



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

ปริญญา

การจัดการวิศวกรรม

วิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา

สาขา

คณะ

เรื่อง การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สำหรับการตัดสินใจ  
เลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Development of Expert System and AHP for Decision Making of Metrology  
Instruments Selection in Petrochemical Industry

นามผู้วิจัย นางสาวรุจิรา ปานเดช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ นุ่มทอง, D.Eng. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพงศ์ กลั่นคำสอน, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการตัดสินใจเลือก  
เครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Development of Expert System and AHP for Decision Making of Metrology Instruments  
Selection in Petrochemical Industry

โดย

นางสาวรุจิรา ปานเดช

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม)

พ.ศ. 2558

รุจิรา ปานเดช 2558: การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์  
สำหรับการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ปริญญาวิศวกรรมศาสตร  
มหาบัณฑิต (การจัดการวิศวกรรม) สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
ศรีราชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ นุ่มทอง, วศ.ค.  
171 หน้า

การตัดสินใจในการเลือกเครื่องมือวัดให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ โดยมีความ  
ปลอดภัย คุณภาพ และราคาที่เหมาะสมนั้น เป็นกระบวนการที่สำคัญในการออกแบบของ  
อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัด ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของมาตรฐานสากล  
และข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละโรงงาน ชนิดและสมบัติของเครื่องมือวัดถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ  
ด้านวิศวกรรมเครื่องมือวัด ที่มีทักษะและประสบการณ์ในการเปรียบเทียบ และเลือกเครื่องมือวัด  
จากตัวแทนจำหน่ายหลากหลายยี่ห้อ อย่างไรก็ตามสมรรถนะของผู้เชี่ยวชาญนั้น มีขีดจำกัดในการ  
เลือกเครื่องมือวัดที่มีความหลากหลายในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดใหญ่ ซึ่งมีเวลาและราคาเป็น  
ข้อจำกัดที่ใช้กำหนดการเลือก งานวิจัยนี้เสนอการบูรณาการระบบผู้เชี่ยวชาญ (ES) ร่วมกับ  
กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อใช้ในการเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม  
ปิโตรเคมี โดยพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อระบุชนิดและข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือวัด ซึ่งจะต้อง  
ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในขณะที่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์  
นำมาใช้ในการเปรียบเทียบปัจจัยเชิงปริมาณและคุณภาพของเครื่องมือวัดจากผู้แทนจำหน่าย  
หลากหลายยี่ห้อ ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมถูกจัดเก็บและจัดการในรูปแบบของ  
ระบบกฎเกณฑ์ ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถลดเวลา ลดค่าใช้จ่ายและความผิดพลาดจากการเลือก  
เครื่องมือวัดที่ใช้ในการออกแบบของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Rujira Pandech 2015: Development of Expert System and AHP for Decision Making of Metrology Instruments Selection in Petrochemical Industry. Master of Engineering (Engineering Management), Major Field: Engineering Management, Faculty of Engineering at Si Racha. Thesis Advisor: Assitant Professor Chaiwat Numthong, D.Eng. 171 pages.

Decision making for selection appropriate metrology instrument to meet specification, quality, safety and cost is an important process in petrochemical plant design. Instruments selection criterion is based on the international standard and specification of each plant requirement. Types and technical specifications of instrument have been defined by the instrument engineering experts, who have skills and experiences to compare and pick the instruments from many vendors. However, the performance of experts is limited for selection the many instruments of a large petrochemical plant project. Therefore, time and cost are the constraints to be determined for selecting the instruments of this phase. This research presents the integration of the expert system (ES) and analytic hierarchy process (AHP) to support the measure instruments selection for petrochemical plant. The expert system is developed to specify the type and spec of instruments based on the petrochemical plant design while AHP is used to draw comparison of both quantitative and qualitative factors of each instrument with many vendors. The knowledge of instrument engineer experts is stored and managed in term of rule-based system. The developed system can reduce time, cost, and human error from instrument selection in petrochemical plant design.

---

Student's Signature

---

Thesis Advisor's Signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ได้กรุณาใช้เวลา ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์ผู้สอนหลักสูตรการจัดการวิศวกรรม ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ ถ่ายทอดระบบความคิดในการสร้างองค์ความรู้ต่าง ๆ ให้กับผู้วิจัย และขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กันมาโดยตลอด

ความสำเร็จในครั้งนี้ คงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจากบิดา มารดา ที่ส่งเสริม สนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ไฉน โอกาสนี้

รุจิรา ปานเดช  
มกราคม 2558

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	67
ผล	67
วิจารณ์	83
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
สรุป	91
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม	99
ภาคผนวก ข ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถาม	105
ภาคผนวก ค ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถาม	122
ภาคผนวก ง การกำหนดค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ	125
ภาคผนวก จ ตัวอย่างค่าลำดับความสำคัญของสินค้าทั้ง 6 ปีจัญ	128
ภาคผนวก ฉ ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกเครื่องมือวัด	141
ภาคผนวก ช กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัด	144
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	171

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์ในการตัดสินใจ	11
2	มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่	11
3	เมตริกซ์เกณฑ์ในการตัดสินใจ	12
4	เมตริกซ์เกณฑ์ในการตัดสินใจส่วนกลับ	12
5	ค่าจากการสุ่มตัวอย่าง (RI)	13
6	ค่าน้ำหนักจากแบบสอบถาม	68
7	ข้อมูลเครื่องมือวัดที่ถูกคัดค้าน	73
8	ข้อมูลเครื่องมือวัดแต่ละข้อ	76
9	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง	79
10	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา	79
11	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน	80
12	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย	80
13	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่เราไม่เปลี่ยนแปลง	81
14	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน	81
15	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านเวลา ในการดำเนินงาน	84
16	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านทรัพยากร บุคคล	85
17	ประสิทธิภาพในการเลือกเครื่องมือวัด	86
18	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านเงินลงทุน	87
19	แบบฟอร์มการตรวจสอบผลโดยผู้ใช้งาน	88
20	สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ	89

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 1	106
ข2	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 2	106
ข3	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 3	107
ข4	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 4	107
ข5	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 5	108
ข6	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 6	108
ข7	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 7	109
ข8	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 8	109
ข9	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 9	110
ข10	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 10	110
ข11	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 11	111
ข12	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 12	111
ข13	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 13	112
ข14	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 14	112
ข15	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 15	113
ข16	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 16	113
ข17	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 17	114
ข18	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 18	114
ข19	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 19	115
ข20	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 20	115
ข21	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 21	116
ข22	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 22	116

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข23	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 23	117
ข24	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 24	117
ข25	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 25	118
ข26	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 26	118
ข27	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 27	119
ข28	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 28	119
ข29	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 29	120
ข30	ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 30	120
ค1	ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถาม	123
ง1	การกำหนดค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ	126
จ1	ตัวอย่างค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง	129
จ2	ตัวอย่างค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา	131
จ3	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน	133
จ4	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย	135
จ5	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่เราไม่เปลี่ยนแปลง	137
จ6	ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน	139
ฉ1	ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกเครื่องมือวัด	142

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
2	การสร้างแผนภูมิลำดับชั้น	10
3	แนวคิดพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ	16
4	องค์ประกอบในระบบผู้เชี่ยวชาญ	16
5	โครงสร้างการทำงานของ Production System	18
6	วงจรปฏิบัติการของ PS	19
7	ขั้นตอนการทำงานของแผนกเครื่องมือวัด	28
8	แผนผังท่อและเครื่องมือวัด (Piping and Instrument Diagram: P&ID)	29
9	ข้อกำหนดมาตรฐาน (Criteria)	30
10	ข้อกำหนดทั่วไป (General Specification)	30
11	การจำแนกพื้นที่อันตราย (Area Classification)	30
12	ข้อกำหนดงานท่อ (Piping Specification)	31
13	ข้อมูลการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ถัง (Vessel Information)	31
14	ข้อมูลกระบวนการ (Process Data)	32
15	ข้อกำหนดเครื่องมือวัด (Instrument Specification)	32
16	การถามตอบทางด้านเทคนิค (Technical Clarification)	33
17	ข้อประเมินทางด้านเทคนิคของการประมูล (Technical Bid Evaluate)	33
18	ขั้นตอนการทำงานของแผนกเครื่องมือวัดที่จัดการด้วยระบบ	35
19	ผังการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	38
20	ผังการเลือกเซ็นเซอร์ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	39
21	ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	40
22	ผังรายละเอียดของเทอร์โมเวลต์และเซ็นเซอร์	41
23	ผังรายละเอียดของตัวบ่งชี้วัดอุณหภูมิ	42

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ผังการเลือกเครื่องมือวัดการไหล	43
25	ผังการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 1	44
26	ผังการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 2	46
27	ผังการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 3	48
28	ผังการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 4	50
29	ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดการไหล	51
30	ผังรายละเอียดของโรตารีเมตร	52
31	ผังรายละเอียดการเลือกเครื่องมือวัดความดัน	53
32	ผังการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดความดัน	54
33	ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดความดัน	55
34	ผังรายละเอียดของตัวบ่งชี้ความดัน	56
35	ผังการเลือกเครื่องมือวัดระดับ	57
36	ผังการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดระดับ	58
37	ผังการเลือกชนิดของเกจวัดระดับ	59
38	ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดระดับ	60
39	ผังรายละเอียดของเกจวัดระดับ	61
40	การประเมินผู้ขายด้วยวิธีเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	62
41	โครงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดด้วย กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	64
42	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการเลือกเครื่องมือวัด	66
43	หน้าแรกของโปรแกรม	70
44	ใส่ชื่อและรหัสผู้ใช้งาน	70
45	หน้าการใช้งานเริ่มต้นของแผนกเครื่องมือวัด	71
46	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของลูกค้าใน ACCESS	71

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
47	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของผู้ขายใน ACCESS	74
48	กฎการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	77
49	ผลจากการเลือกชนิดเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	77
50	ผลจากการเลือกยี่ห้อของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	78
51	ผลที่ได้จาก MATLAB	82
52	ตัวอย่างผลการประเมินความพึงพอใจ	89
53	สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ	90
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ค1	การหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถามโดย MATLAB	124
ฉ1	การหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกสินค้าโดย MATLAB	142

## การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการตัดสินใจ เลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

### Development of Expert System and AHP for Decision Making of Metrology Instruments Selection in Petrochemical Industry

#### คำนำ

ปัจจุบันกระบวนการออกแบบระบบเครื่องมือวัด สำหรับโครงการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ นั้น จะต้องมีการจัดเตรียมรายละเอียดเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก เพื่อนำไปใช้เป็นพื้นฐานอ้างอิงในการเลือกชนิดเครื่องมือวัด การจัดซื้ออุปกรณ์และเลือกระบบเครื่องมือวัด เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้งานตามแบบและข้อกำหนดทางด้านเทคนิค รวมทั้งมีความเหมาะสมในด้านการเงิน โดยการดำเนินการออกแบบและจัดทำรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและความซับซ้อนของระบบเครื่องมือวัด เพื่อให้เอกสารมีความสมบูรณ์และการดำเนินงานที่มีคุณภาพ มีความถูกต้องนั้น ต้องอาศัยทักษะความรู้และประสบการณ์ของผู้ออกแบบระบบเป็นหลัก ในการเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม ซึ่งปัจจุบันปัญหาที่พบคือ การเลือกชนิดของระบบเครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมกับกระบวนการ การเลือกประเภท รุ่นหรือข้อกำหนด ทางด้านเทคนิคของเครื่องมือวัดไม่เหมาะสม ส่งผลให้ค่าการวัดเกิดความคลาดเคลื่อน การพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดต้องใช้หลายปัจจัยมาพิจารณาจึงจะทำให้การตัดสินใจเลือกประเภท รุ่นและตราสินค้ามีความเหมาะสม ซึ่งปัจจุบันการตัดสินใจอาศัยเพียงประสบการณ์ของผู้ออกแบบระบบเครื่องมือวัดเป็นหลัก การออกแบบระบบเครื่องมือวัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการออกแบบระบบเครื่องมือวัดเป็นขั้นตอนแรก ๆ ของการเริ่มต้น โครงการ โดยคุณภาพในการออกแบบและการเลือกใช้เครื่องมือวัด หมายถึงการออกแบบและเลือกให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ตรงกับมาตรฐานที่กำหนดเป็นที่ยอมรับของสากล และครอบคลุมด้านความปลอดภัยและความคุ้มค่าในการใช้งาน รวมทั้งต้องสอดคล้องกับส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งหรือออกแบบระบบเครื่องมือวัด ดังนั้นถ้ามีการจัดการระบบการเลือกเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้คุณภาพของการออกแบบระบบเครื่องมือวัดสูงขึ้นและส่งผลให้การออกแบบมีข้อผิดพลาดน้อยลง ลดปัญหาในการติดตั้งที่บริเวณหน้างาน อันเนื่องมาจากการออกแบบและเครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ยังสามารถควบคุม

งบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการติดตั้งระบบเครื่องมือวัดของแต่ละโครงการให้อยู่ภายใต้ งบประมาณที่กำหนด อีกทั้งยังช่วยให้ส่งมอบงานภายในระยะเวลาที่กำหนด ไม่เกิดความล่าช้าอัน เนื่องมาจากการออกแบบและเลือกเครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสม และปัจจัยที่สำคัญ คือ ถ้าการ ออกแบบและเลือกเครื่องมือวัดผิดพลาดไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ทำให้เกิดความเสียหายในการ เกิดอันตรายกับคนที่ทำงานในโรงงานนั้น ๆ ได้ เพราะพื้นที่ในโรงงานที่ได้กล่าวมาจะเป็นพื้นที่ อันตราย ที่ต้องมีระบบความปลอดภัยได้ตามมาตรฐานและมีเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ ดังนั้นการ ตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ เป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการออกแบบและติดตั้ง ระบบเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จำเป็นต้องมีการควบคุมให้งานได้ตามมาตรฐานเป็นที่ ยอมรับ เพื่อสร้างความมั่นใจให้ลูกค้าในด้านการใช้งานและด้านความปลอดภัย

สำหรับปัจจุบันนี้ ปัญหาที่พบในงานออกแบบและเลือกเครื่องมือวัด คือ ปัญหาการใช้เวลา ในการพิจารณาเครื่องมือวัดมาก ทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการโดยรวม เนื่องจากในแต่ละ โครงการจะมีรายการติดตั้งเครื่องมือวัดจำนวนมาก รวมทั้งมีจำนวนข้อมูลเครื่องมือวัดในแต่ละตรา สิ้นค้า รุ่นและข้อกำหนดที่แตกต่างกัน การใช้เวลาเพื่อการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดต้องอาศัย ทักษะและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เพื่อช่วยในการเลือกระบบและ ชนิด รวมทั้งข้อกำหนดเชิงเทคนิคที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ติดตั้งร่วมกับระบบงานเดินท่อของ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี นอกจากนี้การออกแบบระบบเครื่องมือวัดสำหรับงานอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี ยังเป็นการทำงานร่วมกันของแผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรมกระบวนการ ไฟฟ้า ระบบวางท่อ เครื่องกล จัดซื้อ และโครงการ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงแบบและข้อกำหนดของ ลูกค้า ทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เสนอการออกแบบและพัฒนาระบบการตัดสินใจเลือกตราสินค้า ประเภท รุ่นเครื่องมือวัด โดยการนำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาช่วยในการตัดสินใจด้วยการเขียน ออกมาเป็นกฎ (Rules) เพื่อช่วยตัดสินใจเลือกประเภทเครื่องมือวัดที่เหมาะสมตามเงื่อนไขทางด้าน เทคนิค รวมทั้งการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบและเลือกเครื่องมือวัดสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยเครื่องมือวัดใน อุตสาหกรรมปิโตรเคมี สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัด ความดัน เครื่องมือวัดการไหล และเครื่องมือวัดระดับ

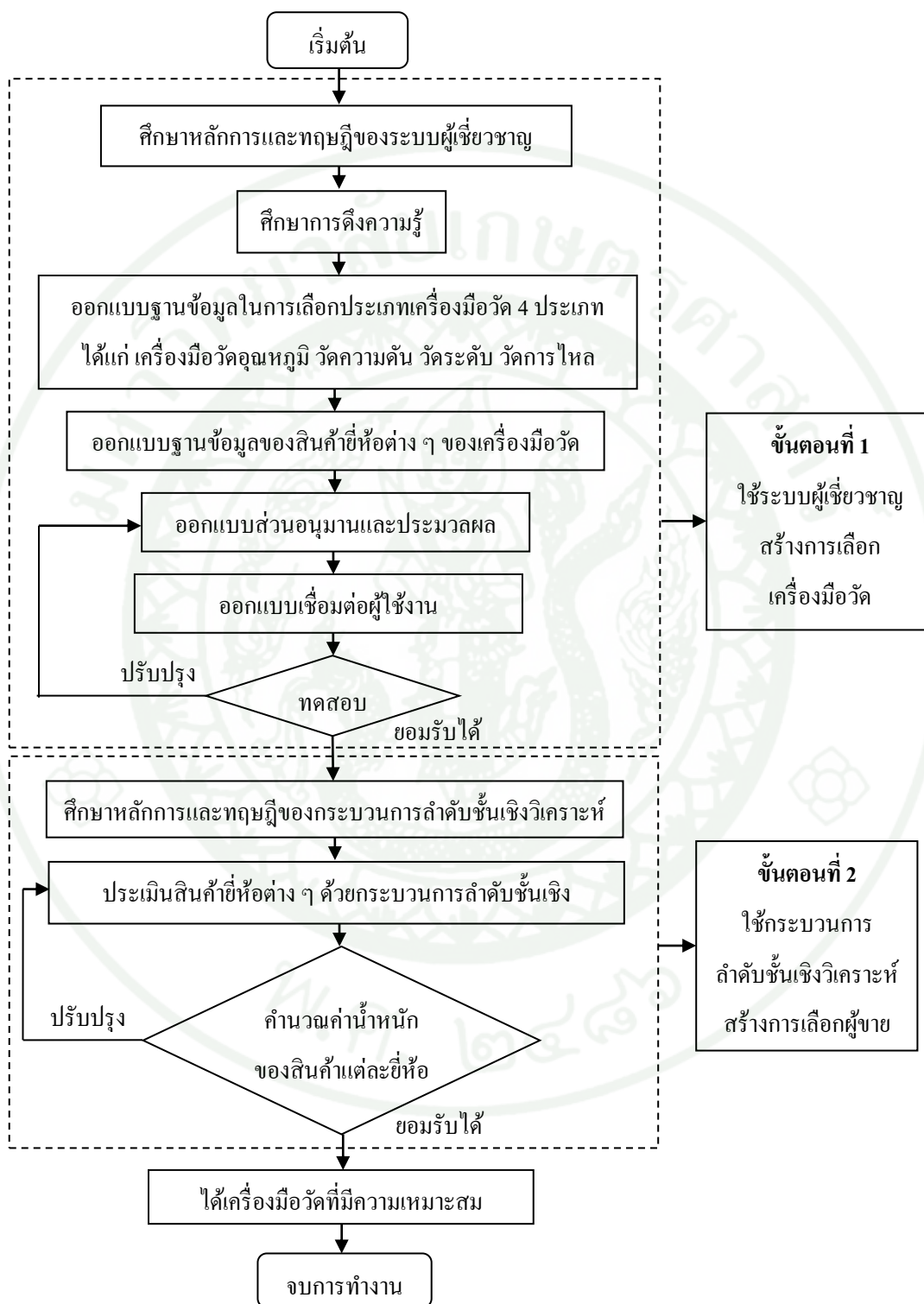
## วัตถุประสงค์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเลือกเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ด้วยการบูรณาการระบบผู้เชี่ยวชาญร่วมกับเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

### ขอบเขตของการทำวิจัย

1. ศึกษากระบวนการทำงานของแผนกควบคุมและเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
2. เครื่องมือวัดในกรณีศึกษา ประกอบด้วย เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 5 ชนิด เครื่องมือวัดความดัน 4 ชนิด เครื่องมือวัดการไหล 7 ชนิด และเครื่องมือวัดระดับ 7 ชนิด
3. จำนวนผู้ขายที่นำมาพิจารณาในกรณีศึกษา คือ จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 28 รุ่น จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดความดัน 15 รุ่น จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดการไหล 33 รุ่น และจำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดระดับ 35 รุ่น

## ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของวิจัย ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ การเลือกประเภทเครื่องมือวัดด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ และการเลือกผู้ขายเครื่องมือวัดด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

#### ขั้นตอนที่ 1 การเลือกเครื่องมือวัดด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบกฎ (Rule-based)

1. เริ่มต้นจากการศึกษาหลักการและทฤษฎีของระบบผู้เชี่ยวชาญ
2. ศึกษาการดึงความรู้ (Knowledge Extraction) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ดึงความรู้ที่เกี่ยวกับการคัดเลือกเครื่องมือวัด โดยนำข้อมูลจากเอกสาร ข้อกำหนด มาตรฐาน หรือจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาเก็บรวบรวมในฐานความรู้
3. รวบรวมและออกแบบระบบฐานข้อมูลในการเลือกประเภทเครื่องมือวัด 4 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดระดับ เครื่องมือวัดการไหล
4. รวบรวมการออกแบบฐานข้อมูลของสินค้ายี่ห้อต่าง ๆ ของเครื่องมือวัด เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกมาใช้งาน
5. ออกแบบส่วนอนุมานและประมวลผล เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลความรู้ในฐานความรู้ เพื่อนำมาเลือกประเภทเครื่องมือวัดที่เหมาะสม
6. ออกแบบส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งาน (User interface) เพื่อให้ผู้ใช้งาน ใช้งานได้อย่างสะดวก
7. ทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความสามารถและความถูกต้องของระบบก่อนใช้งานในขั้นตอนต่อไป

#### ขั้นตอนที่ 2 คัดเลือกผู้ขายเครื่องมือวัดด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

1. เริ่มต้นจากการศึกษาหลักการและเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

2. ประเมินสินค้ายี่ห้อต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดทั้ง 4 ประเภท ด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

3. กำหนดค่าน้ำหนักของสินค้าแต่ละยี่ห้อ เพื่อคำนวณหาปีที่ห้อยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องมือวัดแต่ละประเภท

ผลที่ได้รับจากการบูรณาการระบบผู้เชี่ยวชาญและเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สำหรับเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยมีขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน ดังที่กล่าวไปข้างต้น คือ เครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมกับลักษณะงานและยี่ห้อที่เลือกซื้อภายใต้ปัจจัยการพิจารณา

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจัดการข้อมูลที่มีจำนวนมาก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องมือวัดด้วยระบบฐานข้อมูล เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลได้รวดเร็ว สะดวกและมีความถูกต้อง
2. สามารถลดเวลาในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดด้านต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
3. สามารถปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานและลดขั้นตอนการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
4. สามารถจัดการองค์ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อป้องกันการสูญหายของความรู้ ที่เป็นสินทรัพย์ที่มีคุณค่าขององค์กร
5. สามารถเป็นแนวทางให้อุตสาหกรรมหรือองค์กรธุรกิจอื่น ๆ ประยุกต์เทคนิคบูรณาการระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อช่วยในการตัดสินใจในงานออกแบบทางอุตสาหกรรม

## การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์การออกแบบระบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คือ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) และระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

### กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือ AHP เป็นเทคนิคในการตัดสินใจเลือกปัญหาที่ต้องใช้การตัดสินใจที่มีความซับซ้อน และรูปแบบการตัดสินใจที่มีลักษณะเป็น โครงสร้างลำดับชั้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นในปี 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty ซึ่งได้รับปริญญาเอกสาขาคณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย

หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ คือการสร้างตัวแบบของปัญหาให้เป็น โครงสร้างลำดับชั้นที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่างลำดับชั้น โดยใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ ความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์พิจารณา นอกจากนี้ยังให้หลักการความสอดคล้องของเหตุผล ซึ่งมีสองประการ คือ หลักการตัดสินใจภายใต้ วัตถุประสงค์เดียวกัน และการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (Saaty, 2008)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ได้แบ่งองค์ประกอบของปัญหาทั้งรูปธรรม และนามธรรมออกเป็น ส่วน ๆ ต่อมาจัดให้อยู่ในแผนภูมิลำดับชั้น และกำหนดตัวเลข โดยตัวเลขนี้เกิดจากการวินิจฉัยเปรียบเทียบหาความสำคัญของแต่ละปัจจัย

### หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 หลักการ ดังต่อไปนี้ (วิฑูรย์, 2542)

1. หลักการสร้างรูปแบบของปัญหา ให้เป็น โครงสร้างลำดับชั้นที่มีความเชื่อมโยงกัน ระหว่างระดับชั้น โดยแต่ละปัจจัยที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันจะเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งองค์ประกอบ หลักของ โครงสร้างลำดับชั้นประกอบด้วย ระดับชั้นของวัตถุประสงค์ ระดับชั้นของปัจจัยที่ใช้เป็น เกณฑ์การตัดสินใจ และระดับชั้นของทางเลือกต่าง ๆ ของปัญหาตามลำดับ

2. หลักการใช้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ใน กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผู้ตัดสินใจต้องเปรียบเทียบปัจจัยที่มีอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน เป็นคู่ ๆ โดยคำนึงถึงความสำคัญที่มีต่อระดับชั้นที่สูงกว่าเป็นคู่ ๆ จนครบทุกปัจจัย

3. หลักการความสอดคล้องของเหตุผล ความสอดคล้องของเหตุผลมีความหมาย สองประการ ประการแรก หลักการตัดสินใจภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน และประการที่สอง การวิเคราะห์ความสอดคล้อง

### องค์ประกอบที่ใช้พิจารณาในการตัดสินใจของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

#### 1. ปัญหาหรือเป้าหมาย (Goal)

จุดเริ่มต้นของกระบวนการตัดสินใจ คือ การกำหนดปัญหาหรือเป้าหมาย และนำปัญหา หรือเป้าหมายมาทำการพิจารณาและประเมินทางเลือก ดังนั้นการตั้งปัญหาหรือเป้าหมายอย่าง ถูกต้องและเหมาะสม จะส่งผลทำให้การประเมินทางเลือกในลำดับต่อมาเป็นไปในทิศทางที่ถูกต้อง ต่อมาทำการตั้งคำถาม ทดสอบ และปรับปรุงประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้อย่างต่อเนื่อง

#### 2. เกณฑ์หลัก หรือวัตถุประสงค์หลัก (Major Criteria) และเกณฑ์รอง หรือวัตถุประสงค์รอง (Minor Criteria)

การตั้งเกณฑ์หลัก และเกณฑ์รอง จะช่วยให้กระบวนการตัดสินใจเป็นไปอย่างมี ประสิทธิภาพ ในการตั้งเกณฑ์ควรมีมุมมองกว้างและมองในมุมกลับ เพื่อให้เกิดความสมดุล ระหว่างเกณฑ์ที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และควรคำนึงถึงผลกระทบการตัดสินใจในระยะยาว

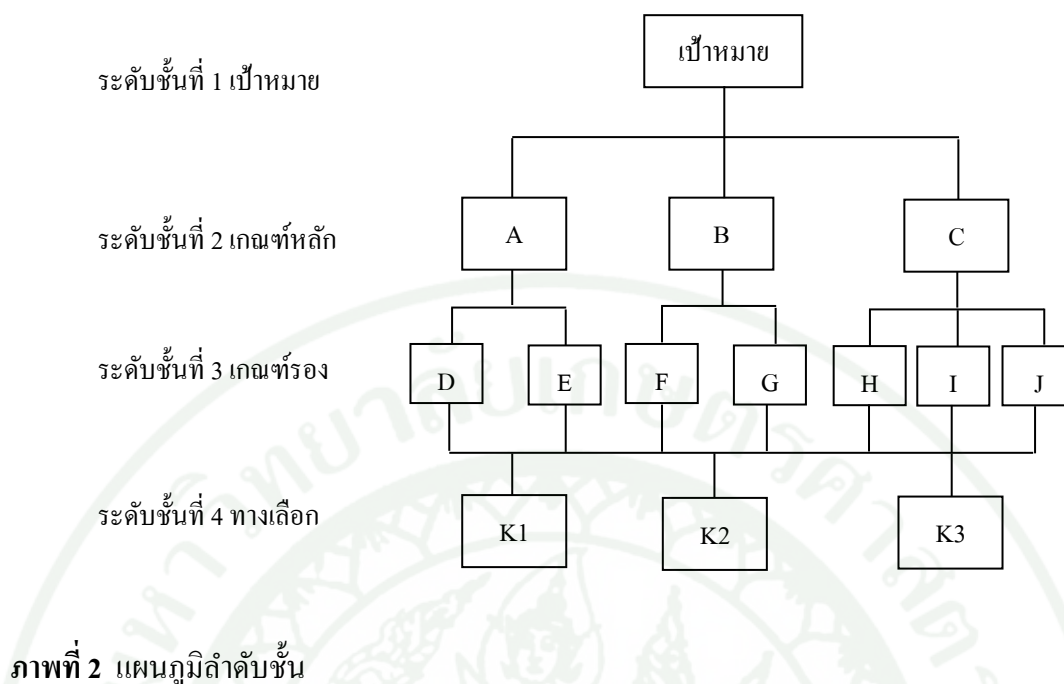
### 3. ทางเลือก (Alternative)

การกำหนดทางเลือกควรตัดสินใจโดยใช้เหตุผล ที่มีการคิดและถ่วงรอนอย่างรอบคอบ ก่อนที่จะกำหนดขึ้นมา และควรแสวงหาแนวทางเลือกใหม่ ๆ ตลอดเวลา เพราะการกำหนด ทางเลือกเป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการตัดสินใจ

#### ขั้นตอนการดำเนินงานของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

1. การวางกรอบปัญหา ในการสร้างแบบจำลองของการตัดสินใจ เริ่มจากการวางกรอบ ปัญหา กำหนดเป้าหมาย (Goal) เกณฑ์หลัก (Criteria) และเกณฑ์รอง (Sub-criteria) การกำหนด ทางเลือกต้องมีการกำหนดความหมายประเด็นของปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จะมีผลทำให้เกิด หลักเกณฑ์การตัดสินใจ ในระดับถัดมาได้ง่ายมากขึ้น

2. การสร้างแผนภูมิลำดับชั้น เป็นการนำรายละเอียดขององค์ประกอบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา มาทำการจัดหมวดหมู่ให้อยู่ในรูปแบบของแผนภูมิลำดับชั้น โดยที่ระดับชั้นด้านบนสุด เป็น เป้าหมายของปัญหา และที่ระดับชั้นล่างสุด จะเป็นทางเลือกของปัญหา โดยลักษณะโครงสร้าง แผนภูมินี้ มีข้อดี คือ แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของปัญหา ทำให้ง่าย ต่อการตัดสินใจ ลักษณะแผนภูมิลำดับชั้นแสดงดังภาพที่ 2



### 3. การวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญ

วิธีการ คือ นำปัจจัยต่าง ๆ มาจัดลำดับความสำคัญ โดยการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ตารางเมตริกซ์ เพื่อใช้คำนวณ Pairwise Comparison Matrix เป็นการเปรียบเทียบความสำคัญแต่ละคู่และนำไปใส่ในตารางเมตริกซ์ ขั้นตอนในการวินิจฉัย เริ่มจากระดับชั้นบนสุดของแผนภูมิ เพื่อเลือกเกณฑ์ที่จะใช้ในการตัดสินใจ จากนั้นปัจจัยต่าง ๆ ที่อยู่ระดับชั้นถัดลงมา จะถูกนำมาเปรียบเทียบจนถึงระดับล่างสุด โดยสมมติให้ C คือ ระดับชั้นบนสุดของแผนภูมิ เพื่อที่จะเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจ ส่วนปัจจัยระดับชั้นต่อ ๆ มา สมมติให้คือ A ประกอบไปด้วย  $A_1, A_2, \dots, A_n$  ดังแสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจ C	ปัจจัย A1	ปัจจัย A2	ปัจจัย A3	—————>	ปัจจัย An
	ปัจจัย A1				
	ปัจจัย A2				
	ปัจจัย A3				
	↓				
	ปัจจัย An				

จากตารางเกณฑ์ในการตัดสินใจ C และปัจจัย A1, A2, A3, ..., An เริ่มทำการพิจารณาจาก A1 ในแถวซ้ายมือบนสุด นำมาเปรียบเทียบกับปัจจัย A2, A3, ..., An ในแถวแนวนอน เปรียบเทียบเช่นเดียวกันนี้จนครบตาราง

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กำหนดตัวเลข 1 ถึง 9 ดังตารางที่ 2 เพื่อแทนการเปรียบเทียบ โดยการเปรียบเทียบนี้ แสดงมาตราส่วนวัดระดับความแตกต่างระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยที่ถูกเปรียบเทียบกัน โดยผลนั้นเกิดจากความชำนาญ และประสบการณ์ต่าง ๆ ภายใต้อกรอบของเหตุผล

### ตารางที่ 2 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่

ลำดับ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	ความสำคัญมากกว่าปานกลาง (Moderately More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	ความสำคัญมากกว่ามาก (Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	ความสำคัญมากกว่ามากที่สุด (Very Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมากที่สุด

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ความหมาย	คำอธิบาย
9	ความสำคัญมากกว่าสูงสุด (Extremely More Important)	ปัจจัยที่พิจารณา มีความสำคัญมากกว่าอีก ปัจจัยหนึ่งในระดับที่สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2, 4, 6, 8	กรณีที่เหมาะสมเพื่อลดช่องว่าง ระหว่างระดับ (Intermediate Judgment Value)	มีความสำคัญที่ก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญใน แต่ละระดับตามของความสำคัญของตัวเลข

กำหนดให้เส้นทแยงมุมในตารางเมตริกซ์ทุกช่องเป็น 1 ทั้งหมดและใส่ค่าวินิจฉัยลงในช่อง  
โดยพื้นที่ด้านล่างเลข 1 เป็นส่วนกลับ สมมติว่าปัจจัย A1 มีความสำคัญกว่าปัจจัย A2 ในระดับ 3  
ค่าตัวเลขในตารางสามารถเขียนได้ดังตารางที่ 3

## ตารางที่ 3 เมตริกซ์เกณฑ์ในการตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจ C	ปัจจัย A1	ปัจจัย A2	ปัจจัย A3
ปัจจัย A1	1	3	
ปัจจัย A2	1/3	1	
ปัจจัย A3			1

ในทางตรงข้าม สมมติว่าปัจจัย A1 มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัย A2 ในระดับ 3 ค่าตัวเลขใน  
ตารางสามารถเขียนได้ดังตารางที่ 4

## ตารางที่ 4 เมตริกซ์เกณฑ์ในการตัดสินใจส่วนกลับ

เกณฑ์การตัดสินใจ C	ปัจจัย A1	ปัจจัย A2	ปัจจัย A3
ปัจจัย A1	1	1/3	
ปัจจัย A2	3	1	
ปัจจัย A3			1

4. เมื่อใส่ข้อมูลในตารางจนครบ ต่อมาทำการสังเคราะห์องค์ประกอบทั้งหมดของแผนภูมิ โดยการนำเอาลำดับความสำคัญในระดับล่าง มาถ่วงน้ำหนักกับลำดับความสำคัญของปัจจัยที่อยู่ในลำดับถัดขึ้นไป ทำเช่นนี้จนจบ

5. ขั้นตอนต่อมา คือการคำนวณหาค่าความสอดคล้องของการตัดสินใจ เพื่อทดสอบการวินิจฉัยว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

5.1 คำนวณค่า  $\lambda_{\max}$  คือค่าที่ได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยแต่ละปัจจัย ในแถวตั้งแต่แถว คูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแถวบนแต่ละแถว ต่อมานำผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้น มีค่าเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่นำมาเปรียบเทียบ ในกรณีของการวินิจฉัยในปัจจัยนั้น มีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะมีผลทำให้ค่า  $\lambda_{\max} = n$

5.2 คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CI)

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

5.3 หาค่า RI (Random Index) คือค่าที่ได้มาจากการทดลองโดยการสุ่มตัวอย่างจากตาราง เมตริกซ์ 64,000 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าจากการสุ่มตัวอย่าง (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	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

ที่มา: Saaty (2008)

5.4 ขั้นตอนสุดท้าย คำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI (ค่าจากการคำนวณตารางเมตริกซ์) กับค่า RI (ค่าจากการสุ่มตัวอย่าง)

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2)$$

จากสูตรด้านบน ค่า Consistency Ratio มีผลดังนี้คือ

1. ถ้ามีปัจจัยเกินกว่า 5 ปัจจัยของการวินิจฉัย ค่า CR ไม่ควรเกิน 10%
2. ถ้ามีปัจจัยที่มี 4 ปัจจัยของการวินิจฉัย ค่า CR ไม่ควรเกิน 9%
3. ถ้ามีปัจจัยที่มี 3 ปัจจัยของการวินิจฉัย ค่า CR ไม่ควรเกิน 3%

ดังนั้นถ้าค่า CR มากกว่าที่กำหนด แสดงว่าเกณฑ์ที่ตั้งมานั้นไม่สามารถยอมรับได้ ผู้ตัดสินใจต้องทบทวนการวินิจฉัยและการจัดลำดับความสำคัญในการเปรียบเทียบรายคู่ใหม่อีกครั้ง

## 2. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่เก็บรวบรวมความรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหา การตัดสินใจของมนุษย์ ที่เป็นผู้มีความเชี่ยวชาญในด้านนั้น ๆ โดยใช้ความรู้และการสรุปผลเชิงอนุมาน สำหรับการแก้ไขปัญหา

ปัญหาส่วนใหญ่ที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญแก้ปัญานั้นเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured) ซึ่งคำตอบของปัญหามีความเป็นได้หลายอย่าง ขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาและข้อมูลที่มี การแก้ไขปัญหาประเภทนี้ไม่สามารถกำหนดขั้นตอนในการแก้ไขอย่างชัดเจนล่วงหน้าได้ แต่ต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ และสภาพของปัญหาขณะนั้นรวมกันจึงแก้ไขได้ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาโดยการเขียนโปรแกรม (Algorithm) จึงไม่สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหานี้ได้ ถึงแม้ระบบผู้เชี่ยวชาญจะเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่ง แต่โครงสร้างและเทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาต่างจากโปรแกรมที่มีมาและเป้าหมายในการประยุกต์ก็แตกต่างกัน

## ประวัติการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

เริ่มต้นจากหลังการประชุมของ McCarthy, Minsky Simon และบุคคลอื่น ๆ ปี ค.ศ. 1956 การประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความเห็นเกี่ยวกับการค้นคว้าทางด้านความรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์ แนวคิดในสมัยนี้จะเป็นแนวทางทำให้คอมพิวเตอร์แก้ปัญหาปริศนาหรือเกมส์

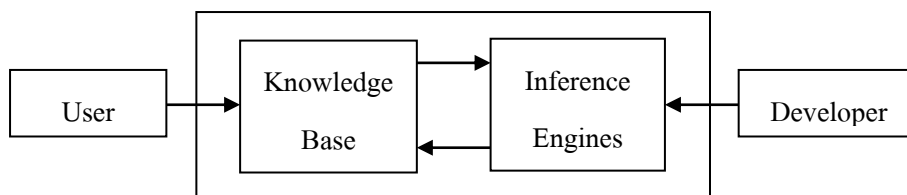
ช่วงเริ่มเข้าในปีทศวรรษที่ 1960 มีการพัฒนาเทคนิคการหาคำตอบที่เป็นผลพลอยได้จากการแก้ปัญหาปริศนาและเกมส์ ต่อมาได้มีการค้นคว้ากลไกในการแก้ปัญหาในเรื่องทั่วไป เช่น ตัวที่แก้ปัญหาทั่วไป โดย McCarthy ได้พัฒนาภาษา LISP ซึ่งเป็นโปรแกรมเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์

ช่วงหลังในปีทศวรรษที่ 1960 มีการค้นคว้าในเรื่องการสร้างหุ่นยนต์ปฏิบัติการหรือทำงาน โดยระบบอัตโนมัติ และมีการเริ่มค้นคว้าพื้นฐานในเรื่องของการแสดงความรู้ โดยที่ Newell ได้นำเสนอรูปแบบการแสดงความรู้ในรูปของระบบกฎ (Production System) ในปี ค.ศ.1967

ในตอนต้นปีทศวรรษที่ 1970 Winograd ได้สร้างระบบ SHRDLU ที่สามารถเข้าใจ ภาษามนุษย์ได้ จากผลงานนี้ทำให้เกิดความสนใจกับปัญหาการเข้าใจภาษา และการแสดงความรู้มากขึ้น และยังทำให้นักค้นคว้าปัญญาประดิษฐ์เข้าใจอีกว่า ปัญญา หรือความรู้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนย่อย คือ ปัญหาการแสดงความรู้ ปัญหาในการใช้ความรู้ และปัญหาการรับความรู้ จนกลางทศวรรษที่ 1970 Minsky ได้เสนอรูปแบบการแสดงความรู้แบบ Frame Base ขึ้น และช่วงหลังทศวรรษที่ 1970 ได้เริ่มมีการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้งาน

### หลักการพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

หลักการพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ เมื่อผู้ใช้งานใส่ข้อมูลเข้าไปยังระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบจะทำการประมวลผลและให้คำตอบกลับมายังผู้ใช้งาน เสมือนหนึ่งคุยกับผู้เชี่ยวชาญจริง ๆ ระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลักคือ ฐานความรู้ (Knowledge Base) และเครื่องอนุมาน (Inference Engine) ดังภาพที่ 3

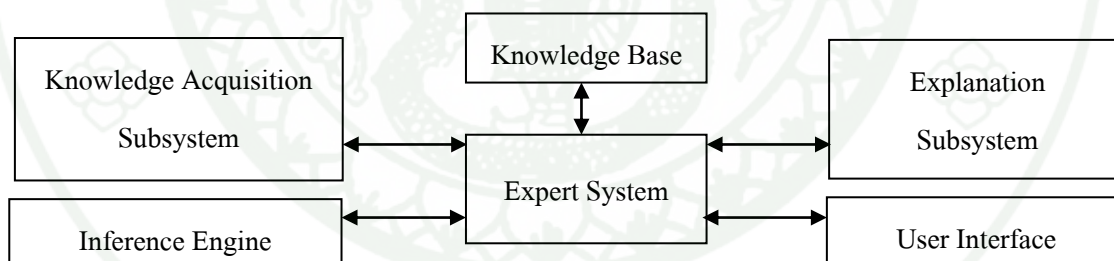


ภาพที่ 3 แนวคิดพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ที่มา: Jackson (1999)

### โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยพื้นฐาน 5 ส่วน (Stair and Reynolds, 2010) คือ ฐานความรู้ (Knowledge Base) เครื่องอนุมาน (Inference engine) ส่วนดึงความรู้ (Knowledge Acquisition Subsystem) ส่วนอธิบาย (Explanation Subsystem) และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 องค์ประกอบในระบบผู้เชี่ยวชาญ

ที่มา: Stair and Reynolds (2010)

1. ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่เก็บความรู้ทั้งหมดของผู้เชี่ยวชาญที่รวบรวมจากการศึกษาและประสบการณ์ เปรียบเสมือนกับข้อมูลในซอฟต์แวร์โดยทั่วไปหรือฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศ การเลือกวิธีการแสวงหาความรู้หรือโครงสร้างสำหรับเก็บความรู้ที่เหมาะสมเป็นประเด็นสำคัญของการสร้างฐานความรู้

2. เครื่องอนุมาน (Inference Engine) เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการความรู้ในฐานความรู้ เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องอนุมานจะทำหน้าที่ในการตรวจสอบกฎเกณฑ์ที่อยู่ในฐานความรู้ วิธีการอนุมานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คืออนุมานแบบเดินหน้า (Forward Chaining Inference) และอนุมานแบบย้อนหลัง (Backward Chaining Inference)

3. ส่วนดึงความรู้ (Knowledge Acquisition Subsystem) เป็นส่วนที่ระบบผู้เชี่ยวชาญใช้ดึงความรู้จากตำราหรือฐานข้อมูล และจากผู้เชี่ยวชาญ ความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่ได้มา มีการจัดทำให้เป็นระบบและเข้ากันได้กับโครงสร้างฐานความรู้ เพื่อจัดเก็บความรู้ที่หามาลงในฐานความรู้

4. ส่วนอธิบาย (Explanation Subsystem) ส่วนนี้ทำหน้าที่อธิบายถึงรายละเอียดของข้อสรุปหรือเหตุผลของการได้มาซึ่งคำตอบ

5. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) เป็นส่วนที่ใช้เป็นสื่อกลางระหว่างผู้ใช้กับระบบ ดังนั้นผู้พัฒนาต้องคำนึงถึงความสะดวก และง่ายในการติดต่อระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญกับผู้ใช้งาน ซึ่งทำให้ผู้ใช้ยอมรับระบบมากขึ้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญอาจมีส่วนประกอบไม่ครบทั้ง 5 ข้อข้างต้น แต่สิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้คือ ฐานความรู้และเครื่องอนุมาน

### การแสดงความรู้แบบกฎ (Rule-Base Representation)

การแสดงความรู้ คือ การนำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาแสดงในฐานความรู้ เพื่อให้ระบบมีความรู้ และควรเลือกวิธีที่จะใช้เป็นโครงสร้างองค์ความรู้ เพื่อใช้เนื้อที่แสดงลงในฐานความรู้ น้อยที่สุด ละเอียดมากที่สุด และเรียกความรู้มาใช้ได้รวดเร็วที่สุด การแสดงความรู้ที่ใช้เรียกว่าการแสดงความรู้แบบกฎ

การแสดงความรู้แบบกฎ หรือ Production System เป็น โมเดลคอมพิวเตอร์ที่มีรากฐานทางทฤษฎีอยู่บน Post Machine นำเสนอโดย E.L. Post ในปี ค.ศ. 1943 Post Machine คือการปฏิบัติการหรือการประมวลผลที่บันทึกในรูปแบบของกฎ กฎที่ถูกนำมาใช้ก่อนหรือหลัง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับลำดับการบันทึก แต่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของกฎนั้นครบหรือไม่ จึงปฏิบัติตามได้

กฎของ Production System คือ

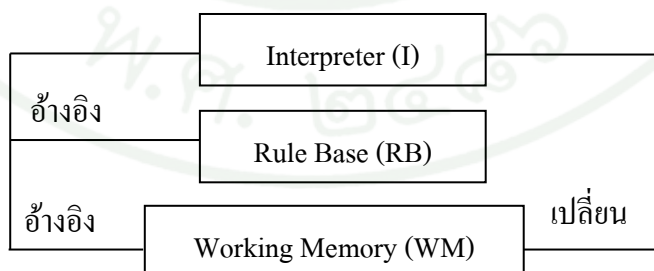
IF..... คือ ส่วนเงื่อนไข  
THEN..... คือ ส่วนข้อสรุป

### โครงสร้างของ Production System

วิลาค และ บุญเจริญ (2535) ได้นำเสนอโครงสร้างของ Production System ไว้ 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. ฐานกฎ (Rule Base) หรือ Production Memory
2. ส่วนตีความ (Interpreter) หรือ ส่วนอนุมาน
3. Working Memory (WM) หรือ Global Database

ฐานกฎหรือ RB เป็นฐานความรู้ที่เก็บความรู้ที่อยู่ในรูปของกฎ Working Memory หรือ WM ซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลและสถานะของ PS ข้อมูลและสถานะใน WM เป็นอินพุตของส่วน IF ของกฎ และจะถูกอ้างอิงและเปลี่ยนแปลงโดยกฎใน RB ส่วน I นั้นจะตรวจดูเนื้อหาใน PM และ WM แล้วก็จะเลือกกฎใดกฎหนึ่งจากเซตของกฎที่มีเงื่อนไขครบขึ้นมาปฏิบัติการ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานของ Production System

ในการปฏิบัติการแต่ละครั้งจะประกอบด้วยวงจรดังแสดงในภาพที่ 6 ดังนี้

1. Matching: ทำการตรวจดูเนื้อหาของ WM และ RB เพื่อหากฎทั้งหมดที่มีเงื่อนไขพร้อม
2. Conflict Resolution: จากกฎที่หาได้จากการ Matching จะมีการเลือกกฎที่เหมาะสมขึ้นมา 1 กฎ
3. Action : ปฏิบัติการตามส่วน THEN ของกฎที่ได้จากการคัดเลือกในข้อ 2 ซึ่งบางการปฏิบัตินั้น อาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาของ WM



ภาพที่ 6 วงจรปฏิบัติการของ PS

#### การอนุมาน(Inference)

1. การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward Chaining) เริ่มต้นจาก WM -> หากกฎ -> ปฏิบัติตามกฎ PS จะปฏิบัติการซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้คำตอบหรือบรรลุเป้าหมาย การอนุมานแบบนี้อาจเรียกอีกแบบได้ว่า Data-Driven Inference หรือ Bottom-Up Inference

2. การอนุมานแบบย้อนหลัง (Backward Chaining) เริ่มต้นจากเป้าหมาย -> กฎที่ทำให้เป้าหมายบรรลุผล -> เป้าหมายย่อย -> กฎที่ทำให้เป้าหมายย่อยบรรลุผล ปฏิบัติซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบข้อมูลจำเป็น ที่ทำให้เป้าหมายย่อยทั้งหมดบรรลุผลนั้นมืออยู่ใน WM การอนุมานแบบนี้อาจเรียกอีกแบบได้ว่า Goal-Driven Inference หรือ Top-Down Inference

## การเลือกกฎ

1. เลือกตามลำดับความสำคัญของกฎ โดยที่วิธีการนี้จะนำกฎมาทำการ matching ตามลำดับความสำคัญของกฎ กฎแรกที่ matching ประสบความสำเร็จจะได้รับการปฏิบัติ
2. เลือกตามลำดับความละเอียดของส่วน IF ของกฎ กฎที่ส่วน IF มีการบันทึกเงื่อนไขไว้ละเอียดหรือเฉพาะที่สุดจะได้รับเลือกก่อน
3. เลือกตามความใหม่ของกฎ กฎที่ได้รับการปฏิบัติการล่าสุด จะได้รับการเลือกก่อน
4. เลือกตามความใหม่ของข้อมูลใน WM เลือกกฎที่ matching โดยจะเลือกจากอันใหม่ล่าสุดใน WM ก่อน
5. แบบขนาน คือ ให้กฎทุกกฎที่ match สำเร็จแล้ว ปฏิบัติการพร้อมกันได้เลย

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อนำมาใช้กับงานด้านต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

พาลีทธิ และ พงษ์พันธุ์ (2543) ได้นำเสนอระบบฐานความรู้เพื่อออกแบบและประมาณราคาโครงการก่อสร้างอาคารเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับสถาปนิกและวิศวกรในการออกแบบและประเมินราคาเบื้องต้นสำหรับโครงการก่อสร้างอาคาร โดยระบบซอฟต์แวร์ชื่อ Mid-Rise ใช้เทคนิคระบบฐานความรู้ในการจำลองขั้นตอนการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ และรวบรวมความรู้ด้านเทคนิค กฎระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องเข้ามาช่วยงานในขั้นตอนการออกแบบและประมาณราคาเบื้องต้น และยังสามารถสร้างรูปแบบผังพื้นที่ (Floor layout) ต่าง ๆ ตามขนาดพื้นที่และข้อกำหนดของเจ้าของโรงงาน โดยไม่ขัดต่อระเบียบกับทางราชการ

ฤทธิรงค์ (2550) ได้นำเสนอการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีชื่อว่า EGIS ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ฝั่งกลบของเสียอันตราย มีการพัฒนาร่วมกันระหว่างระบบ

ผู้เชี่ยวชาญ (ES) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และแบบจำลองน้ำใต้ดินวิซวลมอดโพลด์ โดยแบ่งการทำหน้าที่ดังนี้คือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ระบบผู้เชี่ยวชาญทำหน้าที่ในการเก็บและประมวลผลความรู้ด้านการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงของเสียอันตราย ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อระบุพื้นที่ที่มีความเหมาะสม และใช้แบบจำลองน้ำใต้ดินวิซวลมอดโพลด์คาดการณ์ผลกระทบต่อน้ำใต้ดินที่อาจเกิดขึ้นจากการฝังกลบของเสียอันตรายในพื้นที่ นอกจากนี้โมเดลที่พัฒนาขึ้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้แสดงให้เห็นข้อมูลชั้นใต้ดินของพื้นที่ที่มีความเหมาะสม และสามารถเตรียมข้อมูลสำหรับโปรแกรมวิซวลมอดโพลด์ โดยผลจากการจำลองโปรแกรมตามเงื่อนไขคือ การรั่วซึมของพื้นที่ฝังกลบในระยะเวลา 7,300 วัน สารตะกั่วรั่วซึมเคลื่อนไปไม่ถึงบ่อน้ำบาดาลใกล้เคียง

อิสรา (2552) ได้นำเสนอระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อคัดกรองและคัดแยกผู้ป่วย ขั้นตอนการสอบถามอาการผู้ป่วย และขั้นตอนการส่งตรวจยังหน่วยตรวจโรคต่าง ๆ ของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ด้วยการสร้างระบบโดยใช้การแสดงความรู้ฐานกฎ (Rule-base System) แบบเทคนิคการอนุมานแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) ระบบการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนของผู้เชี่ยวชาญ พยาบาลคัดกรอง และผู้ดูแลระบบ โดยใช้ภาษา ASP และ MS SQL 2000 และยังได้นำผลไปทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญในการคัดกรอง เพื่อให้ผลมีความถูกต้องแม่นยำขึ้น

ชนัญญา (2553) ได้นำเสนอระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับจำแนกชนิดหอยน้ำจืดวงศ์ Thiaridae จำนวน 17 ชนิด โดยระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ยังสามารถเพิ่มภาพหอยที่ค้นพบใหม่และใส่ความรู้ใหม่เข้าไปในระบบได้ และฐานข้อมูลจะถูกปรับปรุงให้ทันสมัยโดยอัตโนมัติ ระบบมีกระบวนการค้นหาคำตอบโดยใช้การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward chaining) และใช้การแทนความรู้ในฐานความรู้แบบกฎ IF-THEN-ELSE rules ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ถูกพัฒนาในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งาน และสามารถนำไปใช้เกี่ยวกับการเรียนการสอนทางสาขาชีววิทยาและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

Zone-Ching and Chu-Been (1994) ได้นำเสนอการประเมินเครื่องจักรโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ซึ่งงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตัวแบบที่ใช้ในกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สำหรับการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุดจากเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมชนิดต่าง ๆ

Paraskevas *et al.* (1999) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญกับการกำจัดตะกอน ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปที่ใช้กัน แต่อาจจะมีปัญหาถ้าผู้ปฏิบัติงานขาดความ เข้าใจในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัดและระบบควบคุมน้อย ปัญหา เหล่านี้สามารถจัดการได้ด้วยระบบอัจฉริยะ Expert System (ES) ระบบนี้จะบันทึกวิถีแก้ไข และข้อผิดพลาดของเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นมาได้ ผลคือ โครงสร้างของระบบสามารถวิเคราะห์และ จัดการกับระบบบำบัดน้ำเสียได้ทั้งหมด

Malcolm *et al.* (2001) ได้เสนอโปรแกรมที่คิดค้นขึ้นใหม่ด้วยวิธี (DS/AHP) ซึ่งเป็น การทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) กับ ทฤษฎีฟังก์ชันความเชื่อ ของเดมพ์ สเตอร์เซเฟอร์ (Dempster Shafer) สำหรับการตัดสินใจภายใต้หลายปัจจัย (MCDM) วิธี นี้ จะช่วยตัดสินใจได้ดีมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพียงอย่างเดียว ความพิเศษอื่นคือ การใช้ DS/AHP ในการวิเคราะห์ระดับความไม่แน่นอนในการตัดสินใจ และความขัดแย้งในการตัดสินใจ ตัวอย่างรายงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้ DS/AHP ในการ ตัดสินใจภายใต้ปัจจัยหลายปัจจัย (MCDM) และระบบได้แสดงการใช้งานของ DS/AHP ร่วมใน การวิเคราะห์และนำเสนอผลลัพธ์ออกมา

Malcolm (2001) ได้เสนอการพัฒนากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ขึ้น เพื่อให้ ผู้ตัดสินใจสามารถจัดลำดับหรือจัดประเภทข้อมูลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีการนำวิธี DS/AHP ซึ่งเป็นกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ที่รวมเอาทฤษฎี เดมพ์ สเตอร์เซเฟอร์ (Dempster Shafer) ไว้ ทำให้สามารถเพิ่มพิจารณาสำหรับกลุ่มทางเลือกต่าง ๆ เข้าไปได้ และยังมีผลการวัด ความไม่แน่นอน โดยงานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของ DS/AHP ทำให้เข้าใจ ความเหมาะสมในการตั้งค่าน้ำหนักที่ใช้ใน DS/AHP ฟังก์ชันเหล่านี้ ช่วยทำให้เกิดความ เหมาะสมของค่าสเกลที่ใช้ใน วิธี DS/AHP ตลอดจนประเมินความไม่แน่นอนที่ช่วยในการตัดสินใจ

Christine (2005) ได้เสนอการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการแสดงผลและวิเคราะห์ ด้านกระบวนการผลิต การคิดแยกในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม มีการนำเสนอการพัฒนา กระบวนการทำงานควบคุมผลและการหาค่าของข้อมูลในการผลิตทางด้านปิโตรเลียม โดยใช้ระบบ ผู้เชี่ยวชาญ เริ่มจากนำข้อมูลจากอุปกรณ์วัดค่าในพื้นที่ปฏิบัติงาน ส่งสัญญาณไปเพื่อทำการ วิเคราะห์ผล ระบบจะสามารถควบคุมการทำงานที่โรงงาน โดยการใช้อะไรแสดงผลซึ่งผลขึ้นอยู่กับ ค่าที่ระบบตรวจจับได้ คือจะทำการประเมินผลในเบื้องต้น ด้วยวิธีของ IF-THEN RULE

Ngai and Chan (2005) ได้นำเสนอวิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อสนับสนุนการจัดการความรู้ (KM) วิธีการนี้เป็นการนำวิธีการเลือกที่หลากหลายมาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับเครื่องมือการจัดการความรู้ (KM) อื่น ๆ ที่มีในตลาด โดยมีพื้นฐานจากการเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบที่หลากหลายซึ่งจะทำการเลือกสิ่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องมือการจัดการความรู้ (KM tools) โดยที่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ได้ถูกนำมาใช้ในเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นกับบริษัทสื่อสารแห่งหนึ่งในฮ่องกง เพื่อใช้เลือกเครื่องมือการจัดการความรู้ที่เหมาะสม

Tzyh-Lih *et al.* (2006) ได้นำเสนอการศึกษากการบูรณาการการทำงานของโรงพยาบาลและเทคนิคการพัฒนากระบวนการจัดการข้อมูลของโรงพยาบาล โดยมีเทคนิคเรื่องการจัดการความรู้ที่จำเป็นต่อโรงพยาบาลและความหลากหลายของการใช้ระบบสารสนเทศผ่านทางเว็บไซต์มาพัฒนาการดำเนินงานและกิจกรรม โดยมีแนวคิดและเป้าหมายของโครงสร้างการบริหารจัดการข้อมูลซึ่งจะช่วยทำให้องค์กรสามารถให้ความช่วยเหลือทางด้านสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Ozan and Mustafa (2008) ได้เสนอระบบการจำแนกสินค้าคงคลังที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (FAHP) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการตัดสินใจที่หลากหลาย รวมทั้งมีการบูรณาการแนวความคิดที่คลุมเครือกับข้อมูลสินค้าคงคลังที่แท้จริงและออกแบบระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจให้ความช่วยเหลือในการจัดหมวดหมู่สินค้าคงคลังที่เหมาะสมกับเกณฑ์ที่หลากหลาย งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการดำเนินการในการศึกษาของบริษัทจำหน่ายเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก และตรวจสอบการออกแบบของเกณฑ์ที่หลากหลายกับระบบการจำแนกสินค้าคงคลังที่เสนอและรูปแบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (FAHP)

Hamed *et al.* (2009) เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตรรกะแบบคลุมเครือ (fuzzy logic) บนพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ซึ่งเป็นการพัฒนาสำหรับปัญหาที่หลากหลายในการประเมินกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) โดยที่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) นั้นจะใช้ในวิธีการตัดสินใจที่หลากหลาย เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกในโครงสร้างเชิงลำดับชั้นด้วยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแบบฟัซซี่ (FAHP)

Metin and Serkan (2009) ได้นำเสนอปัญหาในการเลือกอาวุช เนื่องจากการเลือกซื้ออาวุชมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในระบบป้องกันประเทศ งานวิจัยแนวทางประเมินการเลือกอาวุชโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และเทคนิคการจัดเรียงผลดำเนินการตามความเหมือนเพื่อการแก้ไขที่สมบูรณ์แบบ (TOPSIS) สำหรับการเลือกอาวุชให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่อาจมีความไม่ชัดเจน โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) จะใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างปัญหาสำหรับการเลือกอาวุช และการกำหนดค่าน้ำหนักจากแนวการเลือกต่าง ๆ ส่วน TOPSIS ถูกนำมาใช้ในการจัดลำดับในขั้นตอนสุดท้าย

Shuliang and Jim (2009) ได้นำเสนอการใช้วิจารณ์ญาณของคน ร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) การจำลองเหตุการณ์ระบบการจัดการข้อมูลที่คลุมเครือ และการจัดการกลยุทธ์ทางการตลาดและอินเทอร์เน็ต ที่นำมาใช้ประเมินในงานวิจัยนี้ โดยนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) มาเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ การจำลองเหตุการณ์แบบ Monte Carlo เพื่อการให้คะแนนปัจจัยต่าง ๆ ตามวิจารณ์ญาณของคน และระบบการจัดการข้อมูลที่คลุมเครือ นำมาใช้ในการจัดการข้อมูล เพื่อประเมินเหตุผล และให้ตัวเลขที่มีความน่าเชื่อถือ

Ufuk (2009) ได้นำเสนอการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อเลือกระบบอีอาร์พี (ERP) ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอพบอุปสรรคในการใช้อีอาร์พี (ERP) หลายประการ ดังนั้นการเลือกอีอาร์พี (ERP) จะต้องพิจารณาความสอดคล้องของระบบกับวิสัยทัศน์และตัวชี้วัดขององค์กร ซึ่งจะถูกตรวจสอบโดยการใช้ Balance Scorecard จากนั้นจะนำระบบอีอาร์พี (ERP) ที่ไม่มีความสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ออกไป ต่อมาตั้งเกณฑ์การเลือกและเปรียบเทียบความสำคัญ เพื่อประเมินชุดอีอาร์พี (ERP) ที่เหลือ

Anjali et al. (2011) ได้นำเสนอวิธีการผสมผสานระหว่างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และ ทฤษฎีฟังก์ชันความเชื่อของเดมป์สเตอร์เชเฟอร์ (Dempster Shafer) ในการประเมินผลการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแบบต่าง ๆ เพื่อความยั่งยืน ซึ่งขั้นตอนแรกทำการหาเกณฑ์การประเมิน โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ในการวางโครงสร้างและให้น้ำหนักแต่ละหลักเกณฑ์ ขั้นตอนที่สอง ทดสอบวิธีการขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเก็บข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่ง เพื่อจะนำมาใช้ประเมิน และข้อมูลจะถูกรวมกันด้วยทฤษฎีฟังก์ชันความเชื่อของเดมป์สเตอร์เชเฟอร์ (Dempster Shafer) ขั้นตอนที่สาม คาดคะเนสภาพความยั่งยืนในเมือง โดยใช้ตัวชี้วัดความยั่งยืนของการขนส่ง (TSI) ซึ่งได้มาจากการทดสอบวิธีการขนส่งทั้งก่อนและหลัง ในขั้นที่สี่ ทำการประเมินผลการขนส่งแต่ละวิธีด้วยค่าความแตกต่างของ

การทดสอบก่อนและหลัง หากค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม ก็จะถูกแนะนำให้ใช้วิธีนั้น ซึ่งผลที่ได้คือวิธีการใช้รถยนต์แบบคันเดียวกันไปด้วยกัน

Rocio *et al.* (2012) ได้นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์กับการออกแบบและเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมกับโรงงาน การออกแบบและเลือกชนิดของเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่ยากและซับซ้อนมาก ซึ่งการตัดสินใจเลือกชนิดของเครื่องมือวัดนั้น ต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยรวมกันจึงต้องอาศัยทักษะขั้นสูงของผู้เลือกอีกด้วย สิ่งแรกในการเลือกชนิดของเครื่องมือวัด คือต้องเหมาะสมกับกระบวนการผลิตและผลของการเลือกนั้น ผลลัพธ์อาจจะออกมาได้มากมายขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้เลือก ดังนั้นงานวิจัยนี้เสนอการใช้ข้อมูลในการเลือกที่หลากหลายครอบคลุมทุกปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกชนิดเครื่องมือวัดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้ได้ผลลัพธ์เป็นชนิดเครื่องมือวัดที่ถูกต้องเหมาะสมกับแต่ละกระบวนการมากที่สุด

Sangjae *et al.* (2012) ได้เสนอการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี เนื่องจากเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วภายใต้การแข่งขันและมีความต้องการในการทำกำไรที่มากขึ้น ดังนั้นการประเมิน เรื่องการรับเอาเทคโนโลยีมาใช้จึงมีความสำคัญมากในการกำหนดค่าน้ำหนักให้กับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งปัจจัยด้านผู้มีอำนาจในองค์กร การติดต่อสื่อสาร และเทคโนโลยีเฉพาะของบริษัทนั้น ๆ ปัจจัยทางด้านความสามารถในการทำกำไรจากเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ ขนาดขององค์กรประกอบด้านผู้ชาย และผู้ซื้อ ผลที่ได้คือ วิธีการทำกำไรจากเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่และวิธีการต่อรองจะช่วยตัดสินใจในช่วงที่บริษัทมีการรับเอาเทคโนโลยีมาใช้

Xinyang *et al.* (2013) ได้นำเสนอการเลือกผู้จำหน่าย (Supplier) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) และเป็นปัญหาหลักของการตัดสินใจหลักเกณฑ์ที่หลากหลาย การเลือกผู้จำหน่ายขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ อย่างไรก็ตามความสามารถของผู้เชี่ยวชาญก็มีขีดจำกัด งานวิจัยนี้เสนอวิธี D-AHP เพื่อใช้สำหรับปัญหาในการเลือกผู้จำหน่าย ที่เกิดความไม่แน่นอนด้านข้อมูล โดยประยุกต์ตรรกะแบบคลุมเครือ (Fuzzy Logic) กับการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP) คือแสดงในรูปแบบเมทริกซ์ของการตัดสินใจกับการเปรียบเทียบแบบคู่โดยผู้เชี่ยวชาญ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. โปรแกรม Microsoft Office 2007
2. โปรแกรม Microsoft Access 2007
3. โปรแกรม MATLAB R2008a

### วิธีการ

#### ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัท

บริษัท ทรนิกศึกษา เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านงานออกแบบวิศวกรรม จัดซื้อ ก่อสร้างและบริหารโครงการ โดยเริ่มเข้ามาดำเนินธุรกิจในประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1969 งานบริการที่รองรับส่วนใหญ่จะเป็นบริษัททางด้านปิโตรเคมี โรงกลั่น และบริษัทเกี่ยวกับน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

แผนกในบริษัทแบ่งออกเป็น แผนกบุคคล แผนกบัญชี แผนกจัดซื้อ และแผนกวิศวกรรม แผนกวิศวกรรมประกอบไปด้วย แผนกโครงการ แผนกกระบวนการ แผนกถังและเครื่องจักร แผนกไฟฟ้า แผนกโยธา แผนกระบบท่อ และแผนกเครื่องมือวัด โดยแผนกที่นำมาเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แผนกเครื่องมือวัด

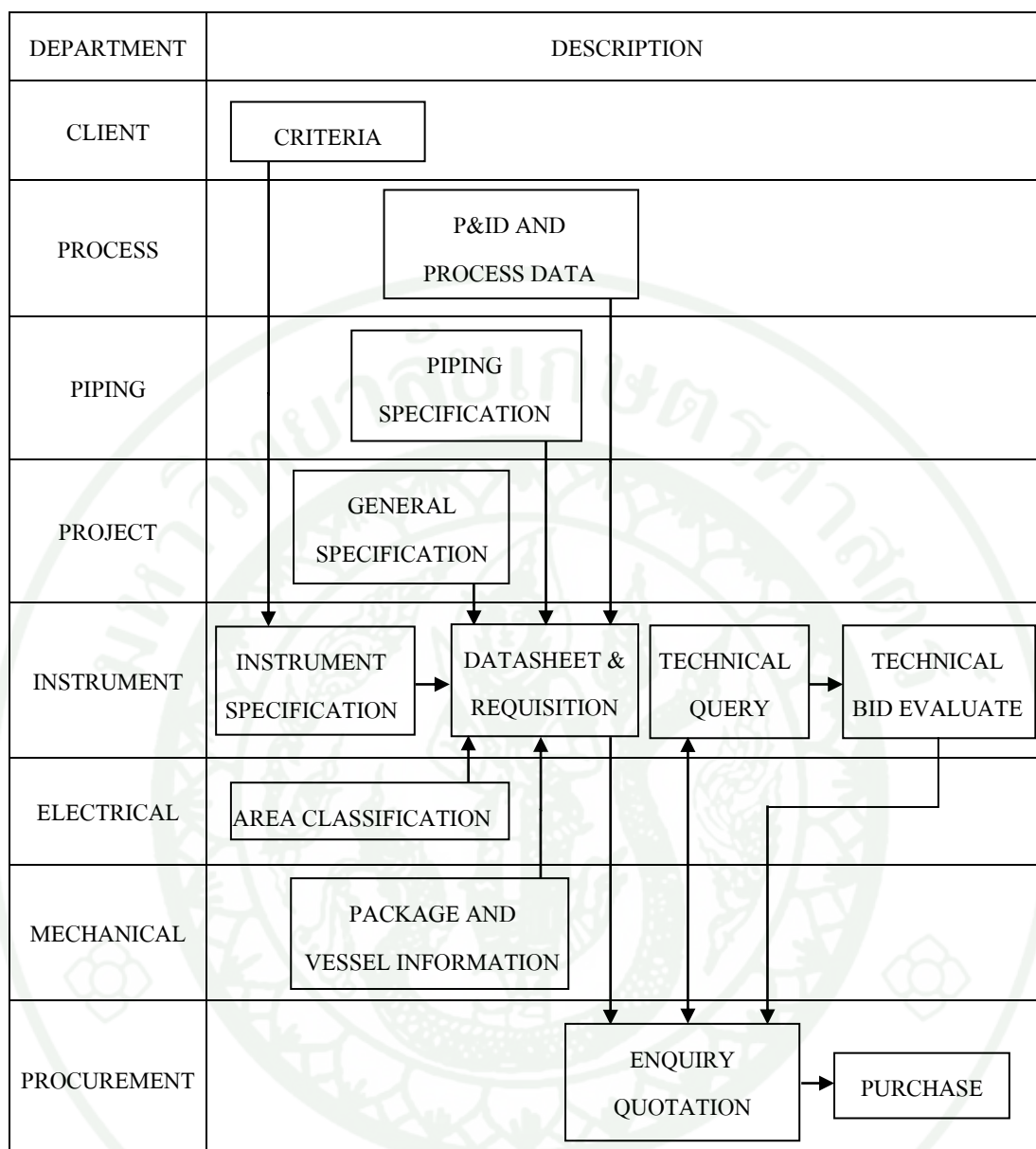
หน้าที่ของแผนกเครื่องมือวัดแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ การออกแบบติดตั้ง การวางระบบของโครงการ การจัดทำฐานข้อมูล และงานที่เกี่ยวกับข้อมูลจำเพาะต่าง ๆ ของเครื่องมือวัด ซึ่งงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจำเพาะต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดนั้น มีทั้งงานที่เกี่ยวข้องกับการเลือกข้อมูลจำเพาะให้เหมาะสม และการเลือกซื้อเครื่องมือวัดที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบเป็นหลัก ในแต่ละโครงการจะต้องมีการพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดจำนวนมาก ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาจะใช้ข้อมูลจำนวนมากเช่นกัน ทำให้ใช้เวลาในกระบวนการเลือกเครื่องมือวัดมาก พบว่าปัจจุบันยังขาดระบบฐานข้อมูลเพื่อสนับสนุนการทำงาน รวมทั้งมีการพิจารณาเพียงปัจจัยด้าน

ราคาเป็นหลัก ยังขาดระบบการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้เสนอการออกแบบและพัฒนา ระบบการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม ด้วยการบูรณาการระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือก ประเภทเครื่องมือวัดและเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการนำ ระบบฐานข้อมูลมาสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูล ที่ต้องนำมาใช้ในการเลือกเครื่องมือวัด เพื่อปรับปรุง ระบบการทำงานของแผนกเครื่องมือวัดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

### ระบบการทำงานแบบเดิมของกระบวนการเลือกเครื่องมือวัด

กระบวนการเลือกเครื่องมือวัดแต่ละชนิด มีความซับซ้อนและมีรายละเอียดของงาน ค่อนข้างมาก มีการติดต่อหรือใช้ข้อมูลร่วมกับแผนกอื่น ๆ อยู่หลายแผนก ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งเป็นตัวอย่างของขั้นตอนการทำงานของแผนกเครื่องมือวัด โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ความ ต้องการของลูกค้า และมาตรฐานสากล
2. จัดเตรียมรายละเอียดเครื่องมือวัด และเอกสารจัดซื้อ โดยก่อนขั้นตอนนี้ จะมีการรับ ข้อมูลมาตรฐานทั่วไปของโครงการจากแผนกโครงการ รับข้อมูลแผนผังกระบวนการผลิต และ ข้อมูลทางด้านการผลิตมาจากแผนกกระบวนการ รับข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่อันตรายจากแผนกไฟฟ้า ข้อมูลการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ถั่งและเครื่องจักรจากแผนกเครื่องกล ส่วนการเลือกและการติดตั้งให้ เป็นไปตามวัสดุและมาตรฐานจากแผนกระบบท่อ
3. ส่งรายละเอียดเครื่องมือวัด และเอกสารทางจัดซื้อไปให้แผนกจัดซื้อ เพื่อส่งให้ผู้ขาย
4. แผนกจัดซื้อรับใบเสนอราคาจากผู้ขาย โดยต้องมีผู้ขายอย่างน้อย 2 ราย เมื่อข้อมูลถูก ส่งกลับมาให้แผนกเครื่องมือวัด ทางแผนกทำการตรวจสอบข้อมูลทางเทคนิคให้ตรงตามที่กำหนดไว้
5. แผนกเครื่องมือวัดส่งใบประเมินผู้ขายที่ทำการตรวจสอบแล้วไปให้แผนกจัดซื้อ
6. แผนกจัดซื้อเลือกผู้ขายที่มีความเหมาะสมที่สุด และตกลงซื้อสินค้ากับผู้ขาย

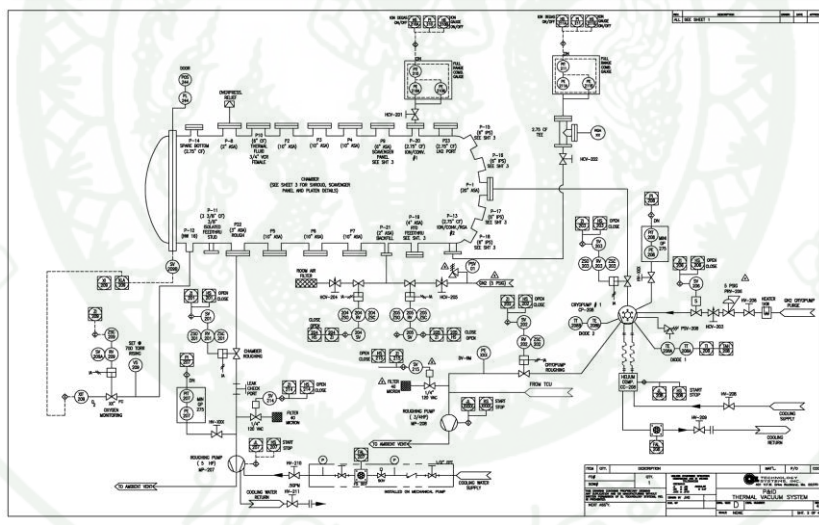


ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของแผนกเครื่องมือวัด

ระบบเอกสารที่ใช้ในงานแผนกเครื่องมือวัด

ตัวอย่างเอกสารที่ใช้งานในแผนกเครื่องมือวัด เริ่มจากภาพที่ 8 แสดงแผนผังท่อและเครื่องมือวัด (Piping and Instrument Diagram: P&ID) จะบอกจำนวน ชนิด และตำแหน่งที่ตั้งคร่าวๆ ของเครื่องมือวัด ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างข้อกำหนดมาตรฐาน (Criteria) เป็นข้อมูลทั่วไปที่ลูกค้าต้องการและกำหนดขึ้นมา ภาพที่ 10 ข้อกำหนดทั่วไป (General Specification) บอกถึงความ

ต้องการทั่วไปของโครงการ ภาพที่ 11 การจำแนกบริเวณพื้นที่อันตราย (Area Classification) จะบอกถึงตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องมือวัด ว่าอยู่ในพื้นที่อันตรายใดบ้าง เพื่อเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสม ภาพที่ 12 ข้อกำหนดงานท่อ (Piping Specification) จะใช้เป็นพื้นฐานในการเลือกซื้อวัสดุของเครื่องมือวัด และยังบอกถึงจุดต่อของเครื่องมือวัดกับระบบท่อ ภาพที่ 13 ข้อมูลการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ถึง (Vessel Information) จะบอกถึงจำนวนเครื่องมือวัด และจุดต่อของเครื่องมือวัดกับถัง และยังใช้เป็นพื้นฐานในการเลือกวัสดุของเครื่องมือวัด ภาพที่ 14 ข้อมูลกระบวนการ (Process Data) จะบอกถึงค่ากระบวนการของแต่ละเครื่องมือวัด ภาพที่ 15 ข้อกำหนดเครื่องมือวัด (Instrument Specification) จะบอกถึงข้อมูลทั่วไปของเครื่องมือวัด ที่ใช้ในการเลือกซื้อ ภาพที่ 16 การถามตอบทางด้านเทคนิค (Technical Clarification) เอกสารตัวนี้จะออกเมื่อมีข้อสงสัยด้านเทคนิคเกิดขึ้นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย และภาพที่ 17 ข้อประเมินทางด้านเทคนิคของการประมูล (Technical Bid Evaluate) เป็นเอกสารที่บอกจำนวนผู้ขายทั้งหมดที่เสนอเข้ามา และนำมาสรุปทางด้านเทคนิคว่า ผ่านตามที่ต้องการหรือไม่



ภาพที่ 8 แผนผังท่อและเครื่องมือวัด (Piping and Instrument Diagram: P&ID)

**Industry standard**

Shall be in accordance with the latest edition of the following industry standards:

- ANSI/NEMA
- IEEE

ภาพที่ 9 ข้อกำหนดมาตรฐาน (Criteria)

**Temperature**

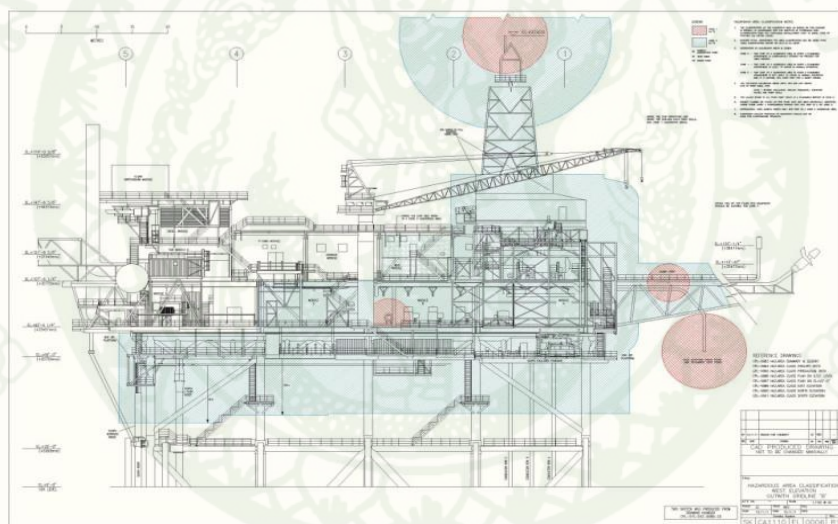
Instrument and control system shall operate continuous under ambient air temperature without any degradation of the manufacturer's guarantee

	Outdoor Unsheltered	Outdoor Sheltered	Indoor
Maximum	60 degC	50 degC	30 degC
Minimum	10 degC	10 degC	10 degC

**Instrument Voltage**

120 VACS UPS 24 VDC

ภาพที่ 10 ข้อกำหนดทั่วไป (General Specification)

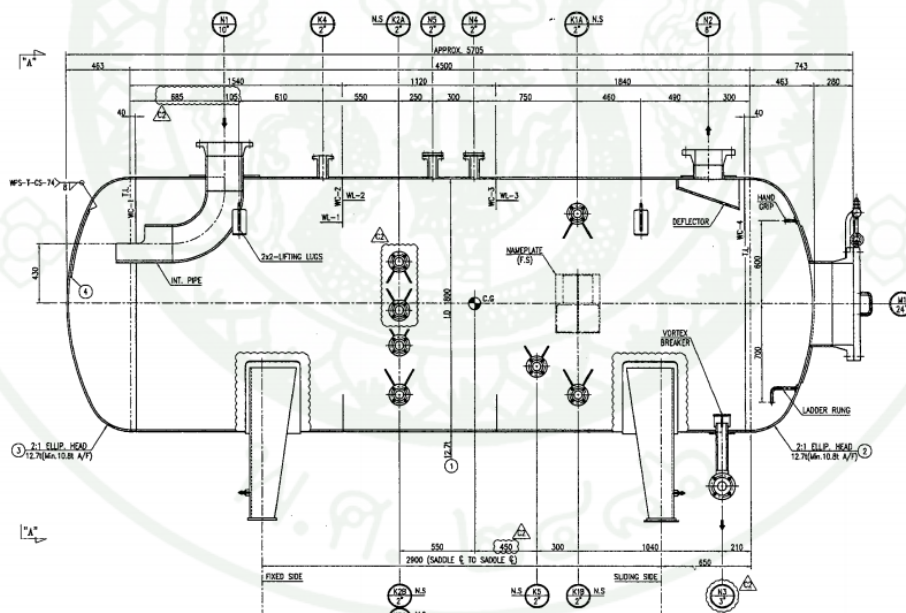


ภาพที่ 11 การจำแนกพื้นที่อันตราย (Area Classification)

**PIPING MATERIAL SPEC. SHEET**  
**STAINLESS STEEL (ASME CL. 150)**

Normal Size	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	
Pipe Schedule	80			40			20			10							
Pipe	ASTM A312 TP316																
Fitting	ASTM A182 Gr F316																
Flange	ASTM A182 Gr F316																
Blind Flange	ASTM A182 Gr F316																
Orifice Flange	ASTM A182 Gr F316 Class 300WN RF																
Union	Use Flanges																
Coupling	ASTM A182 Gr F316 3000# SW																
Caps	ASTM A182 Gr F316 3000# SW																

ภาพที่ 12 ข้อกำหนดงานท่อ (Piping Specification)



ภาพที่ 13 ข้อมูลการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ถัง (Vessel Information)

GENERAL							
Tag Number:	TT-101						
Service:	Incoming Propylene FEED						
Location:	Field						
Fluid State:	Liquid						
Fluid Phase:	Single Phase						
Fluid Name:	Process Fluid/C3						
Line Number:	P-122320-8"-A1P						
Line Size:	8"						
PROPERTIES							
	Min	Normal	Max	Units			
Pressure	42		45	bar-a			
Temperature	30.6		40	DegC			
Velocity							
Density							
Specific Gravity							
Compressibility							
Molecular Mass							
ADDITIONAL PROPERTIES							
Design Pressure Min	0			bar-a			
Design Pressure Max	40.3			bar-a			
Design Temperature Min	-6			DegC			
Design Temperature Max	93			DegC			
Note:							
1	CC	DD	EE	7/9/2012	Issued for Approval	PROCESS DATA	LOGO Sheet 1 of 440
0	CC	DD	EE	7/6/2012	Issued for Review		
No.	By	Chkd	Appr	Date	Description		

ภาพที่ 14 ข้อมูลกระบวนการ (Process Data)

GENERAL	Tag Number				TT-101			
	Service				Incoming Propylene FEED			
	Line Number				P-122320-8"-A1P			
	P&ID Number				A-4250-A50401			
PROCESS CONDITION	Location				Field			
	Fluid				Process Fluid/C3			
	Min Temperature				42 degC			
Element	Max Temperature							
	Type				RTD			
	Diameter							
	Length							
	Material				Stainless Steel			
Transmitter	Signal Type				Foundation Fieldbus			
	Instrument Range Min							
	Instrument Range Max							
	Explosion Protection				FM Non Incendive			
WELL	Conduit Connection				M20 X 1.5			
	Instrument Connection							
	Material							
U-Length								
Note:								
2	RP	AA	BB	11-Jan-13	Issued for Purchase	DATA SHEET TEMPERATURE TRANSMITTER	LOGO Sheet 1 of 440	
1	RP	AA	BB	21-Sep-12	Issued for Purchase			
0	RP	AA	BB	13-Jun-12	Issued for Comment			
No.	By	Chkd	Appr	Date	Revision			

ภาพที่ 15 ข้อกำหนดเครื่องมือวัด (Instrument Specification)

Project: ABC PROJECT  
 Requisition No: REQ-1234 Rev.E1  
 Date: 17-Jul-12  
 Ref. NO: TH-0050

Temperature Transmitter  
 Supplier: AAA  
 Quote No: 31367-12Q1687415  
 Date: 24-May-12

#### TECHNICAL CLARIFICATION <TQ-001 >

No.	Subject	Technical Clarification	Supplier Response	Status (O/C)	Remark
1.	General	1.1 Sensor diameter for temperature element shall be 6 mm. Vendor to confirm.	Confirmed.	C	
		1.2 Sheath material shall be SS316. Vendor to confirm	Confirmed.	C	
		1.3 The preferred type of protection for devices is type "n"- non sparking, flameproof "d" also acceptable if type "n" is not available. Instrument shall have UL/FM or CSA Certification. ATEX certification is not required.	Confirmed	C	
		1.4 Length of element will be finalized prior order placement. Please note.	OK	C	
		1.5 Transmitter shall be weather proof to IP-65	Confirmed.	C	

#### ภาพที่ 16 การถามตอบทางด้านเทคนิค (Technical Clarification)

PARAMETER	VENDOR SPECIFICATION	AAA		BBB		CCC	
		OFFER	COMMENT	OFFER	COMMENT	OFFER	COMMENT
Quotation No./Date or Rev.No.		AB1656 / Date: 3-Oct-12		21/147082/12 Rev0 / Date: 6-Sep-12		2314 / Q16783 rev 2 / Date: 26-Oct-12	
		8 Working weeks takes into account the 3 weeks documentation approval time		8 weeks from approval of drawing		8 weeks from approval of drawing	
Manufacturer		AA		BB		CC	
1.0 General specification							
1.1 Dial Thermometer							
1.1.1 Temperature element	Bimetal	Bimetal	Complied	Bimetal	Complied	Bimetal	Complied
1.1.2 Nominal size	100 mm	100 mm	Complied	100 mm	Complied	100 mm	Complied
1.1.3 Style	All angle adjustable	All angle adjustable	Complied	All angle adjustable	Complied	All angle adjustable	Complied
1.1.4 Element connection to thermowell	M20 x ISO 1.5	M20 x ISO 1.5	Complied	M24 thread	Complied	M20 x 1.5 locking nut	Complied
1.1.5 Case and stem material	Stainless steel	Stainless steel	Complied	Stainless steel	Complied	Stainless steel	Complied
1.1.6 Accuracy	+/-1 of full scale as minimum	Complied	Complied	Complied	Complied	Complied	Complied
1.1.7 Scale	Celsius	Celsius	Complied	Celsius	Complied	Celsius	Complied
1.1.8 Dial	White, dial number black	White, dial number black	Complied	White, dial number black	Complied	White, dial number black	Complied
1.1.9 Ingress protection	IP 65	IP 65	Complied	IP 66	Complied	IP 66	Complied
1.2 Thermowell							
1.2.1 Construction	As per Standard	As per Standard	Complied	As per Standard	Complied	As per Standard	Complied
1.2.1 Plug & Chain	Required	Complied	Complied	Complied	Complied	Complied	Complied

#### ภาพที่ 17 ข้อประเมินทางด้านเทคนิคของการประมูล (Technical Bid Evaluate)

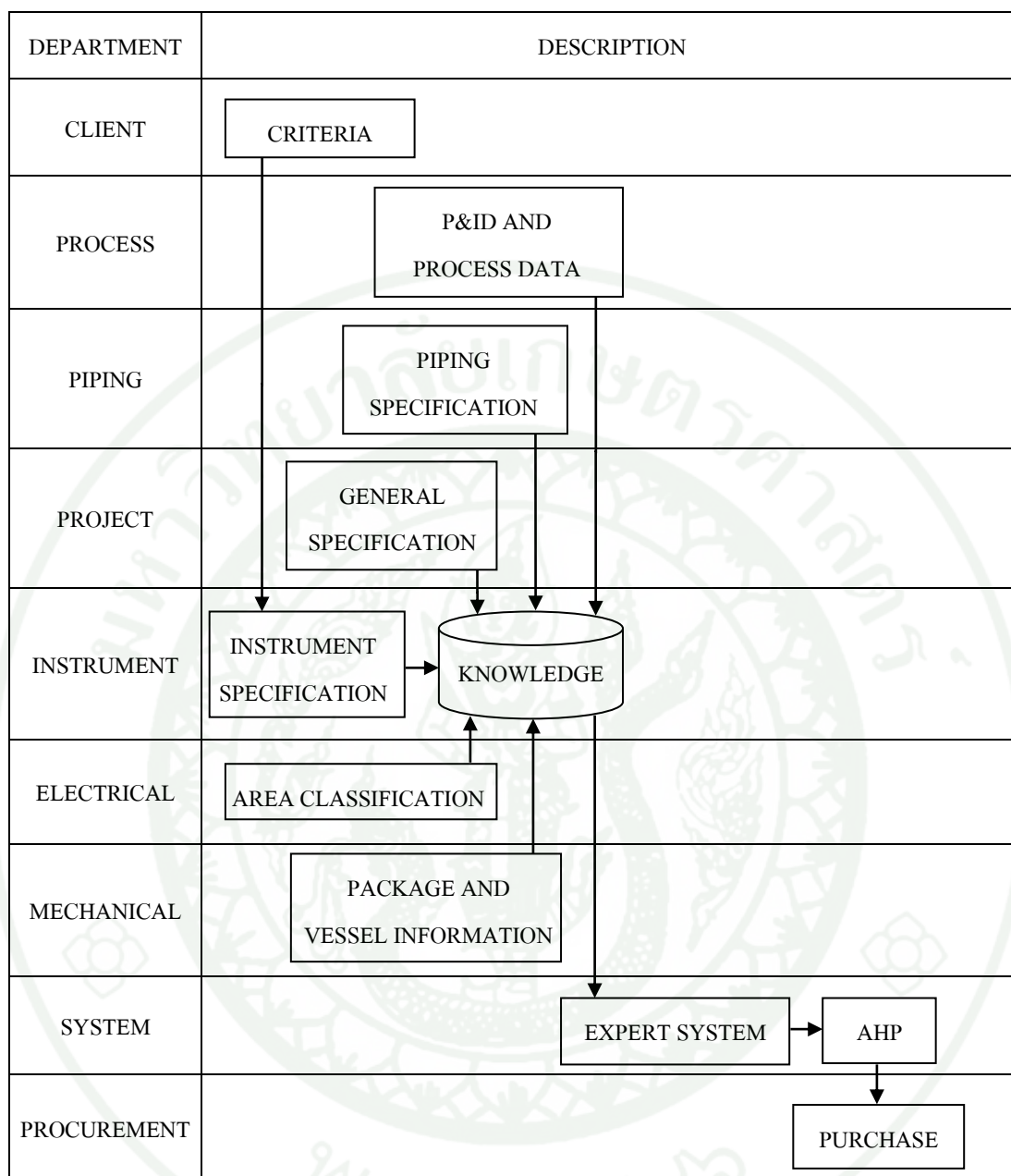
จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจะเห็นได้ว่า แผนกเครื่องมือวัดจะมีข้อมูลจำนวนมากและมาจากหลายแหล่งนอกจากนี้ข้อมูลที่ได้รับมาจะมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ดังนั้นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผล จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

#### การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อเลือกเครื่องมือวัด

ขั้นตอนการทำงานเดิมที่เป็นปัญหา คือ การพิจารณาเลือกเครื่องมือวัด ให้มีความเหมาะสมในแต่ละจุดตามแผนผังแบบ โครงการ ซึ่งต้องพิจารณาจากข้อมูลทุกด้านที่เกี่ยวข้อง ดังได้กล่าวไปข้างต้น การพิจารณาเลือกประเภทเครื่องมือวัดต้องอาศัยประสบการณ์และทักษะของพนักงานในการเลือกซื้อในแต่ละรายการ ทำให้ใช้เวลาในการทำงานสูง ซึ่งงานดังกล่าวเป็นงานที่ต้องทำซ้ำ ๆ และยังไม่มียุทธวิธีข้อมูลมาสนับสนุน รวมทั้งปัจจัยที่นำมาพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดยังไม่มี

หลักเกณฑ์ที่แน่นอน งานวิจัยนี้จึงปรับปรุงกระบวนการเลือกเครื่องมือวัด โดยการประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 18 โดยขั้นตอนหลังการปรับปรุงมีรายละเอียดดังนี้

1. จัดเตรียมเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ความต้องการของลูกค้า และมาตรฐานสากล
2. จัดเตรียมรายละเอียดเครื่องมือวัด และเอกสารทางจัดซื้อ โดยก่อนทำขั้นตอนนี้ จะมีการรับข้อมูลมาตรฐานทั่วไปของโครงการ จากแผนกโครงการ รับข้อมูลด้านแผนผังกระบวนการผลิต และข้อมูลทางด้านการผลิตมาจากแผนกกระบวนการ รับข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่อันตรายจากแผนกไฟฟ้า ข้อมูลการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ถั่งและเครื่องจักรจากแผนกเครื่องกล ส่วนการเลือกและการติดตั้งให้เป็นไปตามวัสดุและมาตรฐานจากแผนกระบบท่อ
3. ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกประเภทของเครื่องมือวัด
4. ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกผู้ขายที่เหมาะสมที่สุด
5. แผนกจัดซื้อตกลงซื้อสินค้ากับผู้ขาย



ภาพที่ 18 ขั้นตอนการทำงานของแผนกเครื่องมือวัดที่จัดการด้วยระบบ

จากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่า ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 ได้ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในขั้นตอนการส่งรายละเอียดเครื่องมือวัด และเอกสารทางจัดซื้อไปให้แผนกจัดซื้อ เพื่อส่งให้ผู้ขาย แผนกจัดซื้อรับใบเสนอราคาจากผู้ขาย เพื่อส่งต่อข้อมูลให้แผนกเครื่องมือวัดทำการตรวจสอบข้อมูลทางเทคนิค แล้วส่งใบประเมินผู้ขายที่ทำการตรวจสอบแล้วไปให้แผนกจัดซื้อ เพราะระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถเลือก

ประเภทและตัดสินใจเลือกซื้อ ห้อ รุ่นและข้อกำหนดที่ตรงกับแบบที่ต้องการได้หลังการรับข้อมูลมาครบถ้วนแล้ว

### วิธีการเลือกเครื่องมือวัดแต่ละชนิด

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาวิธีการเลือกเครื่องมือวัด 4 ชนิดดังนี้

#### 1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ประกอบด้วย

- 1.1 RTD
- 1.2 Thermocouple
- 1.3 Skin Point RTD
- 1.4 Skin Point Thermocouple
- 1.5 Temperature Indicator

#### 2. เครื่องมือวัดความดัน ประกอบด้วย

- 2.1 Gauge Pressure
- 2.2 Absolute Pressure
- 2.3 Differential Pressure
- 2.4 Pressure Indicator

#### 3. เครื่องมือวัดการไหล ประกอบด้วย

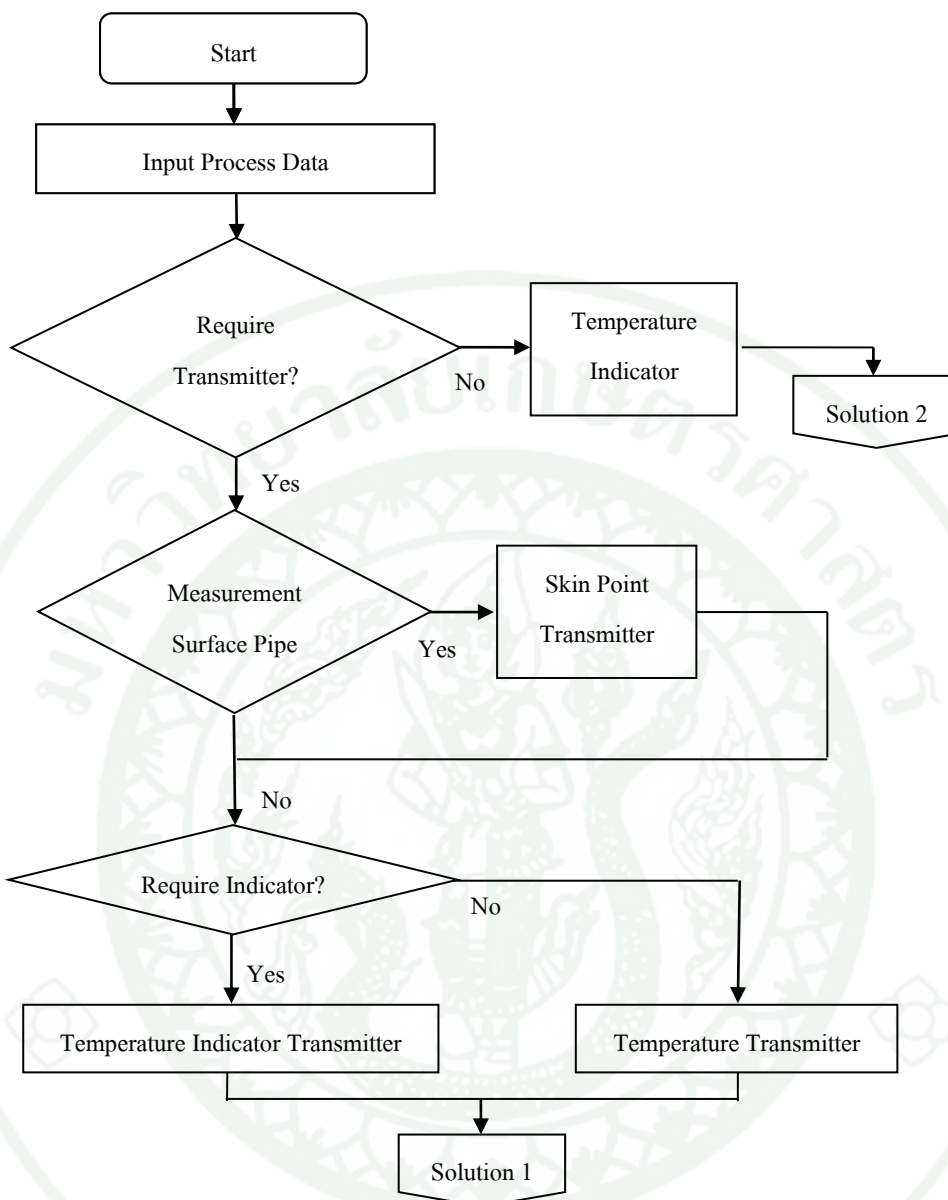
- 3.1 Coriolis
- 3.2 Differential Flow
- 3.3 Magnetic
- 3.4 Turbine
- 3.5 Ultrasonic
- 3.6 Rotameter
- 3.7 Vortex

#### 4. เครื่องมือวัดระดับ ประกอบด้วย

- 4.1 Differential Level
- 4.2 Guide Wave Radar
- 4.3 Radar
- 4.4 Ultrasonic
- 4.5 Magnetic Level Gauge
- 4.6 Transparent Gauge Glass
- 4.7 Reflex Gauge Glass

#### เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

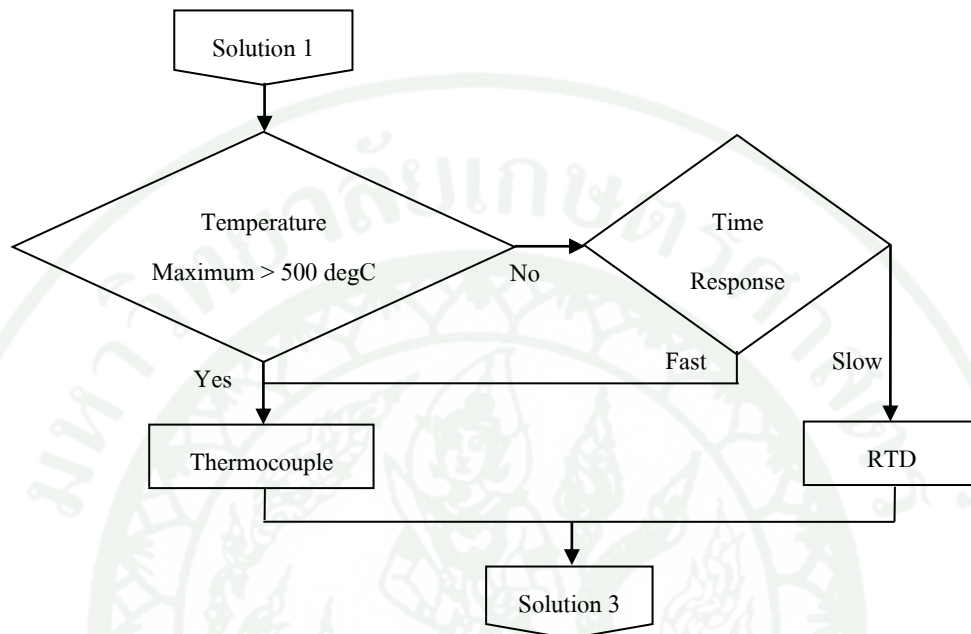
เริ่มต้นการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ต้องมีการใส่ค่าอุณหภูมิของกระบวนการ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการตัวส่งสัญญาณหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการ ให้เลือกชนิดตัวบ่งชี้อุณหภูมิ (Temperature Indicator) คือจะใช้สำหรับอ่านค่าอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว และไปพิจารณาที่ Solution 2 รายละเอียดตัวบ่งชี้อุณหภูมิต่อ แต่ถ้าต้องการตัวส่งสัญญาณ ให้มาพิจารณาว่าต้องการวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ หรือสัมผัสกับสารโดยตรงหากต้องการวัดที่ผิวท่อ จะเลือกใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผิว (Skin Point Transmitter) ซึ่งเครื่องมือวัดชนิดนี้ มีการเชื่อมต่อตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับผิวท่อ ต่อมาพิจารณาว่าตัวส่งสัญญาณที่เลือกมานั้นเป็นชนิดที่ต้องการแสดงค่าอุณหภูมิด้วยหรือไม่ ถ้าต้องการจะเลือกเป็นตัวส่งสัญญาณที่ติดจอแสดงผลมาในตัว เมื่อจบขั้นตอนนี้ ต่อไปจะไปทำการเลือกชนิดของเซ็นเซอร์ตาม Solution 1 ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ฟังก์ชันการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิมีเซ็นเซอร์ 2 ชนิดให้เลือก คือ อาร์ทีดี (RTD) และ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) สำหรับการเลือกใช้งานระหว่างอาร์ทีดี (RTD) และ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) พิจารณาจากช่วงอุณหภูมิที่ต้องการวัด ว่ามีค่ามากกว่า 500 องศาเซลเซียสหรือไม่ ถ้ามากกว่า 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป ควรเลือกใช้ชนิดเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) แต่ถ้ามีช่วงอุณหภูมิในการวัดต่ำกว่า 500 องศาเซลเซียส มาพิจารณาเพิ่มเติมว่า ต้องการการตอบสนองของการวัดที่เร็วหรือไม่ ถ้าไม่ให้เลือกเป็นชนิดอาร์ทีดี (RTD) แต่ถ้าต้องการการตอบสนองที่รวดเร็ว

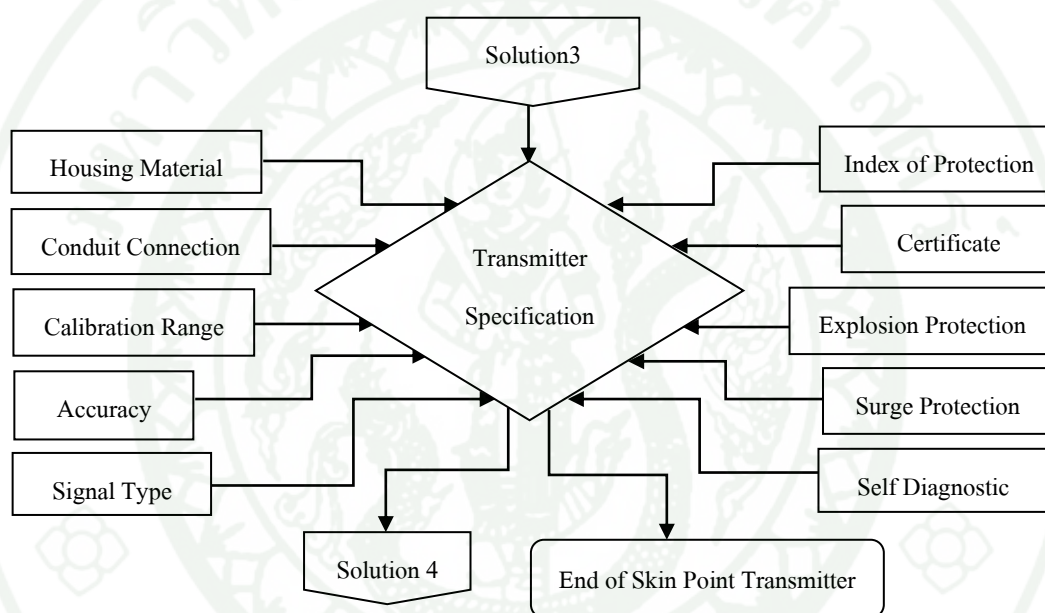
ให้เลือกเป็นชนิดเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เมื่อจบขั้นตอนการเลือกเซ็นเซอร์ ให้ไปที่ขั้นตอนต่อไปตาม Solution 3 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ฟังก์ชันการเลือกเซ็นเซอร์ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เมื่อเลือกชนิดของเซ็นเซอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการกำหนดรายละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ เริ่มจากการเลือกชนิดวัสดุที่ห่อหุ้มเครื่องส่งสัญญาณ ต่อมากำหนดจุดต่อของสายไฟ (Conduit Connection) กำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Accuracy) โดยที่ค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดของผู้ขายต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ต้องการ ขั้นตอนต่อกำหนดวิธีการส่งสัญญาณ ไปยังระบบควบคุม โดยลักษณะสัญญาณที่ใช้งานมี 2 แบบ คือ อนาล็อก (Analog) จะใช้สัญญาณ 4-20 mA ในการส่งอีกแบบเป็นชนิดดิจิทัล (Digital) คือใช้ฟิลด์บัส (Fieldbus) ในการส่งสัญญาณ ขั้นตอนต่อมาเลือกย่านการวัด (Calibration Range) คือ ย่านในการวัดอุณหภูมิ โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการกำหนดย่านการวัดคือ ให้ค่าปกติของอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ (Normal Temperature) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ส่วนค่าน้อยที่สุดของอุณหภูมิ (Minimum Temperature) และค่ามากที่สุดของอุณหภูมิ (Maximum Temperature) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัดตามลำดับ ต่อมาเป็นการเลือกเกี่ยวกับการป้องกันต่างๆ ของตัวส่งสัญญาณ เริ่มจากค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือ ค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ในขณะที่หนังสือรับรอง (Certificate) บอกถึงชื่อหนังสือรับรองของพื้นที่อันตราย การป้องกัน

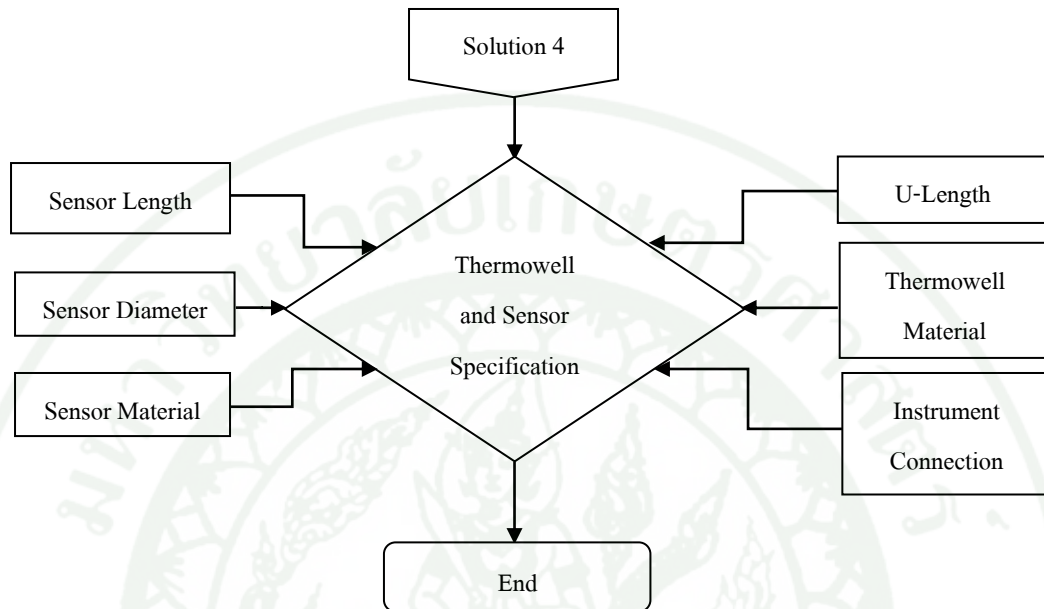
การระเบิด (Explosion Protection) คือวิธีการป้องกันการเกิดประกายไฟของตัวส่งสัญญาณ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) หรือไม่ การป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) คือ อุปกรณ์ป้องกันสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟ้าผ่า และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) คือ เมื่อตัวส่งสัญญาณเกิดปัญหา อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้งานได้รู้ เมื่อเสร็จสิ้นแล้ว ไปที่ขั้นตอนต่อไป คือ solution 4 รายละเอียดการเลือกเทอร์โมเวลล์และเซ็นเซอร์ แต่ถ้าเป็นชนิดของเครื่องวัดอุณหภูมิที่ผิว (Skin Point Transmitter) จะจบขั้นตอนเพียง ผังกระบวนการนี้ ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

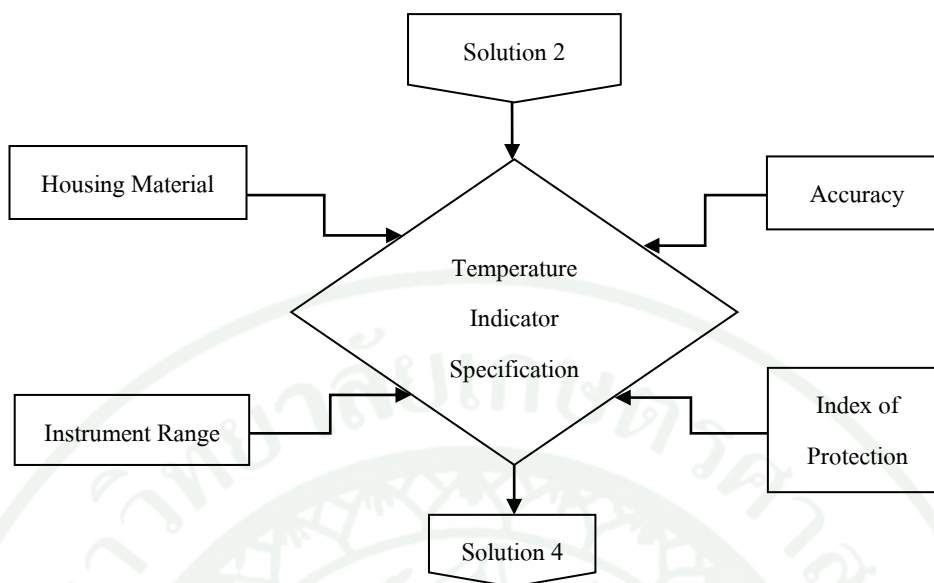
ขั้นตอนสุดท้ายคือ การเลือกเทอร์โมเวลล์ (Thermowell) และเซ็นเซอร์ตัววัด เริ่มจากพิจารณาขนาดของจุดต่อเทอร์โมเวลล์ (Thermowell Connection) เช่น 3/4” 1” หรือ 2” รวมทั้งประเภทของจุดต่อ เช่น เชื่อม (Weld) หรือหน้าแปลน (Flange) ต่อมากำหนดวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลล์ ควรเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับท่อ ขั้นตอนต่อมาเลือกความยาวของเทอร์โมเวลล์ที่จุ่มลงไป ในท่อ (U-Length) โดยระยะควรอยู่ที่ 2/3 ของท่อ เมื่อได้ความยาวแล้ว ทำการเลือกความยาวเซ็นเซอร์ของเครื่องมือวัด (Sensor Length) ให้เหมาะสมกับความยาวของเทอร์โมเวลล์ (U-Length) ต่อมาพิจารณาเลือกขนาดเซ็นเซอร์ (Sensor Diameter) โดยที่ขนาดเซ็นเซอร์ต้องใส่เข้า

ไปในเทอร์โมเวลล์ (Thermowell) ได้ และสุดท้ายเลือกวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น Stainless Steel ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ผังรายละเอียดของเทอร์โมเวลล์และเซ็นเซอร์

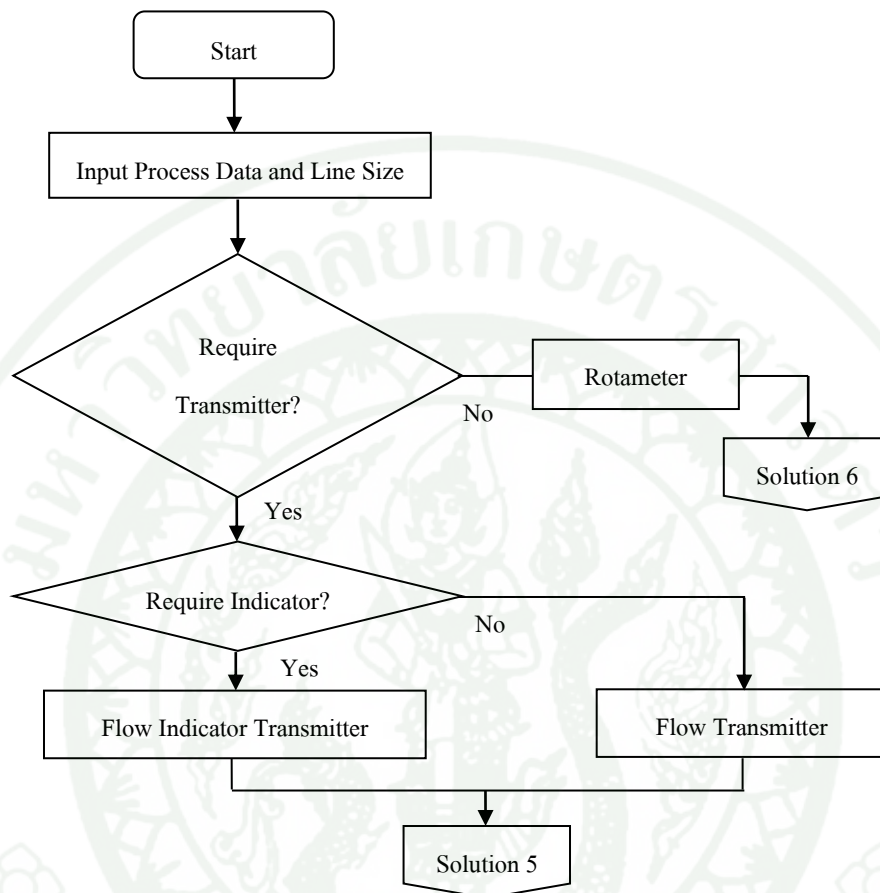
ตัวบ่งชี้อุณหภูมิ (Temperature Indicator) คือ ตัววัดอุณหภูมิที่แสดงค่าอย่างเดียว ไม่ได้ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ส่วนรายละเอียดในการพิจารณา เริ่มจากกำหนดย่านของเครื่องมือวัด (Instrument Range) การกำหนดค่าย่านนี้ ส่วนใหญ่จะให้ค่าอุณหภูมิปกติของกระบวนการ (Normal Temperature) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ค่าน้อยที่สุดของอุณหภูมิ (Minimum Temperature) และค่ามากที่สุดของอุณหภูมิ (Maximum Temperature) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัด การกำหนดค่าความแม่นยำของตัวบ่งชี้อุณหภูมิ (Temperature Indicator) โดยปกติค่าความแม่นยำจะอยู่ประมาณ 1-2% ส่วนต่อไปเป็นการระบุวัสดุที่ใช้ทำสิ่งห่อหุ้มตัวบ่งชี้อุณหภูมิ (Housing Material) และพิจารณาค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือ ค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ เมื่อเสร็จสิ้นแล้ว ไปที่ Solution 4 เพื่อไปเลือกเทอร์โมเวลล์และเซ็นเซอร์ ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ผังรายละเอียดของตัวบ่งชี้อุณหภูมิ

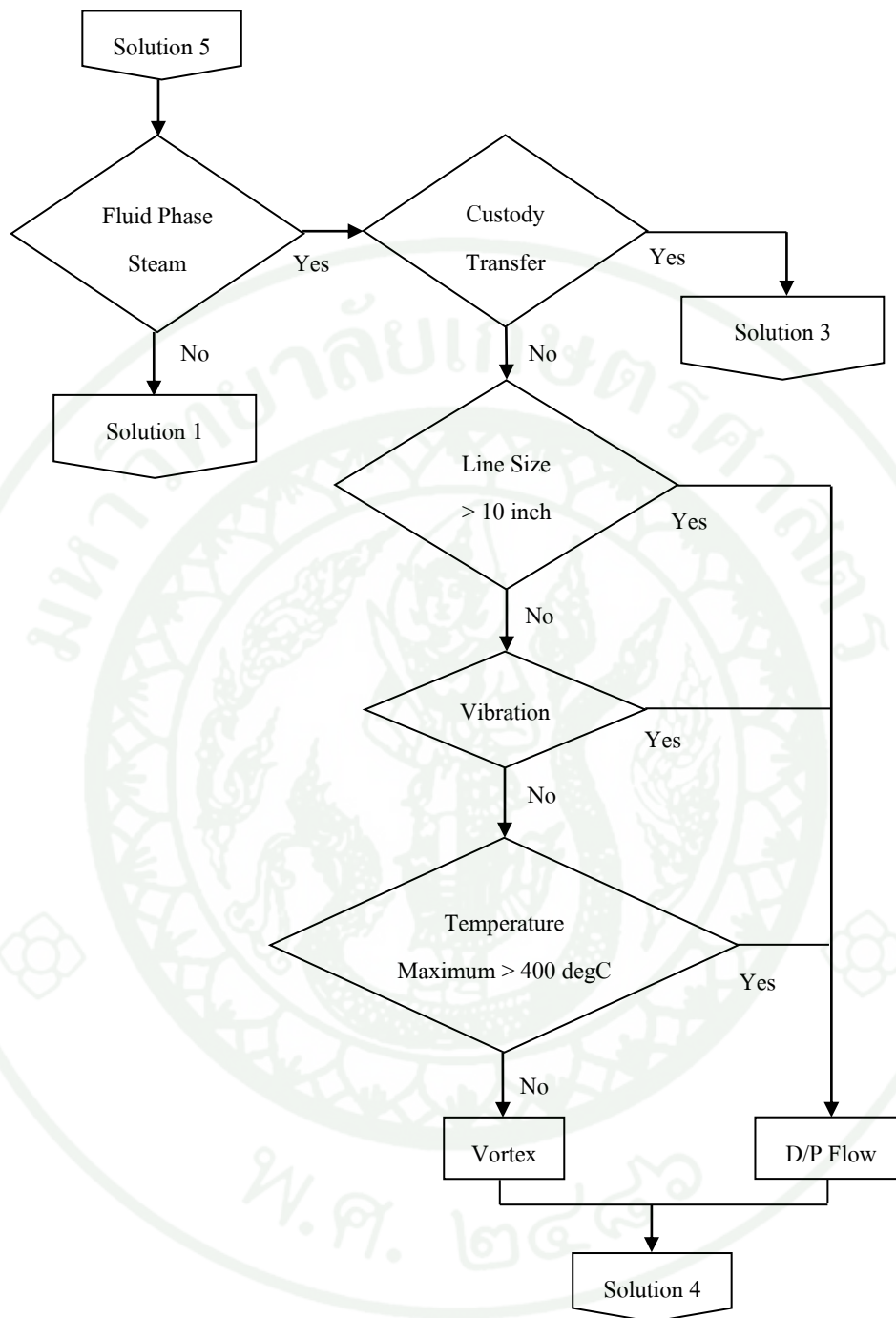
จากผังการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิสามารถนำมาเขียนเป็นรูปแบบกฎ (IF-THEN RULES) ดังภาคผนวก ข กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัด

## เครื่องมือวัดการไหล



ภาพที่ 24 ฟังก์ชันการเลือกเครื่องมือวัดการไหล

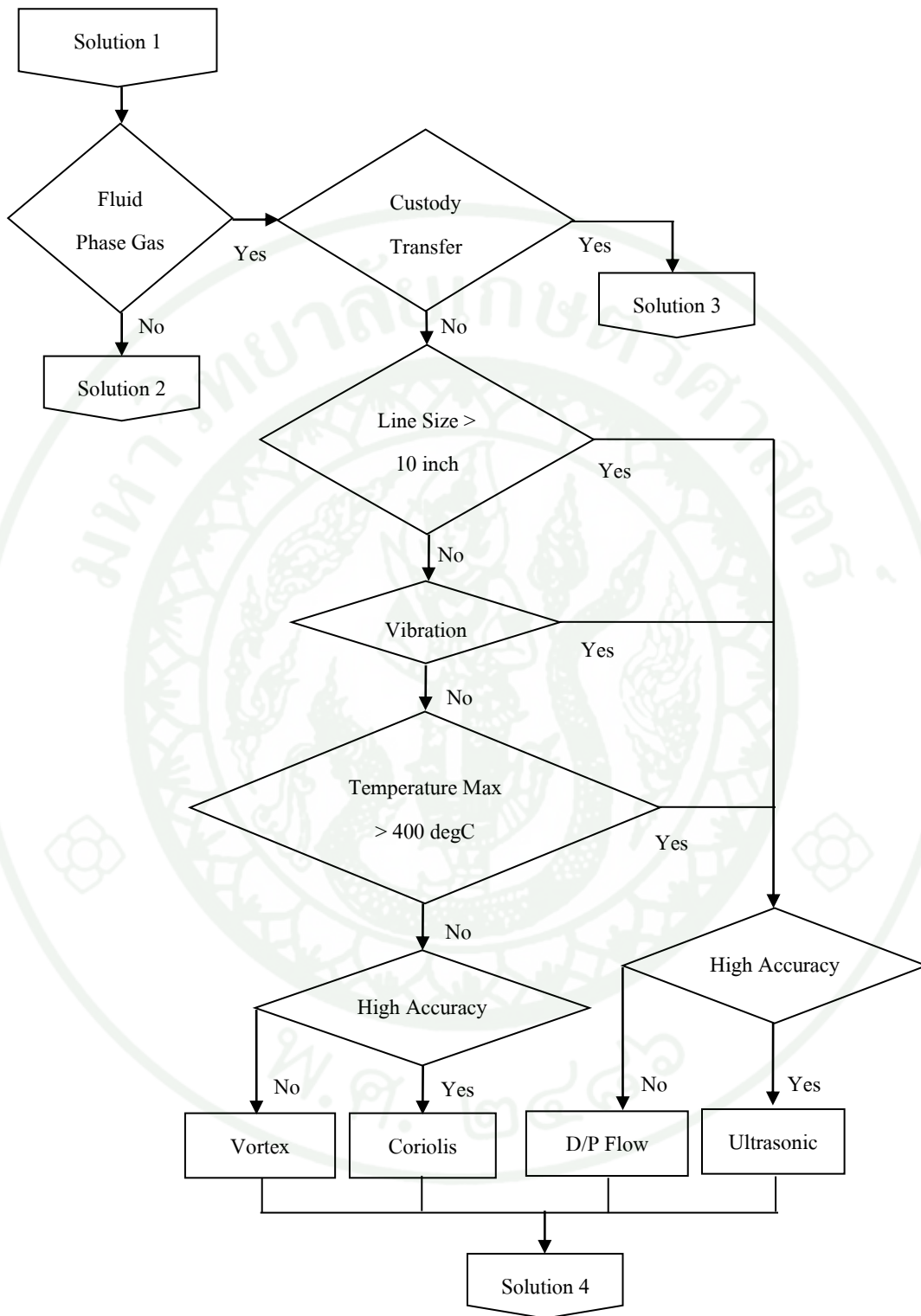
เริ่มต้นการเลือกเครื่องมือวัดการไหล ต้องใส่ค่าตัวแปรของกระบวนการก่อน และพิจารณาต่อว่าต้องการตัวส่งสัญญาณหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการให้เลือกโรตاميเตอร์ (Rotameter) และไปที่ Solution 6 แต่ถ้าต้องการตัวส่งสัญญาณ ให้มาพิจารณาต่อว่าตัวส่งสัญญาณที่เลือกมานั้นเป็นชนิดที่ต้องการแสดงค่าการไหลด้วยหรือไม่ ถ้าต้องการ ให้เลือกเป็นตัวส่งสัญญาณที่ติดจอแสดงผลมาในตัวแล้วไปต่อที่ Solution 5 การเลือกเซ็นเซอร์เครื่องมือวัดการไหล ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 25 ฟังก์ชันการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 1

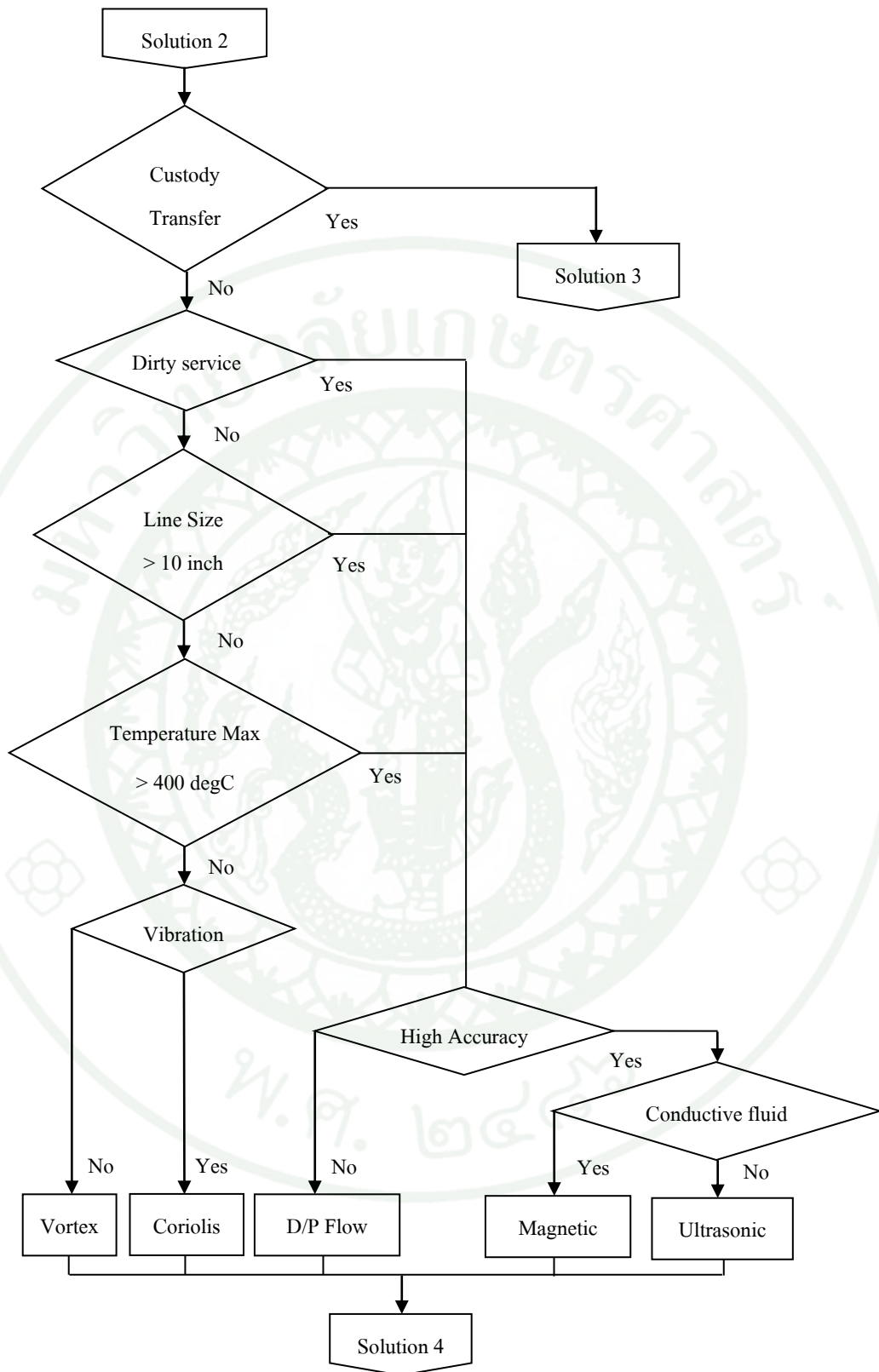
Solution 5 เริ่มจากการตรวจสอบว่ากระบวนการชนิดนั้นว่าเป็นไอน้ำหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้ไปเลือกต่อที่ Solution 1 แต่ถ้ากระบวนการเป็นไอน้ำ ตรวจสอบความต้องการของระบบต่อว่าเป็นการวัดเพื่อซื้อขายหรือไม่ ถ้าเป็นการวัดเพื่อซื้อขายก็ไปพิจารณาตาม Solution 3 แต่ถ้าไม่ต้องการวัดเพื่อซื้อขาย ก็มาพิจารณาว่าขนาดท่อใหญ่กว่า 10 นิ้วหรือไม่ ระบบท่อมีการสั่นหรือไม่ อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียสหรือไม่ ถ้าเข้าข่ายข้อใดข้อหนึ่งใน 3 ข้อให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดการวัดการไหลแบบความดันแตกต่าง (Differential Flow) แต่ถ้าไม่เข้าข่ายทั้ง 3 ข้อให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดวอร์เท็กซ์ (Vortex) แล้วไปต่อที่ Solution 4 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 25





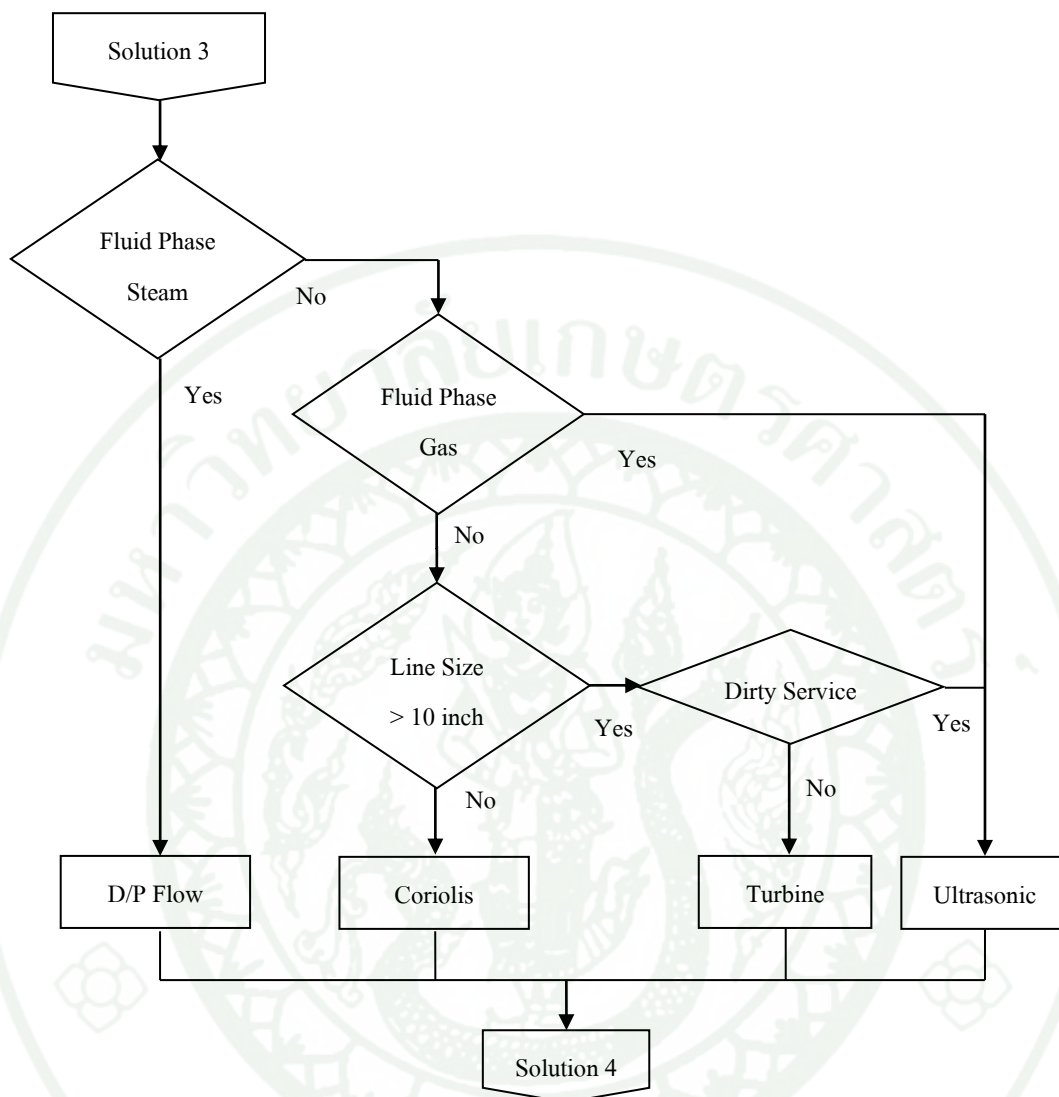
ภาพที่ 26 ฟังก์ชันการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 2

Solution 1 เป็นขั้นตอนหลังตรวจสอบว่ากระบวนการไม่เป็นเป็นไอน้ำ พิจารณาต่อว่ากระบวนการเป็นแก๊ซหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้ไปเลือกที่ Solution 2 แต่ถ้ากระบวนการเป็นแก๊ซ มาตรวจสอบความต้องการของระบบ ว่าเป็นการวัดเพื่อซื้อขายหรือไม่ ถ้าเป็นการวัดเพื่อซื้อขายก็ไปที่ Solution 3 แต่ถ้าไม่ต้องการวัดเพื่อซื้อขาย มาพิจารณาว่าขนาดท่อใหญ่กว่า 10 นิ้วหรือไม่ ระบบท่อมีการสั่นหรือไม่ อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียสหรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งใน 3 ข้อ ให้เลือกเครื่องมือวัดการไหลแบบความดันแตกต่าง (Differential Flow) หรือ อัลตราโซนิก (Ultrasonic) โดยถ้าต้องการความแม่นยำสูง ให้เลือกอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ถ้าไม่ให้เลือกการวัดการไหลแบบความดันแตกต่าง (Differential Flow) แต่ถ้าไม่เข้าเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ ให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดวอร์เท็กซ์ (Vortex) หรือ โคริโอลิส (Coriolis) โดยถ้าต้องการความแม่นยำสูง ให้เลือกโคริโอลิส (Coriolis) แต่ถ้าไม่ให้เลือกวอร์เท็กซ์ (Vortex) และไปที่ Solution 4 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 27 ฟังก์ชันการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 3

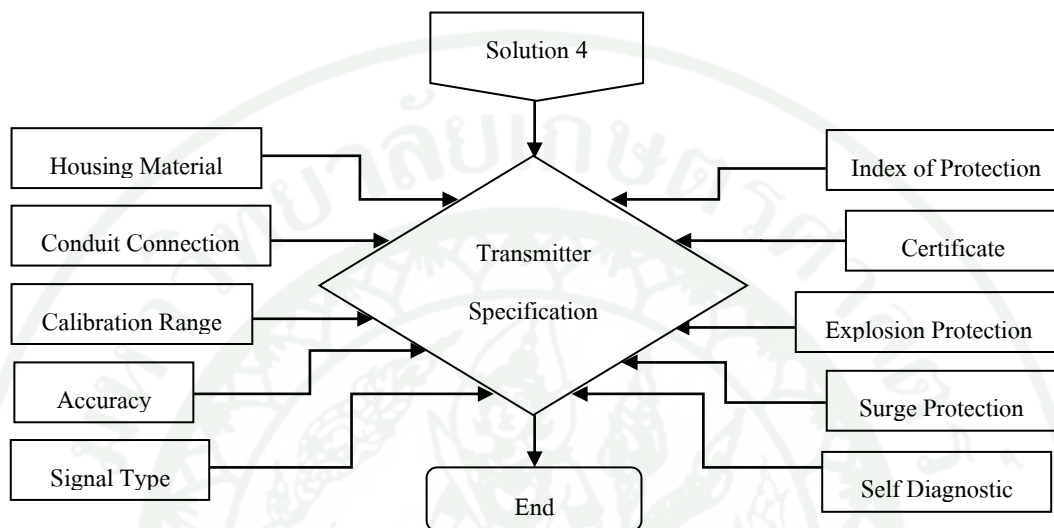
Solution 2 เป็นขั้นตอนหลังตรวจสอบว่ากระบวนการไม่เป็นไอน้ำและแก๊ซ ต้องมาตรวจสอบความต้องการของระบบเป็นการวัดเพื่อซื้อขายหรือไม่ ถ้าเป็นการวัดเพื่อซื้อขาย ไปที่ Solution 3 แต่ถ้าไม่ต้องการวัดเพื่อซื้อขาย มาพิจารณาต่อว่ากระบวนการสกปรกหรือไม่ ขนาดท่อใหญ่กว่า 10 นิ้วหรือไม่ อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียสหรือไม่ ถ้าเข้าข่ายทั้ง 3 ข้อ ให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดวอร์เท็กซ์ (Vortex) หรือ โคริโอลิส (Coriolis) โดยถ้าระบบท่อมีการสั่นให้เลือกโคริโอลิส (Coriolis) ถ้าไม่มีการสั่นให้เลือกวอร์เท็กซ์ (Vortex) แต่ถ้าเข้าข่ายข้อใดข้อหนึ่งใน 3 ข้อ ให้พิจารณาต่อว่าต้องการ ความแม่นยำสูงหรือไม่ ถ้าไม่ให้เลือกการวัดการไหลแบบความดันแตกต่าง (Differential Flow) แต่ถ้าต้องการให้พิจารณาต่อว่าสารที่วัดนำไฟฟ้าหรือไม่ ถ้านำไฟฟ้าให้เลือกเครื่องมือวัดการไหลที่อาศัยหลักการทางแม่เหล็ก (Magnetic) ถ้าไม่ให้เลือกอัลตราโซนิก (Ultrasonic) และไปที่ Solution 4 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 28 ผังการเลือกเซ็นเซอร์วัดของไหลวิธีที่ 4

Solution 3 เป็นขั้นตอนหลังตรวจสอบว่ากระบวนการต้องการของระบบเป็นการวัดเพื่อซื้อขาย เริ่มจากการตรวจสอบว่ากระบวนการเป็นของเหลวหรือไม่ ถ้าใช่ให้เลือกเครื่องมือวัดการไหลแบบความดันแตกต่าง (Differential Flow) แต่ถ้ากระบวนการไม่ใช่ของเหลวให้พิจารณาต่อว่ากระบวนการเป็นแก๊สหรือไม่ ถ้าใช่ให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic) แต่ถ้ากระบวนการไม่ใช่ไอและแก๊ส มาพิจารณาขนาดท่อว่าใหญ่กว่า 10 นิ้วหรือไม่ ถ้าขนาดท่อเล็กกว่า 10 นิ้ว ให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดโคริโอลิส (Coriolis) แต่ถ้าขนาดท่อใหญ่กว่า 10 นิ้ว พิจารณาต่ออีกว่ากระบวนการสะอาดหรือไม่ ถ้ากระบวนการสกปรกให้เลือกเครื่องมือวัดชนิด

อัลตราโซนิก (Ultrasonic) แต่ถ้ากระบวนการสะอาดให้เลือกเครื่องมือวัดชนิดเทอร์ไบน์ (Turbine) เมื่อจบขั้นตอนนี้ต่อไปจะไปทำการเลือกชนิดตัวส่งสัญญาณตาม Solution 4 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 28

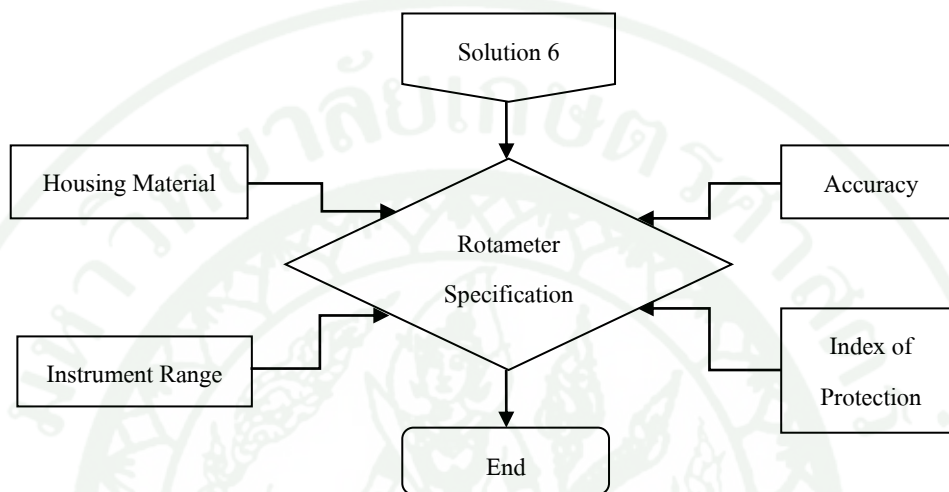


ภาพที่ 29 ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดการไหล

เมื่อเลือกชนิดของเซ็นเซอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การกำหนดรายละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ เริ่มจากการเลือกชนิดวัสดุที่ห่อหุ้มเครื่องส่งสัญญาณ ต่อมากำหนดจุดต่อของสายไฟ (Conduit Connection) กำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Accuracy) โดยที่ค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดของผู้ขายต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ต้องการ ขั้นตอนต่อมากำหนดวิธีการส่งสัญญาณ ไปยังระบบควบคุม โดยลักษณะสัญญาณที่ใช้งานมี 2 แบบ คือ อนุalog (Analog) จะใช้สัญญาณ 4-20 mA ในการส่งอีกแบบเป็นชนิดดิจิทัล (Digital) คือใช้ฟิลด์บัส (Fieldbus) ในการส่งสัญญาณ ขั้นตอนต่อมาเลือกย่านการวัด (Calibration Range) คือ ย่านในการวัดการไหลโดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการกำหนดย่านการวัดคือ ให้ค่าปกติของการไหลที่ใช้ในระบบ (Normal Flow) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ส่วนค่าน้อยที่สุดของการไหล (Minimum Flow) และค่ามากที่สุดของการไหล (Maximum Flow) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัดตามลำดับ ต่อมาเป็นการเลือกเกี่ยวกับการป้องกันต่างๆ ของตัวส่งสัญญาณ เริ่มจากค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือ ค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ในขณะที่หนังสือรับรอง (Certificate) การป้องกันการระเบิด (Explosion Protection) คือวิธีการป้องกันการเกิดประกายไฟของตัวส่งสัญญาณ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection)

และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) หรือไม่ การป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) คืออุปกรณ์ป้องกันสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟ้าผ่า และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) คือ เมื่อตัวส่งสัญญาณเกิดปัญหา อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้งานได้รู้

ดั่งภาพที่ 29



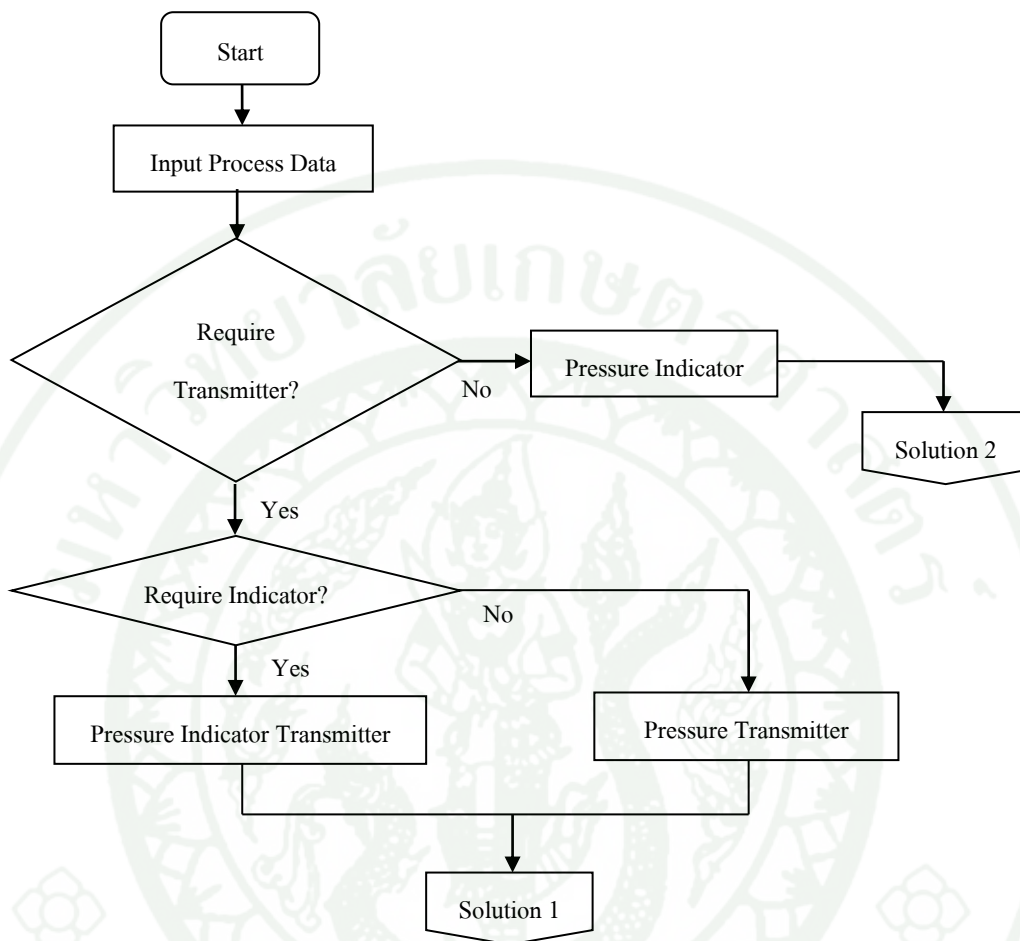
ภาพที่ 30 ผังรายละเอียดของโรตاميเตอร์

โรตاميเตอร์ (Rotameter) โดยปกติจะใช้แสดงค่าอย่างเดียว ไม่ได้ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ส่วนรายละเอียดในการพิจารณาเริ่มจากกำหนดย่านการวัด (Instrument Range) การกำหนดย่านการวัดนี้ ส่วนใหญ่จะให้ค่าการไหลปกติของกระบวนการ (Normal Flow) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ค่าน้อยที่สุดของการไหล (Minimum Flow) และค่ามากที่สุดของการไหล (Maximum Flow) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัด ต่อมากำหนดค่าความแม่นยำ ส่วนต่อไปเป็นการระบุวัสดุที่ใช้ทำตัวห่อหุ้ม (Housing Material) ต่อมานิยามค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์

ดั่งภาพที่ 30

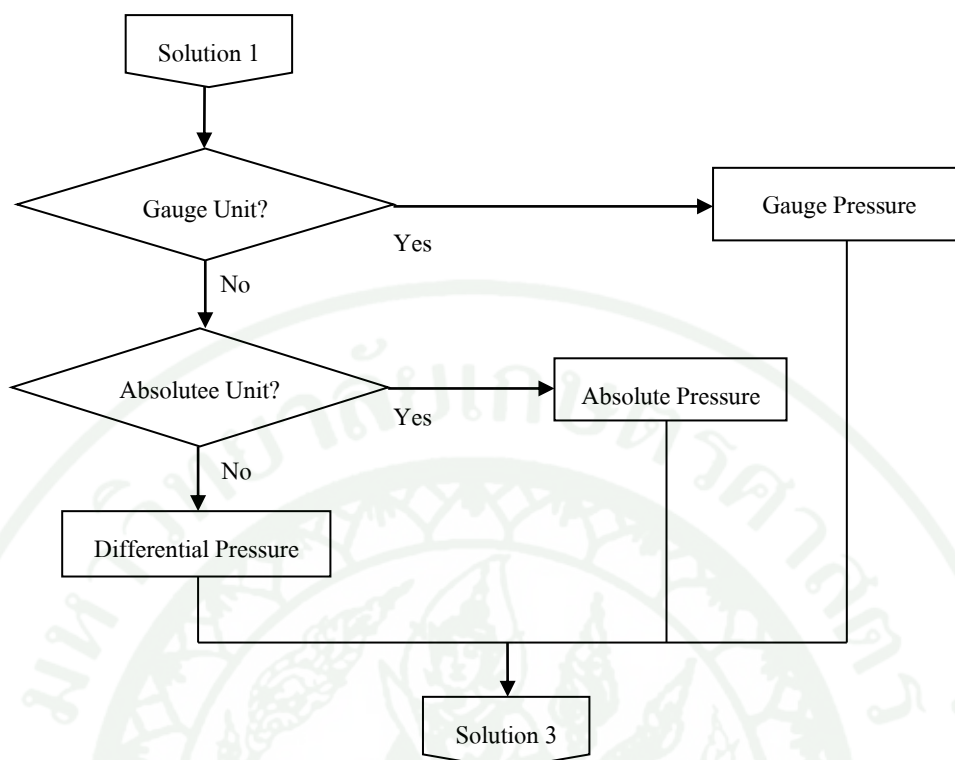
จากผังการเลือกเครื่องมือวัดการไหลสามารถนำมาเขียนเป็นรูปแบบกฎ (IF-THEN RULES) ดังภาคผนวก ข กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัด

## เครื่องมือวัดความดัน



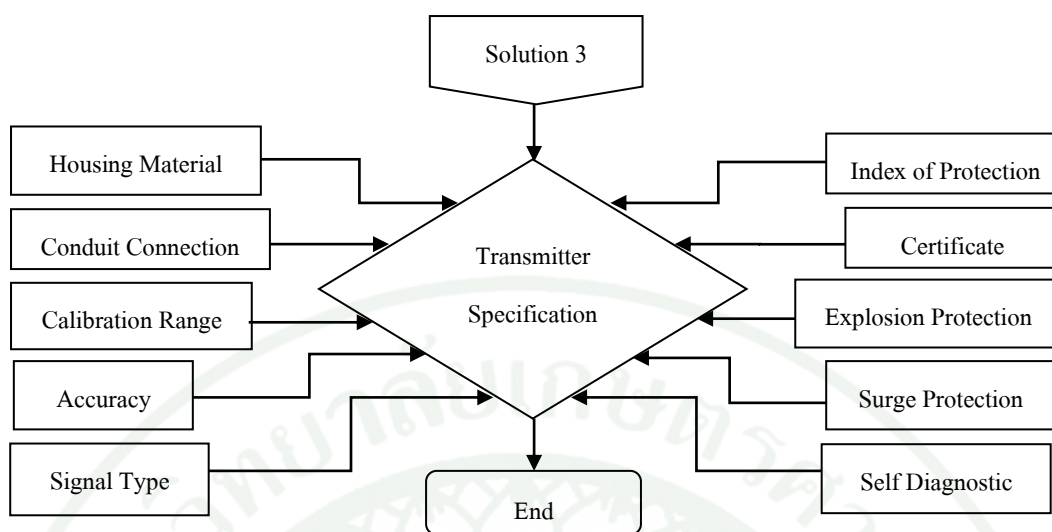
ภาพที่ 31 ฟังก์ชันการเลือกเครื่องมือวัดความดัน

เริ่มต้นการเลือกเครื่องมือวัดความดันต้องใส่ค่าตัวแปรของกระบวนการ และพิจารณาต่อว่าต้องการตัวส่งสัญญาณหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการให้เลือกตัวบ่งชี้ความดัน (Pressure Indicator) และไปที่ Solution 2 แต่ถ้าต้องการตัวส่งสัญญาณ ให้มาพิจารณาต่อว่าตัวส่งสัญญาณที่เลือกมานั้นเป็นชนิดที่ต้องการแสดงค่าความดันด้วยหรือไม่ ถ้าต้องการจะเลือกเป็นตัวส่งสัญญาณที่ติดจอแสดงผลมาในตัว แล้วไปต่อที่ Solution 1 การเลือกชนิดเครื่องมือวัดความดัน ดังภาพที่ 31



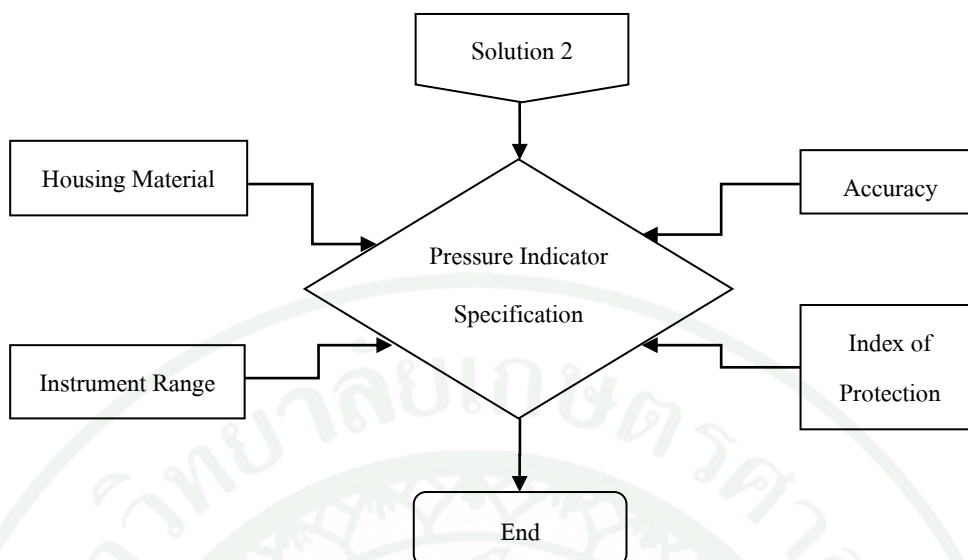
ภาพที่ 32 ฟังก์ชันการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดความดัน

พิจารณาว่า เครื่องมือวัดความดันที่ต้องการเป็นแบบใด ถ้าหน่วยของเครื่องมือวัดความดันที่กระบวนการต้องการเป็นแบบความดันเกจ ให้เลือกการวัดความดันแบบเกจ (Gauge Pressure) ถ้ากระบวนการต้องการเป็นความดันสัมบูรณ์ ให้เลือกการวัดความดันแบบความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) แต่ถ้ากระบวนการต้องการวัดความดันแตกต่างระหว่างจุดสองจุดให้เลือกการวัดความดันแบบความดันแตกต่าง (Differential Pressure) ต่อไปทำการเลือกชนิดของตัวส่งสัญญาณตาม Solution 3 ดังภาพที่ 32



ภาพที่ 33 ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดความดัน

เมื่อเลือกชนิดของเซ็นเซอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การกำหนดรายละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ เริ่มจากการเลือกชนิดวัสดุที่ห่อหุ้มเครื่องส่งสัญญาณ ต่อมากำหนดจุดต่อของสายไฟ (Conduit Connection) กำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Accuracy) โดยที่ค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดของผู้ขายต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ต้องการ ขั้นตอนต่อมากำหนดวิธีการส่งสัญญาณ ไปยังระบบควบคุม โดยลักษณะสัญญาณที่ใช้งานมี 2 แบบ คือ อนาล็อก (Analog) จะใช้สัญญาณ 4-20 mA ในการส่งอีกแบบเป็นชนิดดิจิทัล (Digital) คือใช้ฟิลด์บัส (Fieldbus) ในการส่งสัญญาณ ขั้นตอนต่อมาเลือกย่านการวัด (Calibration Range) คือ ย่านในการวัดความดัน โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการกำหนดย่านการวัดคือ ให้ค่าปกติของการวัดความดันที่ใช้ในกระบวนการ (Normal Flow) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ส่วนค่าน้อยที่สุดของความดัน (Minimum Pressure) และค่ามากที่สุดของความดัน (Maximum Pressure) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัดตามลำดับ ต่อมาเป็นการเลือกเกี่ยวกับการป้องกันต่างๆ ของตัวส่งสัญญาณ เริ่มจากค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ในขณะที่ หนังสือรับรอง (Certificate) การป้องกันการระเบิด (Explosion Protection) คือวิธีการป้องกันการเกิดประกายไฟของตัวส่งสัญญาณ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) หรือไม่ การป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) คืออุปกรณ์ป้องกันสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟ้าผ่า และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) คือ เมื่อตัวส่งสัญญาณเกิดปัญหา อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้งานได้รู้ ดังภาพที่ 33

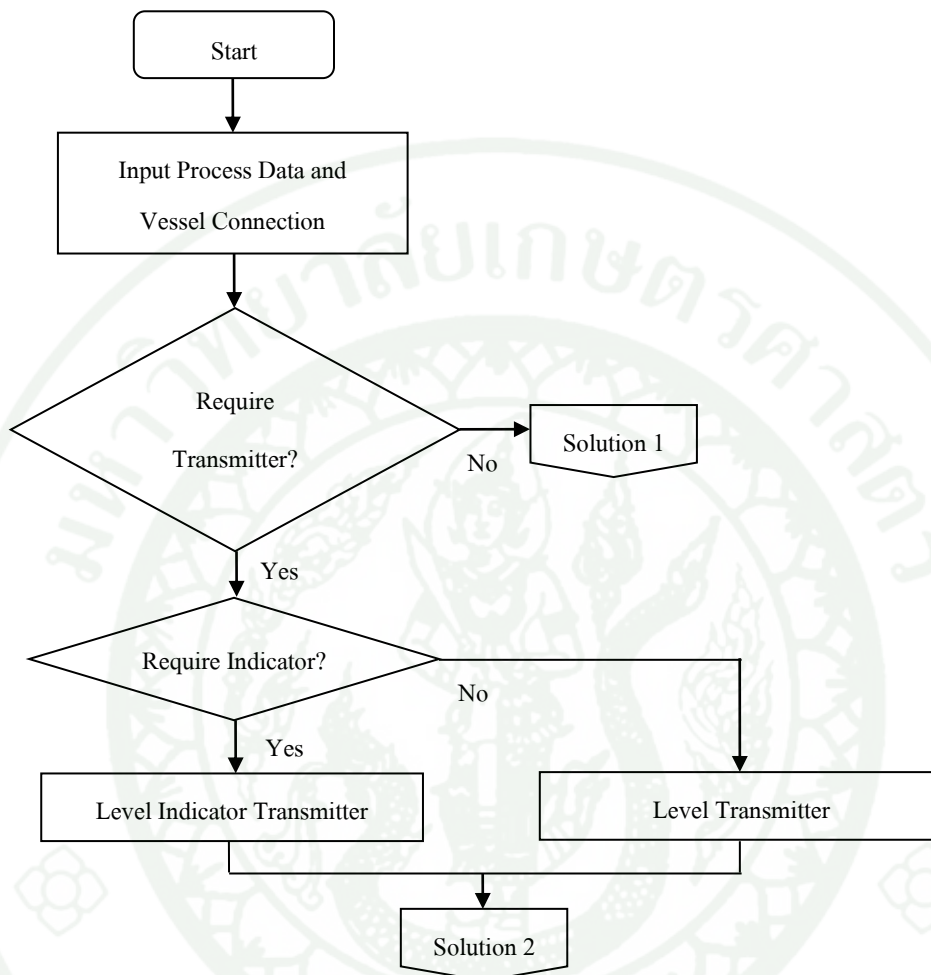


ภาพที่ 34 ผังรายละเอียดของเกจวัดความดัน

ตัวบ่งชี้ความดัน (Pressure Indicator) คือ ตัววัดความดันที่แสดงค่าอย่างเดี่ยว ไม่ได้ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ส่วนรายละเอียดในการพิจารณา เริ่มจากกำหนดย่านของเครื่องมือวัด (Instrument Range) การกำหนดย่านการวัดนี้ ส่วนใหญ่จะให้ค่าความดันปกติของกระบวนการ (Normal Pressure) อยู่ที่กึ่งกลางของย่าน ค่าต่ำสุดของความดัน (Minimum Pressure) และค่ามากที่สุดของความดัน (Maximum Pressure) จะอยู่ที่ 10% และ 90% ของย่านการวัด กำหนดค่าความแม่นยำของตัวบ่งชี้ความดัน โดยปกติค่าความแม่นยำจะอยู่ประมาณ 1-2% ส่วนต่อไปเป็นการระบุวัสดุที่ใช้ทำตัวห่อหุ้มของตัวบ่งชี้ความดัน (Housing Material) และพิจารณามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ดังภาพที่ 34

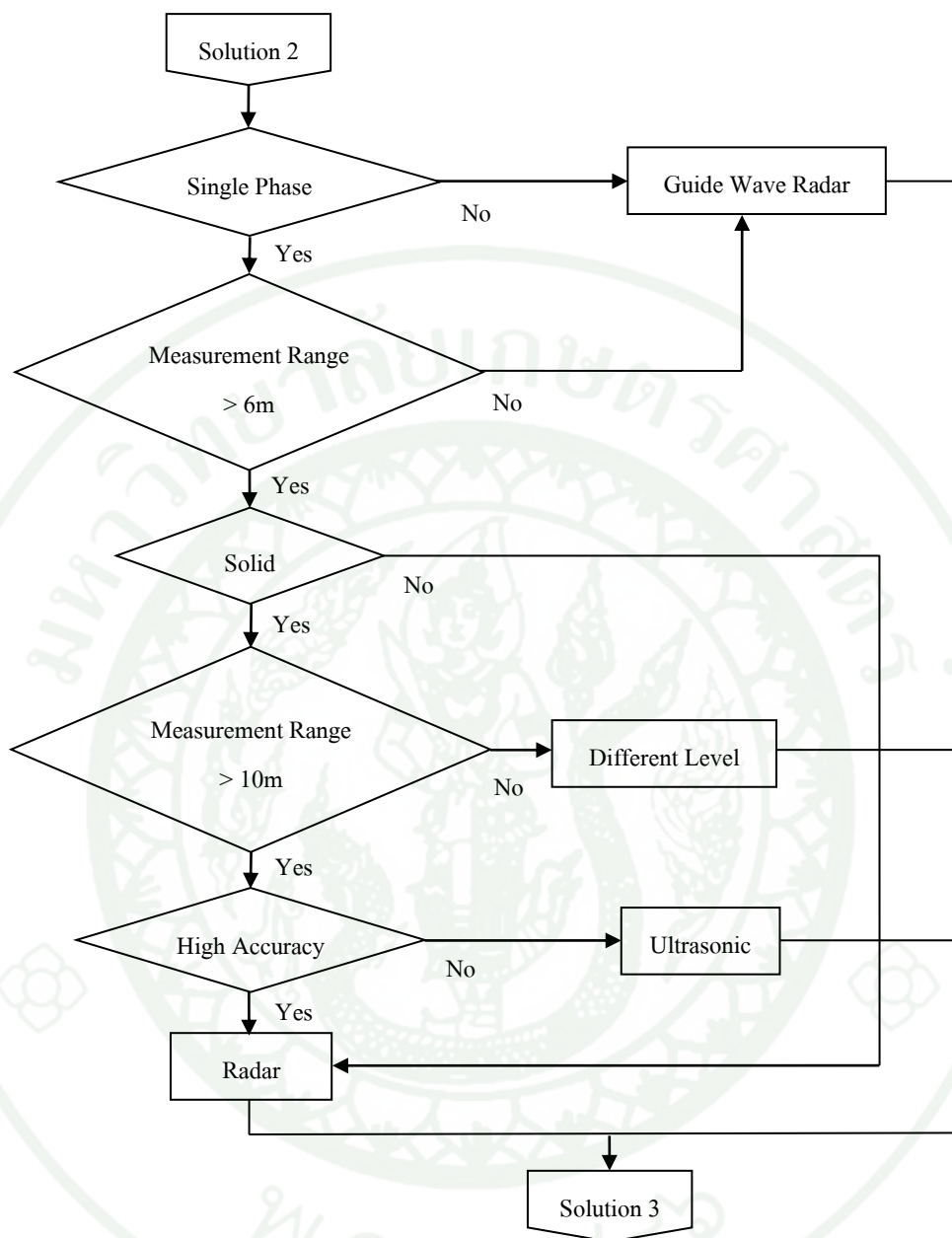
จากผังการเลือกเครื่องมือวัดความดันสามารถนำมาเขียนเป็นรูปแบบกฎ (IF-THEN RULES) ดังภาคผนวก ข กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัด

## เครื่องมือวัดระดับ



ภาพที่ 35 ผังรายละเอียดการเลือกเครื่องมือวัดระดับ

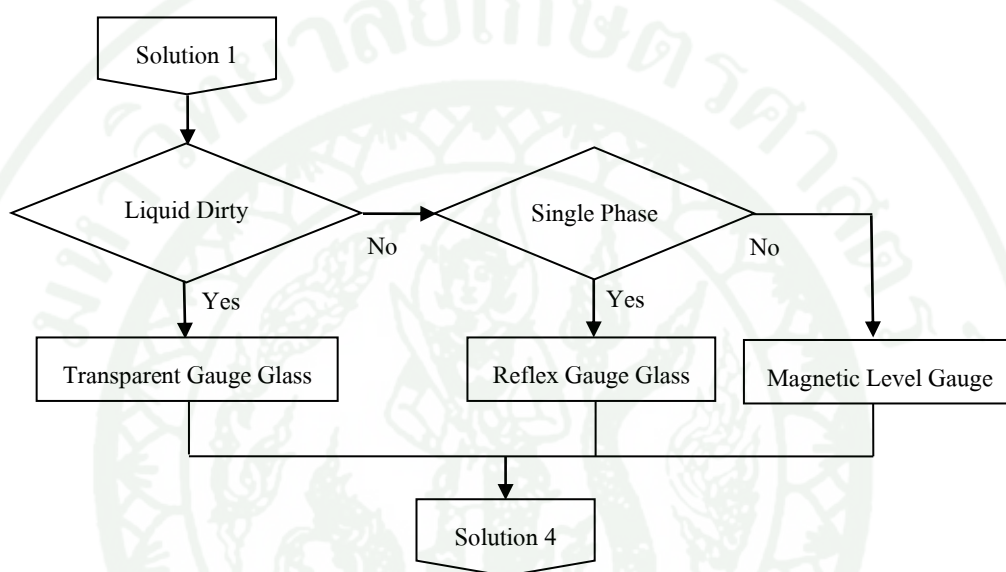
เริ่มต้นการเลือกเครื่องมือวัดระดับ ต้องใส่ค่าตัวแปรของกระบวนการและลักษณะการต่อของถังกับเครื่องมือวัดระดับ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการตัวส่งสัญญาณหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการให้ไปที่ Solution 1 การเลือกชนิดเกจวัดระดับ แต่ถ้าต้องการตัวส่งสัญญาณ ให้มาพิจารณาต่อว่าตัวส่งสัญญาณที่เลือกมานั้นเป็นชนิดที่ต้องการแสดงระดับจากการวัดด้วยหรือไม่ ถ้าต้องการจะเลือกเป็นตัวส่งสัญญาณที่ติดจอแสดงผลมาในตัวแล้ว ไปต่อที่ Solution 2 การเลือกชนิดเครื่องมือวัดระดับ ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 36 ฟังก์ชันการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดระดับ

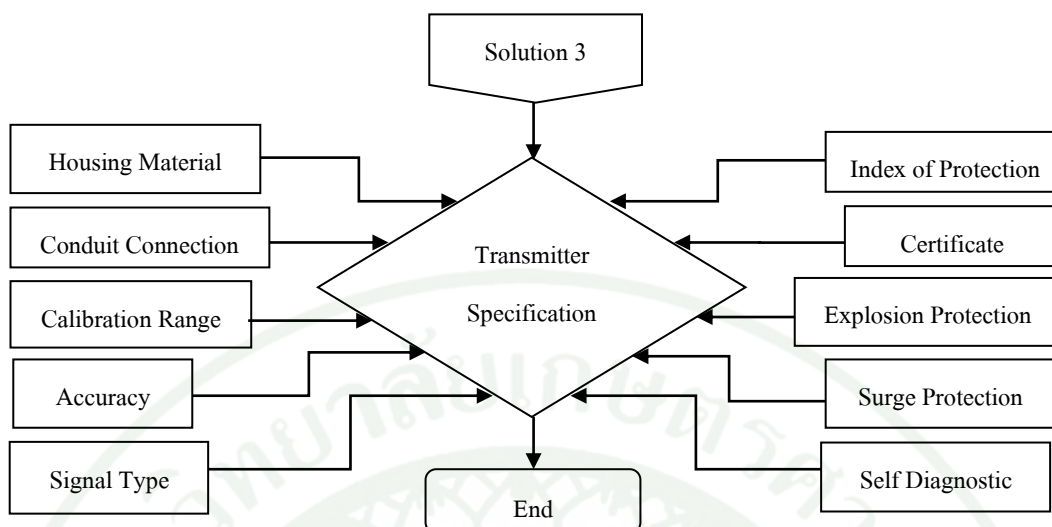
Solution 2 เริ่มจากการพิจารณาว่าเป็นการวัดระดับที่เชื่อมต่อกันของสารหรือไม่ ถ้าไม่ ให้เลือกการวัดด้วยเรดาร์แบบมีตัวนำ (Guide Wave Radar) และไปที่ Solution 3 ถ้ากระบวนการ เป็นการวัดระดับที่เชื่อมต่อกันของสาร ให้พิจารณาต่อไปว่า ย่านที่ทำการวัดมากกว่า 6 เมตร หรือไม่ ถ้าไม่ให้กลับไปเลือกที่การวัดด้วยเรดาร์แบบมีตัวนำ (Guide Wave Radar) เช่นเดิม แต่ถ้า ย่านที่ทำการวัดมากกว่า 6 เมตร ให้พิจารณาต่ออีกว่าเป็นสารที่วัดเป็นของแข็ง (Solid) หรือไม่

ถ้าไม่ให้เลือกเรดาร์ (Radar) และไปที่ Solution 3 แต่ถ้าใช่ ให้พิจารณาต่อว่าย่านในการวัดมากกว่า 10 เมตร หรือไม่ ถ้าไม่ให้เลือกการวัดระดับแบบความดันแตกต่าง (Differential Level) และไปที่ Solution 3 แต่ถ้าย่านการวัดมากกว่า 10 เมตร ให้พิจารณาค่าความแม่นยำต่อว่าต้องการความแม่นยำสูงหรือไม่ ถ้าไม่ให้เลือกอัลตราโซนิก (Ultrasonic) แต่ถ้าใช่ ให้เลือกเรดาร์ (Radar) แล้วไปที่ Solution 3 รายละเอียดตัวส่งสัญญาณเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 36



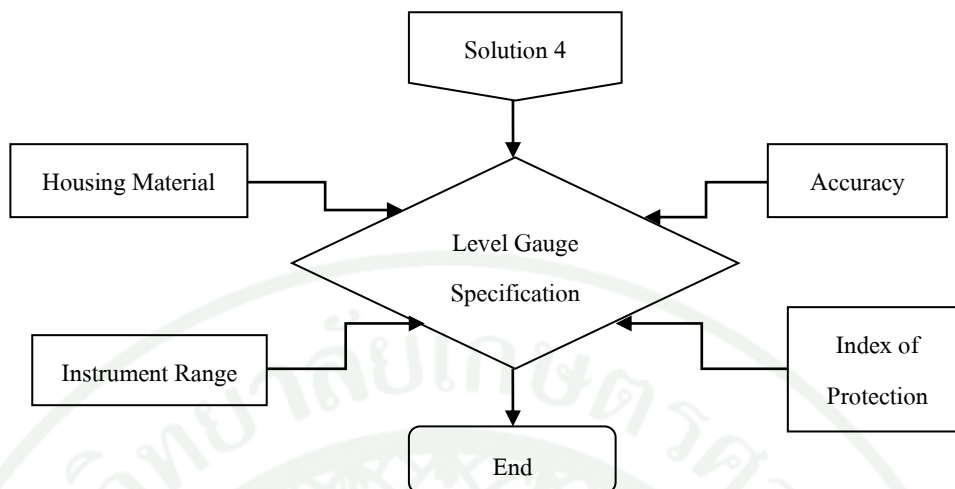
ภาพที่ 37 ผังการเลือกชนิดของเกจวัดระดับ

เริ่มจากการพิจารณาความสกปรกหรือการปนเปื้อนของสารในกระบวนการนั้น ถ้ามีการปนเปื้อนให้เลือกชนิดเกจวัดระดับแบบแผ่นแก้วใส (Transparent Gauge Glass) คือใช้วัดระดับของเหลวที่มีสีขุ่นและสกปรก แต่ถ้าไม่ ให้พิจารณาว่าเป็นการวัดของสารที่มีความเชื่อมต่อกันหรือไม่ ถ้าใช่ ให้เลือกเกจวัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน (Reflex Gauge Glass) แต่ถ้าไม่ให้เลือกเกจวัดระดับที่อาศัยหลักการทางแม่เหล็ก (Magnetic Level Gauge) เมื่อได้ชนิดของเกจวัดระดับแล้ว ไปที่ Solution 4 รายละเอียดของเกจวัดระดับ ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 38 ผังรายละเอียดตัวส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดระดับ

เมื่อเลือกชนิดของเซ็นเซอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการกำหนดรายละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ เริ่มจากการเลือกชนิดวัสดุที่ห่อหุ้มเครื่องส่งสัญญาณ ต่อมากำหนดจุดต่อของสายไฟ (Conduit Connection) กำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด (Accuracy) โดยที่ค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดของผู้ขายต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ต้องการ ขั้นตอนต่อกำหนดวิธีการส่งสัญญาณ ไปยังระบบควบคุม โดยลักษณะสัญญาณที่ใช้งานมี 2 แบบ คือ อนาล็อก (Analog) จะใช้สัญญาณ 4-20 mA ในการส่งอีกแบบเป็นชนิดดิจิทัล (Digital) คือใช้ฟิลด์บัส (Fieldbus) ในการส่งสัญญาณ ขั้นตอนต่อมาเลือกย่านการวัด (Calibration Range) คือย่านในการวัดระดับ โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการกำหนดย่านการวัดคือ ให้เครื่องมือวัดระดับที่ใช้มีย่านครอบคลุมปริมาณของสารในถังที่ต้องการวัด ต่อมาเป็นการเลือกเกี่ยวกับการป้องกันต่าง ๆ ของตัวส่งสัญญาณ เริ่มจากค่ามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ในขณะที่ หนังสือรับรอง (Certificate) การป้องกันการระเบิด (Explosion Protection) คือวิธีการป้องกันการเกิดประกายไฟของตัวส่งสัญญาณ ต่อมาพิจารณาว่าต้องการป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) หรือไม่ การป้องกันไฟกระชาก (Surge Protection) คืออุปกรณ์ป้องกันสนามแม่เหล็กที่เกิดจากฟ้าผ่า และการวินิจฉัยข้อบกพร่องตัวเอง (Self Diagnostic) คือ เมื่อตัวส่งสัญญาณเกิดปัญหา อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้งานได้รู้ ดังภาพที่ 38

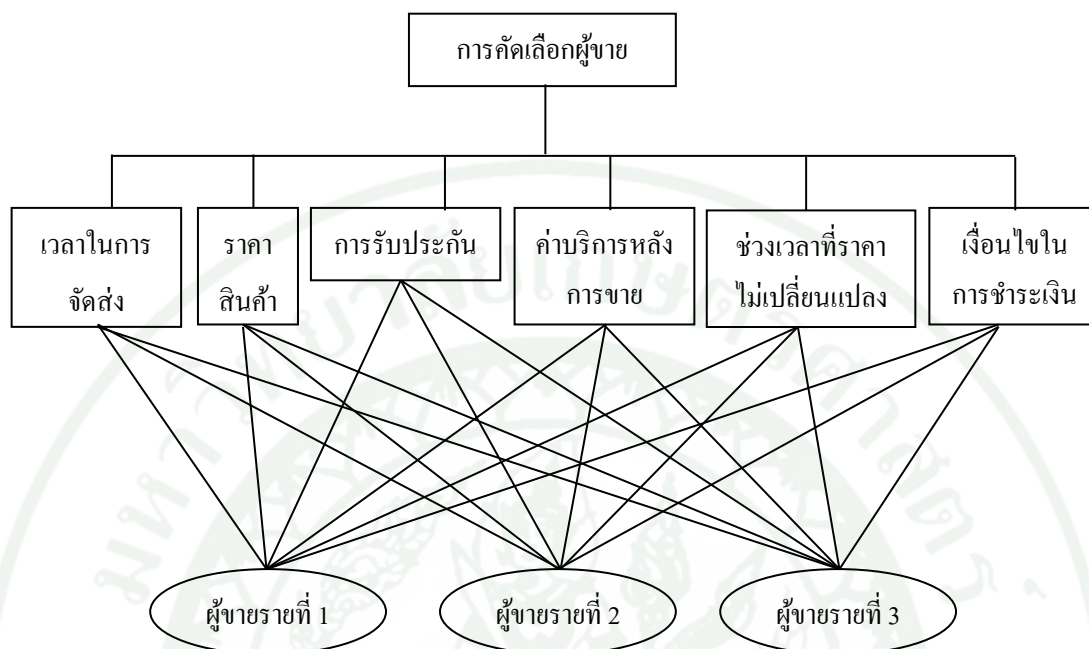


ภาพที่ 39 ผังรายละเอียดของเกจวัดระดับ

เกจวัดระดับ (Level Gauge) คือ ตัววัดระดับที่แสดงค่าอย่างเดียว ไม่ได้ส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ส่วนรายละเอียดในการพิจารณาเริ่มจากกำหนดย่านของเครื่องมือวัด (Instrument Range) โดยการกำหนดย่านเครื่องมือวัด จะต้องกำหนดให้ครอบคลุมระดับของสารในถังที่ต้องการวัด ต่อมากำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัด และระบุวัสดุที่ใช้ทำตัวห่อหุ้ม (Housing Material) ต่อมาพิจารณามาตรฐานการป้องกัน (Index of Protection) คือค่าระดับความสามารถในการป้องกันฝุ่นและน้ำของอุปกรณ์ ดังภาพที่ 39

จากผังการเลือกเครื่องมือวัดระดับสามารถนำมาเขียนเป็นรูปแบบกฎ (IF-THEN RULES) ดังภาคผนวก ข กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัด

### การประเมินผู้ขายด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์



ภาพที่ 40 การประเมินผู้ขายด้วยวิธีเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

วิธีของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เริ่มจากการกำหนดปัญหา คือ การคัดเลือกผู้ขายให้มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีเกณฑ์หลักดังนี้ คือ ด้านเวลาในการจัดส่ง พิจารณาเวลาการจัดส่งมอบสินค้าของแต่ละยี่ห้อ หากส่งมอบได้รวดเร็วจะให้คะแนนน้ำหนักสูงกว่า ด้านราคาสินค้า พิจารณาราคาสินค้าในแต่ละยี่ห้อสินค้า หากราคาสินค้าถูกจะให้คะแนนน้ำหนักในการพิจารณาสูง ด้านการรับประกัน ยี่ห้อที่มีระยะเวลาการรับประกันนาน จะให้ค่าน้ำหนักปัจจัยนี้สูงกว่ายี่ห้ออื่น ๆ ค่าบริการหลังขาย คือค่าใช้จ่ายเมื่อลูกค้าเรียกผู้ขายเข้ามาดูแลรักษาอุปกรณ์ ยี่ห้อที่มีราคาถูกจะให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยนี้มากกว่า ด้านช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง พิจารณายี่ห้อที่มีช่วงเวลาที่ราคาคงที่ของสินค้านั้น ๆ นาน เพราะโครงการอาจมีการปรับเปลี่ยน หรือมีการทำงานที่ล่าช้า ถ้าราคาสูงขึ้นหรือปรับเปลี่ยนบ่อย ก็ส่งผลกระทบต่อโครงการ ด้านเงื่อนไขในการชำระเงิน คือ การชำระเงินตามเวลาที่ผู้ขายเรียกเก็บเงิน ถ้าสามารถขยายเวลาการเรียกเก็บเงินไปได้นานก็จะเป็นผลดีต่อกระแสเงินสด (Cash flow) ของบริษัท เกณฑ์การคัดเลือกผู้ขายแสดงดังภาพที่ 40

## โครงสร้างหลักสำหรับการออกแบบระบบพิจารณาเลือกเครื่องมือวัด

โครงสร้างหลักสำหรับการออกแบบระบบการเลือกเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญหรือเอกสารวิชาการต่าง ๆ ฐานข้อมูลแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ฐานข้อมูลของเครื่องมือวัด ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดการไหล และเครื่องมือวัดระดับ อีกส่วนคือฐานข้อมูลเครื่องมือวัดแต่ละยี่ห้อ เมื่อได้ฐานข้อมูลทั้งสองส่วนแล้ว ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการจัดการข้อมูล โดยในขั้นตอนของระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ส่วนดึงความรู้ เป็นส่วนที่ใช้ดึงความรู้เกี่ยวกับการคัดเลือกเครื่องมือวัด โดยได้ข้อมูลจากตำรา หรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาบรรจุลงในฐานความรู้ ส่วนอนุมานและประมวลผล เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมความรู้ในฐานความรู้ เพื่อวิเคราะห์แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนอธิบาย เป็นส่วนที่ทำหน้าที่อธิบายถึงรายละเอียดของข้อสรุปหรือคำตอบที่ได้มาจากนั้นนำผลที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อเลือกผู้ขายที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มจากการจับคู่ข้อมูลระหว่างผู้ขายกับสินค้าที่ต้องการ ต่อมาคำนวณค่าน้ำหนักสินค้าแต่ละยี่ห้อ เพื่อหาว่ายี่ห้อที่มีค่าน้ำหนักสูงสุด เพื่อเลือกสินค้าที่ได้ตรงความต้องการ และมีความเหมาะสมที่สุด ส่วนผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อกับระบบทั้งในขั้นตอนของระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ บริเวณอธิบายความรู้ และที่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ตรงการคำนวณค่าน้ำหนักของสินค้าแต่ละยี่ห้อ โครงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดบูรณาการกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 41

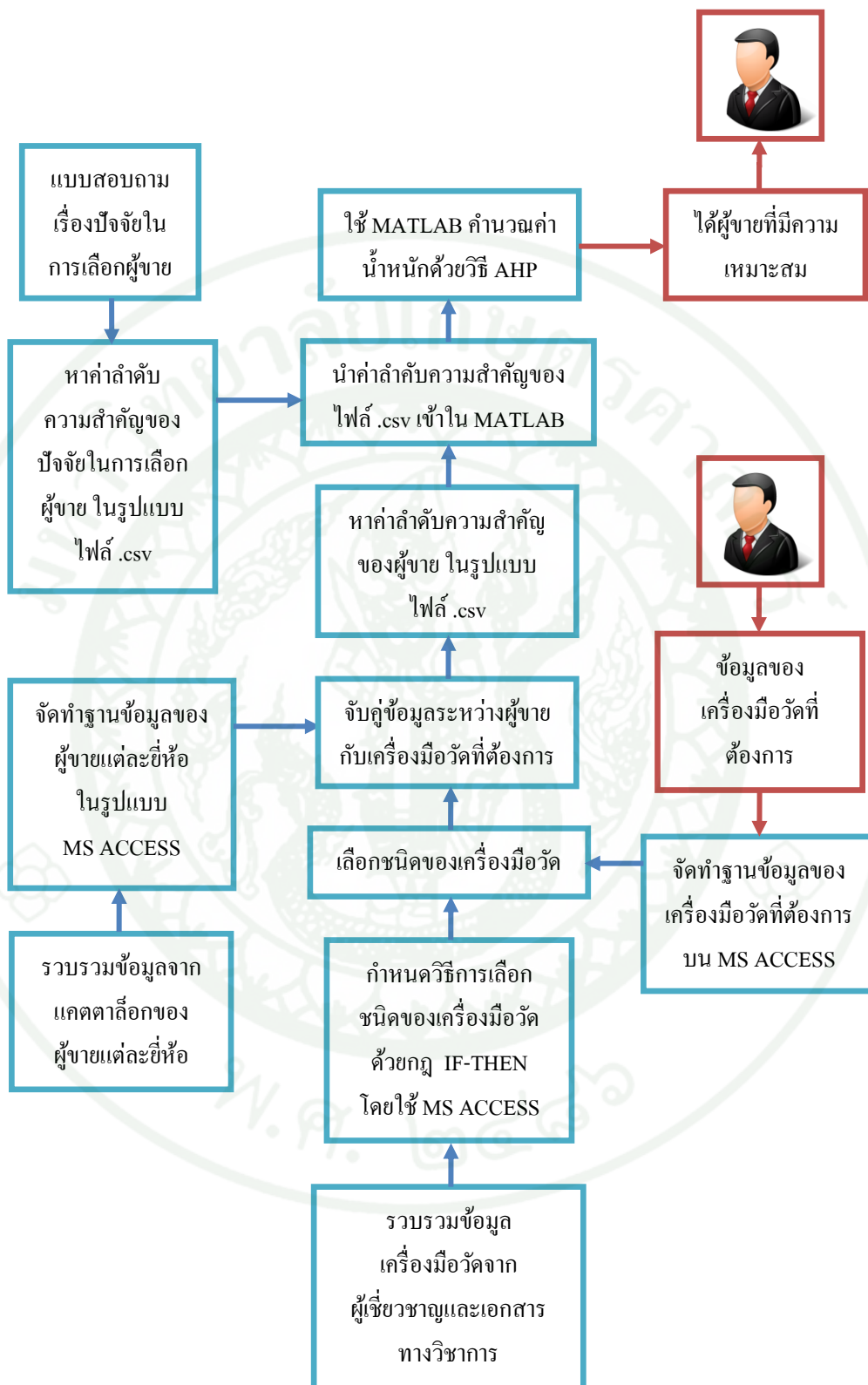


วิเคราะห์ ในส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลเครื่องมือวัดทั้ง 4 ชนิด คือ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดการไหล และเครื่องมือวัดระดับ จากผู้เชี่ยวชาญ และจากข้อมูลเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างวิธีการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการเลือกเครื่องมือวัด ต่อมานำข้อมูลที่ได้มากำหนดวิธีการเลือกของเครื่องมือวัดใน Microsoft Access โดยใช้กฎ IF-THEN ด้วยการเขียนโปรแกรมด้วยวิซวล เบสิก แอปพลิเคชัน (VBA)

ต่อมาคือส่วนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เริ่มต้นจากการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการเลือกซื้อเครื่องมือวัดจากผู้ขายหลากหลายยี่ห้อ เมื่อได้ปัจจัยแล้วนำมาสร้างแบบสอบถามโดยแบบสอบถามนี้ ถูกรวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านวิศวกรเครื่องมือวัด และฝ่ายจัดซื้อ เพื่อได้ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นจากทั้งสองฝ่าย เมื่อได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม นำข้อมูลดังกล่าวมาหาค่าลำดับความสำคัญ โดยเมื่อหาค่าลำดับความสำคัญออกมาได้แล้ว นำมาเก็บในรูปแบบไฟล์.csv ต่อมาในส่วนของข้อมูลจากผู้ขาย เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแคตตาล็อก (Catalogue) ของผู้ขายแต่ละยี่ห้อ โดยยี่ห้อที่เลือกมาจะเป็นยี่ห้อที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว ว่าให้ใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ เมื่อได้ข้อมูลของเครื่องมือวัดครบทุกชนิดแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access

ส่วนต่อมาคือการรับข้อมูลที่ต้องการจากลูกค้า เมื่อได้ข้อมูลมาจากลูกค้าแล้ว ทำการจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access

วิธีการทำงานของโปรแกรมจะแยกออกเป็นส่วนของ Microsoft Access และส่วนของ MATLAB ในส่วนของ Microsoft Access เริ่มจากการรับฐานข้อมูลความต้องการจากลูกค้า นำมาเลือกชนิดของเครื่องมือวัดโดย Microsoft Access เมื่อได้ชนิดของเครื่องมือวัดที่ต้องการแล้ว นำข้อมูลมาจับคู่กับข้อมูลของเครื่องมือวัดยี่ห้อต่าง ๆ เมื่อเสร็จสิ้น จะได้ยี่ห้อเครื่องมือวัดที่ใช้งานได้ ออกมา นำมาหาค่าลำดับความสำคัญและจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ .csv นำค่าลำดับความสำคัญของไฟล์ .csv จากผู้ขาย และแบบสอบถามเข้าใน MATLAB เพื่อหาค่าน้ำหนัก เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ MATLAB จะคำนวณหาผู้ขายที่มีความเหมาะสมที่สุดออกมา แต่ผลจากการเลือกผู้ขายในบางครั้ง อาจได้ผู้ขายหลายยี่ห้อ เช่น การเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอาร์ทีดี จำนวน 20 ตัว อาจได้ผู้ขายยี่ห้อ A สำหรับ 18 ตัวแรก และ B สำหรับ 2 ตัวหลัง เพราะฉะนั้นควรเลือกผู้ขายยี่ห้อ A เพื่อความไม่ยุ่งยากในการทำงานจริง ดังนั้นควรมีแผนกจัดซื้อทำหน้าที่พิจารณาเลือกผู้ขายให้เหมาะสมอีกที



ภาพที่ 42 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการเลือกเครื่องมือวัด

## ผลและวิจารณ์

งานวิจัยนี้เสนอการประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมที่สุด โดยระบบผู้เชี่ยวชาญจะทำหน้าที่ในการเลือกชนิดของเครื่องมือวัด จากเครื่องมือวัดที่มีหลากหลายชนิด และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ใช้ในการเลือกผู้ขายที่มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย และเป็นการปรับปรุงระบบการทำงาน ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานสะดวกมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาจัดเก็บในคอมพิวเตอร์ให้เป็นระบบ และได้ผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสมในการเลือกชนิดของเครื่องมือวัดออกมา การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลในการเลือกเครื่องมือวัดและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้รับการพัฒนาให้ทำงานบนระบบฐานข้อมูล เพื่อสนับสนุนการเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จากการทดสอบการทำงานของระบบสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

### ผล

ผลที่ได้จากการนำระบบผู้เชี่ยวชาญ และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ไปทดสอบ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

#### 1. ผลการประเมินปัจจัยในการคัดเลือกผู้ขาย

การประเมินปัจจัยการคัดเลือกผู้ขายเครื่องมือวัดของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารของบริษัทในกรณีศึกษา วิธีการเลือกผู้ขาย และการเก็บรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย 6 ปัจจัย คือ เวลาในการจัดส่ง ราคาสินค้า การรับประกัน ค่าบริการหลังการขาย ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง และเงื่อนไขการชำระเงิน เมื่อได้ปัจจัยมาแล้ว นำไปทำแบบสอบถามเพื่อหาว่าปัจจัยใดมีความสำคัญมากที่สุด โดยในการทำแบบสอบถาม จะสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องมือวัด และผู้เชี่ยวชาญทางด้านจัดซื้อ จำนวน 30 คน เพื่อให้ได้ข้อมูลออกมา ที่มีความเหมาะสมที่สุด ต่อมานำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาหาค่าลำดับความสำคัญ โดยได้ผลตามตารางภาคผนวก ข นำผลจากการหาค่าลำดับความสำคัญทั้ง 30 ชุด จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ .csv และนำเข้าใน MATLAB เพื่อหาค่าน้ำหนัก

ความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยตารางที่ 6 แสดงค่าน้ำหนักจากแบบสอบถามทั้งหมด 30 ชุด และค่าเฉลี่ยที่ได้จากค่าน้ำหนักทั้ง 30 ชุด ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 6 ค่าน้ำหนักจากแบบสอบถาม

ลำดับที่	เวลาในการจัดส่ง	ราคาสินค้า	การรับประกัน	ค่าบริการหลังการขาย	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	เงื่อนไขการชำระเงิน	รวม
1	0.35	0.06	0.2	0.23	0.05	0.11	1
2	0.09	0.3	0.25	0.13	0.07	0.16	1
3	0.15	0.09	0.41	0.2	0.1	0.05	1
4	0.39	0.22	0.05	0.1	0.09	0.15	1
5	0.12	0.24	0.23	0.29	0.04	0.08	1
6	0.27	0.1	0.18	0.27	0.05	0.13	1
7	0.11	0.08	0.2	0.23	0.14	0.24	1
8	0.11	0.14	0.24	0.23	0.14	0.14	1
9	0.23	0.45	0.1	0.07	0.05	0.1	1
10	0.22	0.35	0.18	0.13	0.04	0.08	1
11	0.3	0.13	0.19	0.23	0.04	0.11	1
12	0.21	0.21	0.18	0.19	0.08	0.13	1
13	0.26	0.38	0.09	0.15	0.04	0.08	1
14	0.07	0.35	0.09	0.12	0.19	0.18	1
15	0.15	0.33	0.08	0.16	0.17	0.11	1
16	0.23	0.34	0.17	0.08	0.1	0.08	1
17	0.32	0.29	0.14	0.07	0.09	0.09	1
18	0.2	0.32	0.13	0.13	0.11	0.11	1
19	0.32	0.11	0.26	0.16	0.08	0.07	1
20	0.22	0.29	0.14	0.12	0.12	0.11	1
21	0.24	0.37	0.1	0.13	0.07	0.09	1
22	0.36	0.16	0.26	0.06	0.06	0.1	1

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	เวลาในการ จัดส่ง	ราคา สินค้า	การ รับประกัน	ค่าบริการ หลังการขาย	ช่วงเวลาที่ ราคาไม่ เปลี่ยนแปลง	เงื่อนไข การชำระเงิน	รวม
23	0.31	0.11	0.31	0.05	0.09	0.13	1
24	0.21	0.4	0.18	0.07	0.1	0.04	1
25	0.17	0.17	0.33	0.06	0.22	0.05	1
26	0.16	0.37	0.09	0.07	0.27	0.04	1
27	0.17	0.33	0.18	0.1	0.06	0.16	1
28	0.13	0.37	0.13	0.15	0.06	0.16	1
29	0.2	0.35	0.16	0.08	0.13	0.08	1
30	0.24	0.32	0.16	0.09	0.1	0.09	1
ค่าเฉลี่ย	0.22	0.26	0.18	0.14	0.09	0.11	1

ผลที่ได้จากการหาปัจจัยที่มีผลในการเลือกผู้ขาย คือ ราคาสินค้ามีความสำคัญมากที่สุด ลำดับต่อมาคือ เวลาในการจัดส่ง การรับประกัน ค่าบริการหลังการขาย เงื่อนไขการชำระเงิน และ ช่วงเวลาที่ราคาไม่มีการเปลี่ยนแปลง ตามลำดับ

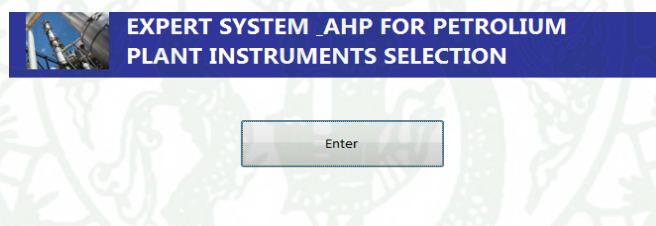
จากผลที่ได้รับจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม พบว่าราคาสินค้ามีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากราคาเป็นปัจจัยหลักในการเลือกสินค้า หากราคาเครื่องมือวัดไม่สูงมากจะส่งผลให้ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องมือวัดของโครงการลดลง แต่อย่างไรก็ตามเวลาในการจัดส่งสินค้า ก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะโครงการแต่ละโครงการมีกรอบเวลาการทำงานที่จำกัด ถ้าผู้แทนจำหน่ายเครื่องมือวัด สามารถส่งมอบสินค้าได้รวดเร็ว จะทำให้ไม่เกิดความล่าช้าของโครงการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อในหลายด้านของโครงการ สำหรับการรับประกัน คือ ช่วงที่ผู้ขายรับประกันในตัวสินค้านั้น ถ้ามีปัญหาเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าช่วงเวลาในการรับประกันมาก ทำให้ผู้ซื้อหรือผู้ใช้งานลดค่าบำรุงรักษาในส่วนค่าบริการหลังการขาย เมื่อทางลูกค้าต้องการให้ผู้ขายเข้าไปดูแล หรือตรวจสอบเกี่ยวกับเครื่องมือวัดนั้น ๆ หากเกิดปัญหากับเครื่องมือวัด ดังนั้นค่าบริการหลังการขาย เป็นอีกปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณา เงื่อนไขการชำระเงิน คือ ช่วงเวลาที่ต้องจ่ายเงินให้กับผู้ขาย ผู้ขายที่ให้เวลาในการชำระเงินนาน จะได้คะแนนสูง เนื่องจากทำให้ผู้ซื้อถือเงินได้นานขึ้น ส่วนช่วงเวลาที่ราคาไม่

เปลี่ยนแปลงคือ เป็นช่วงเวลาที่ผู้ขายจะยังคงที่ราคาเดิมไว้ ไม่มีการเพิ่มราคาขึ้นถ้าสั่งซื้อสินค้า ในช่วงที่กำหนด จากผลสำรวจจะเห็นได้ว่า 2 อันดับสุดท้ายมีคะแนนจากการสำรวจค่อนข้างน้อย เนื่องจากในการทำงานจริง ถ้าปัจจัยอื่นตกลงกันในระดับที่พอใจแล้ว 2 ปัจจัยสุดท้ายจะมีผลน้อยมาก จนบางครั้งอาจไม่ถูกนำมาพิจารณา

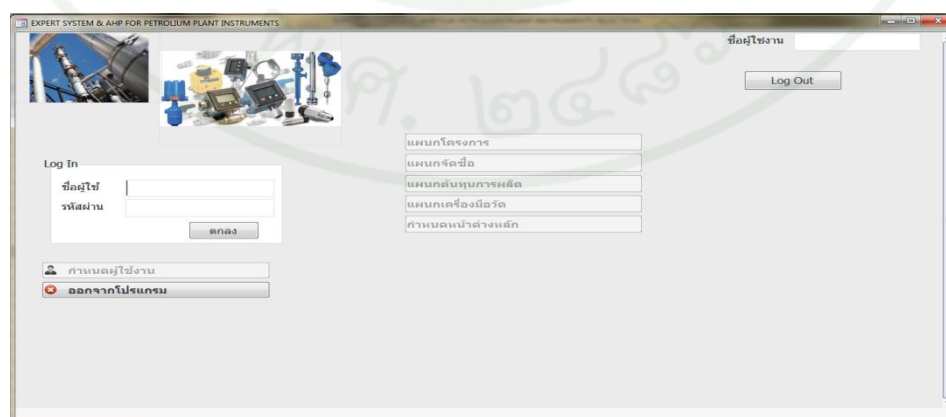
## 2. ผลการเลือกชนิดของเครื่องมือวัด

ส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

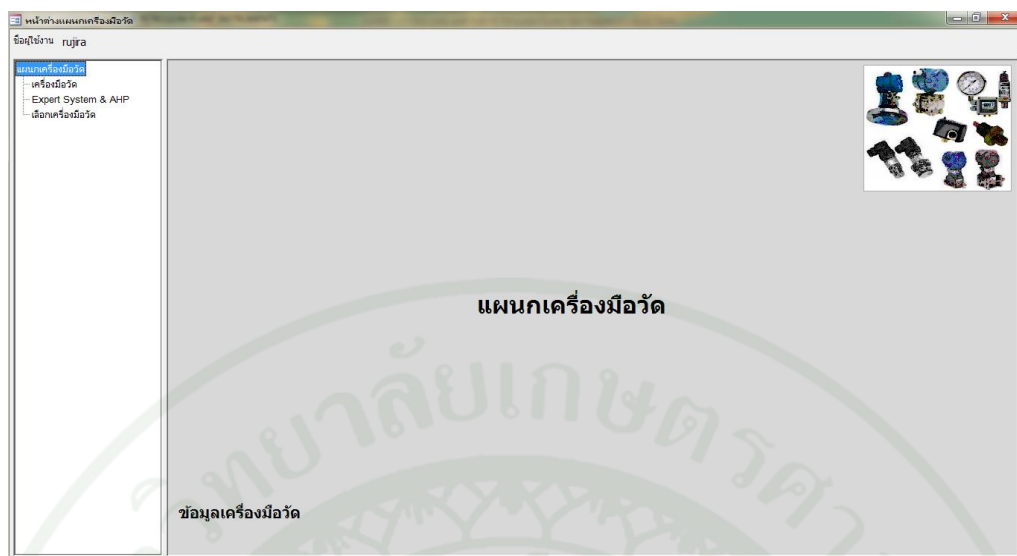
ภาพที่ 43 และภาพที่ 44 แสดงส่วนเชื่อมต่อของผู้ใช้งานกับตัวโปรแกรมการเลือกชนิดเครื่องมือวัดเริ่มจากการ Login เข้าใช้งานระบบ โดยต้องใส่ชื่อผู้ใช้งาน (Username) และรหัสผู้ใช้ (Password) เพื่อเข้าใช้งานระบบ ซึ่งจะต้องมีการลงทะเบียนเพื่อขอรหัสผ่านกับผู้ดูแลระบบ โดยภาพที่ 45 แสดงหน้าต่างเริ่มใช้งานของแผนกเครื่องมือวัด



ภาพที่ 43 หน้าแรกของโปรแกรม



ภาพที่ 44 ใส่ชื่อและรหัสผู้ใช้งาน



ภาพที่ 45 หน้าการใช้งานเริ่มต้นของแผนกเครื่องมือวัด

ฐานข้อมูลเครื่องมือวัดที่ลูกค้าต้องการ

เมื่อได้ข้อมูลความต้องการจากลูกค้า นำมาเก็บรวบรวมข้อมูลในระบบฐานข้อมูล Microsoft Access แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 46

Tag Number	Tempe	Temper	Measur	Indicato	Transmit	Quick TI	Housing Ma	Conduit Cor	Calli	Calib	Acc	Signal Type	Index Of Prc	Certif	Explosion Pi	Sur
TT -101	45	42			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -102	69	43			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -103	43	30			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -104	45	42			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	200	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -105	45	42			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	200	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -106	45	42			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	200	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -107	45	42			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	200	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -108	49	46			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -109	46	39			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -110	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -111	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -112	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -113	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -114	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -115	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -116	50	50			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -117	50	50			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -118	50	50			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -119	50	50			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -120	50	43			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -121	50	35			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -122	50	50			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	200	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -123	45	36			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -124	200	100			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	500	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -125	200	100			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	500	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -126	80	45			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	0	100	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -127	125	30			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	500	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
TT -128	500	28			<input checked="" type="checkbox"/>		Aluminium All	M20 x 1.5	-50	500	.1	Foundation Fig NEMA 4X	FM	Non Incendive		
Total	200	100														

ภาพที่ 46 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของลูกค้าใน ACCESS

ตารางที่ 7 ตัวอย่างฐานข้อมูลเครื่องมือวัดที่ลูกค้าต้องการ โดยมีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา 1 โครงการ โดยฐานข้อมูลนี้ได้ผ่านการตรวจสอบเทียบกับ Piping and Instrument Diagram (P&ID) และความต้องการของลูกค้าแล้วว่าข้อมูลมีความถูกต้อง โครงการนี้มีการจัดซื้อเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 440 ตัว เครื่องมือวัดความดัน 550 ตัว เครื่องมือวัดการไหล 260 ตัว และเครื่องมือวัดระดับ 170 ตัว



Tag Number	Temperature		Measurement		Quick Time Response	Housing Material	Conduit Connection	Accuracy (Percent)	Signal Type	Index Of Protection	Explosion Certificate	Explosion Proof	Sensor Material	Sensor Length (mm)	Sensor Diameter (mm)	Instrument Connection	Thermowell Material	U-Length (mm)
	Minimum (DegC)	Maximum (DegC)	On Surface	Pipe														
TT -101	42	50	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	330	6	1" Welded	304L SS	155	
TT -102	43	69	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	175	3	3/4" Welded	304L SS	75	
TT -103	30	43	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	250	3	1" 150# RF	316L SS	135	
TT -104	42	45	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	515	6	2" 300# RF	304L SS	380	
TT -105	42	59	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	515	6	2" 300# RF	304L SS	380	
TT -106	42	63	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	515	6	2" 300# RF	304L SS	380	
TT -107	42	63	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	515	6	2" 300# RF	304L SS	380	
TT -108	46	49	FALSE	FALSE	Aluminium Alloy	M20 x 1.5	0.1	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	FM	Non incendive	316L SS	430	6	2" 150# RF	316L SS	255	

ตารางที่ 7 ข้อมูลเครื่องมือวัดที่ลูกค้าต้องการ

## ฐานข้อมูลเครื่องมือวัดของผู้ขาย

เก็บรวบรวมฐานข้อมูลของเครื่องมือวัดแต่ละยี่ห้อในฐานข้อมูล Microsoft Access แสดงตัวอย่างภาพที่ 47

Field Name	Value
Serial No:	1
Instrument Type:	Temperature
Temperature Type:	RTD Transmitter
Vendor Name:	AAA
Instrument Model:	1002
Indicator:	<input type="checkbox"/>
Transmitter:	<input checked="" type="checkbox"/>
Housing Material:	Aluminium Alloy
Calibration Range Min: (bar)	-200
Calibration Range Max: (bar)	850
Accuracy:	.15
Conduit Connection:	1/2" NPT
Signal Type:	4-20 mA with HART
Index Of Protection:	IP 66
Conduit Connection:	1/2" NPT
Explosion Protection:	Explosion Proof
Certificate:	ATEX
Surge Protection:	<input checked="" type="checkbox"/>
Self Diagnostic:	<input checked="" type="checkbox"/>
Sensor Length: (mm)	
Sensor Material:	Stainless Steel
Sensor Diameter: (mm)	3
U-Length: (mm)	
Instrument Connection:	Make to Order
Thermowell Material:	316L SS
Payment Term:	45
Explosion Protection:	Explosion Proof
Cost:	500
Payment Term:	45
Delivery Time:	14
Service:	15000
Valid Cost:	4
Warranty:	18

ภาพที่ 47 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของผู้ขายใน ACCESS

ตารางที่ 8 แสดงตัวอย่างการเก็บฐานข้อมูลของเครื่องมือวัด โดยมีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลจากแคตตาล็อกผู้ขายยี่ห้อต่าง ๆ และฐานข้อมูลของผู้ขายที่บริษัทมีอยู่ โดยจำนวนผู้ขายที่นำมาพิจารณาในกรณีศึกษาประกอบด้วย จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 28 รุ่น จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดความดัน 15 รุ่น จำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดการไหล 33 รุ่น และจำนวนผู้ขายเครื่องมือวัดระดับ 35 รุ่น สามารถแบ่งตามประเภทเครื่องมือวัดได้ดังนี้คือ

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ประกอบไปด้วย
  - 1.1 RTD จำนวน 6 รุ่น
  - 1.2 Thermocouple จำนวน 6 รุ่น
  - 1.3 Skin Point RTD จำนวน 6 รุ่น
  - 1.4 Skin Point Thermocouple จำนวน 6 รุ่น
  - 1.5 Temperature Indicator จำนวน 4 รุ่น

## 2. เครื่องมือวัดความดัน ประกอบไปด้วย

- 2.1 Gauge Pressure จำนวน 4 รุ่น
- 2.2 Absolute Pressure จำนวน 4 รุ่น
- 2.3 Differential Pressure จำนวน 3 รุ่น
- 2.4 Pressure Indicator จำนวน 4 รุ่น

## 3. เครื่องมือวัดการไหล ประกอบด้วย

- 3.1 Coriolis จำนวน 5 รุ่น
- 3.2 Differential Flow จำนวน 4 รุ่น
- 3.3 Magnetic จำนวน 5 รุ่น
- 3.4 Turbine จำนวน 3 รุ่น
- 3.5 Ultrasonic จำนวน 5 รุ่น
- 3.6 Variable Area Flow Meter จำนวน 4 รุ่น
- 3.7 Vortex จำนวน 7 รุ่น

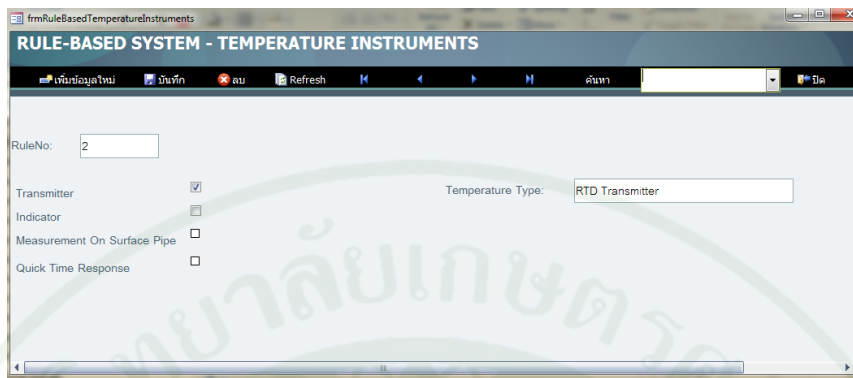
## 4. เครื่องมือวัดระดับ ประกอบด้วย

- 4.1 Differential Level จำนวน 5 รุ่น
- 4.2 Guide Wave Radar จำนวน 6 รุ่น
- 4.3 Radar จำนวน 6 รุ่น
- 4.4 Ultrasonic จำนวน 7 รุ่น
- 4.5 Magnetic Level Gauge จำนวน 5 รุ่น
- 4.6 Transparent Gauge Glass จำนวน 3 รุ่น
- 4.7 Reflex Gauge Glass จำนวน 3 รุ่น

Serial	Instrument Type	Temperature Type	Vendor	Model	Housing Material	Accuracy (Percent)	Conduit Connection	Signal Type	Index of Protection	Explosion Protection	Certificate	Sensor Length (mm)	Sensor Material	Sensor Diameter (mm)	U-Length (mm)	Instrument Connection	Thermowell Material
19437	Temperature	RTD Transmitter	AAA	1001	Aluminium Alloy	0.1	M20 x 1.5	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	Non Incendive	FM	Make to Order	Stainless Steel	6	Make to Order	Make to Order	316L SS
37749	Temperature	RTD Transmitter	CCC	3002	Aluminium Alloy	0.1	M20 x 1.5	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	Non Incendive	FM	Make to Order	Stainless Steel	6	Make to Order	Make to Order	316L SS
47433	Temperature	RTD Transmitter	BBB	2001	Aluminium Alloy	0.08	M20 x 1.5	Foundation Fieldbus	NEMA 4X	Non Incendive	FM	Make to Order	Stainless Steel	6	Make to Order	Make to Order	316L SS

ตารางที่ 8 ฐานข้อมูลเครื่องมือวัดแต่ละยี่ห้อ

## การสร้างกฎการเลือกเครื่องมือวัด



ภาพที่ 48 กฎการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 48 แสดงตัวอย่างกฎการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยทางด้านซ้ายของภาพมีการกำหนด Rule No และเงื่อนไขในการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งประกอบไปด้วย 1. Transmitter 2. Indicator 3. Measurement on Surface Pipe 4. Quick Time Response ทางด้านขวาของภาพแสดงผลที่ได้จากการเลือกเครื่องมือวัด

Tag Number	Measurement C	Indicator	Transmitter	Quick Time	Temperature Type
TT -101	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -102	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -103	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -104	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -105	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -106	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -107	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -108	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -109	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -110	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -111	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -112	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -113	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -114	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -115	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -116	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -117	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -118	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -119	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
TT -120	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RTD Transmitter
Total					

ภาพที่ 49 ผลจากการเลือกชนิดเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 49 แสดงตัวอย่างผลจากการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยทางด้านซ้ายของภาพแสดงชื่อ Tag Number ส่วนด้านขวาของภาพ แสดงผลที่ได้จากการเลือกชนิดของเครื่องมือวัด

Tag Number	Serial No	Vendor Name	Model	Cost	Payment Te	Delivery Ti	Service (Doll)	Valid Cost (	Warranty (We
TT -101	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -101	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -101	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -102	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -102	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -102	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -103	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -103	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -103	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -104	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -104	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -104	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -105	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -105	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -105	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -106	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -106	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -106	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -107	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -107	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -107	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -108	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -108	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
TT -108	45165	BBB	2001	520.59	50	25	480	10	23
TT -109	15225	AAA	1001	515	45	16	500	6	18
TT -109	34833	CCC	3002	498.33	60	20	420	3	12
Total									

### ภาพที่ 50 ผลจากการเลือกยี่ห้อของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 50 แสดงตัวอย่างผลจากการเลือกยี่ห้อของเครื่องมือวัด โดยจะแสดงผลว่าแต่ละ Tag Number ของเครื่องมือวัดนั้น มีผู้ขายรายใดที่สามารถเสนอเครื่องมือวัดได้ตรงกับชนิดของเครื่องมือวัดที่ต้องการบ้าง

### 3. ผลการประเมินจากการคัดเลือกผู้ขาย

การคัดเลือกผู้ขายเครื่องมือวัด เริ่มต้นด้วยการนำสินค้าเครื่องมือวัดอุณหภูมิทุกยี่ห้อ มาจัดลำดับความสำคัญเป็นคู่ในทุกปัจจัยคือ ปัจจัยด้านเวลาในการจัดส่ง ปัจจัยด้านราคาสินค้า ปัจจัยด้านการรับประกัน ปัจจัยด้านค่าบริการหลังการขาย ปัจจัยด้านช่วงเวลาที่เราไม่มีการเปลี่ยนแปลง และปัจจัยด้านเงื่อนไขการชำระเงิน ดังแสดงในภาคผนวก จ ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าทั้ง 6 ปัจจัย ต่อมานำข้อมูลที่ได้ไปใส่ในฐานข้อมูล เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนเลือกผู้ขาย หลังจากจับคู่ข้อมูลระหว่างผู้ขายกับสินค้าที่ต้องการแล้ว

ขั้นตอนต่อมาคือการจับคู่ข้อมูลระหว่างผู้ขายกับสินค้าที่ต้องการ โดยเริ่มจากการให้ค่าลำดับความสำคัญในการเลือกผู้ขายแต่ละยี่ห้อ แสดงตามภาคผนวก ง การกำหนดค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ และ ภาคผนวก จ การจับคู่ข้อมูลระหว่างผู้ขายกับสินค้าที่ต้องการ ทั้ง 6 ปัจจัย โดยมีการทดสอบระบบด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 440 ตัว ผลที่ได้ออกมาคือ มีผู้ขาย

ยี่ห้อที่ตรงกับความต้องการทั้งหมด 3 ยี่ห้อ คือ 1.AAA Model 1001 2.BBB Model 2001 3.CCC Model 3002 ดังนั้น ค่าลำดับความสำคัญที่ได้ออกมาคือ

**ตารางที่ 9** ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง

DeliveryTime	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA 1001	1	3	2
BBB 2001	0.33	1	0.5
CCC 3002	0.5	2	1

**ตารางที่ 10** ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา

Cost	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA 1001	1	2	0.33
BBB 2001	0.5	1	0.25
CCC 3002	3	4	1

ตารางที่ 11 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน

Warranty	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA			
1001	1	0.5	3
BBB			
2001	2	1	4
CCC			
3002	0.33	0.25	1

ตารางที่ 12 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย

Service	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA			
1001	1	0.5	0.2
BBB			
2001	2	1	0.25
CCC			
3002	5	4	1

ตารางที่ 13 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่ไม่เปลี่ยนแปลง

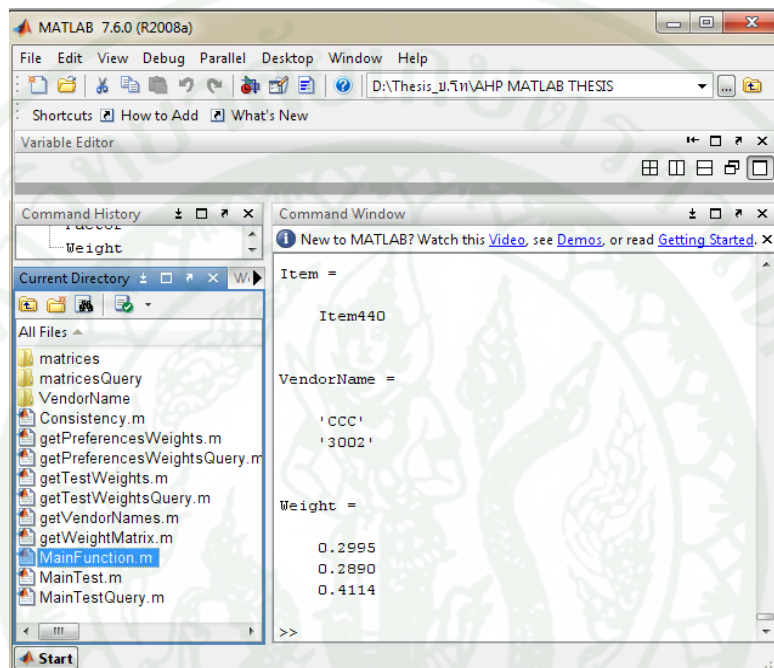
Valid Cost	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA			
1001	1	0.5	2
BBB			
2001	2	1	3
CCC			
3002	0.5	0.33	1

ตารางที่ 14 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน

PaymentTerm	AAA	BBB	CCC
	1001	2001	3002
AAA			
1001	1	0.5	0.25
BBB			
2001	2	1	0.33
CCC			
3002	4	3	1

ข้อมูลค่าความสำคัญจากตารางที่ 9 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง ตารางที่ 10 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา ตารางที่ 11 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน ตารางที่ 12 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย ตารางที่ 13 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่ไม่เปลี่ยนแปลง และตารางที่ 14 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน จะถูกเก็บในระบบฐานข้อมูลและส่งออกไปในรูปแบบไฟล์ .csv เพื่อนำตารางที่ได้นี้ไปใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักของผู้ขาย เพื่อคัดเลือกผู้ขายที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม MATLAB ภาพที่ 51 แสดงผลที่ได้จาก MATLAB โดยบรรทัดแรกแสดงชื่อลำดับของเครื่องมือวัดที่กำลังคำนวณ ต่อมา คือ ชื่อผู้ขายที่มีความเหมาะสมที่สุด ส่วนบรรทัด

สุดท้ายจะแสดงค่าน้ำหนักที่คำนวณออกมาได้ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ โดยผลที่ได้คือ Vendor Name AAA Model 1001 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.3 Vendor Name BBB Model 2001 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.289 Vendor Name CCC Model 3002 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.411 ดังนั้นผู้ขายที่เหมาะสมที่สุดคือ Vendor Name CCC Model 3002



ภาพที่ 51 ผลที่ได้จาก MATLAB

## วิจารณ์

การวัดผลประสิทธิภาพจากการปฏิบัติงานเมื่อนำระบบการเลือกเครื่องมือวัดไปใช้งาน

### 1. ด้านเวลาในการดำเนินงานที่ลดลง

การวัดด้านเวลาในการดำเนินงานจากระบบเดิมของโครงการ นำมาเปรียบเทียบกับผลจากทดลองที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญและเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 15 แสดงตัวอย่างการทดสอบระบบการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิจำนวน 440 ตัว จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ทางระบบเลือก กับข้อมูลที่ทางบริษัทเลือกมานั้น คือข้อมูลที่เหมือนกัน แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากระบบกับผลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณานั้นให้ค่าเหมือนกัน แต่ประโยชน์ที่ได้จากการทำระบบนี้คือ เวลาในการดำเนินงานลดลง ผลจากโครงการต้องใช้เวลาในการดำเนินงานประมาณ 230 ชั่วโมง คือเวลาจากการทำ Technical Clarification และเวลาในการรอใบเสนอราคาจากผู้ขายประมาณ  $440 \times 0.5 = 220$  ชั่วโมง เวลาจากการทำ Technical Bid Evaluate ประมาณ 6 ชั่วโมง เวลาที่แผนกจัดซื้อเลือกซื้อเครื่องมือวัดประมาณ 4 ชั่วโมง แต่เวลาที่ใช้ในระบบประมาณ 1 ชั่วโมง และถ้ามีการปรับแก้ไขข้อมูล เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ หรือข้อมูลจากแผนกอื่นมีการแก้ไขระหว่างทาง ระบบสามารถปรับแก้ไขได้สะดวก และรวดเร็ว

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านเวลาในการดำเนินงาน

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 440 ตัว		
ปัจจัย	ผลจากโครงการ	ผลจากวิจัย
ประเภทเครื่องมือวัด	RTD with Indicator	RTD with Indicator
ยี่ห้อและโมเดล	Transmitter CCC / 3002	Transmitter CCC / 3002
ด้านราคา	219265 ดอลลาร์	219265 ดอลลาร์
ด้านเงื่อนไขการชำระเงิน	60 วัน	60 วัน
เวลาในการจัดส่ง	20 สัปดาห์	20 สัปดาห์
ค่าบริการหลังการขาย	420 ดอลลาร์ต่อ 1 วัน	420 ดอลลาร์ต่อ 1 วัน
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	3 เดือน	3 เดือน
การรับประกัน	18 สัปดาห์	18 สัปดาห์
เวลา	230 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง

## 2. ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล

การวัดด้านการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล จากระบบเดิมของโครงการ นำมาเปรียบเทียบกับผลจากทดลองที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญและเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านทรัพยากรบุคคล

ปัจจัย	ผลจากโครงการ	ผลจากวิจัย
เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	1 คน	
เครื่องมือวัดการไหล	2 คน	
เครื่องมือวัดระดับ	1 คน	1 คน
เครื่องมือวัดความดัน	2 คน	
ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ	2 คน	
แผนกจัดซื้อ	3 คน	1 คน
รวม	11 คน	2 คน

จากตารางที่ 16 พบว่าจากการวางแผนการใช้พนักงานของโครงการแบบเดิม คือ ต้องมีบุคคลในการพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิและเครื่องมือวัดความดันอย่างละ 1 คน ส่วนเครื่องมือวัดการไหล และเครื่องมือวัดระดับอย่างละ 2 คน เนื่องจากสองชนิดหลังมีการเลือกซื้อที่ซับซ้อน และมีชนิดในการเลือกที่หลากหลาย มีผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบพิจารณาผลการคัดเลือกอีก 2 คน และสุดท้าย มีบุคคลของแผนกจัดซื้อในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องมือวัดทั้ง 4 ชนิด อีก 3 คน โดยแบ่งเป็นผู้จัดซื้อเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิ 1 คน และผู้จัดซื้อเครื่องมือวัดการไหล และเครื่องมือวัดระดับอย่างละ 1 คน ดังนั้นเมื่อรวมบุคคลจากแผนกเครื่องมือวัดและแผนกจัดซื้อได้เป็น 11 คน จากผลการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นมา สามารถลดจำนวนทรัพยากรบุคคลที่ใช้ในการเลือกประเภท รุ่นและยี่ห้อที่เหมาะสมลดลงอย่างมาก เนื่องจากใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วย โดยเหลือพนักงานในการพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดเพียง 1 คน และบุคคลในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องมือวัดจากแผนกจัดซื้ออีก 1 คน

### 3. ด้านประสิทธิภาพในการเลือกเครื่องมือวัด

วิธีในการทดสอบทำได้โดยการใส่ข้อมูลจำเพาะต่าง ๆ ของการเลือกเครื่องมือวัดไปในระบบ และดูผลที่ได้จากระบบว่าการเลือกเครื่องมือวัดเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยทำการทดสอบการเลือกเครื่องมือวัดทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 30 ตัว ผลที่ได้ออกมาดังนี้คือ

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพในการเลือกเครื่องมือวัด

ชนิดเครื่องมือวัด	จำนวนการ ทดสอบ	ตรงกับ ผู้ประเมิน	ไม่ตรงกับ ผู้ประเมิน	% ประสิทธิภาพ
เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	30 ตัว	30	0	100%
เครื่องมือวัดความดัน	30 ตัว	25	5	83.33%
เครื่องมือวัดการไหล	30 ตัว	29	1	96.67%
เครื่องมือวัดระดับ	30 ตัว	27	3	90%
ค่าเฉลี่ย		27.75	2.25	92.5%

ตารางที่ 17 แสดงผลการวัดประสิทธิภาพของระบบในการเลือกเครื่องมือวัด ผลที่ได้คือการเลือกเครื่องมือวัดความดัน มีความถูกต้องอยู่ที่ 100 % เพราะว่าเครื่องมือวัดความดันมีวิธีการเลือกที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ต่อมาเครื่องมือวัดอุณหภูมิ มีความถูกต้องอยู่ที่ 96.67% เนื่องมาจากการเลือกกระหว่างชนิดเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) กับอาร์ทีดี (RTD) ควรแบ่งย่านการเลือกอุณหภูมิที่ 450 องศาเซลเซียส ไม่ใช้ที่ 500 องศาเซลเซียส ต่อมาคือเครื่องมือวัดระดับ มีความถูกต้องอยู่ที่ 90% เนื่องจากเครื่องมือวัดระดับ สามารถใช้ทดแทนกันได้ในงานเงื่อนไข เช่น เรดาร์ (Radar) กับการวัดด้วยเรดาร์แบบมีตัวนำ (Guide Wave Radar) ดังนั้นควรมีการพิจารณาด้านราคาในการเลือกเครื่องมือวัดด้วย ส่วนเครื่องมือวัดการไหล มีความถูกต้องอยู่ที่ 83.33% เนื่องจากการเลือกเครื่องมือวัดการไหลนั้น มีการเลือกที่ซับซ้อนมาก ซึ่งบางครั้งวิธีในการเลือกของเครื่องมือวัดการไหลในบางชนิด ของแต่ละโครงการอาจมีความแตกต่างกัน เช่น ในการเลือกใช้เครื่องมือวัดการไหลสำหรับการซื้อขาย (Custody Transfer) ของบางโครงการจะกำหนดให้ใช้ชนิดโคริโอลิส (Coriolis) กับเทอร์ไบน์ (Turbine) เท่านั้น เป็นต้น

#### 4. ด้านเงินในการลงทุน

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับผลจากโครงการด้านเงินลงทุน

เงินในการลงทุน	ผลจากโครงการ	ผลจากวิจัย
ค่าเอกสาร	5,000 บาท	1,000 บาท
ค่าจ้างพนักงาน	จำนวน 6 คน	จำนวน 1 คน
แผนกเครื่องมือวัด	คนละ 35,000 บาท	คนละ 35,000 บาท
ในระยะเวลา 1 เดือน	ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 คน	รวมเป็นเงิน 35,000 บาท
โดยเฉลี่ย	คนละ 70,000 บาท	
	รวมเป็นเงิน 350,000 บาท	
ค่าจ้างพนักงานแผนกจัดซื้อ	จำนวน 3 คน	จำนวน 1 คน
ในระยะเวลา 1 เดือน	คนละ 30,000 บาท	คนละ 30,000 บาท
โดยเฉลี่ย	รวมเป็นเงิน 90,000 บาท	รวมเป็นเงิน 30,000 บาท
ค่าเบ็ดเตล็ด	10,000 บาท	6,000 บาท
เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ		
ค่าจ้างพนักงานแผนกทั่วไป		
โดยเฉลี่ย		
รวม	455,000 บาท	72,000 บาท

ตารางที่ 18 แสดงเงินในการลงทุน เปรียบเทียบกันระหว่าง เงินลงทุนที่ใช้ในการดำเนินงานในปัจจุบัน กับ เงินลงทุนที่ใช้ในการดำเนินงานของระบบ ผลที่ได้คือ เงินในการลงทุนจากโครงการในปัจจุบันมีค่า 455,000 บาท ส่วนเงินลงทุนที่ใช้ในระบบคือ 72,000 บาท โดยเงินลงทุนลดลงจากค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร 5,000 บาท เหลือ 1,000 บาท เนื่องจากใช้ระบบมาทำการเก็บฐานข้อมูล ด้านค่าจ้างพนักงานแผนกเครื่องมือวัด และแผนกจัดซื้อลดลง จาก 350,000 บาท เหลือ 65,000 บาท เนื่องจากใช้ระบบมาทำหน้าที่ในการคิดวิเคราะห์ และจัดการแทน ส่วนสุดท้ายคือค่าเบ็ดเตล็ด มีเงินลงทุนที่ลดลง ลดลงจาก 10,000 บาท เหลือ 6,000 บาท เนื่องจากค่าจ้างพนักงานทั่วไปที่ทำหน้าที่คอยดูแลพนักงานในโครงการลดลง

## 5. ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

### ตารางที่ 19 แบบฟอร์มการตรวจสอบผลโดยผู้ใช้งาน

หัวข้อประเมิน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ปรับปรุง
ระยะเวลาการใช้งาน				
ความสะดวกในการใช้งาน				
การสรุปและรายงานผลของระบบ				
ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ				
ความสะดวกในการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขระบบ				
ความสมบูรณ์ของระบบ				

จากตารางที่ 19 เป็นแบบฟอร์มการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยทำการประเมินความพึงพอใจ 6 ข้อด้วยกัน คือ ระยะเวลาการใช้งาน เหมาะสมหรือรวดเร็วหรือไม่ ความสะดวกในการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างสะดวก ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก การสรุปและรายงานผลของระบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานพิจารณาถึงบทสรุปที่ได้ออกมาว่าเหมาะสมหรือไม่ ขั้นตอนการดำเนินงาน เพื่อประเมินว่า ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบเป็นอย่างไรบ้าง ถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ ความสะดวกในการปรับเปลี่ยน หรือแก้ไขระบบ เพื่อพิจารณาว่า ถ้าในอนาคต ระบบมีการเพิ่มขึ้นของข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาแก้ไขระบบได้อย่างสะดวก หรือไม่ และความสมบูรณ์ของระบบ คือพื้นฐานข้อมูล หรือวิธีในการเลือกเป็นที่ยอมรับได้มากน้อยแค่ไหน

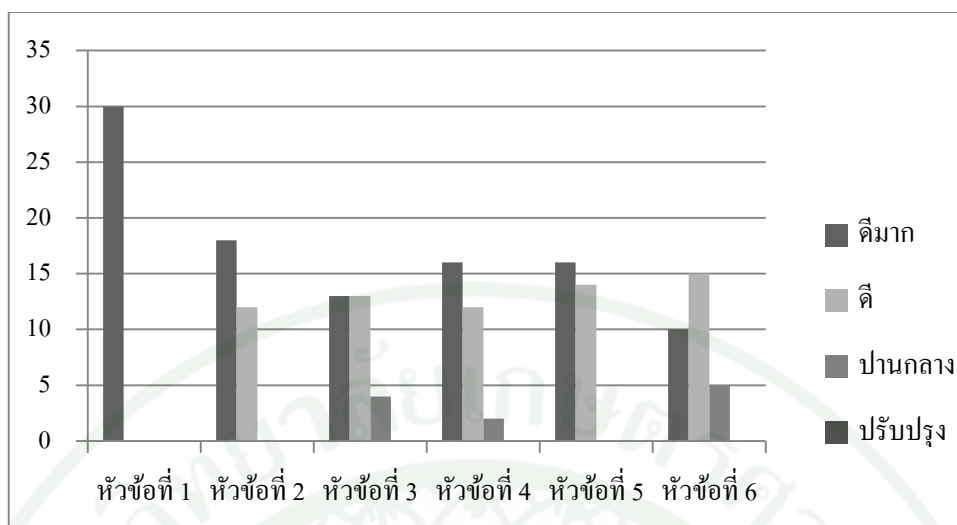
หัวข้อประเมิน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ปรับปรุง
ระยะเวลาการใช้งาน	✓			
ความสะดวกในการใช้งาน	✓			
การสรุปและรายงานผลของระบบ		✓		
ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ		✓		
ความสะดวกในการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขระบบ	✓			
ความสมบูรณ์ของระบบ		✓		

### ภาพที่ 52 ตัวอย่างผลการประเมินความพึงพอใจ

ภาพที่ 52 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจจากผู้ปฏิบัติงาน จากการสำรวจผลทั้งหมด 30 คน

### ตารางที่ 20 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อประเมิน	ดีมาก (x3)	ดี (x2)	ปานกลาง (x1)	ปรับปรุง (x0)	%
ระยะเวลาการใช้งาน	30 x 3 = 90	0	0	0	100%
ความสะดวกในการใช้ งาน	18 x 3 = 54	12 x 2 = 24	0	0	86.67%
การสรุปและรายงานผล ของระบบ	13 x 3 = 39	13 x 2 = 26	4 x 1 = 4	0	76.67%
ขั้นตอนการดำเนินงาน ของระบบ	16 x 3 = 48	12 x 2 = 24	2 x 1 = 2	0	82.22%
ความสะดวกในการ ปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขระบบ	16 x 3 = 48	14 x 2 = 28	0	0	84.44%
ความสมบูรณ์ของระบบ	10 x 3 = 30	15 x 2 = 30	5 x 1 = 5	0	72.22%
รวม	309	132	11	0	83.70%



ภาพที่ 53 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

จากตารางที่ 20 และ ภาพที่ 53 แสดงการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ปฏิบัติงานจำนวน 30 คน สรุปผลได้ดังนี้คือ หัวข้อที่ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจสูงสุดคือระยะเวลาการใช้งาน ความพึงพอใจอยู่ที่ 100% คือผู้ปฏิบัติงานทุกคนรู้สึกดีมากกับระยะเวลาในการใช้งานระบบ ส่วนหัวข้อที่น้อยที่สุดคือ ความสมบูรณ์ของระบบ ความพึงพอใจอยู่ที่ 72.22% เพราะฐานข้อมูลที่เก็บอาจจะยังไม่ครอบคลุมในบางโครงการที่วิธีในการเลือกไม่เหมือนกัน ดังนั้นผลการประเมินเรื่องความสมบูรณ์ของระบบที่ได้จากแบบสอบถามจึงน้อยที่สุด โดยภาพรวมของระบบนี้ ความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานที่สำรวจได้คือ 83.70%

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการคัดเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา 1 โครงการ โดยโครงการนี้ มีการจัดซื้อเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 440 ตัว เครื่องมือวัดความดัน 550 ตัว เครื่องมือวัดการไหล 260 ตัว และเครื่องมือวัดระดับ 170 ตัว ระบบนี้จะช่วยบริหารจัดการระบบในการทำงาน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกเครื่องมือวัด อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ทำงาน สามารถทำงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งดัชนีชี้วัดประกอบด้วย 5 ด้านด้วยกัน คือด้านเวลาในการดำเนินงาน ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล ด้านประสิทธิภาพในการเลือกเครื่องมือวัด ด้านเงินในการลงทุน และด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จากผลการนำระบบผู้เชี่ยวชาญ กับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาใช้พบว่าดัชนีด้านเวลาในการทำงานลดลงคือ เวลาที่ใช้ในโครงการปัจจุบันอยู่ที่ 230 ชั่วโมง แต่เมื่อสร้างระบบขึ้นมาสามารถลดเวลาลงเหลือเพียงแค่ 1 ชั่วโมง ดัชนีด้านการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล จำนวนคนที่ใช้ในการดำเนินงานลดลง จากที่ในการดำเนินงานใช้ผู้ปฏิบัติงาน 11 คน แต่ผลจากการดำเนินงานโดยระบบพบว่าใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 2 คน ดัชนีด้านประสิทธิภาพในการเลือกเครื่องมือวัดอยู่ที่ 92.5% ดัชนีด้านเงินในการลงทุนลดลง คือลดราคาในการจ้างผู้ทำงานทั้งแผนกเครื่องมือวัด และแผนกจัดซื้อ ลดราคาค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร เพราะใช้ระบบคอมพิวเตอร์โดยเงินที่ใช้ลดลงจาก 455,000 บาท เหลือ 72,000 บาท และสุดท้ายดัชนีด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเมื่อนำระบบไปช่วยในการตัดสินใจ ได้ผลว่ามีผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจถึง 83.70%

ดังนั้นสรุปได้ว่า ระบบการเลือกเครื่องมือวัดนี้ มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือพอที่จะนำมาใช้ในการคัดเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจริง เนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งาน และผลที่ได้ออกมาตรงกับการเลือกของโครงการที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากผู้เชี่ยวชาญในการคัดเลือก และเวลาที่ใช้ในการทำงานที่ลดลง เนื่องจากการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคัดเลือกแทนที่มนุษย์

### ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จากงานวิจัยพบว่า ระบบการคัดเลือกเครื่องมือวัดที่พัฒนาขึ้นมา มีประสิทธิภาพที่ ดีเพียงพอ สามารถนำมาใช้เป็นระบบในการเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้จริง ดังผลที่ได้สรุปมาแล้วนั้น แต่อาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งมีปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ในการใช้งานจริง อาจต้องมีการปรับปรุงข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือวัด เพราะในแต่ละโครงการของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อาจมีข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา
2. ฐานข้อมูลของผู้ขาย ต้องมีการเพิ่มเติมของข้อมูลให้ทันสมัย
3. ฐานข้อมูลของการเลือกเครื่องมือวัด อาจมีการเพิ่มเติมชนิดของเครื่องมือวัดในอนาคต
4. การกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยในการเลือกเครื่องมือวัด

ดังนั้นจึงขอเสนอแนวทางสำหรับผู้สนใจนำแนวความคิดของระบบการเลือกเครื่องมือวัดไปปรับปรุงและพัฒนาเพื่อใช้ในการใช้งานจริง โดยการปรับปรุงในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ถ้าต้องการข้อมูลจำเพาะที่เพิ่มขึ้น ควรเข้าไปปรับแก้ไขตัวฐานข้อมูลในการเลือก เพื่อได้ผลที่ตรงกับความต้องการของโครงการ หรือบริษัทนั้น ๆ
2. ปรับปรุงแก้ไขตัวฐานข้อมูลหากมีการเพิ่มเติม หรือปรับปรุงข้อมูลของผู้ขาย
3. เพิ่มจำนวนของผู้ขายในฐานข้อมูล หากโครงการนั้น ๆ ต้องการผู้ขายอื่นที่ไม่ตรงกับฐานข้อมูล
4. ปรับปรุงฐานข้อมูลของการเลือกเครื่องมือวัด หากมีชนิดของเครื่องมือวัดเพิ่มเติม

5. ปรับปรุงแก้ไขค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลในการเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับ  
โครงการ หรือบริษัทนั้น ๆ



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชนัญญา เนียมมาลัย. 2553. ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับจำแนกชนิดหอยน้ำจืดวงศ์ Thiaridae. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ทวิช ชูเมือง. 2549. การออกแบบระบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม (เล่ม 2 การเลือกใช้และออกแบบระบบเครื่องมือวัด), เอช.เอ็น กรุ๊ป. กรุงเทพฯ.
- พาทิทธิ หล่อธีรพงศ์ และ พงษ์พันธุ์ อิศโรทัยกุล. 2543. ระบบฐานความรู้เพื่อการออกแบบและประมาณราคาโครงการก่อสร้างอาคารเบื้องต้น, วสารวิจัยและพัฒนา มจร, ปีที่ 23 ฉบับที่ 2.
- ฤทธิรงค์ จังโกฏี. 2550. การวางแผนเชิงพื้นที่สำหรับการฝังกลบอย่างปลอดภัย โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิฑูรย์ ตันศิริคงค. 2542. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก, กราฟฟิค แอนด์ปริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.
- วิลาศ ววงส์ และ บุญเจริญ ศิริเนาวกุล. 2535. ระบบผู้เชี่ยวชาญ, วิซี การพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- อิสรา เข้มงามเหลือ. 2552. การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญการคัดกรองและคัดแยกผู้ป่วย กรณีศึกษา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Awasthi, A., S. Satyaveer and C. 2011. **Using AHP and Dempster-Shafer theory for evaluating sustainable transport solution**, Environmental Modelling & Software.
- Beynon, M. 2001. **DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty**, European Journal of Operational Research.

- Beynon, M., D. Cosker and D. Marshall. 2001. **An expert system for multi-criteria decision making using Dempster Shafer theory**, Expert Systems with Applications.
- Cakir, O. and M. S. Canbolat. 2008. **A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology**, Expert System with Application.
- Cecchini, R. L., I. Ponzoni and A. Jessica. 2012. **Multi-objective evolutionary approaches for intelligent design of sensor network in the petrochemical industry**, Expert Systems with Applications.
- Cebeci, U. 2009. **Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard**, Expert Systems with Applications.
- Chan, C. W. 2005. **An expert decision support system for monitoring and diagnosis of petroleum production and separation processes**, Expert Systems with Applications.
- Dagdeviren, M. and S. Yavuz. 2009. **Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment**, Expert Systems with Applications.
- Deng, X., Y. Hu, Y. Deng and S. Mahadevan. 2013. **Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers**, Expert System with Applications.
- Fazlollahtabar, H., H. Eslami and H. Salmani. 2010. **Designing a Fuzzy Expert System to Evaluate Alternatives in Fuzzy Analytic Hierarchy Process**, J. Software Engineering & Applications.
- Hsia, T.L., L.M. Lin, J.H. Wu and H.T. Tsai. 2006. **A Framework for Designing Nursing Knowledge Management Systems**, Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management

- Jackson, P. 1999. **Introduction to Expert Systems**, Pearson Education Limited. England. **PIP PCCFL001 Flow Measurement Criteria**. 1988, The University of Texas at Austin. Texas.
- Lee, S., W. Kim and K. J. Oh. 2012. **Using AHP to determine intangible priority factors for technology transfer adaption**, Environmental Modelling & Software.
- Li, S. and J. Z. Li. 2009. AHP simulation and a fuzzy expert system for strategy formulation under uncertainty, Expert Systems with Applications.
- Lin, Z.C. and C.B. Yang. 1996. Evaluation of machine selection by the AHP method, **Journal of Materials Processing Technology**.
- Mak, M. Y. 2010. Applications of Knowledge-Based Expert Systems to Feng Shui Knowledge, *In Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientist*.
- Ngai, E.W.T. and E.W.C. Chan. 2005. **Evaluation of knowledge management tools using AHP**, Expert Systems with Applications.
- Paraskevas, P.A., I.S. Pantelakis and T.D. Lekkas. 1999. **An advanced integrated expert system for wastewater treatment plants control**, Knowledge-Based Systems.
- Ralph, S. M. and R. W. George. 2010. **Principles of Information Systems 9th Edition**, Cengage Learning. USA.
- Thomas L. Saaty. 2008. Decision making with the analytic Hierarchy process, **International Journal Service sciences** 1 (1).

Wu, J.H. and H.T. Tsai. 2006. A Framework for Designing Nursing Knowledge Management Systems, *In Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge and Management* (1)





ภาคผนวก





## แบบสอบถามเรื่องปัจจัยในการคัดเลือกตัวแทนจำหน่าย

### วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้เป็นงานวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เพื่อใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าและใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ เรื่องการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สำหรับการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

วัตถุประสงค์เพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลในการคัดเลือกตัวแทนจำหน่าย

### คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้ประกอบด้วยชุดคำถาม 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานะภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ตารางแบบสอบถามเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแทนจำหน่าย ตามทฤษฎีของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เกณฑ์ในการพิจารณา คือ ทำการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่และกำหนดมาตราส่วนในการเปรียบเทียบเป็นระดับความสำคัญ 1 ถึง 5 โดยความหมายแสดงของตัวเลขในการประเมินแสดงดังตาราง

ระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	ความสำคัญเท่ากัน
2	ความสำคัญระหว่างน้อยกว่าถึงปานกลาง
3	ความสำคัญปานกลาง
4	ความสำคัญระหว่างปานกลางถึงมาก
5	ความสำคัญมาก

ส่วนที่ 1 สถานะภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

[...] ชาย

[...] หญิง

2. ตำแหน่ง

[...] วิศวกร

[...] จัดซื้อ

[...] อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

3. อายุงาน

[...] 0 - 5 ปี

[...] 6 - 10 ปี

[...] 11 - 15 ปี

[...] 16 - 20 ปี

[...] 21 - 25 ปี

[...] 25 ปีขึ้นไป

4. วุฒิการศึกษา

[...] ปริญญาเอก

[...] ปริญญาโท

[...] ปริญญาตรี

[...] อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

## ส่วนที่ 2 ตารางแบบสอบถามเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแทนจำหน่าย

โปรดทำเครื่องหมาย  ลงในช่องที่ตรงกับคำตอบมากที่สุด เพื่อเลือกลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการเลือกตัวแทนจำหน่าย โดยให้เลือกปัจจัยแรกหรือปัจจัยหลัง และให้คะแนนลำดับความสำคัญ

### ตัวอย่าง

ปัจจัยด้านราคา มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านเงื่อนไขในการชำระเงินในระดับมาก

ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง				เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก				ปัจจัยหลัง
ราคา	<input checked="" type="radio"/> 5	4	3	2	1	2	3	4	5	เงื่อนไขในการชำระเงิน

ปัจจัยด้านเงื่อนไขในการชำระเงิน มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านราคาในระดับมาก

ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง				เท่ากัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก				ปัจจัยหลัง
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	<input checked="" type="radio"/> 5	เงื่อนไขในการชำระเงิน

ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ มากกว่าปัจจัยหลัง				เท่า กัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญ มากกว่าปัจจัยแรก				ปัจจัยหลัง
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	เงื่อนไขในการ ชำระเงิน
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	เวลาในการจัดส่ง
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ค่าบริการหลัง การขาย
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ช่วงเวลาที่ราคา ไม่เปลี่ยนแปลง
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	การรับประกัน
เงื่อนไขในการ ชำระเงิน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	เวลาในการจัดส่ง
เงื่อนไขในการ ชำระเงิน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ค่าบริการหลัง การขาย
เงื่อนไขในการ ชำระเงิน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ช่วงเวลาที่ราคา ไม่เปลี่ยนแปลง
เงื่อนไขในการ ชำระเงิน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	การรับประกัน
เวลาในการจัดส่ง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ค่าบริการหลัง การขาย
เวลาในการจัดส่ง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ช่วงเวลาที่ราคา ไม่เปลี่ยนแปลง
เวลาในการจัดส่ง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	การรับประกัน
ค่าบริการหลัง การขาย	5	4	3	2	1	2	3	4	5	ช่วงเวลาที่ราคา ไม่เปลี่ยนแปลง
ค่าบริการหลัง การขาย	5	4	3	2	1	2	3	4	5	การรับประกัน
ช่วงเวลาที่ราคาไม่ เปลี่ยนแปลง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	การรับประกัน
ราคา	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)
เงื่อนไขในการ ชำระเงิน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)
เวลาในการจัดส่ง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)

ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ มากกว่าปัจจัยหลัง				เท่า กัน	ปัจจัยหลังมีความสำคัญ มากกว่าปัจจัยแรก				ปัจจัยหลัง
ค่าบริการหลัง การขาย	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)
ช่วงเวลาที่ราคาไม่ เปลี่ยนแปลง	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)
การรับประกัน	5	4	3	2	1	2	3	4	5	(อื่น ๆ .....)

### ค่านิยมของหลักเกณฑ์

**ราคา (Cost)** = ราคาขายสินค้าของแต่ละยี่ห้อ มีผลในการคัดเลือกผู้แทนจำหน่ายมากหรือน้อย

**เงื่อนไขในการชำระเงิน (Payment Term)** = เงื่อนไขในการชำระเงินของผู้ซื้อ ที่ผู้แทนจำหน่ายกำหนดในการชำระเงินค่าสินค้า เช่น ต้องการให้ผู้ซื้อชำระเงินภายในเวลา 30 วัน เมื่อได้รับสินค้า

**เวลาในการจัดส่ง (Delivery Time)** = เวลาในการจัดส่งของสินค้าแต่ละยี่ห้อเร็วหรือช้า มีผลต่อการคัดเลือกผู้แทนจำหน่ายมากหรือน้อย

**ค่าบริการหลังการขาย (Service)** = ค่าใช้จ่ายที่เรียกเก็บ เมื่อลูกค้าต้องการให้ผู้ขายเข้าไปตรวจสอบหรือดูแลเมื่ออุปกรณ์เกิดปัญหา

**ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง (Date Quote Validity Expire)** = ผู้แทนจำหน่ายกำหนดช่วงเวลา  
ที่ราคาในใบเสนอราคายังคงราคาเดิม ถ้าวันเกินกว่านี้ ราคาอาจมีการปรับขึ้น

**การรับประกัน (Warranty)** = การรับประกันคุณภาพของเครื่องมือวัดในแต่ละยี่ห้อ มีผลต่อการ  
เลือกผู้แทนจำหน่ายมากหรือน้อย

**อื่น ๆ** = ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอแนะปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลในการคัดเลือกผู้แทนจำหน่าย



ภาคผนวก ข  
คำลำดับความสำคัญจากแบบสอบถาม

ตารางผนวกที่ ข1 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 1

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	0.25	0.20	0.33	0.25	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	4.00	1.00	0.25	0.25	0.25	3.00
เวลาในการจัดส่ง	5.00	4.00	1.00	3.00	2.00	4.00
บริการหลังการขาย	3.00	4.00	0.33	1.00	2.00	4.00
การรับประกัน	4.00	4.00	0.50	0.50	1.00	5.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	0.33	0.25	0.25	0.20	1.00

ตารางผนวกที่ ข2 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 2

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	0.33	0.25	0.25	1.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	0.33	0.20	0.50
เวลาในการจัดส่ง	3.00	4.00	1.00	0.50	0.25	1.00
บริการหลังการขาย	4.00	3.00	2.00	1.00	0.25	2.00
การรับประกัน	4.00	5.00	4.00	4.00	1.00	4.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	1.00	2.00	1.00	0.50	0.25	1.00

ตารางผนวกที่ ข3 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 3

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	0.33	3.00	4.00	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	3.00	3.00	2.00
เวลาในการจัดส่ง	3.00	4.00	1.00	4.00	4.00	4.00
บริการหลังการขาย	0.33	0.33	0.25	1.00	3.00	2.00
การรับประกัน	0.25	0.33	0.25	0.33	1.00	0.33
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	0.50	0.25	0.50	3.00	1.00

ตารางผนวกที่ ข4 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 4

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	3.00	1.00	1.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	0.25	0.20	5.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	4.00	1.00	0.25	0.33	5.00
บริการหลังการขาย	1.00	4.00	4.00	1.00	2.00	5.00
การรับประกัน	1.00	5.00	3.00	0.50	1.00	5.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 5

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	0.50	0.33	0.50	0.50	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	2.00	1.00	0.50	0.50	0.33	4.00
เวลาในการจัดส่ง	3.00	5.00	1.00	0.50	2.00	4.00
บริการหลังการขาย	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	4.00
การรับประกัน	2.00	3.00	0.50	0.50	1.00	4.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00

ตารางผนวกที่ ข6 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 6

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	0.33	1.00	0.33	0.50	0.50
เงื่อนไขการชำระเงิน	3.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00
เวลาในการจัดส่ง	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00
บริการหลังการขาย	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00
การรับประกัน	2.00	0.50	2.00	1.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	2.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข7 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 7

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	1.00	0.33	0.50	0.50
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	2.00	1.00	0.50	1.00
เวลาในการจัดส่ง	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00
บริการหลังการขาย	3.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00
การรับประกัน	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	2.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข8 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 8

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.25	2.00	2.00	2.00
เวลาในการจัดส่ง	0.20	4.00	1.00	4.00	4.00	4.00
บริการหลังการขาย	0.20	0.50	0.25	1.00	0.50	2.00
การรับประกัน	0.20	0.50	0.25	2.00	1.00	4.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	0.50	0.25	0.50	0.25	1.00

ตารางผนวกที่ ข9 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 9

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	2.00	4.00	2.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.25	0.50	0.33	4.00
เวลาในการจัดส่ง	0.50	4.00	1.00	3.00	1.00	5.00
บริการหลังการขาย	0.25	2.00	0.33	1.00	1.00	5.00
การรับประกัน	0.50	3.00	1.00	1.00	1.00	5.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	1.00

ตารางผนวกที่ ข10 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 10

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	0.10	0.27	0.11	0.07	0.10	0.17
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.03	0.09	0.16	0.07	0.10	0.22
เวลาในการจัดส่ง	0.31	0.18	0.32	0.41	0.38	0.17
บริการหลังการขาย	0.31	0.27	0.16	0.21	0.19	0.22
การรับประกัน	0.21	0.18	0.16	0.21	0.19	0.17
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.03	0.02	0.08	0.04	0.05	0.04

ตารางผนวกที่ ข11 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 11

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	2.00	4.00	3.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.20	0.33	0.33	0.25
เวลาในการจัดส่ง	0.50	5.00	1.00	4.00	1.00	5.00
บริการหลังการขาย	0.25	3.00	0.25	1.00	1.00	1.00
การรับประกัน	0.33	3.00	1.00	1.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	4.00	0.20	1.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข12 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 12

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	3.00	4.00	3.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.25	0.25	1.00	4.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	4.00	1.00	3.00	5.00	5.00
บริการหลังการขาย	0.25	4.00	0.33	1.00	2.00	5.00
การรับประกัน	0.33	1.00	0.20	0.50	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	0.25	0.20	0.20	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข13 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 13

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.50	1.00	3.00	1.00	0.25	4.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	0.33	1.00	0.50	0.25	3.00
บริการหลังการขาย	0.50	1.00	2.00	1.00	0.50	2.00
การรับประกัน	0.33	4.00	4.00	2.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	0.25	0.20	0.50	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข14 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 14

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	1.00	3.00	4.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	1.00	0.50	2.00
เวลาในการจัดส่ง	1.00	4.00	1.00	4.00	4.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.33	1.00	0.25	1.00	0.50	0.50
การรับประกัน	0.25	2.00	0.25	2.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	0.50	0.33	2.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข15 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 15

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	0.50	4.00	1.00	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.20	0.20	0.20	0.33
เวลาในการจัดส่ง	2.00	5.00	1.00	5.00	1.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.25	5.00	0.20	1.00	0.20	0.25
การรับประกัน	1.00	5.00	1.00	5.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	3.00	0.33	4.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข16 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 16

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	2.00	2.00	0.33	1.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	4.00	0.33	1.00
เวลาในการจัดส่ง	0.50	4.00	1.00	4.00	1.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.50	0.25	0.25	1.00	0.25	0.33
การรับประกัน	3.00	3.00	1.00	4.00	1.00	4.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	1.00	1.00	0.33	3.00	0.25	1.00

ตารางผนวกที่ ข17 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 17

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	3.00	2.00	0.25	0.33
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.25	1.00	0.25	0.25
เวลาในการจัดส่ง	0.33	4.00	1.00	4.00	0.50	1.00
บริการหลังการขาย	0.50	1.00	0.25	1.00	0.25	0.25
การรับประกัน	4.00	4.00	2.00	4.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	3.00	4.00	1.00	4.00	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข18 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 18

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	0.25	1.00	0.33	1.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.25	1.00	0.25	1.00
เวลาในการจัดส่ง	4.00	4.00	1.00	1.00	3.00	3.00
บริการหลังการขาย	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00
การรับประกัน	3.00	4.00	0.33	3.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	1.00	1.00	0.33	0.33	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข19 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 19

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	2.00	1.00	4.00	4.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.33	1.00	0.25	1.00	2.00	3.00
การรับประกัน	0.25	1.00	0.25	0.50	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข20 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 20

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	0.25	3.00	0.25	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.20	3.00	0.25	2.00
เวลาในการจัดส่ง	4.00	5.00	1.00	4.00	2.00	4.00
บริการหลังการขาย	0.33	0.33	0.25	1.00	0.25	1.00
การรับประกัน	4.00	4.00	0.50	4.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	0.50	0.25	1.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข21 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 21

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	3.00	4.00	2.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	2.00	1.00	3.00	2.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	0.50	1.00	0.50	0.25	0.50
บริการหลังการขาย	0.25	1.00	2.00	1.00	0.50	2.00
การรับประกัน	0.50	0.33	4.00	2.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	0.50	2.00	0.50	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข22 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 22

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	2.00	3.00	4.00	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.50	1.00	0.33	2.00
เวลาในการจัดส่ง	0.50	2.00	1.00	0.50	0.50	3.00
บริการหลังการขาย	0.33	1.00	0.50	1.00	3.00	2.00
การรับประกัน	0.25	3.00	2.00	0.33	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	0.50	0.33	0.50	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข23 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 23

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	1.00	0.25	3.00	0.25	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	1.00	1.00	0.25	4.00	0.25	3.00
เวลาในการจัดส่ง	4.00	4.00	1.00	3.00	1.00	4.00
บริการหลังการขาย	0.33	0.25	0.33	1.00	0.25	0.25
การรับประกัน	4.00	4.00	1.00	4.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	0.33	0.25	4.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข24 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 24

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	2.00	4.00	2.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.33	1.00	1.00	0.33
เวลาในการจัดส่ง	0.50	3.00	1.00	3.00	2.00	2.00
บริการหลังการขาย	0.25	1.00	0.33	1.00	1.00	0.33
การรับประกัน	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	0.50
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	3.00	0.50	3.00	2.00	1.00

ตารางผนวกที่ ข25 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 25

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	4.00	5.00	3.00	4.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.20	0.33	0.20	0.20
เวลาในการจัดส่ง	0.33	3.00	1.00	5.00	1.00	5.00
บริการหลังการขาย	0.20	3.00	0.20	1.00	0.33	0.50
การรับประกัน	0.33	5.00	1.00	3.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.25	5.00	0.20	2.00	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข26 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 26

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	4.00	5.00	2.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	0.25	0.33	0.20	0.33
เวลาในการจัดส่ง	0.25	4.00	1.00	4.00	0.33	3.00
บริการหลังการขาย	0.20	3.00	0.25	1.00	0.25	0.33
การรับประกัน	0.50	5.00	3.00	4.00	1.00	5.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	3.00	0.33	3.00	0.20	1.00

ตารางผนวกที่ ข27 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 27

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	2.00	3.00	2.00	3.00	5.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.50	1.00	1.00	3.00	0.50	3.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.50	0.33	0.50	1.00	0.25	3.00
การรับประกัน	0.33	2.00	0.50	4.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.20	0.33	0.33	0.33	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข28 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 28

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	5.00	3.00	2.00	3.00	4.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.20	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
เวลาในการจัดส่ง	0.33	1.00	1.00	0.50	1.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.50	0.50	2.00	1.00	1.00	2.00
การรับประกัน	0.33	0.50	1.00	1.00	1.00	3.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.25	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00

ตารางผนวกที่ ข29 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 29

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	4.00	3.00	4.00	3.00	2.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.25	1.00	0.50	1.00	1.00	0.33
เวลาในการจัดส่ง	0.33	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00
บริการหลังการขาย	0.25	1.00	0.33	1.00	1.00	0.33
การรับประกัน	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	2.00
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.50	3.00	0.50	3.00	0.50	1.00

ตารางผนวกที่ ข30 ค่าลำดับความสำคัญจากแบบสอบถามคนที่ 30

ปัจจัย	ราคาสินค้า	เงื่อนไขการชำระเงิน	เวลาในการจัดส่ง	บริการหลังการขาย	การรับประกัน	ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง
ราคาสินค้า	1.00	3.00	2.00	4.00	2.00	3.00
เงื่อนไขการชำระเงิน	0.33	1.00	0.50	1.00	1.00	0.33
เวลาในการจัดส่ง	0.50	2.00	1.00	4.00	2.00	3.00
บริการหลังการขาย	0.25	1.00	0.25	1.00	2.00	0.50
การรับประกัน	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.33	3.00	0.33	2.00	2.00	1.00

ตารางผนวกที่ ข1 – ข30 แสดงค่าลำดับความสำคัญที่ได้จากการทำแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรเครื่องมือวัด และผู้เชี่ยวชาญด้านจัดซื้อพร้อม 30 คน โดยผลของค่าลำดับความสำคัญที่ได้ จะถูกนำไปจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ .csv ต่อมานำไฟล์ .csv นี้ เข้าไปใน MATLAB เพื่อหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย โดยจะนำมาพิจารณาหาว่า ปัจจัยใดมีผลในการเลือกเครื่องมือวัดมากที่สุด





ภาคผนวก ค  
ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถาม

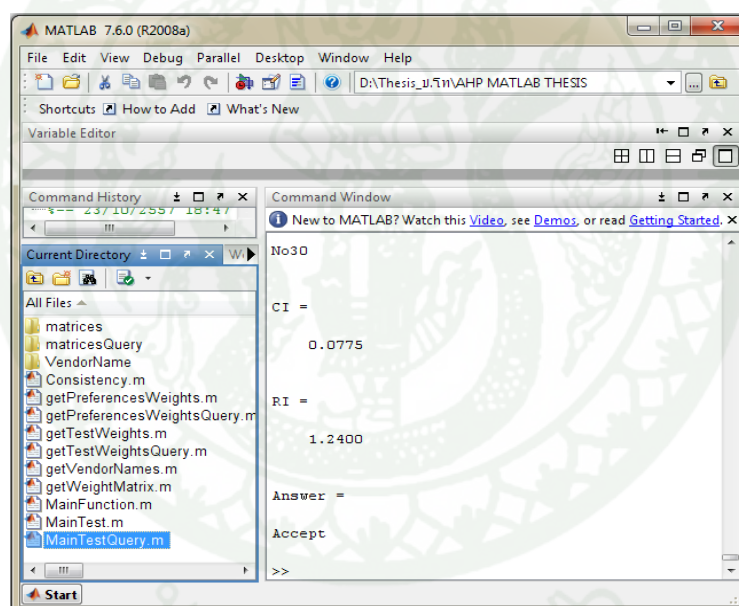
ตารางผนวกที่ ค1 ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถาม

คนที่	CR
1	0.09
2	0.09
3	0.06
4	0.08
5	0.09
6	0.09
7	0.02
8	0.08
9	0.09
10	0.05
11	0.07
12	0.07
13	0.08
14	0.09
15	0.08
16	0.03
17	0.05
18	0.07
19	0.09
20	0.09
21	0.08
22	0.08
23	0.09
24	0.08
25	0.09
26	0.08
27	0.08

### ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คนที่	CR
28	0.06
29	0.07
30	0.06

ตารางผนวกที่ ค1 แสดงการคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน โดยผลที่ออกมา คือ มีผลค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลทั้ง 30 ชุด น้อยกว่า 10 % แสดงว่าปัจจัยที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์เหมาะสม



ภาพผนวกที่ ค1 การหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถามโดย MATLAB

ภาพผนวกที่ ค2 แสดงตัวอย่างการหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากแบบสอบถาม โดยในภาพ แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล ของผู้ตอบแบบสอบถาม ลำดับที่ 30 โดยมีค่า CI เท่ากับ 0.0775 ค่า RI เท่ากับ 1.24 และค่า CR เท่ากับ 0.06 ซึ่งในโปรแกรม MATLAB จะแสดงค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลออกมาว่า ผลยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งในที่นี้ ค่า CR เท่ากับ 0.0775 แสดงว่ายอมรับได้



ภาคผนวก ง  
การกำหนดค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ

ตารางผนวกที่ 1 การกำหนดค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ

ปัจจัย	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
ราคาสินค้า	301 - 400	201 - 300	101 - 200	1 - 100	0	-(1 - 100)	-(101 - 200)	-(201 - 300)	-(301 - 400)
เงื่อนไขในการชำระเงิน	-(16 - 20)	-(11 - 15)	-(6 - 10)	-(1 - 5)	0	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20
เวลาในการจัดส่ง	16 - 20	11 - 15	6 - 10	1 - 5	0	-(1 - 5)	-(6 - 10)	-(11 - 15)	-(16 - 20)
ค่าบริการหลังการขาย	61 - 80	41 - 60	21 - 40	1 - 20	0	-(1 - 20)	-(21 - 40)	-(41 - 60)	-(61 - 80)
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	-(13 - 16)	-(9 - 12)	-(5 - 8)	-(1 - 4)	0	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 16
การรับประกัน	-(16 - 20)	-(11 - 15)	-(6 - 10)	-(1 - 5)	0	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการแบ่งค่าลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละยี่ห้อ โดยมีการพิจารณาจากปัจจัยด้านราคาสินค้า เงื่อนไขในการชำระเงิน เวลาในการจัดส่ง ค่าบริการหลังการขาย ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง และการรับประกัน โดยที่ราคาสินค้ามีหน่วยเป็นดอลลาร์ เงื่อนไขในการชำระเงินมีหน่วยเป็นวัน เวลาในการจัดส่งมีหน่วยเป็นสัปดาห์ ค่าบริการหลังการขายมีหน่วยเป็นดอลลาร์ ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลงมีหน่วยเป็นเดือน และการรับประกันมีหน่วยเป็นสัปดาห์

เกณฑ์ในการพิจารณาเริ่มจากการเปรียบเทียบผู้ขายทีละ 2 ยี่ห้อ โดยนำค่าที่ได้จากปัจจัยยี่ห้อแรก ลบด้วยค่าที่ได้จากปัจจัยยี่ห้อที่สอง ทำจนครบทุกยี่ห้อ แล้วนำผลที่ได้มากำหนดเป็นตารางค่าลำดับความสำคัญ วิธีการในการกำหนดค่าลำดับความสำคัญ คือ เมื่อพิจารณาทางปัจจัยด้านราคา เวลาในการจัดส่ง ค่าบริการหลังการขาย ถ้าปัจจัยแรกมีค่ามากกว่าปัจจัยที่สอง ให้กำหนดค่าลำดับความสำคัญเป็นเศษส่วน หรืออยู่ฝั่งลบ แต่ถ้าปัจจัยแรกมีค่าน้อยกว่าปัจจัยที่สอง ให้กำหนดค่าลำดับความสำคัญเป็นจำนวนเต็ม หรืออยู่ฝั่งบวก เนื่องจากปัจจัยทั้งสามนี้ ยังมีค่าน้อยยิ่งดี แต่เมื่อพิจารณาทางปัจจัยด้านเงื่อนไขการชำระเงิน ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง การรับประกัน ถ้าปัจจัยแรกมีค่ามากกว่าปัจจัยที่สอง ให้กำหนดค่าลำดับความสำคัญเป็นจำนวนเต็ม หรืออยู่ฝั่งบวก แต่ถ้าปัจจัยแรกมีค่าน้อยกว่าปัจจัยที่สอง ให้กำหนดค่าลำดับความสำคัญเป็นเศษส่วน หรืออยู่ฝั่งลบ เนื่องจากปัจจัยทั้งสามนี้ ยังมีค่ามากยิ่งขึ้น

ตัวอย่างเช่น การเทียบราคาสินค้ายี่ห้อ AAA กับสินค้านี้ยี่ห้อ BBB สมมติราคาสินค้ายี่ห้อ AAA เท่ากับ 1900 ดอลลาร์ และราคาสินค้ายี่ห้อ BBB เท่ากับ 2100 ดอลลาร์ ดังนั้นสินค้านี้ยี่ห้อ AAA ถูกกว่าสินค้านี้ยี่ห้อ BBB อยู่ 200 ดอลลาร์ ค่าลำดับความสำคัญที่ได้คือ 3



ภาคผนวก จ  
ตัวอย่างค่าลำดับความสำคัญของสินทั้ง 6 ปัจจัย

ตารางผนวกที่ ๑1 ตัวอย่างค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Delivery Time
AAA	1001	AAA	1003	0.50
AAA	1001	AAA	1002	0.50
AAA	1003	AAA	1002	1.00
BBB	2001	AAA	1001	0.33
BBB	2001	AAA	1003	0.50
BBB	2001	AAA	1002	0.50
CCC	3001	AAA	1001	0.50
CCC	3001	AAA	1003	0.50
CCC	3001	AAA	1002	0.50
CCC	3001	BBB	2001	3.00
CCC	3002	AAA	1001	0.50
CCC	3002	AAA	1003	0.50
CCC	3002	AAA	1002	0.50
CCC	3002	BBB	2001	2.00
CCC	3002	CCC	3001	1.00
DDD	4001	DDD	4002	2.00
DDD	4001	EEE	5001	3.00
DDD	4001	EEE	5001	2.00
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	2.00
AAA	1002	AAA	1001	2.00
AAA	1002	AAA	1003	1.00
AAA	1001	BBB	2001	3.00

## ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Delivery Time
AAA	1003	BBB	2001	2.00
AAA	1002	BBB	2001	2.00
AAA	1001	CCC	3001	2.00
AAA	1003	CCC	3001	2.00
AAA	1002	CCC	3001	2.00
BBB	2001	CCC	3001	0.33
AAA	1001	CCC	3002	2.00
AAA	1003	CCC	3002	2.00
AAA	1002	CCC	3002	2.00
BBB	2001	CCC	3002	0.50
CCC	3001	CCC	3002	1.00
DDD	4002	DDD	4001	0.50
EEE	5001	DDD	4001	0.33
EEE	5001	DDD	4001	0.50

ตารางผนวกที่ ๑๒ ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Cost
AAA	1001	AAA	1003	0.25
AAA	1001	AAA	1002	0.33
AAA	1003	AAA	1002	3.00
BBB	2001	AAA	1001	0.50
BBB	2001	AAA	1003	0.20
BBB	2001	AAA	1002	0.25
CCC	3001	AAA	1001	4.00
CCC	3001	AAA	1003	2.00
CCC	3001	AAA	1002	3.00
CCC	3001	BBB	2001	5.00
CCC	3002	AAA	1001	3.00
CCC	3002	AAA	1003	0.33
CCC	3002	AAA	1002	2.00
CCC	3002	BBB	2001	4.00
CCC	3002	CCC	3001	0.33
DDD	4001	DDD	4002	0.33
DDD	4001	EEE	5001	0.25
DDD	4001	EEE	5001	0.33
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	4.00
AAA	1002	AAA	1001	3.00
AAA	1002	AAA	1003	0.33
AAA	1001	BBB	2001	2.00

ตารางผนวกที่ ๒ (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Cost
AAA	1003	BBB	2001	5.00
AAA	1002	BBB	2001	4.00
AAA	1001	CCC	3001	0.25
AAA	1003	CCC	3001	0.50
AAA	1002	CCC	3001	0.33
BBB	2001	CCC	3001	0.20
AAA	1001	CCC	3002	0.33
AAA	1003	CCC	3002	3.00
AAA	1002	CCC	3002	0.50
BBB	2001	CCC	3002	0.25
CCC	3001	CCC	3002	3.00
DDD	4002	DDD	4001	3.00
EEE	5001	DDD	4001	4.00
EEE	5001	DDD	4001	3.00

ตารางผนวกที่ ๑3 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Warranty
AAA	1001	AAA	1003	1.00
AAA	1001	AAA	1002	1.00
AAA	1003	AAA	1002	1.00
BBB	2001	AAA	1001	2.00
BBB	2001	AAA	1003	0.50
BBB	2001	AAA	1002	0.50
CCC	3001	AAA	1001	3.00
CCC	3001	AAA	1003	3.00
CCC	3001	AAA	1002	3.00
CCC	3001	BBB	2001	3.00
CCC	3002	AAA	1001	5.00
CCC	3002	AAA	1003	3.00
CCC	3002	AAA	1002	3.00
CCC	3002	BBB	2001	4.00
CCC	3002	CCC	3001	1.00
DDD	4001	DDD	4002	0.50
DDD	4001	EEE	5001	0.33
DDD	4001	EEE	5001	0.33
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1003	1.00
AAA	1001	BBB	2001	0.50

ตารางผนวกที่ ๓ (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Warranty
AAA	1003	BBB	2001	2.00
AAA	1002	BBB	2001	2.00
AAA	1001	CCC	3001	0.33
AAA	1003	CCC	3001	0.33
AAA	1002	CCC	3001	0.33
BBB	2001	CCC	3001	0.33
AAA	1001	CCC	3002	0.20
AAA	1003	CCC	3002	0.33
AAA	1002	CCC	3002	0.33
BBB	2001	CCC	3002	0.25
CCC	3001	CCC	3002	1.00
DDD	4002	DDD	4001	2.00
EEE	5001	DDD	4001	3.00
EEE	5001	DDD	4001	3.00

ตารางผนวกที่ จ4 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Service
AAA	1001	AAA	1003	1.00
AAA	1001	AAA	1002	1.00
AAA	1003	AAA	1002	1.00
BBB	2001	AAA	1001	2.00
BBB	2001	AAA	1003	3.00
BBB	2001	AAA	1002	3.00
CCC	3001	AAA	1001	5.00
CCC	3001	AAA	1003	5.00
CCC	3001	AAA	1002	5.00
CCC	3001	BBB	2001	4.00
CCC	3002	AAA	1001	5.00
CCC	3002	AAA	1003	5.00
CCC	3002	AAA	1002	5.00
CCC	3002	BBB	2001	4.00
CCC	3002	CCC	3001	1.00
DDD	4001	DDD	4002	1.00
DDD	4001	EEE	5001	1.00
DDD	4001	EEE	5001	1.00
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1003	1.00
AAA	1001	BBB	2001	0.5

## ตารางผนวกที่ ๓4 (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Service
AAA	1003	BBB	2001	0.33
AAA	1002	BBB	2001	0.33
AAA	1001	CCC	3001	0.20
AAA	1003	CCC	3001	0.20
AAA	1002	CCC	3001	0.20
BBB	2001	CCC	3001	0.25
AAA	1001	CCC	3002	0.20
AAA	1003	CCC	3002	0.20
AAA	1002	CCC	3002	0.20
BBB	2001	CCC	3002	0.25
CCC	3001	CCC	3002	1.00
DDD	4002	DDD	4001	1.00
EEE	5001	DDD	4001	0.50
EEE	5001	DDD	4001	0.50

ตารางผนวกที่ ๑5 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Valid Cost
AAA	1001	AAA	1003	2.00
AAA	1001	AAA	1002	2.00
AAA	1003	AAA	1002	1.00
BBB	2001	AAA	1001	2.00
BBB	2001	AAA	1003	3.00
BBB	2001	AAA	1002	3.00
CCC	3001	AAA	1001	0.50
CCC	3001	AAA	1003	0.50
CCC	3001	AAA	1002	0.50
CCC	3001	BBB	2001	0.33
CCC	3002	AAA	1001	0.50
CCC	3002	AAA	1003	0.50
CCC	3002	AAA	1002	0.50
CCC	3002	BBB	2001	0.33
CCC	3002	CCC	3001	1.00
DDD	4001	DDD	4002	1.00
DDD	4001	EEE	5001	2.00
DDD	4001	EEE	5001	2.00
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	0.50
AAA	1002	AAA	1001	0.50
AAA	1002	AAA	1003	1.00
AAA	1001	BBB	2001	0.50

## ตารางผนวกที่ ๑5 (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Valid Cost
AAA	1003	BBB	2001	0.33
AAA	1002	BBB	2001	0.33
AAA	1001	CCC	3001	2.00
AAA	1003	CCC	3001	2.00
AAA	1002	CCC	3001	2.00
BBB	2001	CCC	3001	3.00
AAA	1001	CCC	3002	2.00
AAA	1003	CCC	3002	2.00
AAA	1002	CCC	3002	2.00
BBB	2001	CCC	3002	3.00
CCC	3001	CCC	3002	1.00
DDD	4002	DDD	4001	1.00
EEE	5001	DDD	4001	0.50
EEE	5001	DDD	4001	0.50

ตารางผนวกที่ ๑๖ ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Payment Term
AAA	1001	AAA	1003	1.00
AAA	1001	AAA	1002	1.00
AAA	1003	AAA	1002	1.00
BBB	2001	AAA	1001	2.00
BBB	2001	AAA	1003	2.00
BBB	2001	AAA	1002	2.00
CCC	3001	AAA	1001	4.00
CCC	3001	AAA	1003	4.00
CCC	3001	AAA	1002	4.00
CCC	3001	BBB	2001	3.00
CCC	3002	AAA	1001	4.00
CCC	3002	AAA	1003	4.00
CCC	3002	AAA	1002	4.00
CCC	3002	BBB	2001	3.00
CCC	3002	CCC	3001	1.00
DDD	4001	DDD	4002	1.00
DDD	4001	EEE	5001	3.00
DDD	4001	EEE	5001	3.00
AAA	1001	AAA	1001	1.00
AAA	1003	AAA	1003	1.00
AAA	1002	AAA	1002	1.00
BBB	2001	BBB	2001	1.00
CCC	3001	CCC	3001	1.00
CCC	3002	CCC	3002	1.00
DDD	4001	DDD	4001	1.00
DDD	4002	DDD	4002	1.00
EEE	5001	EEE	5001	1.00
AAA	1003	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1001	1.00
AAA	1002	AAA	1003	1.00
AAA	1001	BBB	2001	0.50

ตารางผนวกที่ ๖6 (ต่อ)

Vendor1	Model 1	Vendor2	Model 2	Payment Term
AAA	1003	BBB	2001	0.50
AAA	1002	BBB	2001	0.50
AAA	1001	CCC	3001	0.25
AAA	1003	CCC	3001	0.25
AAA	1002	CCC	3001	0.25
BBB	2001	CCC	3001	0.33
AAA	1001	CCC	3002	0.25
AAA	1003	CCC	3002	0.25
AAA	1002	CCC	3002	0.25
BBB	2001	CCC	3002	0.33
CCC	3001	CCC	3002	1.00
DDD	4002	DDD	4001	1.00
EEE	5001	DDD	4001	0.33
EEE	5001	DDD	4001	0.33

ด้านบนแสดงตารางที่ได้จากการกำหนดค่าลำดับความสำคัญของผู้ขายเครื่องมือวัด โดยเครื่องมือวัดที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ วิธีการ คือ นำเครื่องมือวัดอุณหภูมิทุกยี่ห้อ มาจัดลำดับความสำคัญเป็นคู่ในทุกปีจจัย ผลที่ได้คือ ตารางผนวกที่ ๖1 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเวลาในการจัดส่ง ตารางผนวกที่ ๖2 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านราคา ตารางผนวกที่ ๖3 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านการรับประกัน ตารางผนวกที่ ๖4 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านค่าบริการหลังการขาย ตารางผนวกที่ ๖5 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง ตารางผนวกที่ ๖6 ค่าลำดับความสำคัญของสินค้าด้านเงื่อนไขการชำระเงิน โดยเมื่อได้ค่าลำดับความสำคัญของผู้ขายทุกยี่ห้อให้นำค่าที่ได้มานี้ไปใช้ในขั้นตอนการเลือกผู้ขาย หลังจากจับคู่ข้อมูลระหว่างผู้ขายกับสินค้าที่ต้องการแล้ว



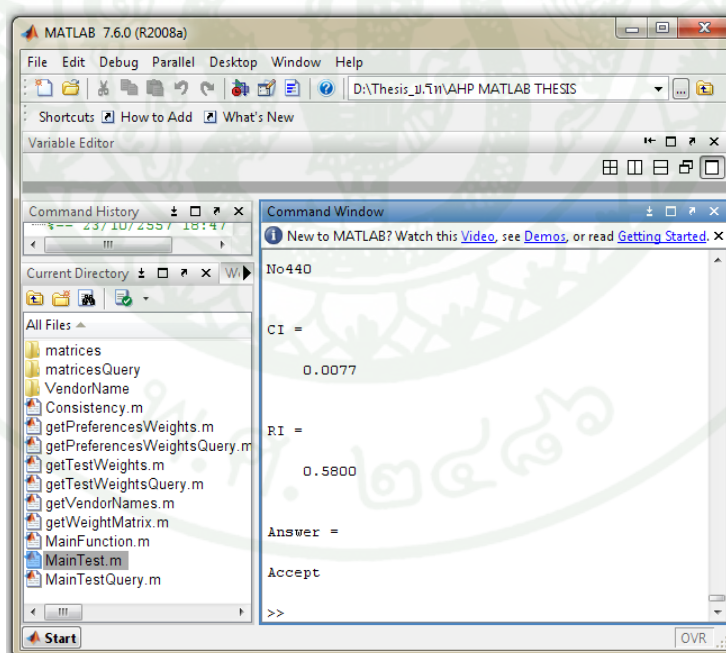
ภาคผนวก จ

ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกเครื่องมือวัด

ตารางผนวกที่ ๑1 ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกเครื่องมือวัด

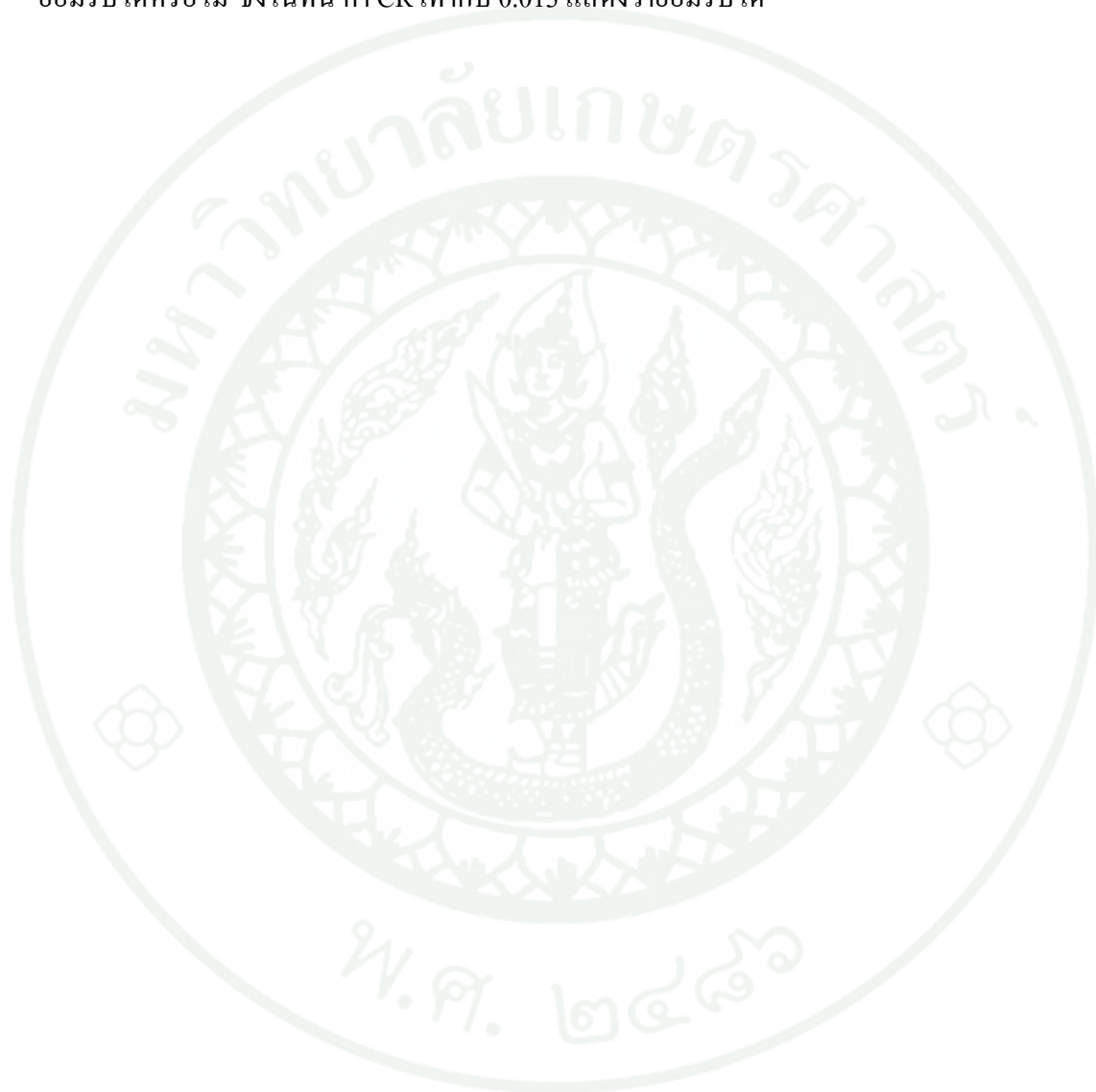
ปัจจัย	CR
เวลาในการจัดส่ง	0.005
ราคาสินค้า	0.013
การรับประกัน	0.013
ค่าบริการหลังการขาย	0.021
ช่วงเวลาที่ราคาไม่เปลี่ยนแปลง	0.005
เงื่อนไขในการชำระเงิน	0.013

ตารางผนวกที่ ๑1 แสดงการคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกเครื่องมือวัดจากปัจจัยต่างๆ ของทั้ง 3 ยี่ห้อ โดยผลที่ออกมา คือ มีค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลน้อยกว่า 3% แสดงว่าปัจจัยที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกเหมาะสม



ภาพผนวกที่ ๑1 การหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการเลือกสินค้าโดย MATLAB

ภาพผนวกที่ ๓1 แสดงตัวอย่างการหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล จากสินค้าแต่ละยี่ห้อ โดยในภาพแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลของสินค้าลำดับที่ 440 จากการพิจารณาปัจจัยด้านราคาโดยมีค่า CI เท่ากับ 0.0077 ค่า RI เท่ากับ 0.58 และค่า CR เท่ากับ 0.013 ซึ่งในโปรแกรม MATLAB จะแสดงค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล ออกมาว่า ผลยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งในที่นี้ ค่า CR เท่ากับ 0.013 แสดงว่ายอมรับได้





## กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัดอุณหภูมิในรูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

### Rule No: 1

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum > 500

THEN Skin Point Thermocouple

### Rule No: 2

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum < 500

AND Fast Response = TRUE

THEN Skin Point Thermocouple

### Rule No: 3

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum < 500

AND Fast Response = FALSE

THEN Skin Point RTD

### Rule No: 4

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum > 500

THEN Skin Point Thermocouple with Indicator

**Rule No: 5**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum < 500

AND Fast Response = TRUE

THEN Skin Point Thermocouple with Indicator

**Rule No: 6**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Measurement on Surface Pipe = TRUE

AND Temperature Maximum < 500

AND Fast Response = FALSE

THEN Skin Point RTD with Indicator

**Rule No: 7**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Temperature Maximum > 500

THEN Thermocouple Transmitter

**Rule No: 8**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Temperature Maximum < 500

AND Fast Response = TRUE

THEN Thermocouple Transmitter

**Rule No: 9**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Temperature Maximum < 500  
AND Fast Response = FALSE  
THEN RTD Transmitter

**Rule No: 10**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Temperature Maximum > 500  
THEN Thermocouple Transmitter with Indicator

**Rule No: 11**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Temperature Maximum < 500  
AND Fast Response = TRUE  
THEN Thermocouple Transmitter with Indicator

**Rule No: 12**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Temperature Maximum < 500  
AND Fast Response = FALSE  
THEN RTD Transmitter with Indicator

**Rule No: 13**

IF Transmitter = FALSE  
AND Indicator = TRUE

THEN Temperature Indicator

### กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัดการไหลในรูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

#### Rule No: 1

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Custody Transfer = TRUE  
 AND Fluid Phase = STEAM  
 THEN D/P Orifice with Indicator

#### Rule No: 2

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Custody Transfer = TRUE  
 AND Fluid Phase = GAS  
 THEN Ultrasonic with Indicator

#### Rule No: 3

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Custody Transfer = TRUE  
 AND Fluid Phase = LIQUID  
 AND Line Size > 10  
 AND Dirty Service = FALSE  
 THEN Turbine with Indicator

#### Rule No: 4

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE

AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size > 10  
AND Dirty service = TRUE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 5**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size < 10  
THEN Coriolis with Indicator

**Rule No: 6**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = STEAM  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 7**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 8**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size > 10  
AND Dirty Service = FALSE  
THEN Turbine

**Rule No: 9**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size > 10  
AND Dirty service = TRUE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 10**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Custody Transfer = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size < 10  
THEN Coriolis

**Rule No: 11**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = STEAM

AND Line Size > 10  
THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 12**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = STEAM  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = TRUE  
THEN D/P Orifice with Indicaotor

**Rule No: 13**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = STEAM  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Maximum > 400  
THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 14**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = STEAM  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Maximum < 400  
THEN Vortex with Indicator

**Rule No: 15**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = STEAM

AND Line Size > 10

THEN D/P Orifice

**Rule No: 16**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = STEAM

AND Line Size < 10

AND Vibration = TRUE

THEN D/P Orifice

**Rule No: 17**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = STEAM

AND Line Size < 10

AND Vibration = FLASE

AND Temperature Maximum > 400

THEN D/P Orifice

**Rule No: 18**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = STEAM

AND Line Size < 10

AND Vibration = FALSE

AND Temperature Maximum  
THEN Vortex

**Rule No: 19**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 20**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 21**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = TRUE  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 22**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = TRUE  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 23**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max > 400  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 24**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max > 400  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 25**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = GAS

AND Line Size < 10

AND Vibration = FALSE

AND Temperature Max < 400

AND High Accuracy = TRUE

THEN Coriolis with Indicator

**Rule No: 26**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = GAS

AND Line Size < 10

AND Vibration = FALSE

AND Temperature Max < 400

AND High Accuracy = FALSE

THEN Vortex with Indicator

**Rule No: 27**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = GAS

AND Line Size > 10

AND High Accuracy = TRUE

THEN Ultrasonic

**Rule No: 28**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 29**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = TRUE  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 30**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = TRUE  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 31**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS

AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max > 400  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 32**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max > 400  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 33**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS  
AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max < 400  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Coriolis

**Rule No: 34**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = GAS

AND Line Size < 10  
AND Vibration = FALSE  
AND Temperature Max < 400  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN Vortex

**Rule No: 35**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = TRUE  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = TRUE  
THEN Magnetic with Indicator

**Rule No: 36**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = TRUE  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = FALSE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 37**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = TRUE  
AND High Accuracy = FALSE

THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 38**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size > 10

AND High Accuracy = TRUE

AND Conductive Fluid = TRUE

THEN Magnetic with Indicator

**Rule No: 39**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size > 10

AND High Accuracy = TRUE

AND Conductive Fluid = FALSE

THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 40**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size > 10

AND High Accuracy = FALSE

THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 41**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Line Size < 10

AND Temperature Maximum > 400

AND High Accuracy = TRUE

AND Conductive Fluid = TRUE

THEN Magnetic with Indicator

**Rule No: 42**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size < 10

AND Temperature Maximum > 400

AND High Accuracy = TRUE

AND Conductive Fluid = FALSE

THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 43**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Line Size < 10

AND Temperature Maximum > 400

AND High Accuracy = FALSE

THEN D/P Orifice with Indicator

**Rule No: 44**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size < 10

AND Temperature Maximum < 400

AND Vibration = TRUE

THEN Coriolis with Indicator

**Rule No: 45**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE

AND Line Size < 10

AND Temperature Maximum < 400

AND Vibration = FALSE

THEN Vortex with Indicator

**Rule No: 46**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = TRUE

AND High Accuracy = TRUE

AND Conductive Fluid = TRUE

THEN Magnetic

**Rule No: 47**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = TRUE  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = FALSE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 48**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = TRUE  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 49**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = FALSE  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = TRUE  
THEN Magnetic

**Rule No: 50**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE

AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = FALSE  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = FALSE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 51**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = FALSE  
AND Line Size > 10  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 52**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size < 10  
AND Temperature Maximum > 400  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = TRUE  
THEN Magnetic

**Rule No: 53**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE  
AND Line Size < 10  
AND Temperature Maximum > 400  
AND High Accuracy = TRUE  
AND Conductive Fluid = FALSE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 54**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Line Size < 10  
AND Temperature Maximum > 400  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN D/P Orifice

**Rule No: 55**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID  
AND Dirty Service = FALSE  
AND Line Size < 10  
AND Temperature Maximum < 400  
AND Vibration = TRUE  
THEN Coriolis

**Rule No: 56**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Fluid Phase = LIQUID

AND Dirty Service = FALSE  
 AND Line Size < 10  
 AND Temperature Maximum < 400  
 AND Vibration = FALSE  
 THEN Vortex

**Rule No: 57**

IF Transmitter = FALSE  
 AND Indicator = TRUE  
 THEN Variable Area Flow Meter

กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัดความดันในรูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

**Rule No: 1**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Unit = GAUGE  
 THEN Gauge Pressure Indicator Transmitter

**Rule No: 2**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Unit = ABSOLUTE  
 THEN Absolute Pressure Indicator Transmitter

**Rule No: 3**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = TRUE  
 AND Unit = DIFFERENTIAL  
 THEN Differential Pressure Indicator Transmitter

**Rule No: 4**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = FALSE  
 AND Unit = GAUGE  
 THEN Gauge Pressure Transmitter

**Rule No: 5**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = FALSE  
 AND Unit = ABSOLUTE  
 THEN Absolute Pressure Transmitter

**Rule No: 6**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = FALSE  
 AND Unit = DIFFERENTIAL  
 THEN Differential Pressure Transmitter

**Rule No: 7**

IF Transmitter = FALSE  
 AND Indicator = TRUE  
 THEN Pressure Indicator

**กฎการเลือกประเภทเครื่องมือวัดระดับในรูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ**

**Rule No: 1**

IF Transmitter = TRUE  
 AND Indicator = FALSE  
 AND Single Phase = TRUE  
 AND Measuring Range > 6

AND Fluid Phase = SOLID  
AND Measuring Range > 10  
AND High Accuracy = TRUE  
THEN Radar

**Rule No: 2**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range > 6  
AND Fluid Phase = SOLID  
AND Measuring Range < 10  
THEN Differential Level

**Rule No: 3**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range > 6  
AND Fluid Phase SOLID  
AND Measuring Range > 10  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN Ultrasonic

**Rule No: 4**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = FALSE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range > 6  
AND Fluid Phase = LIQUID

THEN Radar

**Rule No: 5**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Single Phase = FALSE

THEN Guide Wave Radar

**Rule No: 6**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = FALSE

AND Single Phase = TRUE

AND Measuring Range < 6

THEN Guide Wave Radar

**Rule No: 7**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Single Phase = TRUE

AND Measuring Range > 6

AND Fluid Phase = SOLID

AND Measuring Range > 10

AND High Accuracy = TRUE

THEN Radar with Indicator

**Rule No: 8**

IF Transmitter = TRUE

AND Indicator = TRUE

AND Single Phase = TRUE

AND Measuring Range > 6

AND Fluid Phase = SOLID  
AND Measuring Range < 10  
THEN Differential Level with Indicator

**Rule No: 9**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range > 6  
AND Fluid Phase SOLID  
AND Measuring Range > 10  
AND High Accuracy = FALSE  
THEN Ultrasonic with Indicator

**Rule No: 10**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range > 6  
AND Fluid Phase = LIQUID  
THEN Radar with Indicator

**Rule No: 11**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Single Phase = FALSE  
THEN Guide Wave Radar with Indicator

**Rule No: 12**

IF Transmitter = TRUE  
AND Indicator = TRUE  
AND Single Phase = TRUE  
AND Measuring Range < 6  
THEN Guide Wave Radar with Indicator

**Rule No: 13**

IF Transmitter = FALSE  
AND Indicator = TRUE  
AND Liquid Dirty = TRUE  
THEN Transparent Gauge Glass

**Rule No: 14**

IF Transmitter = FALSE  
AND Indicator = TRUE  
AND Liquid Dirty = FALSE  
AND Single Phase = TRUE  
THEN Reflex Gauge Glass

**Rule No: 15**

IF No Transmitter  
AND Indicator = TRUE  
AND Liquid Dirty = FALSE  
AND Single Phase = FALSE  
THEN Magnetic Level Gauge

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวรุจิรา ปานเดช
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2531
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรแผนกเครื่องมือวัด
สถานที่ทำงาน	บริษัทฟอสเตอร์ วิลเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด