ำหนักรวมใหม่ของทางเลือกที่ตั้งในภาคกลางและภาคใต้ตามสมการ (6.14) ได้ผลดังตารางที่ 7.2-1

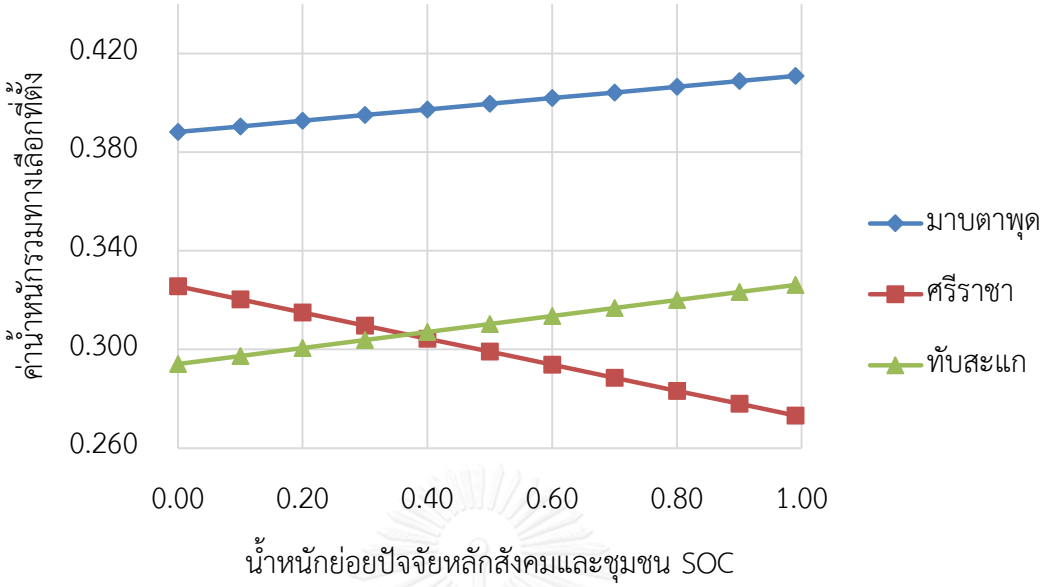
เช่นเดียวกันกับกรณีของปัจจัยหลักตั้งตั้งต้น SOC เมื่อประยุกต์วิธีการคำนวณดังกล่าวกับปัจจัยหลัก INF ENG TRA และ ENV จะได้ผลค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งดังตารางที่ ถึงตารางที่

จากตารางที่ 7.2-1 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลางของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก SOC แต่ละกรณี แสดงอันดับด้วยสี สีเขียวคืออันดับที่ 1 สีเหลืองคืออันดับที่ 2 และสีแดงคืออันดับที่ 3 พบว่าพื้นที่มาบตาพุดมีความมั่นคงมากที่สุด และเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก SOC เพิ่มมากขึ้นถึง 0.40 มีการเปลี่ยนแปลงอันดับของศรีราชากับทับสะแก จากอันดับที่ 2 เป็นอันดับที่ 3 ตามลำดับ กล่าวคือหากปัจจัยหลัก SOC ถูกให้ความสำคัญมากกว่า 0.4 พื้นที่ทับสะแกจะมีความเหมาะสมมากกว่าพื้นที่ศรีราชาดังรูปที่ 7.2-1

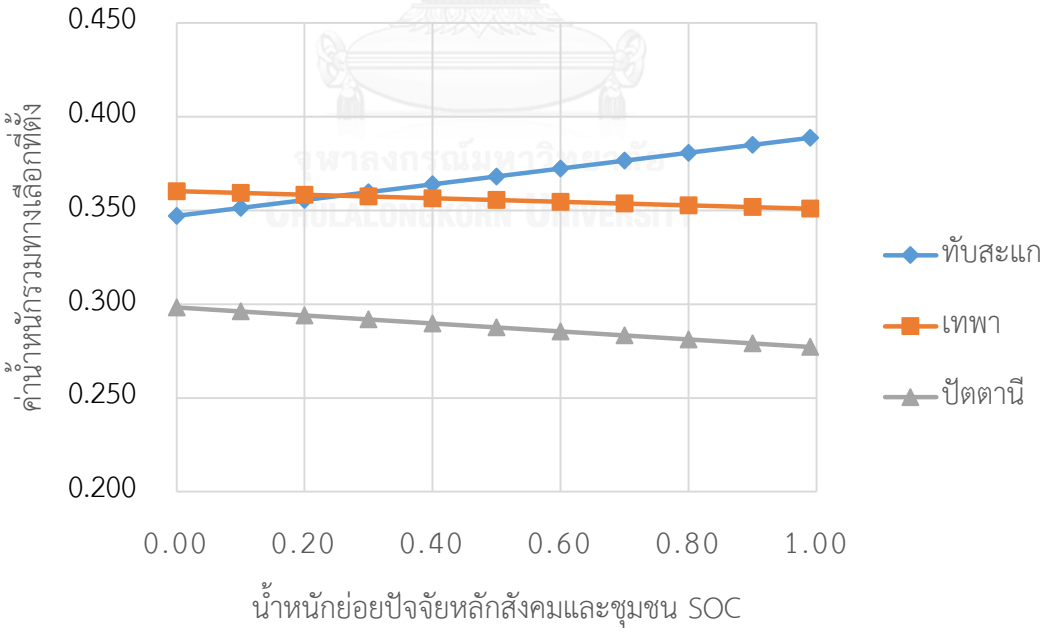
ตารางที่ 7.2-1 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก SOC

ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักเดิม	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก SOC										
SOC	0.233	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.99
INF	0.107	0.139	0.125	0.111	0.097	0.083	0.070	0.056	0.042	0.028	0.014	0.001
ENG	0.275	0.358	0.322	0.286	0.250	0.215	0.179	0.143	0.107	0.072	0.036	0.004
TRA	0.176	0.229	0.206	0.183	0.160	0.137	0.114	0.092	0.069	0.046	0.023	0.002
ENV	0.211	0.274	0.247	0.220	0.192	0.165	0.137	0.110	0.082	0.055	0.027	0.003
น้ำหนักรวม	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง												
มาบตาพุด		0.388	0.390	0.393	0.395	0.397	0.400	0.402	0.404	0.406	0.409	0.411
ศรีราชา		0.326	0.320	0.315	0.310	0.304	0.299	0.294	0.289	0.283	0.278	0.273
ทับสะแก		0.294	0.297	0.301	0.304	0.307	0.310	0.314	0.317	0.320	0.323	0.326
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้												
ทับสะแก		0.347	0.351	0.356	0.360	0.364	0.368	0.372	0.377	0.381	0.385	0.389
เทพา		0.360	0.359	0.358	0.357	0.357	0.356	0.355	0.354	0.353	0.352	0.351
ปัตตานี		0.298	0.296	0.294	0.292	0.290	0.288	0.285	0.283	0.281	0.279	0.277

ในส่วนของค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้จะเปลี่ยนแปลงอันดับทางเลือกที่ตั้ง เมื่อปัจจัยหลัก SOC มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.3 เป็นต้นไปเทพาจะลงไปเป็นอันดับที่ 2 และทับสะแกจะเป็นอันดับที่ 1 เนื่องจากในด้านสังคมและชุมชนทับสะแกมีคะแนนรวมมากว่าเทพาดังรูปที่ 7.2-2



รูปที่ 7.2-1 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก SOC และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง



รูปที่ 7.2-2 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก SOC และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

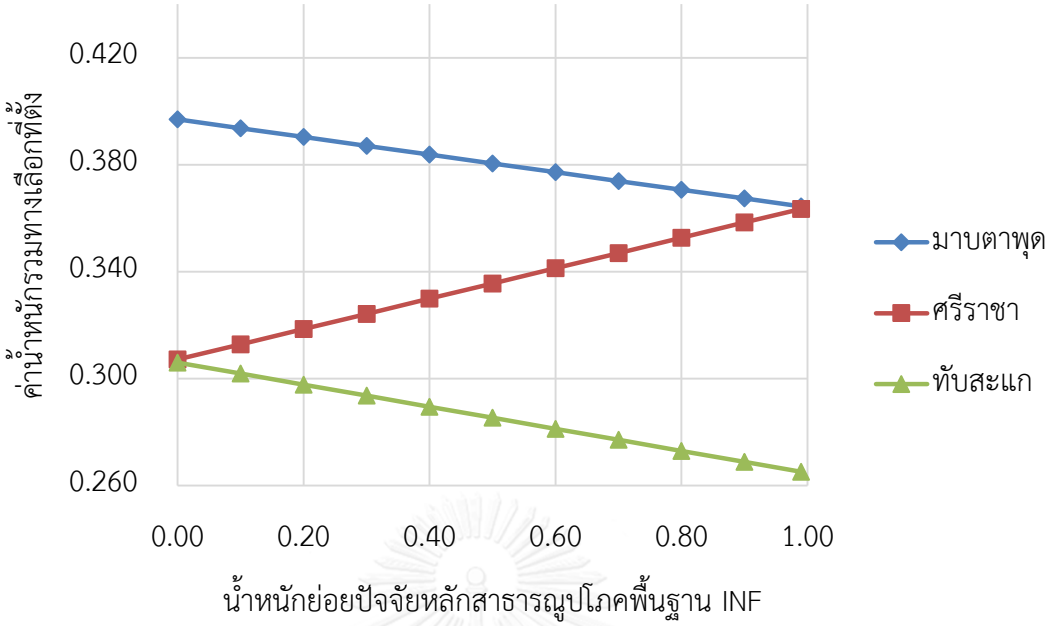
ตารางที่ 7.2-2 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลางของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก INF แต่ละกรณี แสดงอันดับด้วยสี สีเขียวคืออันดับที่ 1 สีเหลืองคืออันดับที่ 2 และสีแดงคืออันดับที่ 3 พบว่าเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก INF เพิ่มมากขึ้นช่วงค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งพื้นที่มาบตาพุดและพื้นที่ทับสะแกจะมีค่าลู่เข้าหากันจนกระทั่งเท่ากันที่ INF มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.99 ดังรูปที่ 7.2-3 เนื่องจากพื้นที่มาบตาพุดและพื้นที่ศรีราชามีความเหมาะสมของพื้นที่ในด้าน INF ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 7.2-2 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก INF

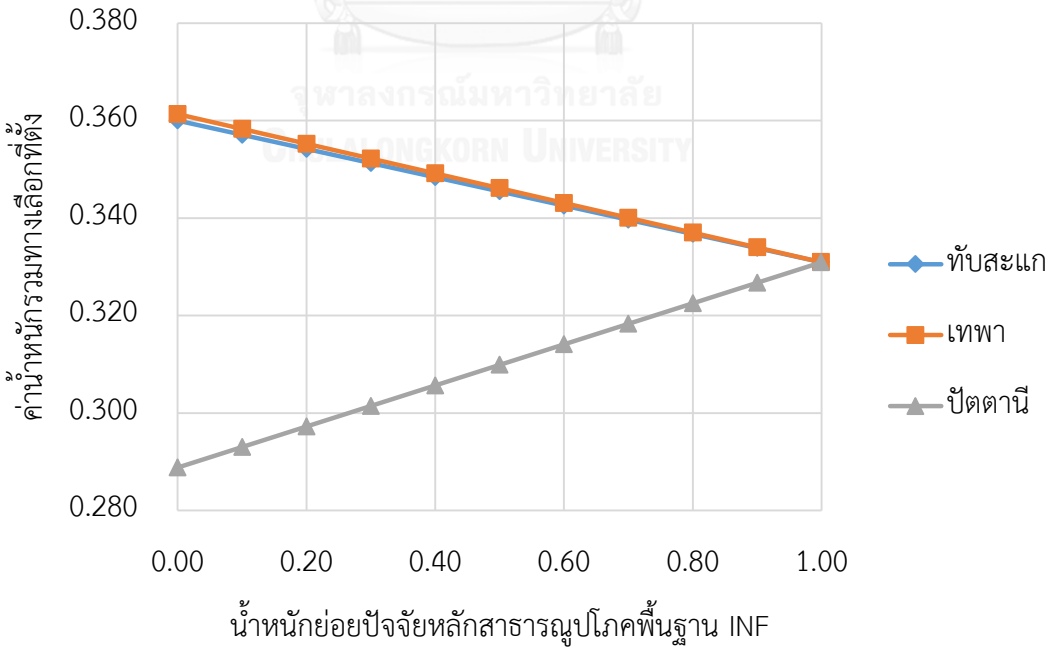
ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักเดิม	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก INF										
SOC	0.233	0.267	0.240	0.213	0.187	0.160	0.133	0.107	0.080	0.053	0.027	0.003
INF	0.107	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.99
ENG	0.275	0.303	0.273	0.243	0.212	0.182	0.152	0.121	0.091	0.061	0.030	0.003
TRA	0.176	0.203	0.182	0.162	0.142	0.122	0.101	0.081	0.061	0.041	0.020	0.003
ENV	0.211	0.227	0.205	0.182	0.159	0.136	0.114	0.091	0.068	0.045	0.023	0.002
น้ำหนักรวม	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง												
มาบตาพุด		0.397	0.394	0.390	0.387	0.384	0.381	0.377	0.374	0.371	0.367	0.364
ศรีราชา		0.307	0.313	0.319	0.324	0.330	0.336	0.341	0.347	0.353	0.358	0.363
ทับสะแก		0.306	0.302	0.298	0.294	0.290	0.285	0.281	0.277	0.273	0.269	0.265
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้												
ทับสะแก		0.360	0.357	0.354	0.351	0.348	0.345	0.343	0.340	0.337	0.334	0.331
เทพา		0.361	0.358	0.355	0.352	0.349	0.346	0.343	0.340	0.337	0.334	0.331
ปัตตานี		0.289	0.293	0.297	0.301	0.306	0.310	0.314	0.318	0.323	0.327	0.331

ในส่วนของค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ เช่นเดียวกันกับพื้นที่มาบตาพุดและศรีราชา ช่วงค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งของพื้นที่ทับสะแก พื้นที่เทพาและพื้นที่ปัตตานีจะมีค่าน้อยลง จนเท่ากันที่ INF มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.99 ดังรูปที่ 7.2-4

เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 3 มีความเหมาะสมของพื้นที่ในด้าน INF ใกล้เคียงกัน แสดงว่าพื้นที่ทางเลือกทั้ง 3 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก INF ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 7.2-3 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก INF และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง



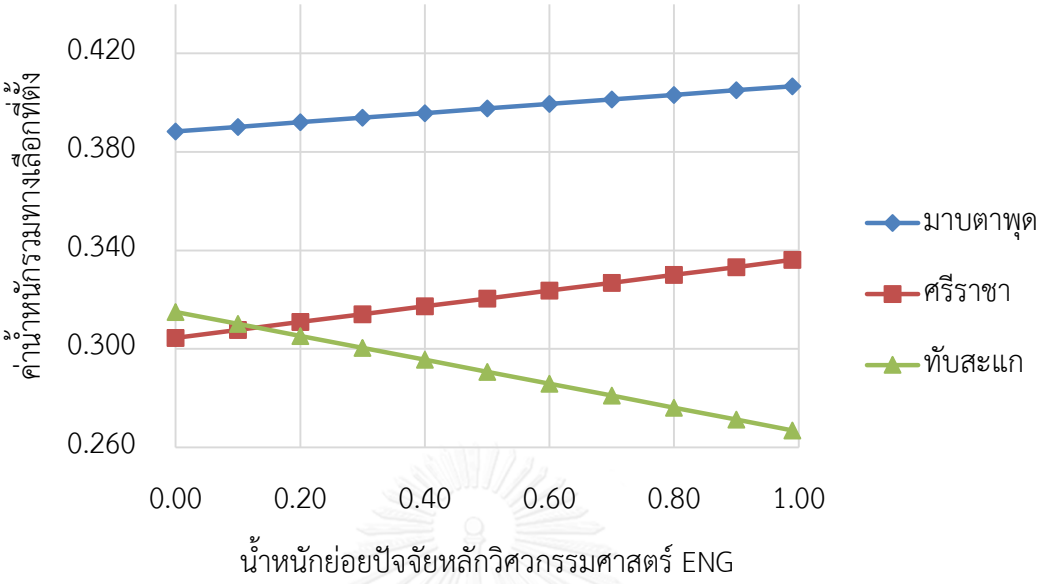
รูปที่ 7.2-4 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก INF และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

จากตารางที่ 7.2-3 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลางของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก ENG แต่ละกรณี แสดงอันดับด้วยสี สีเขียวคืออันดับที่ 1 สีเหลืองคืออันดับที่ 2 และสีแดงคืออันดับที่ 3 พบว่าพื้นที่มาบตาพุดมีความมั่นคงมากที่สุด และเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ENG เพิ่มมากขึ้น อันดับของพื้นที่ศรีราและพื้นที่ทับสะแก ยิ่งมีช่วงคะแนนรวมห่างกันชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยที่ทั้ง 2 พื้นที่หลังมีความมั่นคงใกล้เคียงกันดังรูปที่ 7.2-5

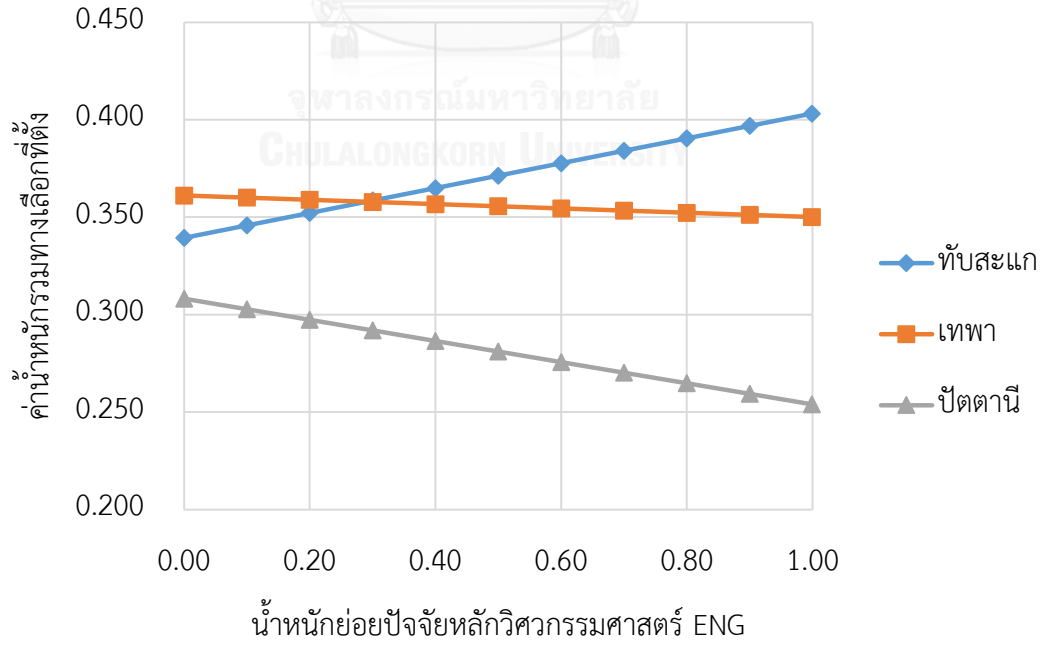
ตารางที่ 7.2-3 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก ENG

ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักเดิม	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก ENG										
SOC	0.233	0.326	0.293	0.261	0.228	0.196	0.163	0.130	0.098	0.065	0.033	0.003
INF	0.107	0.148	0.133	0.118	0.104	0.089	0.074	0.059	0.044	0.030	0.015	0.001
ENG	0.275	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.99
TRA	0.176	0.248	0.223	0.198	0.174	0.149	0.124	0.099	0.074	0.050	0.025	0.002
ENV	0.211	0.278	0.250	0.222	0.195	0.167	0.139	0.111	0.083	0.056	0.028	0.003
น้ำหนักรวม	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง												
มาบตาพุด		0.388	0.390	0.392	0.394	0.396	0.398	0.399	0.401	0.403	0.405	0.407
ศรีราชา		0.304	0.308	0.311	0.314	0.317	0.320	0.324	0.327	0.330	0.333	0.336
ทับสะแก		0.315	0.310	0.305	0.300	0.296	0.291	0.286	0.281	0.276	0.271	0.267
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้												
ทับสะแก		0.339	0.346	0.352	0.359	0.365	0.371	0.378	0.384	0.390	0.397	0.403
เทพา		0.361	0.360	0.359	0.358	0.357	0.356	0.354	0.353	0.352	0.351	0.350
ปัตตานี		0.308	0.303	0.297	0.292	0.286	0.281	0.276	0.270	0.265	0.259	0.254

ในส่วนของค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ หากปัจจัยหลัก ENG มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.3 เป็นต้นไป พื้นที่ทับสะแกจะเป็นทางเลือกที่ตั้งอันดับที่ 1 เพราะ มีคะแนนรวมด้านวิศวกรรมศาสตร์มากที่สุด และพื้นที่เทพามีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่ำที่สุดสังเกตได้จากความชันของกราฟที่ไม่มากนัก ส่วนพื้นที่ปัตตานีมีความไวค่อนข้างมากดังรูปที่ 7.2-6



รูปที่ 7.2-5 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENG และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง



รูปที่ 7.2-6 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENG และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

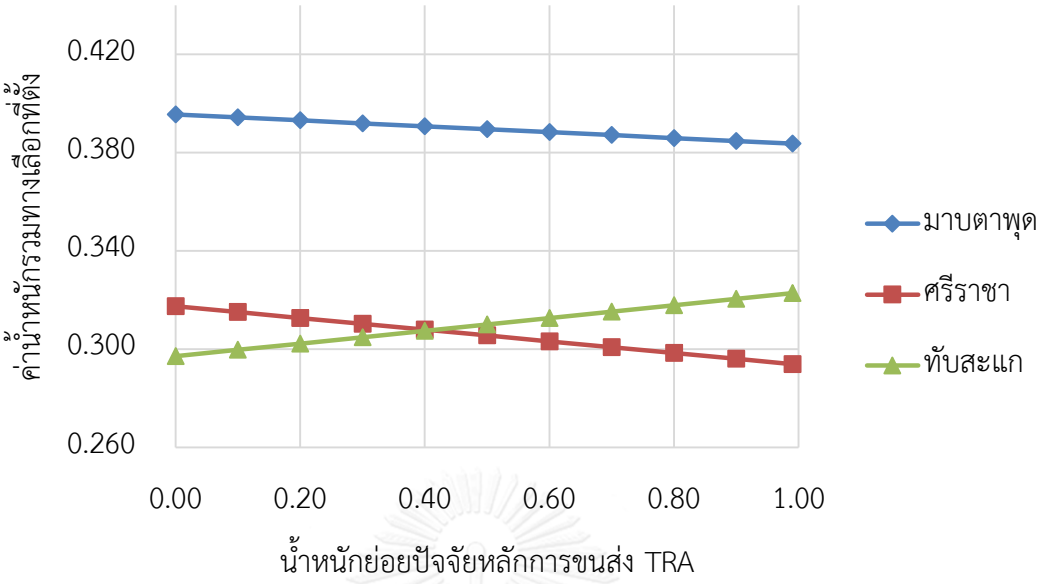
จากตารางที่ 7.2-4 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลางของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก TRA แต่ละกรณี แสดงอันดับด้วยสี สีเขียวคืออันดับที่ 1 สีเหลืองคืออันดับที่ 2 และสีแดงคืออันดับที่ 3 พบว่าพื้นที่ทั้ง 3 มีความมั่นคงใกล้เคียงกัน และเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก TRA เพิ่มมากกว่า 0.4 อันดับของทางเลือกที่ตั้งจะเปลี่ยนแปลงโดยที่ทับสะแกจะมีข้อได้เปรียบในด้านการขนส่งเพราะเป็นหนึ่งในที่ตั้งโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดดังรูปที่ 7.2-7

ตารางที่ 7.2-4 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก TRA

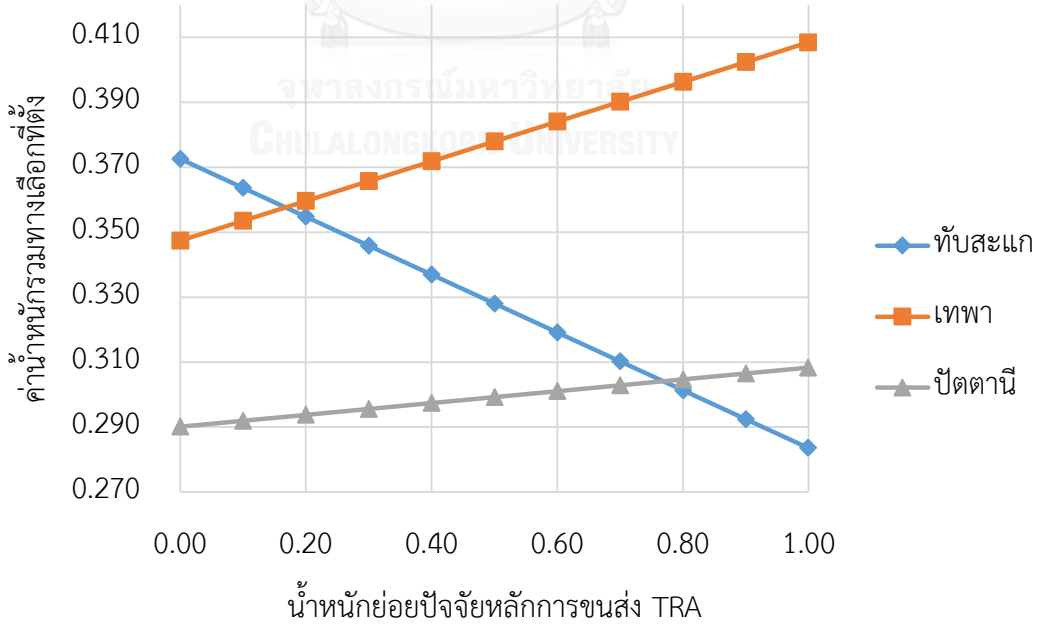
ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักเดิม	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก TRA										
SOC	0.233	0.290	0.261	0.232	0.203	0.174	0.145	0.116	0.087	0.058	0.029	0.003
INF	0.107	0.132	0.119	0.105	0.092	0.079	0.066	0.053	0.040	0.026	0.013	0.001
ENG	0.275	0.330	0.297	0.264	0.231	0.198	0.165	0.132	0.099	0.066	0.033	0.003
TRA	0.176	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.99
ENV	0.211	0.248	0.223	0.198	0.173	0.149	0.124	0.099	0.074	0.050	0.025	0.002
น้ำหนักรวม	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง												
มาบตาพุด		0.396	0.394	0.393	0.392	0.391	0.390	0.388	0.387	0.386	0.385	0.384
ศรีราชา		0.317	0.315	0.313	0.310	0.308	0.306	0.303	0.301	0.298	0.296	0.294
ทับสะแก		0.297	0.300	0.302	0.305	0.307	0.310	0.313	0.315	0.318	0.320	0.323
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้												
ทับสะแก		0.373	0.364	0.355	0.346	0.337	0.328	0.319	0.310	0.301	0.292	0.284
เทพา		0.347	0.353	0.360	0.366	0.372	0.378	0.384	0.390	0.396	0.402	0.408
ปัตตานี		0.290	0.292	0.294	0.296	0.297	0.299	0.301	0.303	0.305	0.307	0.308

ในส่วนของค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้แสดงดังรูปที่ 7.2-8 เมื่อปัจจัยหลัก TRA มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.15 พื้นที่เทพาจะเป็นทางเลือกที่ตั้งอันดับหนึ่ง เหตุผลหลักมาจากการที่เป็นที่ตั้งโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาดถึง 2 โครงการ (#2 และ #3) ในทำนองเดียวกันเมื่อค่าน้ำหนักมากกว่า 0.80 พื้นที่ปัตตานีจะมีอันกับเหนือกว่าพื้นที่ทับสะแกเพราะเป็นที่ตั้งโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินสะอาด 1 โครงการ (#5)

Chulalongkorn University



รูปที่ 7.2-7 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก TRA และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง



รูปที่ 7.2-8 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก TRA และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

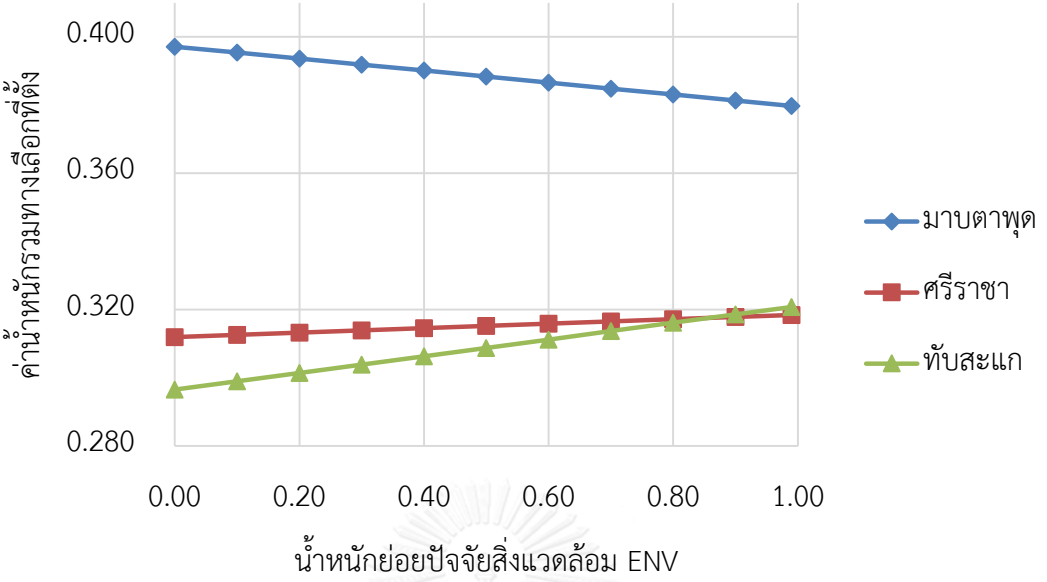
จากตารางที่ 7.2-5 ค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลางของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก ENV แต่ละกรณี แสดงอันดับด้วยสี สีเขียวคืออันดับที่ 1 สีเหลืองคืออันดับที่ 2 และสีแดงคืออันดับที่ 3 พบว่าพื้นที่ศรีราชามีความมั่นคงมากที่สุด และเมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ENV มากกว่า 0.80 ดังรูปที่ 7.2-9 จะเกิดการเปลี่ยนอันดับระหว่างพื้นที่ศรีราชาและพื้นที่ทับสะแก กล่าวคือหากปัจจัยหลัก ENV ถูกให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้นพื้นที่พื้นที่ทับสะแกจะมีความเหมาะสมมากขึ้น เพราะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรทางกายภาพน้อยที่สุด

ตารางที่ 7.2-5 การวิเคราะห์ความไวกรณีเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยหลัก ENV

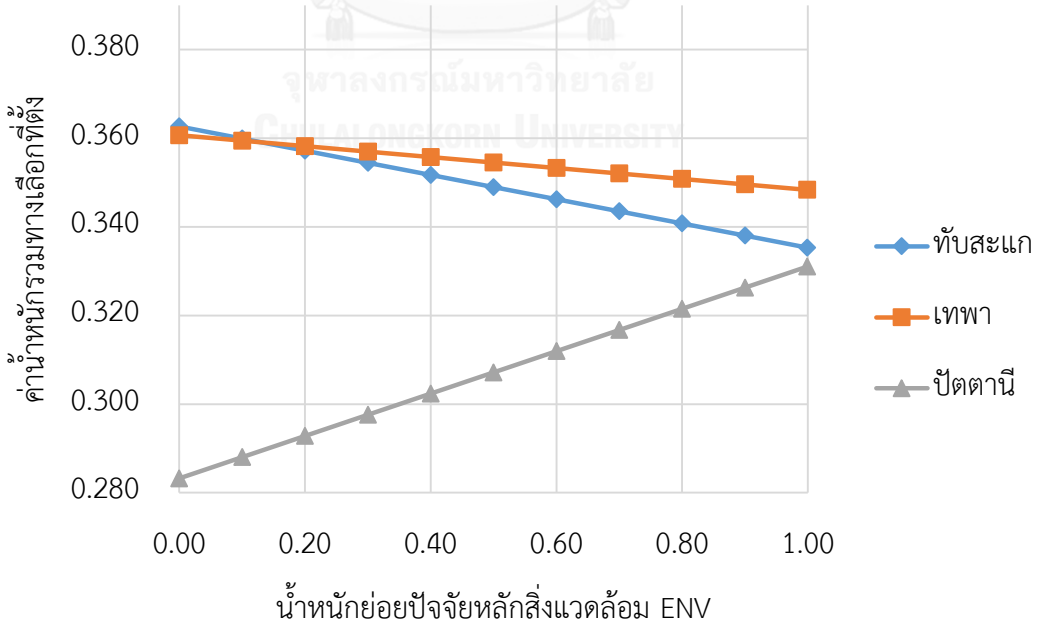
ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักเดิม	การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักปัจจัยหลัก ENV										
SOC	0.233	0.298	0.268	0.239	0.209	0.179	0.149	0.119	0.089	0.060	0.030	0.003
INF	0.107	0.135	0.122	0.108	0.095	0.081	0.068	0.054	0.041	0.027	0.014	0.001
ENG	0.275	0.340	0.306	0.272	0.238	0.204	0.170	0.136	0.102	0.068	0.034	0.003
TRA	0.176	0.227	0.204	0.181	0.159	0.136	0.113	0.091	0.068	0.045	0.023	0.002
ENV	0.211	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.99
น้ำหนักรวม	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง												
มาบตาพุด		0.397	0.395	0.394	0.392	0.390	0.388	0.387	0.385	0.383	0.381	0.380
ศรีราชา		0.312	0.313	0.313	0.314	0.314	0.315	0.316	0.316	0.317	0.318	0.318
ทับสะแก		0.296	0.299	0.301	0.304	0.306	0.309	0.311	0.314	0.316	0.319	0.321
น้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้												
ทับสะแก		0.363	0.360	0.357	0.354	0.352	0.349	0.346	0.344	0.341	0.338	0.335
เทพา		0.361	0.359	0.358	0.357	0.356	0.355	0.353	0.352	0.351	0.350	0.348
ปัตตานี		0.283	0.288	0.293	0.298	0.302	0.307	0.312	0.317	0.322	0.326	0.331

ส่วนของค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ พื้นที่เทพามีความมั่นคงมากที่สุดดังรูปที่ 7.2-10 ส่วนพื้นที่ปัตตานีมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก ENV มากที่สุดจากความชันของกราฟ

นอกจากนี้เมื่อปัจจัยหลัก ENV มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.10 พื้นที่เทพาจะมีความเหมาะสมมากท่าสุดเนื่องจากมีคะแนนรวมด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด



รูปที่ 7.2-9 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENV และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง



รูปที่ 7.2-10 ผลวิเคราะห์ความไวปัจจัยหลัก ENV และค่าน้ำหนักรวมทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

จากผลการวิเคราะห์ความไวข้างต้นสำหรับทางเลือกที่ตั้งภาคกลางดังตารางที่ 7.2-6 พื้นที่มาบตาพุดมีความมั่นคงและเหมาะสมมากที่สุดในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในภาคกลาง

ตัวอย่างความหมายของตารางหากความเป็นไปได้ที่ปัจจัยหลัก ENG จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มีค่าสูง พื้นที่ศรีราชาจะยังคงเป็นทางเลือกสำรองที่เหมาะสม

ตารางที่ 7.2-6 ผลวิเคราะห์ความไวทางเลือกที่ตั้งภาคกลาง

ทางเลือกที่ตั้ง	อันดับทางเลือกที่ตั้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก									
	SOC		INF		ENG		TRA		ENV	
	<0.4	≥0.4	0	1	<0.1	≥0.1	<0.4	≥0.4	0	1
มาบตาพุด	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ศรีราชา	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2
ทับสะแก	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3

ตารางที่ 7.2-7 สำหรับทางเลือกที่ตั้งภาคใต้พบว่า พื้นที่ทับสะแกและพื้นที่เทพามีความมั่นคงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณค่าน้ำหนักปัจจัยหลักที่ให้ความสำคัญ ตัวอย่างเช่น หากความเป็นไปได้ที่ปัจจัยหลัก TRA หรือ ENV จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่าหรือเท่ากับ 0.15 หรือ 0.1 ตามลำดับ มีค่าสูง พื้นที่เทพาจะเป็นทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามหากปัจจัยหลัก SOC หรือ ENG มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า 0.3 ทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นพื้นที่ทับสะแก

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ตัดสินใจว่ามีการให้ความสำคัญแต่ละปัจจัยหลักเป็นสัดส่วนกันเท่าใด ในการวิจัยครั้งนี้ยังคงยืนยันผลตามขั้นตอนการวิเคราะห์ข้างต้นว่า พื้นที่เทพามีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในภาคใต้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7.2-7 ผลวิเคราะห์ความไวทางเลือกที่ตั้งภาคใต้

ทางเลือกที่ตั้ง	อันดับทางเลือกที่ตั้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก									
	SOC		INF		ENG		TRA		ENV	
	<0.3	≥0.3	0	1	<0.3	≥0.3	<0.15	≥0.15	<0.1	≥0.1
ทับสะแก	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2
เทพา	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1
ปัตตานี	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยได้แสดงการแก้ปัญหาการตัดสินใจการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินที่มีหลายทางเลือกที่ตั้งภายใต้ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน โดยใช้วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy-AHP) ที่มีพื้นฐานมาจากวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process, AHP)

จุดเด่นที่ทำให้ AHP ได้รับความนิยมเนื่องมาจากสามารถลดความซับซ้อนของปัญหาด้วยการเลียนแบบกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบของแผนภูมิลำดับชั้น นอกจากนี้ AHP ยังสามารถรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปพร้อมกันได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามขั้นตอนการ AHP ต้องอาศัยการให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน ซึ่งโดยปกติจะอาศัยความรู้และประสบการณ์ส่วนตัวในการถ่ายทอดออกมาเป็นคะแนนที่เป็นค่าประมาณหรือเป็นช่วงคะแนน ดังนั้นการนำทฤษฎีฟัซซี่มาประยุกต์กับ AHP โดยการเปลี่ยนวิธีการให้คะแนนเป็นวลีหรือคำพูด และการแทนที่เลขโดดด้วยช่วงคะแนน จะช่วยเพิ่มสามารถจัดการความไม่แน่นอนในธรรมชาติของการตัดสินใจของมนุษย์ให้กับวิธีการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงอันดับความสำคัญของปัจจัยหลักได้ดังนี้ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ (ENG) ด้านสังคมและเศรษฐศาสตร์ (SOC) ด้านสิ่งแวดล้อม (ENV) ด้านการขนส่ง (TRA) และด้านสาธารณูปโภค (INF) ตามที่ได้อภิปรายในบทที่ 6 ด้วยบริบทของประเทศไทยส่งผลให้อันดับที่ได้ออกมาเน้นด้านการพัฒนาประเทศมาก่อนเป็นอันดับแรก อย่างไรก็ตามก็ยังคงให้ความใส่ใจต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมซึ่งสังเกตได้จากอันดับรองลงมาล้วนเกี่ยวข้องกับการยอมรับของสังคมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในอนาคตย่อมเป็นไปได้ที่อันดับของปัจจัยหลักจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์ของประเทศ

เช่นเดียวกันอันดับของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักจะอธิบายถึงปัจจัยรองที่มีความสำคัญและส่งผลต่อการตัดสินใจมากที่สุดภายใต้ปัจจัยหลักนั้น ตัวอย่างเช่น ด้านวิศวกรรมศาตร์ (ENG) จะเน้นปัจจัยรองที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างของท่าเรือเป็นหลักไม่ว่าจะเป็น ธรณีสัณฐานชายฝั่ง (E-COM) ฝั่งหรือสมุทรศาสตร์กายภาพ (E-POC)

จากผลการวิเคราะห์ทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดในภาคกลางได้แก่ มาบตาพุด และทางเลือกที่ตั้งสำรองคือ ศรีราชา ส่วนทางเลือกที่ตั้ง ทางเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดในภาคใต้ได้แก่ เทพาและทางเลือกที่ตั้งสำรองคือทับสะแก

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาต้นทุนการดำเนินการ ด้วยการแบ่งระยะดำเนินการออกเป็น 2 ระยะได้ข้อสรุปว่า ควรมีศูนย์กระจายถ่านหิน 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่มาบตาพุดในภาคกลาง และ และพื้นที่เทพาในภาคใต้

ดังนั้นผลการวิจัยทั้ง 3 ระดับ ที่ประกอบด้วย ระดับปัจจัยหลัก ระดับปัจจัยรอง และระดับทางเลือกที่ตั้ง สามารถบ่งบอกถึงปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน และภายใต้ข้อมูลและปัจจัยข้างต้น ผลการเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมสามารถเป็นแนวทางหรือเครื่องมือเบื้องต้นที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกที่ตั้งท่าเทียบเรือศูนย์กระจายถ่านหิน เพื่อนำไปสู่การศึกษาเชิงลึกที่มีความละเอียดของข้อมูลอยู่ในระดับข้อมูลปฐมภูมิได้ต่อไป

8.2 ปัญหาและอุปสรรค

เมื่อเรียงตามลำดับขั้นตอนการวิจัย สามารถระบุปัญหาและอุปสรรคได้ดังนี้

- ข้อมูลส่วนใหญ่มากจากการเก็บรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งปัญหาในเรื่องข้อมูลเกิดจากการที่แต่ละทางเลือกพื้นที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนเพียงพอตามที่ต้องการจึงเกิดการแก้ปัญหาโดยการตั้งสมมติฐานขึ้น รวมถึงบางข้อมูลไม่ได้ถูกปรับปรุงให้อยู่ในเวอร์ชันของปัจจุบัน
- โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านราคาที่มักจะเป็นความลับทางธุรกิจ ต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลจากรายงานหรืองานวิจัยของต่างประเทศ ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนกับราคาจริงในประเทศไทย เพราะฉะนั้นข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์อาจทำให้ผลการวิจัยคาดเคลื่อนจากความเป็นเป็นจริงได้
- การบรรยายความหมายหรือขอบเขตของปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ต้องการจะสื่อสารในแบบสอบถามมีความไม่ชัดเจนในตอนแรก จึงต้องทำการปรับให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมถึงการแก้ปัญหาด้วยการอธิบายเพิ่มด้วยคำพูดหากผู้เชี่ยวชาญมีข้อสักถามในขณะทำแบบสอบถาม
- เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญหนึ่งท่านต้องทำการการให้คะแนนเปรียบเทียบเชิงคู่เป็นจำนวนมาก บางกรณีเมื่อคำนวณด้วย Consistency Ratio แล้วผลที่ออกมามีค่ามากกว่า 0.10 กล่าวคือมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องขอความร่วมมือให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทบทวนคะแนนการเปรียบเทียบใหม่อีกครั้ง ด้วยการให้เวลาในการพิจารณามากยิ่งขึ้น

- การคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยและทางเลือกที่ตั้งด้วย Fuzzy AHP ใช้เวลามากจาก เพราะเมื่อมีการกรอกข้อมูลผิดพลาดโปรแกรมจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใหม่อีกครั้ง จึงต้องอาศัยการการตรวจทานอย่างถี่ถ้วนทีละการเปรียบเทียบ

8.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการวิจัยทั้งในแง่ของขั้นตอนวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สามารถดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงและเพิ่มเติมความครบถ้วนของข้อมูลประกอบการประเมินให้มีความทันสมัย และครบถ้วน เช่น ข้อมูลที่ตั้งโรงไฟฟ้าจากแผนพัฒนาพลังงาน (PDP) และการเก็บข้อมูลปฐมภูมิแทนข้อมูลทุติภูมิ
2. การเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนปัจจัยหลักหรือปัจจัยรอง ที่ผ่านการพิจารณาแล้วว่ามีผลต่อการตัดสินใจเลือกที่ตั้ง
3. การเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนทางเลือกที่ตั้ง หากมีพื้นที่ที่มีศักยภาพเพิ่มเติมในอนาคต
4. การเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบสอบถามในแต่ละด้าน
5. การเพิ่มเติมการวิเคราะห์ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ออกมาในรูปของจำนวนเงิน
6. การจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้วยโปรแกรมซึ่งอ้างอิงตามวิธีการวิจัย เพื่อทำให้สามารถนำโปรแกรมดังกล่าวประยุกต์ใช้กับปัญหาการตัดสินใจอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, "แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579," 2558.

[2] R. Z. Farahani, M. SteadieSeifi, and N. Asgari, "Multiple criteria facility location problems: A survey," *Applied Mathematical Modelling,* vol. 34, pp. 1689-1709, 7// 2010.

[3] M. Velasquez and P. T. Hester, "An analysis of multi-criteria decision making methods," *International Journal of Operations Research,* vol. 10, pp. 56-66, May. 2013.

[4] T. L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process: Decision Making in Complex Environments," in *Quantitative Assessment in Arms Control: Mathematical Modeling and Simulation in the Analysis of Arms Control Problems*, R. Avenhaus and R. K. Huber, Eds., ed Boston, MA: Springer US, 1984, pp. 285-308.

[5] นารีรัตน์ โพธิกุล, "การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกที่ตั้งคลังสินค้า," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ สหสาขาวิชา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[6] H.-a. Choi, E.-h. Suh, and C.-k. Suh, "16th Annual Conference on Computers and Industrial EngineeringAnalytic hierarchy process: It can work for group decision support systems," *Computers & Industrial Engineering,* vol. 27, pp. 167-171, 1994/09/01 1994.

[7] M. C. Y. Tam and V. M. R. Tummala, "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system," *Omega,* vol. 29, pp. 171-182, 4// 2001.

[8] สิทธิพงษ์ อินทร์ปา, "กระบวนการจัดระดับความสำคัญในการประเมินความสามารถผู้รับเหมาก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556.

[9] Z. Song, H. Zhu, G. Jia, and C. He, "Comprehensive evaluation on self-ignition risks of coal stockpiles using fuzzy AHP approaches," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* vol. 32, pp. 78-94, 11// 2014.

[10] Z. Ayağ and R. G. Özdemir, "A Fuzzy AHP Approach to Evaluating Machine Tool Alternatives," *Journal of Intelligent Manufacturing,* vol. 17, pp. 179-190, 2006.

[11] Y.-M. Wang and K.-S. Chin, "Fuzzy analytic hierarchy process: A logarithmic fuzzy preference programming methodology," *International Journal of Approximate Reasoning,* vol. 52, pp. 541-553, 2011/06/01 2011.

[12] N.-F. Pan, "Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method," *Automation in Construction,* vol. 17, pp. 958-965, 11// 2008.

[13] Simon L. Varon, Jacob Shimoni, Chanoch Tzachar, and Dirk Zwemmer, "The Hadera Offshore Coal Unloading Terminal: A New Approach to Unloading of Bulk in the Open Sea," *the 14th Annual Offshore Technology Conference in Houston, Texas,* 5/3-6 1982.

[14] Asia Energy Corporation (Bangladesh) Pty Ltd, "Phulburi Coal Project Marine Ports Facilities Feasibility Study," October 2005.

[15] Center for Environmental and Geographic Information Services, "Consulting Services on Coal Sourcing, Transportation and Handling of (2x660) MW Coal Based Thermal Power Plants Each at Chittagong and Khulna, and 8320 MW LNG and Coal Based at Maheshkhali," November 2012.

[16] เศกสรรค์ ตั้นตระกูล, "การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกที่ตั้งคลังสินค้า," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ สหสาขาวิชา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[17] K. M. A.-S. Al-Harbi, "Application of the AHP in project management," *International Journal of Project Management,* vol. 19, pp. 19-27, Jan. 2001.

[18] I. Fernández and M. C. Ruiz, "Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas," *Journal of Cleaner Production,* vol. 17, pp. 87-100, Jan. 2009.

[19] G.-H. Tzeng, M.-H. Teng, J.-J. Chen, and S. Opricovic, "Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei," *International Journal of Hospitality Management,* vol. 21, pp. 171-187, Jun. 2002.

[20] H. Aras, Ş. Erdoğmuş, and E. Koç, "Multi-criteria selection for a wind observation station location using analytic hierarchy process," *Renewable Energy,* vol. 29, pp. 1383-1392, Jul. 2004.

[21] O. S. Vaidya and S. Kumar, "Analytic hierarchy process: An overview of applications," *European Journal of Operational Research,* vol. 169, pp. 1-29, Feb. 2006.

[22] ณัฐวุฒิ นาดี, "การศึกษาค้นคว้าเรื่องการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค AHP และ Break-even Analysis กรณีศึกษา บริษัท ยูไนเต็ด คาร์เปท แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555.

[23] น้ำฝน พุฒิสันติกุล, "การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของอะไหล่ยานยนต์โดยใช้กระบวนลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ สหสาขาวิชา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[24] J. Korpela and M. Tuominen, "A decision aid in warehouse site selection," *International Journal of Production Economics,* vol. 45, pp. 169-180, Aug. 1996.

[25] M. Braglia, R. Gabbrielli, and D. Miconi, "Material handling device selection in cellular manufacturing," *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis,* vol. 10, pp. 303-315, 2001.

[26] F. Çebi and D. Bayraktar, "An integrated approach for supplier selection," *Logistics Information Management,* vol. 16, pp. 395-400, 2003.

[27] S. H. Ghodsypour and C. O'Brien, "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming," *International Journal of Production Economics,* vol. 56–57, pp. 199-212, 9/20/ 1998.

[28] M. A. Badri, "Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem," *International Journal of Production Economics,* vol. 62, pp. 237-248, 9/20/ 1999.

[29] W. Ho, "Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review," *European Journal of Operational Research,* vol. 186, pp. 211-228, 4/1/ 2008.

[30] p. l. c. BP, "BP Statistical Review of World Energy June 2015, 64th edition," 2015.

[31] บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน), "รายงานประจำปี 2557," pp. 27-40, 2557.

[32] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, "รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2557," 2558.

[33] จรินทร์ ชลไพศาล, "สถารการณ์ถ่านหินนำเข้าปี 2553 และแนวโน้มปี 2554," กลุ่มวิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจ, สำนักเศรษฐกิจและความร่วมมือระหว่างประเทศ, กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการแหมืองแร่, 2554.

[34] L. Cradden, C. Kalogeri, I. M. Barrios, G. Galanis, D. Ingram, and G. Kallos, "Multi-criteria site selection for offshore renewable energy platforms," *Renewable Energy,* vol. 87, Part 1, pp. 791-806, 3// 2016.

[35] M. Shaheen and M. Z. Khan, "A method of data mining for selection of site for wind turbines," *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* vol. 55, pp. 1225-1233, 3// 2016.

[36] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, and V. Bagočius, "Multi-criteria selection of a deep-water port in the Eastern Baltic Sea," *Applied Soft Computing,* vol. 26, pp. 180-192, Jan. 2015.

[37] Y. Wang, K.-A. Jung, G.-T. Yeo, and C.-C. Chou, "Selecting a cruise port of call location using the fuzzy-AHP method: A case study in East Asia," *Tourism Management,* vol. 42, pp. 262-270, 6// 2014.

[38] X.-C. Dong and G.-X. Wang, "Coal Logistics Competency Strategies for Ports in the Tianjin and Hebei Regions around the Bohai Bay in China," *Energy Procedia,* vol. 17, Part A, pp. 436-443, // 2012.

[39] B. Ka, "Application of Fuzzy AHP and ELECTRE to China Dry Port Location Selection," *The Asian Journal of Shipping and Logistics,* vol. 27, pp. 331-353, 8// 2011.

[40] B. W. Wiegmans, A. V. D. Hoest, and T. E. Notteboom, "Port and terminal selection by deep-sea container operators," *Maritime Policy & Management,* vol. 35, pp. 517-534, 2008/12/01 2008.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก แบบสอบถามความเพียงพอของปัจจัย

แบบสอบถามที่ 1
การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ในการระบุปัจจัยที่มีความสำคัญ หรือส่งผลต่อการก่อสร้างและดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน เพื่อนำปัจจัยเหล่านั้นไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือกที่ตั้งดีที่สุดในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย

รายละเอียดจองแบบสอบถาม

1. ตัวอย่างการดำเนินการของศูนย์กระจายถ่านหิน
2. แบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน มีรายละเอียดดังนี้

คำถามที่ 1 ปัจจัยการเลือกที่ตั้งทั่วไปที่มีความเกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

คำถามที่ 2 ปัจจัยการก่อสร้างและการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

3. แบบสอบถามนี้มีจำนวน 6 หน้า

วิธีการตอบแบบสอบถาม

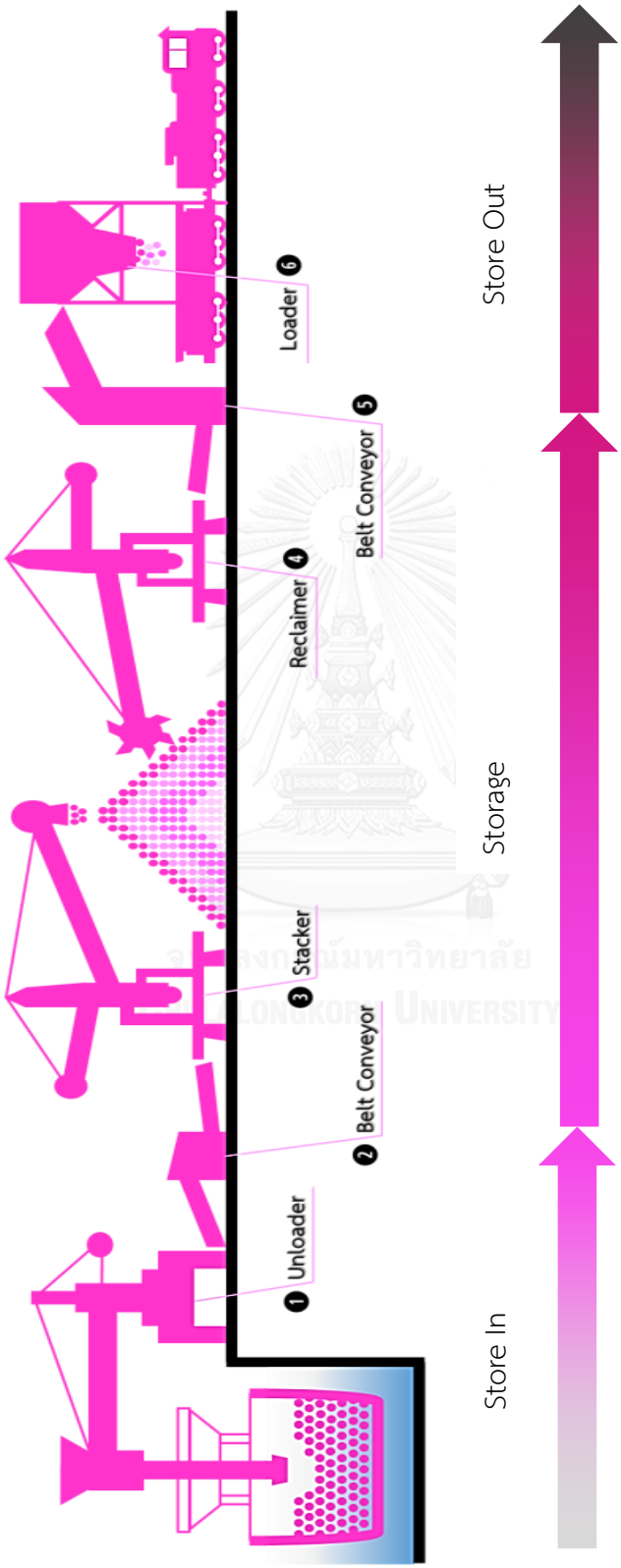
1. โปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกคำถาม
2. ทำเครื่องหมาย ✔ ลงในช่องความเกี่ยวข้องตามการพิจารณา
3. หากมีความเห็นเพิ่มเติม ให้ระบุที่บรรทัดด้านล่างของปัจจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้อง

ผู้เชี่ยวชาญด้าน.....

วันที่...../...../.....

ศูนย์กระจายถ่านหินมีหน้าที่รับถ่านหินจากเรือขนาดใหญ่ และมาพักไว้เพื่อเตรียมการขนส่งต่อไปยังผู้ใช้ปลายทาง กระบวนการทำงานของศูนย์กระจายถ่านหิน สามารถสรุปได้ดังขั้นตอนดังนี้

1. การรับเข้าถ่านหิน (Store in) เริ่มต้นจากการขนถ่ายถ่านหินออกจากเรือบรรทุก ด้วยเครื่องจักรที่มีความสามารถในลำเลียงถ่านหินขึ้นในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่อง ตัวแปรสำคัญในการควบคุมขั้นตอนนี้ คือ ความเร็วในการขนถ่ายถ่านหินในหน่วยตันต่อเวลา และระบบการลำเลียงที่เป็นระบบปิดเพื่อลดการปลิวของฝุ่นถ่านหิน โดยสายพานลำเลียงแบบช่วงต่อเพื่อส่งต่อถ่านหินไปยังขั้นตอนการกองเก็บและผสมถ่านหิน (Blend and Storage)
2. การกองเก็บ (Storage) จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้ คือ การนำถ่านหินมากองพัก ซึ่งการดำเนินการจะถูกควบคุมผ่านเครื่องโปรย เพื่อรอกำหนดเวลาที่จะขนส่งต่อไปสู่ผู้ใช้ปลายทาง มากไปกว่านั้นประโยชน์จากการมีลานกองทำให้สามารถควบคุม และปรับปรุงคุณภาพ ถ่านหินด้วยการผสมถ่านหินที่มีเกรดต่างกัน (Blend) ให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ปลายทางต้องการ ดังนั้นปัจจัยที่ต้องพิจารณาในขั้นตอนนี้ได้แก่ ความเร็วในการทำกองถ่านหิน การจัดการจำนวนประเภทหรือเกรดของถ่านหินที่จะต้องกองเก็บ การออกแบบความสูงและลักษณะของกองเพื่อป้องกันและลดการลุกติดไฟด้วยตัวเองของถ่านหิน รวมถึงการป้องกันการปลิวของฝุ่นถ่านหิน อย่างไรก็ตามอาจจะมีถ่านหินบางส่วนที่สามารถลำเลียงไปพาหนะเพื่อขนส่งไปยังผู้ใช้ปลายทางได้ทันทีไม่จำเป็นต้องผ่านการกองเก็บก็ได้
3. การส่งออกถ่านหิน (Store out) เมื่อถ่านหินพร้อมส่งมอบ เครื่องตักจะตักถ่านหิน จากนั้นลำเลียงผ่านทางสายพาน ไปยังเครื่องจักรสำหรับขนถ่ายถ่านหินลงพาหนะเพื่อขนส่งไปสู่ผู้ใช้ปลายทางได้หลายรูปแบบเช่นทางราง ทางถนน ทางน้ำ ในที่นี้แสดงการขนส่งทางรางด้วยรถไฟ ตัวแปรสำคัญในการควบคุมขั้นตอนนี้คือความเร็วในการขนถ่ายถ่านหินในหน่วยตันต่อเวลา และระบบการลำเลียงที่เป็นระบบปิดเพื่อลดการปลิวของฝุ่นถ่านหิน เช่นเดียวกับขั้นตอนการรับเข้าถ่านหิน (Store in)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการขนถ่ายและกองเก็บถ่านหิน

(3/6)

คำถามที่ 1 ปัจจัยการเลือกที่ตั้งทั่วไปที่มีความเกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

ปัจจัยหลัก	ความเกี่ยวข้อง		
	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มั่นใจ	เกี่ยวข้อง
แหล่งถ่านหินนำเข้า			
แหล่งแรงงาน			
แหล่งลูกค้า (ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า)			
การขนส่ง			
สาธาณูปโภค			
บริการสาธารณะ			
กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ			
นโยบายภาครัฐ			
การขยายพื้นที่ของศูนย์กระจายถ่านหิน			
สภาพภูมิอากาศ และสิ่งแวดล้อม			
คุณภาพชีวิตบุคลากร			
การขนส่งทางบก			
ต้นทุนการดำเนินการ			
การยอมรับของชุมชนในพื้นที่			
สภาพภูมิประเทศ			
ความปลอดภัยของพื้นที่และการอนุมัติจากรัฐบาล			
การเข้าถึงพื้นที่ทางน้ำ			
ต้นทุนการก่อสร้าง			
ความสามารถในการขยายกำลังการผลิต			
ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม			

ปัจจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้อง..... .....

....

....

.....

คำถามที่ 2 ปัจจัยการก่อสร้างและการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

ปัจจัยหลัก	ความเกี่ยวข้อง		
	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มั่นใจ	เกี่ยวข้อง
ปริมาณถ่านหินสำรอง			
ความปลอดภัยในการถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก			
ความแข็งแรงของท่าเทียบเรือ			
การเปลี่ยนแปลงของแต่ละฤดูกาล			
ความสูงจากระดับน้ำทะเล และน้ำขึ้นน้ำลง			
ทิศทางคลื่น ความสูงคลื่น			
เวลาระหว่างลูกคลื่น			
ปริมาณพายุฝน			
ทิศทางลม ความเร็วลม			
สภาพธรณีวิทยาชายฝั่ง			
คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง			
สภาพธรณีวิทยาใต้ทะเล			
การป้องกันแผ่นดินไหว			
อุปกรณ์ในการดำเนินการ			
อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก			
ระบบขนส่งถ่านหินภายในท่าเทียบเรือ			
ความสามารถในการขนส่งถ่านหินจากท่าเทียบเรือ			
เวลาการดำเนินการต่อปี			
อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด			
ปริมาณน้ำฝน			
ความชื้นสัมพัทธ์			

ปัจจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้อง..... .....

....

....

คำถามที่ 2 ปัจจัยการก่อสร้างและการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ความเกี่ยวข้อง		
	ไม่เกี่ยวข้อง	ไม่มั่นใจ	เกี่ยวข้อง
การขุดลอกร่องน้ำ			
คุณสมบัติของถ่านหิน			
ทิศทางการเทียบท่า			
ชนิด หรือขนาดของเรือบรรทุก			
มลภาวะทางเสียง			
มลภาวะทางอากาศ			
การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น			
การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล			
ของเสียจากเรือ			
ผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น			

ปัจจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้อง..... .....

....

....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงที่ได้รับความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามนี้

แบบสอบถามที่ 2
การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ในการระบุปัจจัยที่มีความสำคัญ หรือส่งผลต่อการก่อสร้างและดำเนินการศูนย์กระจายถ่านหิน เพื่อนำปัจจัยเหล่านั้นไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือกที่ตั้งดีที่สุดในการจัดตั้งศูนย์กระจายถ่านหินในประเทศไทย

รายละเอียดจองแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามซึ่งประกอบด้วยสองส่วน มีรายละเอียดดังนี้
   คำถามที่ 1 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความสอดคล้อง และมีความเหมาะสมหรือไม่ พร้อมกับคำอธิบายความหมายของปัจจัย (ดังแสดงในบทที่ 4.5)
   คำถามที่ 2 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอควรเพิ่มเติมด้านอะไร
2. แบบสอบถามนี้มีจำนวน 3 หน้า

วิธีการตอบแบบสอบถาม

1. โปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกคำถาม
2. ทำเครื่องหมาย ✔ ลงในช่องความเกี่ยวข้องตามการพิจารณา
3. หากมีความเห็นเพิ่มเติม ให้ระบุที่บรรทัดด้านล่างของปัจจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้อง

ผู้เชี่ยวชาญด้าน.....

วันที่...../...../.....

คำถามที่ 1 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความสอดคล้อง และมีเหมาะสมหรือไม่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
สังคมและชุมชน	การยอมรับของชุมชนในพื้นที่			
	การอนุมัติจากรัฐบาล			
	ความปลอดภัยในพื้นที่			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
สาธารณูปโภคพื้นฐาน	ระบบไฟฟ้า			
	ระบบน้ำ			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
การขนส่ง	ระยะทางสู่ผู้ใช้ปลายทาง			
	เส้นทางในการขนส่งทางถนน			
	เส้นทางวิธีการขนส่งทางน้ำ			
	ความสามารถในการขนส่งทางราง			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
วิศวกรรมศาสตร์	ความสามารถในการขยายพื้นที่			
	อุตุนิยมวิทยา			
	ธรณีสัณฐานชายฝั่ง			
	สมุทรศาสตร์กายภาพ			
	ธรณีวิทยา			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
สิ่งแวดล้อม	ทรัพยากรทางกายภาพ			
	ทรัพยากรทางชีวภาพ			
	คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์			
	คุณค่าคุณภาพชีวิต			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ความสอดล้อง		หมายเหตุ
		ไม่ใช่	ใช่	
ต้นทุน	ต้นทุนการลงทุน			
	ระบบต้นทุนการดำเนินการ			

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

คำถามที่ 2 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอควรเพิ่มเติมด้านอะไร

ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความเพียงพอ ❑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ควรเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงที่ได้รับความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลแบบสอบถามที่ 1

คำถามที่ 1 ปัจจัยการเลือกที่ตั้งทั่วไปที่มีความเกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญ					สรุป
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
แหล่งถ่านหินนำเข้า	✔	✔	✔	✔	✔	✔
แหล่งแรงงาน	✖	✖	✖	✖	✖	✖
แหล่งลูกค้า (ผู้ใช้ถ่านหินนำเข้า)	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การขนส่ง	✔	✔	✔	✔	✔	✔
สาธาณูปโภค	✔	✔	✖	✔	✔	✔
บริการสาธารณะ	✖	✖	✖	✖	✖	✖
กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
นโยบายภาครัฐ	✔	▲	✔	✔	✔	✔
การขยายพื้นที่ของศูนย์กระจายถ่านหิน	✔	✔	✔	✔	✔	✔
สภาพภูมิอากาศ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
คุณภาพชีวิตบุคลากร	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การขนส่งทางบก	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ต้นทุนการดำเนินการ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การยอมรับของชุมชนในพื้นที่	✔	✔	✔	✔	✔	✔
สภาพภูมิประเทศ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ความปลอดภัยของพื้นที่และการอนุมัติจากรัฐบาล	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การเข้าถึงพื้นที่ทางน้ำ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ต้นทุนการก่อสร้าง	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ความสามารถในการขยายกำลังการผลิต	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	✔	✔	✔	✔	✔	✔

หมายเหตุ ✖ไม่เกี่ยวข้อง ▲ไม่มั่นใจ ✔ เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามที่ 2 ปัจจัยการก่อสร้างและการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน

ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญ					สรุป
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
ปริมาณถ่านหินสำรอง	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ความปลอดภัยในการถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก	✖	▲	✖	✖	✖	✖
ความแข็งแรงของท่าเทียบเรือ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การเปลี่ยนแปลงของแต่ละฤดูกาล	✔	✖	✖	✖	✖	✖
ความสูงจากระดับน้ำทะเล และน้ำขึ้นน้ำลง	✖	✖	✖	✖	✖	✖
ทิศทางคลื่น ความสูงคลื่น	✔	✔	✔	▲	▲	✔
เวลาระหว่างลูกคลื่น	✖	▲	✖	✖	▲	✖
ปริมาณพายุฝน	✔	✔	✔	✔	✔	✔
ทิศทางลม ความเร็วลม	✔	✔	✔	✔	✔	✔
สภาพธรณีวิทยาชายฝั่ง	✔	✔	✔	✔	✔	✔
คุณลักษณะของชั้นดินสำหรับการวางโครงสร้าง	✔	✔	✔	✔	✔	✔
สภาพธรณีวิทยาใต้ทะเล	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การป้องกันแผ่นดินไหว	✔	✔	▲	✔	✔	✔
อุปกรณ์ในการดำเนินการ	✖	✖	✖	✖	✖	✖
อุปกรณ์ขนถ่ายถ่านหินจากเรือบรรทุก	✖	✖	✖	✖	✖	✖
ระบบขนส่งถ่านหินภายในท่าเทียบเรือ	✖	✖	✖	✖	✖	✖
ความสามารถในการขนส่งถ่านหินจากท่าเทียบเรือ	✖	✖	✖	✖	✖	✖
เวลาการดำเนินการต่อปี	✔	✔	✔	▲	✔	✔
อุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุด	✔	▲	✔	✔	▲	✔
ปริมาณน้ำฝน	✔	✔	✔	✔	✔	✔

หมายเหตุ ✖ไม่เกี่ยวข้อง ▲ ไม่มั่นใจ ✔ เกี่ยวข้อง

คำถามที่ 2 ปัจจัยการก่อสร้างและการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายถ่านหิน (ต่อ)

ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญ					สรุป
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
ความชื้นสัมพัทธ์	▲	✔	✔	✔	▲	✔
การขุดลอกร่องน้ำ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
คุณสมบัติของถ่านหิน	✕	✕	✕	✕	✕	✕
ทิศทางการเทียบท่า	✕	✕	✕	✕	✕	✕
ชนิด หรือขนาดของเรือบรรทุก	✕	✕	✕	✕	✕	✕
มลภาวะทางเสียง	✔	✕	✔	✔	✔	✔
มลภาวะทางอากาศ	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การกัดเซาะที่เกิดจากคลื่น	✔	✔	✔	✔	✔	✔
การบำบัดน้ำก่อนปล่อยสู่ทะเล	✕	✕	✕	✔	✔	✕
ของเสียจากเรือ	✕	✕	✕	✔	✕	✕
ผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณนั้น	✔	✔	✔	✔	✔	✔

หมายเหตุ ✕ไม่เกี่ยวข้อง ▲ไม่มั่นใจ ✔ เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลแบบสอบถามที่ 2

คำถามที่ 1 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความสอดคล้อง และมีเหมาะสมหรือไม่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
สังคมและชุมชน	การยอมรับของชุมชนในพื้นที่	✔	✔	✔	✔	✔
	การอนุมัติจากรัฐบาล	✔	✔	✔	✔	✔
	ความปลอดภัยในพื้นที่	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
สาธารณูปโภคพื้นฐาน	ระบบไฟฟ้า	✔	✔	✔	✔	✔
	ระบบน้ำ	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
การขนส่ง	ระยะทางสู่ผู้ใช้ปลายทาง	✔	✔	✔	✔	✔
	เส้นทางในการขนส่งทางถนน	✔	✔	✔	✔	✔
	เส้นทางวิธีการขนส่งทางน้ำ	✔	✔	✔	✔	✔
	ความสามารถในการขนส่งทางราง	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
วิศวกรรมศาสตร์	ความสามารถในการขยายพื้นที่	✔	✔	✔	✔	✔
	อุตุนิยมวิทยา	✔	✔	✔	✔	✔
	ธรณีสัณฐานชายฝั่ง	✔	✔	✔	✔	✔
	สมุทรศาสตร์กายภาพ	✔	✔	✔	✔	✔
	ธรณีวิทยา	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
สิ่งแวดล้อม	ทรัพยากรทางกายภาพ	✔	✔	✔	✔	✔
	ทรัพยากรทางชีวภาพ	✔	✔	✔	✔	✔
	คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์	✔	✔	✔	✔	✔
	คุณค่าคุณภาพชีวิต	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญ				
		ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
ต้นทุน	ต้นทุนการลงทุน	✔	✔	✔	✔	✔
	ระบบต้นทุนการดำเนินการ	✔	✔	✔	✔	✔

ปัจจัยหลักมีความเหมาะสม ☑ ใช่ ❑ ไม่ใช่

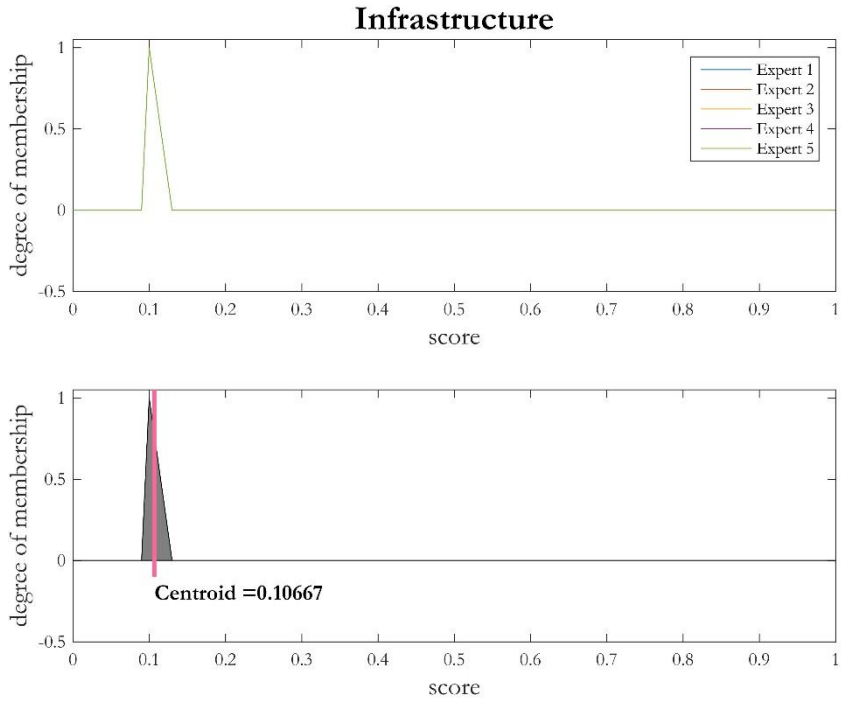
คำถามที่ 2 ปัจจัยหลักและปัจจัยรองมีความเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอควรเพิ่มเติมด้านอะไร

ผู้เชี่ยวชาญ	ความเพียงพอของปปัจจัยหลักและปัจจัยรอง
ท่านที่ 1	✔
ท่านที่ 2	✔
ท่านที่ 3	✔
ท่านที่ 4	✔
ท่านที่ 5	✔

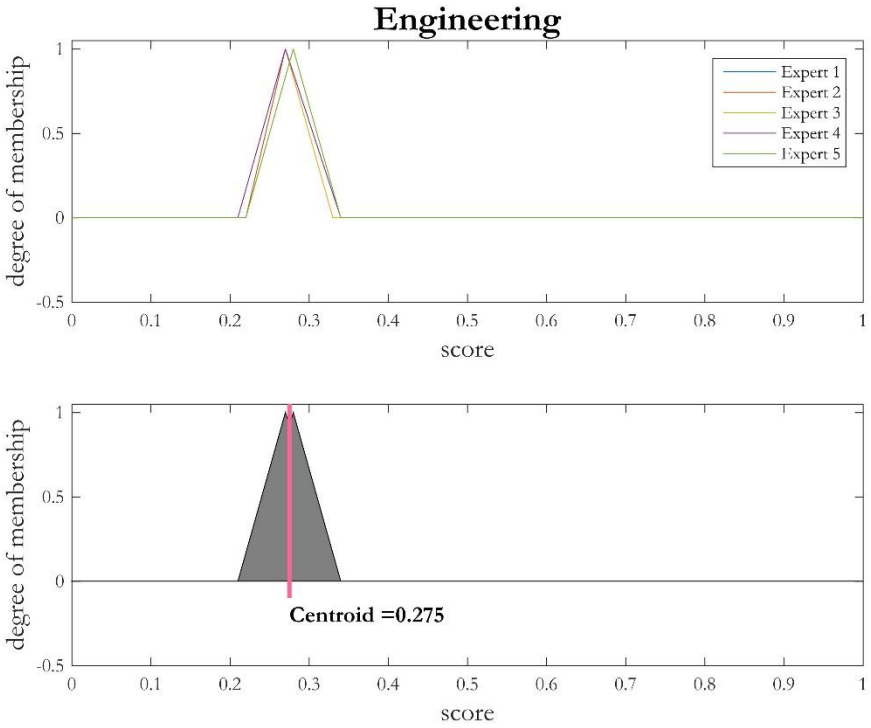
หมายเหตุ ✘ ไม่เพียงพอ ✔ เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

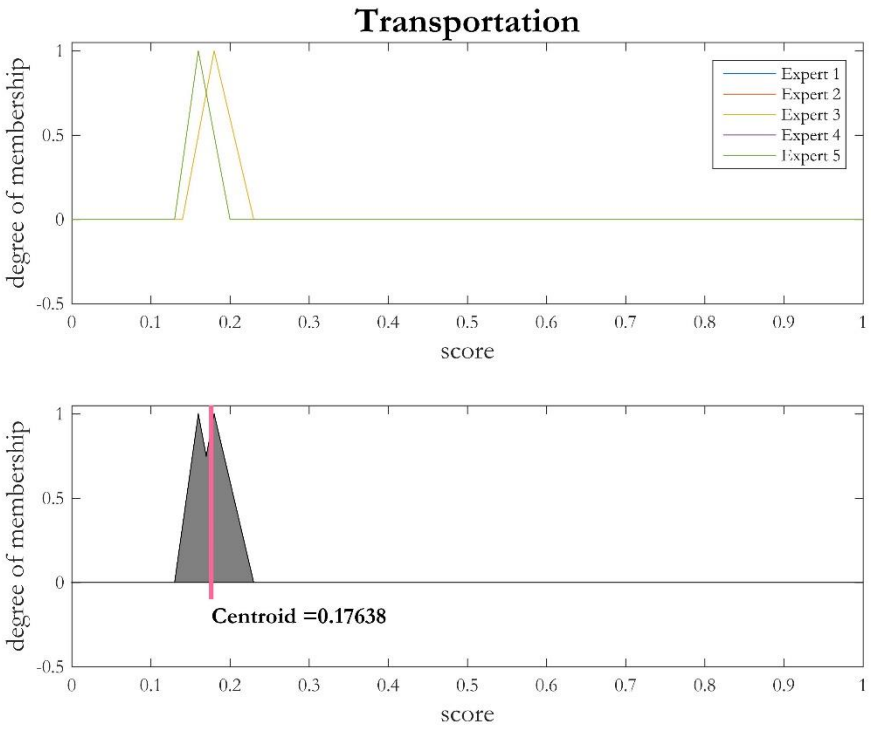
ภาคผนวก ข คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบปัจจัยหลัก



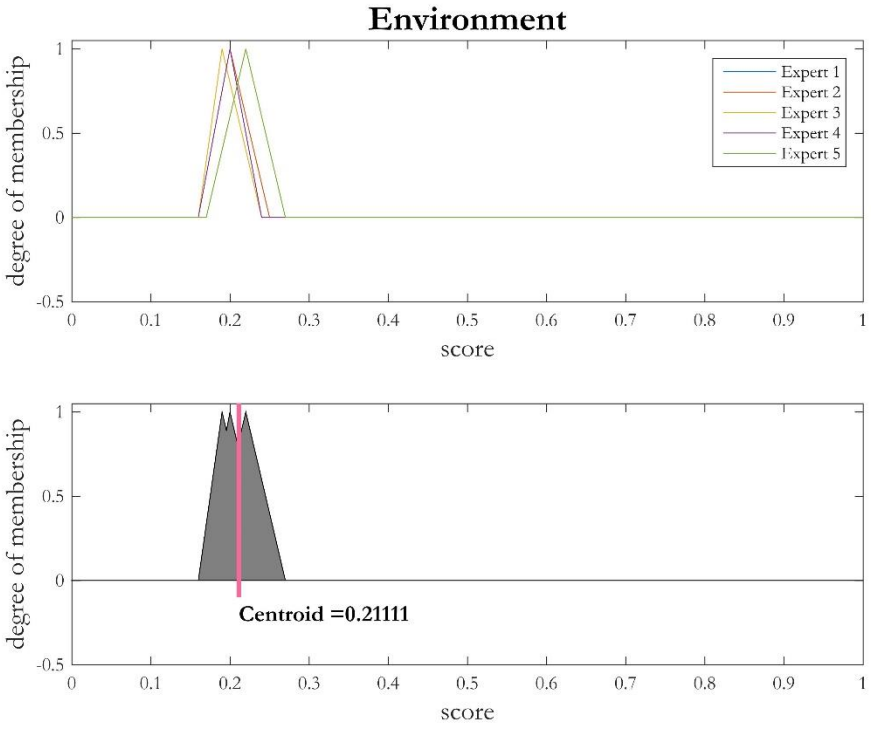
รูปที่ ข-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก INF



รูปที่ ข-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก ENG

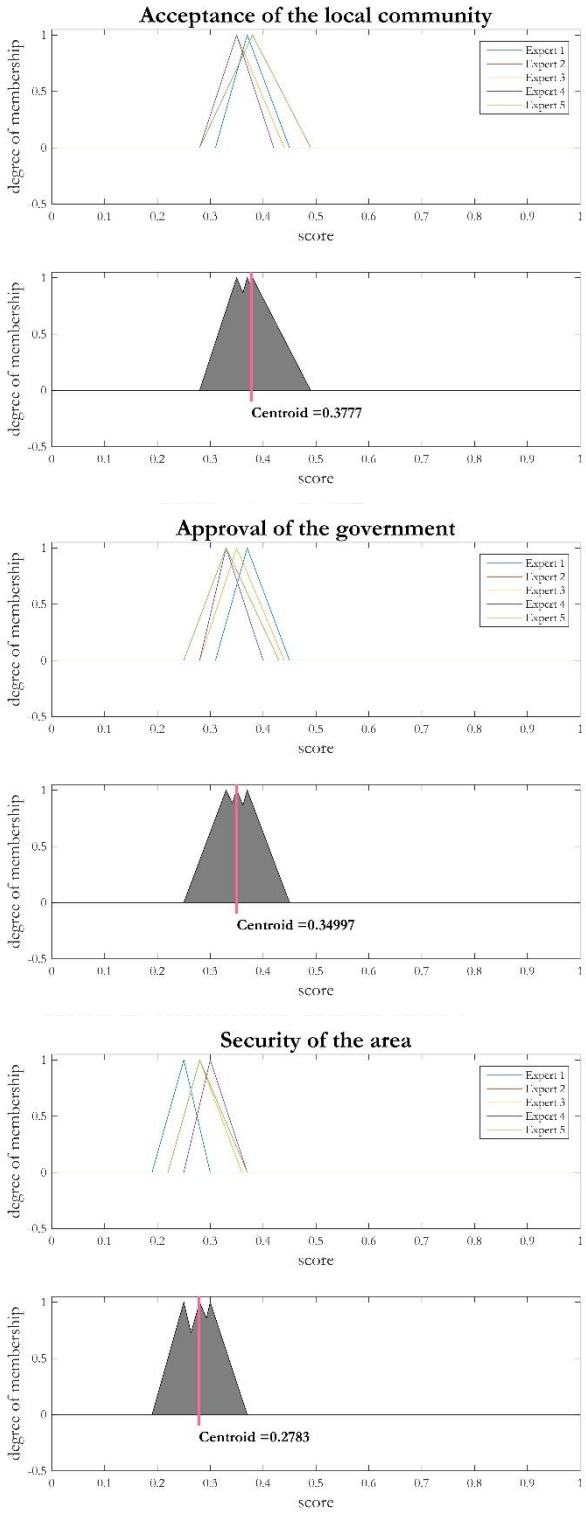


รูปที่ ข-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก TRA

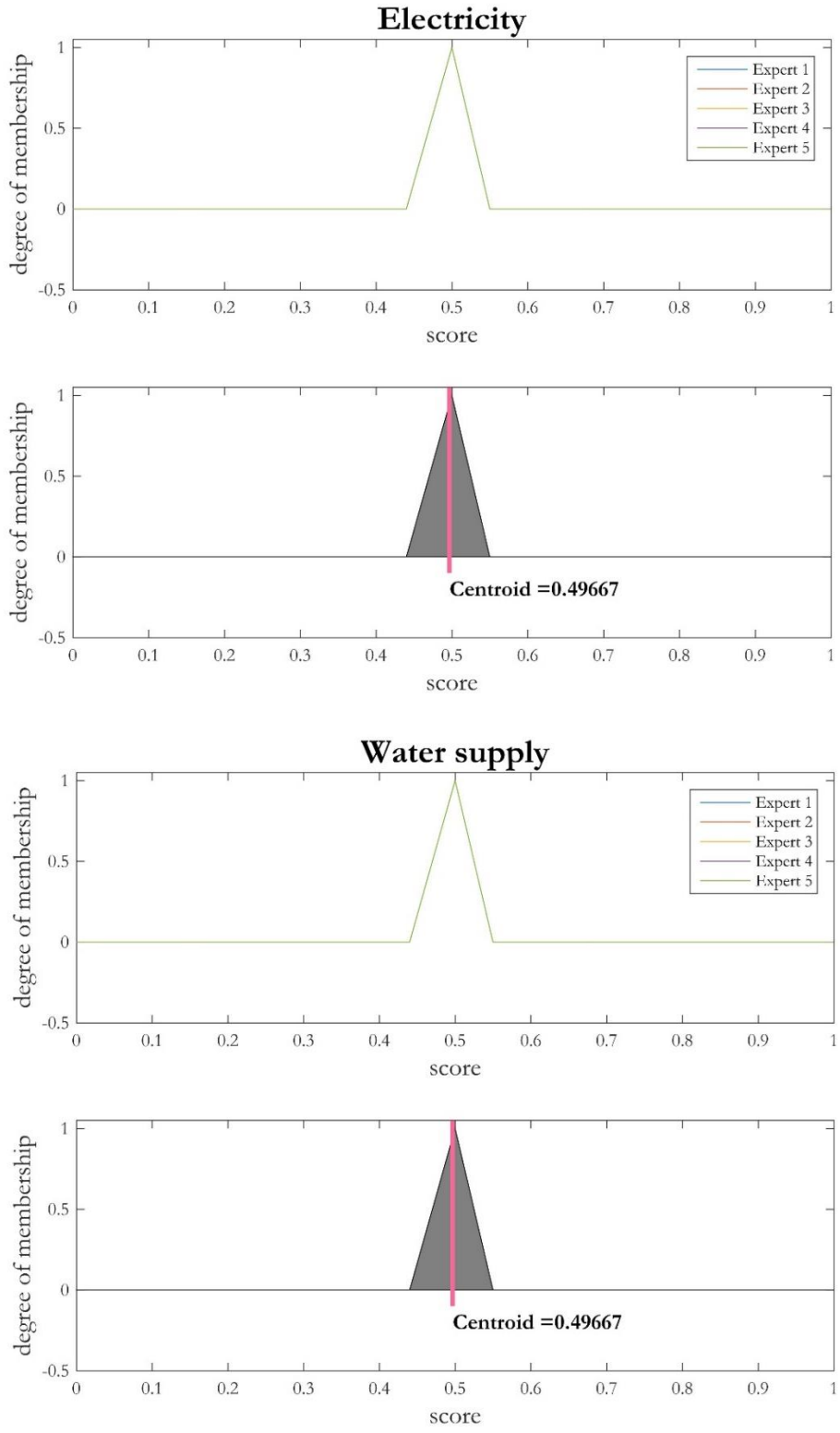


รูปที่ ข-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยหลัก ENV

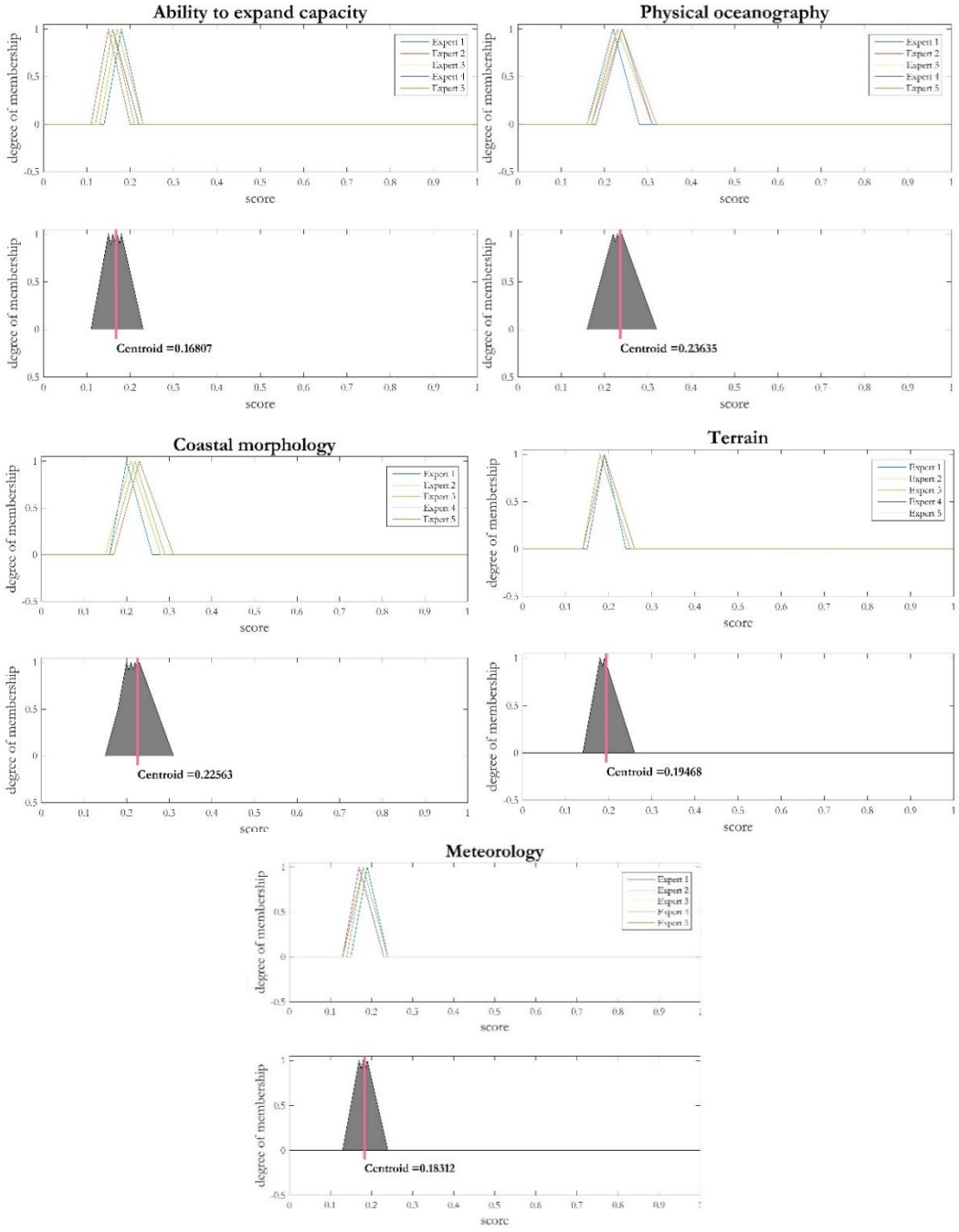
ภาคผนวก ค คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบปัจจัยรอง



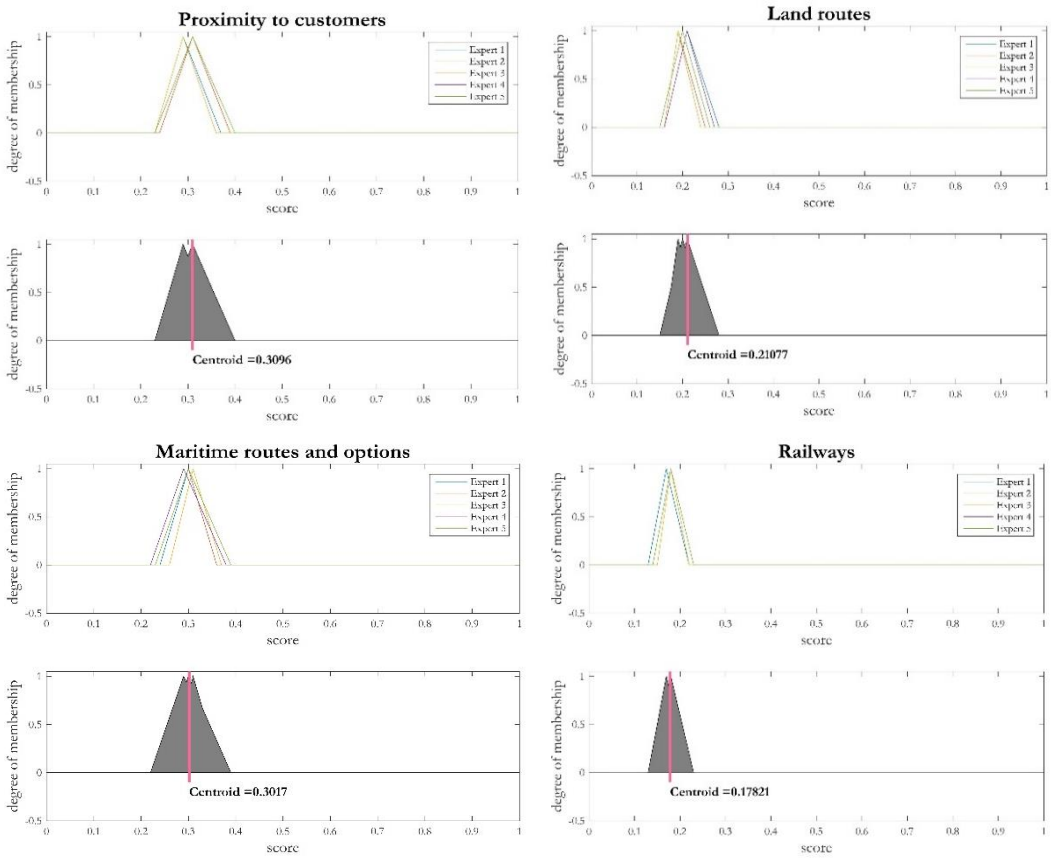
รูปที่ ค-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก SOC



รูปที่ ค-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก INF

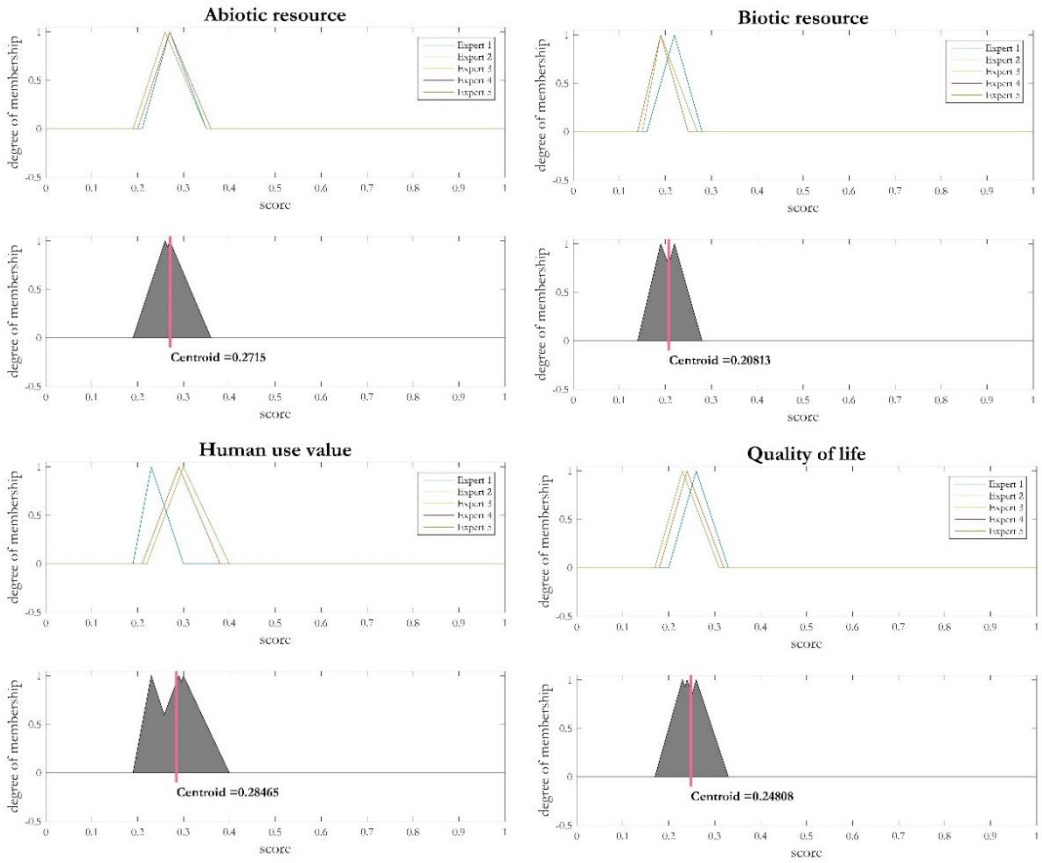


รูปที่ ค-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก ENG



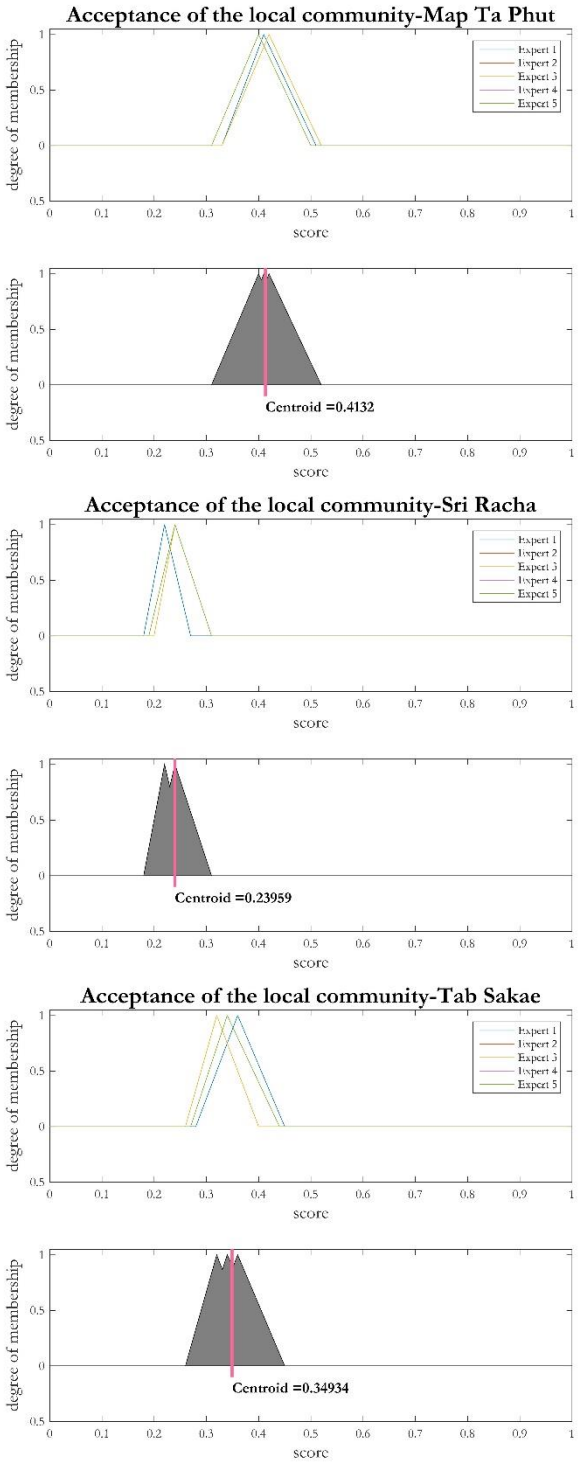
รูปที่ ค-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA

Chulalongkorn University

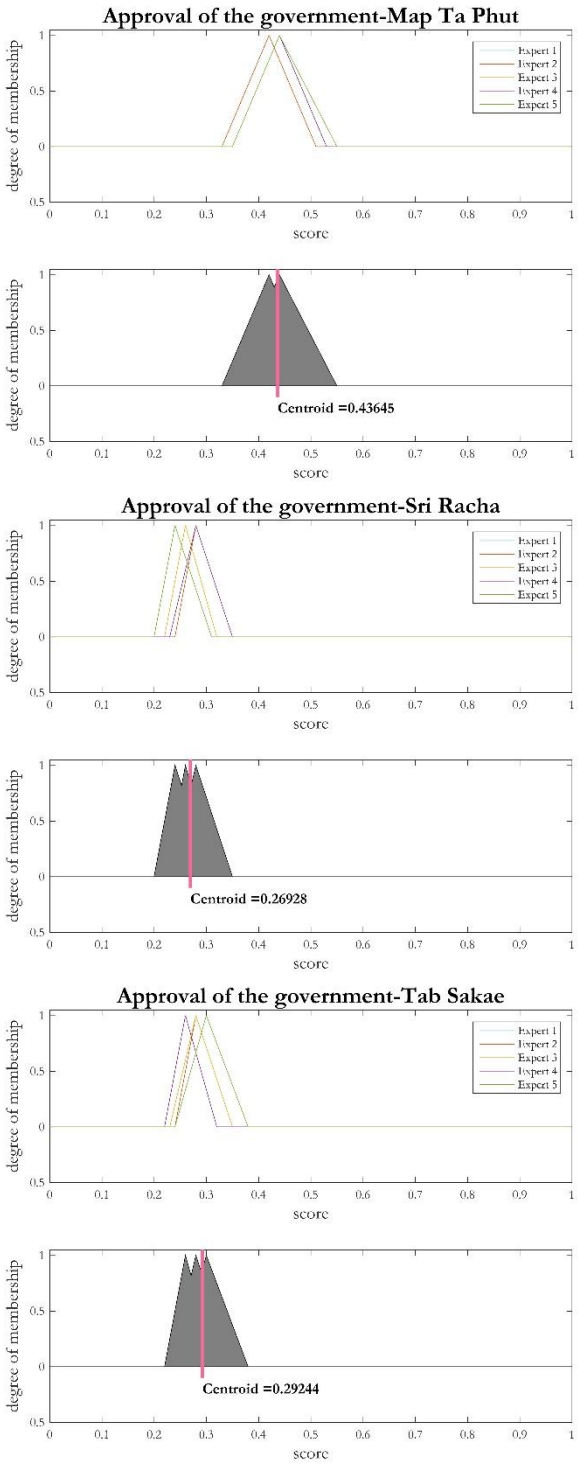


รูปที่ ค-5 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก TRA

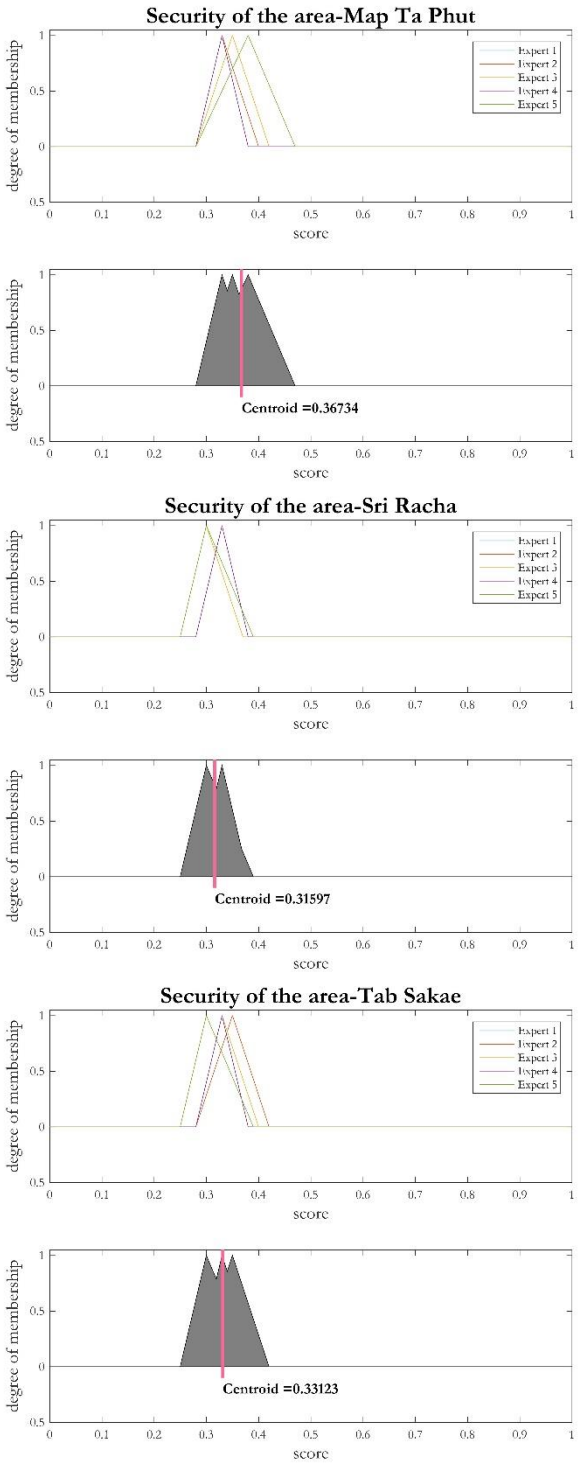
ภาคผนวก ง คะแนนแบบสอบถามเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้ง



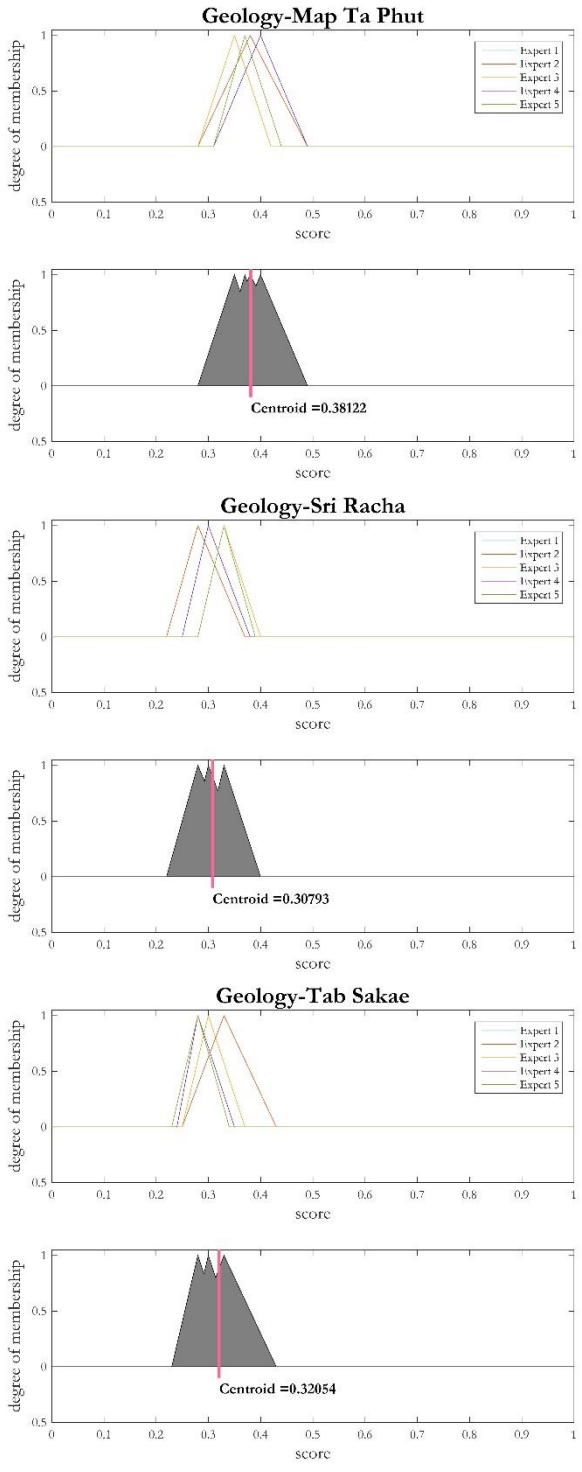
รูปที่ ง-1 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOL ของพื้นที่ภาคกลาง



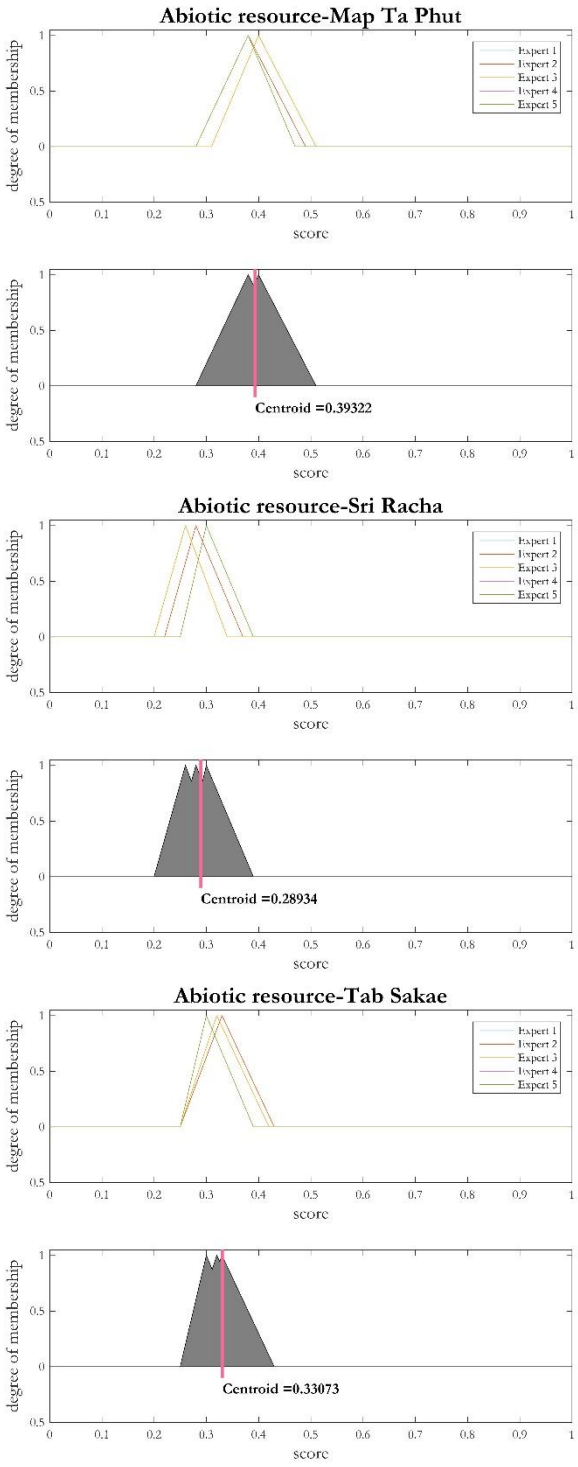
รูปที่ ง-2 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOG ของพื้นที่ภาคกลาง



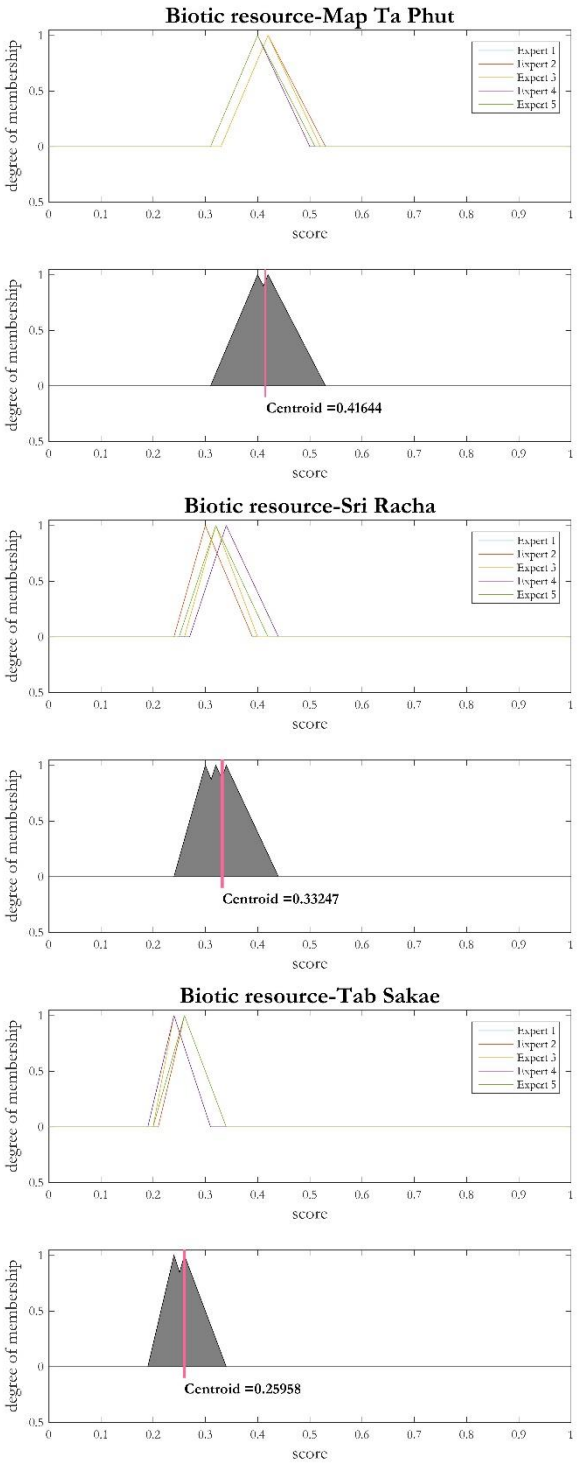
รูปที่ ง-3 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-SOA ของพื้นที่ภาคกลาง



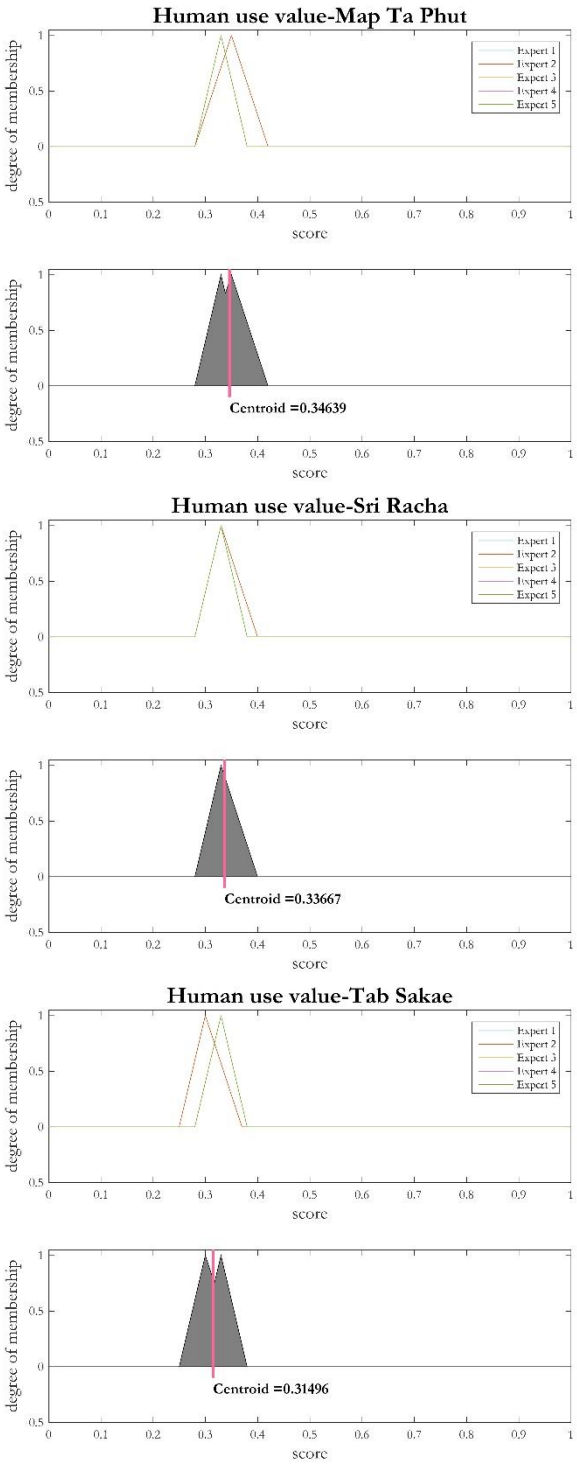
รูปที่ ง-4 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง E-GEO ของพื้นที่ภาคกลาง



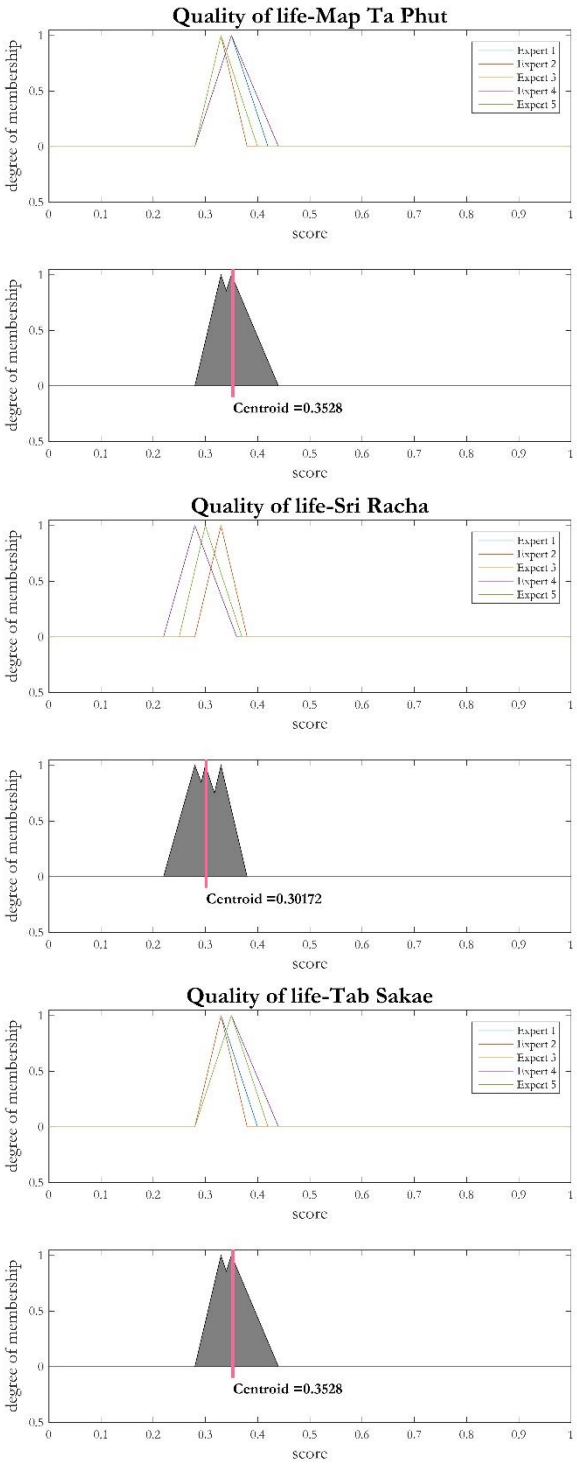
รูปที่ ง-5 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-ABR ของพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ ง-6 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-BIR ของพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ ง-7 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-HUV ของพื้นที่ภาคกลาง



รูปที่ ง-8 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-QOL ของพื้นที่ภาคกลาง

ตารางที่ ง-1 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก SOC

	ปัจจัยหลัก	SOC	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น	ปัจจัยรอง	S-AOL	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	SMA	MA	SMA	SMA	MA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	MA	MA	MA	VA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	SMA	MA	SMA	SMA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.005	0.018	0.000	0.001
	ปัจจัยรอง	S-AOG					
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	EA	EA	EA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	SMA	EA	EA	EA	EA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	MA	EA	MA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.018	0.000	0.018	0.001
	ปัจจัยรอง	S-SOA					
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	SMA	EA	EA	SMA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	SMA	MA	SMA	MA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	MA	MA	MA	MA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.005	0.004	0.000	0.018	0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-2 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENG

	ปัจจัยหลัก	ENG	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
ปัจจัยตั้งต้น	ปัจจัยรอง	E-GEO	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	EA	EA	EA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	SMA	MA	SMA	MA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	MA	SMA	MA	SMA	MA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.000	0.000	0.018

ตารางที่ ง-3 คะแนนการเปรียบเทียบทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENV

	ปัจจัยหลัก	ENV	ผลการเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ				
	ปัจจัยรอง	V-ABR	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	EA	EA	EA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	EA	EA	EA	EA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	EA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปัจจัยรอง	V-BIR					
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	EA	EA	EA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	EA	EA	EA	EA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	EA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปัจจัยรอง	V-HUV					
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	SLA	EA	SLA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	SLA	EA	SLA	SLA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	EA	EA	SMA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.000	0.005	0.005
	ปัจจัยรอง	V-QOL					
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	เทพา	EA	EA	EA	SMA	EA
ทับสะแก	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	SMA	EA	SMA	EA
เทพา	เปรียบเทียบกับ	ปัตตานี	EA	SMA	EA	EA	EA
ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-4 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก SOC ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก	SOC	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
S-AOL	1	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.273 , 0.347 , 0.445)	(0.199 , 0.249 , 0.318)
	2	(0.337 , 0.427 , 0.534)	(0.241 , 0.307 , 0.391)	(0.210 , 0.264 , 0.341)
	3	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.273 , 0.347 , 0.445)	(0.199 , 0.249 , 0.318)
	4	(0.312 , 0.405 , 0.515)	(0.253 , 0.328 , 0.427)	(0.209 , 0.266 , 0.346)
	5	(0.356 , 0.446 , 0.550)	(0.240 , 0.304 , 0.385)	(0.200 , 0.249 , 0.316)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
S-AOG	1	(0.288 , 0.358 , 0.429)	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.251 , 0.308 , 0.374)
	2	(0.289 , 0.331 , 0.399)	(0.311 , 0.379 , 0.446)	(0.239 , 0.289 , 0.343)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.289 , 0.331 , 0.399)	(0.311 , 0.379 , 0.446)	(0.239 , 0.289 , 0.343)
	5	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
S-SOA	1	(0.312 , 0.403 , 0.509)	(0.273 , 0.347 , 0.445)	(0.199 , 0.249 , 0.318)
	2	(0.289 , 0.355 , 0.440)	(0.311 , 0.377 , 0.463)	(0.209 , 0.267 , 0.331)
	3	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.199 , 0.250 , 0.303)
	4	(0.290 , 0.382 , 0.491)	(0.273 , 0.350 , 0.452)	(0.210 , 0.267 , 0.348)
	5	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.199 , 0.250 , 0.303)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-5 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENG ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

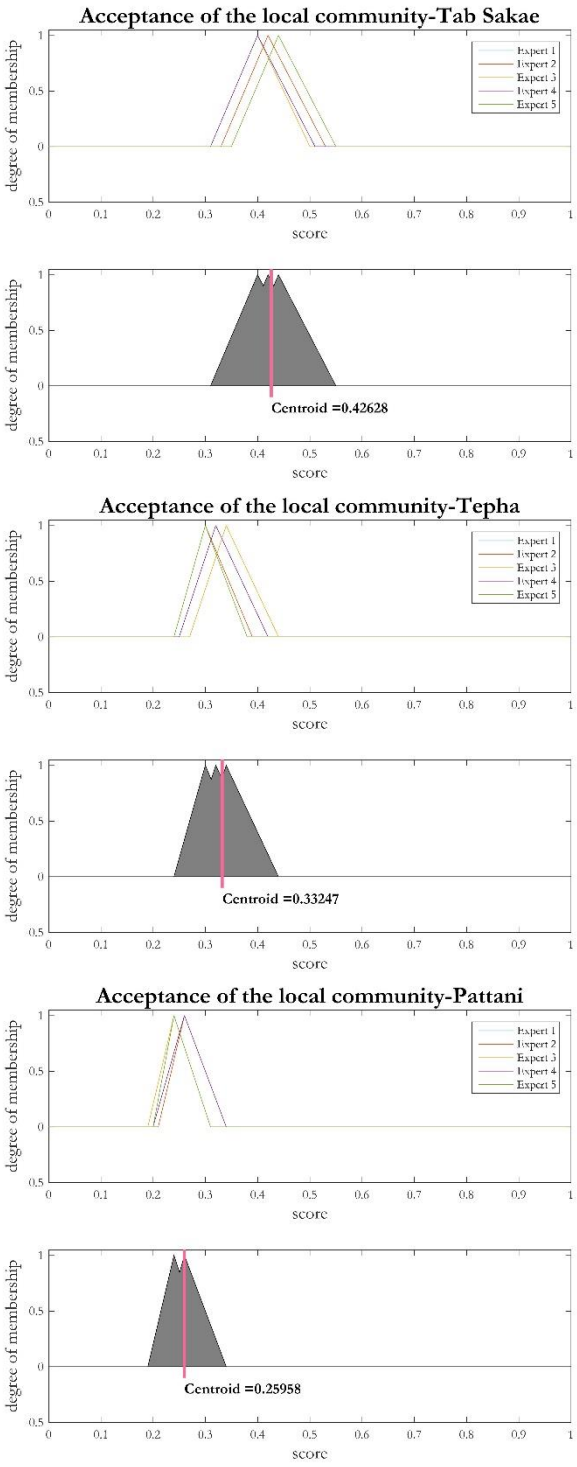
ปัจจัยหลัก	ENG	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
E-GEO	1	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.199 , 0.25 , 0.303)
	2	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.22 , 0.285 , 0.361)
	3	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.199 , 0.25 , 0.303)
	4	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.22 , 0.285 , 0.361)
	5	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.311 , 0.375 , 0.456)	(0.199 , 0.25 , 0.303)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

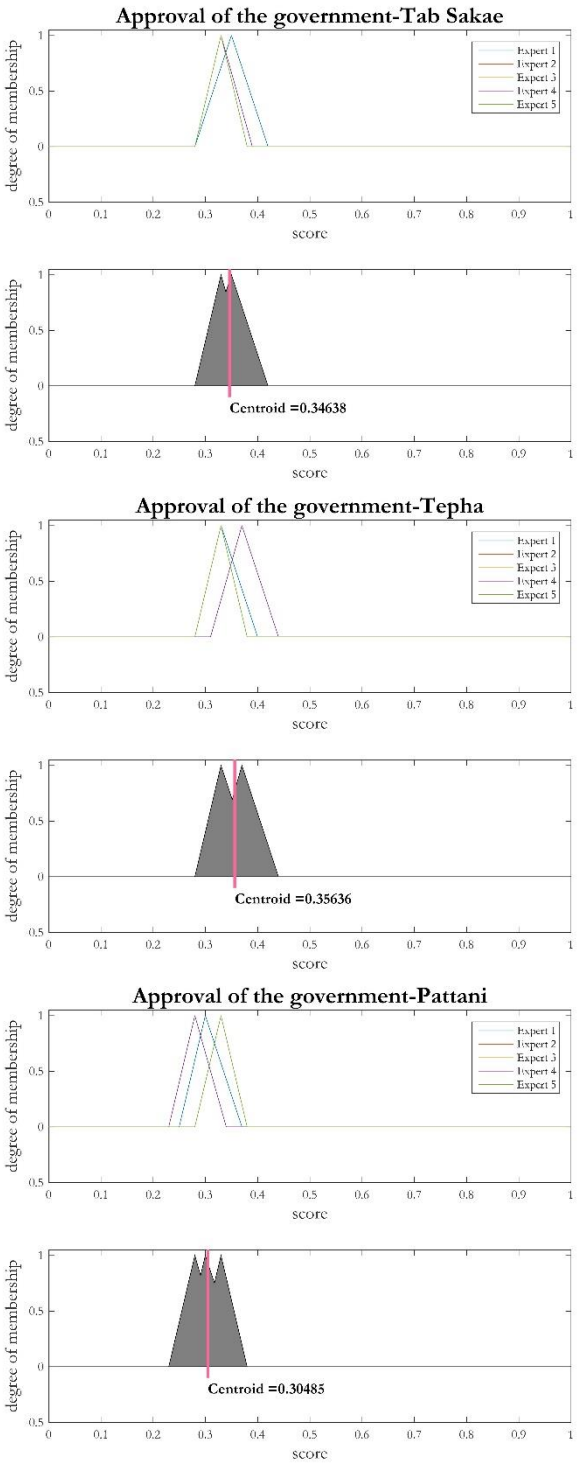
ตารางที่ ง-6 ค่าน้ำหนักฟัซซี่ทางเลือกที่ตั้งภาคใต้ภายใต้ปัจจัยหลัก ENV ของผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ปัจจัยหลัก	ENV	ทางเลือกที่ตั้ง		
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
V-ABR	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	5	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
V-BIR	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	5	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
V-HUV	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.220 , 0.285 , 0.361)	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.288 , 0.357 , 0.446)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.220 , 0.285 , 0.379)	(0.289 , 0.383 , 0.496)	(0.252 , 0.330 , 0.434)
	5	(0.251 , 0.308 , 0.374)	(0.288 , 0.332 , 0.403)	(0.288 , 0.358 , 0.429)
ปัจจัยรอง	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่	ทับสะแก	เทพา	ปัตตานี
V-QOL	1	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	2	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.288 , 0.357 , 0.446)	(0.22 , 0.285 , 0.361)
	3	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)
	4	(0.288 , 0.384 , 0.476)	(0.252 , 0.307 , 0.392)	(0.252 , 0.307 , 0.392)
	5	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)	(0.287 , 0.333 , 0.386)

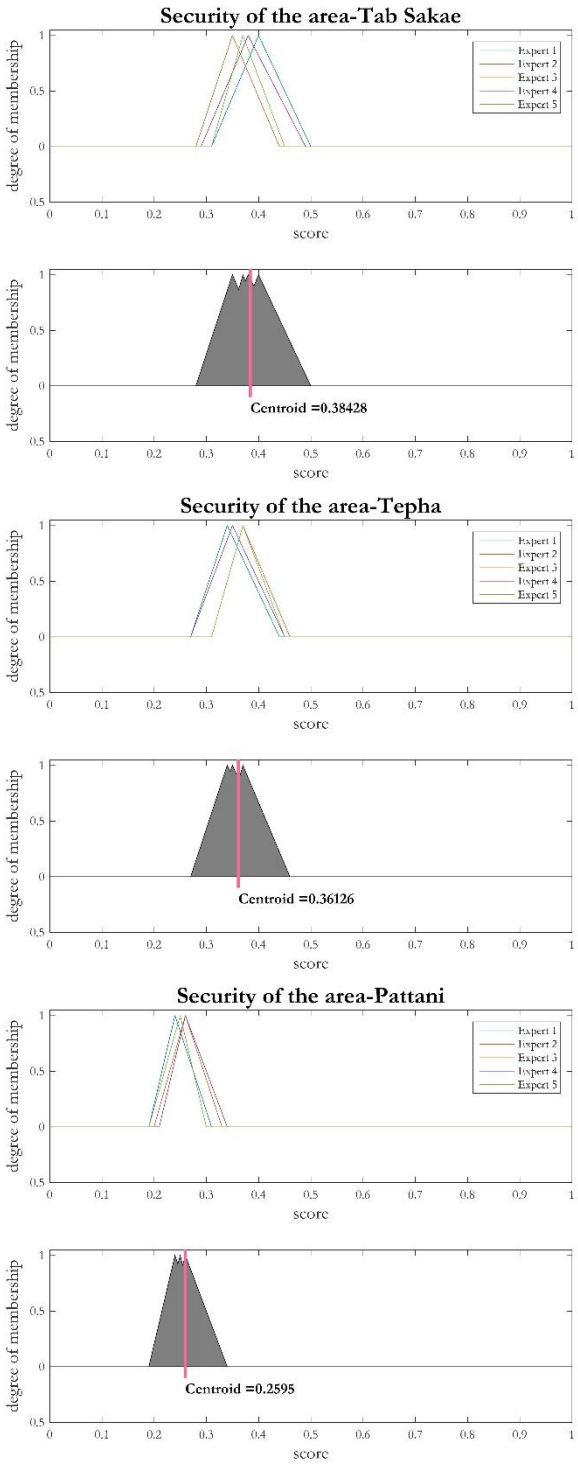
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



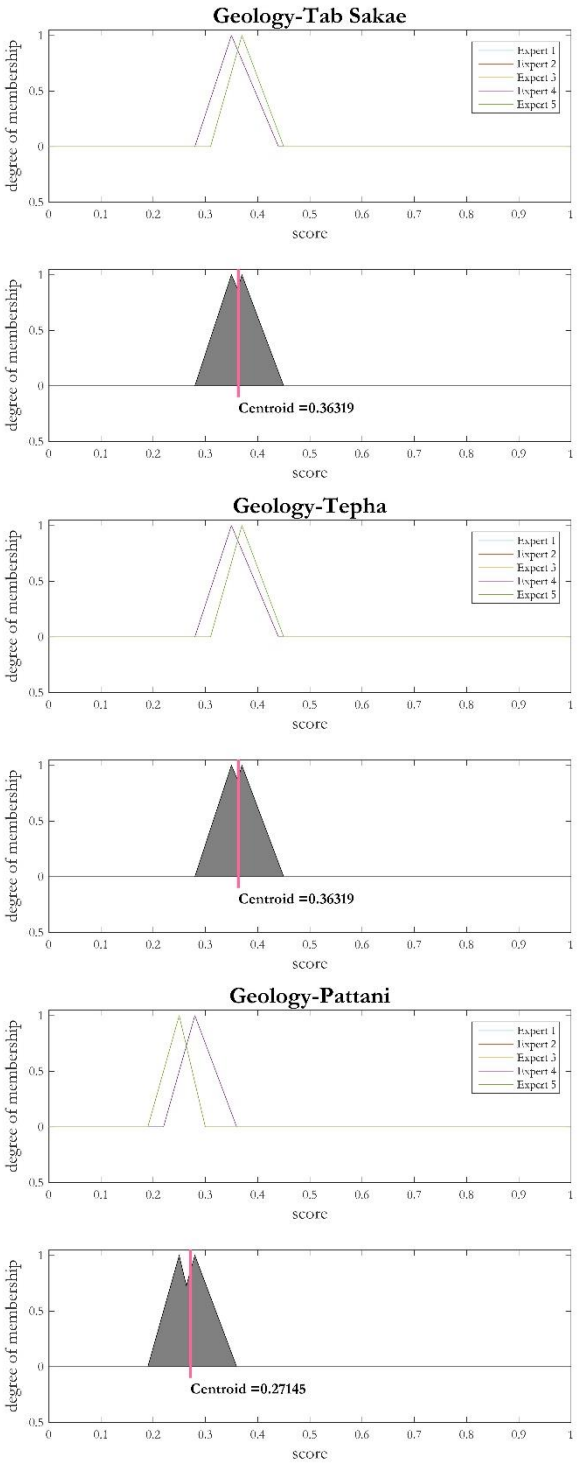
รูปที่ ง-9 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOL ของพื้นที่ภาคใต้



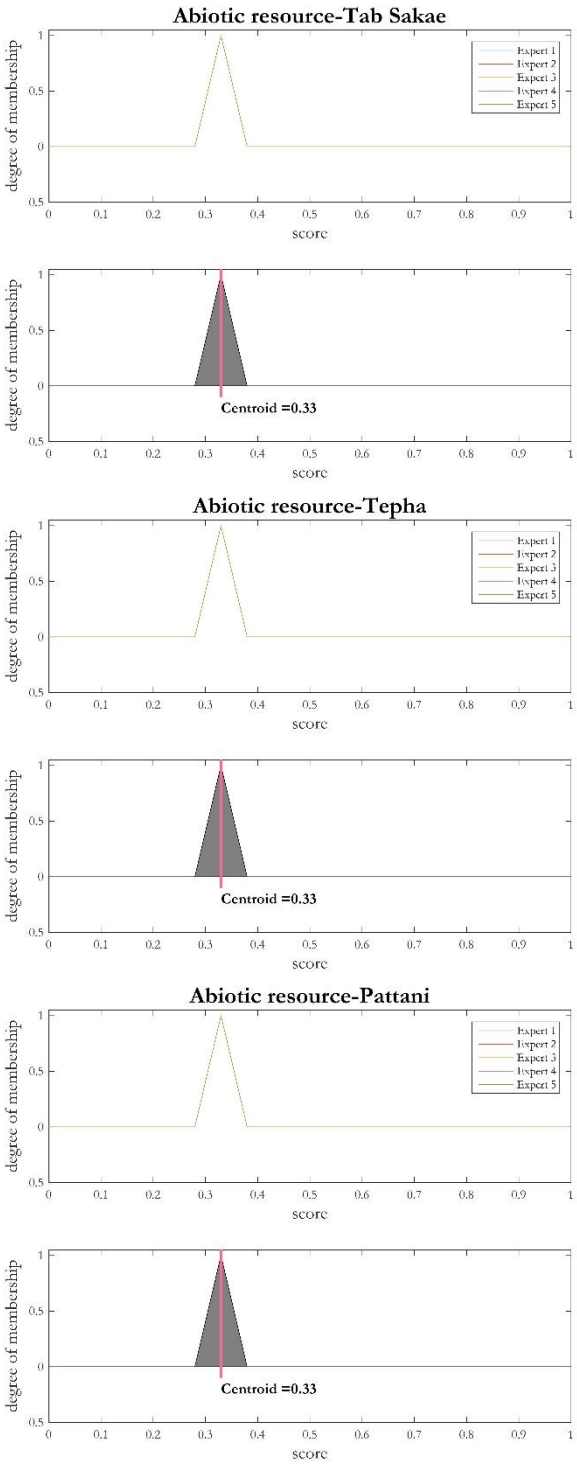
รูปที่ ง-10 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-AOG ของพื้นที่ภาคใต้



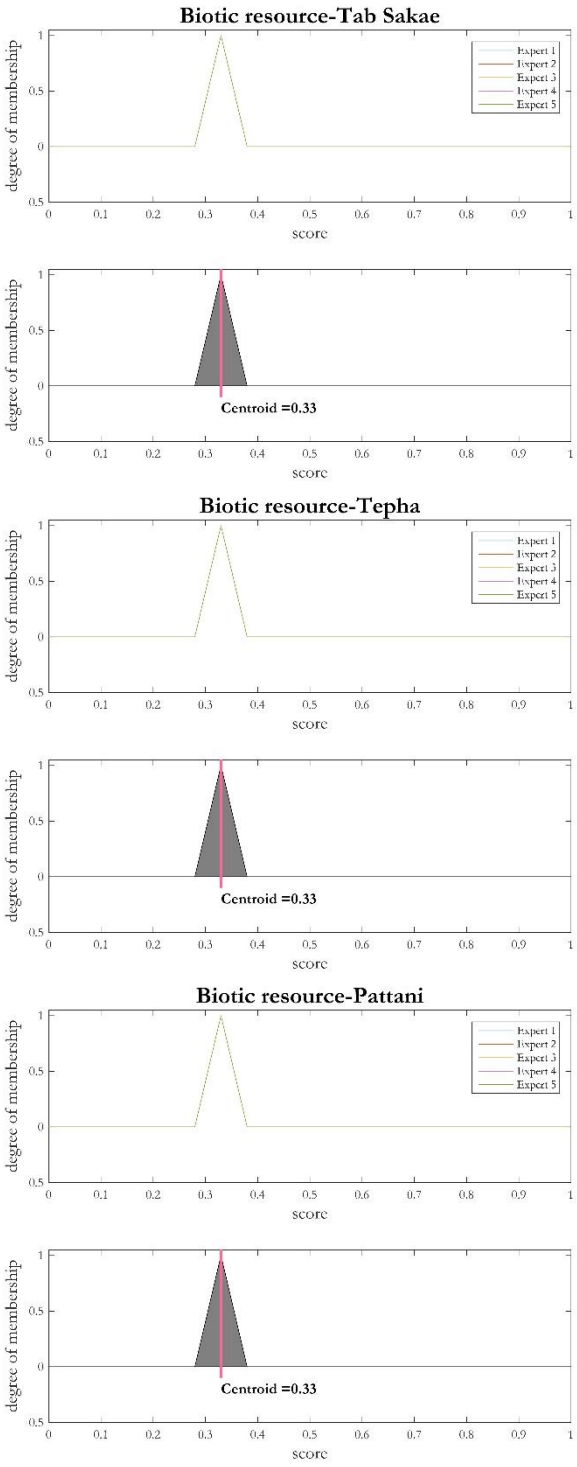
รูปที่ ง-11 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง S-SOA ของพื้นที่ภาคใต้



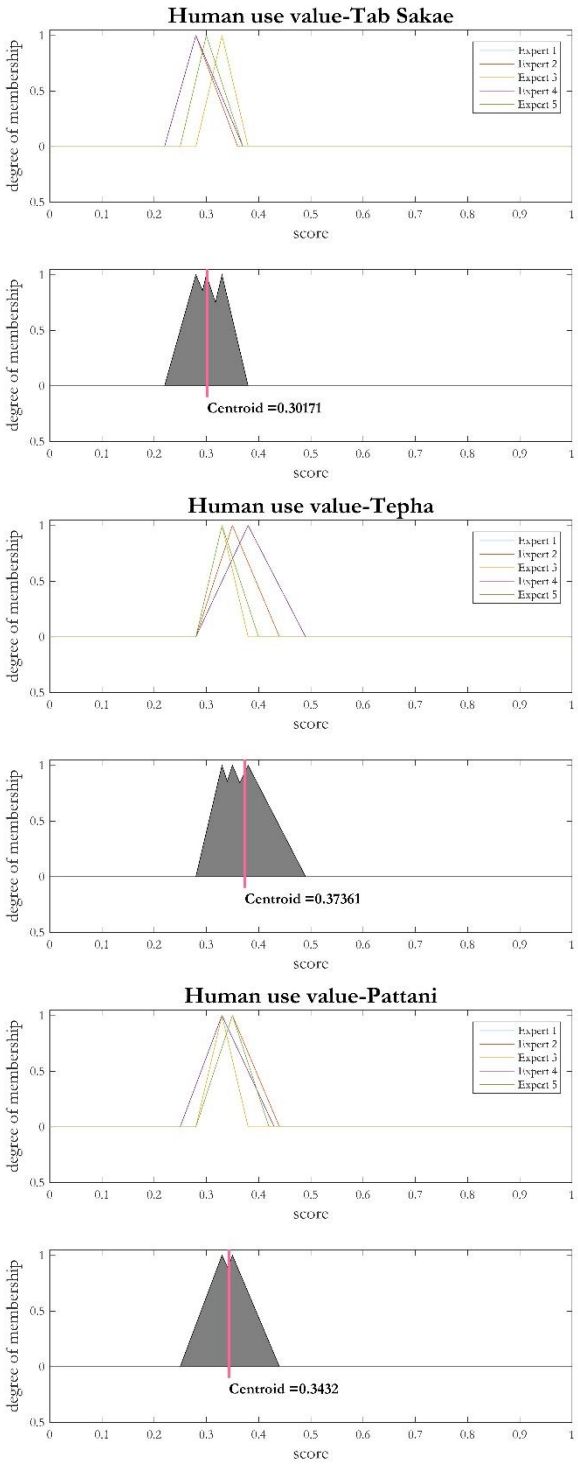
รูปที่ ง-12 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง E-GEO ของพื้นที่ภาคใต้



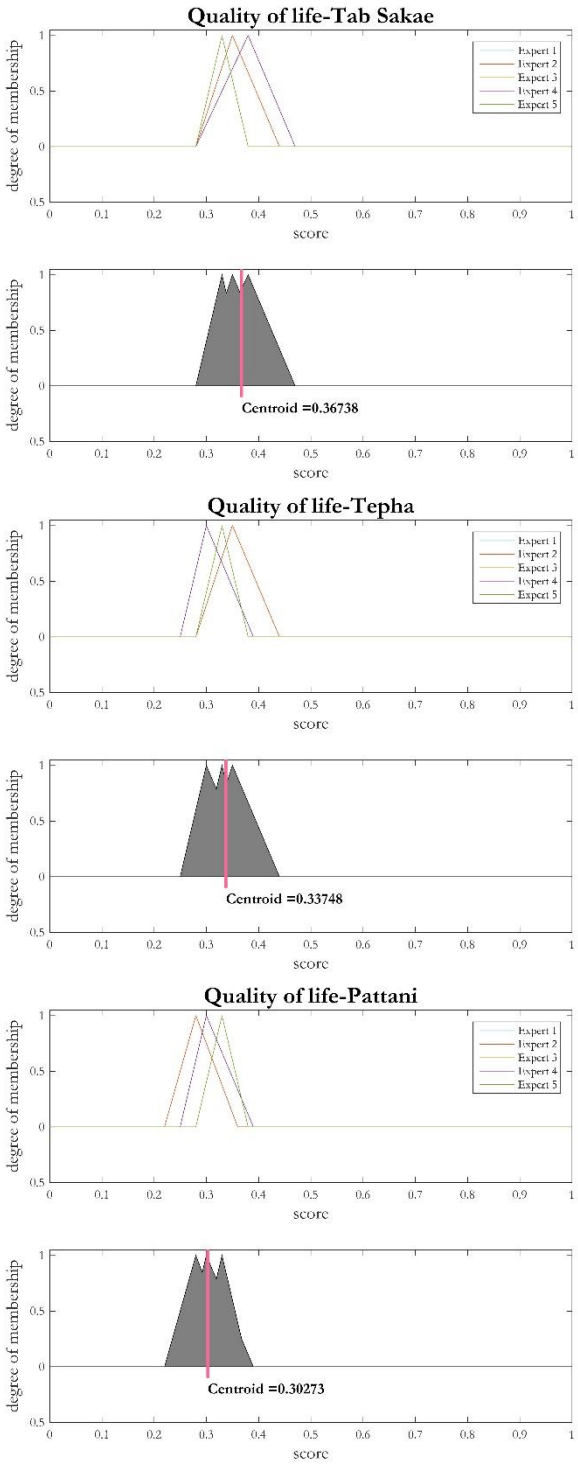
รูปที่ ง-13 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-ABR ของพื้นที่ภาคใต้



รูปที่ ง-14 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-BIR ของพื้นที่ภาคใต้



รูปที่ ง-15 การคำนวณน้ำหนักย่อยปัจจัยรอง V-HUV ของพื้นที่ภาคใต้



รูปที่ ง-16 การคำนวณน้ำหนักย่อยของปัจจัยรอง V-QOL ของพื้นที่ภาคใต้

ภาคผนวก จ การคำนวณค่าขนส่งถ่านหิน

กำหนดสมมติฐานดังต่อไปนี้

- ดอกเบี้ย 5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
- ระยะเวลาโครงการ 20 ปี
- อัตราแลกเปลี่ยน 35 บาท เท่ากับ 1 ดอลลาร์สหรัฐ

ตารางที่ จ-1 รายละเอียดค่าขนส่งทางเลือกที่ตั้งภาคกลางและภาคใต้

รายการค่าใช้จ่าย	หน่วย	ที่ตั้งภาคกลาง		ที่ตั้งภาคใต้	
		มาบตาพุด	ศรีราชา	เทพา	ทับสะแก
ปริมาณขนส่งถ่านหิน	ล้านตันต่อปี	7	7	3.5	10.5
จำนวนรอบการขนส่ง (13,000 ตันต่อรอบ)	รอบ	538	538	270	808
ระยะทางที่ตั้งถึง					
โครงการโรงฟ้า #2	กิโลเมตร	-	-	-	530
โครงการโรงฟ้า #3	กิโลเมตร	-	-	-	530
โครงการโรงฟ้า #4	กิโลเมตร	200	230	-	-
โครงการโรงฟ้า #5	กิโลเมตร	-	-	50	-
โครงการโรงฟ้า #6	กิโลเมตร	160	100	-	560
เรือบาร์จ (20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	3	3	1	6
เรือลากจูง (15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	2	2	1	5
ผ่อนชำระค่าเรือ	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	1,083,275	1,083,275	441,335	2,407,278
ปริมาณเชื้อเพลง	ลิตรต่อรอบ	42,000	38,500	5,833	127,167
	บาทต่อปี	11,307,693	10,365,385	1,575,000	34,237,180
ค่าเสื่อมราคา	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	675,000	675,000	275,000	1,500,000
ค่าดำเนินการอื่นๆ (10%)	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	1,306,597	1,212,366	229,134	3,814,446
รวมค่าใช้จ่าย	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	14,372,564	13,336,025	2,520,468	41,958,903
ค่าขนส่ง	ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน	2.05	1.91	0.72	4.00
	บาทต่อตัน	71.86	66.68	25.20	139.86
	บาทต่อปี	503,039,739	466,760,892	88,216,368	1,468,561,599

ตารางที่ จ-2 รายละเอียดค่าขนส่งระยะการดำเนินการที่ 1

รายการค่าใช้จ่าย	หน่วย	ระยะการดำเนินการที่ 1		
		มาบตาพุด	ศรีราชา	เทพา
ปริมาณขนส่งถ่านหิน	ล้านตันต่อปี	7	7	-
จำนวนรอบการขนส่ง (13,000 ตันต่อรอบ)	รอบ	538	538	-
ระยะทางที่ตั้งถึง				
โครงการโรงฟ้า #2	กิโลเมตร	650	700	-
โครงการโรงฟ้า #3	กิโลเมตร	650	700	-
เรือบาร์จ (20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	8	8	-
เรือลากจูง (15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	6	6	-
ผ่อนชำระค่าเรือ	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	3,049,218	2,554,197	-
ปริมาณเชื้อเพลง	ลิตรต่อรอบ	33,333	35,897	-
	บาทต่อปี	17,948,718	19,329,389	-
ค่าเสื่อมราคา	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	1,900,000	1,900,000	-
ค่าดำเนินการอื่นๆ (10%)	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	2,289,794	2,378,359	-
รวมค่าใช้จ่าย	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	25,187,730	26,161,944	-
ค่าขนส่ง	ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน	3.60	3.74	-
	บาทต่อตัน	125.94	130.81	-
	บาทต่อปี	881,570,547	915,668,040	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ-3 รายละเอียดค่าขนส่งทางแต่ละระยะการดำเนินการที่ 2

รายการค่าใช้จ่าย	หน่วย	ระยะการดำเนินการที่ 2			
		มาบตาพุด	ศรีราชา	เทพา	เทพา (1 แห่ง)
ปริมาณขนส่งถ่านหิน	ล้านตันต่อปี	7	7	3.5	10.5
จำนวนรอบการขนส่ง (13,000 ตันต่อรอบ)	รอบ	538	538	-	808
ระยะทางที่ตั้งถึง					
โครงการโรงฟ้า #4	กิโลเมตร	200	230	-	560
โครงการโรงฟ้า #5	กิโลเมตร	-	-	-	30
โครงการโรงฟ้า #6	กิโลเมตร	95	45	50	750
เรือบาร์จ (20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	3	3	1	8
เรือลากจูง (15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ลำ	2	2	1	6
ผ่อนชำระค่าเรือ	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	1,083,275	1,083,275	441,334	3,049,218
ปริมาณเชื้อเพลง	ลิตรต่อรอบ	34,417	32,083	5,833	156,333
	บาทต่อปี	9,266,026	8,637,821	1,575,000	42,089,744
ค่าเสื่อมราคา	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	675,000	675,000	275,000	1,900,000
ค่าดำเนินการอื่นๆ (10%)	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	1,102,430	1,039,610	229,133	4,703,896
รวมค่าใช้จ่าย	ดอลลาร์สหรัฐต่อปี	12,126,731	11,435,705	2,520,468	51,742,858
ค่าขนส่ง	ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน	1.73	1.63	0.72	4.93
	บาทต่อตัน	60.63	57.18	25.20	172.48
	บาทต่อปี	424,435,572	400,249,674	88,216,368	1,811,000,033

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดประวัติผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชายฝั่ง

การศึกษา

2540 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2544 วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2553 วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา The University of Nottingham.

ประวัติการทำงาน

- หัวหน้าภาควิชาแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปัจจุบัน)
- ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวฯ จุฬาฯ พ.ศ.2545 - 2558

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งถ่านหิน

การศึกษา

2524 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

- ผู้จัดการ Siri Green Glow Co., Ltd. พ.ศ.2549 - ปัจจุบัน
- ผู้จัดการ Unique Mining Services Plc. พ.ศ.2537 - 2549
- วิศวกร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) พ.ศ.2526 - 2537

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านโรงไฟฟ้า

การศึกษา

2533 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2536 วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2545 วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

- ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน และอาจารย์พิเศษ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้านการพัฒนาโรงไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังความร้อน โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พ.ศ.2540 - ปัจจุบัน
- ที่ปรึกษาโครงการฝึกอบรมงานวิศวกรรม จัดซื้อ และ ก่อสร้างโรงไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2558
- อาจารย์พิเศษ สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม จุฬาฯ ด้านพลังงาน หมุนเวียน (เอทานอล ไบโอดีเซล ความร้อน แสงอาทิตย์ ไฟฟ้าแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ) และพลังงานนิวเคลียร์ พ.ศ.2556

- อาจารย์พิเศษ คณะวิศวฯ จุฬาฯ ด้านพลังงานทดแทนในยาน-ยนต์ พ.ศ.2555
- วิทยากร โครงการแปลงนโยบายและแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา ด้านพลังงานปรมาณูของประเทศไปสู่การปฏิบัติและการติดตามประเมินผล พ.ศ.2555

4. ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม

การศึกษา

2534 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2536 วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม University of Tokyo.

2539 วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม University of Tokyo.

ประวัติการทำงาน

- รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวฯ จุฬาฯ (ปัจจุบัน)
- รองผู้อำนวยการหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาฯ
- ผู้อำนวยการหน่วยวิจัยบำบัดของเสียและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ คณะวิศวฯ จุฬาฯ
- ประธานกรรมการโครงการ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- รองประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- อนุกรรมการการทดสอบความรู้ระดับสามัญวิศวกรสิ่งแวดล้อม สภาวิศวกร
- กรรมการศูนย์ฝึกอบรม ฝ่ายการศึกษาต่อเนื่อง พ.ศ.2539 - 2542
- หัวหน้าหน่วยงานปฏิบัติงานวิจัย การบริหารอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

5. ผู้เชี่ยวชาญด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษา

2519 เศรษฐศาสตรบัณฑิต (บริหารอุตสาหกรรม) Université de Toulouse I, France

2520 เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (บริหารอุตสาหกรรม)

2521 D.E.S.S (บริหารอุตสาหกรรม) Université de Toulouse I, France

ประวัติการทำงาน

- รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
- หัวหน้าศูนย์ทดสอบทางวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปัจจุบัน)

หัวหน้าหน่วยงานปฏิบัติงานวิจัย การบริหารอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อจริงนายธัญวิชญ์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์ เกิดวันอังคารที่ 17 เมษายน พ.ศ.2533 เป็นบุตรชายคนโตของนางศิริรัตน์ และนายจิระศักดิ์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์ พี่มีน้องหนึ่งคน นายจารุวิทย์ เกื้อกูลฤทธิวงศ์

ผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (เกียรตินิยมอันดับสอง) ในปีพ.ศ. 2556 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University