การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

SELECTING OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM FOR AN INDUSTRIAL FACTORY USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS: A CASE STUDY OF A PRODUCT LABEL PRINTING FACTORY

อภิวัฒน์ คงสายเสริม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น:กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

อภิวัฒน์ คงสายเสริม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า Selection of an Air Conditioning System for an Industrial Factory Using Analytic Hierarchy Process: A Case Study of a Product Label Printing Factory
ชื่อ – นามสกุล	นายอภิวัฒน์ คงสายเสริม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัฒตรา เกษราพงศ์, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ปรกช สิริสุวัณณ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า
ชื่อ – นามสกุล	นายอภิวัฒน์ คงสายเสริม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม และเพื่อกำหนดกรอบแนวทางการเลือกระบบปรับอากาศโดยการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดปัจจัยหลัก 4 ด้านคือราคา เทคโนโลยี คุณภาพและความยืดหยุ่นของระบบ และกำหนดปัจจัยรองทั้งสิ้น 15 ปัจจัย จากนั้นออกแบบสอบถามและเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศจำนวน 9 ราย ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น ในการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมโดยจะพิจารณาจากผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักที่มากที่สุด ซึ่งคำนวณจากผลคูณของค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยกับค่าคะแนนของแต่ละระบบ

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศลำดับที่1 คือ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (0.362) ตามด้วย ด้านคุณภาพ (0.347) ด้านราคา (0.196) และด้านยืดหยุ่นของระบบ (0.095) ในขณะที่ปัจจัยรองที่มีระดับความสำคัญในสามลำดับแรกได้แก่ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (0.175) ตามด้วยความปลอดภัยการใช้งาน (0.129) และค่าเชื่อถือได้ของระบบ (0.115) เมื่อพิจารณาผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละระบบ พบว่าระบบน้ำยาควรถูกเลือกพิจารณาเนื่องจากมีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักมากกว่าระบบน้ำเย็น

คำสำคัญ: การเลือก ระบบปรับอากาศ วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น

Thesis Title	Selection of an Air Conditioning System for an Industrial Factory Using Analytic Hierarchy Process: A Case Study of a Product Label Printing Factory
Name - Surname	Mr. Apiwat Kongsaiserm
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2017

ABSTRACT

The objectives of this research were to determine and prioritize the relative importance levels of factors that affected the selection of an air conditioning system for an industrial factory, and to generate a framework for optimal selecting of an air conditioning system using an Analytic Hierarchy Process (AHP).

First, data from related research and experts in the air conditioning industry were studied and collected to determine the factors affecting the selection of an air conditioning system. Next, four main factors (including price, technology, quality, and flexibility) and fifteen minor factors were identified. After that, nine experts in air conditioning systems were interviewed and asked to complete questionnaires. The data were analyzed using AHP to determine the relative importance level of each factor. Then, the optimal system was selected according to the total maximum weighted scores calculated by multiplying the relative importance value of each factor with the score value of each system.

The results indicated that the major factors affecting the selection of an air conditioning system for an industrial factory were technology (0.362), quality (0.347), price (0.196), and flexibility (0.095), respectively. The top three minor factors were energy efficiency ratio (0.175), operational safety (0.129) and system reliability (0.115), respectively. Finally, according to the higher total weighted score, the split type system should be selected rather than the chilled water system.

Keywords: selection, air condition system, analytic hierarchy process

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์อย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่เสียสละเวลาอันมีค่าที่ให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่เริ่มจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. ปรกช สิริสุวัณณ์ กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒตรา เกษราพงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก รวมทั้งอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรม หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่ให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย นับเป็นความกรุณาที่ผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบการ โรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า กรณีศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และเพื่อน ๆ ร่วมหลักสูตรทุกท่านที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน หรือเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมให้ดียิ่งขึ้นไป คุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด

อภิวัฒน์ คงสายเสริม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญรูป..... (11)

บทที่ 1 บทนำ..... 15

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 15

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 18

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 18

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 19

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 19

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

2.1 ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศในอุตสาหกรรม..... 20

2.2 ทฤษฎีวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)..... 30

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 42

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 46

3.1 ศึกษาปัญหาและขอบเขตงานวิจัย..... 47

3.2 การกำหนดโครงสร้างรูปแบบของปัญหา..... 48

3.3 การเก็บตัวอย่างข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง..... 49

3.4 แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 50

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 51

3.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 64

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย..... 65

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก..... 65

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยรอง..... 67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการวิเคราะห์ภาพรวมค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง..... 72

4.4 ผลคะแนนของแต่ละปัจจัยในแต่ละทางเลือก..... 73

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 79

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 79

5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 81

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 82

บรรณานุกรม..... 83

ภาคผนวก..... 85

ภาคผนวก ก แบบสอบถาม..... 86

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยหลัก จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน..... 91

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านราคา จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน.... 101

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน..... 111

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านคุณภาพ จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน 121

ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน..... 131

ภาคผนวก ช คุณสมบัติเครื่องปรับอากาศ..... 141

ภาคผนวก ซ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่..... 119

ประวัติผู้เขียน..... 162

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานการปรับอากาศ..... 27
ตารางที่ 2.2 ปัจจัยแนะนำสำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ..... 29
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบแต่ละคู่เกณฑ์..... 34
ตารางที่ 2.4 ระดับความสำคัญ (Preference Level)..... 35
ตารางที่ 2.5 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index :R.I.)..... 36
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ..... 38
ตารางที่ 2.7 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การประเมิน..... 39
ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทีละเกณฑ์..... 39
ตารางที่ 2.9 ผลรวมจากการคำนวณ..... 40
ตารางที่ 2.10 ระดับคะแนนของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ..... 40
ตารางที่ 2.11 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม..... 41
ตารางที่ 2.12 ความถี่ของปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 44
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลในการกรอกแบบสอบถาม..... 50
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแบบประเมินเพื่อใช้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก.... 51
ตารางที่ 3.3 หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน..... 51
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่างปัจจัยหลัก..... 52
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่างปัจจัยรอง..... 53
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel วิเคราะห์ลำดับความสำคัญ พิจารณาจากค่าถ่วงน้ำหนัก..... 54
ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนการลงทุนครั้งแรก..... 55
ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนราคาอะไหล่..... 56
ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนบำรุงรักษา..... 56
ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนระบบควบคุมปรับอากาศ..... 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.11 เกณฑ์การให้คะแนนอัตราส่วนประสิทธิภาพ..... 57
ตารางที่ 3.12 เกณฑ์การให้คะแนนเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม..... 58
ตารางที่ 3.13 เกณฑ์การให้คะแนนมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา..... 59
ตารางที่ 3.14 เกณฑ์การให้คะแนนค่าเชื่อถือได้ของระบบ..... 59
ตารางที่ 3.15 เกณฑ์การให้คะแนนอายุการใช้งาน..... 60
ตารางที่ 3.16 เกณฑ์การให้คะแนนความดังของระบบ..... 60
ตารางที่ 3.17 เกณฑ์การให้คะแนนความปลอดภัยการใช้งาน..... 61
ตารางที่ 3.18 เกณฑ์การให้คะแนนรองรับการเปลี่ยนแปลง..... 62
ตารางที่ 3.19 เกณฑ์การให้คะแนนปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน..... 62
ตารางที่ 3.20 เกณฑ์การให้คะแนนกำหนดเวลาการใช้งาน..... 63
ตารางที่ 3.21 เกณฑ์การให้คะแนนสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น..... 63
ตารางที่ 3.22 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้คำนวณผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จาก AHP..... 64
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศ..... 65
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยหลัก..... 66
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศ..... 67
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านราคา..... 68
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี... 69
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านคุณภาพ..... 70
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น..... 71
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการวิเคราะห์แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญและลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัย..... 72
ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การพิจารณาค่าน้ำหนักคะแนนปัจจัยด้านต่างๆ..... 73
ตารางที่ 4.10 ค่าคะแนนปัจจัยด้านต่างๆ ของทางเลือก..... 77
ตารางที่ 4.11 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม..... 78

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5.1 ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก.....	79
ตารางที่ 5.2 ลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง.....	80
ตารางที่ 5.3 ลำดับความสำคัญของทางเลือก.....	81

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ระบบปรับอากาศที่อาศัยหลักการระเหยน้ำผ่านสื่อการระเหยน้ำ (Cooling pad)…. 16

รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็น..... 20

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นกระบวนการ AHP..... 32

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภูมิและการเปรียบเทียบของการตัดสินใจ..... 37

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 46

รูปที่ 3.2 รูปแบบโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น..... 49

รูปที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 92

รูปที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2..... 93

รูปที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3..... 94

รูปที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4..... 95

รูปที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5..... 96

รูปที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6..... 97

รูปที่ ข.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7..... 98

รูปที่ ข.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8..... 99

รูปที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9..... 100

รูปที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 102

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2..... 103

รูปที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3..... 104

รูปที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4..... 105

รูปที่ ค.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5..... 106

รูปที่ ค.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6..... 107

รูปที่ ค.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7..... 108

รูปที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8..... 109

รูปที่ ค.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9..... 110

รูปที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 112

รูปที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2..... 113

รูปที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3..... 114

รูปที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4..... 115

รูปที่ ง.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5..... 116

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7..... 117

รูปที่ ง.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7..... 118

รูปที่ ง.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7.....

รูปที่ ง.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วย 119

โปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9..... 120

รูปที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่1..... 122

รูปที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2..... 123

รูปที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่3..... 124

รูปที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่4..... 125

รูปที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่5..... 126

รูปที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่6..... 127

รูปที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่7..... 128

รูปที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่8..... 129

รูปที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่9..... 130

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1..... 132

รูปที่ ฉ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2..... 133

รูปที่ ฉ.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3..... 134

รูปที่ ฉ.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4..... 135

รูปที่ ฉ.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5..... 136

รูปที่ ฉ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6..... 137

รูปที่ ฉ. ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7..... 138

รูปที่ ฉ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8..... 139

รูปที่ ฉ.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9..... 140

บทที่ 1
บทนำ

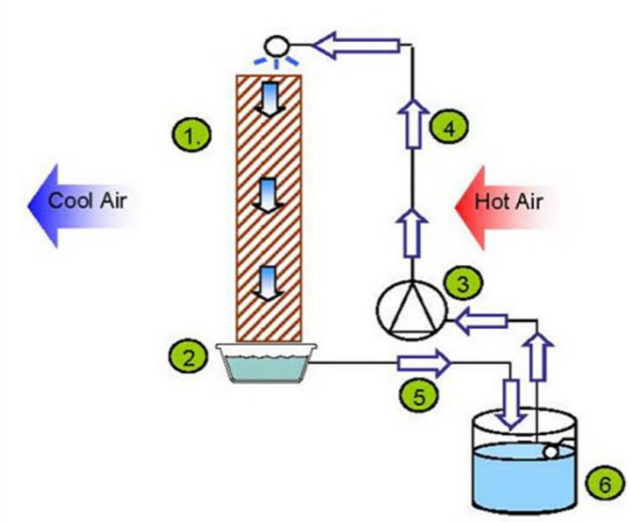
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบปรับอากาศถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในโรงงานอุตสาหกรรม ห้างร้าน ออฟฟิศ หน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา ตลอดจนโรงพยาบาลเพื่อให้คุณภาพชีวิตในการปฏิบัติงานดีขึ้น ก่อให้เกิดการทำงานที่มีคุณภาพและดีมากยิ่งขึ้น การปรับอากาศมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมความเย็นสบาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานที่อยู่ในที่บริเวณนั้นๆ ส่งผลให้อุตสาหกรรมมีการเติบโตและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นระบบปรับอากาศจึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นเครื่องปรับอากาศจึงมีความจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจตั้งแต่การพิจารณาปัจจัยของ กระบวนการผลิต เพื่อสร้างคุณภาพชีวิตให้ดีต่อพนักงานทำให้เกิดการขยายตัวของระบบปรับอากาศและมีการใช้เครื่องปรับอากาศในระบบอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่องระบบปรับอากาศเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการปรับอากาศเพื่อควบคุมภาวะบรรยากาศในกระบวนการผลิต การทำงานวิจัย และการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ เช่น การปรับอากาศในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ โรงงานทอผ้า โรงงานผลิตอาหารโรงงาน ฯลฯ

ระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 ระบบ หลักได้แก่ ระบบน้ำเย็น (Chilled water system) และ ระบบน้ำยา (Split type system) ที่มีบทบาทในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะมาใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าได้โดยตรงหรือในสายการผลิตยังทำให้สภาพแวดล้อมในการผลิตสินค้าหรือการทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในโรงงานอุตสาหกรรมคงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องมีระบบปรับอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะที่เปลี่ยนไปของโลกรวมถึงการพัฒนาให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้นมีความสะดวกสบายในสายการผลิตสินค้าต่างๆ ตอบสนองในการทำงานมากขึ้น การเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างโดยทั่วไปในการออกแบบระบบปรับอากาศควรจะต้องสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคารไม่ส่งผลกระทบหรือส่งผลกระทบน้อยที่สุดต่อสภาวะแวดล้อมภายนอก เป็นระบบที่มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อมือ มีความยืดหยุ่นสูง สามารถรองรับความต้องการขยายตัวในอนาคตได้ มีการทำงานและซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย รวมถึงต้องมีความเหมาะสมกับงบประมาณการลงทุนและต้องเป็นระบบที่มีความปลอดภัย ไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยประหยัดพลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อมให้เกิดการใช้พลังงานน้อยที่สุดเพื่อเป็นลดค่าใช้จ่ายเรื่องของค่าไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน ดังนั้นการตัดสินใจ

เลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมที่สุดในการใช้งานทั้งทางตรงและทางอ้อมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ผลิตฉลากสินค้าที่ได้ผลิตสินค้าจากแบรนด์ชั้นนำทั่วประเทศ ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่ส่วนของสายการผลิต 900 ตารางเมตร ทางผู้บริหารระดับสูงมีความต้องการที่จะทำการเปลี่ยนระบบปรับอากาศในโรงงาน เพื่อลดความชื้นในบรรยากาศให้เป็นสภาวะอากาศที่มีความชื้นตามเกณฑ์ที่เหมาะสม จากข้อมูลกรมอุตุวิทยาพบว่าประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปีโดยเฉพาะฤดูร้อน จะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำสุดในรอบปี[1] ด้วยเหตุนี้สายการผลิตโรงงานผลิตสลากสินค้าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสลากสินค้าจึงมักเกิดปัญหาจากความชื้นสัมพัทธ์ เช่น ทำให้เกิดคราบคราบน้ำในแผงวงจร ทำให้เครื่องจักรทำงานไม่ต่อเนื่อง เป็นต้น จากการที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบระบบปรับอากาศที่อาศัยหลักการระเหยน้ำผ่านสื่อการระเหยน้ำ (Cooling pad) แสดงตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบปรับอากาศที่อาศัยหลักการระเหยน้ำผ่านสื่อการระเหยน้ำ (Cooling pad) [2]

ทำให้สภาพอากาศในการทำงานมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าปกติค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 81.3% ทำให้ส่งผลเสียในสายการผลิตสลากสินค้าบ่อยครั้งเพราะสภาพความชื้นของอากาศที่มากกว่าปกติ ประกอบกับมีราคาซ่อมบำรุงที่สูงขึ้น อุณหภูมิในการทำงานของระบบปรับอากาศไม่เหมาะสม ทางบริษัทจึงมีความสนใจที่จะปรับปรุงระบบปรับอากาศใหม่ ซึ่งกำลังพิจารณาคัดเลือกระบบปรับอากาศใหม่ ให้เหมาะสมกับการใช้งานในสายการผลิตสลากสินค้า และ เครื่องจักรที่ใช้ในสายการผลิต

การตัดสินใจคัดเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมให้เหมาะสม มีความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะแต่ละระบบก็จะมีข้อดีและข้อเสียของตัวสินค้าที่แตกต่างกันไปตามการใช้งานและสภาพพื้นที่ที่จะติดตั้งระบบปรับอากาศแต่ละครั้งในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมจึงไม่ใช่เรื่องง่ายในการเลือกระบบปรับอากาศให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานแต่ละที่ในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงระบบการใช้ระบบปรับอากาศแต่ละยี่ห้อนั้นๆ มาเป็นตัวกำหนดในการตัดสินใจตามความต้องการโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆเป็นหลัก แต่โดยส่วนมากปัจจัยในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศจะมีอยู่ 3 เรื่องหลักๆ ได้แก่ ราคาของระบบปรับอากาศ , การประหยัดพลังงานในการใช้ (ประหยัดค่าไฟ) และยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งปัจจัยในการตัดสินใจเพียงทั้ง 3 ด้านนี้ อาจไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจเลือกซื้อระบบปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพและอาจจะส่งผลกระทบในภายหลังจากที่ใช้ระบบปรับอากาศแล้ว ด้วยเหตุนี้จึงมีความสนใจเปลี่ยนระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ระบบโรงงานอุตสาหกรรมได้ระบบเครื่องปรับอากาศที่ตรงตามความต้องการ เหมาะสมกับการใช้งาน และป้องกันปัญหาหลังจากที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศไปแล้ว ดังนั้นจึงเลือกระบบปรับอากาศไว้ 2 ระบบหลักได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำยา และ ระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น เพื่อให้มีข้อมูลประกอบในการตัดสินใจด้วยเทคนิค AHP ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการตัดสินใจในการเลือกระบบปรับอากาศมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมกับโรงงาน ให้เพื่อให้เหมาะสมกับสายการผลิตฉลากสินค้าและเป็นเครื่องมือที่นิยมนำมาช่วยในการตัดสินใจพิจารณาเลือกทางเลือก จึงควรมีการประเมินถึงสมรรถนะและปัญหาการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการใช้ประยุกต์โดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สามารถเข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน โดยทั่วไปปัจจัยต่างๆ ที่มักนำมาพิจารณาในการตัดสินใจของการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทั้งหมด 4 ปัจจัย

มีปัจจัยที่สำคัญในการเลือกเครื่องปรับอากาศ 4 ปัจจัย มีดังนี้ [3]

1. ปัจจัยด้านราคา(Price)

เป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับแรกโดยมีผลในการพิจารณาตัดสินใจเลือกเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ในการแข่งขันของผู้ผลิตมีการแข่งขันในเรื่องราคาที่ต่ำเพื่อให้ผู้บริโภคได้มีการเปรียบเทียบกับคู่แข่ง ทำให้มีผลต่อการตัดสินใจได้ง่ายขึ้นและยังทำให้เลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ได้สินค้าคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ได้ซื้อในราคาถูก

2. ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (Technology)

เป็นปัจจัยในการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ ในการตัดสินใจของผู้บริหารจะให้ความสำคัญต่อความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้คงที่หรือไม่ รวมถึงเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่

3. ปัจจัยด้านคุณภาพ (Quality)

ระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อาจสร้างปัญหาต่อผู้ใช้งานได้ ถ้าการผลิตออกจากผู้ผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานและการติดตั้งไม่ดีหรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาหาตามมาหลายด้าน จึงควรต้องพิจารณาถึงด้านคุณภาพของสินค้าเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง

4. ปัจจัยด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)

เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากระบบปรับอากาศที่ดีต้องมีความสามารถในการปรับเพิ่มหรือลดเครื่องปรับอากาศได้ตามความต้องการโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการติดตั้ง และสามารถใช้งานรวมกับระบบสุขาภิบาลอื่นได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงสนใจศึกษาวิจัยปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการบูรณการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลป้อนเข้าไปเพื่อช่วยพัฒนาการเลือกระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อกำหนดน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อกำหนดกรอบแนวทางการเลือกระบบปรับอากาศก่อนตัดสินใจโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) เพื่อกำหนดแนวทางการวิเคราะห์การเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

1.3 สมมติฐานการวิจัย

วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) ช่วยจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถช่วยในหาค่าน้ำหนักจากวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นประกอบการตัดสินใจและพัฒนาการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ได้อย่างเหมาะสม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลโรงงานผลิตสลากสินค้ากรณีตัวอย่างเท่านั้น

1.4.2 เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานที่มีขนาด 900 ตารางเมตรเท่านั้น

1.4.3 ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไปได้พิจารณาจากแบบสอบถามโดยผู้วิจัยทำการอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลแบบสอบถามคนละ 20 นาที

1.4.4 ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

1.5.2 ทางการเลือกระบบปรับอากาศก่อนตัดสินใจโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) มีแนวทางการวิเคราะห์การเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมด้วยเทคนิควิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP)

1.5.3 มีเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฉลากสินค้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า รวบรวมเนื้อหา และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากตำราเรียน วิทยานิพนธ์ และบทความ ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้ดังนี้

2.1 ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศในอุตสาหกรรม

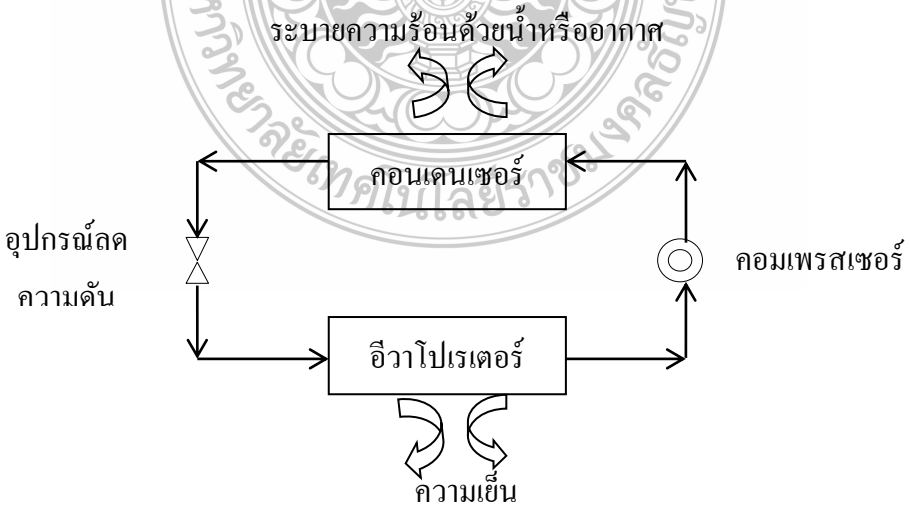
2.2 ทฤษฎีวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศในอุตสาหกรรม

2.1.1 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ หรือเครื่องปรับอากาศ (Air - conditioner) ทุกชนิดมีหลักการทำงานเหมือนกัน คือ ใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และ ความร้อนแฝงจากการระเหย โดยการใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนกันระหว่างสารทำความเย็นและอากาศ โดยอากาศที่อุณหภูมิสูง จะคายความร้อนให้สารทำความเย็นทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง และเมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนก็จะระเหยตัวกลายเป็นไอ และถูกควบแน่น เพื่อให้กลายเป็นของเหลว และนำกลับมารับความร้อนจากอากาศใหม่เป็นวัฏจักร ดังรูปที่ 2.1 จะแสดงวัฏจักรการทำความเย็น (Refrigeration cycle) โดยที่สารทำความเย็นจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ตามทิศของลูกศร [4]



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็น[4]

จากรูปที่ 2.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

(1) คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นที่ซึ่งสารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิด ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air - cooled) และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water - cooled)

(2) อีวาโปเรเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น

(3) อุปกรณ์ลดความดัน เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube

(4) คอมเพรสเซอร์ เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัด เพื่อให้เกิดการควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่(Rotary Compressor) หรือ ในเครื่องขนาดใหญ่อาจเป็นแบบหอยโข่ง(Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor)

การทำงานของวัฏจักร จะเริ่มจากเมื่อมีสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำอยู่ในสภาวะของเหลว ผ่านเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ สารทำความเย็น จะระเหยตัวกลายสภาพเป็นไอที่อิ่มตัวที่มีอุณหภูมิต่ำ และ ความดันต่ำ แล้วจะเคลื่อนที่ผ่าน คอมเพรสเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่ดูด และอัด จนสารทำความเย็นกลายสภาพเป็นไอที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูงเคลื่อนที่เข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจนกลายสภาพเป็นของเหลวที่มีความดันสูงและเมื่อผ่านไปจนถึงอุปกรณ์ลดความดันจะทำให้สารทำความเย็นกลายสภาพเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำอีกครั้งหนึ่ง หมุนเวียนเป็นวัฏจักรต่อไป

การทำให้อากาศในบริเวณที่ต้องการปรับอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง โดยเปลี่ยนจากอุณหภูมิห้องปกติที่มีอุณหภูมิสูงมาเป็นสภาวะสบายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำได้โดยอากาศที่ร้อนชื้นและสกปรกภายในบริเวณที่ปรับอากาศจะถูกพัดลมดูดผ่านแผ่นกรองอากาศ ซึ่งขวางอยู่ด้านหน้าของอีวาโปเรเตอร์ เพื่อกรองเอาสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองออก และ เมื่ออากาศที่ร้อนเคลื่อนที่ผ่านอีวาโปเรเตอร์ อากาศก็จะทำการคายความร้อน ให้กับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ที่ไหลผ่านอีวาโปเรเตอร์ อากาศก็จะมีอุณหภูมิต่ำลง และถูกพัดลมเป่าออกมา เพื่อทำให้เกิดความเย็นบริเวณที่ปรับอากาศ ซึ่งอากาศที่อุณหภูมิต่ำนี้ก็จะมารับความร้อนภายในบริเวณที่ปรับอากาศและกลับไปผ่านอีวาโปเรเตอร์ เพื่อทำให้อุณหภูมิต่ำลงเป็นวัฏจักรไป ส่วนสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่เคลื่อนที่ผ่านอีวาโปเรเตอร์ เมื่อรับความร้อนจากอากาศก็จะระเหยกลายเป็นไอตามวัฏจักรการทำความเย็นที่ได้กล่าวไว้แล้ว

2.1.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท [5] ดังนี้

(1) ประเภททำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเครื่องทำน้ำเย็น และมีอุปกรณ์ประกอบคือปั๊มน้ำเย็น ปั๊มน้ำระบายความร้อน หอผึ่งเย็น และอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็น การทำงานแบ่งเป็น 2 วงจร คือ

ก) วงจรน้ำเย็น โดยเริ่มจากปั๊มน้ำเย็นส่งน้ำเข้าไปรับความเย็นจากสารทำความเย็นที่ Cooler เพื่อให้อุณหภูมิน้ำเย็นได้ตามต้องการ แล้วจึงส่งน้ำเย็นไปยังอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็นโดยอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็นแต่ละชุดจะมีลิ้นควบคุมปริมาณน้ำ ซึ่งได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยถ้าอุณหภูมิในพื้นที่สูงจะส่งสัญญาณให้ลิ้นเปิดน้ำเข้าขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น หลังจากน้ำรับความร้อนจากอากาศที่แลกเปลี่ยนแล้วจะกลับไปรับความเย็นจากหอผึ่งเย็น (Cooling Tower) อีก โดยการดูดของปั๊มน้ำเย็น

ข) วงจรน้ำระบายความร้อนจะเริ่มจากปั๊มน้ำระบายความร้อนส่งน้ำเข้าไปรับความร้อนจากสารทำความเย็นที่คอยล์ร้อน(Condenser) น้ำร้อนที่ได้จะถูกส่งไประบายความร้อนที่หอผึ่งเย็น ซึ่งที่หอผึ่งเย็นนั้นน้ำจะถูกระบายความร้อนด้วยอากาศที่อยู่แวดล้อม หลังจากอุณหภูมิน้ำลดลงตามต้องการจะถูกส่งไปเข้าคอยล์ร้อน (Condenser) โดยการดูดของปั๊มน้ำระบายความร้อน การประหยัดพลังงานในระบบนี้จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพของแต่ละอุปกรณ์ให้สูงที่สุดและใช้งานให้สัมพันธ์กับภาระการปรับอากาศ

(2) ประเภททำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooler Water Chiller) เป็นระบบที่เล็กกว่าระบบแรก โดยมีความแตกต่างกันที่การระบายความร้อนเท่านั้น ซึ่งระบบนี้จะไม่มีวงจรของน้ำระบายความร้อนเพราะจะใช้อากาศในการระบายความร้อน ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ เครื่องทำน้ำเย็นและมีอุปกรณ์ประกอบคือปั๊มน้ำเย็นและอุปกรณ์ส่งจ่ายลมเย็นเท่านั้น การระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศดูดหรือเป่าไปยังขดท่อความร้อนซึ่งพัดลมอาจมีจำนวนหลายชุดในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) แต่ละชุด ดังนั้นเครื่องทำน้ำเย็นระบบนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพราะน้ำจะมีความสามารถในการระบายความร้อนสูงกว่า อีกทั้งเมื่อพัดลมชำรุดจะเกิดการลัดวงจรของลมทำให้ประสิทธิภาพลดลงด้วย นอกจากนั้นเครื่องปรับอากาศระบบนี้จะมีอายุการใช้งานสั้นเพราะจะต้องติดตั้งภายนอกอาคารซึ่งตากแดดตากฝนตลอดเวลา ดังนั้นผู้ใช้ควรดูแลทำความสะอาดและหาวัสดุให้ร่มเงาแก่ขดท่อความร้อน

ปัจจุบันมีโรงงานหลายแห่งได้ใช้น้ำช่วยระบายความร้อนโดยการสเปรย์ไปที่ขดท่อความร้อนส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นประมาณ 10-20%

(3) ประเภทเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) แบบนี้จะมีขนาดเล็กโดยทั้งชุดอยู่ภายในบริเวณปรับอากาศซึ่งจะมีคอมเพรสเซอร์อยู่ภายในด้วย แต่จะมีขดท่อระบายความร้อนด้วยน้ำแยกกันแต่ละชุดดังนั้นปัญหาของระบบนี้คือการบำรุงรักษาหรือการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ซึ่งมีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก ส่วนระบบปั๊มน้ำระบายความร้อนและหอผึ่งเย็นจะเหมือนกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบอื่น ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาคอนเดนเซอร์นั้นก็ทำเช่นเดียวกับคอนเดนเซอร์ของระบบใหญ่

(4) ประเภทแยกส่วน (Split Type) เป็นแบบที่มีขนาดเล็กที่สุด ส่วนใหญ่ใช้กับห้องปรับอากาศในโรงงานเพราะสะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษาไม่ยุ่งยากมากนักแต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบใหญ่ ส่วนประกอบที่ใช้พลังงานแยกเป็น 2 ส่วนคือ คอยล์ร้อน (Condenser Unit) อาจอยู่ภายนอกห้อง ซึ่งประกอบด้วยขดท่อความร้อน พัดลม และคอมเพรสเซอร์ส่วนที่สองคือ คอยล์เย็น (Fan Coil Unit) จะอยู่ภายในห้อง ซึ่งประกอบด้วยขดท่อความเย็นและพัดลม โดยทั้งสองส่วนจะเชื่อมต่อกันด้วยท่อทองแดง สิ่งที่สำคัญของระบบนี้จะต้องทำความสะอาดขดท่อและกรองอากาศเป็นประจำ รวมทั้งตรวจเช็คปริมาณสารทำความเย็นและฉนวนหุ้มท่อ นอกจากนั้นในการติดตั้งถ้ามีระยะห่างกันเกิน 5 เมตร จะต้องขยายขนาดท่อดูดสารทำความเย็น(ท่อไอ)ให้ใหญ่ขึ้นและเพิ่มปริมาณสารหล่อลื่นเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ และถ้าติดตั้งคอยล์ร้อน (Condenser Unit) สูงกว่าคอยล์เย็น (Fan Coil Unit) ท่อทางดูดจะต้องต่อร่วมเป็นรูปตัวยู หรือตัวเอส เพื่อจะให้น้ำมันหล่อลื่นถูกดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ มิเช่นนั้นคอมเพรสเซอร์จะเกิดการไหม้ได้ นอกจากนั้นกรณีที่ลิ้นลดความดันอยู่ที่คอยล์ร้อน Condenser Unit จะต้องทำการหุ้มฉนวนท่อทองแดงทั้งสองท่อแยกจากกัน

2.1.3 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้แบ่งออกตามชนิดต่างๆ ดังนี้ [6]

(1) แบบกล่อง (Package Unit) เป็นเครื่องปรับอากาศที่อุปกรณ์ต่างๆ รวมอยู่ในกล่องหรือPackage เดียวกัน ทั้งคอนเดนซิ่งยูนิต และคูลลิ่งยูนิต แบบกล่องแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- แบบติดหน้าต่าง (Window Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมีขนาดตั้งแต่เล็กที่สุด (ประมาณ 6,000 บีทียู/ชั่วโมง) จนถึง 2 ตัน (1 ตัน เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างนี้ มีส่วนดีตรงที่สามารถจะโยกย้ายไปใช้ยังห้องที่ต้องการได้ และง่ายแก่การติดตั้ง ส่วนข้อเสียคือจะมีเสียงดัง อันก่อความรำคาญให้กับผู้ใช้

- แบบวางตั้งบนพื้น (Big Package Type) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 2-15 ตัน เป็นแบบที่ต้องวางบนพื้นหรือชายคา หรือวางบนหลังคาตึกแล้วเดินท่อ Duct เข้าไปในห้อง

(2) แบบแยกระบบ (Split System) เป็นระบบที่แยกเอาคอยล์ร้อน (Condenser Unit) ออกไว้ภายนอกตัวอาคารและเอาระบบความเย็น (Evaporator Unit) ซึ่งมี อีวาโปเรเตอร์และพัดลมไว้ภายในตัวอาคาร ดังนั้นระบบนี้จึงแยกส่วนออกเป็น 2 ส่วน คือ

- คอยล์ร้อน (Condenser Unit) จะประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และ พัดลมคอนเดนเซอร์ (Condenser Fan) ส่วนนี้จะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร

- คอยล์เย็น (Evaporator) จะประกอบด้วย อีวาโปเรเตอร์ และพัดลมอีวาโปเรเตอร์ (Evaporation Fan) บางตัวเราเรียกระบบนี้ว่า Fan Coil หรือ Cooling Unit หรือ Indoor unit นี้จะติดตั้งไว้ในห้องที่ต้องการทำความเย็น

(3) แบบเป่าตรง (Direct Expansion System) เป็นเครื่องปรับอากาศระบบใหญ่ ตั้งแต่ 30 ตันขึ้นไป ส่วนมากจะใช้คอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water condenser) เครื่องปรับอากาศแบบนี้เป็นระบบใหญ่ จะต้องติดตั้งพร้อมการก่อสร้าง ส่วนมากจะใช้กับโรงภาพยนตร์ โรงละคร หอประชุม ระบบเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ ส่วนมากจะเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

(4) ระบบน้ำเย็น (Chilled Water System) เป็นระบบที่ใช้น้ำผ่านเข้าไปใน อีวาโปเรเตอร์ เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำประมาณ 42-50 F แล้วเอาน้ำเย็นนี้ส่งผ่านท่อออกไปยังห้องที่ต้องการทำความเย็นและเอาน้ำเย็นนี้ผ่านท่อขดเย็น (ลักษณะคล้ายอีวาโปเรเตอร์ หรือหม้อน้ำ) แล้วใช้พัดลมเป่าให้อากาศภายในห้องผ่านท่อขดเย็นเล็กนี้อีกครั้งหนึ่ง

(5) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (Window Units) เครื่องปรับอากาศแบบ ติดหน้าต่างเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปมากเพราะเป็นแบบที่ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย การซ่อมและการบำรุงรักษาการติดตั้งจะกระทำโดยวิธีให้คอนเดนเซอร์อยู่ภายนอกอาคาร อากาศภายนอกจะพัดผ่านเข้ามาระบายความร้อนให้คอนเดนเซอร์ โดยการใช้พัดลม (Propeller Fan) ซึ่งต่อจากแกนมอเตอร์ตัวเดียวกับพัดลมของอีวาโปเรเตอร์ ภายในห้อง ส่วนที่จะทำความเย็นจะมีใบพัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) หรือเครื่องเป่าลม (Blower) ซึ่งจะใช้แกนเดียวกับใบพัดลมคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะมีมอเตอร์ตัวเดียวกัน พัดลมภายในห้องจะดูดอากาศภายในห้องผ่านฟิลเตอร์และเข้าปะทะกับ อีวาโปเรเตอร์ ทำให้อากาศที่ถูกดูดเข้ามาเย็นลงและส่งผ่านออกมาในห้องอีก วงจรน้ำยาของเครื่องปรับอากาศ

ติดหน้าต่าง และการวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่าง จะเห็นได้ว่าแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

- ระบบที่อยู่ภายนอกห้อง (Condensing Unit) ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) ใบพัดลมคอนเดนเซอร์ (Propeller Fan) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. motor)

- ระบบที่อยู่ภายในห้อง (Cooling Unit) ประกอบด้วย อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ใบพัดลมอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator Fan) และทั้ง 2 ระบบนี้จะต่อเชื่อมด้วยท่อทางดูด (Suction Line) และตัวแคปพิลาริ่ทิวป์ (Capillary Tube) มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่างจะเป็นแบบเฮอร์เมติค (Germetic Compressor) หรือแบบเชื่อมปิดมิดชิด เช่นเดียวกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของตู้เย็นและจะมีท่อต่อออกมา 3 ท่อ คือ ท่อทางดูด ท่อทางอัด และ ท่อทางชาร์จน้ำยา ส่วนใหญ่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะเป็นแบบลูกสูบ (Reciprocation compressor) จะมีเฉพาะบางบริษัทเท่านั้น ที่ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary)

การทำงานของระบบน้ำยาของเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่าง เหมือนกับระบบตู้เย็น คือ คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาแก๊ส ที่มีความดันและอุณหภูมิต่ำ (เพรสเซอร์ของน้ำยาประมาณ 68.5 psig และอุณหภูมิของน้ำยาประมาณ 4.4 องศาเซลเซียส) เข้าทางท่อทางดูดและจะถูกลูกสูบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์อัดให้มีเพรสเซอร์และอุณหภูมิสูง ผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์และน้ำยาแก๊สจะกลั่นตัวในคอนเดนเซอร์ เป็นน้ำยาเหลว ที่มีความดันเท่าเดิมและความร้อนลดลงไป (ความร้อนที่ลดลงไปแล้วทำให้น้ำยาเปลี่ยนจากแก๊สเป็นของเหลว คือ ความร้อนแฝงของการกลั่นตัว) น้ำยาเหลวที่มีเพรสเซอร์สูงจนผ่านเข้าแคปพิลาริ่ทิวป์ ซึ่งเป็นตัวลดความดันของน้ำยาให้ต่ำลง และควบคุมปริมาณน้ำยาที่จะฉีดเข้าอีวาโปเรเตอร์ ทำให้น้ำยาเข้าไปเดือดในอีวาโปเรเตอร์ และจะดึงเอาความร้อนรอบๆ อีวาโปเรเตอร์เข้าไป ทำให้น้ำยาเดือดเมื่อพัดลมอีวาโปเรเตอร์ ดูดเอาอากาศภายในห้องผ่านอีวาโปเรเตอร์จึงทำให้อากาศนั้นออกมาเย็น และมีอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอากาศตอนเข้า และออกประมาณ –6.6 องศาเซลเซียส (78-58 องศาเซลเซียส) และอากาศ 14.4 องศาเซลเซียส จะถูกส่งออกไปยังห้องที่ต้องการปรับอากาศ สำหรับน้ำยาเมื่อเดือดในอีวาโปเรเตอร์จะกลายเป็นแก๊สที่มีความดันต่ำ (เพราะแคปพิลาริ่ทิวป์เป็นตัวลด) และมีอุณหภูมิต่ำถูกดูดกลับเข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์อีก

(6) เครื่องปรับอากาศแบบวางตั้งพื้น หรือวางหลังคา (Big Package Unit or Roof Top unit) เครื่องปรับอากาศแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 2-15 ตัน เครื่องปรับอากาศแบบนี้จัดอยู่ในจำพวกแบบกล่อง (Package) แต่ใหญ่กว่าแบบติดหน้าต่าง ทั้งระบบจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารหรือบนหลังคา แล้วเดินท่อลมทางส่ง (Supply Air Duct) ที่จะส่งลมเย็น (Cooled Air) ไปยังห้องที่ต้องการจะ

ปรับอากาศ และเดินท่อลมทางกลับ (Return Air Duct) เพื่อจะนำอากาศที่มีอุณหภูมิสูง ขึ้นกลับมาผ่านคอยล์เย็นเพื่อส่งไปยังห้องอื่น เครื่องปรับอากาศแบบวางตั้งพื้น ประกอบด้วย

- คอมเพรสเซอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ 3 เฟส 220 โวลท์ หรือ 3 เฟส 380 โวลท์ (สำหรับ 5 ตันขึ้นไป) แต่ถ้าเป็นขนาด 5 ตันลงมา จะใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบซิงเกิลเฟส 6.2 ในระบบที่รวมกันหลายๆ ห้อง จะต้องมีท่อลม (Air duct) จ่ายไปตามห้องต่างๆ คือ มีท่อทางส่ง (Supply Air Duct) และท่อทางกลับ (Return Air Duct)

- จะต้องติดตั้งในที่ที่คอนเดนเซอร์สามารถจะระบายได้ดี ไม่มีสิ่งกีดขวาง และอีวาโปเรเตอร์ต้องไม่ถูกแดด

(7) เครื่องปรับอากาศแบบตู้ตั้ง (Self Contained Unit) เป็นระบบเครื่องปรับอากาศที่รวมอยู่ภายในตู้ทั้งหมด ยกเว้นคอยล์ร้อนซึ่งจะอยู่ภายนอกอาคารเครื่องปรับอากาศชนิดนี้มีการสร้าง 2 แบบคือ

- แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled Condenser) เครื่องปรับอากาศแบบนี้ตัวคอนเดนเซอร์จะรวมอยู่ภายในตู้ด้วย แต่จะมีท่อน้ำเข้า 32 องศาเซลเซียส และท่อน้ำออก 37.7 องศาเซลเซียส ออกไป และผ่านหอคอยน้ำ แล้วน้ำจะกลับเข้า 32 องศาเซลเซียส เพื่อระบายคอนเดนเซอร์คอยล์อีก

- แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser) เครื่องปรับอากาศแบบนี้เฉพาะตัวคอนเดนเซอร์คอยล์และพัดลมคอนเดนเซอร์จะอยู่ภายนอกอาคารแล้ว มีท่อดิสชาร์จ (Discharge) ที่ต่อออกมาจากทางอัดของคอมเพรสเซอร์กับท่อน้ำยาเหลว ที่ออกจากคอนเดนเซอร์คอยล์ต่อเข้าเทอร์โมสแตติคเอ็กซ์แปนชั่นวาล์ว

2.2.4 มาตรฐานการปรับอากาศสำหรับอุตสาหกรรม

โรงงานควรตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในพื้นที่ใช้งานว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ เพราะถ้าความชื้นต่ำและอุณหภูมิเกินไปจะส่งผลให้ระบบปรับอากาศใช้พลังงานมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรการปรับอากาศดังตารางที่ 2.1 [5]

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานการปรับอากาศ [5]

ประเภทอุตสาหกรรม	กรรมวิธี	DRY-BULB (F)	RH (%)
ขนมปัง	การผสมแป้ง	75-80	40-45
	การปล่อยขนมปังเย็น	70-80	80-85
	การทำขนมปังกรอบ	60-65	50
ลูกกวาด-ช๊อคโกแลต	บริเวณทำลูกกวาด	80-85	40-50
	ห้องบรรจุห่อ	75-80	55-60
	การเก็บรักษาทั่วไป	65-70	40-50
ลูกกวาด (แข็ง)	การผลิต	75-80	30-40
	การบรรจุหีบห่อ	65-75	40-45
	การเก็บรักษา	65-75	45-50
หมากฝรั่ง	การผลิต	77	33
	การบรรจุหีบห่อ	72	53
	การเก็บรักษา	74	58
เซรามิค	การเตรียมขึ้นรูป	110-150	50-90
	การเก็บรักษาดินเหนียว	60-80	35-65
	การตกแต่ง	75-80	45-50
การกลั่น (สุรา)	การเก็บรักษา		
	เมล็ดข้าว	60	35-40
	ยีสต์เหลว	32-34	-
	การผลิต	60-75	45-60
	การบ่ม	65-72	50-60
ขนสัตว์	การอบแห้ง	110	-
	การเก็บรักษา	40-50	-
เครื่องหนัง	การอบแห้ง		
	Veg Tanned	70	75
	Chrome Tanned	120	75
	การเก็บรักษา	50-60	40-60

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานการปรับอากาศ [5]

ประเภทอุตสาหกรรม	กรรมวิธี	DRY-BULB (F)	RH (%)
ไม้ขีด	การผลิต	72-74	50
	การอบแห้ง	70-75	40
เภสัชกรรม	การเก็บผงยา		
	ก่อนผลิต	75-80	30-35
	หลังผลิต	75-80	15-35
	ห้องบดยา	80	35
	การอัดเม็ดยา	70-80	40
	การเคลือบเม็ดยา	80	35
	การผลิตยาฉีด	80	35
	การเก็บแคปซูล	75	35-40
วัสดุภาพถ่าย	การทำแห้ง	20-125	40-80
	การตัดต่อ, การบรรจุ	65-75	40-70
	การเก็บรักษา		
	Film Base, ฟิล์ม, กระดาษภาพ	70-75	40-65
สิ่งพิมพ์	พิมพ์ประกอบสี		
	ห้องพิมพ์	75-80	46-48
	ห้องเก็บสิ่งพิมพ์	73-80	49-51
	การเก็บ การพับและอื่นๆ	comfort	comfort
อุปกรณ์ทำ ความเย็น	การประกอบคอมเพรสเซอร์	70-76	30-45
	การทดสอบ	65-82	47
ยางสังเคราะห์	การผลิต	90	-
	การเก็บก่อนผลิต	60-75	40-50
ยาสูบ	ซิการ์และบุหรี่		
	การผลิต	70-75	55-60
	การเก็บและการเตรียม	78	70
	การบรรจุและการส่ง	75	60

2.2.5 หลักการเลือกระบบปรับอากาศ

สิ่งที่สำคัญในการเลือกระบบปรับอากาศ สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 2.2 นี้ [5]

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยแนะนำสำหรับการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ [5]

รายละเอียด	**ระบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ**	**ระบบน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ**	**แบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ**	**แบบแยกส่วน**
1. องค์ประกอบทางเทคนิค				
1.1 การออกแบบและติดตั้ง	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องใช้วิชาการและความชำนาญมาก	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ
1.2 การดูแลและควบคุมการใช้งาน	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะต้องควบคุมการใช้งานให้สมดุลกันตลอดเวลา	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ
1.3 การบำรุงรักษา	ใช้ผู้เชี่ยวชาญเพราะมีรายละเอียดทางเทคนิค	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ	ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ
1.4 โครงสร้างและส่วนประกอบ	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน	ส่วนประกอบมากและซับซ้อน	ส่วนประกอบน้อยไม่ซับซ้อน
1.5 การเปิดและปิดระบบ	พื้นที่ใช้งานทั้งหมดต้องเริ่มใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน	พื้นที่ใช้งานทั้งหมดต้องเริ่มใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน	พื้นที่ใช้งานทั้งหมดต้องเริ่มใช้และหยุดใช้งานพร้อมกัน	แต่ละพื้นที่ไม่จำเป็นต้องเริ่มใช้และหยุดพร้อมกัน
1.6 อายุการใช้งาน	ประมาณ 15-20 ปี	ประมาณ 15-20 ปี	ประมาณ 10-15 ปี	ประมาณ 5-8 ปี
1.7 การยืดหยุ่นต่อการขยายในอนาคต	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก	น้อยถ้าอุปกรณ์หลักไม่ได้เผื่อไว้มาก	มากเพราะไม่สัมพันธ์กับอุปกรณ์อื่น
2. องค์ประกอบทางเศรษฐศาสตร์				
2.1 เงินลงทุน (บาท/ตันความเย็น)	28,000-35,000	26,000-30,000	28,000-32,000	24,000-28,000
2.2 สมรรถนะด้านพลังงาน (kW/TR)	1.10-1.30	1.5-1.6	1.3-1.45	1.2-1.6
2.3 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	ประมาณ 1% ต่อปี	ประมาณ 1% ต่อปี	ประมาณ 1.5% ต่อปี	ประมาณ 1.5% ต่อปี

2.2 ทฤษฎีวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาเหตุผลถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์โทมัส สาตตี้ (Thomas Saaty) ซึ่งเป็นผู้ได้รับปริญญาเอกทางด้านคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัย เยล ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นกระบวนเดียวที่สามารถใช้ได้กับขั้นตอนการตัดสินใจทั้ง 6 ขั้นตอนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วนๆในรูปแบบของแผนภูมิลำดับชั้นแล้วกำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ และนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อดูว่าปัจจัยและทางเลือกอะไรมีค่าลำดับความสำคัญที่สุด เป็นกระบวนการที่ใช้งานง่าย เพราะมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์ AHP แบ่งองค์ประกอบของปัญหาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมออกมาเป็นส่วนๆแล้วจัดแจงใหม่ให้อยู่ในรูปของแผนภูมิลำดับชั้น ต่อจากนั้นก็กำหนดตัวเลขที่เกิดจากหารวินิจฉัยเปรียบเทียบหาความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ และสังเคราะห์ (Synthesis) ตัวเลขของการวินิจฉัยนั้นเพื่อที่จะคำนวณดูว่าเกณฑ์หรือทางเลือกอะไรที่มีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุดและมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของการแก้ปัญหานั้นอย่างไร นอกจากนี้แล้ว AHP ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการตัดสินใจที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ เพราะ AHP ช่วยจัดการเรื่องกระบวนการทางความคิดของกลุ่มด้วยการกำหนดตัวเลขแต่ละองค์ประกอบของปัญหา จะทำให้เรามีความสอดคล้องกันของเหตุผลอย่างสม่ำเสมอในกระบวนการตัดสินใน ดังนั้น AHP จึงเห็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ และน่าเชื่อถือสำหรับการตัดสินใจทุกประเภทที่ต้องใช้เหตุผล [7]

วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) เป็นการนำเอาความคิดนำเอาความรู้สึกที่เป็นนามธรรมมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่าเพื่อให้เห็นเป็นรูปธรรม ซึ่งจะต้องพิจารณา 2 ประการ คือ องค์ประกอบในการตัดสินใจ และขั้นตอนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.2.1 องค์ประกอบในการตัดสินใจ

(1) เป้าหมายของการตัดสินใจ

เป้าหมาย หมายถึงภาพชัดเจนที่สามารถทำให้บรรลุเป็นจริงได้ หรือความฝันที่กำหนดเวลาไว้ชัดเจน และควรจะมีผลออกมาในเชิงปริมาณ เป้าหมายจึงเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการตัดสินใจ เพราะจะส่งผลต่อการพิจารณาประเมินผลทางเลือก ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน จะเป็นการควบคุมทิศทางการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง โดยเริ่มต้นจากการกำหนดประเด็นเป้าหมายในเบื้องต้น แล้วจึงตั้งคำถาม ทดสอบ และขัดเกลา เพื่อให้ได้เป้าหมายที่ชัดเจนถูกต้องสำหรับ นำไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจ [8]

(2) เกณฑ์ในการตัดสินใจหลักและรอง

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินใจ ช่วยทำให้กระบวนการตัดสินใจเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อน ผู้มีอำนาจตัดสินใจควรจะมองปัญหาอย่างรอบด้านให้สมดุลระหว่างเกณฑ์ที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ประเมินผลการตัดสินใจที่จะเกิดตามมาในระยะยาว ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นโดยปราศจากอคติ และพิจารณาผลกระทบที่จะเกิดกับผู้อื่นด้วย

(3) ทางเลือกก่อนการตัดสินใจ

การพิจารณาทางเลือกเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดในกระบวนการตัดสินใจ เพราะการแก้ปัญหาจะประสบผลสำเร็จตามความต้องการจะขึ้นอยู่กับการมีทางเลือกที่ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นผู้มีอำนาจตัดสินใจจึงต้องพิจารณาด้วยหลักเหตุผล ใคร่ครวญ และไตร่ตรองให้รอบคอบ โดยแสวงหาทางเลือกใหม่ที่สร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง

(4) ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน

ในการตัดสินใจ ผู้มีอำนาจตัดสินใจต้องเผชิญกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนซึ่งมีผลกระทบต่อการตัดสินใจอยู่เสมอ เทคนิค AHP เป็นกระบวนการตัดสินใจที่นำเอาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนมาสนับสนุนในการตัดสินใจด้วย โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 กรณีดังนี้

- กำหนดความเสี่ยงและความไม่แน่นอนให้เป็นปัจจัยหนึ่งของเกณฑ์ตัดสินใจหลักหรือรอง เหมาะสำหรับสถานการณ์ที่ค่อนข้างจะมีความเสี่ยงความไม่แน่นอนต่ำ รวมทั้งความสลับซับซ้อนน้อย

- กำหนดความเสี่ยงและความไม่แน่นอนในรูปของสถานการณ์แสดงไว้เป็นระดับชั้นของแผนภูมิ เช่น สถานการณ์ดีที่สุด สถานการณ์ปานกลาง และสถานการณ์แย่สุด เป็นต้น โดยพิจารณาให้อยู่ระหว่างเป้าหมายกับเกณฑ์ในการตัดสินใจหลัก หรือเกณฑ์ในการตัดสินใจหลักกับเกณฑ์ในการตัดสินใจรอง

- การสร้างแผนภูมิใหม่เพื่อพิจารณาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนขึ้นมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะเหมาะสมกับการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อนเพราะเป็นการยากอย่างยิ่งที่จะนำเอาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนมาพิจารณาร่วมกับเกณฑ์ในการตัดสินใจและปัจจัยอื่นๆ

2.2.2 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

(1) กำหนดประเด็นปัญหา

ผู้ตัดสินใจต้องให้คำจำกัดความของปัญหาและกำหนดประเด็นหลักอย่างถ่องแท้และสร้างสรรค์ รวมทั้งต้องหาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุดทั้งส่วนที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม สิ่งที่สำคัญที่สุดจะต้องกล้ายอมรับว่าปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงมีความ

สลับซับซ้อน ต้องพยายามหลีกเลี่ยงสมมติฐานที่ไม่เป็นจริงหรือไม่ถูกต้องและระมัดระวังไม่ให้เกิดความลำเอียงหรืออคติกับทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งจนเกินไป

(2) สร้างแผนภูมิลำดับชั้น

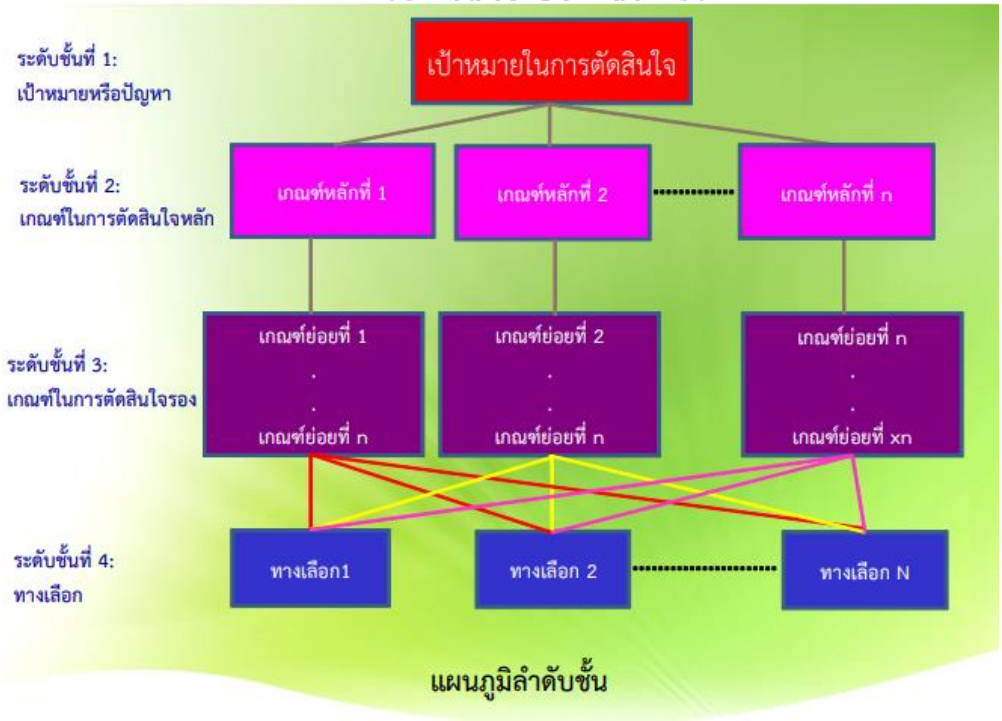
แผนภูมิลำดับชั้นของการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ช่วยในการตัดสินใจ โดยมีโครงสร้างของแผนภูมิลำดับชั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจที่มีลักษณะเป็นระดับชั้น แต่สำหรับจำนวนระดับชั้นจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการตัดสินใจดังภาพที่ 2.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับชั้นที่ 1 หรือระดับบนสุด แสดงจุดโฟกัสหรือเป้าหมายของการตัดสินใจ

ระดับชั้นที่ 2 แสดงถึงเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ที่มีผลต่อเป้าหมายในการตัดสินใจนั้น

ระดับชั้นที่ 3 ลงมา แสดงถึงเกณฑ์ย่อยของการตัดสินใจ ซึ่งจะมีจำนวนเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความชัดเจนของเกณฑ์หลัก (อาจไม่จำเป็นต้องมี ถ้าเกณฑ์หลักมีความชัดเจนเพียงพอ)

ส่วนระดับชั้นล่างสุดหรือระดับชั้นสุดท้ายคือทางเลือกที่เราจะนำมาพิจารณาผ่านเกณฑ์การตัดสินใจตามที่เรากำหนดไว้



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นกระบวนการ AHP

(3) คำนวณลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจ

การจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจจะทำโดยการเปรียบเทียบแบบคู่ (Pair Wise Comparison) และวิธีการที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบแบบคู่คือเมตริกซ์ ซึ่งจะช่วยอธิบายเกี่ยวกับการเปรียบเทียบแล้ว ยังสามารถใช้ทดสอบความสอดคล้องกันของเกณฑ์ในการตัดสินใจได้อีกด้วย โดยจะเริ่มวิเคราะห์จากลำดับชั้นบนสุดของแผนภูมิลำดับชั้น ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจหลักและพิจารณาเปรียบเทียบลำดับชั้นถัดลงมาจนกระทั่งถึงลำดับชั้นล่างสุดตามลำดับ

ในแต่ละลำดับชั้นให้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญต่างๆ ในลำดับชั้นเดียวกันโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์หรือทางเลือกทีละคู่ (Pairwise Comparison)

การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison) หมายถึงการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดค่าคะแนนความสำคัญสัมพัทธ์ระหว่างองค์ประกอบคู่หนึ่งๆ เพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละทางเลือก ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ [8]

กำหนดให้ C_i = เกณฑ์หลักในการตัดสินใจ โดยที่ i = 1,2, …, n

A_j = เกณฑ์รองในลำดับชั้นที่จะทำการวินิจฉัย โดยใช้ j = 1,2, …, n

a_{ij} = ผลการเปรียบในการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจแบบคู่

โดยที่ i = 1,2, …, n และ j = 1,2, …, n การวินิจฉัยจะทำทีละคู่เกณฑ์ C_i กับ A_j

ดังนั้น การวินิจฉัยจะทำในรูปของตารางเมตริกซ์ขนาด nxn และจะได้นิยามเมตริกซ์

A = $[a_{ij}]$ โดยที่ i = 1,2, …, n และ j = 1,2, …, n

โดยมีกฎเกณฑ์การนำค่า a_{ij} จากการเปรียบเทียบทีละคู่เกณฑ์ใส่ลงในตารางเมตริกซ์ มีกฎ 2 ข้อ ได้แก่

1. ถ้า $a_{ij} = \alpha$ จะทำให้ $a_{ij} = 1/\alpha$ โดยที่ $\alpha \neq 0$

2. ถ้าเกณฑ์ในการตัดสินใจ C_i มีความสำคัญเท่ากับเกณฑ์ในการตัดสินใจ C_j จะทำให้ $a_{ij} = a_{ij} = 1$ เสมอ

ดังนั้นตารางเมตริกซ์ A สามารถเขียนได้ดังนี้

เกณฑ์	C_1	C_2	C_3	…C_n	เกณฑ์
	1	a_{12}	a_{13}	…a_{1n}	A_1
	$1/a_{12}$	1	a_{23}	… a_{2n}	A_2
A =	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	1	… a_{3n}	A_3
	:	:	:	::: :	:
	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	…1	A_n

ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบแต่ละคู่เกณฑ์

เกณฑ์ C		**เกณฑ์**				
$C_1, C_2, C_3, \ldots, C$		A_1	A_2	A_3	…	A_4
	A_1	1	a_{12}	a_{13}	…	a_{1n}
	A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	…	a_{2n}
เกณฑ์	A_3	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	1	…	a_{3n}
	:	:	:	:	:::	:
	A_4	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	…	1

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบมีดังนี้

$$N = \frac{(n^2 - n)}{2} \qquad (2.1)$$

เมื่อ N = จำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ

n = จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

การวินิจฉัยเปรียบเทียบแต่ละคู่เกณฑ์ระหว่างเกณฑ์ C_i กับ A_j นั้น ผู้ทำการตัดสินใจให้ค่าน้ำหนักจะต้องทราบว่าแต่ละเกณฑ์ที่ทำการพิจารณานั้นมีความสำคัญ มีการส่งผล มีอิทธิพลหรือมีประโยชน์มากกว่าเกณฑ์อื่นๆ ที่นำมาเปรียบเทียบในระดับใด ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นผู้ทำการพิจารณาต้องแสดงออกในรูปของความหมายที่เป็นคำพูด เช่น น้อยที่สุด ปานกลาง มาก มากที่สุด แล้วจึงทำการใช้ตัวเลขทดแทน เพื่อให้การพิจารณานั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น สำหรับใช้ทดแทนค่าน้ำหนักในการเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 , 3 , 5 , 7 และ 9 ส่วน 2 , 4 , 6 , 8 เป็นค่าระหว่างกลาง ใช้ในกรณีผลการวินิจฉัยเป็นไปในลักษณะที่ก้ำกึ่ง และไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสมได้ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ระดับความสำคัญ (Preference Level)

ระดับความสำคัญ (Preference Level)	ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Valve)
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

(4) การหาค่าน้ำหนักเกณฑ์

เมื่อได้ค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญได้วินิจฉัยแล้วโดยออกมาในรูปแบบของตัวเลข จะนำตัวเลขที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญในแต่ละชั้นแล้วทำการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจากชั้นบนลงชั้นล่างจนครบทุกชั้น วิธีการคำนวณมีขั้นตอนดังนี้

- ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ในรูปแบบของตารางเมตริกซ์ทำได้โดยทำการเปรียบเทียบทุกๆเกณฑ์ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง
- คำนวณหาค่า Eigenvector ของเมตริกซ์ในแต่ละแถว (Normalized Matrix) โดยการหา Normalized นี้ทำได้จากการหาค่าเฉลี่ยความสำคัญในแต่ละแถว
- คำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละชั้นถัดลงมา ทำได้โดยการคำนวณตั้งแต่ ขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 2 แล้วนำค่าที่คำนวณได้จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่าหนึ่งลำดับชั้นมาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับชั้นที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณ จะทำให้ได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมาตามเกณฑ์ในระดับชั้นนั้นๆ ทำเช่นนี้จนครบทุกเกณฑ์

โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละชั้นมีดังนี้

$$Aw = \lambda_{max} W \tag{2.1}$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกซ์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงด้วยค่าตัวเลข ซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว (Normalized)

W คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ซึ่งอยู่ในลำดับชั้นเดียวกันหรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ของในลำดับชั้นที่สูงกว่า

λ_{max} คือ Maximum Eigenvector

(5) การตรวจสอบความสอดคล้องกนของเหตุผล (Consistency Ratio : C.R) เป็นการตรวจสอบผลการเปรียบเทียบที่ได้กระทำมาว่ามีความสอดคล้องกันของเหตุและผลหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผลดังนี้

- คำนวณหาค่า λ_{max} เป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวินิจฉัยในเกณฑ์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$

- คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I) ตามสมการที่ 2.2

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n-1} \tag{2.2}$$

- เปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index : R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1 x 1 จนถึง 15 x 15 ผลของ R.I. แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index : R.I.)

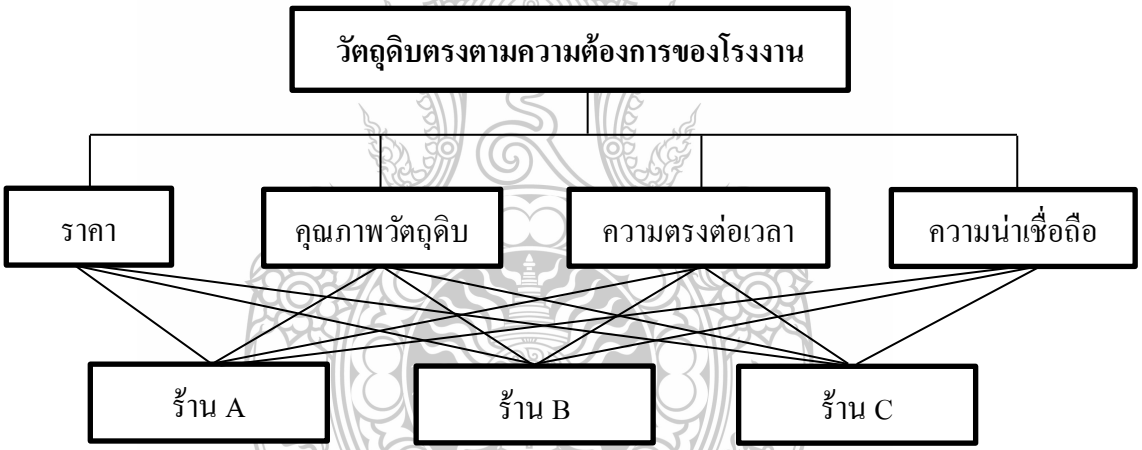
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

- คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : C.R.) คำนวณได้จากอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I) ที่คำนวณได้จากตารางเมตริกซ์กับค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index : R.I.) ซึ่งสามารถเขียนสมการที่ 2.3

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2.3)$$

สำหรับค่าของ C.R. ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบในเกณฑ์นั้นกันใหม่จนได้ค่า C.R. ที่สามารถยอมรับได้

ตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งต้องการสั่งซื้อวัตถุดิบจำนวนมากเพื่อใช้ในการผลิต มีร้านค้าเข้ามาเสนอขายวัตถุดิบจำนวน 3 ร้าน คือ ร้าน A, B และ C แต่ละร้านก็มีจุดเด่นที่แตกต่างกันไป ดังนั้นเพื่อให้สามารถตัดสินใจเลือกร้านค้าได้ตรงความต้องการในการผลิตมากที่สุด ทางโรงงานถึงได้นำกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมาช่วยในการตัดสินใจ โดยตั้งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือราคา คุณภาพของวัตถุดิบ ความตรงต่อเวลา และความน่าเชื่อถือของร้านค้า ดังนั้นการสร้างแผนภูมิลำดับชั้นสามารถแสดงได้ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภูมิและเปรียบเทียบของการตัดสินใจ

จากการกำหนดระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ละคู่โรงงานสามารถสร้างตารางเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ

เกณฑ์	ราคา	คุณภาพ	ความตรงต่อเวลา	ความน่าเชื่อถือ
ราคา	1	1/3	1	3
คุณภาพ	3	1	3	3
ตรงต่อเวลา	1	1/3	1	1
ความน่าเชื่อถือ	1/3	1/3	1	1
ผลรวมแนวตั้ง	**5.33**	**2.00**	**6.00**	**8.00**

โดยค่าตัวเลขต่างๆ ที่เติมลงไปในตาราง มีความหมายดังนี้

- แถวทแยงมุมของตารางมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบของเกณฑ์ที่เหมือนกัน ทำให้มีความสำคัญเท่ากัน เช่น ราคาขายกับราคาขาย หรือคุณภาพวัตถุดิบกับคุณภาพวัตถุดิบ เป็นต้น
- แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1/3 หมายความว่า ทางโรงงานให้ความสำคัญกับราคาขายของวัตถุดิบ “น้อยกว่า” คุณภาพของวัตถุดิบ
- แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ทางโรงงานให้ความสำคัญกับราคาขายของวัตถุดิบ “เท่ากับ” การตรงต่อเวลาของร้านค้า
- แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 3 หมายความว่า ทางโรงงานให้ความสำคัญกับราคาขายของวัตถุดิบ “มากกว่า” ความน่าเชื่อถือของร้านค้า เป็นต้น

คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การประเมินสามารถทำได้โดยการปรับ “ผลรวม” ของแต่ละคอลัมน์ให้เท่ากับ 1 ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- การเปรียบเทียบระหว่างราคา กับราคา คือ 1 ให้นำ 1 มาหารด้วย ผลรวมแนวตั้ง คือ 5.33 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.19
- การเปรียบเทียบระหว่างราคา กับคุณภาพ คือ 1/3 ให้นำ 1/3 มาหารด้วยผลรวมแนวตั้งคือ 2.00 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 1.70
- การเปรียบเทียบระหว่างราคา กับความตรงต่อเวลา คือ 1 ให้นำ 1 มาหารด้วยผลรวมแนวตั้ง คือ 6.00 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 1.70
- การเปรียบเทียบระหว่างราคา กับความน่าเชื่อถือ คือ 3 ให้นำ 3 มาหารด้วยผลรวมแนวตั้ง คือ 8.00 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.38

จากนั้นก็คำนวณผลรวมของแต่ละแถวและหารผลรวมดังกล่าวด้วย “จำนวน” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งในกรณีนี้คือ 4 (ราคา, คุณภาพ, ความตรงต่อเวลา และความน่าเชื่อถือ) ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

- ผลรวมแนวนอนของเกณฑ์ราคา คือ 0.19+0.17+0.17+0.38 = 0.91 หารด้วยจำนวนของเกณฑ์คือ 4 ด้วย 4 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.23 ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์	ราคา	คุณภาพ	ความตรงต่อเวลา	ความน่าเชื่อถือ	{(ผลรวมแนวนอน) / 4}
ราคา	0.19	0.17	0.17	0.38	**0.23**
คุณภาพ	0.56	0.49	0.49	0.38	**0.48**
ความตรงต่อเวลา	0.19	0.17	0.17	0.12	**0.16**
ความน่าเชื่อถือ	0.06	0.17	0.17	0.12	**0.13**
ผลรวมแนวตั้ง	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**

จากผลการคำนวณสรุปได้ว่า ทางโรงงานให้ความสำคัญกับ “คุณภาพของสินค้า” มากที่สุด (0.48) รองลงมาคือ ราคาขายของสินค้า (0.23) ความตรงต่อเวลา (0.16) และความน่าเชื่อถือ (0.13) ตามลำดับ

นำทางเลือกที่กำหนดไว้ในตอนแรก ซึ่งก็คือร้าน A,B และ C มาเปรียบเทียบผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทีละเกณฑ์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก ดังนี้

ตารางที่ 2.8 เปรียบเทียบผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทีละเกณฑ์

คุณภาพ	ร้าน A	ร้าน B	ร้าน C*
ร้าน A	1	1/3	3
ร้าน B	3	1	1
ร้าน C	1/3	1.67	1
ผลรวมแนวตั้ง	**4.33**	**1.67**	**7.00**

* หมายเหตุ วัตถุดิบจากร้าน A มีคุณภาพมากกว่าวัตถุดิบจากร้าน C แต่น้อยกว่าร้าน B

ปรับให้ผลรวมของแต่ละคอลัมน์เท่ากับ 1 และหาผลรวมแนวนอน หารด้วยจำนวนตัวเลือก ซึ่งในกรณีนี้คือ 3 (ร้านA, ร้าน B, และร้าน C) ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

- การเปรียบเทียบระหว่างร้าน A กับร้าน A คือ 1 ให้นำ 1 มาหารด้วย ผลรวมแนวตั้ง คือ 4.33 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.23

- การเปรียบเทียบระหว่างร้าน A กับร้าน B คือ 1/3 ให้นำ 1/3 มาหารด้วย ผลรวมแนวตั้งคือ 1.67 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.20

- การเปรียบเทียบระหว่างร้าน A กับร้าน C คือ 3 ให้นำ 3 มาหารด้วย ผลรวมแนวตั้ง คือ 7.00 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.43

จากนั้นก็คำนวณผลรวมของแต่ละแถวและหารผลรวมดังกล่าวด้วย “จำนวน” เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งในกรณีนี้คือ 3 (ร้านA, ร้านB, ร้าน C) ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

- ผลรวมแนวนอนคือ 0.23+0.20+0.43 = 0.86 หารด้วยจำนวนของเกณฑ์คือ 3 ด้วย 3 ดังนั้น ค่าที่ได้คือ 0.29

ตารางที่ 2.9 ผลรวมจากการคำนวณ

คุณภาพ	ร้าน A	ร้าน B	ร้าน C	{(ผลรวมแนวนอน) / 3}
ร้าน A	0.23	0.20	0.43	**0.29**
ร้าน B	0.69	0.60	0.43	**0.57**
ร้าน C	0.08	0.20	0.14	**0.14**
ผลรวมแนวตั้ง	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**

จากตารางที่ 2.9 พบว่า ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจเรื่อง “คุณภาพของสินค้า” ร้าน B มาเป็นอันดับหนึ่ง (0.57) ร้านA มาเป็นอันดับสอง (0.29) และร้าน C มาเป็นอันดับสาม (0.14) จากนั้นทำการเปรียบเทียบในทำนองเดียวกันนี้กับเกณฑ์การตัดสินใจอื่นๆ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.10 ระดับคะแนนของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ

ทางเลือก	ระดับคะแนนของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ			
	ราคา	คุณภาพ	ความตรงต่อเวลา	ความน่าเชื่อถือ
ร้าน A	0.33	0.29	0.32	0.43
ร้าน B	0.10	0.57	0.22	0.47
ร้าน C	0.57	0.14	0.46	0.10

จากผลการวิเคราะห์เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทั้งหมด พบว่า แต่ละร้านมีจุดเด่นแตกต่างกันไป กล่าวคือ ร้าน B มีจุดเด่นในเรื่องคุณภาพของวัตถุดิบและความน่าเชื่อถือของร้าน (เช่น การมีชื่อเสียงในทางที่ดีมายาวนาน มีความมั่นคงหรือความซื่อสัตย์ เป็นต้น) แต่ในทางกลับกันก็มีราคาขายสูงที่สุดด้วย ทางด้านร้าน C มาเป็นอันดับหนึ่งในเรื่องของความตรงต่อเวลาและราคาของวัตถุดิบที่ค่อนข้างถูก แต่คุณภาพต่ำกว่าทั้งสามร้าน ส่วนร้าน A มีระดับเกณฑ์การตัดสินใจทุกเกณฑ์อยู่กลางๆ ระหว่างร้าน B และร้าน C ซึ่งขั้นตอนที่ทางโรงงานจะดำเนินการต่อไปคือ การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม ดังนี้

ตารางที่ 2.11 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

ทางเลือก	การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม			
	ราคา 0.22	คุณภาพ 0.48	ความตรงต่อเวลา 0.16	ความน่าเชื่อถือ 0.13
ร้าน A	(0.33)(0.22)+(0.29)(0.48)+(0.32)(0.16)+(0.43)(0.13) = 0.32			
ร้าน B	(0.10)(0.22)+(0.57)(0.48)+(0.22)(0.16)+(0.47)(0.13) = 0.39			
ร้าน C	(0.57)(0.22)+(0.14)(0.48)+(0.46)(0.16)+(0.10)(0.13) = 0.28			

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ปรากฏว่า ร้าน B มีความน่าสนใจมากที่สุด ตามด้วยร้าน A และร้าน C ตามลำดับ ดังนั้น ทางโรงงานจึงมีเหตุผลสนับสนุนเพียงพอที่จะเลือกร้าน B ในการสั่งซื้อวัตถุดิบ ถึงแม้ว่าวัตถุดิบที่ได้จากร้าน B จะมีราคาสูงกว่าร้านอื่นก็ตาม

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำโปรแกรม Expert Choice เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่อยู่บนพื้นฐานของวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) สำหรับ AHP เป็นวิธีการที่มีความสามารถและเข้าใจง่ายในการทำการตัดสินใจที่ใช้ทั้งข้อมูลที่วัดได้และการตัดสินใจจากผู้ตัดสินใจ AHP จะช่วยในกระบวนการตัดสินใจทำการจัดระบบและประเมินความสำคัญของเกณฑ์ และคำตอบของทางเลือกในการตัดสินใจ โดยผ่านกระบวนการของการสร้างการตัดสินใจในรูปแบบลำดับชั้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ของเกณฑ์และทางเลือกต่างๆ ทำให้สามารถพิจารณาทางเลือกที่ดีที่สุด

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุยา แพนพันธ์อ้วน [4] ได้ศึกษาการเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน โดยปัจจัยที่เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกคือเกณฑ์เงื่อนไขทางวิศวกรรม ประกอบด้วยข้อมูลย่อยด้านเทคนิค ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน เกณฑ์ด้านการจัดการ ประกอบด้วย การจัดการ และการควบคุมดูแลระบบ การซ่อมบำรุงในขณะใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการจัดการระบบ เกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย การลงทุนติดตั้งระบบ และค่าใช้จ่ายในการใช้งาน และเกณฑ์ด้านพลังงาน ประกอบด้วย การอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน

รัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์ [8] ได้จัดลำดับปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกเครื่องจักรกรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องประดับ เพื่อการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรย้ายไปติดตั้งที่โรงงานแห่งใหม่ทั้งสิ้น 7 กลุ่มได้แก่ เครื่องอัดโมลด์ เตาหลอม เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์ เครื่องเขย่าขัดผิว เครื่องขัด เครื่องอุลตราโซนิค และเครื่องเชื่อมเลเซอร์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรเรียงลำดับจากคุณภาพ ตามด้วยเวลาและต้นทุน สำหรับปัจจัยรองเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยสามอันดับแรกได้แก่ปริมาณของเสียประสิทธิภาพและอายุเครื่องจักรเมื่อนำค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยมาพิจารณาร่วมกับค่าระดับคะแนนแต่ละกลุ่มเครื่องจักร ทำให้ทราบว่ากลุ่มเครื่องเชื่อมเลเซอร์ควรถูกเลือกพิจารณาเป็นอันดับแรกในการย้ายไปติดตั้งที่โรงงานใหม่ตามด้วยกลุ่มเครื่องอุลตราโซนิคและกลุ่มเครื่องอัดโมลด์

ธีรารัตน์ เกลี้ยงกล่อม [9] ศึกษาพบว่าต้นทุนด้านใช้จ่ายสูงสุดคือต้นทุนพลังงานโดยเฉพาะค่าไฟในส่วนเครื่องปรับอากาศรวมถึงค่าบำรุงรักษา ส่งผลให้ค่าแรงที่มาบำรุงรักษาค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบปัญหาอื่นๆอีกด้วย ผลจากการนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP)พบว่าผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผู้ติดตั้งเป็นอันดับแรก ได้ค่าน้ำหนัก 42.8% ปัจจัยให้บริการด้านหลังการขายเป็นอันดับสอง ได้ค่าน้ำหนัก 26.0% ปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือเป็นอันดับสาม ได้ค่าน้ำหนัก 14.7% ปัจจัยด้านที่ตั้ง เป็นอันดับที่สี่ ได้ค่าน้ำหนัก 13.3% และปัจจัยด้านราคาเป็นอันดับที่ห้าได้ค่าน้ำหนัก 3.3% เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักความสำคัญที่ผู้ตัดสินใจให้แก่ทางเลือกแล้วพบว่า บริษัท B เป็นผู้จำหน่ายเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมที่สุด ได้ค่าน้ำหนัก 34.5% ซึ่งได้ค่า Overall Inconsistency Index เท่ากับ 0.03 นอกจากนี้ยังช่วยให้ลดขั้นตอนในการจัดจ้างผู้จำหน่าย

Songtao Hu, Daidai Pan, Xuquan Li, Rongxiang Liu and Dan Meng [10] พบว่า การตัดสินใจเลือกเครื่องปรับอากาศต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ โดยใช้ AHP เป็นกระบวนการในการตัดสินใจที่ใช้เป็นส่วนมาก โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณา มีทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ เศรษฐกิจ สภาพทาง

เทคนิค ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผลประโยชน์ทางสังคม มักจะพิจารณาในการเลือกเครื่องปรับอากาศ ในบางกรณีมีการพิจารณาปัจจัยมากขึ้น เช่น การแสดงอุปกรณ์พื้นที่ห้องอุปกรณ์การวางแผน

อนุรัตน์ ตันบรรจง [11] ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นในการตัดสินใจเปลี่ยนเครื่องจักรในกระบวนการผลิตโรงโม่หิน โดยผู้วิจัยทำการศึกษางานวิจัยต่างๆ เพื่อออกแบบเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาคัดเลือกเครื่องจักร โดยได้ข้อสรุปและกำหนดปัจจัยไว้ 6 ปัจจัยคือ ประสิทธิภาพการผลิต ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร อายุการใช้งานเครื่องจักร ค่าไฟฟ้า การรับประกันเครื่องจักร และปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิต ส่วนเกณฑ์รองคือเครื่องจักร 5 ประเภท และยังกำหนดทางเลือกไว้ 3 บริษัท จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการคัดเลือกเครื่องจักรเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยมีรายละเอียดดังนี้ คือประสิทธิภาพในการผลิต (0.3786) ปริมาณของเสีย (0.2905) ค่าไฟฟ้า (0.1763) อายุการใช้งานเครื่องจักร (0.0699) ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร (0.0465) และการรับประกันเครื่องจักร (0.0384)

F.T.S.Chan, H.K.Chan, M.H. Chan และ P.K.Humphreys [12] บูรณาการเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น โดยทีมผู้เชี่ยวชาญออกแบบเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและการบริการ โดยออกแบบปัจจัยเพื่อใช้ในการพิจารณาไว้ 6 ปัจจัยดังนี้ คือ 1. ด้านต้นทุน 2. ด้านประสิทธิภาพ 3. ด้านคุณภาพ 4. ด้านเวลาส่งมอบและความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ 5. ด้านความยืดหยุ่น 6. ความเป็นนวัตกรรม โดยจากการวิจัยพบว่าหากบริษัทการซื้อเครื่องจักร CNC เข้าสู่สายการผลิตจะต้องพิจารณาด้านต้นทุนในการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด

Victor B. King [13] ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นในการพิจารณาเหตผลในการเลือกเทคโนโลยีเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างไว้ 4 ลำดับชั้น โดยกำหนดเกณฑ์หลักไว้ 3 ด้าน คือ ด้านต้นทุน ด้านการยืดหยุ่น ด้านคุณภาพ ทั้งนี้เกณฑ์ย่อยที่ออกแบบเพื่อนำมาพิจารณามีหลายด้านดังนี้ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ต้นทุนในการผลิต การขยายตัว ปริมาณมูลค่าความสูญเสีย ค่าป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ

V.Paramasivam, V.Senthil และ N. Rajam Ramasamy [14] ใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นในการคัดเลือกเครื่องมิลลิ่ง ทีมวิจัยออกแบบเกณฑ์การคัดเลือกเครื่องจักรด้วยวิธีการค้นคว้าข้อมูลเครื่องจักรแล้วนำมาสรุปเป็นเกณฑ์การคัดเลือกดังนี้ คือ 1. ราคา 2. น้ำหนัก 3. กำลังแรงม้า 4. แกนหมุน 5. เส้นผ่านศูนย์กลาง 6. ระยะชัก ซึ่งจากการวิจัยมีข้อสรุปว่าปัจจัยด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องจักรมีความสำคัญมากที่สุด

Ecrim Ursavas Guldogan [15] ใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นในการคัดเลือกเครื่องตัดไม้ กรณีศึกษาบริษัทผลิตป้ายโฆษณากลางแจ้งแห่งหนึ่ง โดยเกณฑ์การคัดเลือกถูกออกแบบโดยผู้จัดการฝ่ายผลิต ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ 1. กำลังการผลิต 2. ต้นทุน 3. ขนาดพื้นที่ที่ตัดได้ 4. ความแม่นยำ 5. ความหนาที่สามารถตัด 6. ความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร 7. ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 8. การซ่อมบำรุงและการบริการ สำหรับบุคคลที่ประเมินให้คะแนนตามเกณฑ์ต่าง ๆ คือ พนักงานที่มีความเชี่ยวชาญในการทำงานของบริษัท ซึ่งจากการวิจัยได้ข้อสรุปและจัดความสำคัญของเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกตามลำดับดังนี้ 1. ขนาดพื้นที่ตัดไม้ 2. ความแม่นยำในการตัด 3. ความหนาที่สามารถตัดได้ 4. ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 5. การบำรุงรักษาและการบริการ และ 6. กำลังการผลิต

จากการพิจารณาเพื่อกำหนดปัจจัยเป็นขั้นตอนที่สำคัญเป็นอย่างมากของกระบวนการลำดับชั้นวิเคราะห์ (AHP) เพื่อให้ได้มาในการหาค่าน้ำหนักเกณฑ์การตัดสินใจของทางบริษัทกรณีศึกษา การสร้างแบบจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักนั้นทางผู้วิจัยยังได้มีการสอบถามถึงปัจจัยทั้งทางตรงและทางอ้อมกับผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศและทางผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจและนำมาวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักตามหลักเกณฑ์

ตารางที่ 2.12 ความถี่ของปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัย	ชื่อผู้วิจัย											
	อุษา [4]	กรมโรงงาน อุตสาหกรรม [5]	รัฐธน์[8]	ธีรวัฒน์ [9]	Songtao Hu et al. [10]	อนุรัตน์[11]	F.T.S.Chan et al.[12]	Victor B. King [13]	V.Paramasivam[14]	Ecrim [15]	สรุป	ปัจจัยที่นำมาใช้
ด้านราคา/ต้นทุน	x		x	x		x	x	x	x	x	8	O
ด้านความน่าเชื่อถือ				x							1	O
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม					x					x	2	O
อายุการใช้งาน						x					1	O
บำรุงรักษา	x					x		x		x	4	O
ด้านคุณภาพ		x	x				x	x			4	O
ความยืดหยุ่น							x	x			2	O
ความปลอดภัย										x	1	O
เทคโนโลยี/พลังงาน	x	x									2	O

หมายเหตุ O ปัจจัยที่นำใช้ในการวิจัยครั้งนี้

จากตารางที่ 2.12 ปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ทำการพิจารณาจากหลักการเลือกระบบปรับอากาศของสภาวิศวกร[3] ผู้ศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบและจัดกลุ่มปัจจัยเป็น 5 กลุ่มดังนี้คือ

1. กลุ่มพิจารณาเลือกเป็นเกณฑ์หลัก คือ ด้านราคา เทคโนโลยี คุณภาพ ความยืดหยุ่นของระบบ

2. กลุ่มพิจารณาเลือกเป็นเกณฑ์ย่อยของด้านราคา คือ ลงทุนครั้งแรก ราคาอะไหล่ และบำรุงรักษา

3. กลุ่มพิจารณาเลือกเป็นเกณฑ์ย่อยของด้านเทคโนโลยี คือ ระบบควบคุมปรับอากาศ อัตราส่วนประสิทธิภาพ เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม และมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา

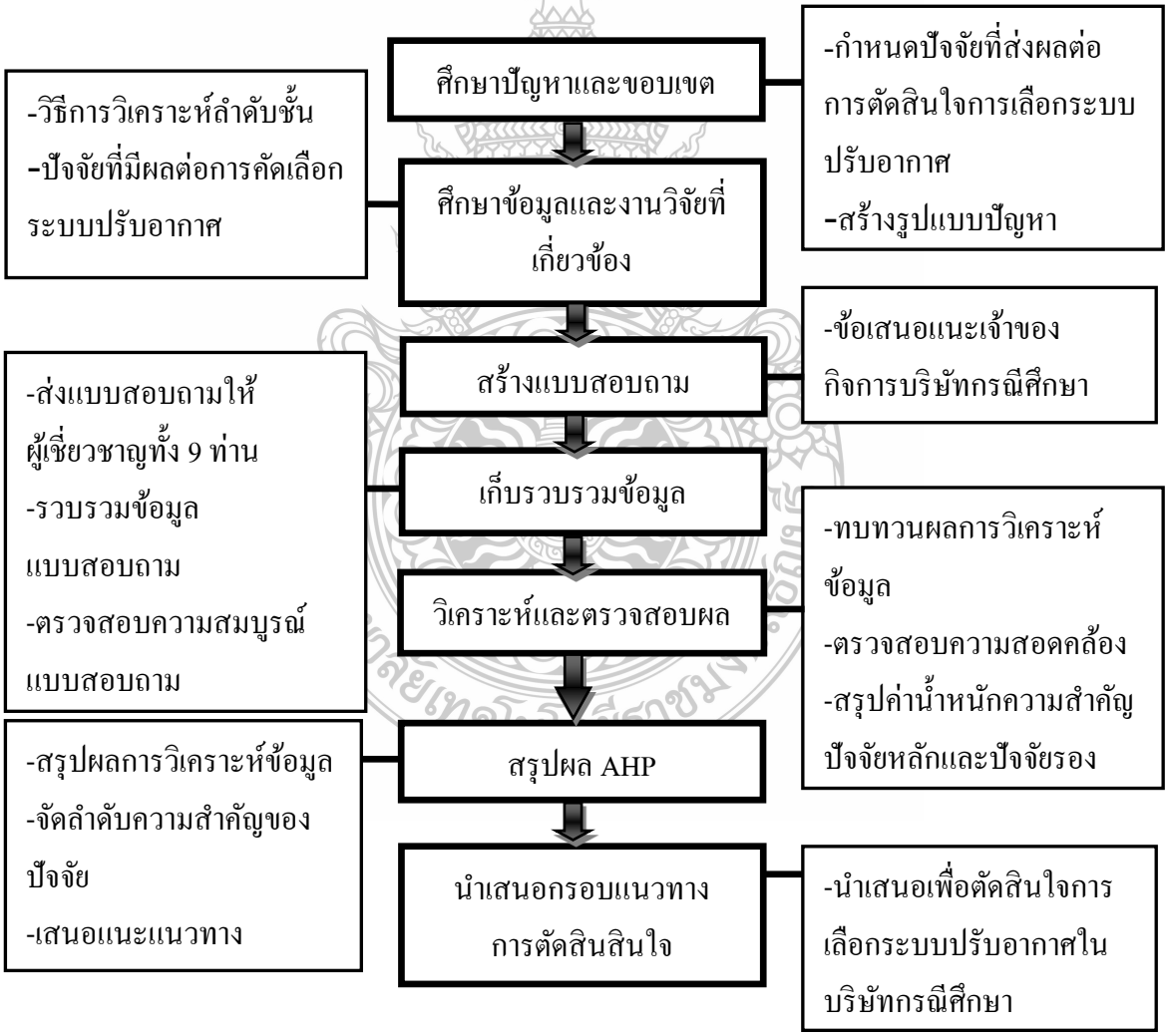
4. กลุ่มพิจารณาเลือกเป็นเกณฑ์ย่อยของด้านคุณภาพ คือ ค่าเชื่อถือได้ของระบบ อายุการใช้งาน ความดังของระบบ และความปลอดภัยการใช้งาน

5. กลุ่มพิจารณาเลือกเป็นเกณฑ์ย่อยของด้านความยืดหยุ่นของระบบ คือ รองรับการเปลี่ยนแปลง ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน กำหนดเวลาในการใช้งาน และสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลการออกแบบสอบถามข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารทางวิชาต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) ช่วยจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาปัญหาและขอบเขตงานวิจัย

ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ได้มาจากการศึกษาหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงจากแหล่งที่มาจากสภาวิศวกรรม ที่พิจารณาแล้วว่ามีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจนำมาเป็นกรณีศึกษานั้น ผู้วิจัยได้ข้อสรุปในการกำหนดปัญหาทั้งทางด้านปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมบริษัทกรณีศึกษาตามตารางที่ 2.12 ที่ได้สังเคราะห์และสรุปปัจจัยที่มีความเห็นในการเลือกปัจจัยหลักมากที่สุด ได้ทั้งหมด 4 ปัจจัยหลัก และ 15 ปัจจัยรอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

3.1.1 ปัจจัยด้านหลัก

(1) ปัจจัยด้านราคา (C) หมายถึง การลงทุนติดตั้งระบบปรับอากาศในครั้งแรก ค่าอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบปรับอากาศ และ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศทั้งหมด ประกอบด้วย ปัจจัยรอง 3 ด้าน คือ

- ลงทุนติดตั้งระบบครั้งแรก (C1) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสำหรับติดตั้งระบบปรับอากาศ
- ราคาอะไหล่ (C2) หมายถึง ราคาอะไหล่ในการซ่อมต่อครั้ง
- การบำรุงรักษา (C3) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อปี

(2) ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (T) หมายถึง สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้คงที่ รวมถึงเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสามารถใช้งานได้เมื่อเกิดปัญหากับระบบปรับอากาศหลัก ประกอบด้วยปัจจัยรอง 4 ด้าน คือ

- ระบบควบคุมสภาพปรับอากาศ (T1) หมายถึง ระบบสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดีและคงที่
- อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (T2) หมายถึง จำนวน KW ของเครื่อง
- เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (T3) หมายถึง ระบบส่งผลต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานน้อยมาก การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- มีระบบสำรองกรณีระบบมีปัญหา (T4) หมายถึง ระบบสำรองกรณีเกิดเหตุขัดข้อง

(3) ปัจจัยด้านคุณภาพ (Q) หมายถึง อายุการใช้งานของระบบปรับอากาศมากกว่า 5 ปีขึ้นไปไม่พบปัญหาในการใช้งานของระบบปรับอากาศรวมถึงมีมาตรฐานความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ประกอบด้วยปัจจัยรอง 4 ด้าน คือ

- ค่าของระบบเชื่อถือได้ (Q1) หมายถึง ระบบสามารถทำงานได้ ไม่พบปัญหาระหว่างใช้งาน

- อายุการใช้งานระบบปรับอากาศ (Q2) หมายถึง ระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ประโยชน์จากระบบ

- ความดังของระบบ (Q3) หมายถึง ระดับความดังของเสียงอยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับได้

- ความปลอดภัยในการใช้งาน (Q4) หมายถึง ระบบมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

(4) ปัจจัยความยืดหยุ่นของระบบ (F) หมายถึง สามารถปรับเพิ่มหรือลดเครื่องปรับอากาศได้ตามความต้องการและไม่ส่งผลกระทบต่อการติดตั้งสามารถใช้รวมกับระบบสุขาภิบาลอื่นได้ ประกอบด้วยปัจจัยรอง 4 ด้าน คือ

- รองรับการเปลี่ยนแปลงเครื่องปรับอากาศ (F1) หมายถึง ในกรณีมีการขยายการผลิตสามารถเพิ่มเครื่องปรับอากาศได้ และ ถ้าต้องการลดเครื่องปรับอากาศก็สามารถทำได้เช่นกัน

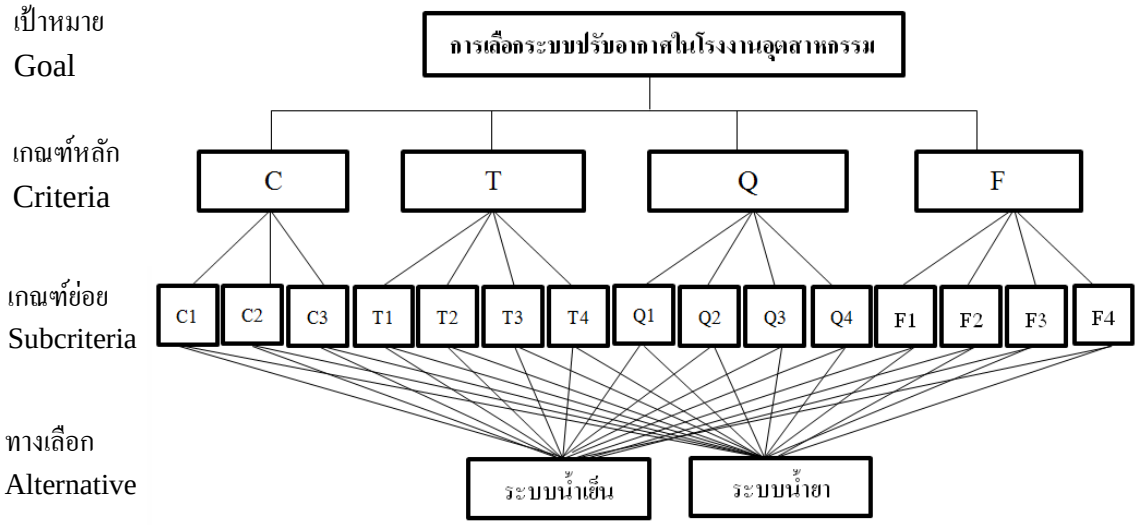
- การปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นการใช้งาน (F2) หมายถึง สามารถเลือกใช้เฉพาะจุดที่จำเป็นในการใช้งานไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดทั้งระบบ

- กำหนดเวลาการใช้งานได้ (F3) หมายถึง สามารถตั้งค่าการใช้งานได้ให้ปิดหรือเปิดตามเวลาที่กำหนด

- สามารถทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่น (F4) หมายถึง ความสามารถของระบบมี่ส่งผลผลกระทบและการทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่น เช่นระบบไฟฟ้า ระบบสุขาภิบาล ระบบบำบัดน้ำ และข้อจำกัดทางสถาปัตย์

3.2 การกำหนดโครงสร้างรูปแบบของปัญหา

การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้กระบวนการประยุกต์เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process :AHP) ในการเลือกระบบปรับอากาศ แสดงแผนภูมิกระบวนการประยุกต์เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ซึ่งนิยมใช้ในการช่วยตัดสินใจ และมีความเข้าใจง่ายยุ่งยากต่อการตัดสินใจข้อสรุปของแผนภูมิแบบจำลอง AHP ที่จัดลำดับ ดังนี้



รูปที่ 3.2 รูปแบบโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น

3.3 การเก็บตัวอย่างข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ในการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศน้ำเย็น จำนวน 4 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศน้ำยา จำนวน 4 คนและเจ้าของโรงงาน บริษัท กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า จำนวน 1 คน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลในการกรอกแบบสอบถาม

รายละเอียดผู้ตอบแบสอบถาม			ฝ่าย/แผนก	ตำแหน่ง	ประสบการณ์
ลำดับ	เพศ	อายุ			การทำงาน
ท่านที่ 1	ชาย	43	วิศวกรรม	ผู้จัดการ	18*
ท่านที่ 2	ชาย	41	วิศวกรรม	ผู้จัดการฝ่าย	17*
ท่านที่ 3	ชาย	40	วิศวกรรมจัดซื้อ	ผู้จัดการ	15*
ท่านที่ 4	ชาย	36	วิศวกรรม	ผู้ช่วยผู้จัดการ	13*
ท่านที่ 5	ชาย	32	วิศวกรรม	วิศวกร	8**
ท่านที่ 6	ชาย	34	วิศวกรรม	วิศวกร	9**
ท่านที่ 7	ชาย	32	วิศวกรรม	วิศวกร	7**
ท่านที่ 8	ชาย	48	บริษัทกรณีศึกษา	เจ้าของกิจการ	20O
ท่านที่ 9	ชาย	36	วิศวกรรม	วิศวกร	13**

หมายเหตุ * ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศน้ำเย็น

** ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศน้ำยา

O เจ้าของโรงงาน บริษัทกรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

3.4 แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในงานวิจัยเรื่องการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมคือ แบบสอบถาม การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมบริษัทกรณีศึกษา

ดังนั้นข้อมูลจึงมีความสำคัญต่องานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งคำตอบจะนำไปใช้แสดงเป็นผลรวมในงานวิจัยเท่านั้น แบบสอบถามมี 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ปัจจัยหลักของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ตอนที่ 3 ปัจจัยรองของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ

โดยตัวอย่างแบบสอบถามแสดงดังตารางที่ 3.2 และรายละเอียดดังภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแบบประเมินเพื่อใช้พิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก

ปัจจัยหลัก	คะแนนมาตรฐานของการเปรียบเทียบปัจจัย																	ปัจจัยหลัก
	มากกว่า								เท่า	น้อยกว่า								
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เทคโนโลยี
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ
เทคโนโลยี	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ
เทคโนโลยี	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ
คุณภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ

จะพิจารณาเปรียบเทียบแบบทีละคู่ ในแต่ละลำดับชั้นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนน

ระดับความสำคัญ (Preference Level)	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical Valve)**
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

การศึกษาในครั้งนี้ในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยการส่งแบบถามไปยังผู้ตอบแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือก

เพื่อให้ดำเนินการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นจึงได้เข้าสู่การประมวลผลข้อมูลเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว แม่นยำและง่ายต่อการตัดสินใจ ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Expert Choice มาช่วยในการประมวลผลและตัดสินใจ ซึ่งนอกจากการจะใช้วิเคราะห์เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่มีความสัมพันธ์แล้ว และตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลเพื่อที่จะหาความผิดพลาดอันเกิดจากการป้อนข้อมูลการตัดสินใจที่มีความผิดพลาด หรือความไม่สอดคล้องของข้อมูลที่กำลังทำการตัดสินใจในแต่ละชุด ซึ่งการแสดงผล ถ้ามีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.01 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้ ดังตัวอย่างตามตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่างปัจจัยหลัก

การเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ กับเป้าหมายของปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison)			
	ราคา	เทคโนโลยี	คุณภาพ	ความยืดหยุ่นของระบบ
ราคา	1.000			
เทคโนโลยี		1.000		
คุณภาพ			1.000	
ความยืดหยุ่นของระบบ				1.000
ผลรวมแนวตั้ง	1.000	1.000	1.000	1.000

การเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ กับเป้าหมายของปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair wise Comparison)				ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย Eigenvector (ผลรวมแนวนอน/4)	Priority
	ราคา	เทคโนโลยี	คุณภาพ	ความยืดหยุ่นของระบบ			
ราคา	1.000						
เทคโนโลยี		1.000					
คุณภาพ			1.000				
ความยืดหยุ่นของระบบ				1.000			
ผลรวมแนวตั้ง	1.000	1.000	1.000	1.000			

	Performance	Consistency	

	Scores	Measure
ราคา		
เทคโนโลยี		
คุณภาพ		
ความยืดหยุ่นของระบบ		

Consistency Ration

Average C.R.$\leq$ 0.1 จึงวิเคราะห์ว่ามีความสอดคล้อง

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่างปัจจัยรอง

การเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ กับเป้าหมายของปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison)		
	ลงทุนครั้งแรก	ราคาอะไหล่	บำรุงรักษา
ลงทุนครั้งแรก	1.000		
ราคาอะไหล่		1.000	
บำรุงรักษา			1.000
ผลรวมแนวตั้ง	1.000	1.000	1.000

การเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ กับเป้าหมายของปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison)					
	ลงทุนครั้งแรก	ราคาอะไหล่	บำรุงรักษา	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย Eigenvector (ผลรวมแนวนอน/4)	Priority
ลงทุนครั้งแรก	1.000					
ราคาอะไหล่		1.000				
บำรุงรักษา			1.000			
ผลรวมแนวตั้ง	1.000	1.000	1.000			

	Performance Scores	Consistency Measure
ลงทุนครั้งแรก		
ราคาอะไหล่		
บำรุงรักษา		

Consistency Ration

Average

C.R.$\leq$ 0.1 จึงวิเคราะห์ว่ามีความสอดคล้อง

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel วิเคราะห์ลำดับความสำคัญ พิจารณาจากค่าถ่วงน้ำหนัก

ปัจจัยหลัก	คะแนน (ปัจจัยหลัก) A	ปัจจัยรอง	คะแนน (ปัจจัยรอง) B	คะแนน (ปัจจัยหลักและรอง) C=AXB	ลำดับความสำคัญ
ราคา		ลงทุนครั้งแรก		0.0000	
		ราคาอะไหล่		0.0000	
		บำรุงรักษา		0.0000	
เทคโนโลยี		ระบบควบคุมปรับอากาศ		0.0000	
		อัตราส่วนประสิทธิภาพ		0.0000	
		เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม		0.0000	
		มีระบบสำรองกรณี มีปัญหา		0.0000	
คุณภาพ		ค่าเชื่อถือได้ของระบบ		0.0000	
		อายุการใช้งาน		0.0000	
		ความดังของระบบ		0.0000	
		ความปลอดภัยการใช้งาน		0.0000	
ความยืดหยุ่น		รองรับการเปลี่ยนแปลง ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่น ใช้งาน		0.0000	
		กำหนดเวลาในการใช้งาน		0.0000	
		สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น		0.0000	
				0.0	

คะแนนที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำไปคำนวณหาค่าคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก หรือกลุ่มระบบปรับอากาศในขั้นตอนต่อไป

3.5.2 กำหนดเกณฑ์ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย

ทำการกำหนดค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยโดยพิจารณาจากรายละเอียดของแต่ละทางเลือก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การลงทุนครั้งแรก

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ประกอบการระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

ลงทุนครั้งแรก (บาท)	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	1,900,000	1,600,000

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าลงทุนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1,600,000 บาท มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ลงทุนระหว่าง 1,600,001 – 1,899,999 บาท มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากลงทุน มากกว่า 1,900,000 บาท มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนด้านลงทุนครั้งแรก

การลงทุนครั้งแรก (บาท)	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
≤1,600,000	5
1,600,001 - 1,899,999	3
>1,900,000	1

(2) ราคาอะไหล่

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ประกอบการระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

ราคาอะไหล่ (บาท)	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	5,000 – 8,000	8,000 – 9,000

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าลงทุนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ลงทุนระหว่าง 5,001 – 10,000 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากลงทุน มากกว่า 10,001 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนราคาอะไหล่

ราคาอะไหล่ (บาท)	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
≤5,000/ครั้ง	5
5,001 - 10,000/ครั้ง	3
>10,001/ครั้ง	1

(3) บำรุงรักษา

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ประกอบการระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

บำรุงรักษา (บาท)	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	7,500	9,500

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าลงทุนต่ำกว่า 10,000 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ลงทุนระหว่าง 10,001 – 20,000 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากลงทุน มากกว่า 20,001 บาท/ครั้ง มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนบำรุงรักษา

บำรุงรักษา	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
≤10,000/ครั้ง	5
10,001-20,000/ครั้ง	3
>20,001/ครั้ง	1

(4) ระบบควบคุมปรับอากาศ

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

ระบบควบคุมปรับอากาศ	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	ได้	ไม่ได้

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ช่วง ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ สามารถความคุมอุณหภูมิและความชื้นของสภาพอากาศได้ตามต้องการ มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศสามารถความคุมอุณหภูมิและความชื้นของสภาพอากาศไม่ได้ตามต้องการ มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์การให้คะแนนระบบควบคุมปรับอากาศ

ระบบควบคุมปรับอากาศ	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
ได้	5
ไม่ได้	1

(5) อัตราส่วนประสิทธิภาพ

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

อัตราส่วน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
ประสิทธิภาพ	$\leq$ 40 Kw	41-50 Kw

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ มีการใช้พลังงาน $\leq$ 40 Kw มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศมีการใช้พลังงาน 41-50 Kw สามารถความคุม มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากระบบควบคุมปรับอากาศมีการใช้พลังงาน >51 Kw มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 เกณฑ์การให้คะแนนอัตราส่วนประสิทธิภาพ

อัตราส่วนประสิทธิภาพ	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
$\leq$40 Kw	5
41-50 Kw	3
>51 Kw	1

(6) เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	R 32	เทียบเท่า R 22

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ มีการใช้น้ำยา R32 มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศมีการใช้น้ำยาเทียบเท่า R22 มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากระบบควบคุมปรับอากาศมีการใช้น้ำยา R 410 มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 เกณฑ์การให้คะแนนเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม

เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
R 32	5
R 22	3
R 410	1

(7) มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	มี	ไม่มี

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศไม่มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 เกณฑ์การให้คะแนนมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา

มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
มี	5
ไม่มี	1

(8) ค่าเชื่อถือได้ของระบบ

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช กรณีตั้งค่าอุณหภูมิระบบปรับอากาศได้ตามที่กำหนดไม่มีการคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ

ค่าเชื่อถือได้	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
ของระบบ (องศา)	0	0

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ มีค่าเชื่อถือได้ของระบบคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศมีค่าเชื่อถือได้คลาดเคลื่อนเป็น 1 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากระบบควบคุมปรับอากาศมีค่าเชื่อถือได้คลาดเคลื่อนเป็น 2 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 เกณฑ์การให้คะแนนค่าเชื่อถือได้ของระบบ

ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
0 องศา	5
1 องศา	3
2 องศา	1

(9) อายุการใช้งาน

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

อายุการใช้งาน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	5 – 15 ปี	มากกว่า 15 ปี

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศ มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบควบคุมปรับอากาศมีอายุการใช้งานระหว่าง 5 – 15 ปี มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และหากระบบควบคุมปรับอากาศมีอายุการใช้งาน น้อยกว่า 5 ปี มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 เกณฑ์การให้คะแนนอายุการใช้งาน

อายุการใช้งาน	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
>15 ปี	5
5-15 ปี	3
<5 ปี	1

(10) ความดังของระบบ

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

ความดังของระบบ	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	น้อยกว่า 25 เดซิเบล	น้อยกว่า 25 เดซิเบล

โดยจะพิจารณาเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ถ้าระดับความดังเสียงในการใช้งานของระบบปรับอากาศน้อย 25 เดซิเบลมีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระดับความดังเสียงในการใช้งานของระบบปรับอากาศระหว่าง 26 – 35 เดซิเบล มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 และถ้าระดับความดังเสียงในการใช้งานของระบบปรับอากาศ มากกว่า 36 เดซิเบล มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 เกณฑ์การให้คะแนนความดังของระบบ

ความดังของระบบ	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
< 25 เดซิเบล	5
26 – 35 เดซิเบล	3
> 36 เดซิเบล	1

(11) ความปลอดภัยการใช้งาน

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

ความปลอดภัยการใช้งาน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	ตัดไฟ	ตัดไฟ

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าระบบปรับอากาศมีการตัดไฟฟ้าในกรณีที่เครื่องมีปัญหาในการใช้งาน มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบปรับอากาศมีการตัดไฟฟ้าในกรณีที่เครื่องมีปัญหาในการใช้งาน มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 เกณฑ์การให้คะแนนความปลอดภัยการใช้งาน

ความปลอดภัยการใช้งาน	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
ตัดไฟ	5
ไม่ตัดไฟ	1

(12) รองรับการเปลี่ยนแปลง

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

รองรับการเปลี่ยนแปลง	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	รองรับ	ไม่รองรับ

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าในกรณีมีการขยายการผลิตสามารถเพิ่มเครื่องปรับอากาศได้ และถ้าต้องการลดเครื่องปรับอากาศก็สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นรองรับการเปลี่ยนแปลง มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าในกรณีมีการขยายการผลิตไม่สามารถเพิ่มเครื่องปรับอากาศได้ และถ้าต้องการลดเครื่องปรับอากาศก็ไม่สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นไม่รองรับการเปลี่ยนแปลง มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 เกณฑ์การให้คะแนนรองรับการเปลี่ยนแปลง

รองรับการเปลี่ยนแปลง	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
รองรับ	5
ไม่รองรับ	1

(13) ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	ได้	ไม่ได้

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าสามารถเลือกใช้ได้เฉพาะจุดที่จำเป็นในการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดของระบบปรับอากาศ มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าไม่สามารถเลือกใช้ได้เฉพาะจุดที่จำเป็นในการใช้งานไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดของระบบปรับอากาศมีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 เกณฑ์การให้คะแนนปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน

ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
ได้	5
ไม่ได้	1

(14) กำหนดเวลาในการใช้งาน

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

กำหนดเวลาในการใช้งาน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
	ได้	ได้

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าสามารถตั้งค่าการใช้งานได้ให้ปิดหรือเปิดตามเวลาที่กำหนด มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าไม่สามารถตั้งค่าการใช้งานได้ให้ปิดหรือเปิดตามเวลาที่กำหนด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3.20 เกณฑ์การให้คะแนนกำหนดเวลาการใช้งาน

กำหนดเวลาการใช้งาน	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
ได้	5
ไม่ได้	1

(15) สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

จากการสำรวจข้อมูลใบเสนอราคาจากผู้ผลิตระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ดังภาคผนวก ช

สามารถทำงาน	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
ร่วมกับระบบอื่น	ได้	ได้

โดยจะพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ ถ้าระบบปรับอากาศสามารถทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่นได้ มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 แต่ถ้าระบบปรับอากาศสามารถทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่นได้ มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 ดังตารางที่ 3.21

ตารางที่ 3.21 เกณฑ์การให้คะแนนสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	**ค่าแสดงเป็นตัวเลข (Numerical)**
ได้	5
ไม่ได้	1

เมื่อกำหนดเกณฑ์ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยแล้ว จะวิเคราะห์ข้อมูลรายละเอียดของแต่ละทางเลือก แล้วให้ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย จากนั้นหาผลรวมคะแนนของแต่ละทางเลือก แสดงดังตารางที่ 3.22

ตารางที่ 3.22 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ใช้คำนวณผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จาก AHP

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก AHP	ระบบน้ำยา		ระบบน้ำเย็น	
	A	ค่าคะแนน B	ผลคะแนน C = A x B	ค่าคะแนน D	ผลคะแนน D = A x D
C1					
C2					
C3					
T1					
T2					
T3					
T4					
Q1					
Q2					
Q3					
Q4					
F1					
F2					
F3					
F4					

3.6 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นมาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเลือกระบบปรับอากาศ และลำดับความสำคัญของระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำเสนอเป็นกรอบแนวทางในการเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับบริษัทกรณีศึกษา

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามงานวิจัยเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสำคัญของปัจจัยในการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมโดยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้นในแต่ละปัจจัยการให้คะแนนปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 ท่านและผู้บริหารโรงงาน 1 ท่านในโรงงานกรณีศึกษาและได้ทำคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าในโปรแกรม Expert Choice v.11 ได้ผลในการดำเนินงานวิจัยดังนี้คือ

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

4.3 ผลการวิเคราะห์ภาพรวมค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

4.4 ผลคะแนนของแต่ละปัจจัยในแต่ละทางเลือก

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก

การวิเคราะห์หาค่าของปัจจัยหลัก จากคะแนนการตอบข้อมูลข้อผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศ 8 ท่านและผู้บริหารกรณีศึกษา 1 ท่าน สรุปผลได้ตามตารางที่ 4.1 และภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศ

ลำดับ	ปัจจัยหลัก	คนที่									ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	ด้านราคา	0.240	0.180	0.580	0.080	0.179	0.118	0.147	0.081	0.160	1.765	0.196	3
2	ด้านเทคโนโลยี	0.248	0.237	0.182	0.401	0.600	0.399	0.660	0.372	0.155	3.254	0.362	1
3	ด้านคุณภาพ	0.362	0.347	0.130	0.415	0.186	0.445	0.156	0.446	0.637	3.124	0.347	2
4	ด้านความยืดหยุ่น	0.150	0.237	0.108	0.104	0.035	0.039	0.038	0.101	0.047	0.859	0.095	4
												1.000	

ผลสรุปการวิเคราะห์จากโปรแกรม Expert Choice v.11 ได้ปัจจัยหลักมีความสอดคล้อง (Consistency Ration : CR) ได้ค่าความสอดคล้องน้อยกว่า 0.10 จากการเปรียบเทียบปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม มีคะแนนในแต่ละปัจจัยอย่าง

สอดคล้องกัน ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าปัจจัยหลักที่มีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งคือ ด้านเทคโนโลยี มีความสำคัญมากที่สุดคะแนนความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ **0.362** รองลงมาอันดับสองคือ ด้านคุณภาพ มีคะแนนความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ **0.347** ส่วนอันดับที่สามเป็นเรื่องของ ด้านราคา มีคะแนนความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ **0.196** และปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเลือกระบบปรับอากาศอันดับสุดท้ายที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ ด้านความยืดหยุ่นของระบบ มีคะแนนความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ **0.095**

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาค่าของปัจจัยหลักโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ตัวอย่างได้เลือกผลการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8 เนื่องจากเป็นเจ้าของกิจการ มีอำนาจในการตัดสินใจในการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม สรุปผลได้ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยหลัก

	ด้านราคา	ด้านเทคโนโลยี	ด้านคุณภาพ	ด้านยืดหยุ่นของระบบ
ด้านราคา	1.000	0.250	0.250	0.500
ด้านเทคโนโลยี	4.000	1.000	1.000	4.000
ด้านคุณภาพ	4.000	1.000	1.000	7.000
ด้านยืดหยุ่นของระบบ	2.000	0.250	0.143	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	**11.000**	**2.500**	**2.393**	**12.500**

	ด้านราคา	ด้านเทคโนโลยี	ด้านคุณภาพ	ด้านยืดหยุ่นของระบบ	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
ด้านราคา	0.091	0.100	0.104	0.040	0.335	0.081	4
ด้านเทคโนโลยี	0.364	0.400	0.418	0.320	1.502	0.372	2
ด้านคุณภาพ	0.364	0.400	0.418	0.560	1.742	0.446	1
ด้านยืดหยุ่นของระบบ	0.182	0.100	0.060	0.080	0.422	0.101	3
ผลรวมแนวตั้ง	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**4.000**	**1.000**	

	Performance	Consistency Measure
ด้านราคา	0.081	4.046
ด้านเทคโนโลยี	0.372	4.176
ด้านคุณภาพ	0.446	4.327
ด้านยืดหยุ่นของระบบ	0.101	4.072
ค่าเฉลี่ย	0.250	4.155

จะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรม Excel ในการคำนวณ ได้ค่าสอดคล้องกับการใช้โปรแกรม Expert Choice v.11 ดังนั้นการใช้โปรแกรม Expert Choice v.11 สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลและตัดสินใจได้

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยรอง

ความสำคัญของปัจจัยรองทางด้านต่างๆ ในการตอบแบบสอบถามตามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน สรุปผลได้ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศ

ปัจจัยรอง	คะแนนระดับความสำคัญ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
ราคา												
ลงทุนครั้งแรก	0.661	0.122	0.117	0.236	0.500	0.789	0.287	0.667	0.199	3.578	0.398	2
ราคาอะไหล่	0.208	0.320	0.268	0.082	0.073	0.103	0.078	0.167	0.068	1.367	0.152	3
บำรุงรักษา	0.131	0.558	0.614	0.682	0.427	0.108	0.635	0.167	0.733	4.055	0.451	1
									ผลรวม		1	
เทคโนโลยี												
ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.241	0.453	0.519	0.235	0.077	0.080	0.129	0.233	0.254	2.221	0.247	2
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.627	0.268	0.211	0.365	0.662	0.668	0.572	0.391	0.592	4.356	0.484	1
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.086	0.113	0.158	0.281	0.221	0.208	0.252	0.065	0.118	1.502	0.167	3
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.046	0.166	0.112	0.120	0.040	0.044	0.048	0.311	0.036	0.923	0.103	4
									ผลรวม		1	
คุณภาพ												
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.574	0.282	0.542	0.236	0.474	0.331	0.262	0.148	0.125	2.974	0.330	2
อายุการใช้งาน	0.260	0.125	0.239	0.322	0.102	0.088	0.104	0.683	0.135	2.058	0.229	3
ความดังของระบบ	0.049	0.093	0.154	0.074	0.039	0.041	0.047	0.071	0.040	0.608	0.068	4
ความปลอดภัยการใช้งาน	0.117	0.501	0.065	0.369	0.385	0.540	0.586	0.098	0.700	3.361	0.373	1
									ผลรวม		1	
ความยืดหยุ่นของระบบ												
รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.237	0.114	0.495	0.239	0.620	0.661	0.431	0.045	0.481	3.323	0.369	1
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	0.148	0.396	0.314	0.240	0.243	0.203	0.414	0.233	0.109	2.300	0.256	2
กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.406	0.122	0.089	0.079	0.091	0.083	0.113	0.593	0.369	1.945	0.216	3
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.208	0.367	0.102	0.442	0.046	0.054	0.042	0.129	0.041	1.431	0.159	4
									ผลรวม		1	

ผลสรุปการวิเคราะห์จากโปรแกรม Expert Choice v.11 ได้ปัจจัยรองมีความสอดคล้อง (Consistency Ration : CR) ได้ค่าความสอดคล้องน้อยกว่า 0.10 จากการเปรียบเทียบปัจจัยรองที่มีอิทธิพลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม มีคะแนนในแต่ละปัจจัยอย่างสอดคล้องกัน ทำให้สามารถรู้ได้ว่าปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่หนึ่งมีเกณฑ์ดังต่อไปนี้

4.2.1 ปัจจัย**ด้านเทคโนโลยี** และปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านเทคโนโลยีนั้นค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่เรียงจากมากไปหาน้อยได้แก่อัตราส่วนประสิทธิภาพ (0.484) ตามด้วยระบบควบคุมปรับอากาศ (0.247) เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (0.167) และมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา (0.103)

4.2.2 ปัจจัย**ด้านคุณภาพ** เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญลำดับที่สองโดยมีปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านคุณภาพประกอบด้วยความปลอดภัยการใช้งาน (0.373) ตามด้วยค่าเชื่อถือได้ของระบบ (0.330) อายุการใช้งาน (0.229) และความดังของระบบ (0.068)

4.2.3 ปัจจัย**ด้านราคา** ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่สามคือ (0.196) ปัจจัยรองด้านราคาประกอบด้วยค่าบำรุงรักษา(0.451) ตามด้วย ราคาลงทุนครั้งแรก (0.398) และราคาอะไหล่ (0.152)

4.2.4 ปัจจัย**ด้านความยืดหยุ่น**ของระบบมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญเป็นลำดับที่สี่ โดยมีปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านความยืดหยุ่นของระบบประกอบด้วยสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลง (0.369) ตามด้วยสามารถปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นการใช้งาน (0.256) กำหนดเวลาในการใช้งาน (0.216) และสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่นได้ (0.159)

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์หาค่าของปัจจัยรองโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ระบบปรับอากาศจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 8 สรุปผลได้ตามตารางที่ 4.4-4.7

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านราคา

ปัจจัยรองด้านราคา	ลงทุนครั้งแรก	ราคาอะไหล่	บำรุงรักษา
ลงทุนครั้งแรก	1.000	4.000	4.000
ราคาอะไหล่	0.250	1.000	2.000
บำรุงรักษา	0.250	0.500	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	**1.500**	**5.500**	**7.000**

ปัจจัยรองด้านราคา	ลงทุนครั้งแรก	ราคาอะไหล่	บำรุงรักษา	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
ลงทุนครั้งแรก	0.667	0.727	0.571	1.965	0.667	1
ราคาอะไหล่	0.167	0.182	0.286	0.634	0.167	2
บำรุงรักษา	0.167	0.091	0.143	0.400	0.167	2
ผลรวมแนวตั้ง	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**3.000**	**1.000**	

ปัจจัยรองด้านราคา	Performance	Consistency Measure
ลงทุนครั้งแรก	0.491	3.106
ราคาอะไหล่	0.159	3.038
บำรุงรักษา	0.100	3.019
ค่าเฉลี่ย	0.250	2.291

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี

ปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี	ระบบควบคุมปรับอากาศ	อัตราส่วนประสิทธิภาพ	เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา
ระบบควบคุมปรับอากาศ	1.000	1.000	3.000	0.500
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	1.000	1.000	6.000	2.000
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.333	0.167	1.000	0.200
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	2.000	0.500	5.000	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	**4.333**	**2.667**	**15.000**	**3.700**

ปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี	ระบบควบคุมปรับอากาศ	อัตราส่วนประสิทธิภาพ	เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.231	0.375	0.200	0.135	0.941	0.233	3
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.231	0.375	0.400	0.541	1.546	0.391	1
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.077	0.063	0.067	0.054	0.260	0.065	4
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.462	0.187	0.333	0.270	1.253	0.311	2
ผลรวมแนวตั้ง	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**4.000**	**1.000**	

ปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี	Performance	Consistency Measure
ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.235	4.139
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.387	4.238
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.065	4.160
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.313	4.158
ค่าเฉลี่ย	0.250	4.174

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านคุณภาพ

ปัจจัยรองด้านคุณภาพ	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	อายุการใช้งาน	ความดังของระบบ	ความปลอดภัยการใช้งาน
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	1.000	0.143	4.000	1.000
อายุการใช้งาน	7.000	1.000	7.000	7.000
ความดังของระบบ	0.250	0.143	1.000	1.000
ความปลอดภัยการใช้งาน	1.000	0.143	1.000	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	**9.250**	**1.429**	**13.000**	**10.000**

ปัจจัยรองด้านคุณภาพ	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	อายุการใช้งาน	ความดังของระบบ	ความปลอดภัยการใช้งาน	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.108	0.100	0.308	0.100	0.616	0.148	2
อายุการใช้งาน	0.757	0.700	0.538	0.700	2.695	0.683	1
ความดังของระบบ	0.027	0.100	0.077	0.100	0.304	0.071	4
ความปลอดภัยการใช้งาน	0.108	0.100	0.077	0.100	0.385	0.098	3
ผลรวมแนวตั้ง	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**4.000**	**1.000**	

ปัจจัยรองด้านคุณภาพ	Performance	Consistency Measure
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.154	4.226
อายุการใช้งาน	0.674	4.390
ความดังของระบบ	0.076	4.041
ความปลอดภัยการใช้งาน	0.096	4.389
ค่าเฉลี่ย	0.250	4.261

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่าง ปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น

ปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น	รองรับการเปลี่ยนแปลง	ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	กำหนดเวลาในการใช้งาน	สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น
รองรับการเปลี่ยนแปลง	1.000	0.200	0.125	0.200
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	5.000	1.000	0.250	0.333
กำหนดเวลาในการใช้งาน	8.000	4.000	1.000	0.200
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	5.000	3.000	5.000	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	**19.000**	**8.200**	**6.375**	**1.733**

ปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น	รองรับการเปลี่ยนแปลง	ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	กำหนดเวลาในการใช้งาน	สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ย	ลำดับ
รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.053	0.024	0.020	0.115	0.212	0.045	4
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	0.263	0.122	0.039	0.192	0.616	0.233	2
กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.421	0.488	0.157	0.115	1.181	0.593	1
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.263	0.366	0.784	0.577	1.990	0.129	3
ผลรวมแนวตั้ง	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**1.000**	**4.000**	**1.000**	

ปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น	Performance	Consistency Measure
รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.053	4.155
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	0.154	4.274
กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.295	4.861
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.498	5.429
ค่าเฉลี่ย	0.250	4.680

4.3 ผลการวิเคราะห์ภาพรวมค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

จากการประเมินปัจจัยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยรองนั้นสามารถสรุปผลภาพรวมค่าถ่วงน้ำหนักระดับความสำคัญเฉลี่ยของปัจจัยหลักและปัจจัยรองได้ตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการวิเคราะห์แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญและลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัย

ปัจจัยหลัก	คะแนนเฉลี่ยปัจจัยหลัก	ลำดับความสำคัญ	ปัจจัยรอง	คะแนนเฉลี่ยปัจจัยรอง	คะแนนปัจจัยหลักและปัจจัยรอง	ลำดับความสำคัญ
	A			B	C = A x B	
ราคา	0.196	3	ลงทุนครั้งแรก	0.398	0.078	7
			ราคาอะไหล่	0.152	0.030	11
			บำรุงรักษา	0.451	0.088	5
เทคโนโลยี	0.362	1	ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.247	0.089	4
			อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.484	0.175	1
			เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.167	0.060	8
			มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.103	0.037	9
คุณภาพ	0.347	2	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.330	0.115	3
			อายุการใช้งาน	0.229	0.079	6
			ความดังของระบบ	0.068	0.024	12
			ความปลอดภัยการใช้งาน	0.373	0.129	2
ความยืดหยุ่น	0.095	4	รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.369	0.035	10
			ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	0.256	0.024	12
			กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.216	0.021	14
			สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.159	0.015	15
			ผลรวมค่าน้ำหนัก		1.000	

จากตารางที่ 4.8 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยพิจารณาจากปัจจัยหลักและปัจจัยรองทุกระดับชั้น สามารถจัดลำดับความสำคัญได้ดังนี้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญเรียงจากมากไปหาน้อยได้แก่ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (0.362) เป็นลำดับที่หนึ่งตามด้วย ด้านคุณภาพ (0.347) ด้านราคา (0.196) และด้านยืดหยุ่นของระบบ(0.095) ตามลำดับ และเมื่อเรียงลำดับความสำคัญภาพรวมของระดับปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัยภายใต้ 4 ปัจจัย

หลักจะพบว่าปัจจัยรองที่มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระดับความสำคัญในสามลำดับแรก ได้แก่ปัจจัยด้านอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (0.175) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระดับความสำคัญเป็นลำดับที่หนึ่ง ตามด้วยปัจจัยด้านความปลอดภัยการใช้งาน (0.129) และปัจจัยด้านค่าเชื่อถือได้ของระบบ (0.115)

4.4 ผลการให้ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยของแต่ละทางเลือก

ทำการวิเคราะห์และให้ค่าระดับคะแนนของแต่ละทางเลือก โดยพิจารณาทีละปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศ โดยเกณฑ์การพิจารณาให้ค่าระดับคะแนนแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การพิจารณาค่าน้ำหนักคะแนนปัจจัยด้านต่างๆ

	เกณฑ์	**ค่าน้ำหนัก**		
		5	**3**	**1**
ราคา	ลงทุนครั้งแรก(บาท)	≤1,600,000	1,600,001-1,899,999	> 1,900,000
	ราคาอะไหล่ (บาท/ครั้ง)	≤5,000	5,001-10,000/	>10,001
	บำรุงรักษา (บาท/ครั้ง)	<10,000/	10,001-20,000	>20,001
เทคโนโลยี	ระบบควบคุมปรับอากาศ	ได้	-	ไม่ได้
	อัตราส่วนประสิทธิภาพ (Kw)	≤40	41-50	>51
	เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	R32	R22	R410
	มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	มี	-	ไม่มี
คุณภาพ	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ (องศา)	0	1	2
	อายุการใช้งาน (ปี)	>15	5-15	<5
	ความดังของระบบ (เดซิเบล)	<25	26-35	>36
	ความปลอดภัยการใช้งาน	ตัดไฟ	-	ไม่ตัดไฟ
ความยืดหยุ่น	รองรับการเปลี่ยนแปลง	รองรับ	-	ไม่รองรับ
	ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	ได้	-	ไม่ได้
	กำหนดเวลาในการใช้งาน	ได้	-	ไม่ได้
	สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	ได้	-	ไม่ได้

การให้ค่าระดับคะแนนปัจจัยด้านต่างๆ พิจารณาจากข้อมูลที่ได้ใบเสนอราคาของผู้ประกอบการระบบปรับอากาศน้ำเย็นและน้ำยา ในช่วงเดือน มกราคม – มีนาคม 2561 ซึ่งรายละเอียดของการให้ค่าระดับคะแนนของทั้งระบบน้ำยาและระบบน้ำเย็นแสดงดังข้อมูลต่อไปนี้และสรุปผลการให้ค่าระดับคะแนนของทั้งสองระบบแสดงดังตารงที่ 4.10

4.4.1 ระบบน้ำยา

(1) ราคา

ลงทุนครั้งแรก (บาท) รวมค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งทั้งหมดและค่าแรงในการติดตั้งระบบน้ำยาตามใบเสนอราคาผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ แยกเป็นค่าเครื่องปรับอากาศพร้อมอุปกรณ์ 1,124,796 ค่าติดตั้งพร้อมวัสดุติดตั้ง 867,686 บาท ราคาลงทุนครั้งแรกรวม 1,992,510 บาท ดังนั้นการลงทุนครั้งแรกสำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1

ราคาอะไหล่(บาท) ราคาค่าอะไหล่หลัก ในการซ่อมบำรุงเมื่ออายุงานเข้าปีที่ 5 ราคาอะไหล่ 5,000 - 8,000 บาท ดังนั้นราคาอะไหล่สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

บำรุงรักษา(บาท) ราคาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อปี เช่น การล้างเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน ราคา 7,500 บาท ดังนั้นค่าบำรุงรักษาสำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

(2) เทคโนโลยี

ระบบควบคุมปรับอากาศ ระบบน้ำยาสามารถความคุมอุณหภูมิและความชื้นของสภาพอากาศได้ตามต้องการ ดังนั้นระบบควบคุมปรับอากาศสำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

อัตราส่วนประสิทธิภาพ การประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศโดยใช้กิโลวัตต์เป็นเกณฑ์การพิจารณา โดยระบบน้ำยามีการใช้พลังงาน $\leq$ 40 Kw ดังนั้นอัตราส่วนประสิทธิภาพ สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม พิจารณาจากน้ำยาที่ใช้กับระบบปรับอากาศเพื่อลดการปล่อยสารคลอโรฟลูโอคาร์บอน(CFC) ระบบน้ำยาใช้น้ำยาแอร์ R32 สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา ในกรณีระบบปรับอากาศหลักมีปัญหาไม่สามารถใช้งานระบบปรับอากาศสำรองได้ ดังนั้นไม่มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1

(3) คุณภาพ

ค่าเชื่อถือได้ของระบบ อุณหภูมิเป็นไปตามที่ตั้งค่าไว้ตามการใช้งานที่กำหนด โดยค่าเชื่อถือได้ของระบบมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

อายุการใช้งาน ระบบปรับอากาศสามารถมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จนถึงมากกว่า 15 ปี ดังนั้นอายุการใช้งานสำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

ความดังของระบบ พิจารณาจากเสียงในการใช้งานของระบบปรับอากาศที่ใช้งานต้องมีเกณฑ์น้อยกว่า 25 เดซิเบล ดังนั้นความดังของระบบ สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

ความปลอดภัยการใช้งาน มีการตัดไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในกรณีที่เครื่องมีปัญหาในการใช้งาน ดังนั้นความดังของระบบ สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

(4) ความยืดหยุ่นของระบบ

รองรับการเปลี่ยนแปลง ในกรณีมีการขยายการผลิตสามารถเพิ่มเครื่องปรับอากาศได้ และถ้าต้องการลดเครื่องปรับอากาศก็สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นรองรับการเปลี่ยน สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน สามารถเลือกใช้ได้เฉพาะจุดที่จำเป็นในการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดของระบบปรับอากาศ ดังนั้นปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งานสำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

กำหนดเวลาในการใช้งาน สามารถตั้งค่าการใช้งานได้ให้ปิดหรือเปิดตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นกำหนดเวลาในการใช้งาน สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น ความสามารถของระบบไม่ส่งผลผลกระทบและการทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่นได้ ดังนั้นสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น สำหรับระบบน้ำยามีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

4.4.2 ระบบน้ำเย็น

(1) ราคา

ลงทุนครั้งแรก(บาท) รวมค่าอุปกรณ์ในการติดตั้งทั้งหมดและค่าแรงในการติดตั้งระบบน้ำเย็นตามใบเสนอราคาผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศ แยกเป็นค่าเครื่องปรับอากาศพร้อมอุปกรณ์ 940,000 ค่าติดตั้งพร้อมวัสดุติดตั้ง 550,000 บาท ราคาลงทุนครั้งแรกรวม 1,450,000 บาท ดังนั้นการลงทุนครั้งแรกสำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

ราคาอะไหล่(บาท) ราคาค่าอะไหล่หลัก ในการซ่อมบำรุงเมื่ออายุงานเข้าปีที่ 5 ราคาอะไหล่ 8,000 – 9,000 บาท ดังนั้นราคาอะไหล่สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

บำรุงรักษา(บาท) ราคาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อปี เช่น การล้างเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน ราคา 9,500 บาท ดังนั้นค่าบำรุงรักษาสำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

(2) เทคโนโลยี

ระบบควบคุมปรับอากาศ ระบบน้ำยาสามารถความคุมอุณหภูมิและความชื้นของสภาพอากาศได้ตามต้องการ ดังนั้นระบบควบคุมปรับอากาศสำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

อัตราส่วนประสิทธิภาพ การประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศโดยใช้กิโลวัตต์เป็นเกณฑ์การพิจารณา โดยระบบน้ำเย็นมีการใช้พลังงาน 41-50 Kw ดังนั้นอัตราส่วนประสิทธิภาพ สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม พิจารณาจากน้ำยาที่ใช้กับระบบปรับอากาศเพื่อลดการปล่อยสารคลอโรฟลูโอคาร์บอน(CFC) ระบบน้ำเย็นใช้น้ำยา R22 สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา ในกรณีระบบปรับอากาศหลักมีปัญหาไม่สามารถใช้งานระบบปรับอากาศสำรองได้ ดังนั้นไม่มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1

(3) คุณภาพ

ค่าเชื่อถือได้ของระบบ อุณหภูมิเป็นไปตามที่ตั้งค่าไว้ตามการใช้งานที่กำหนด โดยค่าเชื่อถือได้ของระบบมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

อายุการใช้งาน ระบบปรับอากาศสามารถมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีขึ้นไปจนถึงมากกว่า 15 ปี ดังนั้นอายุการใช้งานสำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

ความดังของระบบ พิจารณาจากเสียงในการใช้งานของระบบปรับอากาศที่ใช้งานต้องมีเกณฑ์น้อยกว่า 25 เดซิเบล ดังนั้นความดังของระบบ สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3

ความปลอดภัยการใช้งาน มีการตัดไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในกรณีที่เครื่องมีปัญหาในการใช้งาน ดังนั้นความปลอดภัยการใช้งานสำหรับระบบระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

(4) ความยืดหยุ่นของระบบ

รองรับการเปลี่ยนแปลง ในกรณีมีการขยายการผลิตสามารถเพิ่มเครื่องปรับอากาศได้ และ ถ้าต้องการลดเครื่องปรับอากาศก็สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นรองรับการเปลี่ยน สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1

ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน สามารถเลือกใช้ได้เฉพาะจุดที่จำเป็นในการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดของระบบปรับอากาศ ดังนั้นปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งานสำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1

กำหนดเวลาในการใช้งาน สามารถตั้งค่าการใช้งานได้ให้ปิดหรือเปิดตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นกำหนดเวลาในการใช้งาน สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น ความสามารถของระบบไม่ส่งผลผลกระทบและการทำงานร่วมกับระบบประกอบอาคารอื่นได้ ดังนั้นสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น สำหรับระบบน้ำเย็น มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5

ตารางที่ 4.10 ค่าคะแนนปัจจัยด้านต่างๆ ของทางเลือก

ปัจจัย	ค่าน้ำหนักคะแนน	
	ระบบน้ำยา	ระบบน้ำเย็น
ลงทุนครั้งแรก	1	5
ราคาอะไหล่	3	3
บำรุงรักษา	5	5
ระบบควบคุมปรับอากาศ	5	5
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	5	3
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	5	3
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	1	1
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	5	5
อายุการใช้งาน	3	3
ความดังของระบบ	3	3
ความปลอดภัยการใช้งาน	5	5
รองรับการเปลี่ยนแปลง	5	1
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันใช้งาน	5	1
กำหนดเวลาในการใช้งาน	5	5
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	5	5

จากนั้นนำค่าคะแนนของแต่ละทางเลือกมาพิจารณารวมกับค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหรือของผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก รายละเอียดดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกในภาพรวม

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก AHP	ระบบน้ำยา		ระบบน้ำเย็น	
		ค่าคะแนน	ผลคะแนน	ค่าคะแนน	ผลคะแนน
	A	B	C = A x B	D	D = A x D
C1	0.398	1	0.398	5	1.990
C2	0.152	3	0.456	3	0.456
C3	0.451	5	2.255	5	2.255
T1	0.241	5	1.205	5	1.205
T2	0.484	5	2.420	3	1.452
T3	0.167	5	0.835	3	0.501
T4	0.103	1	0.103	1	0.103
Q1	0.330	5	1.650	5	1.650
Q2	0.229	3	0.687	3	0.687
Q3	0.068	3	0.204	3	0.204
Q4	0.373	5	1.865	5	1.865
F1	0.369	5	1.845	1	0.369
F2	0.256	5	1.280	1	0.256
F3	0.216	5	1.080	5	1.080
F4	0.159	5	0.795	5	0.795
	ผลรวม		17.078		14.868

จากการพิจารณาทางเลือกด้วยการนำค่าที่คำนวณได้ พบว่า ระบบน้ำยา มีค่าผลรวมน้ำหนักเท่ากับ 17.078 ในขณะที่ ระบบน้ำเย็น มีค่าผลรวมน้ำหนักเท่ากับ 14.898 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ภายใต้หลักการของ AHP ทำให้ทราบว่าระบบน้ำยาเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าระบบน้ำเย็น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น:กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า เริ่มจากการศึกษาข้อมูล แนวคิดทฤษฎี บทความและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฉลากสินค้า โดยการใช้แบบสอบถามเพื่อทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป จำนวน 9 คนและทำการคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ และค่าความสอดคล้องในการเปรียบเทียบของแต่ละปัจจัย จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฉลากสินค้า และทำการวิเคราะห์หาแนวทางในการวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาการการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตฉลากสินค้า ให้มีประสิทธิภาพ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยจากมากไปน้อยมีรายละเอียดดังนี้ คือ ด้านเทคโนโลยี ด้านคุณภาพ ด้านราคา และด้านความยืดหยุ่นของระบบ รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก

ปัจจัยหลัก	ค่าน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ย	ลำดับ
เทคโนโลยี	0.362	1
คุณภาพ	0.347	2
ราคา	0.196	3
ความยืดหยุ่นของระบบ	0.095	4

หากพิจารณาปัจจัยรองย่อยลงไปของเกณฑ์หลักด้านต่างๆ พบว่า ลำดับความสำคัญเป็นไปตามตารางที่ 5.2

(1) ด้านเทคโนโลยี เมื่อพิจารณาปัจจัยรองเป็นรายข้อลงไปพบว่า ด้านอัตราส่วนประสิทธิภาพมีลำดับความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือด้านระบบควบคุมปรับอากาศ ด้านเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และด้านมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา ตามลำดับ

(2) ด้านคุณภาพ เมื่อพิจารณาปัจจัยรองเป็นรายข้อลงไปพบว่า ด้านความปลอดภัยการใช้งานมีลำดับความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือด้านค่าเชื่อถือได้ของระบบ อายุการใช้งาน และความดังของระบบ

(3) ด้านราคา เมื่อพิจารณาปัจจัยรองเป็นรายข้อลงไปพบว่า ด้านบำรุงรักษามีลำดับความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือด้านลงทุนครั้งแรก และด้านราคาอะไหล่

(4) ด้านความยืดหยุ่นของระบบ เมื่อพิจารณาปัจจัยรองเป็นรายข้อลงไปพบว่า ด้านรองรับการเปลี่ยนแปลงมีลำดับความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือด้านปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน ด้านกำหนดเวลาในการใช้งาน และด้านสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

5.1.2 ปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาภาพรวมเป็นรายด้าน พบว่าลำดับความสำคัญของปัจจัยจากมากไปน้อยมีรายละเอียดดังนี้คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพ ความปลอดภัยการใช้งาน ค่าเชื่อถือได้ของระบบ ระบบควบคุมปรับอากาศ บำรุงรักษา อายุการใช้งาน ลงทุนครั้งแรก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา รองรับการเปลี่ยนแปลง ราคาอะไหล่ ความดังของระบบ ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน กำหนดเวลาในการใช้งาน และอันดับสุดท้ายคือสามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง

ปัจจัยรอง	คะแนนความสำคัญ	ลำดับ
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.175	1
ความปลอดภัยการใช้งาน	0.129	2
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.115	3
ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.089	4
บำรุงรักษา	0.088	5
อายุการใช้งาน	0.079	6
ลงทุนครั้งแรก	0.078	7
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.060	8
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.037	9
รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.035	10
ราคาอะไหล่	0.030	11
ความดังของระบบ	0.024	12
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นใช้งาน	0.024	12
กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.021	14
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.015	15

5.1.3 สรุปลำดับความสำคัญทางเลือก

สรุปลำดับความสำคัญของระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า อันดับหนึ่งคือ ระบบน้ำยา และอันดับสองคือ ระบบน้ำเย็น รายละเอียดดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ลำดับความสำคัญของทางเลือก

ระบบปรับอากาศ	ผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก	ลำดับ
ระบบน้ำยา	17.078	1
ระบบน้ำเย็น	14.898	2

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและยังจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น ซึ่งการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีแนวคิดที่เหมือนกับผู้ศึกษาท่านอื่น ๆ เช่น อุษา แพนพันธ์อ้วน [17] ที่มีข้อสรุปว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในการคัดเลือกระบบปรับอากาศ อันดับหนึ่งคือ ด้านพลังงาน ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีของระบบปรับอากาศในปัจจุบันให้ความสำคัญต่อการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ Victor B. King [13] ที่มีข้อสรุปว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม คือ ด้านต้นทุน ด้านการยืดหยุ่น ด้านคุณภาพ ส่วนการศึกษาของ F.T.S. Chan et al. ได้ทำการออกแบบเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต พบว่า ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกได้แก่ ด้านต้นทุน ด้านประสิทธิภาพ ด้านคุณภาพ ด้านเวลาส่งมอบและความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ ด้านความยืดหยุ่น และความเป็นนวัตกรรม พบว่า จะทำการพิจารณาด้านต้นทุนในการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ส่วน รัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์ [8] ที่มีข้อสรุปว่าปัจจัยหลักสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรเรียงลำดับจากคุณภาพ ตามด้วยเวลา และต้นทุน ทั้งนี้ผลการศึกษาของธีรารัตน์ กล่อมเกลี้ยง [9] ที่มีข้อสรุปว่า ผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผู้ติดตั้งเป็นอันดับแรก ปัจจัยด้านบริการหลังการขายเป็นอันดับที่สอง และปัจจัยด้านความน่าเชื่อเป็นอันดับที่สาม

จะเห็นได้ว่าปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการพิจารณาการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม และมีโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากที่นำปัจจัยเหล่านี้มากำหนดเป็นดัชนีชี้วัดปัจจัยสำคัญในการเลือกระบบปรับอากาศในงานอุตสาหกรรม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 สำหรับการประยุกต์ใช้

(1) กรอบแนวทางในการตัดสินใจที่ได้สามารถประยุกต์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจอย่างมีระบบ

(2) การเปรียบเทียบที่ดีต้องไม่ชี้นำให้ผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงก่อให้เกิดประโยชน์ได้จริง

5.3.2 สำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ศึกษาปัจจัยในการพิจารณาและค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยพิจารณาและเก็บข้อมูลจากโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า ซึ่งการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาในอุตสาหกรรมประเภทอื่น อาจจะส่งผลให้การตัดสินใจมีน้ำหนัก เพื่อรองรับการขยายฐานลูกค้าออกไปยังอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2560). **ความชื้นสัมพัทธ์.** สืบค้นจาก https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=56.

[2] พี.พี.เอฟ. โพลทริอิควิปเม็นท์ จำกัด.(2553).ระบบอีแว๊ป (Evap system)http://www.ppf-poultry.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539339728.

[3] สภาวิศวกร. (2559). ระบบปรับอากาศ. สืบค้นจาก http://www.coe.or.th/coe2/Download/Articles/ME/CH4.pdf.

[4] อุษา แพนพันธ์อ้วน. (2543). การเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมในเชิงการอนุรักษ์ และประหยัดพลังงาน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

[5] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2561). **ระบบปรับอากาศ.** สืบค้นจาก https://www.dip.go.th/Portals/0/electrical%20handbook...pdf.

[6]ทัศนาภรณ์ บุณยรัตพันธุ์. (2543). การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล).

[7] วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. (2542). **AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กราฟฟิคแอนด์ปริ๊นติ้งเซ็นเตอร์.

[8] รัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์. **(2557). การจัดลำดับปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกเครื่องจักรโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นกรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องประดับ.**(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

[9] ธีรารัตน์ เกลี้ยงกล่อม. (2557). **การคัดเลือกผู้จำหน่ายเครื่องปรับอากาศ: กรณีศึกษาธุรกิจโรงแรมบนเกาะ.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์).

[10] Songtao Hu, Daidai Pan, Xuquan Li, Rongxiang Liu and Dan Meng. (2009). Decision of Air Conditioning Cold and Heat Sources Based on Analytic Hierarchy Process. Energy and Environment Technology, 3 (16-18 October 2009), 313-317 . doi: 10.1109/ICEET.2009.24

[11] อนุรัตน์ ตันบรรจง. (2554). **การตัดสินใจเลือกเปลี่ยนจักรในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตของโรงโม่หินโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] F.T.S.Chan, H.K.Chan, M.H. Chan and P.K.Humphreys. (2005). **An integrated fuzzy approach For the selection of manufacturing technologies.** (Master's Thesis, University of Hong Kong).

[13] Victor B. King. (2005). Strategic justification of advanced manufacturing technology using an extended AHP model. (Master's Thesis, University of Taiwan Republic of China).

[14] V.Paramasivam, V.Senthil and N. Rajam Ramasamy. (2010). **Decision making in equipment selection: an Integrated approach with digraph and matrix approach, AHP and ANP.** (Master's Thesis, PSNA College of Engineering and Technology).

[15] Evrim Ursavas Guldogan. (2011). An integrated approach to machine selection and operation Allocation problem. (Master's Thesis, yasar University).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น : กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถามการทำวิจัย

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง “การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น:กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า” ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นข้อมูลของท่านจึงมีความสำคัญต่องานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งคำตอบของท่านจะเก็บไว้เป็นความลับ และจะนำไปใช้แสดงเป็นผลรวมในงานวิจัยเท่านั้น แบบสอบถามมี 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ปัจจัยหลักของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ตอนที่ 3 ปัจจัยรองของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามนี้

นายอภิวัฒน์ คงสายเสริม

นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมาย x ลงใน ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ

☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง

2. อายุ

☐ 1. ต่ำกว่า 25 ปี ☐ 2. 25 – 35 ปี

☐ 3. 36 - 45 ปี ☐ 4. 46 – 55 ปี

☐ 5. มากกว่า 55 ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ 1. ปริญญาตรี ☐ 2. ปริญญาโท

☐ 3. ปริญญาเอก ☐ 4. อื่นๆ (ระบุ)

4. ตำแหน่งงาน

☐ 1. ผู้จัดการ ☐ 2. วิศวกร

☐ 3. ผู้บริหาร ☐ 4. อื่นๆ (ระบุ)

5. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐ 1. น้อยกว่า 5 ปี ☐ 2. 5 – 10 ปี

☐ 3. 11 – 15 ปี ☐ 4. 16 – 20 ปี

☐ 5. มากกว่า 20 ปี

ตอนที่ 2 ปัจจัยหลักของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยหลักของการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้กำหนดระดับความสำคัญไว้ 9 ระดับ

นิยามของปัจจัยหลัก

2.1 ราคา หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ใช้ตั้งแต่งเริ่มติดตั้งระบบปรับอากาศรวมถึงการดูแลตลอดอายุการใช้งานของระบบปรับอากาศ

2.2 เทคโนโลยี หมายถึง ประหยัดค่าใช้จ่ายมากขึ้นขณะระบบปรับอากาศทำงานมีการออกแบบเครื่องปรับอากาศให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

2.3 คุณภาพ หมายถึง อายุการใช้งานยาวนานสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องซ่อมบำรุงบ่อย

2.4 ความยืดหยุ่นของระบบ หมายถึง สามารถเพิ่มหรือลดและปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศได้ตามความเหมาะสม

ตัวอย่างการกรอกข้อมูล

กรณีเปรียบเทียบปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (COSTS)กับปัจจัยด้านคุณภาพ (QUALITY) ถ้าผู้กรอกข้อมูลมีความคิดเห็นว่าคุณภาพมีความสำคัญมากต่อการวาแผนกลยุทธ์ด้านการผลิตมากกว่า 7 เท่าของปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย ผู้กรอกข้อมูลต้องกาที่หมายเลข 7 ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ค่าใช้จ่าย	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	X	8	9	คุณภาพ

ในทำนองเดียวกัน ถ้าผู้กรอกมีความคิดเห็นว่าปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (COSTS) มีความสำคัญมากพอสมควร (5เท่า) เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านคุณภาพ (QUALITY) ผู้กรอกต้องกาที่เลข 5

ค่าใช้จ่าย	9	8	7	6	X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ

แต่ถ้าผู้กรอกมีความคิดเห็นว่า ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (COSTS) มีความสำคัญเท่ากันกับปัจจัยด้านคุณภาพ (QUALITY) ผู้กรอกต้องกาที่หมายเลข 1

ค่าใช้จ่าย	9	8	7	6	5	4	3	2	X	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ

ปัจจัยรอง (ด้านบริการหลังการขาย)	คะแนนมาตรฐานของการเปรียบเทียบปัจจัย																	ปัจจัยรอง (ด้านบริการหลังการขาย)
	มากกว่า								เท่า	น้อยกว่า								
เพิ่มหรือลดเครื่องปรับอากาศ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ
เพิ่มหรือลดเครื่องปรับอากาศ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	กำหนดเวลาในการใช้งานได้
เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	กำหนดเวลาในการใช้งานได้

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

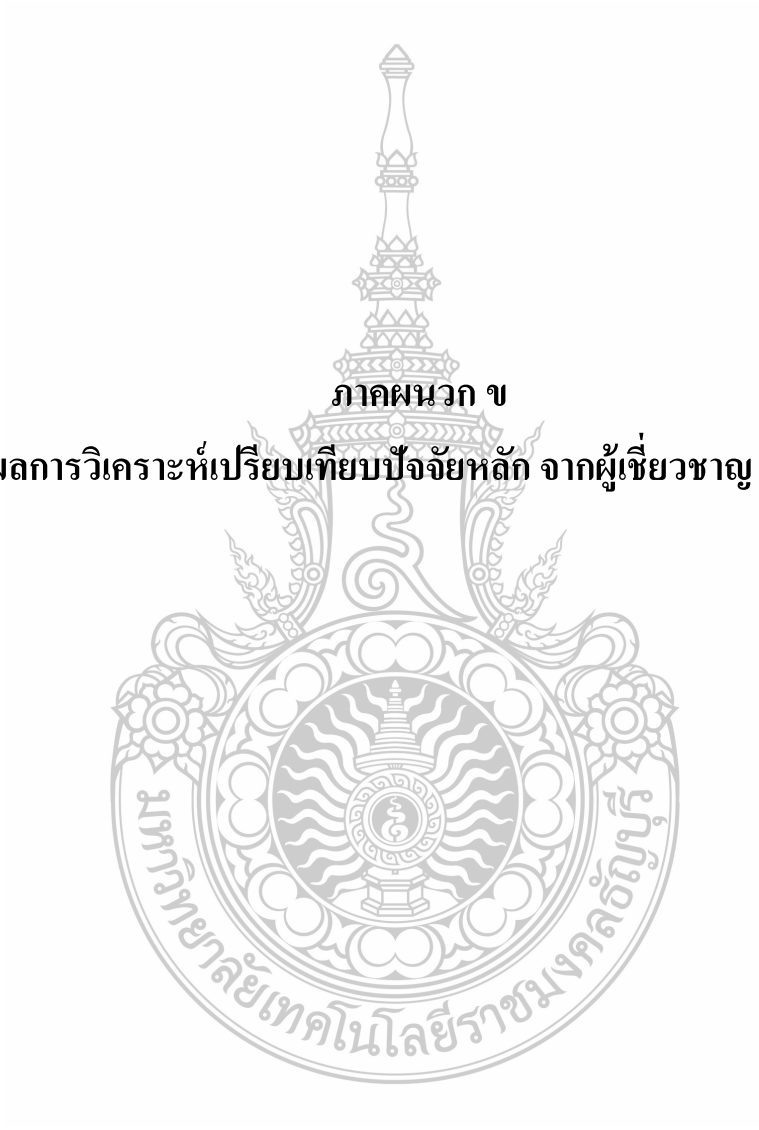
.....

.....

********** ขอขอบคุณในการตอบแบบสอบถาม **********

ภาคผนวก ข

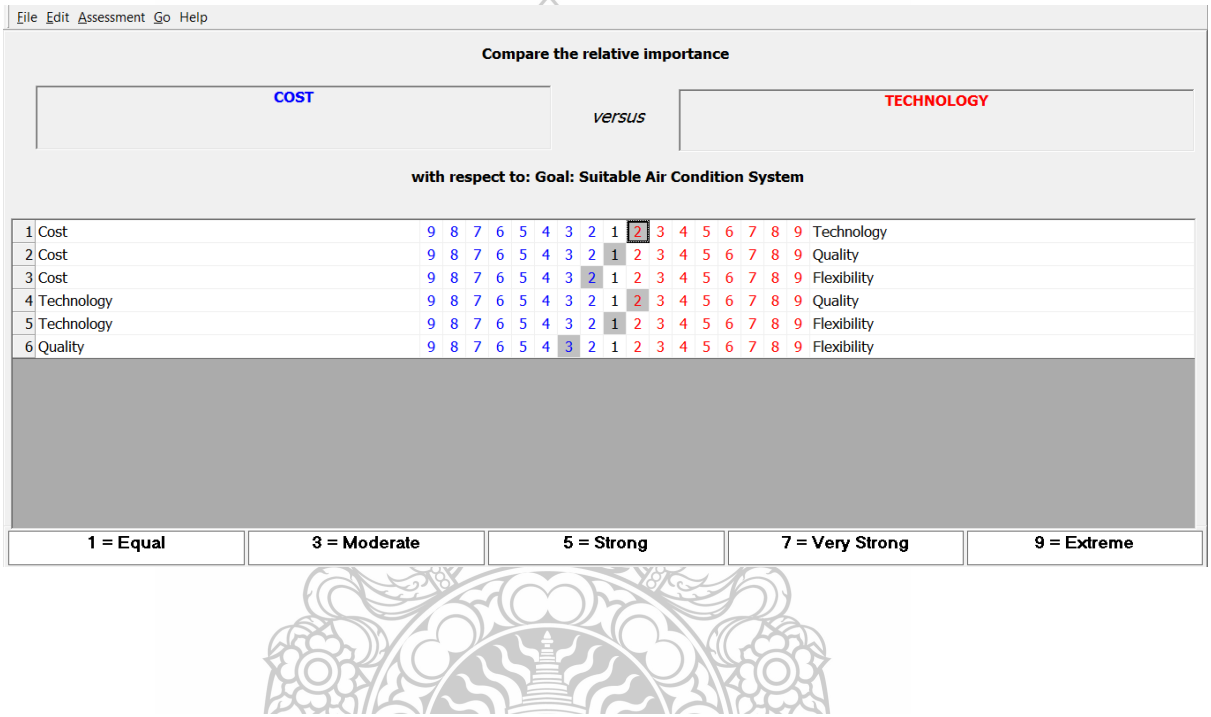
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยหลัก จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน



ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1



AirCon Criteria Analysis_1

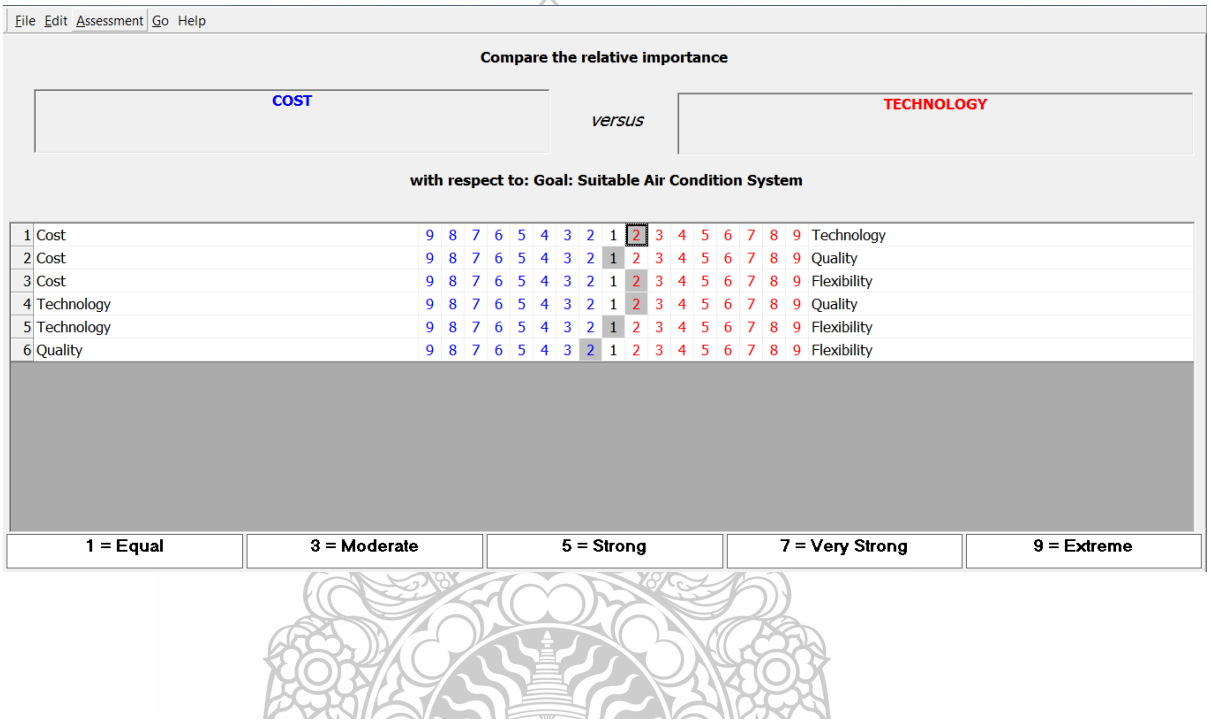
Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

Inconsistency = 0.10
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2



Model Name: AirCon Criteria Analysis_2

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

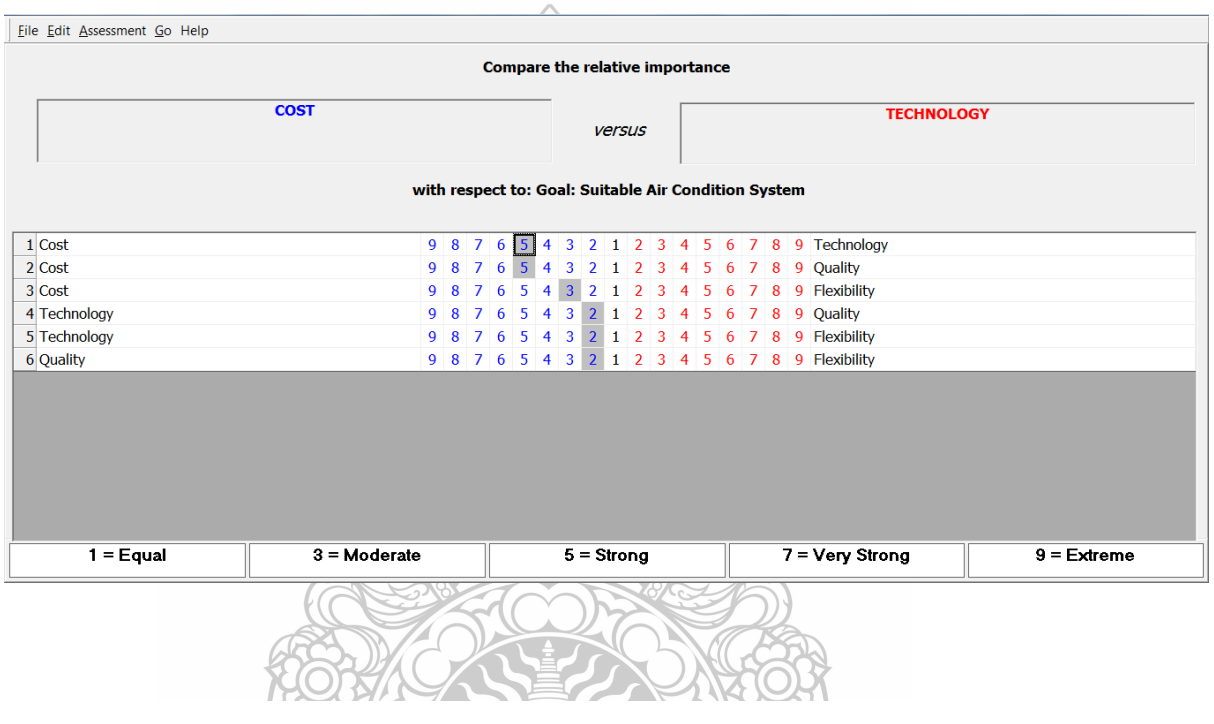
Cost	.180
Technology	.237
Quality	.347
Flexibility	.237

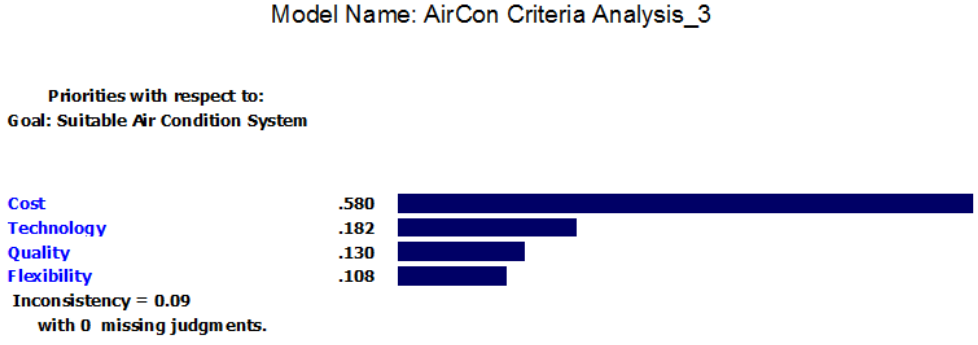
Inconsistency = 0.09
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

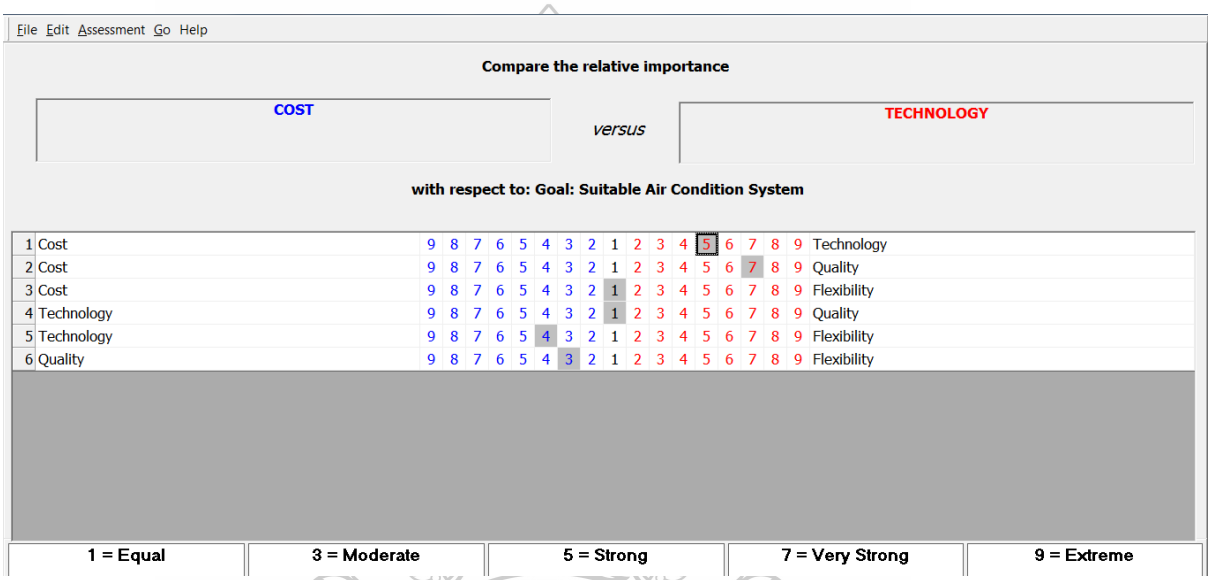




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4



Model Name: AirCon Criteria Analysis_4

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

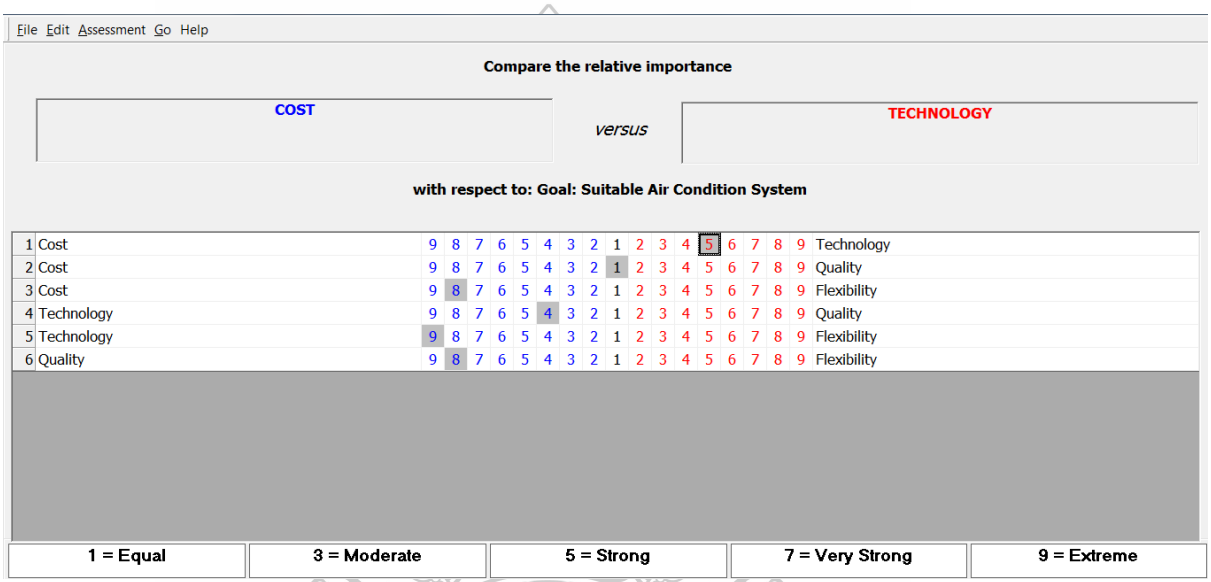
Cost	.080
Technology	.401
Quality	.415
Flexibility	.104

Inconsistency = 0.02
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5



Model Name: AirCon Criteria Analysis_5

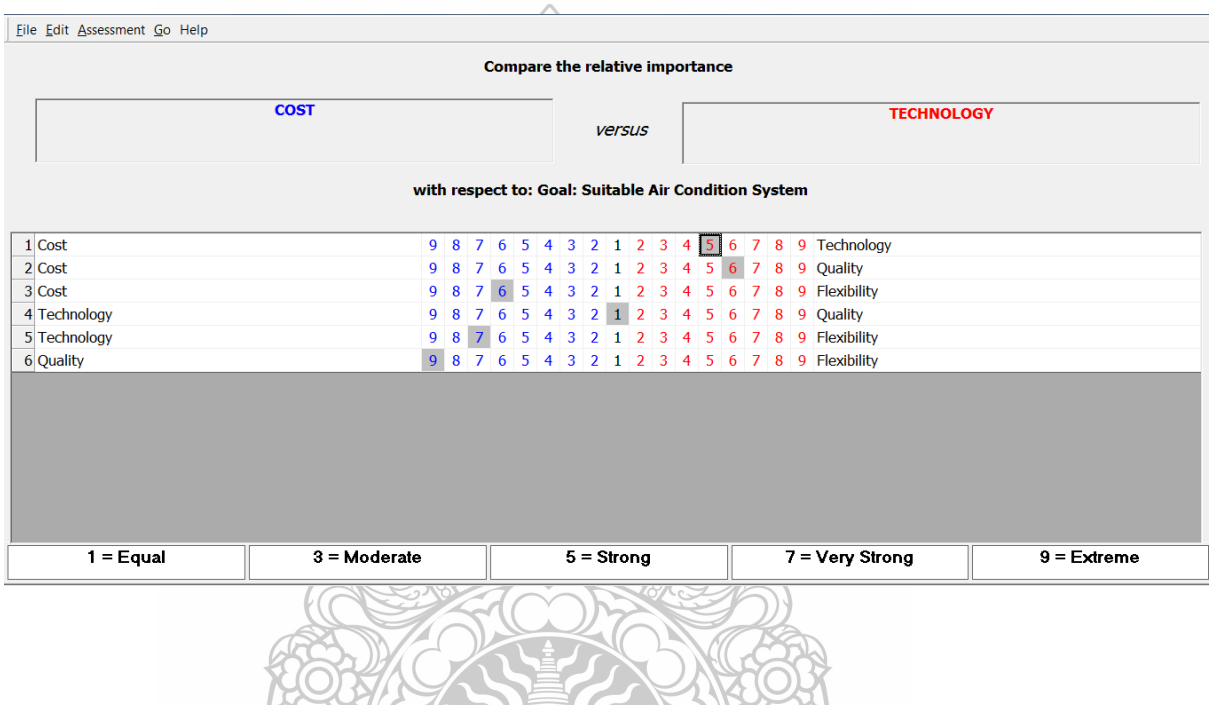
Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

Inconsistency = 0.09
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6



Model Name: AirCon Criteria Analysis_6

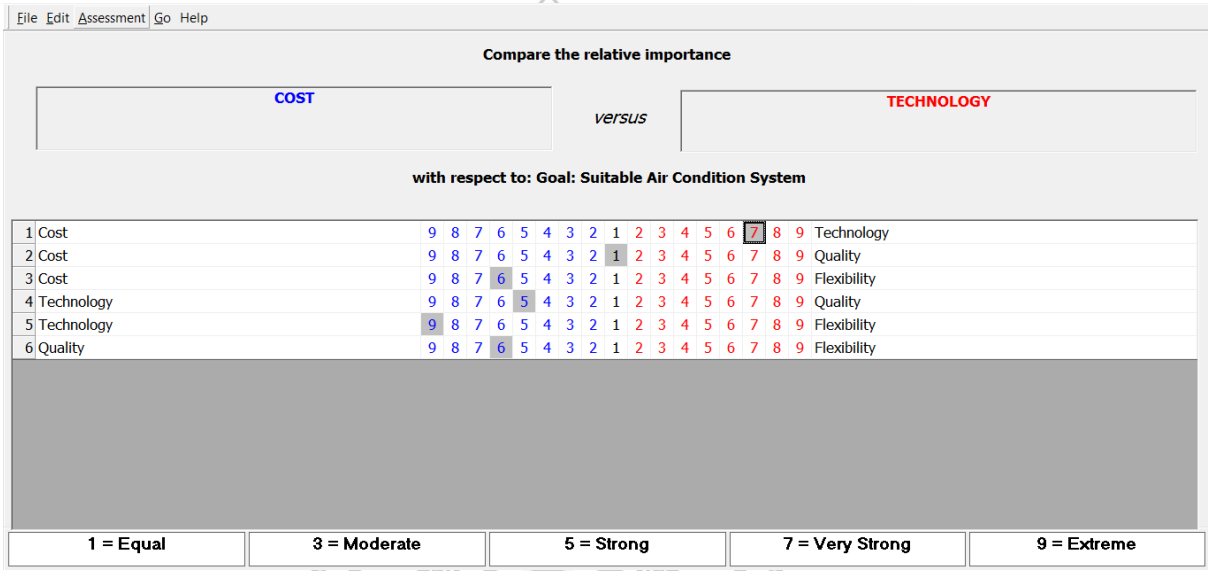
Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

Inconsistency = 0.10
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7



Model Name: AirCon Criteria Analysis_7

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

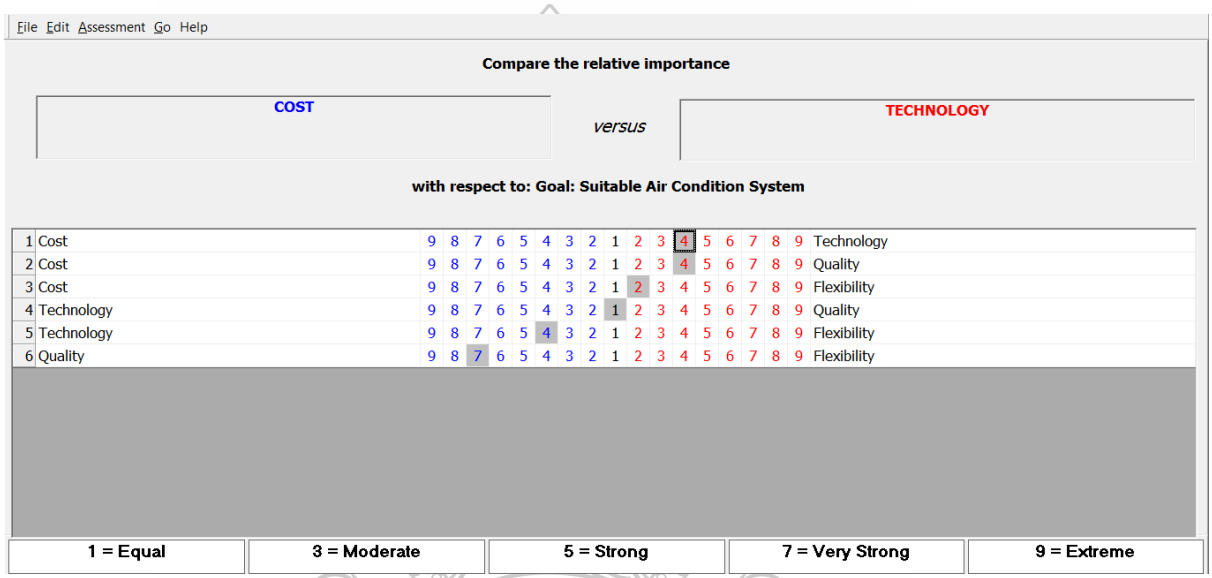
Cost	.147
Technology	.660
Quality	.156
Flexibility	.038

Inconsistency = 0.10
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8



Model Name: AirCon Criteria Analysis_8

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

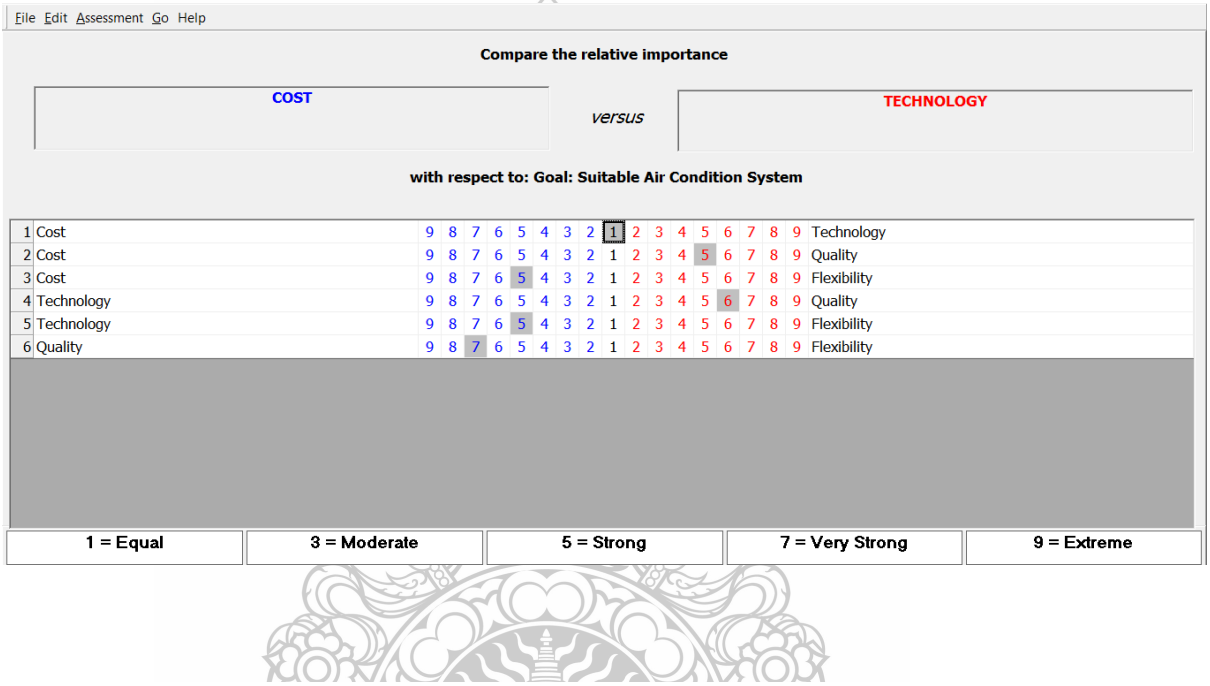
Cost	.081
Technology	.372
Quality	.446
Flexibility	.101

Inconsistency = 0.06
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

รูปที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9



Model Name: AirCon Criteria Analysis_9

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

Inconsistency = 0.09
with 0 missing judgments.

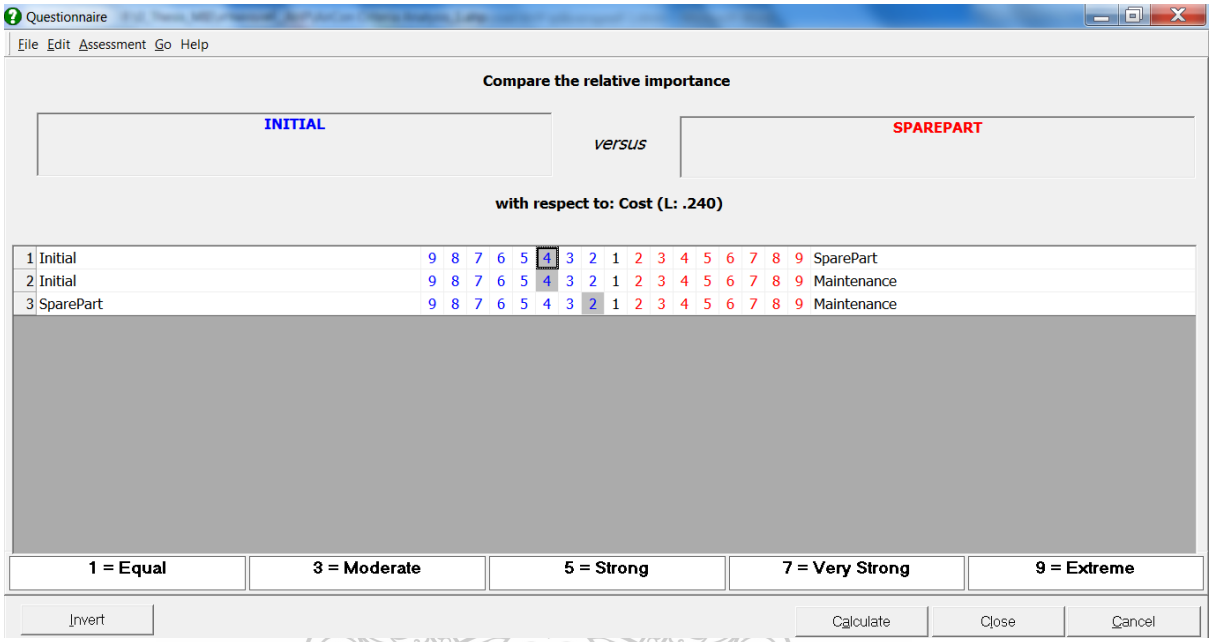
ภาคผนวก ค

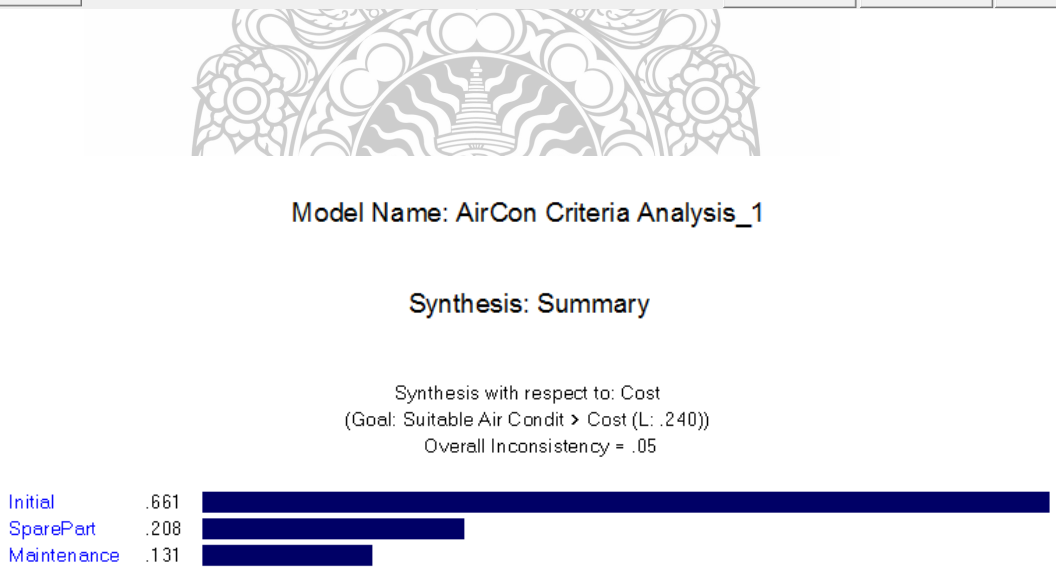
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านราคา จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

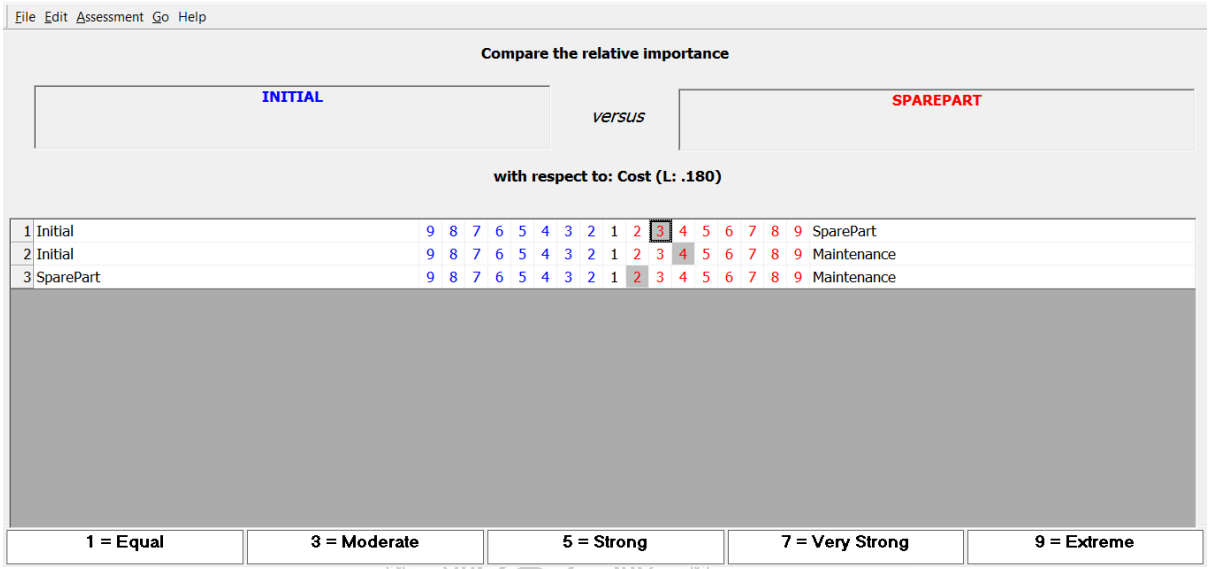


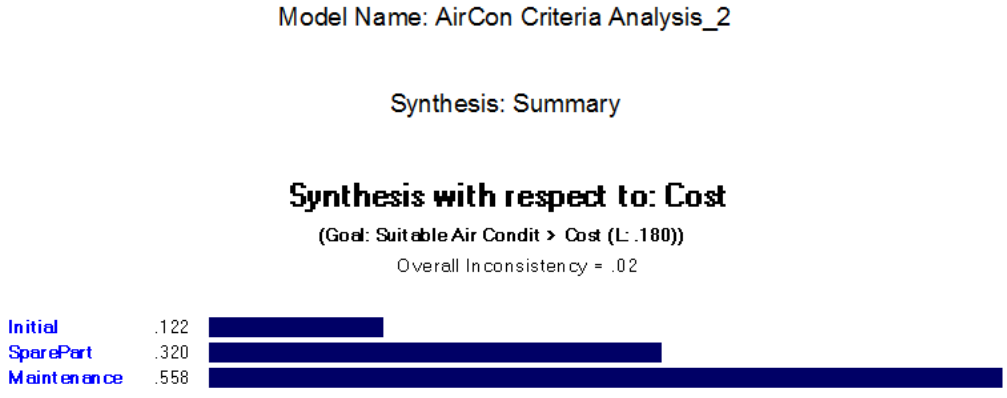


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

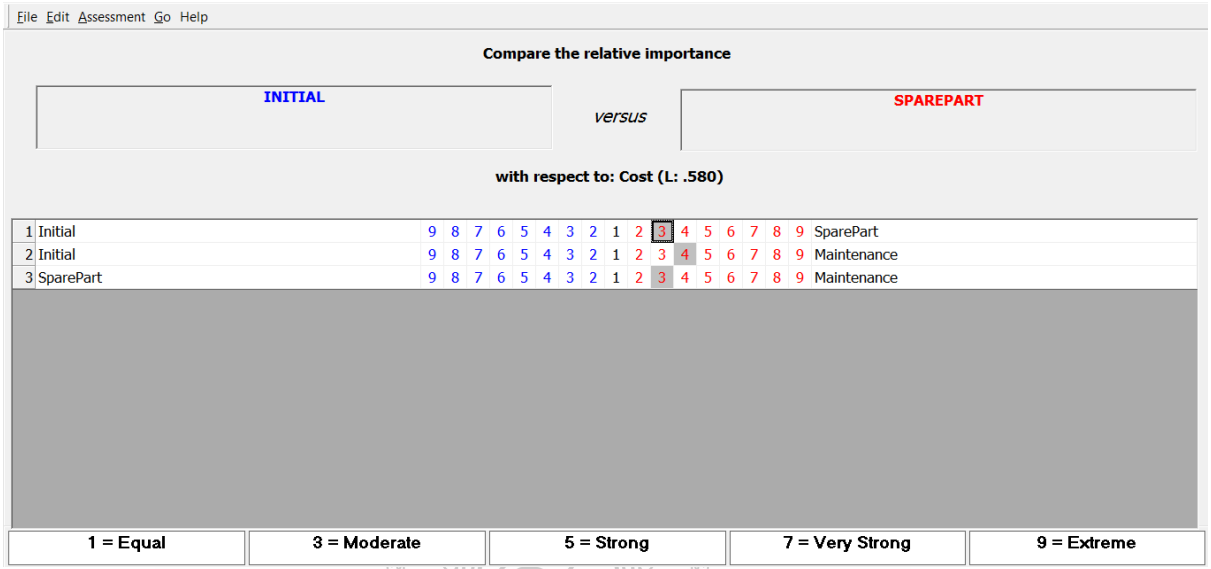




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3



Model Name: AirCon Criteria Analysis_3

Synthesis: Summary

Synthesis with respect to: Cost

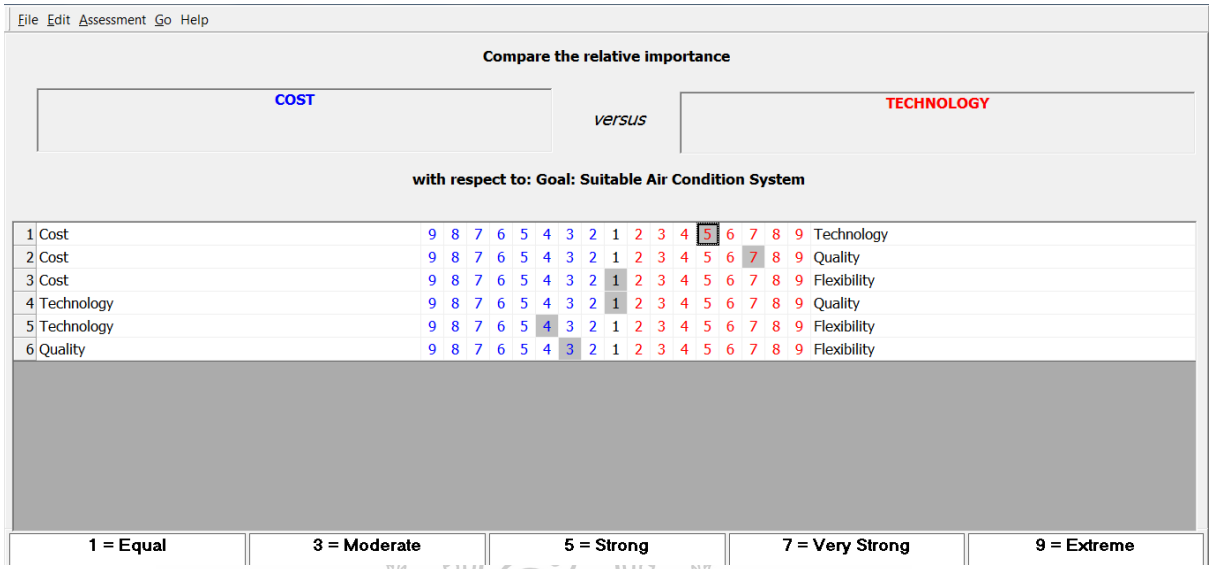
(Goal: Suitable Air Condit > Cost (L: .580))

Overall Inconsistency = .07

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4



Model Name: AirCon Criteria Analysis_4

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

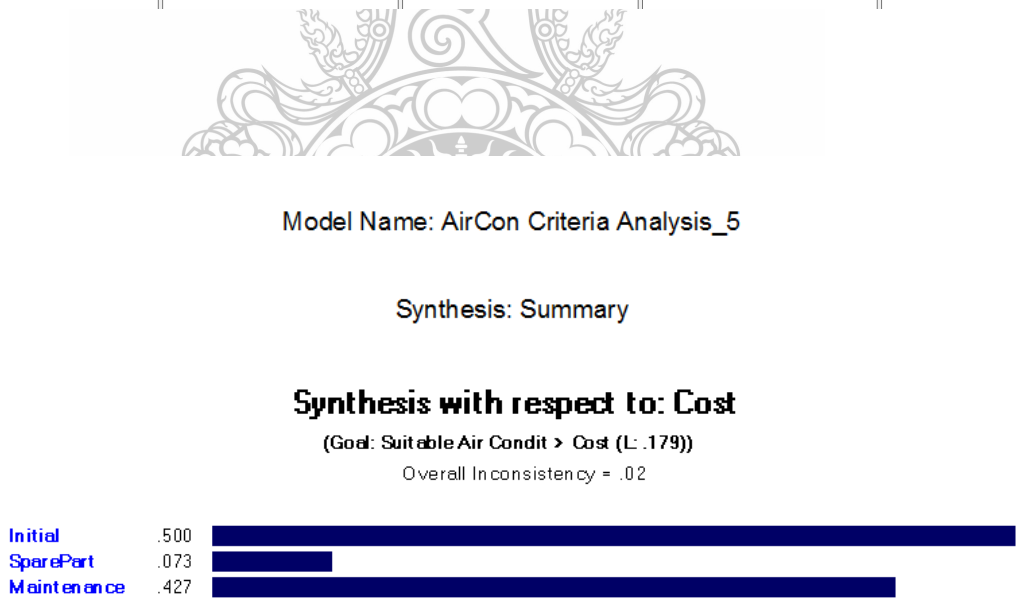
Cost	.080
Technology	.401
Quality	.415
Flexibility	.104

Inconsistency = 0.02
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

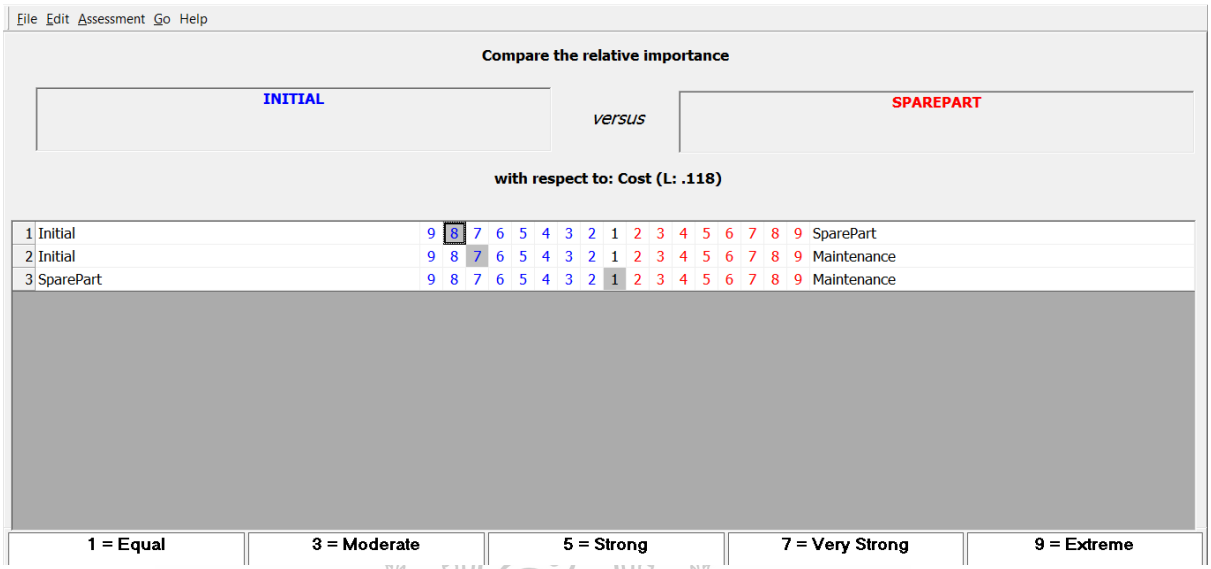
รูปที่ ค.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5



ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6



Model Name: AirCon Criteria Analysis_6

Synthesis: Summary

Synthesis with respect to: Cost

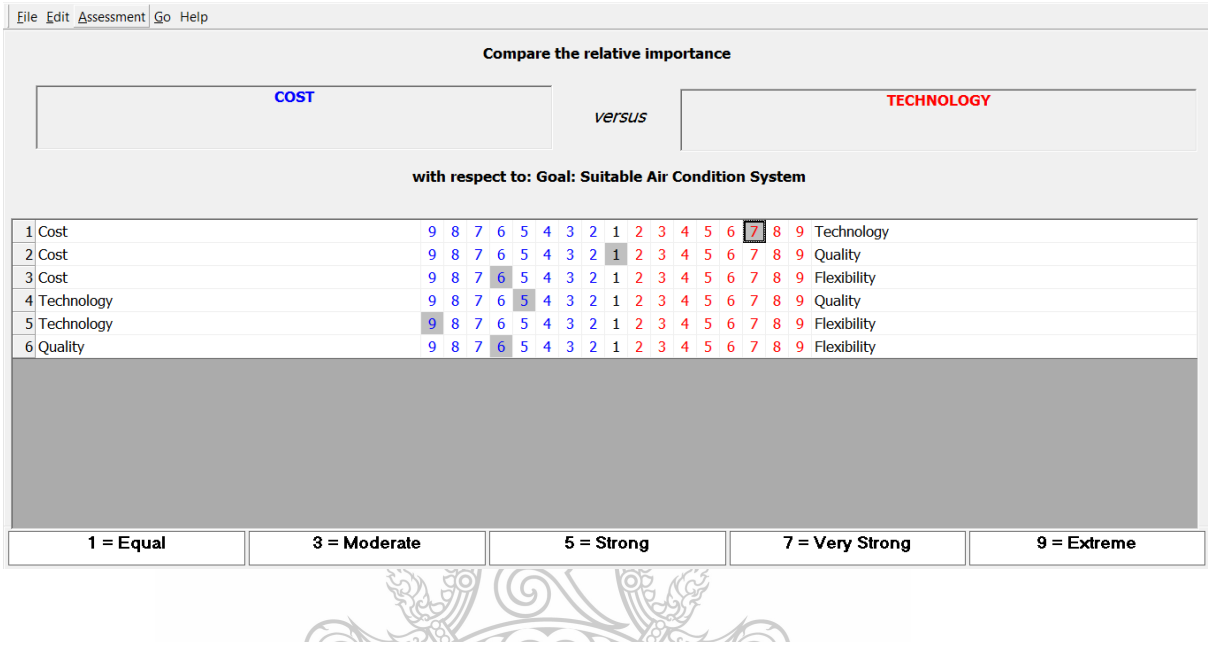
(Goal: Suitable Air Condit > Cost (L: .118))

Overall Inconsistency = .00

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7



Model Name: AirCon Criteria Analysis_7

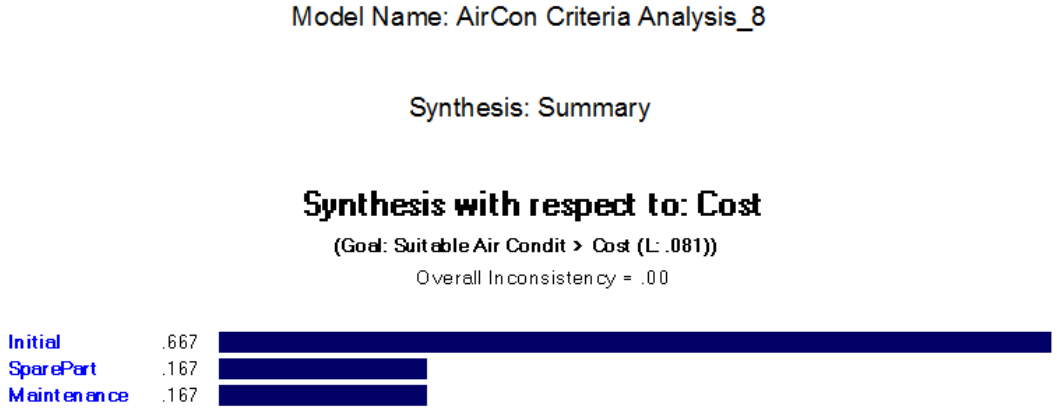
Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System

Inconsistency = 0.10
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

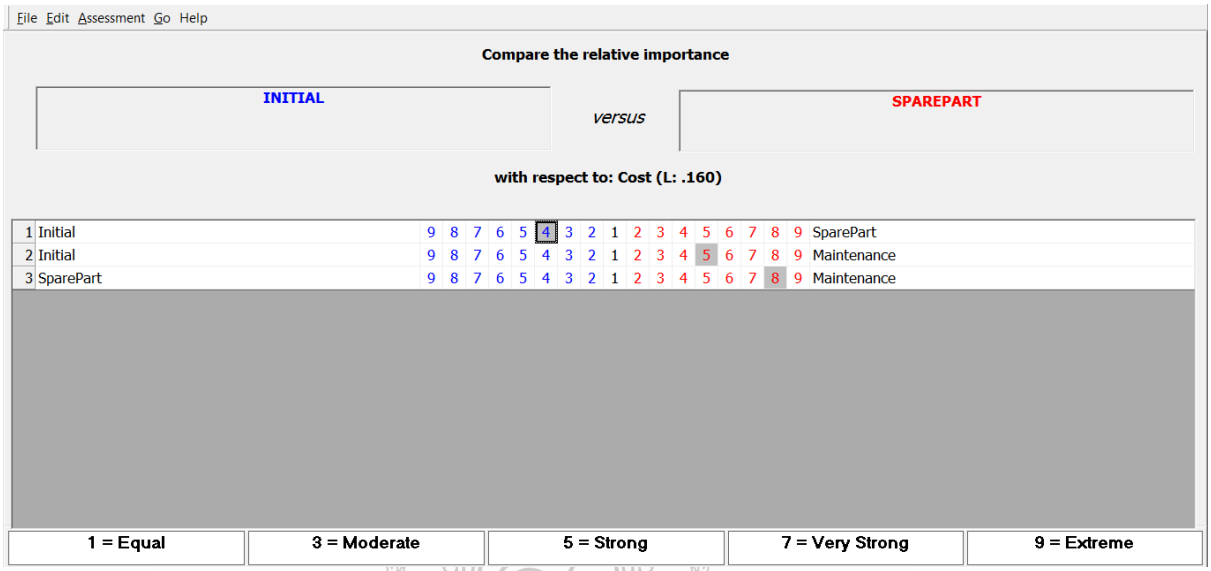
รูปที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8



ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านราคา

รูปที่ ค.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านราคา) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9



Model Name: AirCon Criteria Analysis_9

Synthesis: Summary

Synthesis with respect to: Cost

(Goal: Suitable Air Condit > Cost (L: .160))

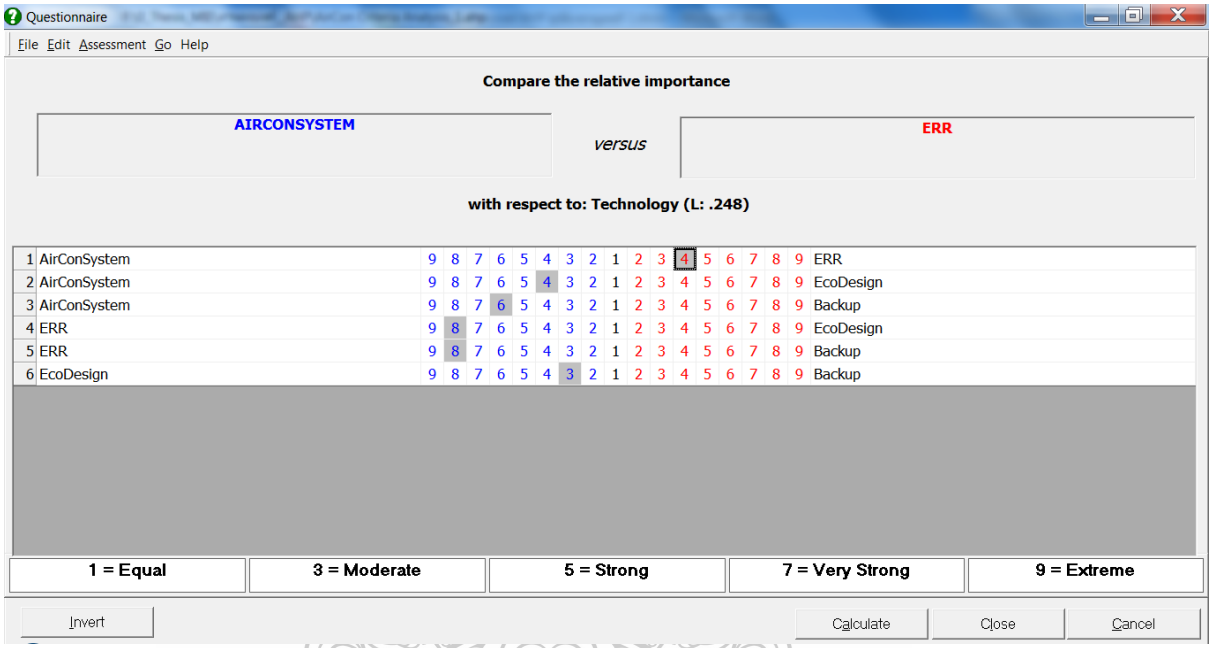
Overall Inconsistency = .09

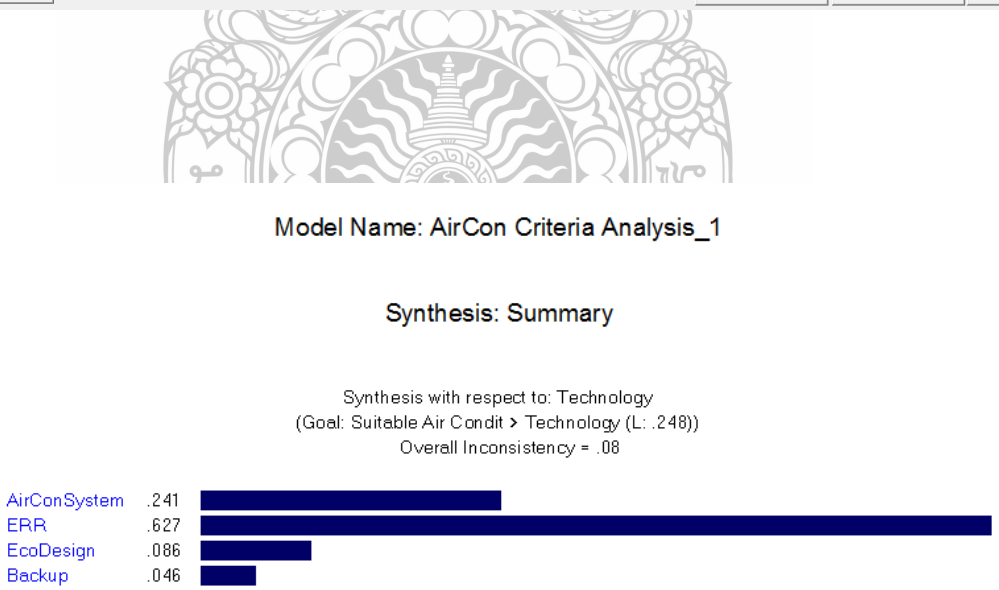
ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านเทคโนโลยี จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

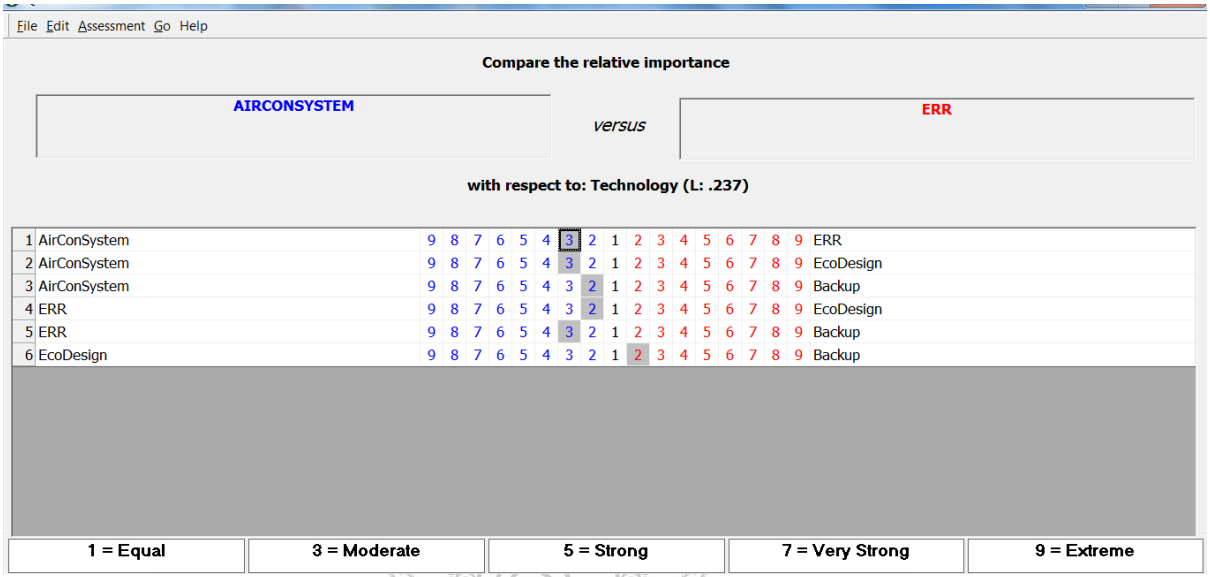


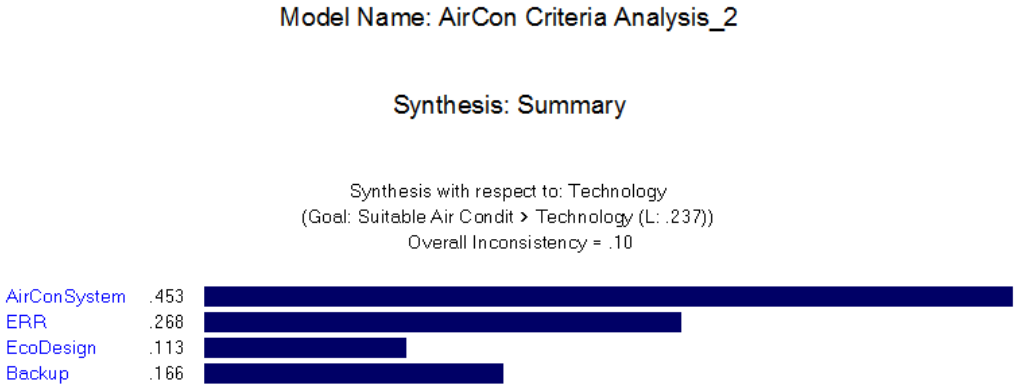


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

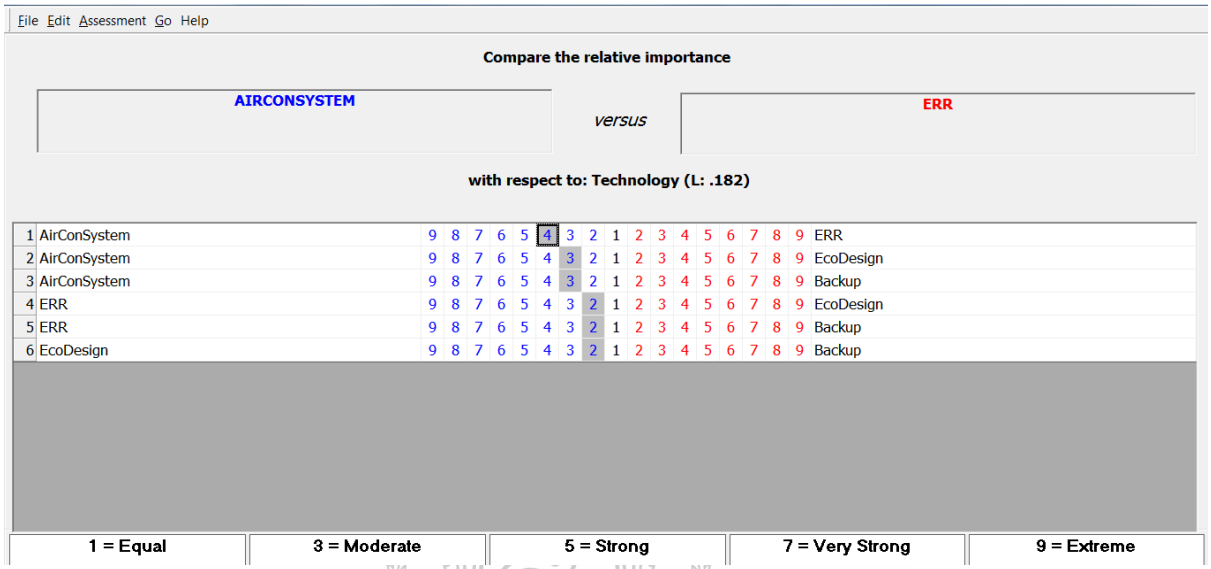


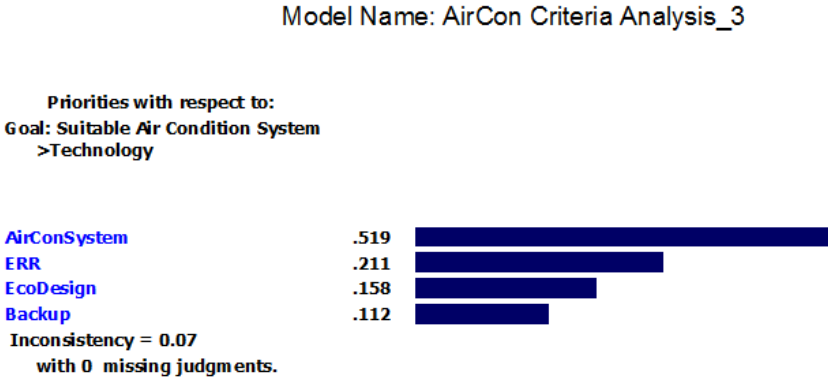


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

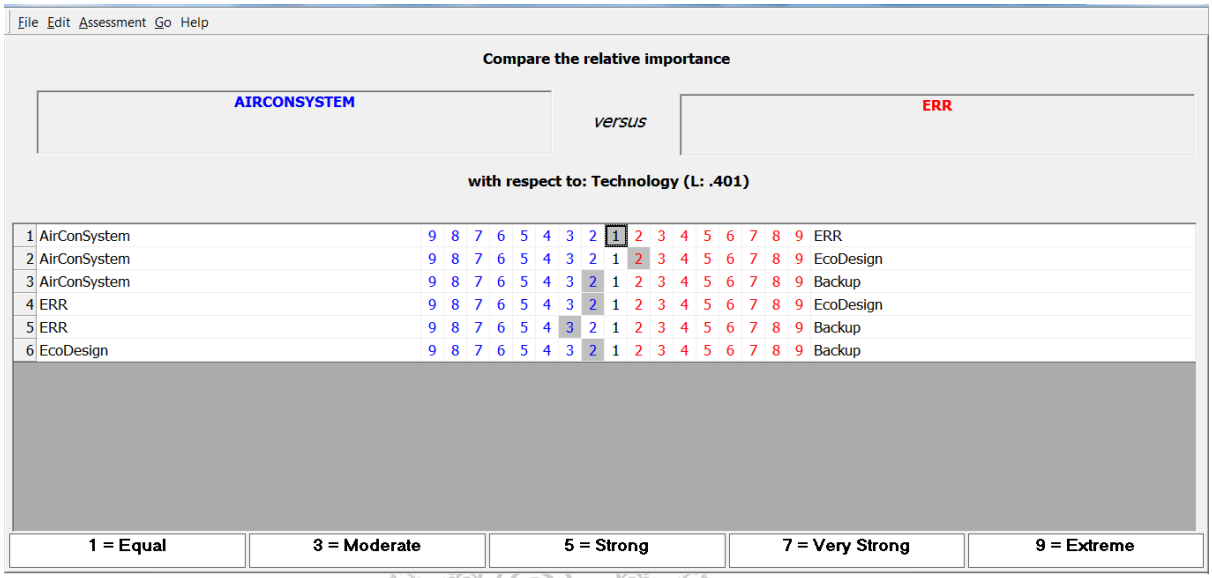




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4



Model Name: AirCon Criteria Analysis_4

Synthesis: Summary

Synthesis with respect to: Technology

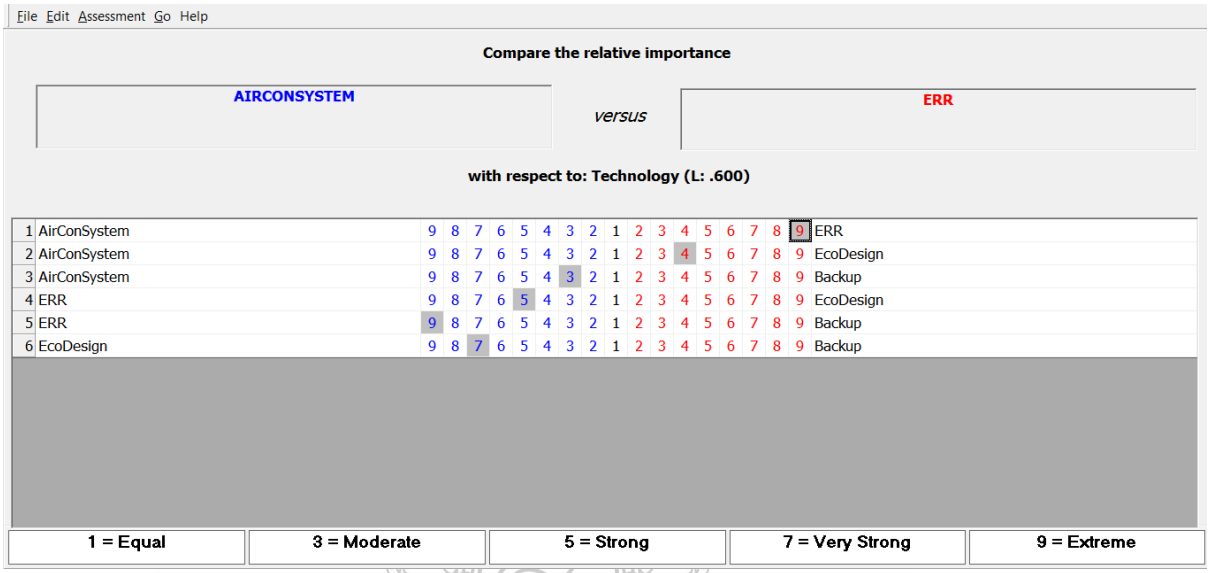
(Goal: Suitable Air Condit > Technology (L: .401))

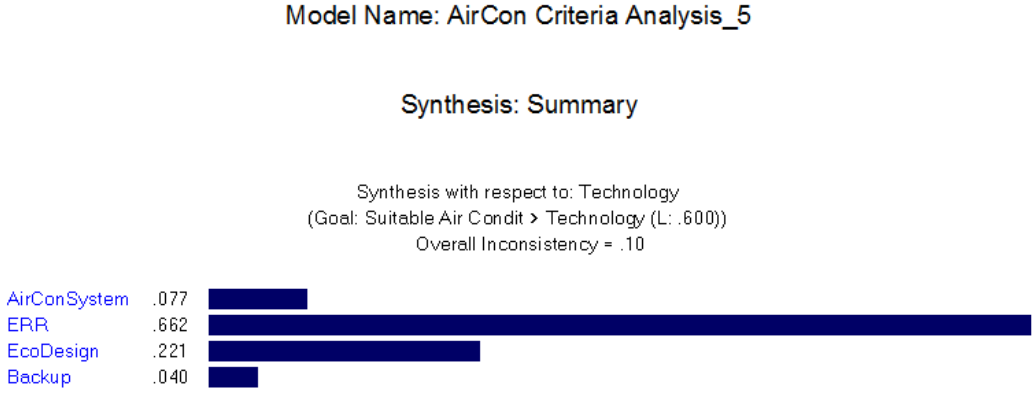
Overall Inconsistency = .06

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

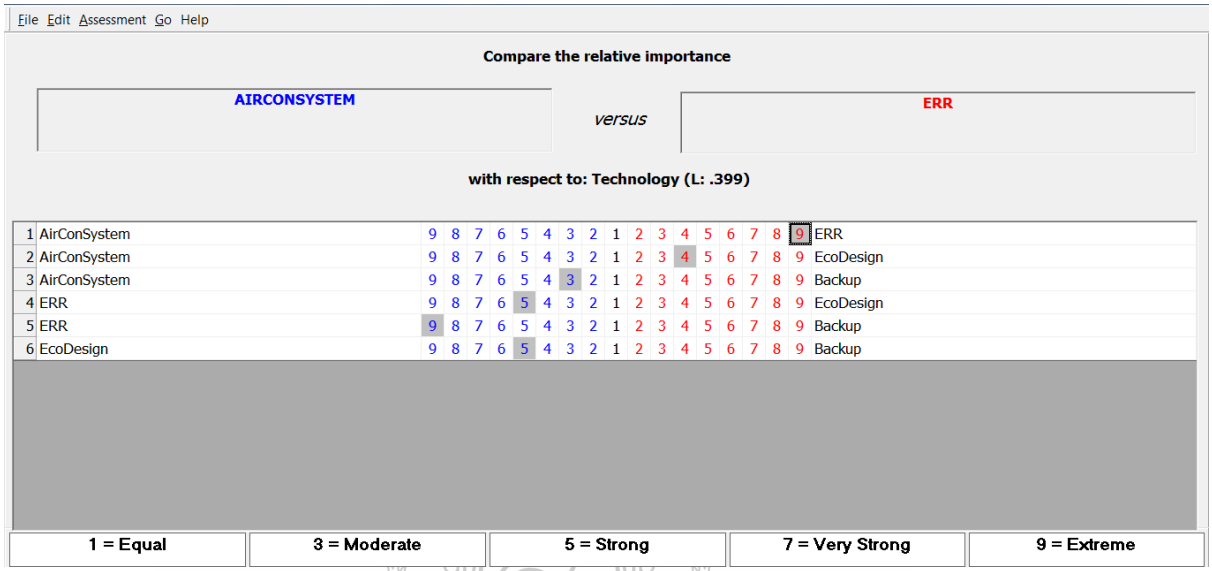


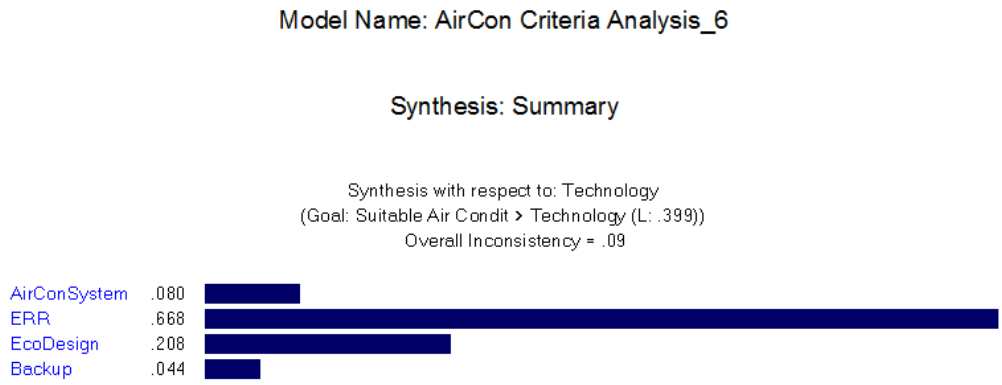


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

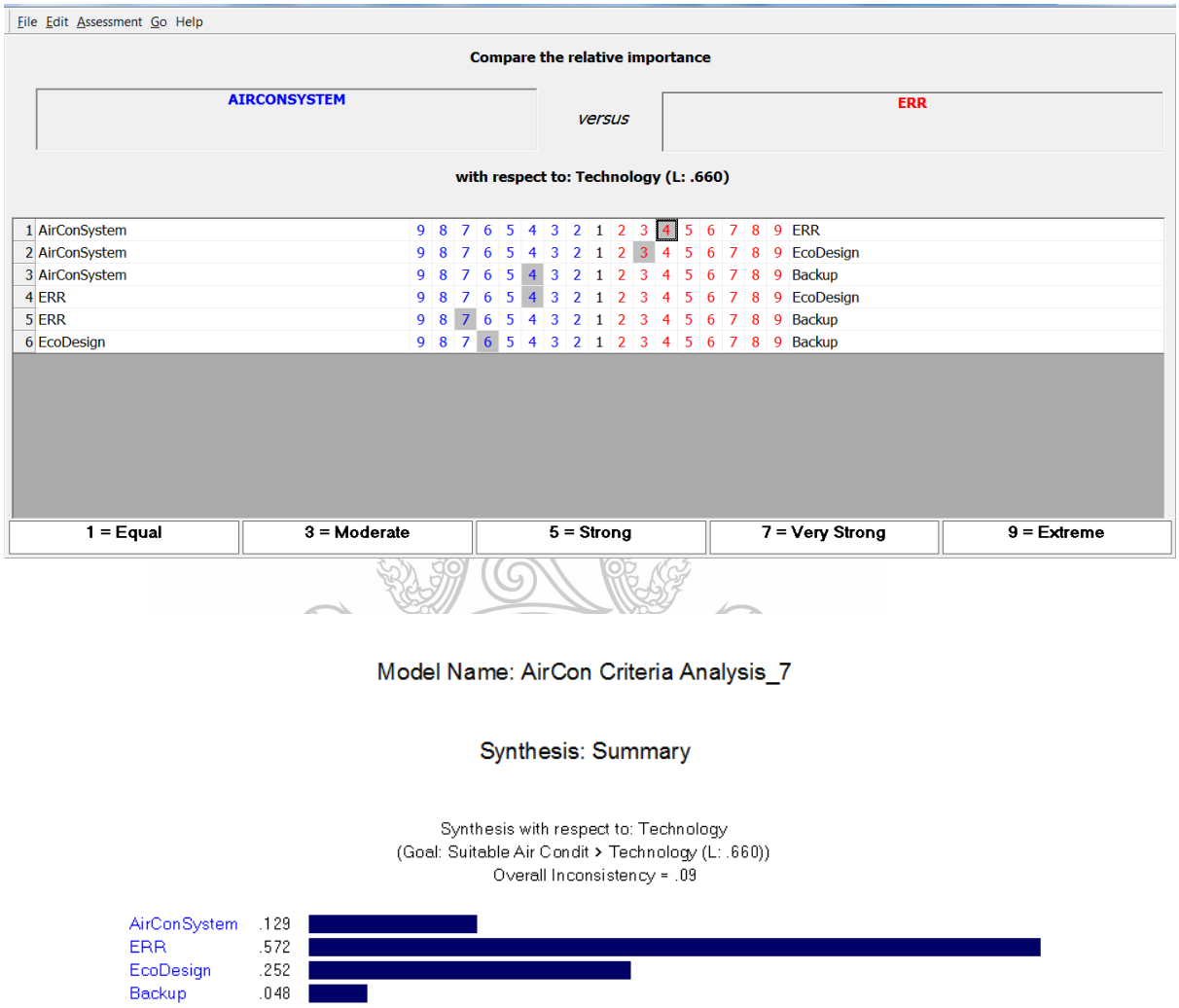




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

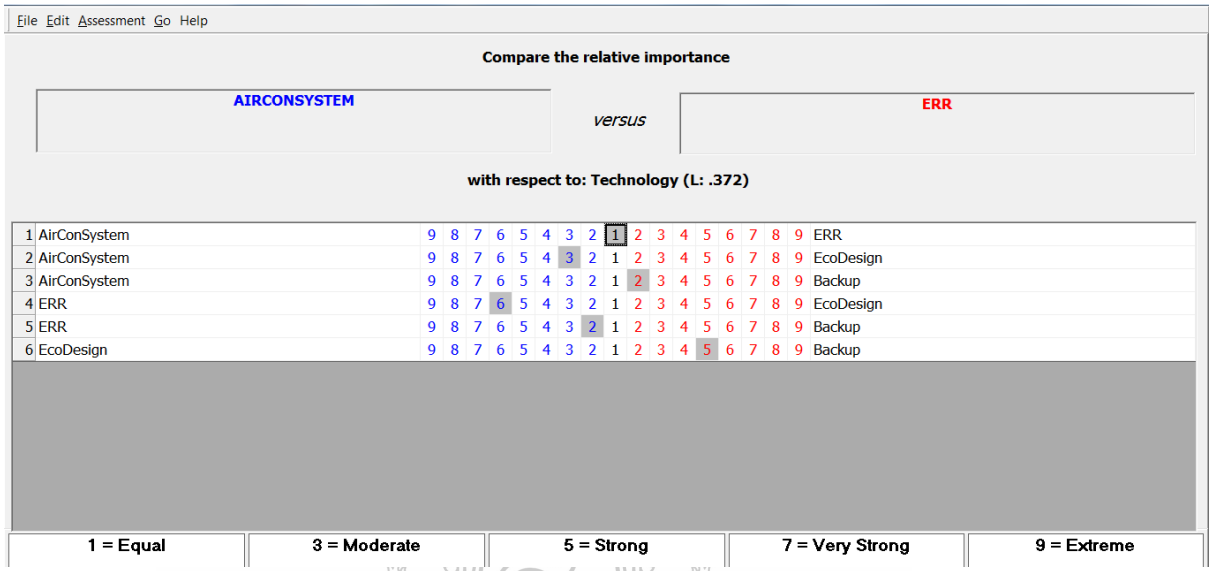
รูปที่ ง.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

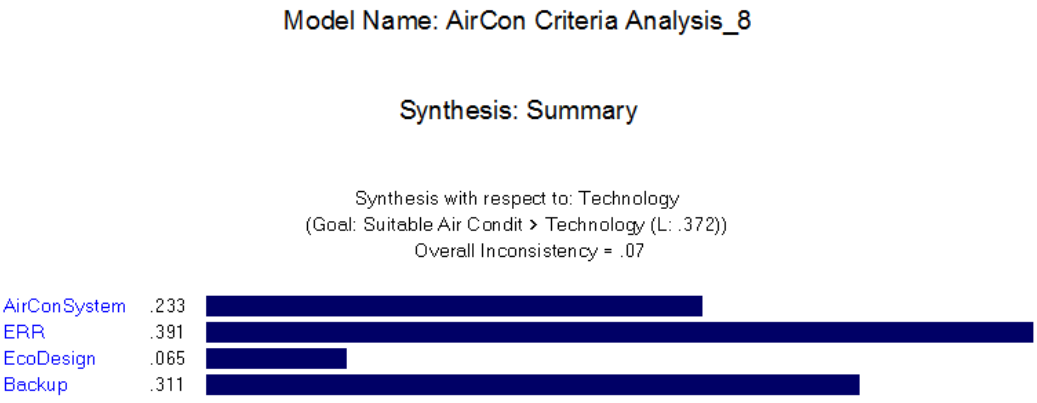


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

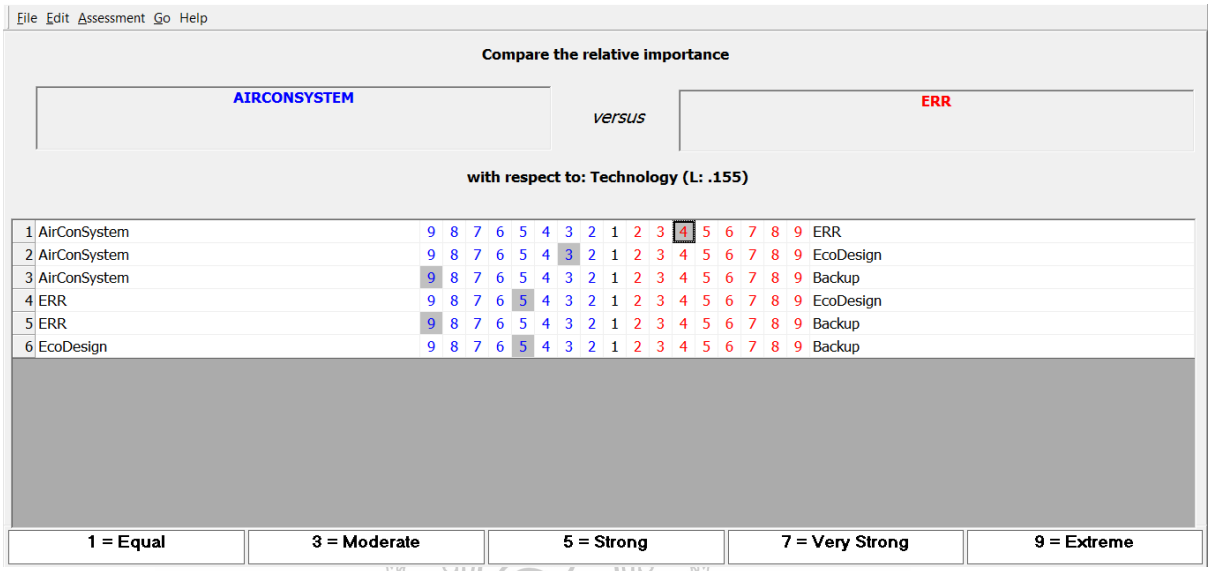


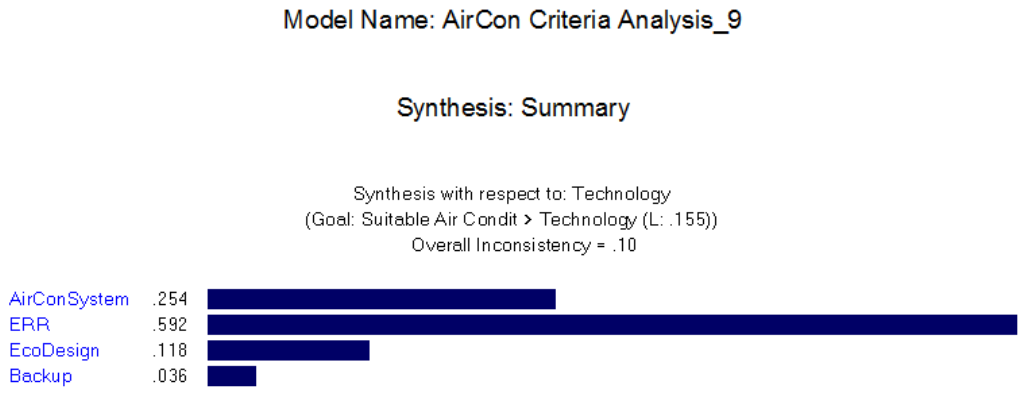


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านเทคโนโลยี

รูปที่ ง.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านเทคโนโลยี) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9





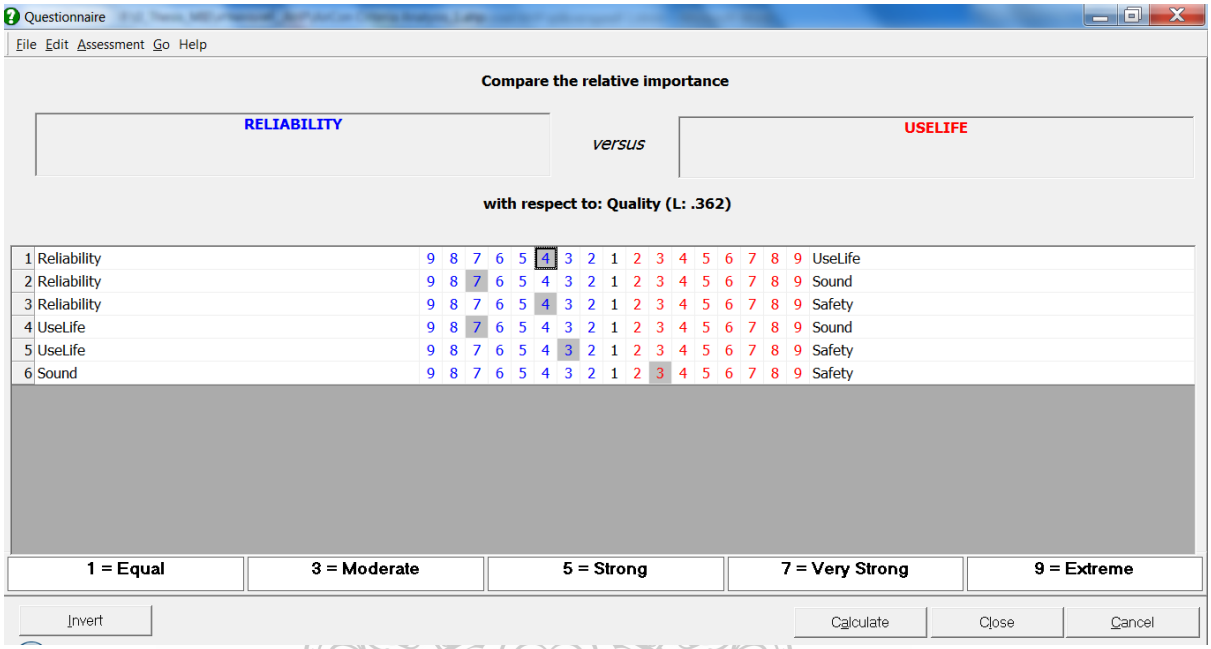
ภาคผนวก จ

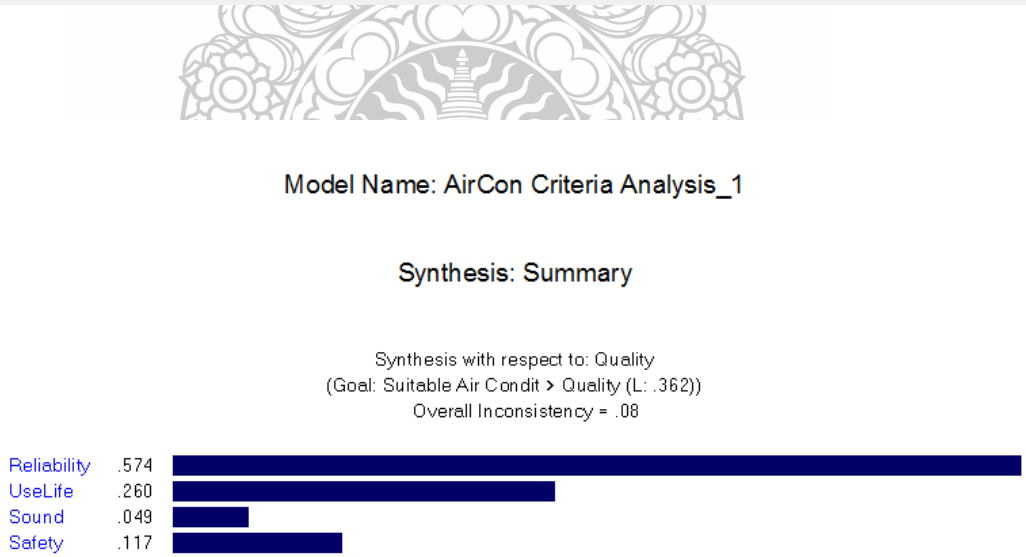
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านคุณภาพ จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

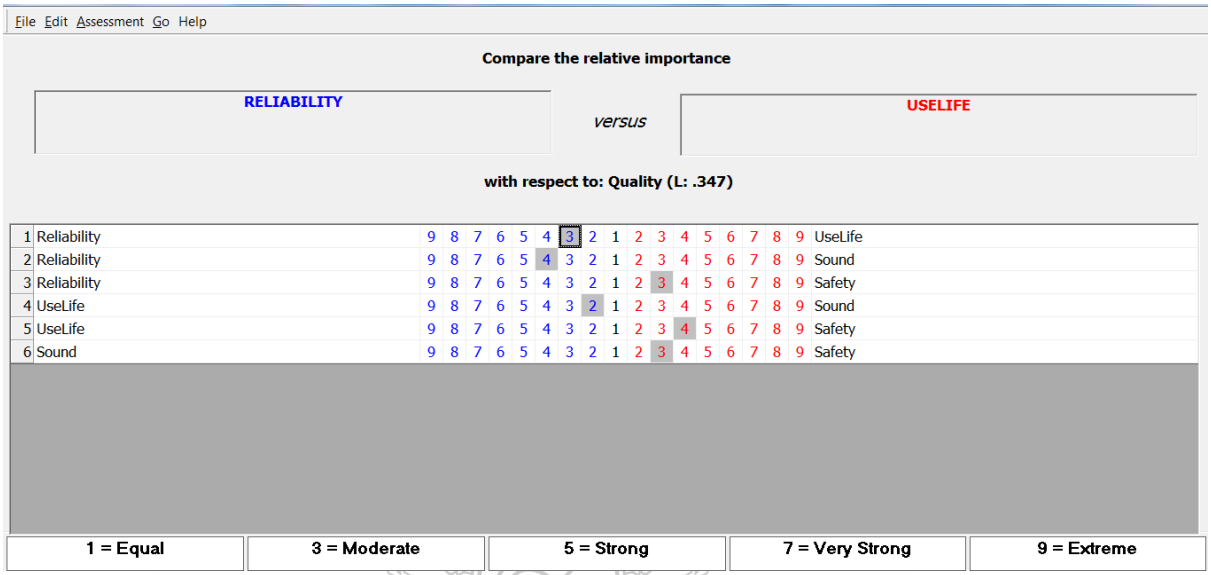


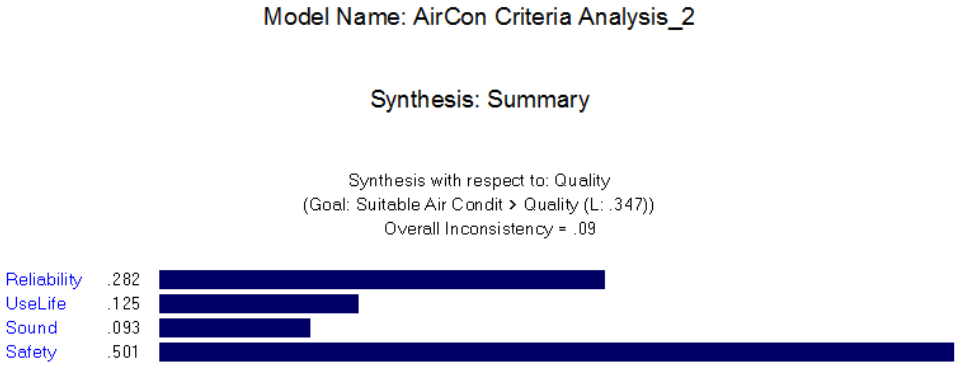


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

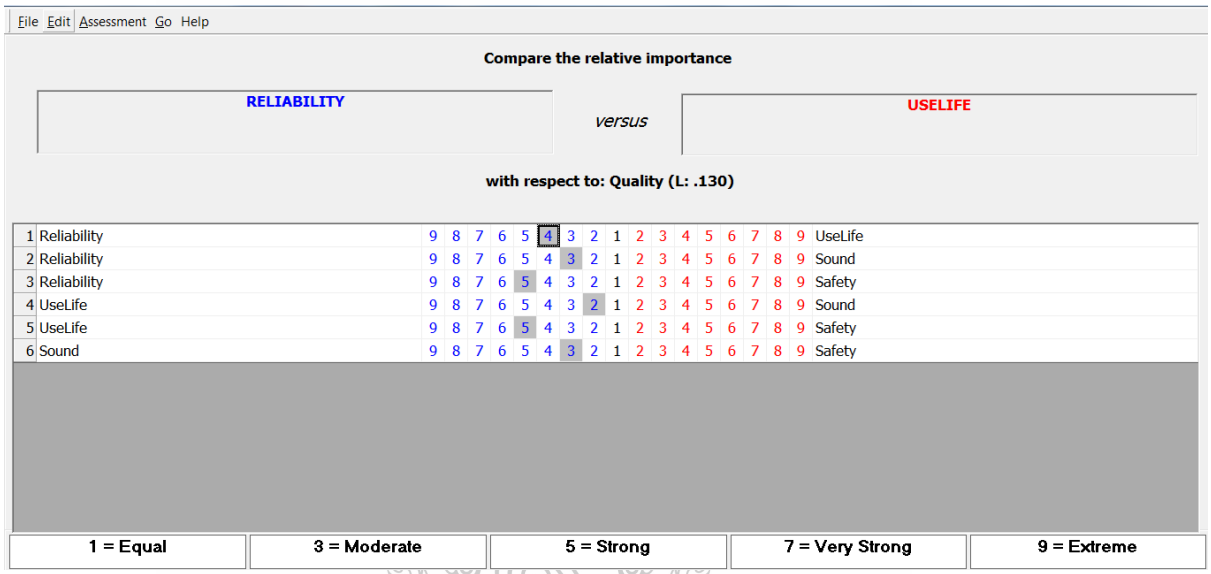




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3



Model Name: AirCon Criteria Analysis_3

Priorities with respect to:
Goal: Suitable Air Condition System
>Quality

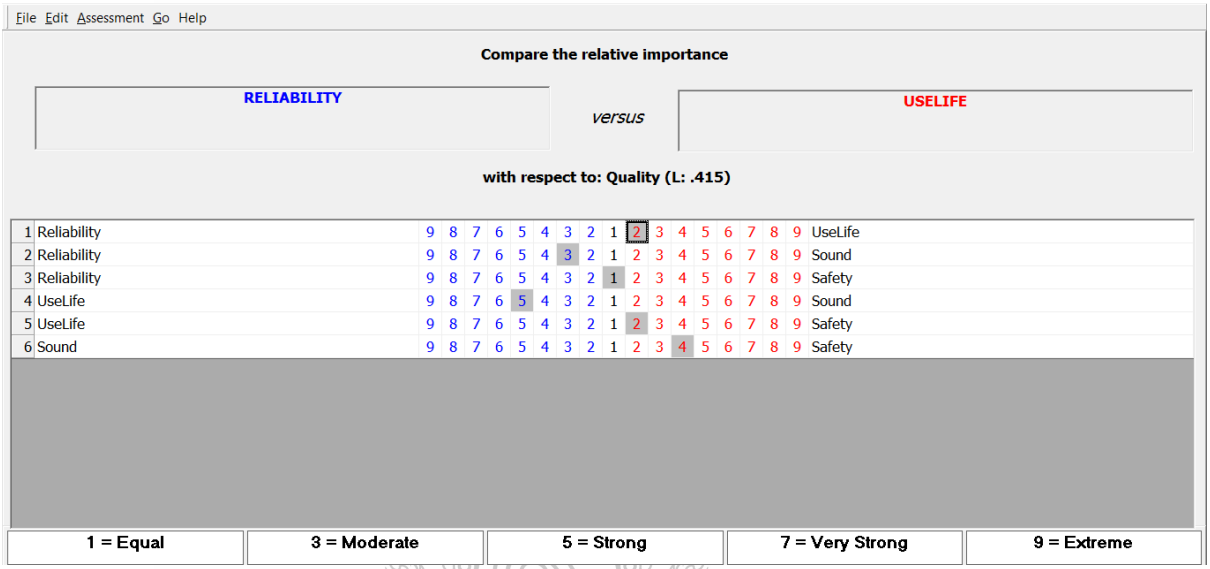
Reliability	.542
UseLife	.239
Sound	.154
Safety	.065

Inconsistency = 0.08
with 0 missing judgments.

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4



Model Name: AirCon Criteria Analysis_4

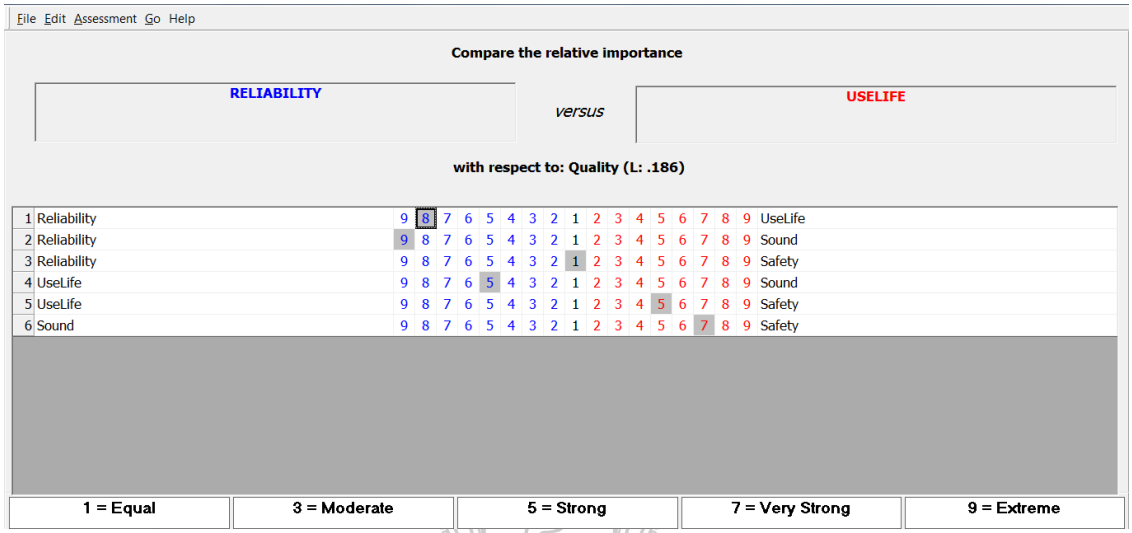
Synthesis: Summary

Synthesis with respect to: Quality
(Goal: Suitable Air Condit > Quality (L: .415))
Overall Inconsistency = .07

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5



Model Name: AirCon Criteria Analysis_5

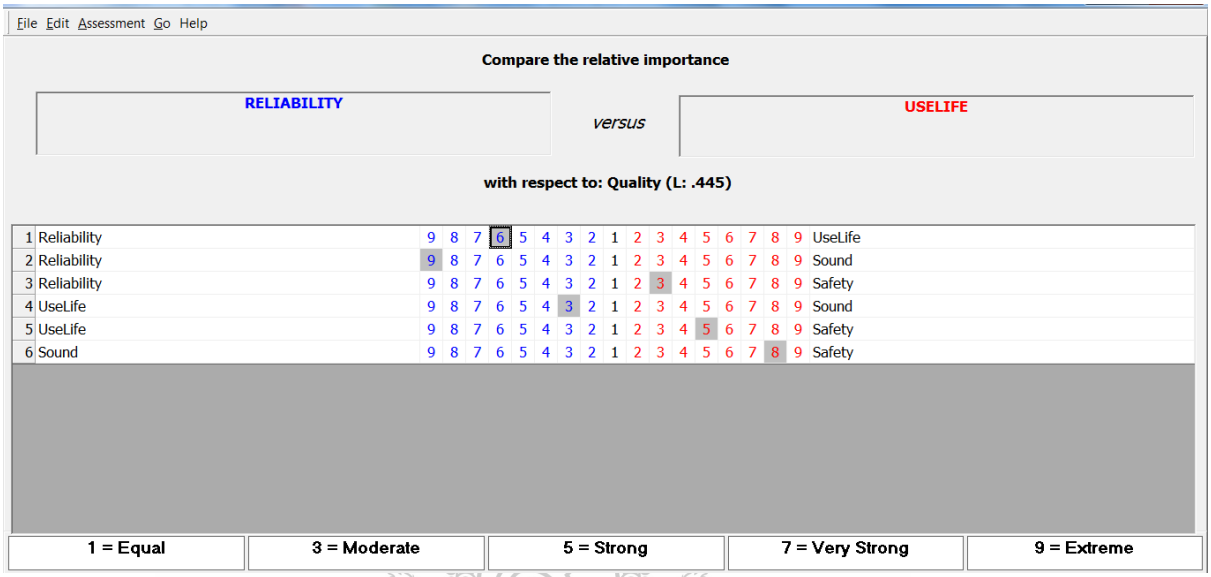
Synthesis: Summary

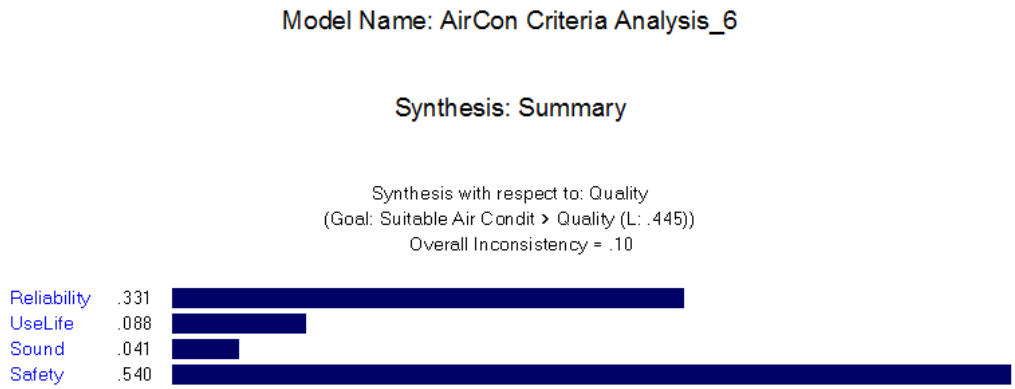
Synthesis with respect to: Quality
(Goal: Suitable Air Condit > Quality (L: .186))
Overall Inconsistency = .10

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

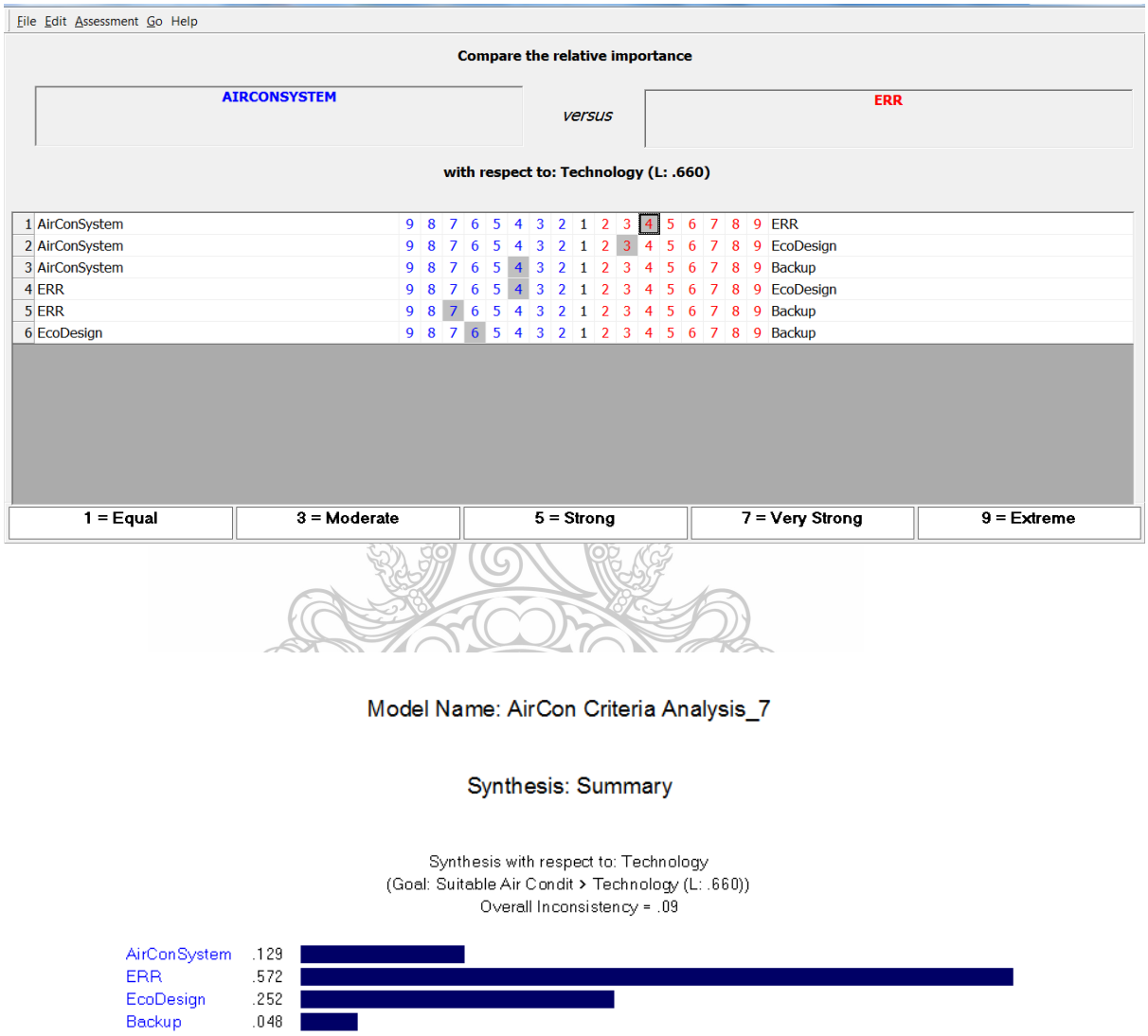




ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

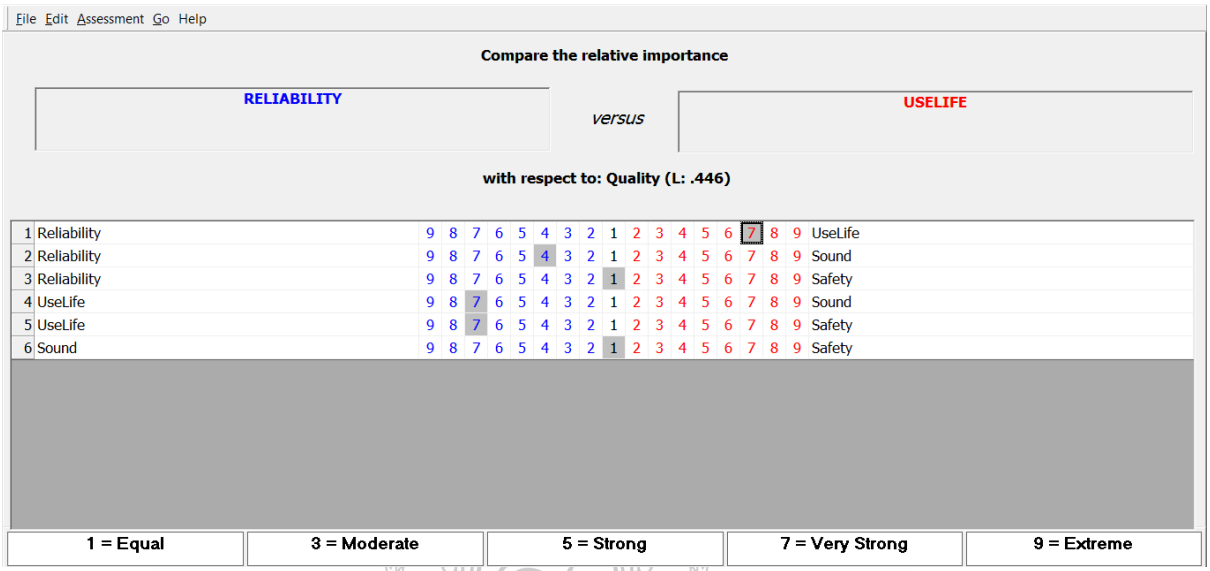
รูปที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

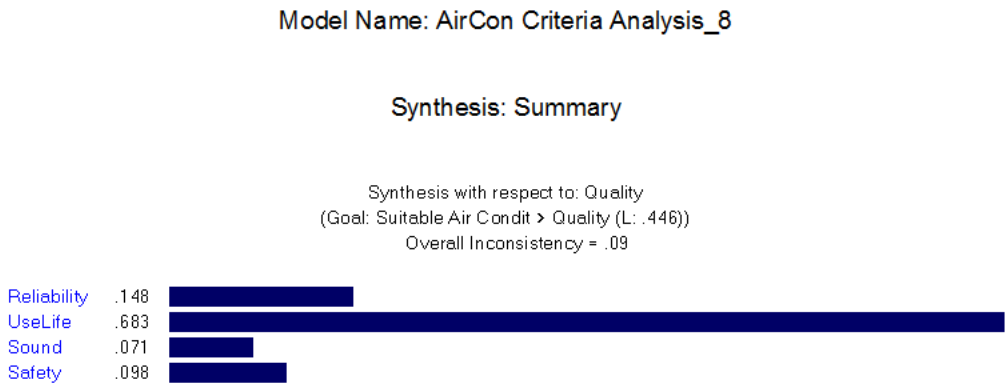


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

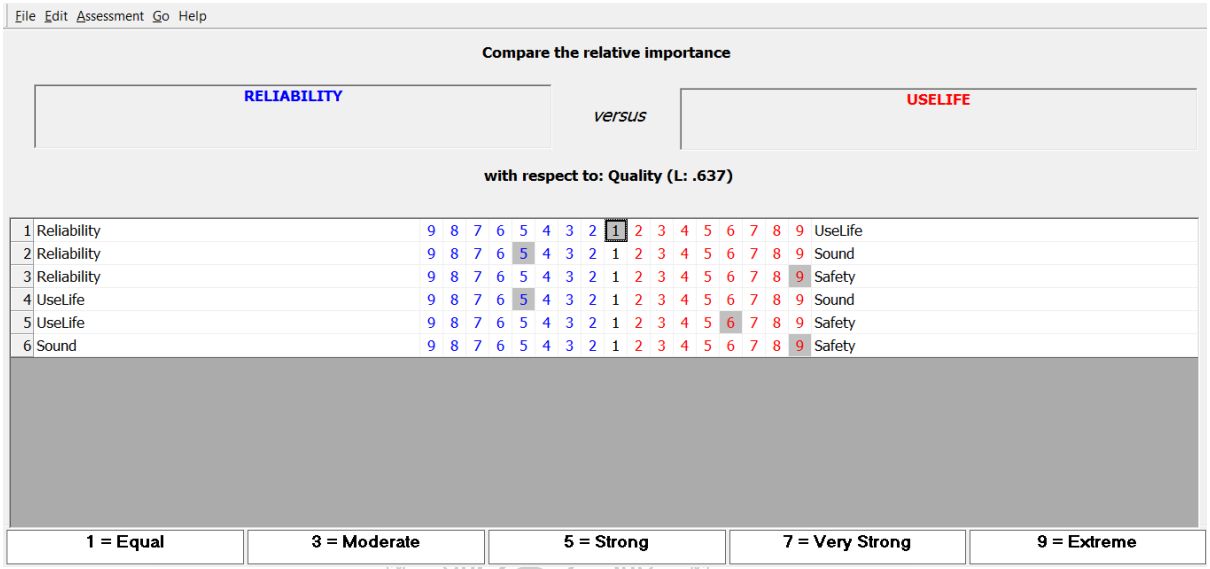


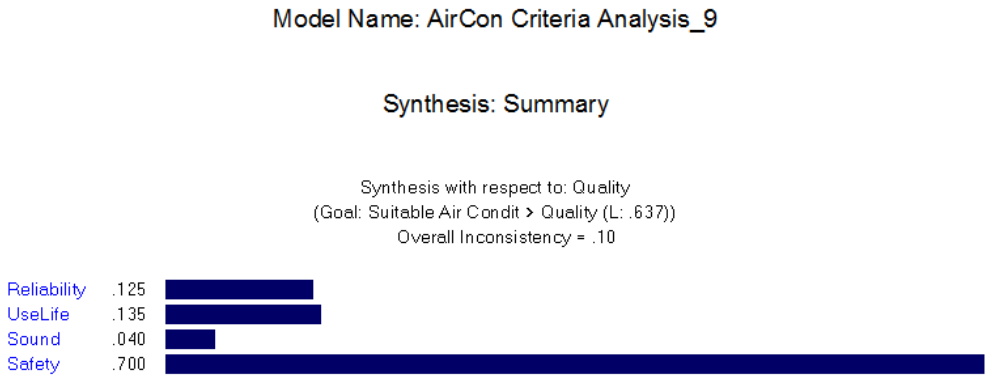


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านคุณภาพ

รูปที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านคุณภาพ) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9





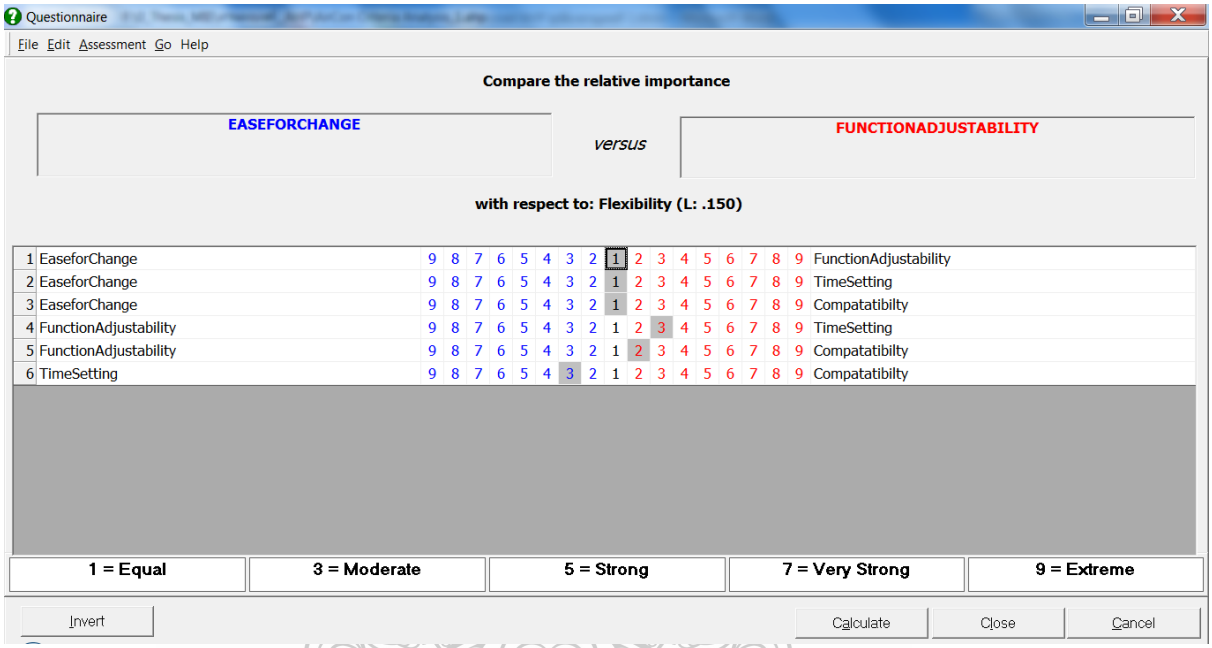
ภาคผนวก ฉ

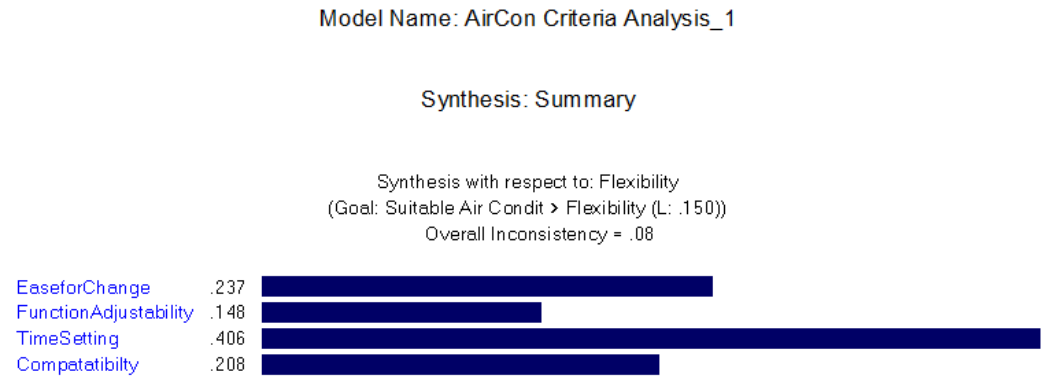
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่น จากผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1

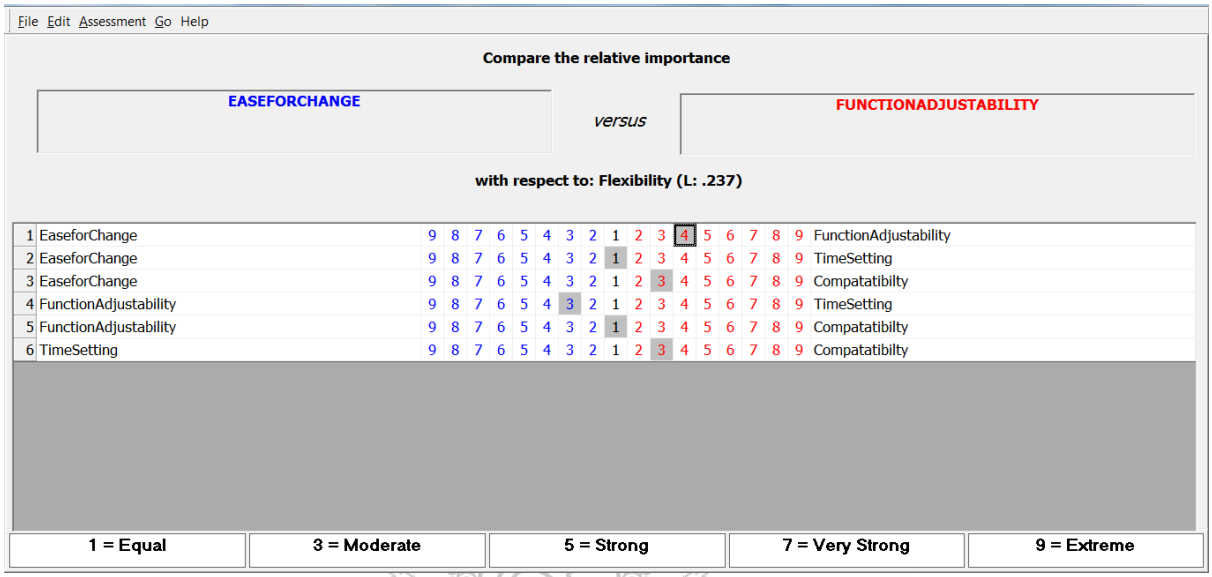


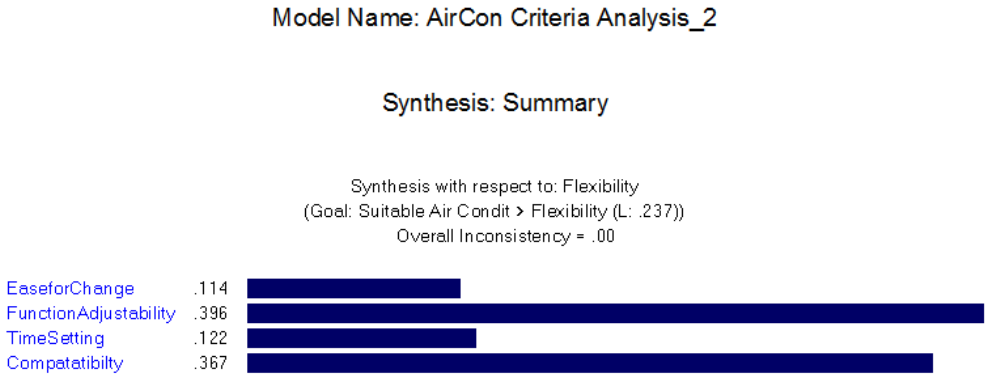


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2

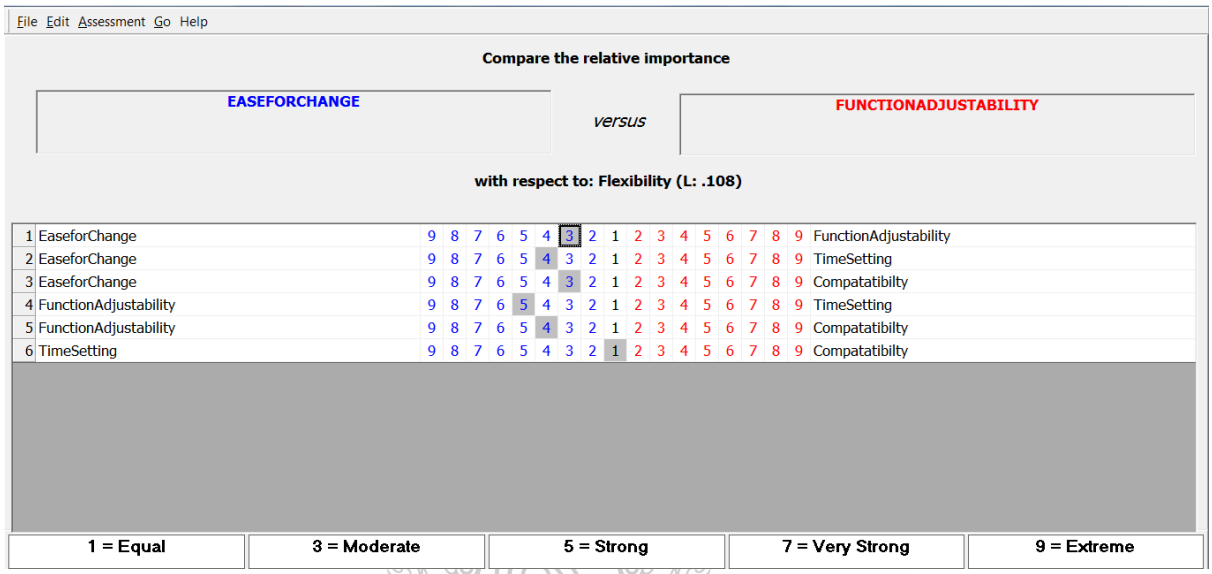


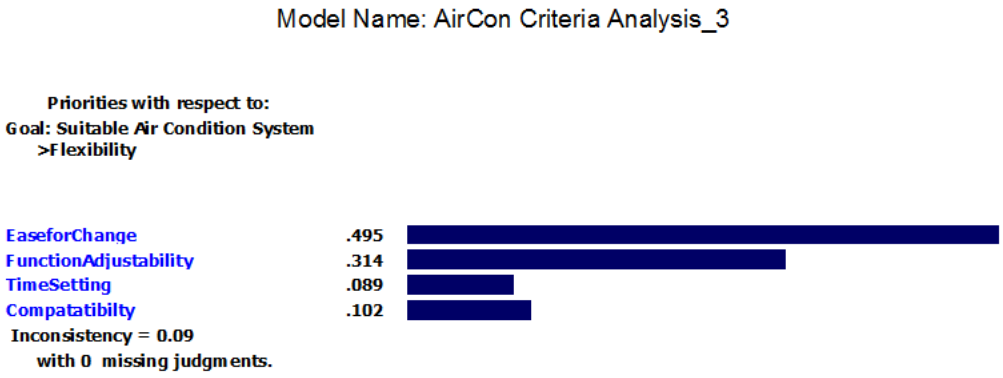


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.3 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

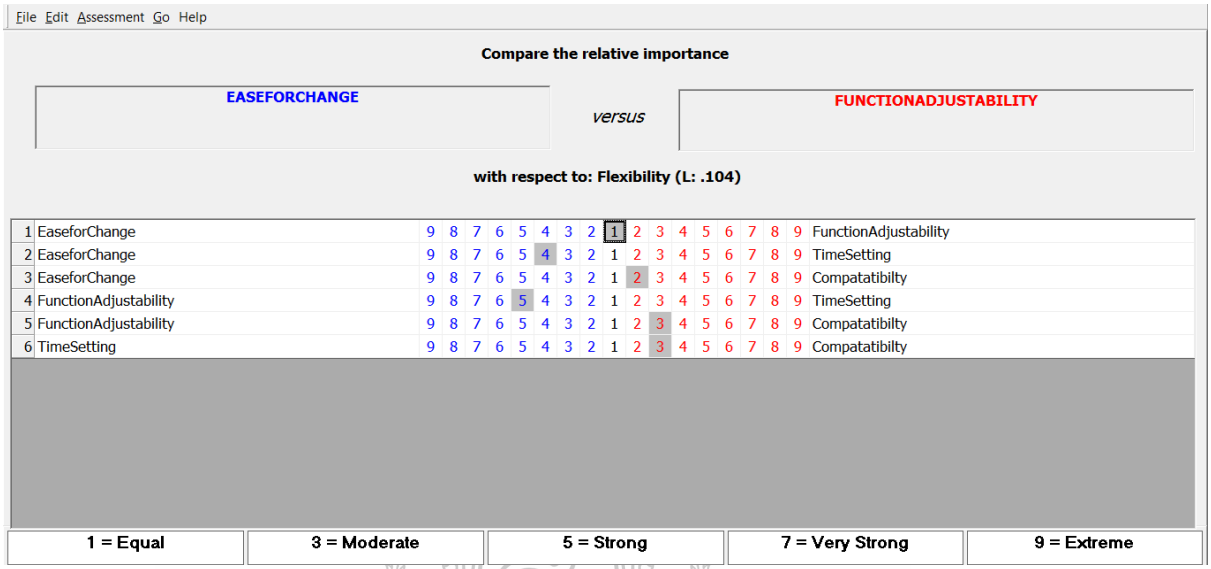


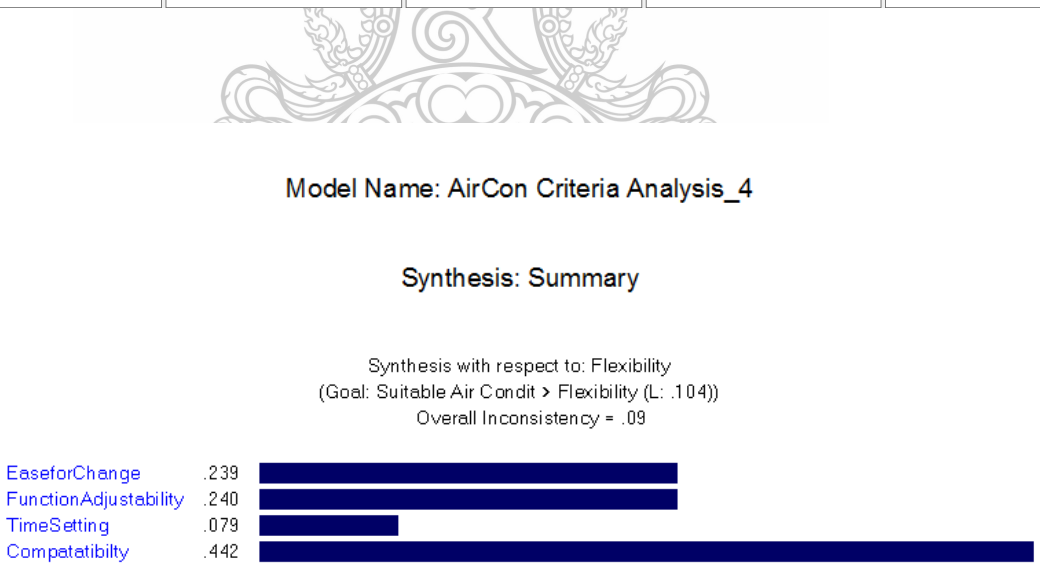


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4





ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

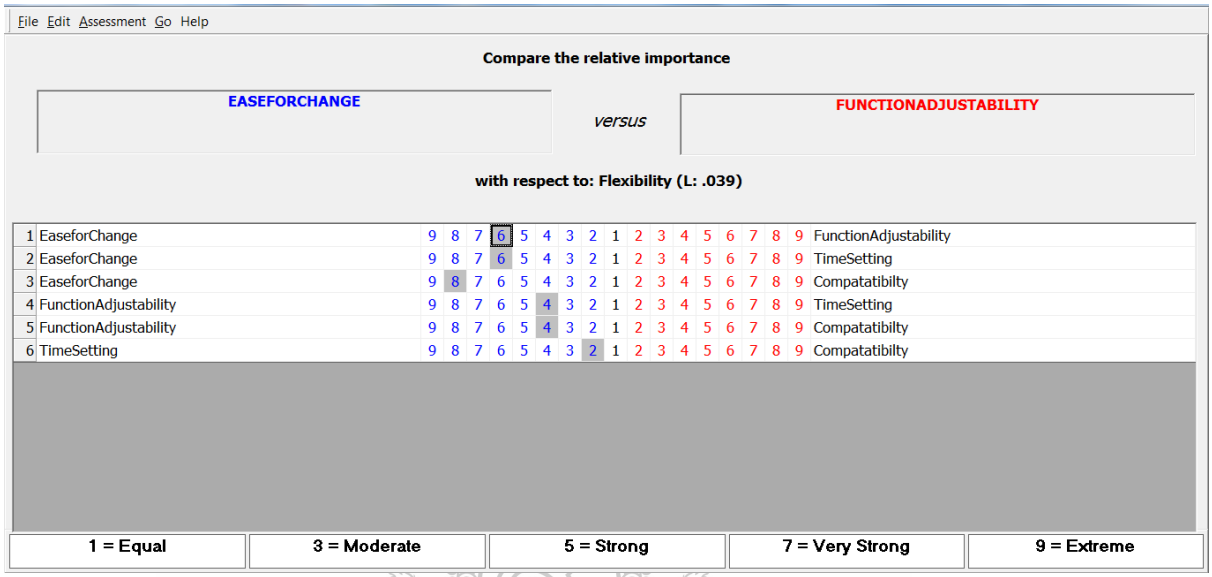
กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

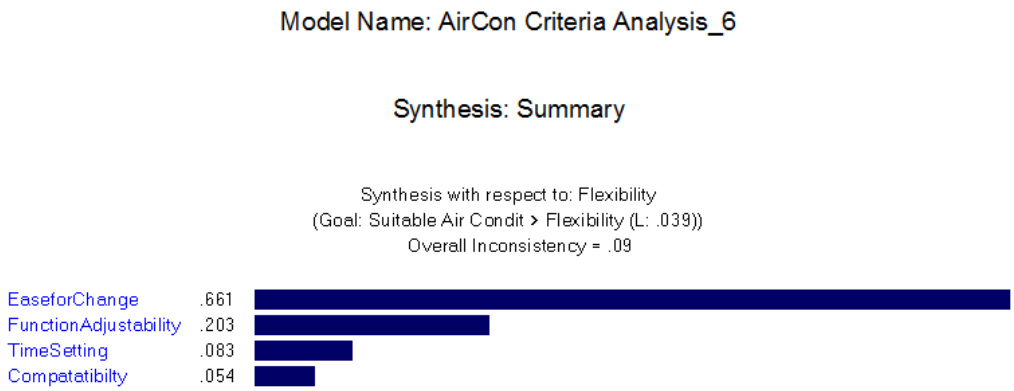
รูปที่ ฉ.5 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 5

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 6

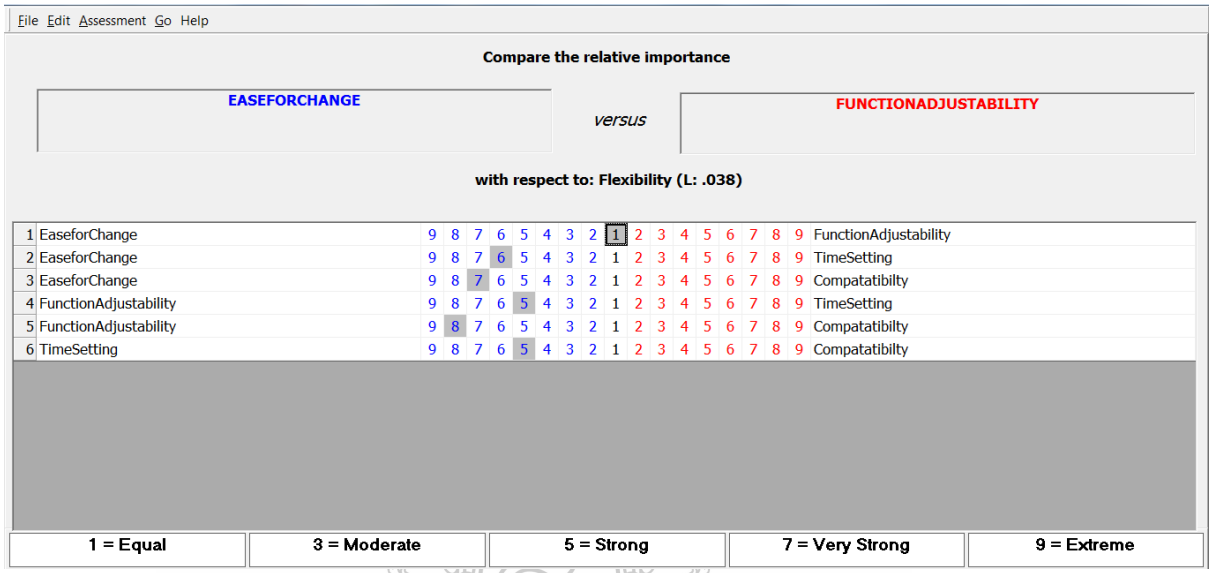


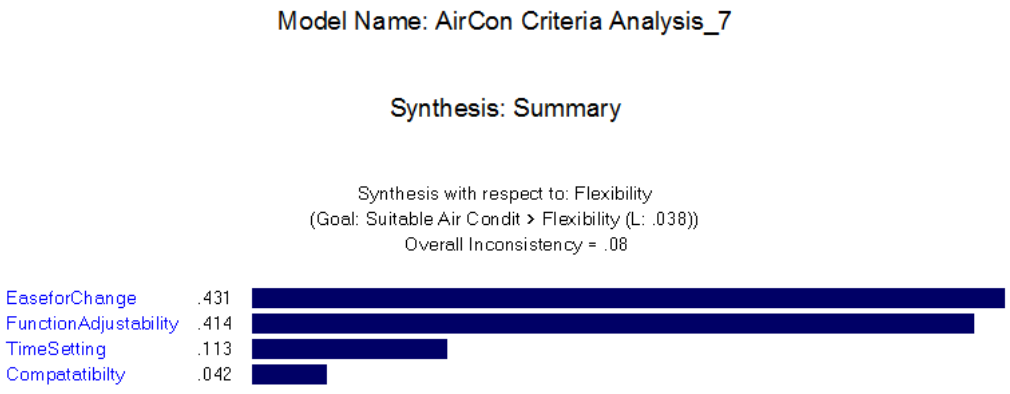


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 7

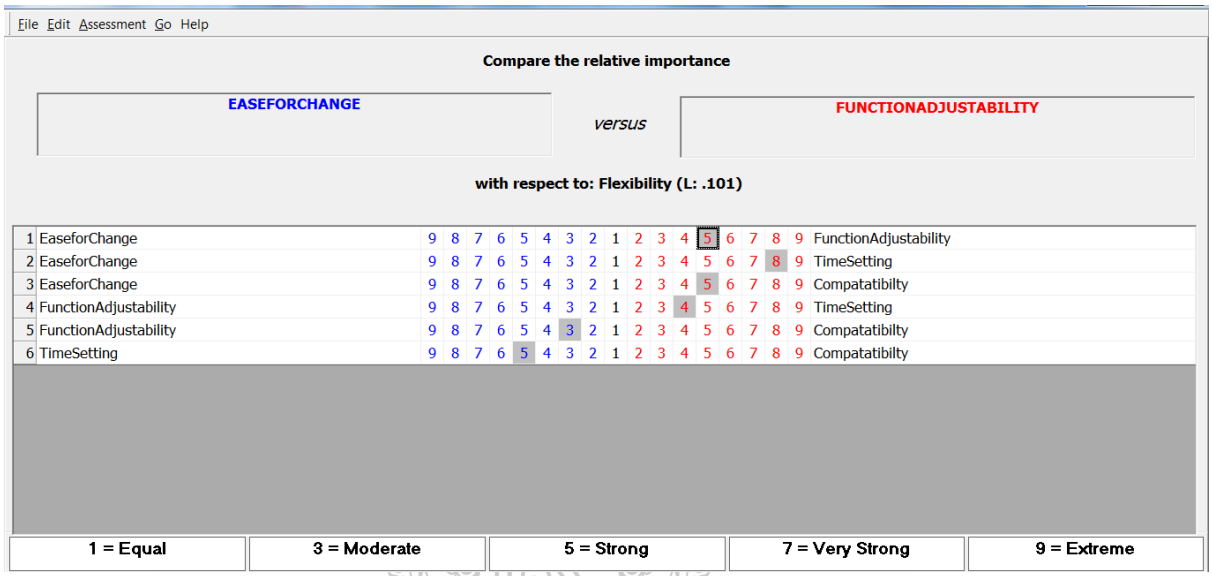


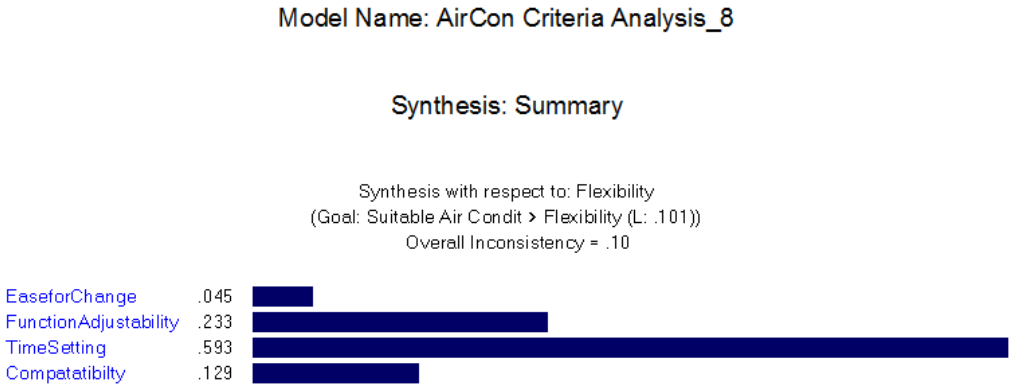


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.8 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 8

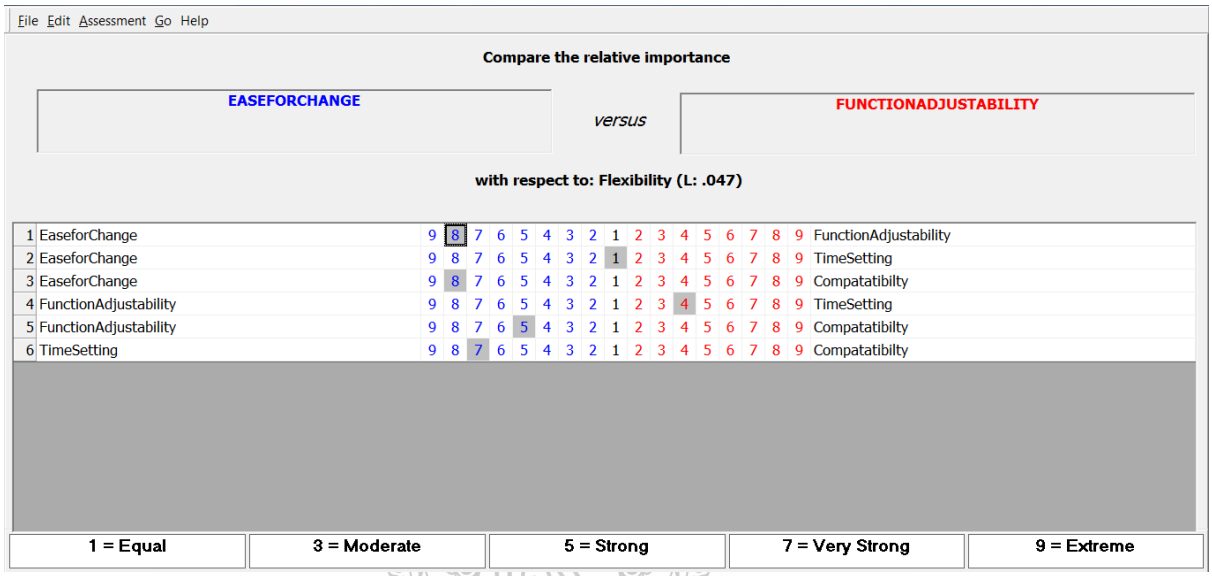


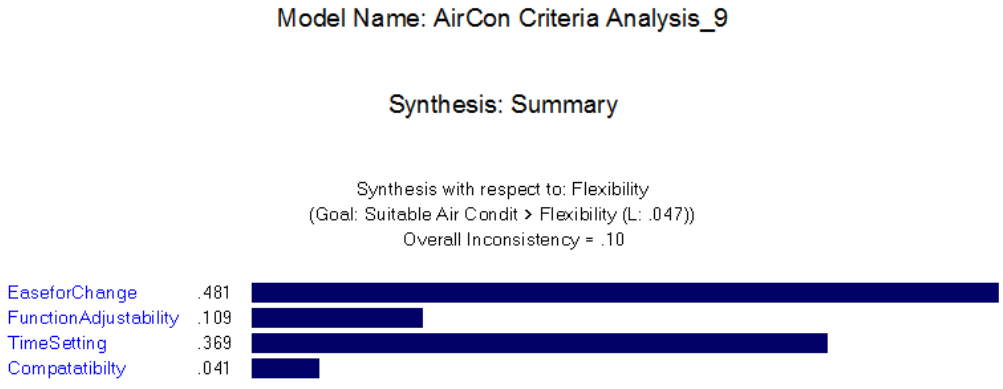


ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9

กลุ่มปัจจัยรอง ของด้านความยืดหยุ่น

รูปที่ ฉ.9 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง (ด้านความยืดหยุ่น) ด้วยโปรแกรม Expert Choice 11 ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 9





ภาคผนวก ช

คุณสมบัติเครื่องปรับอากาศ

1. คุณสมบัติเครื่องปรับอากาศระบบน้ำยา

MODEL			HUMAN SENSOR			SUPER INVERTER					
Cooling	EGAT Level 5										
	SEASONAL ENERGY EFFICIENCY RATIO (SEER)	(Btu/h/W)	25.62	22.60	21.27	21.59	21.70	19.69	21.11	20.09	18.85
	Capacity Rated (Min-Max)	Btu/h	8,871 ,412 – 11,942	12,966 ,412 – 12,966	18,084 (3,412 – 20,472)	9,212 753 – 11,60	12,624 (3,753 – 13,989)	14,330 (3,071 – 16,378)	17,742 (5,118 – 20,472)	22,519 5,118 – 20,472)	27,978 8,189 – 31,390)
		kW	2.6 (1.0 – 3.5	.8 (1.0 – 3.8)	5.3 (1.0 – 6.0)	2.7 (1.1 – 3.4)	.5 (1.1 – 4.1	4.2 (0.9 – 4.8)	5.2 (1.5 – 6.0)	6.6 (1.5 – 7.2)	8.2 (2.4 – 9.2)
	Total Input Rated (Min-Max)	kW	0.53 (0.18 – 0.90)	1.0 (0.18 – 1.0)	1.46 (0.19 – 2.33)	0.69 (0.19 – 0.99)	1.0 (0.19 – 1.18)	1.16 (0.17 – 1.9)	1.43 (0.32 – 2.00)	1.83 (0.30 – 2.32)	2.53 (0.48 – 3.34)
	Running Current	A	2.8	4.8	6.8	3.5	4.8	5.4	6.6	8.4	11.6
	SPL Indoor – Silent	dB (A)	19		27	19		26	28	29	30
	SPL Indoor – Low	dB (A)	23		31	24		29	33	37	
	SPL Indoor – High	dB (A)	36		39	38		40	44	45	
	Air Circulation (Low - High)	m^3 / min	5.8 – 8.8		7.6 – 10.6	5.4 – 9.3		6.3 – 10.3	10.7 - 15	9.1 – 14.8	11 – 14.9
Heating	Capacity Rated (Min-Max)	kW	3.2 (0.8 – 4.2)	4.0 (0.8 – 5.0)	5.8(1.0 – 8.0)	-					
	Total Input (Min-Rated-Max)	kW	0.64 (0.15 – 1.0)	0.89 (0.15 – 1.20)	1.5 (0.17 – 2.90)	-					
	Running Current	A	3.2	4.4	6.9	-					
	SPL Indoor – Silent	dB(A)	19		25	-					
	SPL Indoor – Low	dB(A)	24		29	-					
	SPL Indoor – High	dB(A)	36		39	-					
	Air Circulation (Low - High)	m^3 / min	5.7 – 8.5		6.4 – 10.7	-					
	Coefficient of performance (Rated Cooling / Heating)	(W/W)	4.91/5.0	3.8/4.49	3.63/3.87	3.91/-	3.7/-	3.62/-	3.64/-	3.61/-	3.24/-
	Power supply		220 V. / Single phase / 50 Hz			220 V. / Single phase / 50 Hz					
	Operating Current Max	A	7.1		14	7.2		8.8	8.9		16.5
Features	Microprocessor control		O			O					
	Automatic temperature control		O			O					
	Timer switch		Weekly time			24 Hr. on /off Program			Weekly time		
	Remote control switch		Wireless			Wireless					
	Indoor fan speeds		5+AUTO			5+AUTO					
	Blow fan – Indoor		Line flow fan			Line flow fan					
	Blow fan – Outdoor		Propeller			Propeller					
Dimensions (H×W×D)	Indoor	mm	307×890×233			290×799×232			305×923×250		325×1,100×238
	Outdoor	mm	550×800×285		714×800×285	550×800×285				714×800×285	880×840×330
Weight	Indoor	kg	15.5			9	9.5		12.5		15
	Outdoor	kg	35.5		40.5	28.5		32		37	48.5
Piping size (Outer Diameter)	Liquid (diameter)	mm.in	Ø 6.35 (1/4)			Ø 6.35 (1/4)					
	Gas (diameter)	mm.in	Ø 9.52 (3/8)		Ø 12.7 (1/2)	Ø 9.52 (3/8)			Ø 12.7 (1/2)		
	Max. Length / Max. Height	m	20/12		30/15	20/12					30/15
Refrigerant			R32			R32					
Heat Exchanger			Copper (Blue Fin)			Copper (Blue Fin)					

Split Type Systems

ราคาเครื่องปรับอากาศพร้อมอุปกรณ์	1,124,796.00	บาท
ราคาค่าติดตั้งพร้อมวัสดุติดตั้ง	867,686.00	บาท
ราคารวมค่าเครื่องปรับอากาศพร้อมติดตั้ง	1,992,510.00	บาท

หนึ่งล้านเก้าแสนเก้าหมื่นสองพันสี่ร้อยแปดสิบสองบาทถ้วน<<ราคาไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม>>

ราคาสุทธิระบบปรับอากาศ	1,992,510.00	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	139,475.70	บาท
ราคาสุทธิรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม	**2,131,985.70**	บาท

สองล้านหนึ่งแสนสามหมื่นหนึ่งพันเก้าร้อยแปดสิบห้าบาทเจ็ดสิบสตางค์<<ราคารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม>>

ใบเสนอราคา (QUOTATION)

รายละเอียดเสนอราคา (BILL OF QUANTITIES)

ITEM	UNIT NO.	CDU NO.	FLOOR	AREA SERVED	MODEL	TYPE	CAP. (BTU/HR) @19CWB/ 27CDB	Q'TY	NET PRICE (BAHT)	TOTAL PRICE (BAHT)
FANCOIL UNIT										
1			1st.	โรงงาน		Spit Type	27,988	23	45,250	1,040,750
2			1st.			Spit Type	22,519	1	32,310	32,310
PANEL, REMOTE CONTROLLER & BRANCH PIPE SET										
3	-	-	-	-		Centralised Controller	-	1	15,120	15,120
4	-	-	-	-		Wireless Remote Controller For FDE-KXE6F	-	11	1,592	14,520
	ราคาสุทธิ			หนึ่งล้านหนึ่งแสนสองหมื่นสี่พันเจ็ดร้อยเก้าสิบหกบาทถ้วน						**1,124,796**

หมายเหตุ

1. ราคาดังกล่าว **ไม่รวม** ภาษีมูลค่าเพิ่ม

รายละเอียดเสนอราคา (BILL OF QUANTITIES)

1.0	งานติดตั้งระบบปรับอากาศ			ราคาวัสดุ	รวมวัสดุ	ราคาค่าแรง	รวมค่าแรง	รวมทั้งหมด
1.1	Refrigerant Pipe							
1.1.1	Copper Tube ASTM B88 Type L (Outside Dia. mm.)							
	Ø 25.4	312.00	m	359.00	112,008.00	135.00	42,120.00	154,128.00
	Ø 19.05	300.00	m	198.00	59,400.00	90.00	27,000.00	86,400.00
	Ø 15.88	300.00	m	161.00	48,300.00	75.00	22,500.00	70,800.00
	Ø 12.7	300.00	m	112.00	33,600.00	60.00	18,000.00	51,600.00
	Ø 9.52	300.00	m	71.00	21,300.00	50.00	15,000.00	36,300.00
	Ø 6.35	300.00	m	71.00	21,300.00	50.00	15,000.00	36,300.00
	Fitting and Accessories	1.00	Lot	30,000.00	30,000.00	50.00	50.00	30,050.00
	Hanger and Support	1.00	Lot	30,000.00	30,000.00	50.00	50.00	30,050.00
	Testing	1.00	Lot	30,000.00	30,000.00	50.00	50.00	30,050.00
1.1.2	Condensate Drain Pipe PVC Class 8.5 PVC							
	Ø 25	300.00	m	16.00	4,800.00	10.00	3,000.00	7,800.00
	Ø 20	300.00	m	12.00	3,600.00	10.00	3,000.00	6,600.00
	Fitting and Accessories	1.00	Lot	3,360.00	3,360.00	2,400.00	2,400.00	5,760.00
	Hanger and Support	1.00	Lot	2,100.00	2,100.00	1,500.00	1,500.00	3,600.00
	Testing and Painting	1.00	Lot	1,260.00	1,260.00	900.00	900.00	2,160.00
1.2	Pipe Insulation							
1.2.1	Insulation Thickness 25 mm. (Refrigerant Pipe)							
	Ø 25.4	312.00	m	69.00	21,528.00	30.00	9,360.00	30,888.00
	Ø 19.05	300.00	m	55.00	16,500.00	25.00	7,500.00	24,000.00
	Ø 15.88	300.00	m	50.00	15,000.00	25.00	7,500.00	22,500.00
	Ø 12.7	300.00	m	45.00	13,500.00	25.00	7,500.00	21,000.00
	Ø 9.52	300.00	m	42.00	12,600.00	25.00	7,500.00	20,100.00
	Ø 6.35	300.00	m	42.00	12,600.00	25.00	7,500.00	20,100.00
1.3	OTHER							
	REMOTE CONTROLLER	1.00	Lot	-	-	25,000.00	25,000.00	25,000.00
	CONTROL PANEL BOARD	1.00	Lot	-	-	50,000.00	50,000.00	50,000.00
	ELECTRICAL WIRE & CABLE	1.00	Lot	-	-	50,000.00	50,000.00	50,000.00
	Transportation	1.00	lot		-	12,500.00	12,500.00	12,500.00
	Site Expense	1.00	lot	-	-	20,000.00	20,000.00	20,000.00
	Test Run & Commissioning	1.00	lot	-	-	20,000.00	20,000.00	20,000.00
	รวมราคา				**492,756.00**		**374,930.00**	**867,686.00**

2. คุณสมบัติเครื่องปรับอากาศระบบน้ำเย็น

Quotation				
Item	**Description**	**Q'ty**	**Unit/Price**	**Amount**
1	**WATER COOLED CHILLER SPECIFICATION**	2	450,000.00	940,000.00
	UNIT TYPE :			
	UNIT MODEL :			
	COOLING CAPACITY : 278,010 BTU/HR.			
	CONDITION : Chilled Water Supply Temp : 7 ºc ,Chilled Water Return Temp : 12 ºc			
	and Condenser Water Supply Temp. : 30 ºc, Condenser Water Return Temp. : 35 ºc			
	OPERATION RANCE : Chilled Water Temp Range : 2-25ºc, Condenser			
	Water Temp Range : 15-40ºc			
	CAPACITY STEPS : 0% - 66% - 100%			
	REFRIGERANT : R-22 (23 kg.)			
	COMPRESSOR : - Fully Hermetic Scroll Compressor			
	- 2 COMPRESSOR			
	- 220 V./50HZ./1PH.			
	CONTROLLER : MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM AND TOUCH SCREEN			
	PROTECTION : Phase Revnsion Protection, Phase Lack Protection, Overload Current Protection, Discharge Air Temperature Protection.			
	EVAPORATOR :			
	- SHILL AND TUBE HEAT EXCHANGER, WATER MAX PRESSURE 1 MPa.			
	- WATER FLOW RATE 56 GPM			
	- WATER PRESSURE DROP 22 KPa.			
	- CONNECTION PIPE SIZE 2"			
	CONDENSER :			

Quotation				
Item	**Description**	**Q'ty**	**Unit/Price**	**Amount**
	- SHILL AND TUBE HEAT EXCHANGER, WATER MAX, PRESSURE 1 MPa.			
	- WATER FLOW RATE 21,520 CFM			
	- WATER PRESSURE DROP 41 KPa.			
	- CONNECTION PIPE SIZE 2"			
	SOUND LEVEL : 73.1 Db(A)			
	DIMENSION (mm.) : 2,254×2,002×1,286.			
	OPERATING WEIGHT : 1,340 KG.			
			Total	940,000.00
			Vat7%	65,800.00
			Total Price	1,005,800.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Quotation				
Item	**Description**	**Q'ty**	**Unit/Price**	**Amount**
1	**AHU 8.5 TON**	6		550,000
	Stainless 304 (1.5 mm. ThinKness)	1		
	Insulation "Aeroflex" Size 1"	15		
	Insulation "Aeroflex" Size 3/4"	2		
	Aeroseal "Aeroflex"	12		
	Aerotap "Aeroflex"	5		
	ท่อประปา 3"	2		
	ท่อประปา 1"	2		
	ข้องอประปา 90 3"	6		
	ข้องอประปา 90 1"	2		
	สามทางประปา 1"	2		
	ข้อลดกลม 3" × 2-1/2"	2		
	ข้อลดกลม 3" × 1-1/2"	2		
	โครงขารับชุดปั๊มน้ำและแท็งก์น้ำ	1		
	Pump 5.5 HP "EBARA"	2		
	Y – strainer 3" "Kitz"	1		
	Glate Valve 3" "Kitz"	2		
	Union Valve ประปา 3"	2		
	Union Valve ประปา 1"	2		
	Nipple ประปา 3"	12		
	Nipple ประปา 1"	8		
	ต่อตรงเกลียวใน SUS 3"	6		
	ต่อตรงเกลียวใน SUS 1"	6		
	อุปกรณ์ PVC	1		
	Support	1		
	Accessories (วัสดุสิ้นเปลือง)	1		
	<u>หมายเหตุ</u> ราคาจ้างเหมา			
			Total	550,000
			Vat 7%	38,500
			Total Price	588,500

AHU Specification

MODEL		20	25	34	40	50	60	70	80
Rated-Volts/Ph/Hz		380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50
SYSTEM DATA									
Nominal Airflow	CFM	2,000	2,500	3,400	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000
Nominal Capacity	MBH	60	75	100	120	160	180	210	240
Water Inlet Connection Size	In	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	2	2	2
Water Outlet Connection Size	in	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	2	2	2
Water Connection Type		Steel Pipe - MPT							
COIL									
Fin Type		Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated	Slit Uncoated
Fins per inch*									
3-Row coil		14	14	14	14	14	14	14	14
4-Row coil		12	13	14	13	14	14	14	14
Drain Connection Size	in	1	1	1	1	1	1	1	1
FAN									
Fan Type		Double Inlet Centrifugal Forward Curved Wheel							
Dai. × Width		10 × 10	10 × 10	10 × 8	10 × 10	12 × 12	12 × 12	15 × 15	15 × 15
Qty		1	1	2	2	2	2	2	2
Drive Type		Adjustable Belt Drive							
FAN MOTOR									
Qty of Motor		1	1	1	1	1	1	1	1
Motor Output Power	hp (kW)	3/4 (0.55)	1 (0.75)	2 (1.5)	2 (1.5)	2 (1.5)	3 (2.2)	3 (2.2)	5 (3.7)
No. of Speed		1	1	1	1	1	1	1	1
V/ph/Hz		380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50	380-415/3/50
RLA		1.60	1.99	3.66	3.66	3.66	5.08	5.08	8.03
RETURN FILTER									
Filter Type		Washable Air Filter							
DIMENSION (H×W×D)									
Packing (Shipping)	mm	673×1,410×970	673×1,410×970	673×1,778×970	772×1,778×970	920×2,152×994	920×2,152×994	980×2,470×1,325	980×2,470×1,325
Unit (Net)	mm	520×1,406×916	520×1,406×916	520×1,774×916	620×1,774×916	798×2,059×1,260	798×2,059×1,260	850×2,366×1,320	850×2,366×1,320
WEIGHT									
Unit (Net) 3-Row Coil	Kg	90	92	139	141	181	190	214	240
Unit (Net) 4-Row Coil	Kg	92	96	145	148	191	201	226	235

ภาคผนวก ซ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561

(The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018: CIOD 2018)

Smart Tools for Sustainable Development

จัดโดย คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

- 2 มี.ค. 61 ปิดรับบทความ
- 31 มี.ค. 61 ส่งผลประเมินจาก Reviewer
- 12 เม.ย. 61 ส่งบทความฉบับแก้ไข
- 30 เม.ย. 61 แจ้งผลการพิจารณาบทความ

วันศุกร์ที่ 11 พฤษภาคม 2561

ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

TOPICS

1. Artificial intelligence applications in manufacturing
2. Big data and internet of things in operations
3. Cloud services for manufacturing
4. Safety engineering and applications
5. Industry 4.0 in Thai context
6. Supply chain and logistics management
7. Sustainable production and circular economy
8. Ergonomics
9. Manufacturing processes and technology, CAD/CAM/CIM
10. Mechatronics and automation
11. Production and operations management
12. Operations research and decision support system
13. Quality and reliability management
14. Industrial engineering applications in production and service sectors
15. Other business and engineering related topics

รายละเอียดเพิ่มเติม

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Mobile : 0825750728 Office : 0-2988-3666 ต่อ 2125 Fax: 0-2988-3655 ต่อ 2122

Email : 9thciod2018@gmail.com Website : www.ciod2018.com Facebook : 9thciod2018

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ ๙
The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้เพื่อแสดงว่า

อภิวัฒน์ คงสายเสริม

ได้เข้าร่วมการนำเสนอผลงานทางวิชาการในหัวข้อ

การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น
: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

ในวันที่ ๑๑ พฤษภาคม ๒๕๖๑ ณ โรงแรม จัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ

(ดร. สุวัจน์ ด่านสมบูรณ์)
ประธานคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการ CIOD 2018

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ห้องประชุม D			
เวลา	รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
10.45-11.00 น.	D1	การออกแบบระบบการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าต่อเนื่องหลายรูปแบบ ระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ผู้ประพันธ์ : ปัญจพร จันทะวงษ์ วรพจน์ มีถม และ สมชาย พรชัยวิวัฒน์	95 - 96
11.00-11.15 น.	D2	การหาความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดใบพัดเครื่องอัดอากาศของเครื่องกังหันก๊าซในโรงไฟฟ้า ผู้ประพันธ์ : ปติ เสงี่ยมกุลถาวร และวรวุฒิ หวังวัชรกุล	97
11.15-11.30 น.	D3	การศึกษาวิเคราะห์ความเสียหายของเฟืองเฉียงแบบก้างปลาในกระบวนการรีดเหล็กเส้น ผู้ประพันธ์ : วิรัตน์ บำรุงรักษ์ และสมบุญ เจริญวิไลศิริ	98
11.30-11.45 น.	D4	การศึกษาสาเหตุการเกิดของเสีย ขั้นตอนการทากาวในกระบวนการผลิตรองเท้า กรณีศึกษาบริษัทผลิตรองเท้าจังหวัดปราจีนบุรี ผู้ประพันธ์ : นวรัตน์ ม่วงคง พักตร์เพ็ญ แสวงชอบ วรรณวิษา บุญศิริ และปรียานุช แย้มจินดา	99 - 100
11.45-12.00 น.	D5	การนำกากของเสียในอุตสาหกรรมหล่อโลหะมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตคอนกรีต ผู้ประพันธ์ : โอรส พูนผล และประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา	101 – 102
12.00-13.00 น. พักรับประทานอาหาร			
13.00-13.15 น.	D6	การคำนวณน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของเกณฑ์การประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ผู้ประพันธ์ : ธีธัช กฤตวงศ์วิมาน วรพจน์ มีถม และสิรวิชญ์ สว่างนพ	103 - 104
13.15-13.30 น.	D7	การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า ผู้ประพันธ์ : อภิวัฒน์ คงสายเสริม และระพี กาญจนะ	105 – 106
13.30-13.45 น.	D8	การหารูปแบบการจัดลำดับงานที่เหมาะสมในระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ ผู้ประพันธ์ : กันตพงษ์ คงทอง และสุขสันต์ พรหมบรรพงษ์	107 – 108
13.45-14.00 น.	D9	การศึกษาห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ผู้ประพันธ์ : กิตติวัฒน์ ชาวยอง และนิวรัตน์ วิจิตรกุลสวัสดิ์	109
14.00-14.15 น.	D10	การพัฒนากระบวนการจัดการเรื่องร้องเรียน กรณีศึกษา : การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย ผู้ประพันธ์ : ฤกษ์ฤทธิ์ ทองสกุล และธราธร พชรฐิติกุล	110 - 111

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561
The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018
วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

การเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานพิมพ์ฉลากสินค้า

Selecting Air Conditioning System for Industrial Factory by Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Product Label Printing Factory

อภิวัฒน์ คงสายเสริม[1] และ ระพี กาญจนะ[2]
Aphiwat Khongsaiserm[1] and Rapee Kanchana[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดเป็นปัจจัยหลัก 4 ด้านคือราคา เทคโนโลยี คุณภาพและความยืดหยุ่นของระบบ และกำหนดปัจจัยรองทั้งสิ้น 15 ปัจจัย จากนั้นทำการออกแบบสอบถามตามหลักการของวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นและเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศและผู้บริหารโรงงานในกรณีศึกษาจำนวน 9 ราย และนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Expert Choice v.11 ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยด้านเทคโนโลยี เป็นปัจจัยหลักที่มีระดับความสำคัญลำดับที่ 1 (0.362) ตามด้วย ด้านคุณภาพ (0.347) ด้านราคา (0.196) และด้านยืดหยุ่นของระบบ (0.095) ในขณะที่ปัจจัยรองที่มีระดับความสำคัญในสามลำดับแรกได้แก่ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (0.175) ตามด้วยความปลอดภัยการใช้งาน (0.129) และค่าเชื่อถือได้ของระบบ (0.115)

คำสำคัญ : การตัดสินใจ , ระบบปรับอากาศ , วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น

Abstract

The objectives of this study were to study and determine the importance level of factors related to the selection of an air conditioning system with Analytic Hierarchy Process. The methodology started from studying and collecting data to determine factors affecting the selection of an air conditioning system from related researches and experts in air conditioning industry. Four main factors that were determined included price, technology, quality, and flexibility. In addition, fifteen minor factors were identified. Then, Analytic Hierarchy Process was applied to develop the questionnaire. Data were collected from interviewing nine air conditioning system experts and managers. Data were then analyzed by using Expert Choice v.11. The results indicated that technology ranked the first place of importance (0.362) followed by quality (0.347), price (0.196), and flexibility (0.095),

1 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี E-mail:aphiwat_k@mail.rmutt.ac.th
2 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี E-mail:rapee.k@en.rmutt.ac.th

while the top three priorities of minor factors were energy efficiency ratio (0.175), followed by operational safety (0.129) and system reliability (0.115).

Keywords: Decision making, Air condition system, Analytic Hierarchy Process

1. บทนำ

ระบบปรับอากาศจัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ห้างร้าน ออฟฟิศ หน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา ตลอดจนโรงพยาบาลเพราะมีส่วนช่วยให้คุณภาพชีวิตในการทำงานที่ดีขึ้น ระบบปรับอากาศที่ดีควรสร้างบรรยากาศการทำงานที่เย็นสบายให้กับพนักงาน รักษาสภาพอากาศการทำงานที่เหมาะสม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการปฏิบัติงานส่วนอื่นๆ การเติบโตและพัฒนาอย่างต่อเนื่องของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีมากขึ้น ระบบปรับอากาศจึงมีบทบาทที่สำคัญเพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น ส่งผลให้ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม ต้องทบทวนและพิจารณาตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานทั้งทางตรงและทางอ้อมให้มากที่สุด

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ผลิตฉลากสินค้าให้กับผลิตสินค้าจากแบรนด์ชั้นนำทั่วประเทศ ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่ส่วนของสายการผลิต 900 ตารางเมตร และมียอดการผลิตฉลากสินค้าเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในเดียวกันทางผู้บริหารระดับสูงมีความต้องการที่จะทำการขยายกำลังการผลิตของบริษัทเพื่อรองรับการสั่งซื้อฉลากสินค้าของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น แต่ปัจจุบันบริษัทประสบปัญหาในการผลิตสินค้าที่ไม่ได้ตามมาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด เนื่องจากสิของฉลากสินค้าไม่เป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการหรือไม่ได้คุณภาพ ฉลากมีสิหลุดล่อนง่ายกว่าปกติ และยังส่งผลให้เครื่องจักรในสายการผลิตเสียหายบ่อยครั้ง สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวอันเนื่องจากสภาพอากาศภายในโรงงานมีความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยมากกว่าปกติอยู่ที่ 87 - 95 % ทั้งนี้ปัจจุบันโรงงานได้ทำการติดตั้งระบบปรับอากาศที่อาศัยหลักการระเหยน้ำผ่านสื่อการระเหยน้ำระบบคูลลิ่งแพด (Cooling Pad) บริษัทกรณีศึกษามีความสนใจที่จะปรับปรุงระบบปรับอากาศใหม่ ดังนั้นจึงต้องการมีข้อมูลประกอบและเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจพิจารณาคัดเลือกระบบปรับอากาศใหม่โดยระบบปรับอากาศที่กำลังพิจารณามีอยู่ 2 ระบบหลักได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำยา และ ระบบปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมความชื้นของสภาพอากาศ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ทั้งการผลิตสินค้าโดยตรง หรือในการทำให้สภาพแวดล้อมในการผลิตสินค้าหรือการทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ช่วยกำหนดน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจ ดังนั้นจึงได้นำเทคนิค AHP มาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในสายการผลิตสลากสินค้าและเครื่องจักรที่ใช้ในสายการผลิต โดยทั่วไปปัจจัยที่สำคัญสำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทั้งหมด 4 ปัจจัย ดังนี้ [1]

ปัจจัยที่ 1 ด้านราคา มักจะเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับต้นที่ต้องพิจารณาเนื่องจากจะมีผลต่อจิคความสามารถในการแข่งขันเพราะจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสินค้า

ปัจจัยที่ 2 ปัจจัยด้านเทคโนโลยี จะเป็นปัจจัยที่มักจะพิจารณาเป็นอันดับรองลงมาจากด้านราคา ซึ่งในการตัดสินใจของผู้บริหารส่วนมากมักจะสอบถามเกี่ยวกับการประหยัดไฟ อัตราการสิ้นเปลืองไฟกับตัวแทนจำหน่ายสินค้ายี่ห้อนั้นๆ เช่น มีสัญลักษณ์เบอร์ 5,อัตราการสิ้นเปลืองต่อปี โดยประมาณ รวมถึงระบบของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นระบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือไม่

ปัจจัยที่ 3 ปัจจัยด้านคุณภาพของระบบปรับอากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญเพราะจะส่งผลต่อระบบการผลิต หากเลือกติดตั้งระบบที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่เหมาะสมหรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ก่อจะทำให้เกิดปัญหาตามมาหลายด้าน

ปัจจัยที่ 4 ปัจจัยการยืดหยุ่นของระบบปรับอากาศ โดยส่วนใหญ่จะพิจารณาถึงระบบความน่าเชื่อถือของระบบ รวมไปถึงความสามารถรองรับความต้องการขยายตัวในอนาคต มีการทำงานและซ่อมบำรุงรักษาได้ง่ายและต้องมีความเหมาะสมกับงบประมาณการลงทุนและต้องเป็นระบบที่มีค่าบริหารอาคารเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของอาคาร

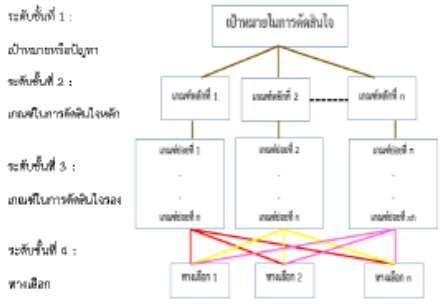
จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น เพื่อให้ทราบระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยและนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจพิจารณาการเลือกระบบปรับอากาศอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาเหตุผล ถูกคิดค้นโดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty เป็นการเปรียบเทียบหาความสำคัญของแต่ละเกณฑ์และสังเคราะห์ (Synthesis) ตัวเลขของการวินิจฉัยนั้นเพื่อที่จะคำนวณดูว่าเกณฑ์หรือทางเลือกอะไรที่มีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุดและมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของการแก้ปัญหานั้น ดังนั้นเทคนิค AHP จึงเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ และน่าเชื่อถือสำหรับการตัดสินใจที่ต้องใช้เหตุผล [2] และ [3] ขั้นตอนกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักได้แก่ [4]

2.1 กำหนดประเด็นปัญหา ผู้ตัดสินใจต้องให้คำจำกัดความของปัญหาและกำหนดประเด็นหลักรวมทั้งต้องหาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุด

2.2 สร้างแผนภูมิลำดับชั้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างแผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นกระบวนการ AHP

2.3 คำนวณลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจจะทำโดยการเปรียบเทียบแบบคู่ (Pair-Wise Comparison) สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบดังสมการที่ 1 และการประเมินระดับความสำคัญดังตารางที่ 1

$$N = \frac{(n^2 - n)}{2} \qquad (1)$$

เมื่อ N = จำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ
n = จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ
แสดงตามตารางที่ 1 การคำนวณค่าน้ำหนัก

ตารางที่ 1 ระดับความสำคัญ (Preference Level) [5]

ระดับความสำคัญ	ค่าแสดงเป็นตัวเลข
เท่ากัน	1
เท่ากันถึงปานกลาง	2
ปานกลาง	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก	4
ค่อนข้างมาก	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า	6
มากกว่า	7
มากกว่าถึงมากที่สุด	8
มากที่สุด	9

2.4 หาค่าน้ำหนักเกณฑ์ เมื่อได้ค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาแล้ว นำตัวเลขที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญในแต่ละชั้น จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจากชั้นบนลงชั้นล่างจนครบทุกชั้น โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละชั้นมีดังนี้ ตามสมการที่ 2

$$A_{\omega} = \lambda_{max} = n \qquad (2)$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกซ์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงด้วยค่าตัวเลขซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว (Normalized)

ω คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ซึ่งอยู่ในลำดับชั้นเดียวกันหรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ลำดับชั้นที่สูงกว่า

λ_{max} คือ Maximum Eigenvector

2.5 การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) เป็นการตรวจสอบผลการเปรียบเทียบที่ได้ ว่ามีความสอดคล้องกันของเหตุและผลหรือไม่ตรวจสอบโดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผลดังนี้

2.5.1 คำนวณหาค่า λ_{max} จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวินิจฉัยในเกณฑ์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$

2.5.2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I) ตามสมการที่ 3

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \qquad (3)$$

2.5.3 เปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1 x 1 จนถึง 15 x 15 ผลของ R.I. แสดงดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index : R.I.)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

2.5.4 คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) คำนวณได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \qquad (4)$$

ถ้าค่าของ C.R. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้ จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบในเกณฑ์นั้นกันใหม่ จนได้ค่า C.R. ที่สามารถยอมรับได้

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 กำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดเป็นปัจจัยหลัก 4 ด้านคือราคา เทคโนโลยี คุณภาพและความยืดหยุ่นของระบบ และกำหนดปัจจัยรองทั้งสิ้น 15 ปัจจัย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ปัจจัยด้านราคา	ลงทุนครั้งแรก
	ราคาอะไหล่
	บำรุงรักษา
ปัจจัยด้านเทคโนโลยี	ระบบควบคุมปรับอากาศ
	อัตราส่วนประสิทธิภาพ
	เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม
	มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา
ปัจจัยด้านคุณภาพ	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ
	อายุการใช้งาน
	ความดังของระบบ
	ความปลอดภัยการใช้งาน
ปัจจัยความยืดหยุ่นของระบบ	รองรับการเปลี่ยนแปลง
	ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันใช้งาน
	กำหนดเวลาในการใช้งาน
	สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

3.2 ทำการออกแบบสอบถามตามหลักการของวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นและการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศและผู้บริหารโรงงานในกรณีศึกษาจำนวน 9 ราย ตารางที่ 4

2.5 การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) เป็นการตรวจสอบผลการเปรียบเทียบที่ได้ ว่ามีความสอดคล้องกันของเหตุและผลหรือไม่ตรวจสอบโดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผลดังนี้

2.5.1 คำนวณหาค่า λ_{max} จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวินิจฉัยในเกณฑ์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$

2.5.2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I) ตามสมการที่ 3

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \qquad (3)$$

2.5.3 เปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1 x 1 จนถึง 15 x 15 ผลของ R.I. แสดงดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index : R.I.)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

2.5.4 คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) คำนวณได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \qquad (4)$$

ถ้าค่าของ C.R. มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้ จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบในเกณฑ์นั้นกันใหม่ จนได้ค่า C.R. ที่สามารถยอมรับได้

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 กำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดเป็นปัจจัยหลัก 4 ด้านคือราคา เทคโนโลยี คุณภาพและความยืดหยุ่นของระบบ และกำหนดปัจจัยรองทั้งสิ้น 15 ปัจจัย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ปัจจัยด้านราคา	ลงทุนครั้งแรก
	ราคาอะไหล่
	บำรุงรักษา
ปัจจัยด้านเทคโนโลยี	ระบบควบคุมปรับอากาศ
	อัตราส่วนประสิทธิภาพ
	เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม
	มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา
ปัจจัยด้านคุณภาพ	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ
	อายุการใช้งาน
	ความดังของระบบ
	ความปลอดภัยการใช้งาน
ปัจจัยความยืดหยุ่นของระบบ	รองรับการเปลี่ยนแปลง
	ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันใช้งาน
	กำหนดเวลาในการใช้งาน
	สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น

3.2 ทำการออกแบบสอบถามตามหลักการของวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นและการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศและผู้บริหารโรงงานในกรณีศึกษาจำนวน 9 ราย ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างแบบสอบถามที่ใช้เก็บข้อมูล

ปัจจัยหลัก	คะแนนมาตรฐานของการเปรียบเทียบปัจจัย																	ปัจจัยหลัก
	มากกว่า								เท่า	น้อยกว่า								
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เทคโนโลยี
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ
ราคา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ
เทคโนโลยี	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คุณภาพ
เทคโนโลยี	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ
คุณภาพ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความยืดหยุ่นของระบบ

3.3 ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Expert Choice v.11 พิจารณาข้อมูลที่มีค่า C.R. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Expert Choice

3.4 นำผลการวิเคราะห์ของแต่ละปัจจัยทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยรองของทั้ง 9 ท่านมาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อสรุปเป็นผลคำคะแนนระดับสำคัญเฉลี่ยของภาพรวม ค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัยหลักแสดงดังตารางที่ 5 และค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัยแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

	คะแนนระดับความสำคัญ									
ปัจจัยหลัก	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	ค่าเฉลี่ย
ราคา	0.240	0.180	0.580	0.888	0.179	0.138	0.147	0.081	0.160	0.296
เทคโนโลยี	0.248	0.237	0.182	0.401	0.600	0.589	0.660	0.572	0.155	0.362
คุณภาพ	0.562	0.347	0.130	0.415	0.186	0.445	0.156	0.446	0.637	0.347
ความยืดหยุ่น	0.150	0.237	0.108	0.304	0.035	0.029	0.038	0.101	0.047	0.095
CR	0.10	0.09	0.09	0.02	0.09	0.10	0.10	0.06	0.09	

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัย

ปัจจัยรอง	คะแนนระดับความสำคัญ									
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	ค่าเฉลี่ย
ราคา										
ลงทุนครั้งแรก	0.661	0.122	0.118	0.236	0.500	0.789	0.287	0.666	0.199	**0.397**
ราคาอะไหล่	0.208	0.320	0.268	0.082	0.073	0.103	0.078	0.167	0.068	**0.152**
บำรุงรักษา	0.131	0.558	0.614	0.682	0.427	0.108	0.635	0.167	0.733	**0.451**
เทคโนโลยี										
ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.241	0.453	0.519	0.235	0.077	0.080	0.129	0.233	0.254	**0.246**
อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.627	0.268	0.211	0.365	0.662	0.668	0.571	0.391	0.592	**0.484**
เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.086	0.113	0.158	0.280	0.221	0.208	0.252	0.065	0.118	**0.167**
มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.046	0.166	0.112	0.120	0.040	0.044	0.048	0.311	0.036	**0.103**

ปัจจัยรอง	คะแนนระดับความสำคัญ									
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	ค่าเฉลี่ย
คุณภาพ										
ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.574	0.282	0.542	0.236	0.474	0.331	0.262	0.148	0.125	**0.330**
อายุการใช้งาน	0.260	0.125	0.239	0.322	0.102	0.088	0.104	0.683	0.135	**0.229**
ความดังของระบบ	0.049	0.093	0.154	0.074	0.039	0.041	0.047	0.071	0.040	**0.068**
ความปลอดภัยการใช้งาน	0.117	0.500	0.065	0.368	0.385	0.540	0.587	0.098	0.700	**0.373**
ความยืดหยุ่น										
รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.237	0.114	0.495	0.239	0.620	0.661	0.431	0.045	0.481	**0.369**
ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันใช้งาน	0.148	0.396	0.314	0.240	0.243	0.203	0.414	0.233	0.109	**0.256**
กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.407	0.123	0.089	0.079	0.091	0.083	0.113	0.593	0.369	**0.216**
สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.208	0.367	0.102	0.442	0.046	0.054	0.042	0.129	0.041	**0.159**

5. นำค่าคะแนนระดับความสำคัญเฉลี่ยมาวิเคราะห์หาน้ำหนักความสำคัญของภาพรวมของแต่ละปัจจัยและสรุปผลการวิเคราะห์และกำหนดปัจจัยสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นโดยเรียงตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญ

4. ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น พบว่า

4.1 ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) ของทุกชุดข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ดังรูปที่ 3 แสดงว่าข้อมูลมีค่าความสอดคล้องที่ยอมรับได้

4.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับการประเมินการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น ด้วยโปรแกรม Expert Choice v.11 จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปรับอากาศและผู้บริหารโรงงานในกรณีศึกษาจำนวน 9 ราย สรุปผลค่าเฉลี่ยน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบปัจจัยหลักและปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัยได้ดังตารางที่ 6

จากตารางที่ 7 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญเรียงจากมากไปหาน้อยได้แก่ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (0.362) เป็นลำดับที่หนึ่ง ตามด้วย คุณภาพ (0.347) ด้านราคา (0.196) และด้านความยืดหยุ่นของระบบ (0.095) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญของปัจจัยรองของแต่ละปัจจัยหลัก สามารถอธิบายได้ดังนี้

ปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่หนึ่งคือปัจจัยด้านเทคโนโลยี (0.362) และปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านเทคโนโลยีนั้นค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่เรียงจากมากไปหาน้อยได้แก่ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (0.484) ตามด้วยระบบควบคุมปรับอากาศ (0.246) เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (0.167) และมีระบบสำรองกรณีมีปัญหา (0.103)

ส่วนปัจจัยด้านคุณภาพ (0.347) เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญลำดับที่สองโดยมีปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านคุณภาพประกอบด้วยความปลอดภัยการใช้งาน (0.373) ตามด้วยค่าเชื่อถือได้ของระบบ (0.330) อายุการใช้งาน (0.229) และความดังของระบบ (0.068)

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญที่สามคือปัจจัยด้านราคา (0.196) ปัจจัยรองด้านราคาประกอบด้วยค่าบำรุงรักษา (0.451) ตามด้วย ราคาลงทุนครั้งแรก (0.397) และราคาอะไหล่ (0.152)

ส่วนปัจจัยด้านความยืดหยุ่นของระบบมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญเป็นลำดับที่สี่ โดยมีปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยด้านความยืดหยุ่นของระบบประกอบด้วยสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลง (0.369) ตามด้วยสามารถปรับเปลี่ยนฟังก์ชั่นการ

ใช้งาน (0.256) กำหนดเวลาในการใช้งาน (0.216) และสามารถ ทำงานร่วมกับระบบอื่นได้ (0.159)

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักระดับความสำคัญและลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัย

ปัจจัยหลัก	คะแนนเฉลี่ยปัจจัยหลัก A	ลำดับความสำคัญ	ปัจจัยรอง	คะแนนเฉลี่ยปัจจัยรอง B	คะแนนปัจจัยหลักและปัจจัยรอง C = A x B	ลำดับความสำคัญ
ราคา	0.196	3	ลงทุนครั้งแรก	0.397	0.078	7
			ราคาอะไหล่	0.152	0.030	11
			บำรุงรักษา	0.451	0.088	5
เทคโนโลยี	0.362	1	ระบบควบคุมปรับอากาศ	0.246	0.089	4
			อัตราส่วนประสิทธิภาพ	0.484	0.175	1
			เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	0.167	0.060	8
			มีระบบสำรองกรณีมีปัญหา	0.103	0.037	9
คุณภาพ	0.347	2	ค่าเชื่อถือได้ของระบบ	0.330	0.115	3
			อายุการใช้งาน	0.229	0.079	6
			ความดังของระบบ	0.068	0.024	12
			ความปลอดภัยการใช้งาน	0.373	0.129	2
ความยืดหยุ่น	0.095	4	รองรับการเปลี่ยนแปลง	0.369	0.036	10
			ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันใช้งาน	0.256	0.024	12
			กำหนดเวลาในการใช้งาน	0.216	0.021	14
			สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น	0.159	0.015	15

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) มาช่วยวิเคราะห์และกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษาที่ผลิตและพิมพ์ฉลากสินค้า โดยรวบรวมข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาจำนวน 9 ราย ทำการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ด้านคือ1) ราคา โดยมีปัจจัยรองด้านราคาจำนวน 3 ปัจจัย 2) เทคโนโลยี โดยมีปัจจัยรองด้านเทคโนโลยีจำนวน 4 ปัจจัย 3) คุณภาพ โดยมีปัจจัยรองด้านคุณภาพจำนวน 4 ปัจจัย และ 4) ความยืดหยุ่นของระบบ โดยมีปัจจัยรองด้านความยืดหยุ่นของระบบ จำนวน 4 ปัจจัย ซึ่งสามารถรวมปัจจัยรองได้ทั้งสิ้น 15 ปัจจัย จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) โดยโปรแกรม Expert Choice v.11 ให้ความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) ของทุกชุดข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ จึงสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ ปัจจัยหลักสำหรับการประเมินการเลือกระบบปรับอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ปัจจัย***ด้านเทคโนโลยี*** (0.362) เป็นลำดับที่หนึ่งตามด้วย ***ด้านคุณภาพ*** (0.347) ***ด้านราคา*** (0.196) และ***ด้านยืดหยุ่นของระบบ***(0.095) ตามลำดับ และเมื่อเรียงลำดับความสำคัญภาพรวมของระดับปัจจัยรองทั้ง 15 ปัจจัยภายใต้ 4 ปัจจัยหลัก จะพบว่าปัจจัยรองที่มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระดับความสำคัญในสามลำดับแรก ได้แก่ปัจจัยด้าน***อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน*** (0.175) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักระดับความสำคัญเป็นลำดับที่หนึ่ง ตามด้วย***ปัจจัยด้านความปลอดภัยการใช้งาน*** (0.129) และปัจจัย***ด้านค่าเชื่อถือได้ของระบบ*** (0.115)

6. อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) มาช่วยวิเคราะห์และกำหนดระดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ส่งผลต่อการคัดเลือกระบบปรับอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการใช้หลักวิชาการเข้ามาช่วยในการกำหนดปัจจัยวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงการตัดสินใจ การดำเนินการวิจัยครั้งนี้จึงมีหลักการคิดเหมือนกับผู้ศึกษาและวิจัยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ท่านอื่นๆ นิยมจะให้ความสำคัญด้านคุณภาพอาทิเช่นรัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์[6] ที่มีข้อสรุปปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลในการคัดเลือกเครื่องจักรอันดับหนึ่งซึ่งให้ความสำคัญด้านคุณภาพ ทั้งนี้ยังสอดคล้อง จิระวัฒน์ เอมโกษา [7] ที่ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกชิ้นส่วนผู้ผลิตชิ้นส่วนโรงงานประกอบรถยนต์ผู้ส่งมอบอันดับหนึ่ง คือด้านปัจจัยคุณภาพ และสำหรับการศึกษาผลของ จุฑาภรณ์ เชื้อทอง [8] ที่ใช้ AHPในการคัดเลือกผู้จำหน่ายคอมพิวเตอร์ สำหรับปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพความสำเร็จในการพิจารณาการตัดสินใจ ดังนั้นจึงมีบริษัทจำนวนมากที่นำปัจจัยเหล่านี้มาเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1 สภาวิศวกร. 2559. ระบบปรับอากาศ. เข้าถึงได้จาก http://www.coe.or.th/coe2/Download/Articles/ME/CH4.pdf

2 วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก, โรงพิมพ์กราฟฟิคแอนด์ปริ้นติ้งเซ็นเตอร์, 2542.

3 วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2559. การตัดสินใจกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Decision Making by Analytic Hierarchy Analysis Hierarchy Process). เข้าถึงได้จาก http://irre.kku.ac.th/pubart/PubArt/53-AHP-paper.pdf

4 สาธิต แสงโสภา. "การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินระบบแผ่นพื้นโดยใช้ AHP." วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.

5 Saaty, T.L. The Analytic Hierarch, Mc Grow-Hill. 1980.

6 รัฐรุจน์ ฐิติชาติธนวงศ์. "การจัดลำดับปัจจัยความสำคัญในการเลือกเครื่องจักรโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องประดับ." วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี, 2557.

7 จิระวัฒน์ เอมโกษา. "การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการตัดสินใจเลือกผู้ผลิตชิ้นส่วน: กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์." วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2544.

8 จุฑาภรณ์ เชื้อทอง. (2552). การประยุกต์ใช้กระบวนการ AHP เพื่อเลือกผู้แทนจำหน่ายคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คที่เหมาะสม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายอภิวัฒน์ คงสายเสริม
วัน เดือน ปีเกิด	01 กุมภาพันธ์ 2526
ที่อยู่	310/830 ซอยสรงประภา 14 แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10210
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2546 – 2548	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ วิชาเอกเครื่องมือกล
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2553 – 2558	ตำแหน่งวิศวกรฝ่ายขาย บริษัท ซีไอ กรุ๊ปจำกัด (มหาชน)
พ.ศ.2558– 2559	ตำแหน่งผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท สเปเชียล บิซิเนส จำกัด
พ.ศ.2559 – ปัจจุบัน	ประกอบธุรกิจส่วนตัว
ติดต่อ	aphiwat_k@mail.rmutt.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี