กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

Decision Support Making Process for Developing Manufacturing Competitiveness Base on Industry 4.0 Concept

ปริญญ์ บุญกนิษฐ
สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
เสกสรร กันธรส

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

Decision Support Making Process for Developing Manufacturing Competitiveness Base on Industry 4.0 Concept

ปริญญ์ บุญกนิษฐ
สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
เสกสรร กันธรส

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โครงการวิจัยเรื่อง **กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0**

หัวหน้าโครงการวิจัย **ปริญญ์ บุญกนิษฐ**
ผู้ร่วมวิจัย **สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ**
เสกสรร กันธรส

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีงบประมาณ 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 และสร้างแบบจำลองการตัดสินใจ โดยแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นจากการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) นี้ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.3 รองลงมาเป็นด้านโรงงานอัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 17.8 ด้านผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 16.3 ด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 13.1 ด้านพนักงาน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล คิดเป็นร้อยละ 11.9 โดยผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน สรุปได้ว่า แบบจำลองนี้สามารถตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่เหมาะสมกับบริบทและข้อจำกัดของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมได้ และสามารถนำไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ทุกประเภท พร้อมทั้งจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้บริหารที่มีอำนาจตัดสินใจของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ต่อไป

คำสำคัญ (Keywords) : กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจ, การพัฒนากระบวนการผลิต, อุตสาหกรรม 4.0

Researcher title Decision Support Making Process for Developing Manufacturing Competitiveness Base on Industry 4.0 Concept

Researcher by Prin Boonkanit
Saharat Wongsisa
Seksan Kantharos

Sustainable Industrial Management Engineering (SIME)
Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Abstracts

This research aims to study the important factors that affect the decision making in the manufacturing process development of industrial factories according to the Industry 4.0 concept and to create decision models. The model developed from applying Analytic Hierarchy Process (AHP) to this group of experts focuses on the most strategy and organization factors, accounted for 28.3 percent, followed by the smart factory accounted for 17.8 percent, smart products accounted for 16.3 percent, smart operations accounted for 13.1 percent, employees accounted for 12.5 percent and the data-driven services accounted for 11.9 percent, by the model test results with 3 factories. In conclusion, this model can decide the way to improve the production process of industrial plants according to the Industry 4.0 concept that is suitable for the context and limitations of each industrial plant, can be used for all types of industrial plants, and will directly benefit the decision makers of industrial plants to improve the production process and develop into smart factory based on the Industry 4.0 concept.

Keywords : Analytic Hierarchy Process, Decision Support Making Process, Developing Manufacturing, Industry 4.0

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนันสนุนด้วยทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และงานวิจัยนี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีไม่ได้ หากขาดการสนับสนุนข้อมูล สถานที่ และความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด และบริษัท ซีพีแรม จำกัด เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ข้อมูลและตอบแบบสอบถามเพื่อกำหนดค่าน้ำหนักปัจจัยต่างๆ และขอขอบคุณผู้บริหารของบริษัทที่ให้ความสำคัญและสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถาม สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งไม่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมและสนับสนุนให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

ปริญญ์ บุญกนิษฐ
หัวหน้าโครงการ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
	1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	3
	1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	4
	1.7 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดในการวิจัย	5
	1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1 แนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	6
	2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	20
	2.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP)	23
	2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3	วิธีดำเนินงานวิจัย	34
	3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา	35
	3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	63
	3.3 กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และกำหนดทางเลือกในการตัดสินใจ	65
	3.4 สร้างแบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์	69
	3.5 วิเคราะห์และกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ	71
	3.6 วิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจ	74
	3.7 ทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน	76
	3.8 สรุปผล	76
บทที่ 4	ผลการวิจัย	77
	4.1 ผลการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	77
	4.2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รอง	78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน 90
4.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 96
บทที่ 5 อภิปรายผล 100
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย 102
6.1 สรุปผลการวิจัย 102
6.2 ข้อเสนอแนะ 102
บรรณานุกรม 103
ภาคผนวก ก แบบสอบถามและประเด็นสัมภาษณ์การเตรียมความพร้อมในพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม 104
ภาคผนวก ข แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย 118
ภาคผนวก ค ผลการคำนวณหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองของผู้ประเมินทั้งหมด 12 คน โดยใช้โปรแกรม Expert choice 11 128
ภาคผนวก ง แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน 214
ประวัติคณะผู้วิจัย 227

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	คุณลักษณะของโรงงานอัจฉริยะที่เกี่ยวข้อง	21
2-2	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโรงงานอัจฉริยะ	22
2-3	มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ	26
2-4	เมตริกซ์แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ	27
2-5	ค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง	30
3-1	ข้อมูลของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	35
3-2	รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2559 ของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	44
3-3	ข้อมูลของบริษัท ซีพีแรม จำกัด	46
3-4	รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2560 ของบริษัท ซีพีแรม จำกัด (โรงงานลาดหลุมแก้ว)	55
3-5	ข้อมูลของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด	57
3-6	รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2558 ของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด	63
3-7	เกณฑ์หลักและเกณฑ์รองในการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	65
3-8	มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ	70
3-9	ผู้ประเมินแบบสอบถาม	71
4-1	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักทั้ง 5 เกณฑ์หลัก	78
4-2	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร	79
4-3	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านโรงงานอัจฉริยะ	81
4-4	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	82
4-5	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล	84
4-6	ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านพนักงาน	85
4-7	สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด	92
4-8	สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด	94
4-9	สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด	96

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2-1	การพัฒนาอุตสาหกรรมเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0	10
2-2	ความสามารถในการลดต้นทุนจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในโรงงานอุตสาหกรรม 4.0	11
2-3	Eco Factory 4.0	12
2-4	การเปลี่ยนแปลงทักษะของแรงงานในโลกอนาคต	13
2-5	โครงสร้างแผนภูมิของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	25
3-1	แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย	34
3-2	ผลิตภัณฑ์ก๊อกบอล ซันวา	40
3-3	ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำอัจฉริยะ (Smart meter)	39
3-4	กระบวนการผลิตก๊อกน้ำ	43
3-5	ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานของบริษัท ซีพีแรม จำกัด	52
3-6	ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ของบริษัท ซีพีแรม จำกัด	52
3-7	กระบวนการผลิตติ่มซำ	54
3-8	ผลิตภัณฑ์หลักของ บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด	61
3-9	กระบวนการผลิต Transformer	62
3-10	โครงสร้างแผนภูมิกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	68
3-11	แบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ที่สร้างในโปรแกรม Expert choice 11	69
3-12	ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละทางเลือก	69
3-13	ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละเกณฑ์รอง	70
3-14	ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละเกณฑ์หลัก	70
4-1	แบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ในโปรแกรม Expert choice 11	77
4-2	สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักใน Expert choice 11	79
4-3	สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กรใน Expert choice 11	80
4-4	สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านโรงงานอัจฉริยะใน Expert choice 11	82
4-5	สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะใน Expert choice 11	83
4-6	สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูลใน Expert choice 11	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4-7 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านพนักงานใน Expert choice 11 86

4-8 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร 87

4-9 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านโรงงานอัจฉริยะ 88

4-10 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ 88

4-11 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ 89

4-12 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล 89

4-13 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านพนักงาน 90

4-14 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด 91

4-15 ผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด 91

4-16 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด 93

4-17 สรุปผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด 93

4-18 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด 95

4-19 สรุปผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด 95

4-20 แบบจำลองกระบวนการผลิตในปัจจุบันของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด 97

4-21 แบบจำลองกระบวนการผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วนของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด 98

4-22 แบบจำลองกระบวนการผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมดของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด 99

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงยุคของเทคโนโลยีที่กำลังเกิดขึ้นนี้ หรือปัจจุบันเรียกว่า การก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 (Industry Revolution 4.0) ซึ่งเป็นยุคของการใช้พลังงานในรูปแบบของ ไซเบอร์-กายภาพ (Cyber and Physical) เข้าด้วยกัน โดยสินค้าจะคิดหาแนวทางการผลิตของตัวสินค้าเองโดยอิสระ เครื่องจักรและวัตถุดิบจะสามารถสื่อสารกันเอง (Interface) และควบคุม (Control) ซึ่งกันและกันได้ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์และไอทีเป็นหัวใจหลักในการควบคุมกระบวนการในโรงงาน หรือเรียกว่าการผลิตด้วยโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) โดยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลักๆ ของอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งหมายถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านเครื่องจักร ระบบอัตโนมัติ และระบบคอนโทรลต่างๆ แต่อีกส่วนที่สำคัญของอุตสาหกรรม 4.0 คือ ด้านซอฟท์แวร์ ซึ่งคาดกันว่า Internet of Things (IoT) และ Cyber-Physical Production Systems (CPPS) จะทำให้เกิดข้อมูลในระบบการผลิตขึ้นอย่างมหาศาลจึงจำเป็นต้องได้รับการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแน่นอนว่าการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิตในรูปแบบใหม่นี้ จะส่งผลกระทบต่อระบบการค้าและการผลิตในยุคอนาคตอย่างมาก ซึ่งแน่นอนว่าหากบุคลากรอุตสาหกรรมหรือโรงงานอุตสาหกรรมใด ไม่สามารถปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้แล้ว ย่อมจะสูญเสียศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลกไปอย่างแน่นอน

สำหรับประเทศไทยที่ต้องพึ่งพาอุตสาหกรรมการผลิตในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกฝ่ายทั้งภาครัฐและภาคธุรกิจต้องตื่นตัวกับการปฏิรูปอุตสาหกรรมครั้งนี้ ที่ผ่านมาเราจะเห็นว่า รัฐบาลเองพยายามที่จะสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลมากขึ้น รวมทั้งขยายเครือข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงให้ครอบคลุมทั่วประเทศ ส่งเสริม E-Commerce, E-Document และ E-Learning ซึ่งล้วนเป็นการวางรากฐานการพัฒนาสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม การปรับตัวสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยการปรับเปลี่ยนและนำเอาเทคโนโลยีออโตเมชั่นมาใช้งานนั้น คงต้องเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป และต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท การตัดสินใจใช้ระบบอัตโนมัติในการปฏิบัติงานแบบทั้งระบบอาจไม่เป็นผลดีเสมอไป เนื่องจากอาจเป็นการลงทุนที่เกินความจำเป็น เพราะระบบการผลิตบางอย่างไม่จำเป็นต้องพึ่งระบบอัตโนมัติเสมอไป ควรปรับใช้เป็นแบบกึ่งอัตโนมัติจึงจะเหมาะสมกว่า เพราะบริบทของอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังต้องการการทำงานที่ใช้ฝีมือ ทั้งนี้ระบบออโตเมชั่นก็จะเหมาะกับบางระบบ เช่น ระบบที่ต้องการความแม่นยำสูงๆ ที่คนไม่สามารถทำงานได้ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมเป็นหลัก เพราะโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละ

แห่งย่อมมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น ความพร้อมของผู้บริหาร ความพร้อมของบุคลากร ต้นทุน เทคโนโลยี ระบบการผลิต ระบบข้อมูล สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่สามารถทำให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถตัดสินใจได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการพัฒนาโรงงานดังกล่าวจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงระบบเกือบทุกส่วนของโรงงานทั้งทางด้านเทคโนโลยี การลงทุน กำลังคน ระบบสารสนเทศ ซึ่งถือว่าการตัดสินใจดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของทุกๆ โรงงานอุตสาหกรรม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจและสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาการตัดสินใจได้อย่างหลากหลาย รวมทั้งจะทำให้ทราบระดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในแต่ละลำดับชั้นอย่างครบถ้วน จากนั้นทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา โดยแบบจำลองนี้จะเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้มีอำนาจตัดสินใจของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 ผลักดันประเทศไทยให้มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.3.2 ศึกษาข้อจำกัดของโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ

1.3.3 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.3.4 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน

1.3.5 ศึกษาและประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) ในการสร้างแบบจำลอง

1.3.6 สร้างและวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรม Expert choice

1.3.7 สร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.3.8 ทดสอบแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 กับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 เช่น ที่มาและความสำคัญ ความหมาย องค์ประกอบ หลักการสำคัญ ปัจจัยสำคัญ ข้อจำกัด เป็นต้น

1.4.2 ศึกษาข้อจำกัดของโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ

1.4.3 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.4.4 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน โดยการเก็บข้อมูลของโรงงาน เช่น ที่ตั้ง ประเภทโรงงาน การประกอบกิจการ วัตถุดิบ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ จำนวนพนักงาน การใช้พลังงาน ปริมาณของเสีย เป็นต้น

1.4.5 ศึกษาทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP)

1.4.6 กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และกำหนดทางเลือกให้มีความชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนหรือเกิดความลำเอียงในการตัดสินใจ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของบุคคลและหลักเกณฑ์ต่างๆ ในการตัดสินใจ

1.4.7 สร้างแบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการนำเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง ทางเลือกที่ได้กำหนดไว้มาเขียนเป็นโครงสร้างลำดับชั้น โดยเริ่มจากระดับชั้นบนสุดลงมา ซึ่งระดับชั้นบนสุด คือ เป้าหมาย ระดับชั้นต่อมาเป็นเกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และทางเลือกตามลำดับ

1.4.8 วิเคราะห์และกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ โดยการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ของทุกๆ ปัจจัย

1.4.9 วิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจ

1.4.10 ทดสอบแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจเลือกโรงงานอุตสาหกรรมที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงสู่โรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะบนแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 กับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรง

1.4.11 สรุปและรายงานผลการวิจัย

1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.5.1 สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.5.2 โรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 แห่ง ได้แก่ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด และ บริษัท ซีพีแรม จำกัด

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา 1 ปี											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0	↔											
2. ศึกษาข้อจำกัดของโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ	↔											
3. ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0		↔										
4. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน			↔		↔							
5. ศึกษาทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์			↔									
6. กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และกำหนดทางเลือก						↔						
7. สร้างแบบจำลอง								↔				
8. วิเคราะห์และกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ									↔			
9. วิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจ										↔		

ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา 1 ปี											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10. ทดสอบแบบจำลอง										←	→	
11. สรุปและรายงานผลการวิจัย												← →

1.7 สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดในการวิจัย

การก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยต้องปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมยุคใหม่ สำหรับแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือ AHP จะทำให้ทราบระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยหลัก หรือปัจจัยรองในแต่ละลำดับชั้นอย่างครบถ้วนและครอบคลุม โดยจะแสดงผลระดับความสำคัญในรูปแบบของร้อยละ (%) หากปัจจัยใดมีระดับความสำคัญมากแสดงว่ามีผลกระทบต่อการตัดสินใจมาก ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจทั้งระบบจะถูกตรวจสอบและมีอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio) ที่สมบูรณ์และยอมรับได้ โดยผลของทางเลือก (Alternative) ที่ผ่านกระบวนการตัดสินใจแล้ว จะเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดบนปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ อีกทั้งยังสามารถทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของทางเลือกในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ อีกด้วย โดยแบบจำลองนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญและเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้บริหารที่มีอำนาจตัดสินใจของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ต่อไป

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้ทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.7.2 ได้แบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่สามารถนำไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ทุกประเภท

1.7.3 ได้เครื่องมือต้นแบบให้โรงงานอุตสาหกรรมนำไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับบริบทและข้อจำกัดของตนเอง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

จากการศึกษาแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0) พบว่า เริ่มเป็นที่กล่าวขานจากนโยบายอุตสาหกรรมแห่งชาติของประเทศเยอรมนีประกาศในปี ค.ศ. 2013 โดยระบุว่าอุตสาหกรรมของเยอรมนีในปี 2033 จะเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมอัจฉริยะ และเข้าสู่ช่วงการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 โดยอุตสาหกรรมใหม่จะขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติควบคู่ไปกับหุ่นยนต์อัจฉริยะและเชื่อมโยงกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้ระบบการผลิตยกระดับจาก LEAN ไปสู่ “Cyber-Physical Production” นอกจากนี้หุ่นยนต์ในอนาคตจะพัฒนาไปสู่การควบคุมเครื่องจักรสามารถคิดเองเชื่อมโยงกับระบบคอมพิวเตอร์และตอบสนองการทำงานได้อย่างรวดเร็วเหนือกว่ามนุษย์เป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมใหม่อย่างสิ้นเชิง

อุตสาหกรรม 4.0 หรือ Industry 4.0 ปรากฏเป็นครั้งแรกอยู่ในแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2560-2579 และปรากฏอยู่ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที 12 เป็นแผนพัฒนา 5 ปี แรกของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ ซึ่งจะเป็นแผนแม่บทหลักของการพัฒนาประเทศไทยโดยคาดหวังว่าใน 20 ปี ข้างหน้าประเทศไทยจะก้าวพ้นไปสู่ประเทศพัฒนาแล้วและจะยกระดับรายได้ประชาชาติต่อหัวต่อปี เพิ่มจากปัจจุบัน 4,121 เหรียญสหรัฐ เป็น 15,000 เหรียญสหรัฐ

ทั้งนี้แผนดังกล่าวสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ “ไทยแลนด์ 4.0” ซึ่งจะใช้นวัตกรรมเศรษฐกิจดิจิทัลและอุตสาหกรรมอัจฉริยะขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยจะมีการนำระบบเทคโนโลยีอัตโนมัติและหุ่นยนต์เข้ามาใช้ในระบบการผลิตขณะเดียวกันเศรษฐกิจแห่งอนาคตจะขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีพื้นฐาน 4 ด้าน ได้แก่ เทคโนโลยีชีวภาพ นาโนเทคโนโลยี เทคโนโลยีวัสดุศาสตร์พลังงานสะอาด และอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้เทคโนโลยีพันธุกรรมศาสตร์ใหม่หรือ “Generation Genomics” ด้านการสื่อสารจะเกิดสังคมดิจิทัลเข้าสู่ยุคอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่งหรือ IOT : Internet of Things [1]

โดยคาดว่าอุตสาหกรรม 4.0 จะส่งผลกระทบสำคัญต่อเศรษฐกิจโลก โดยอุตสาหกรรม 4.0 สามารถส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพทางการผลิตประจำปีในอัตราร้อยละ 6 ถึง 8 กลุ่มบริษัท Boston Consulting Group ได้คาดคะเนว่าเพียงแค่ในประเทศเยอรมนีเพียงประเทศเดียว อุตสาหกรรม 4.0 สามารถสร้างมูลค่าเป็นจำนวนร้อยละ 1 ของ GDP ต่อปี และสร้างงานได้มากกว่า 390,000 งาน หนึ่งในผู้เชี่ยวชาญได้ประมาณการว่าการลงทุนในอุตสาหกรรมอินเทอร์เน็ตทั่วโลกจะขยายตัวเพิ่มขึ้นจาก 20 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2012 เป็นมากกว่า 500 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2020

และมูลค่าเพิ่มจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 23 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2012 เป็น 1.3 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2020 [2]

สำหรับนิยามของอุตสาหกรรม 4.0 ได้มีนักวิชาการและนักวิจัยหลายท่านที่ได้ทำการศึกษาและได้ให้ความหมายเกี่ยวกับอุตสาหกรรม 4.0 ดังนี้

ธนิต หิรัญกิจรังสี (2558) ได้อธิบายถึง Industry 4.0 ว่าเป็นกลยุทธ์เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้านการผลิตแห่งอนาคตของเยอรมนี โดยเทคโนโลยีพื้นฐานที่จะนำมาใช้คือ เทคโนโลยีระบบไซเบอร์ทางกายภาพ และเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ต ในขณะเดียวกัน รัฐบาลของเยอรมนีกำลังผลักดันให้มีการสร้างโรงงานอัจฉริยะ การปรับโครงสร้างการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และการใช้ยุทธศาสตร์ที่บูรณาการร่วมกันระหว่างลูกค้ากับคู่ค้าทางธุรกิจ เพื่อให้เกิดการผลิตที่รวดเร็วขึ้น ช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน วัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยให้การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฐานการผลิตที่อยู่ทั่วโลก แหล่งวัตถุดิบ รวมถึงความต้องการของลูกค้าในการสั่งซื้อ สั่งออกแบบสินค้ามีความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น [3]

เจน นำชัยศิริ (2558) ประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้อธิบายที่มาของ Industry 4.0 ว่าเริ่มมาจากการปฏิวัติอุตสาหกรรม 1.0 ซึ่งจากเดิมมีแต่หัตถกรรม เกษตรกรรม จากนั้นจึงพัฒนาและมีการนำเครื่องจักรไอน้ำมาใช้ในการผลิตสินค้า ทำให้ผลิตสินค้าได้มากขึ้นและรวดเร็วขึ้น ต่อจากนั้นได้พัฒนามาเป็น 2.0 มีการพัฒนาและใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องจักรไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาซึ่งทำให้ผลิตสินค้าได้จำนวนมากขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้นถัดจาก 2.0 มาสู่ยุค 3.0 มีการใช้แรงงานคนน้อยลง เนื่องจากพัฒนาเครื่องจักรกลระบบอัตโนมัติให้ทำงานได้มากขึ้น ส่วนการพัฒนาไปถึง 4.0 จะต้องพัฒนาเครื่องจักรให้สามารถสื่อสารกันเองได้ ส่งข้อมูลกันเองได้ การใช้แรงงานลดลง ใช้อุปกรณ์เครื่องจักรที่มีความแม่นยำมากขึ้น วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต มีคุณสมบัติพิเศษมากขึ้น ประสิทธิภาพสูงขึ้น แล้วก็ใช้ปริมาณที่น้อยลง [4]

ขัติยา ไกรกาญจน์ (2558) ประธานสถาบันส่งเสริมความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีแห่งประเทศไทยได้อธิบายถึงลักษณะความเป็น Industry 4.0 ว่าเป็นลักษณะของกระบวนการผลิตที่อาศัยพลังของเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสารและระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ มีการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบและการจำลองก่อนการผลิตจริง การใช้เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ เทคโนโลยีนาโน การพัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้ดีและมีความปลอดภัย [5]

อาทิตย์ วุฒิคะโร (2558) ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรมได้กล่าวถึงองค์ประกอบในการพัฒนาอุตสาหกรรมตามแนวทาง Industry 4.0 ว่าประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ คือ (1) ใช้หุ่นยนต์อัตโนมัติ (autonomous robots) มาเป็นผู้ช่วยในการผลิต (2) การสร้างแบบจำลอง (simulation) เช่น การพิมพ์แบบสามมิติเสมือนจริง (3) การบูรณาการระบบต่างๆ เข้าด้วยกัน (system integration) (4) การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตของสิ่งของ (internet Of things) ที่ทำให้เป็นอุปกรณ์อัจฉริยะ (5) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (cybersecurity) (6) การประมวลและเก็บข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ (cloud computing) (7) การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเนื้อวัสดุ Additive

Manufacturing เช่น การขึ้นรูปชิ้นงานในเครื่องพิมพ์สามมิติ (8) เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือนโดยผ่านอุปกรณ์ เช่น ทีวีสามมิติ เครื่องเล่นเกม เป็นต้น และ (9) ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) คือ ชุมนุมของชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน มีทั้งการบันทึกและจัดเก็บการค้นหา การแบ่งปัน และการวิเคราะห์ข้อมูล [6]

Buckenhüskes (2015) ให้ความหมายของอุตสาหกรรม 4.0 หมายถึง การเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตและควบคุมโดยอัตโนมัติจากศูนย์ควบคุมผ่านทางติดต่ออุปกรณ์เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้ทราบข้อมูลสำหรับตัดสินใจและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ [7]

Hermann and Otto (2015) ให้ความหมายของอุตสาหกรรม 4.0 หมายถึง การพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการทั้งหมดภายในองค์กร ประกอบด้วยโครงสร้างโรงงานอัจฉริยะ กระบวนการทางกายภาพควบคุมแบบ Cyber Physical System ซึ่งเชื่อมโยงโลกดิจิทัลกับโลกแห่งความเป็นจริง มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศรูปแบบ Internet of Things (IoT) ร่วมกับของเทคโนโลยีการผลิต ทำให้สามารถติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ในขณะอยู่ภายในและภายนอกองค์กร [8]

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2016) ให้ความหมายของอุตสาหกรรม 4.0 หมายถึง การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เพื่อประหยัดทรัพยากร สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถผลิตได้หลากหลายรูปแบบตามความต้องการของลูกค้าเป็นรายบุคคลมากขึ้น [9]

กล่าวโดยสรุป อุตสาหกรรม 4.0 หมายถึง การนำเทคโนโลยีดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตมาใช้ในกระบวนการผลิตสินค้า ทำให้เครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติเชื่อมโยงถึงกัน สามารถผลิตสินค้าตามความต้องการที่หลากหลายของผู้บริโภคเป็นจำนวนมากและมีประสิทธิภาพได้ในระยะเวลาอันสั้น

2.1.1 การปฏิวัติอุตสาหกรรม

1) ยุคการใช้พลังงานไอน้ำ/Hydro-Steam Power (ค.ศ.1784-1869) เป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1 หรือ Industrial Revolution 1.0 การเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นประมาณ ค.ศ. 1784 เริ่มจาก เจมส์ วัตต์ ประดิษฐ์เครื่องจักรกลไอน้ำชิ้นแรกที่เรียกว่า “นิวโคแมน” นำเข้าไปใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้าและอุตสาหกรรมผลิตถ่านหิน อีกทั้งรถจักรไอน้ำเป็นการปฏิวัติระบบขนส่ง สามารถขนส่งคนและสินค้าจำนวนมากและรวดเร็วด้วยต้นทุนต่ำ อีกทั้งเรือสินค้าไอน้ำทำให้เรือมีขนาดใหญ่สามารถข้ามมหาสมุทรเป็น “Ocean Steamship” มีบทบาทต่อการขนส่งสินค้าและคนทางเรือข้ามโลกมาจนถึงศตวรรษที่ 19

ขณะเดียวกันเครื่องจักรไอน้ำนำมาสู่การขุดเจาะทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพต้นทุนต่ำ ทั้งสินแร่ต่างๆ รวมทั้งน้ำมันดิบ ตลาดการค้าขยายไปทั้งโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ที่โลกไม่เคยมีมาก่อนหน้านั้น กล่าวได้ว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1 ทำให้เกิดยุคขยายอาณานิคมของชาติตะวันตกเพื่อหาวัตถุดิบป้อนโรงงานและเปิดตลาดใหม่

2) ยุคพลังงานไฟฟ้า/Electric Power (ค.ศ.1870-1969) เป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 2 หรือ Industrial Revolution 2.0 การเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นประมาณ ค.ศ.1870 หรือ 85 ปี จากยุคพลังงานไอน้ำเริ่มต้นจาก โทมัส เอดิสัน ประดิษฐ์หลอดไฟซึ่งพร้อมกับก่อตั้งโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้โรงงานสามารถผลิตสินค้าได้ 24 ชม. พลังงานไฟฟ้าก่อให้เกิดการผลิตมอเตอร์ทั้งเล็กและใหญ่กลายเป็นกลไกสำคัญของภาคอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ เฮนรี่ ฟอร์ด ได้นำระบบสายพานมาใช้ในสายการผลิตรถยนต์กลายเป็นต้นแบบของการผลิตที่เรียกว่า “Fordirism Manufacturing” ซึ่งเป็นต้นแบบของการผลิตอุตสาหกรรมแบบสายพานสามารถผลิตสินค้าได้คราวละมากๆ ที่เรียกว่า “Mass Production” เป็นการประหยัดจากขนาดโดยผู้บริโภคกลุ่มใหญ่สามารถเข้าถึงสินค้าในราคาไม่แพง กอปรทั้งระบบโทรคมนาคมมีการพัฒนาแบบก้าวกระโดดจากโทรเลขซึ่ง นายแซมมวล มอร์ส ได้นำมาใช้ในปี ค.ศ. 1832 และพัฒนาไปสู่การประดิษฐ์โทรศัพท์ซึ่ง นายอเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ ได้จดสิทธิบัตรในปี ค.ศ.1876 อีกทั้งการสื่อสารทางวิทยุ สื่อโทรทัศน์และการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ ทำให้เกิดการแข่งขันประชาชนผู้บริโภครู้จักสินค้าผ่านสื่อต่างๆ โดยเฉพาะโทรทัศน์ ทำให้อุตสาหกรรมมีการขยายตัวนำไปสู่การแข่งขันส่งออกและการเคลื่อนย้ายการลงทุนไปสู่แหล่งผลิตต้นทุนต่ำ การผลิตสินค้ากลายเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคของโลก

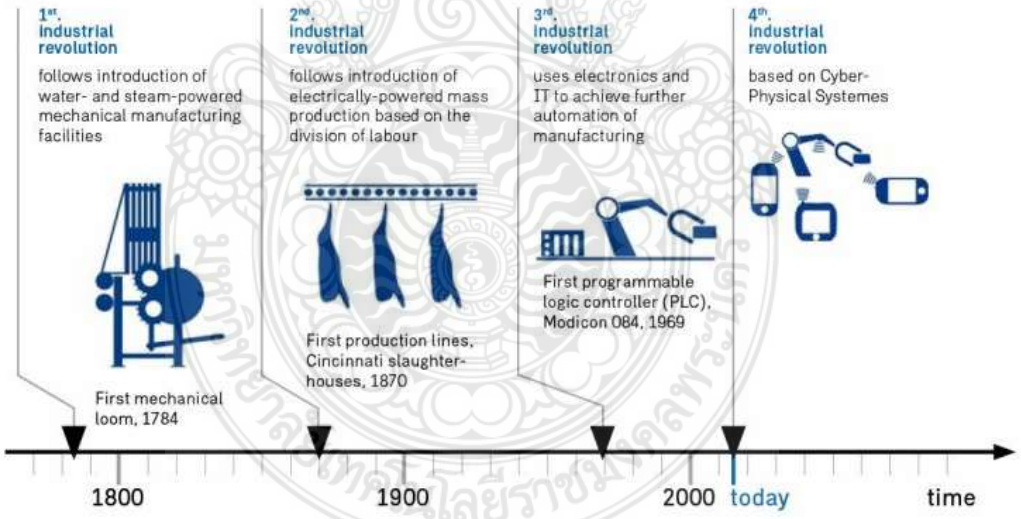
3) ยุคคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ/Computerize & Information Technology (ค.ศ. 1970-2016) เป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 หรือ Industrial Revolution 3.0 การเปลี่ยนแปลงใช้เวลาประมาณ 99 ปีจากยุคที่ 2 เป็นยุคของสมองกลใช้ในธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยระบบคอมพิวเตอร์ได้มีการเริ่มคิดค้นมาตั้งแต่ปลายสงครามโลกครั้งที่ 2 และบริษัทไอบีเอ็มมีการนำระบบแผ่นการ์ดเจาะรูหรือ “Punch Card” เข้ามาใช้เป็นเครื่องมือประมวลผลในช่วงสงครามเวียดนามก่อนที่จะนำเข้ามาใช้ในธุรกิจอุตสาหกรรม

นวัตกรรมคอมพิวเตอร์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ในการประมวลผลและเข้ามาเป็นอุปกรณ์สั่งการทำงานให้เครื่องจักรเป็นระบบอัตโนมัติ (Automation) และมีการต่อยอดทำให้เครื่องจักรเข้ามาใช้แทนคน ในอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยมีการนำระบบหุ่นยนต์มาใช้ก่อนหน้านี้กว่า 10 ปี นอกจากนี้การผสมผสานเครื่องจักรเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์และไอที มีการเชื่อมโยงไปสู่ระบบโซ่อุปทาน (Supply Chain) และโลจิสติกส์ การบรรจุหีบห่อ ระบบการค้าปลีกค้าส่ง และในสำนักงาน มีการนำระบบอินเทอร์เน็ตผ่านระบบลีดไลน์และระบบอีดีไอ (EDI) ทำให้การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เชื่อมการให้บริการกับหน่วยงานราชการ เช่น NSW : National Single Window และระบบ E-Government ฯลฯ

ทั้งนี้การปฏิวัติอุตสาหกรรมยุคที่ 3 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น ในช่วงต้นของยุค 1970 นวัตกรรมอวกาศเชิงพาณิชย์ทำให้ดาวเทียมเป็นกลไกเชื่อมโยงข้อมูลในแบบเรียลไทม์ ทั้งเสียงข้อมูลและภาพ นำมาสู่ระบบ “Electronics Online” เมื่อนำเข้ามาในสายการผลิตก่อให้เกิดการเชื่อมโยงโซ่อุปทานการผลิต (Supply Chain) นำไปสู่การลดต้นทุนทั้งด้านการขนส่ง

และสินค้าคงคลังการผลิตไปสู่ยุค “Lean Production” ซึ่งเป็นระบบการผลิตให้ความสำคัญกับการผลิตที่ไม่มีส่วนเกิน (Surplusless) ในทุกกระบวนการผลิต เช่น สินค้าคงคลัง, ส่วนสูญเสียจากการผลิต, พลังงานที่สูญเปล่า, การปล่อยเศษซากของเสียสู่อากาศ-ดิน-น้ำ และระยะเวลารอคอยสินค้า ฯลฯ เป็นการผสมผสานการผลิตระหว่างมนุษย์ เครื่องจักรอัจฉริยะ หุ่นยนต์ฉลาดคิด (Intelligent Robotic) คอมพิวเตอร์-ไอทีล้ำยุค นวัตกรรมการจัดการโซ่อุปทานการผลิตและโลจิสติกส์เป็นการปฏิวัติการผลิตอย่างสิ้นเชิง

4) ยุคอุตสาหกรรมอัจฉริยะและสังคมดิจิทัล/Smart Industrial & Digital Society (ค.ศ. 2013-2033) เป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมเข้าสู่ยุคที่ 4 เป็นการต่อยอดจากการผลิตแบบลีนสู่การผลิตแบบ “Cyber-Physical Production” โดยคาดว่าโลกจะเข้าสู่อุตสาหกรรมใหม่อย่างเต็มรูปแบบในปี ค.ศ. 2033 ซึ่งประเทศพัฒนาแล้วต่างมีการทำ R&D มาก่อนหน้านี้หลายปี โดยคาดว่าสมาร์ทโฟนจะยกระดับทำให้เกิดสังคมดิจิทัลและธุรกรรมดิจิทัลซึ่งนำไปสู่การเชื่อมโยงในทุกมิติการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและทำให้เทคโนโลยีจะสามารถสนองตอบความต้องการแบบก้าวกระโดด (Disruptive Technology) อุตสาหกรรมการผลิตจำเป็นที่จะต้องปฏิรูปเป็นการผลิตแบบเฉพาะเจาะจงสินค้าอุปโภคบริโภคอาจจะต้องเป็นแบบ Unique [1] ดัง**รูปที่ 2-1**

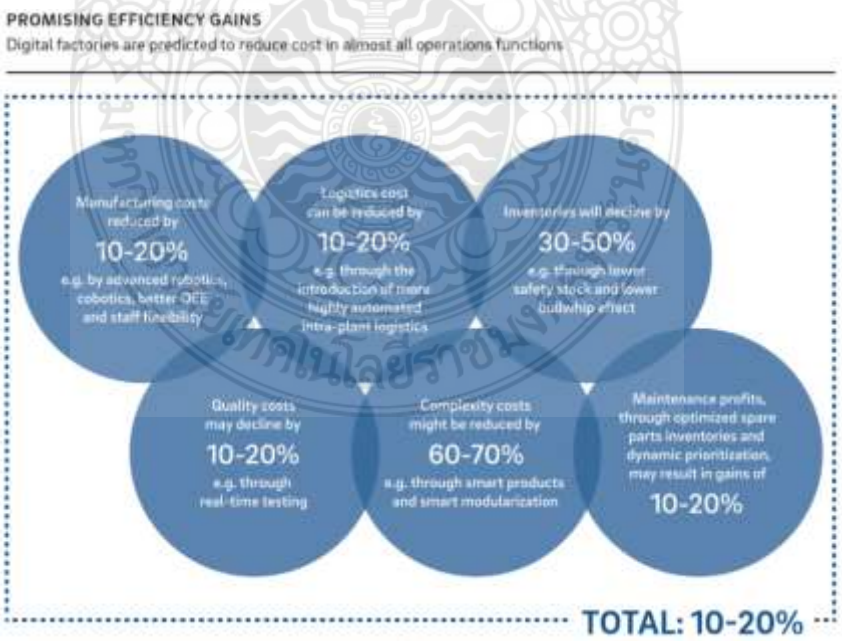


รูปที่ 2-1 การพัฒนาอุตสาหกรรมเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 [10]

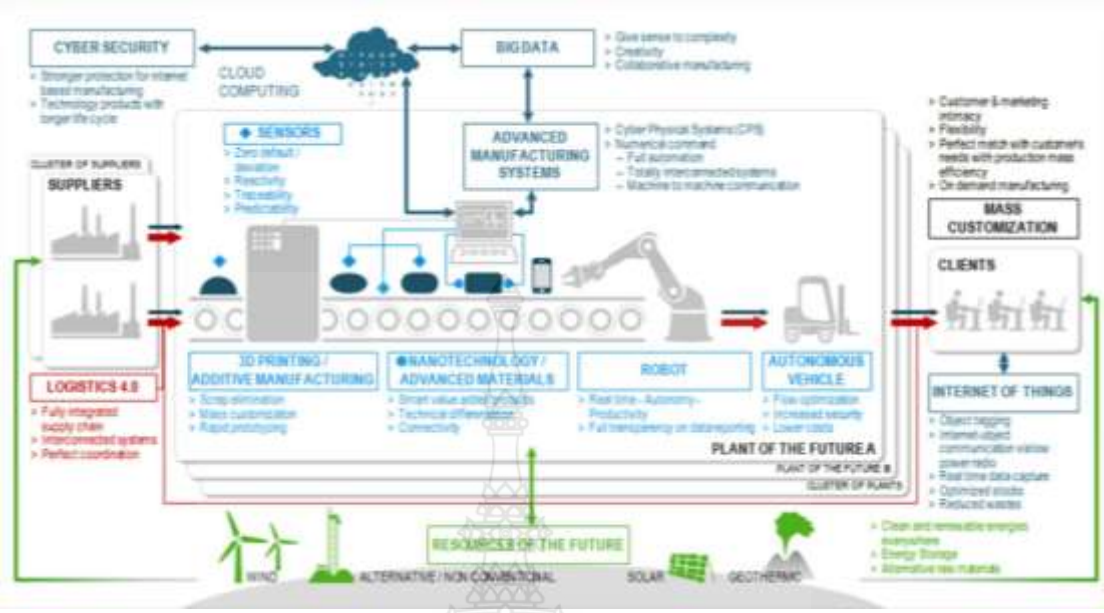
การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้ ไม่ใช่จะเกิดเฉพาะในกลุ่มประเทศยุโรปเท่านั้น แต่กำลังเป็นกระแสการเปลี่ยนแปลงสำคัญทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อินเดีย เกาหลี โดยเฉพาะกับประเทศจีน ที่ภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังเป็น Industry 2.0 คือ ใช้เครื่องจักรผสมกับแรงงานคนจำนวนมหาศาลในการผลิตแบบ Mass production อย่างไรก็ตามพบว่าปัจจุบัน ค่าแรงของจีนเริ่มแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในอนาคตจึงมีโอกาสในการที่โรงงานในประเทศจีนที่อาศัย

แรงงานราคาถูก อาจต้องย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศเกิดใหม่ที่มีค่าแรงถูกกว่าจีน ดังนั้น ทางรอดของประเทศจีนตอนนี้ นอกจากการส่งเสริมภาคบริการและภาคการเงินแล้ว ยังต้องพยายามยกระดับภาคอุตสาหกรรมให้สำเร็จ รัฐบาลจีนเองได้ประกาศยุทธศาสตร์ “Made in China 2025” โดยมีแนวคิดว่าในปี ค.ศ. 2025 สินค้า Made in China จะเป็นสินค้าไฮเทคชั้นแนวหน้าของโลก ไม่ใช่สินค้าคุณภาพต่ำราคาถูกที่เคยติดตาผู้คนทั่วโลกในอดีต ทำให้รัฐบาลจีนประกาศสร้างนิคมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ 30 แห่ง ที่จะใช้เครื่องจักรอัตโนมัติแทนแรงงานทั้งหมด เรียกว่าเพื่อยกระดับเข้าสู่ Industry 3.0 โดยสมบูรณ์ นอกจากนี้ ในเดือนตุลาคมของปี 2015 นายกรัฐมนตรี หลี่เค่อเฉียง ได้ลงนามในบันทึกความร่วมมือส่งเสริมและแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีเพื่อสร้าง Industry 4.0 กับรัฐบาลเยอรมนีอีกด้วย ทำให้ช่วงปี 2015- 2016 ที่ผ่านมา นักธุรกิจชั้นนำของจีนล้วนเคยเดินทางไปดูงานการวิจัยและบุกเบิก Industry 4.0 ทั้งในยุโรปและในสหรัฐอเมริกาทั้งสิ้น

ดังนั้น ในภาพรวมของอุตสาหกรรมในยุคนี้ จึงเป็นการประสานระหว่างแนวคิดระบบสำคัญสามส่วน Green technology, Nanotechnology และ Digital Technology 4.0 เป็นระบบ Ecosystem เข้าด้วยกัน เพื่อลดต้นทุนลงได้ในทุกมิติ โดยผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงระบบเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 สามารถช่วยลดต้นทุนด้านต่างๆ ในการดำเนินธุรกิจได้ ตั้งแต่ 10-70% เช่น การวางระบบ logistic แบบ 4.0 ด้วยการใช้ระบบ internet ควบคุมการขนส่ง การใช้ระบบ Cloud computing การที่เราใช้ซอฟต์แวร์ ระบบ และทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ ผ่านอินเทอร์เน็ต การใช้ระบบ Sensors ในการตรวจจับสินค้า การใช้ระบบ 3D Printing Nanotechnology Robot และ IoT เป็นต้น ดัง**รูปที่ 2-2** และ**รูปที่ 2-3**



รูปที่ 2-2 ความสามารถในการลดต้นทุนจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในโรงงานอุตสาหกรรม 4.0 [11]



รูปที่ 2-3 Eco Factory 4.0 [11]

สำหรับจุดเด่นสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมเข้ายุคอุตสาหกรรม 4.0 คือ การที่เครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติสามารถเชื่อมโยงเป็นส่วนหนึ่งของสังคมเครือข่ายผ่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้ระบบสามารถแบ่งปันข้อมูลข่าวสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งสามารถใช้ทรัพยากรบางส่วนร่วมกันได้ เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรม 4.0 จะมีความเป็นอัจฉริยะ มีความสามารถเพิ่มขึ้นทั้งในด้านการทำงานด้วยตนเอง มีความยืดหยุ่น การปรับตัวให้เข้ากับเงื่อนไขการผลิต มีความสามารถในการตรวจสอบและคาดการณ์ล่วงหน้าได้ นอกจากนี้โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) จะสามารถกำหนดระบุกิจกรรมเงื่อนไขรวมทั้งสภาพแวดล้อมของการผลิต สามารถสื่อสารกับหน่วยอื่นๆ ได้อย่างอิสระแบบไร้สาย สามารถผลิตสินค้าตามคำสั่งโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น เวลา ต้นทุนการผลิต ค่าขนส่ง การรักษาความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ เป็นระบบการผลิตที่ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด (คาวี สุขสาลี, 2558) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลักๆ ของอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งหมายถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านเครื่องจักร ระบบอัตโนมัติ และระบบคอนโทรลต่างๆ แต่อีกส่วนที่สำคัญของอุตสาหกรรม 4.0 คือ ด้านซอฟท์แวร์ ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้ข้อมูลในระบบการผลิตได้รับการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้เทคโนโลยีใหม่ของอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบ 9 ด้าน ดังนี้

1) หุ่นยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Robots) มาเป็นผู้ช่วยในการผลิต

2) การสร้างแบบจำลอง (Simulation) เช่น การพิมพ์แบบ 3D เสมือนจริง

3) การบูรณาการระบบต่างๆ เข้าด้วยกัน (System Integration)

4) การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสิ่งของ (Internet of Things) ที่ทำให้เป็นอุปกรณ์อัจฉริยะ

5) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Cyber Security)

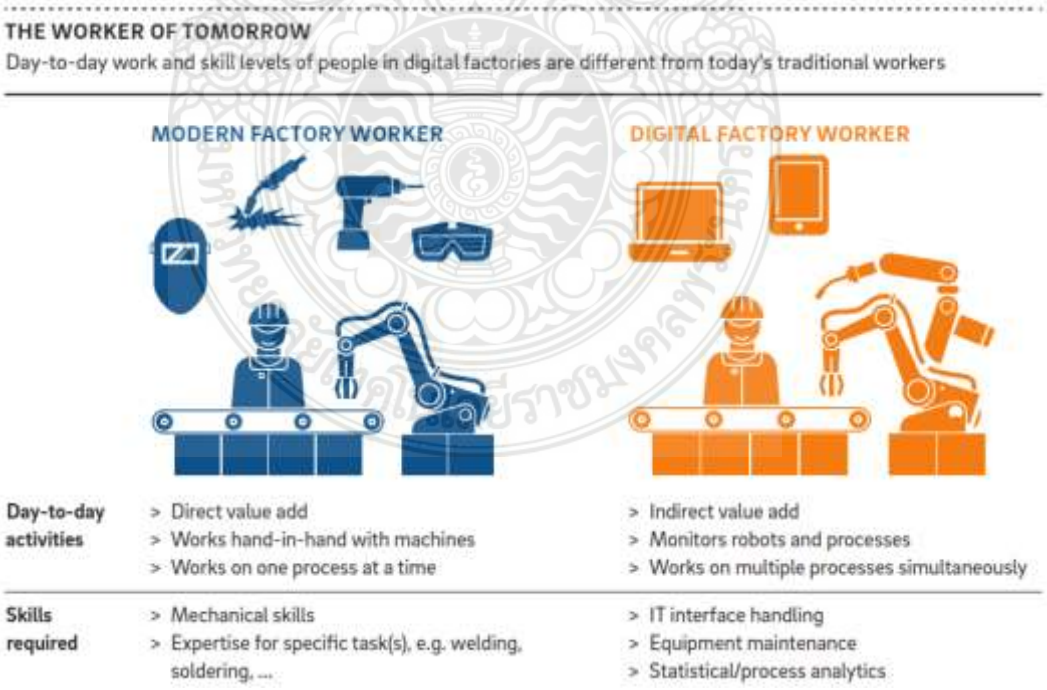
6) การประมวลและเก็บข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ (Cloud Computing)

7) การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเนื้อวัสดุ (Additive Manufacturing) เช่น การขึ้นรูปชิ้นงานในเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งการผลิตจะมีความทันสมัย รวดเร็ว ตอบสนองความต้องการลูกค้าเฉพาะรายได้ในปริมาณมาก

8) การส่งข้อมูลเสมือนจริงผ่านอุปกรณ์ (Augmented Reality) ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือนโดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ ทีวี 3 มิติ เครื่องเล่นเกม

9) ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) คือ ชุมนุมของชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมีทั้งการบันทึกและจัดเก็บ การค้นหา การแบ่งปัน และการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับประเทศไทยกับการก้าวเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 จากการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานในช่วงเวลาอีก 4 ปีข้างหน้า (Klaus S, 2016) โดยได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์นายจ้างที่มีลูกจ้างรวมกัน 13.5 ล้านคน ครอบคลุม 371 สถานประกอบการขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ทั่วโลกรวมทั้งประชาคมอาเซียน และพบว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้จะมีทั้งคุณและโทษต่อตลาดแรงงาน แม้ว่าสร้างโอกาสในการทำงานและมีคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ส่งผลให้เปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานและแรงงานตกงานเพิ่มขึ้น เพราะกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีใหม่แทนที่แรงงานมนุษย์ ทั้งนี้แรงงานและสถานประกอบการที่ไม่สามารถปรับตัวได้จะประสบปัญหาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะทักษะของแรงงานด้านวิศวกรรมของวิศวกรในโรงงานดิจิทัลในอนาคต ที่ต้องมีการเปลี่ยนทักษะจาก Mechanical Skill เป็น It Interface handling ดัง**รูปที่ 2-4**



รูปที่ 2-4 การเปลี่ยนแปลงทักษะของแรงงานในโลกอนาคต [11]

2.1.2 ลักษณะของอุตสาหกรรม 4.0 อาจประกอบด้วย

1) Humans 4.0 องค์ประกอบสำคัญของอุตสาหกรรมอนาคตอยู่ที่การพัฒนาคนซึ่งเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชั้นสูง ทุนมนุษย์ซึ่งต้องยกระดับเป็นมนุษย์อัจฉริยะจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0

2) Digital Society/ Digital City ภายใต้การเชื่อมโยงอินเทอร์เน็ตผ่านเทคโนโลยีและแอพพลิเคชั่นทำให้เกิดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตถูกยกระดับไปเป็น IOT : Internet of Things หรืออินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง เทคโนโลยีดิจิทัลได้ถูกนำเข้ามาใช้ตั้งแต่การบริหารราชการแผ่นดิน (Digital Government) ด้านความมั่นคง (Cyber Security) อุตสาหกรรม ธุรกิจภาคบริการ ภาคการเกษตร ภาคการศึกษา การแพทย์-สาธารณสุข และเข้ามาถึงในบ้านและชีวิตประจำวันของผู้คนทุกระดับและทุกวัย

3) Cyber-Physical Production ระบบเศรษฐกิจแบบเทคโนโลยีอัตโนมัติ เป็นการผลิตแบบอัตโนมัติผสมผสานกับระบบคอมพิวเตอร์อัจฉริยะทำให้การผลิตผ่านพ้นจากระบบ “Lean Production” ซึ่งเป็นระบบการผลิตประหยัดจากลดต้นทุนสินค้าคงคลังและลดขั้นตอนการผลิตไปสู่ระบบอัตโนมัติล้ำยุค “Autonomous Production” คือการประหยัดจากการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะเครื่องจักรอัตโนมัติและหุ่นยนต์ฉลาดคิดเข้ามาแทนคนและเชื่อมโยงกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศบนเครือข่ายที่เป็น IOT : Internet of Things ซึ่งเครื่องจักรอัจฉริยะจะสั่งงานและรับคำสั่งด้านการผลิต-การจัดซื้อ และการส่งมอบสินค้า-บริการข้ามระหว่างธุรกิจเป็น “Realtime Production & Delivery on Demand

นอกจากนี้อุตสาหกรรมในอนาคตเป็นการผลิตที่ให้ความสำคัญต่อความรวดเร็วในสายการผลิตและการส่งมอบผ่านเครือข่ายดิจิทัล ซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดต้นทุนทั้งจากการใช้แรงงานจำนวนน้อยและลดความสูญเสียจากความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์

4) Intelligent Robotic ระบบหุ่นยนต์ชาญฉลาดจะมีการพัฒนาหุ่นยนต์เชิงพาณิชย์ตั้งแต่ในภาคอุตสาหกรรมจะมีการผสมผสานการทำงานระหว่างเครื่องจักรและหุนยนต์เป็นเครื่องจักรอัจฉริยะที่สามารถทำงานและแก้ปัญหารวมทั้งการซ่อมบำรุงตนเองโดยไม่ต้องอาศัยมนุษย์ (Mechatronics Production) นอกจากนี้หุ่นยนต์ในรูปของยานพาหนะไร้คนขับใน 10 ปี ข้างหน้าจะเป็นสินค้าพื้นฐานใช้ในการสัญจรของประชาชน เช่น รถยนต์ไร้คนขับ และใช้ในกิจการโลจิสติกส์-ขนส่ง ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยในศูนย์กระจายสินค้าของโมเดิร์นเทรดมีการนำระบบหุ่นยนต์เข้ามาใช้ในการเก็บและแยกประเภทสินค้าเพื่อส่งให้เครือข่ายและร้านค้า-ร้านสะดวกซื้อต่างๆ หุ่นยนต์ในอนาคตจะมีการพัฒนาไปอย่างมากมายตั้งแต่ในบ้าน ระบบรักษาความปลอดภัย หุ่นยนต์เพื่อการทหาร หุ่นยนต์ในด้านการแพทย์ และหุ่นยนต์ในภาคการเกษตร ฯลฯ

5) Space & Satellite Economy อุตสาหกรรมอวกาศเชิงพาณิชย์ความก้าวหน้าทางฟิสิกส์อวกาศในอนาคตจะทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากปัจจุบันอยู่ในระดับดาวเทียมเพื่อการสื่อสารและพยากรณ์อากาศในโลก จะมีผู้เล่นใหม่ๆ นอกจากชาติตะวันตกในเอเชีย ทั้งจีน อินเดีย

ญี่ปุ่นต่างจะเข้ามาแข่งขันอย่างดุเดือด ปัจจุบันประเทศจีนกำหนดให้อุตสาหกรรมอวกาศและอุตสาหกรรม 4.0 เป็นวาระของประเทศ ขณะที่สหรัฐอเมริกายกระดับเป็นอุตสาหกรรมอวกาศในเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอวกาศมีมูลค่า 2.0 แสนล้านเหรียญสหรัฐ ขณะที่สิงคโปร์วิสัยประเทศกำลังมุ่งไปสู่อุตสาหกรรมอวกาศและดาวเทียม ทั้งหมดเป็นปัจจัยที่จะเอื้อต่ออุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานอวกาศและดาวเทียม ซึ่งประเทศไทยมีสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) เป็นผู้รับผิดชอบ

6) Stem Cell & Gene for Medical เทคโนโลยีสเต็มเซลล์และการปรับแต่งยีนหรือพันธุวิศวกรรมทางการแพทย์จะเป็นวาระของโลกอนาคต เกี่ยวข้องกับการปลูกถ่ายและเพาะอวัยวะในอนาคตจะมีความก้าวหน้า เช่น เทคโนโลยีจีโนม (Genome) เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพิมพ์เขียว ดีเอ็นเอของเซลล์และยีนทั้งของมนุษย์และสัตว์ ทั้งหมดจะเป็นปัจจัยให้เกิดอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการพัฒนาประเทศไทยให้เป็นศูนย์การแพทย์ก้าวหน้าของภูมิภาค

7) Bio Tech เทคโนโลยีชีวภาพในอนาคตจะมีความก้าวหน้าทั้งในภาคเกษตรและปศุสัตว์ทำให้สามารถเลือกยีนที่ให้ผลผลิตสูงและเหมาะสมกับภูมิประเทศทำให้สามารถผลิตอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้พืชหรือสัตว์ซึ่งมีการตัดแต่งพันธุกรรม รวมถึงจุลินทรีย์ดัดแปลง (GMO & GMM) จะเป็นทางเลือกของผู้บริโภค ในด้านอุตสาหกรรมไบโอเทคโนโลยีทั้งด้านพลังงานและการผลิตวัสดุภัณฑ์จากพืช เช่น ไบโอพลาสติกจะเป็นแนวโน้มของโลกในอนาคต

8) Green Energy Age ยุคของพลังงานสะอาดในอนาคต 10-20 ปีข้างหน้าจะเห็นผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนได้อย่างชัดเจน กระแสการตื่นตัวจะยกระดับไปถึงการปฏิเสธไม่ยอมรับสินค้าซึ่งมีส่วนทั้งทางตรงและอ้อมต่อสภาวะโลกร้อน อุตสาหกรรมในอนาคตจึงเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพลังงานสะอาด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีชีวภาพและพลังงานจากพืช เช่น เอทานอล ไบโอดีเซล รวมถึงพลังงานจากแสงแดด ลม และน้ำเกี่ยวข้องกับการปรับตัวของภาคอุตสาหกรรมในอนาคต ซึ่งอุตสาหกรรมในอนาคตจะต้องเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

9) Advance Technology อุตสาหกรรมในอนาคตจะเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีก้าวหน้าและชั้นสูง เช่น วัสดุภัณฑ์ต่างๆ คอมพิวเตอร์แบบใหม่ สมาร์ทโฟนอัจฉริยะ จะทำให้ข้อมูลข่าวสารของโลกเชื่อมต่อกันภายในพริบตา ระบบแพรทฟอร์มที่เชื่อมต่อข้อมูล เช่น ระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) และแอพพลิเคชั่นล้ำยุคจะทำให้สมาร์ทโฟนกลายเป็นระบบอัจฉริยะ นอกจากนี้นาโนเทคโนโลยีจะมีการต่อยอดไปสู่ของใช้ในชีวิตประจำวันและทางการแพทย์อีกทั้ง เทคโนโลยีการผลิตสินค้าแบบขึ้นรูปรายชิ้นที่เรียกว่า 3D Printing ซึ่งปัจจุบันเริ่มมีการพัฒนาและใช้งานเบื้องต้นจะเป็นการปฏิวัติการผลิตแบบเฉพาะเจาะจงตามความต้องการของผู้บริโภคแต่ละราย ฯลฯ [1]

2.1.3 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรม 4.0

การผลิตโดยใช้ระบบดิจิตอลจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต ผลลัพธ์ที่ได้จากการผลิต และรูปแบบของการดำเนินธุรกิจ ดังนี้

1) โรงงานอัจฉริยะทำให้มีความคล่องตัวในการผลิตมากขึ้น โดยกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ การส่งข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผ่านห่วงโซ่การผลิต และการใช้หุ่นยนต์ที่กำหนดค่าได้ทำให้โรงงานสามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายชนิดโดยใช้อุปกรณ์การผลิตชุดเดียวกัน การผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะรายแบบนี้ทำให้โรงงานสามารถผลิตสินค้าครั้งละไม่กี่ชิ้นก็ได้ (หรืออาจจะผลิตครั้งละหนึ่งชิ้นก็ได้) เนื่องจากเครื่องจักรสามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะของสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการได้อย่างรวดเร็ว ความยืดหยุ่นนี้จะกระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ เพราะต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่สามารถถูกผลิตได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องสร้างเครื่องมือใหม่หรือสร้างสายการผลิตใหม่ ที่ซับซ้อน

2) ระบบดิจิตอลทำให้ความเร็วในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย โดยการออกแบบผ่านการใช้ระบบดิจิตอลและการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิตแบบเสมือนจริงสามารถช่วยลดระยะเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ไปจนถึงการจัดส่งสินค้าได้ นอกจากนี้ห่วงโซ่อุปทานที่ใช้ข้อมูลเป็นตัวขับเคลื่อนก็สามารถทำให้การส่งสินค้าไปยังลูกค้าทำได้เร็วขึ้นประมาณร้อยละ 120 ในแง่ของเวลาและนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาดได้เร็วขึ้นร้อยละ 70

3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการใช้ระบบการผลิตแบบดิจิตอลมาผสมผสานกับการผลิตแบบกายภาพทำให้มีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้น และช่วยลดอัตราความผิดพลาดอย่างเห็นได้ชัด ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสินค้าที่ผลิตได้ทุกชิ้น แทนที่จะใช้ระบบสุ่มตรวจหาข้อผิดพลาด และเมื่อพบข้อผิดพลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องมือก็สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ทันที ข้อมูลที่ได้จะถูกรวบรวมและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค “ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data)” เพื่อระบุปัญหาและแก้ปัญหาเล็กๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง โดยคุณภาพที่เพิ่มขึ้นเป็นส่วนสำคัญในการลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

4) อุตสาหกรรม 4.0 ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตของสินค้าได้อีกด้วย การนำโปรแกรมการวิเคราะห์ที่ล้ำสมัยมาใช้ในโปรแกรมการซ่อมบำรุงที่คาดการณ์ได้ล่วงหน้า จะทำให้บริษัทผลิตสินค้าสามารถหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของเครื่องจักรในขั้นตอนการผลิต และลดเวลาการผลิตได้ถึงร้อยละ 50 มากไปกว่านั้นยังเพิ่มการผลิตได้ ร้อยละ 20 บริษัทบางแห่งจะสามารถจัดตั้งโรงงานที่หุ่นยนต์สามารถทำการผลิตสินค้าได้เองหลังจากที่พนักงานปิดไฟกลับบ้านแล้ว ส่งผลให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการใช้พนักงานมาทำงานในงานที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้น เช่น ในประเทศเนเธอร์แลนด์ บริษัท ฟิลิปส์ ผลิตเครื่องโกนหนวดไฟฟ้าโดยใช้หุ่นยนต์ 128 ตัวและคนงานเพียง 9 คนมาทำหน้าที่ประกันคุณภาพ

5) อุตสาหกรรม 4.0 ยังเอื้อให้ลูกค้าสามารถเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือส่งแบบที่แก้ไขแล้วซึ่งจะถูกผลิตขึ้นเป็นชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วและราคาถูก นอกจากนี้ที่ตั้งของหน่วยผลิตก็สามารถตั้งอยู่ใกล้กับลูกค้าได้ ถ้ากระบวนการผลิตเกือบทั้งหมดเป็นระบบอัตโนมัติ ก็ไม่จำเป็นต้องไปตั้งโรงงานในต่างประเทศไกลๆ ที่มีค่าจ้างแรงงานถูก (แต่ค่าขนส่งสูง) บริษัทในทวีปยุโรปสามารถนำฐานการผลิตกลับมาตั้งในทวีปยุโรปอีกครั้งหนึ่ง หรือสร้างโรงงานใหม่ในยุโรปแทนที่การสร้างโรงงานในต่างประเทศ

6) อุตสาหกรรม 4.0 สามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการดำเนินธุรกิจ จากเดิมที่ธุรกิจมีการแข่งขันกันโดยมีปัจจัยเรื่องต้นทุนเป็นหลัก บริษัทในยุโรปจะหันมา

แข่งขันกันด้านนวัตกรรม (ว่าใครสามารถออกผลิตภัณฑ์ใหม่มาได้เร็วกว่ากัน) ด้านความสามารถในการผลิตสินค้าที่ออกแบบตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย (ผ่านโรงงานที่สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้) หรือด้านคุณภาพ (การลดข้อผิดพลาดโดยการผลิตและควบคุมแบบอัตโนมัติ) บริษัทบางแห่งอาจใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากการผลิตอัจฉริยะมาปรับรูปแบบการดำเนินธุรกิจ โดยเน้นการขายบริการแทนการขายสินค้า (หรือที่เรียกกันว่า “การขายแสงไฟแทนการขายหลอดไฟ”) การบริการภิวัฒน์นี้ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าด้วยงานบริการ จะช่วยขยายช่องทางธุรกิจและเพิ่มรายได้ [2]

2.1.4 SWOT Analysis ของแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ในยุโรป

การวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) ของแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ในยุโรป มีดังนี้

จุดแข็ง (Strengths)	**จุดอ่อน (Weeknesses)**
1. เพิ่มรายได้ เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและการใช้ทรัพยากร รวมไปถึงเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน 2. การเพิ่มขึ้นของงานที่ต้องใช้ทักษะสูง และให้ผลตอบแทนที่ดี 3. เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า ทำตลาดใหม่ได้มากขึ้น เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ตามความต้องการของลูกค้า 4. มีการควบคุม และความยืดหยุ่นในการผลิต	1. ต้องอาศัยเทคโนโลยีและเครือข่ายที่มีความคล่องตัวสูง การหยุดชะงักเพียงแค่จุดเล็กๆ ก็อาจจะทำให้เกิดผลกระทบขนาดใหญ่ได้ 2. ต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ จึงจะประสบความสำเร็จได้ เช่น มาตรฐาน กรอบความคิดที่สอดคล้องกัน แรงงานมีทักษะที่เหมาะสม การลงทุน และการวิจัยและพัฒนา 3. มีค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนาและในการดำเนินตามแผนปฏิบัติการ 4. มีโอกาสเสี่ยงที่จะสูญเสียความสามารถในการควบคุมบริษัทต่างๆ 5. เกิดการว่างงานของแรงงานที่มีทักษะปานกลาง 6. ต้องพัฒนาฝีมือแรงงานและต้องอาศัยแรงงานต่างด้าว
โอกาส (Opportunities)	**อุปสรรค (Threats)**
1. มีการส่งเสริมบทบาทของยุโรปในการเป็นผู้นำด้านอุตสาหกรรมการผลิตของโลก 2. มีการพัฒนาตลาดสินค้าและบริการใหม่ๆ 3. ปัญหาด้านประชากรของสหภาพยุโรปที่มีจำนวนแรงงานไม่เพียงพอมีการบรรเทาลง 4. อุปสรรคของผู้ประกอบการรายย่อยในการเข้าสู่ตลาดใหม่ หรือการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานใหม่ ได้ลดน้อยลง	1. ปัญหาในประเด็นการรักษาความปลอดภัยในโลกไซเบอร์ ทรัพย์สินทางปัญญา และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล 2. การขาดความตระหนักของแรงงาน ผู้ประกอบการรายย่อย อุตสาหกรรม และภาครัฐในการนำแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ไปใช้

	3. ความอ่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของห่วงโซ่คุณค่าระดับโลก (global value chain) 4. เมื่อคู่แข่งต่างชาตินำแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ไปใช้ กลุ่มประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปก็จะไม่มีความได้เปรียบทางธุรกิจอีกต่อไป

2.1.5 ข้อจำกัดของแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

แนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ไม่ได้รับการตอบรับด้านบวกเสมอไป หลายคนรู้สึกว่าอุตสาหกรรม 4.0 เป็นแนวคิดที่ยังให้คำจำกัดความได้ไม่ชัดเจน และมีความคาดหวังด้านผลลัพธ์สูงเกินจริง หลายคนเชื่อว่าการผลิตสินค้าแบบดิจิตอลโดยสมบูรณ์ และห่วงโซ่คุณค่านั้นอาจจะยังไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง ในปี ค.ศ. 2014 บริษัท Gartner Group's เปิดตัวเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม 4.0 หลายประเภท (รวมถึง การสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร ข้อมูลขนาดใหญ่ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ และหุ่นยนต์อัจฉริยะ) ที่ดูเป็นความฝันที่เกินจริง เพราะยังต้องใช้เวลา 5-10 ปีกว่าจะเห็นผลของเทคโนโลยีในวงกว้างอย่างแท้จริง การสำรวจระดับโลกในปี ค.ศ. 2013-2014 พบว่าร้อยละ 88 ของผู้ตอบแบบสอบถามยังไม่มีความเข้าใจในรูปแบบการดำเนินธุรกิจของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ และการใช้ประโยชน์จากธุรกิจนี้ในระยะยาว แม้แต่ผู้ที่ตระหนักในคุณค่าของแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ก็ยังมองว่าแนวคิดนี้ยังมีอุปสรรคข้างหน้าอีกมากมายดังนี้

1) การลงทุนและการเปลี่ยนแปลง

ในการสร้างเครือข่ายคุณค่าที่ซับซ้อนที่สามารถผลิตและกระจายสินค้าได้อย่างคล่องตัวนั้น นักธุรกิจต้องยอมรับถึงการเปลี่ยนแปลงและต้องร่วมมือกับบริษัทอื่นๆ ซึ่งไม่เพียงแต่การร่วมมือกับผู้จัดหาสินค้าหรือผู้จัดจำหน่ายสินค้าเท่านั้น แต่ต้องร่วมมือกับบริษัททางเทคโนโลยีและผู้จัดหาสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น บริษัทโทรคมนาคม และผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต บริษัทอาจต้องร่วมมือกับคู่แข่ง เช่น ในการจัดทำมาตรฐานการส่งผ่านข้อมูลขนาดใหญ่และนำข้อมูลนั้นมาใช้ประโยชน์ได้

ผู้ประกอบการต้องมีเงินลงทุนจำนวนมากถ้าต้องการเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรม 4.0 มีการคาดการณ์ว่าในประเทศเยอรมนีจะมีการลงทุนปีละ 40,000 ล้านยูโรไปจนถึงปี ค.ศ. 2020 (ประมาณ 140,000 ล้านยูโรทั้งทวีปยุโรป) การลงทุนระดับนี้อาจทำให้ธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็กรู้สึกหวาดหวั่น เพราะเกรงว่าการเปลี่ยนเข้าสู่ระบบดิจิตอลจะส่งผลกระทบห่วงโซ่คุณค่าของธุรกิจของตน ดังนั้นผู้ประกอบการที่จะเข้ามาร่วมในระบบดิจิตอลจึงมีจำนวนไม่มาก แม้แต่ในประเทศเยอรมนี (ที่เป็นผู้นำทางด้านการผลิตสินค้า) พบว่าบริษัทเพียงหนึ่งในห้าเท่านั้นที่ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศแบบเครือข่ายเข้ามาควบคุมกระบวนการผลิต แม้ว่าบริษัทจำนวนเกินครึ่งอยากจะใช้ระบบนี้ก็ตาม เนื่องจากระบบมีราคาสูงเกินไป มีความไม่แน่นอน และมีขนาดใหญ่เกินไป นอกจากนี้ อุตสาหกรรม 4.0 ยังเป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับผู้ผลิตมากกว่าความต้องการของลูกค้า

2) การเป็นเจ้าของข้อมูลและความปลอดภัยของข้อมูล

เมื่อมีการเก็บข้อมูลขนาดใหญ่และใช้ข้อมูลร่วมกันกับคู่ค้าในห่วงโซ่คุณค่า ผู้ประกอบการต้องมีความชัดเจนว่าใครจะเป็นเจ้าของข้อมูล และต้องมีความมั่นใจว่าคู่แข่งหรือผู้ประสานงานจะไม่นำข้อมูลที่ได้มาไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต โดยเฉพาะนำข้อมูลมาจัดทำการบริการอัจฉริยะที่ออกแบบโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องมืออัจฉริยะต่างๆ ในการผลิตและการใช้งานอื่นๆ ตัวอย่างเช่น บริษัทผลิตรถยนต์ไม่อยากแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวกับรถยนต์ที่ผลิตเพราะกลัวว่าคู่แข่งในระบบดิจิตอลจะเข้ามาทำให้บริษัทมีกำไรลดลง การใช้กฎหมายเดียวกันในสหภาพยุโรปเรื่องข้อมูลส่วนตัว การเก็บข้อมูล และลิขสิทธิ์ ซึ่งเน้นการสร้างความเชื่อมั่นและการปกป้องข้อมูล ถือเป็นก้าวสำคัญในการสร้างความสามารถในการแข่งขันของยุโรป

3) ประเด็นด้านกฎหมาย

การผลิตแบบล้ำสมัยก็ทำให้เกิดปัญหาด้านกฎหมายตามมา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการควบคุมดูแลพนักงาน ความรับผิดจากผลิตภัณฑ์ และทรัพย์สินทางปัญญา ตัวอย่างเช่น ข้อมูลจากโครงการ “ถุงมืออัจฉริยะ” ที่ชี้แจงขั้นตอนการทำงานและเก็บข้อมูลการทำงานของพนักงาน อาจจะนำมาใช้ในการตรวจสอบและประเมินการทำงานของพนักงานได้ด้วย นอกจากนี้ถ้าระบบการผลิตแบบอัตโนมัติที่เชื่อมโยงกับเครือข่ายคุณค่าหลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกันได้ผลิตสินค้าที่มีตำหนิหรือก่อให้เกิดอันตราย ศาลจะตัดสินได้อย่างไรว่าผู้ร่วมในระบบการผลิตรายไหนควรเป็นผู้รับผิดชอบ อีกทั้งถ้าลูกค้าขอให้ผลิตสินค้าที่มีลักษณะเฉพาะ ใครจะเป็นเจ้าของทรัพย์สินทางปัญญาของการออกแบบชิ้นนั้น สภาการวิเคราะห์เศรษฐกิจของฝรั่งเศสได้เสนอแนะว่า เพื่อความก้าวหน้าในอนาคตจะต้องมีการสร้างความสมดุลระหว่างการกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมผ่านการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา และการแลกเปลี่ยนความรู้

4) มาตรฐาน

มาตรฐานเป็นสิ่งจำเป็นในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกล ระบบและซอฟท์แวร์ ในห่วงโซ่คุณค่าที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน เมื่อผลิตสินค้าผ่านโรงงานอัจฉริยะและทำให้โรงงานสามารถใช้หุ่นยนต์ในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค “plug-and-play” หรือการต่ออุปกรณ์เข้าคอมพิวเตอร์ที่สามารถรับรู้อุปกรณ์นั้นได้ทันที โดยถ้าบริษัทหรือกลุ่มบริษัทกำหนดให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในประเทศเท่านั้น การสื่อสารข้อมูลก็ทำได้เฉพาะระหว่างอุปกรณ์ของบริษัทหรือกลุ่มบริษัทนั้น ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการแข่งขันและการค้าสูงขึ้น แต่ถ้ามีการกำหนดการสื่อสาร รูปแบบของข้อมูล และการเชื่อมโยงข้อมูล ที่มีมาตรฐานระดับนานาชาติที่ตกลงร่วมกันโดยอิสระ ก็จะเกิดความเชื่อมั่นในการปฏิบัติงานร่วมกันในหลายๆ ภาคส่วนและในหลายๆ ประเทศ และจะทำให้มีการใช้เทคโนโลยีของอุตสาหกรรม 4.0 ได้อย่างกว้างขวาง และเปิดตลาดผู้ผลิตและสินค้าของยุโรปเข้าสู่ตลาดทั่วโลก การศึกษาของสถาบันวิจัยเน้นย้ำว่าการเร่งการพัฒนาในยุโรปจะต้องมีการสร้างมาตรฐานควบคู่กันไปด้วย

5) การจ้างงานและการพัฒนาทักษะ

ลักษณะของงานในอุตสาหกรรมการผลิตได้เปลี่ยนจากแรงงานฝีมือไปสู่การติดตั้งโปรแกรมและควบคุมเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง พนักงานที่มีทักษะต่ำจึงมีความเสี่ยงที่จะถูกแทนที่โดยเครื่องจักรกล เว้นเสียแต่ว่าจะได้รับการฝึกอบรมทักษะใหม่ ในทางตรงกันข้ามพนักงานที่

สามารถก้าวไปสู่ระบบการทำงานแบบอุตสาหกรรม 4.0 ก็จะพบว่าในการทำงาน พวกเขาสามารถจัดการด้วยตัวเองและงานมีความน่าสนใจมากขึ้น หรืองานเบาแรงลงมาก นายจ้างต้องการแรงงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการตัดสินใจได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งมีความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ภายในปี ค.ศ. 2020 ตลาดแรงงานในยุโรปจะขาดแรงงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประมาณ 825,000 คน ความขาดแคลนด้านแรงงานจะมีมากในสายการผลิตที่ต้องใช้นักวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ และผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในโลกไซเบอร์ แม้จะมีนโยบายกระตุ้นให้คนสร้างเสริมทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แต่คนรุ่นใหม่จำนวนมากก็ไม่ได้ให้ความสนใจกับงานที่เกี่ยวกับระบบดิจิตอล การสำรวจพบว่ากลุ่มวัยรุ่นในเยอรมนีเพียงแค่ร้อยละ 13 เท่านั้นที่สนใจอาชีพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แม้ส่วนใหญ่มองเห็นว่าธุรกิจภาคส่วนนี้น่าจะเป็นอาชีพที่ดีที่สุดก็ตาม [2]

2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)

โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) เป็นจุดสำคัญที่ประเทศเยอรมนีต้องการสร้างเพื่อให้อุตสาหกรรมของประเทศพัฒนาจากเดิมให้มีความเป็นอัจฉริยะทุกส่วนของกระบวนการผลิต ซึ่งโรงงานอัจฉริยะสำหรับอนาคตจะต้องสามารถสะท้อนข้อมูลด้านประสิทธิภาพและคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบปัจจุบันได้ตลอดเวลา ใช้ระบบอัตโนมัติชั้นสูง และระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่นสูง เพื่อตอบสนองเงื่อนไขและสภาพของการผลิต สามารถตอบสนองความต้องการที่ไม่จำกัด แม้แต่การผลิตงานที่หนึ่งล็อตมีงานเพียงหนึ่งชิ้น โดยที่ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตลดลง ช่วยหาค่าการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น เวลา ต้นทุนการผลิต ค่าขนส่งและโลจิสติกส์ การรักษาความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ และความยั่งยืน เป็นระบบการผลิตที่ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด การผลิตสามารถปรับแต่งให้เหมาะสมกับทรัพยากรคน โดยเครื่องจักรและระบบอัตโนมัติจะมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนการทำงานให้เหมาะสมกับจำนวนคนและทักษะของคน นอกจากนี้ การจะเป็นโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory) ในยุค Industry 4.0 มีหลายส่วนที่จะต้องพัฒนาควบคู่กันไป เช่น เครื่องจักรในการผลิตต้องพัฒนาให้เป็นเครื่องจักรอัจฉริยะ พัฒนาและสร้างหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีความสามารถในการทำงานร่วมกับคนได้อย่างปลอดภัย โดยในส่วนของกระบวนการผลิตต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การใช้เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ การจำลองผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิตจริง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสารในระบบการผลิต เป็นต้น การพัฒนาเครื่องจักรให้มีความสามารถจนกลายเป็นเครื่องจักรอัจฉริยะ (Smart Machine) ในยุค Industry 4.0 จะต้องพัฒนาให้มีสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นชนิดที่ว่าสามารถทำงานด้วยตนเองได้ ตัดสินใจเองได้ มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถปรับตัวภายใต้สภาวะเงื่อนไขการผลิตที่เปลี่ยนไป มีความสามารถในการมอนิเตอร์ตัวเองและปรับเงื่อนไขการทำงานเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ มีโปรแกรมการดูแลสุขภาพของเครื่องจักร มีอุปกรณ์สำหรับตรวจจับการสั่นสะเทือนเพื่อตรวจสอบสุขภาพการทำงานของระบบลูกปืน และมีอินฟาเรดสำหรับตรวจวัดระดับความร้อนของชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีการหมุน เป็นต้น กระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นใน

โรงงานอัจฉริยะจะใช้แรงงานลดลงโดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ทำงานซ้ำๆ และอันตรายหากใช้คนปฏิบัติงาน จึงควรนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาทำงานแทนคน ซึ่งในปัจจุบันหุ่นยนต์อุตสาหกรรมถูกพัฒนาให้สามารถทำงานโดยอิสระและสามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้เป็นอย่างดี เช่น บริษัท BMW ในประเทศเยอรมนี ได้ทำการวิจัยและส่งเสริมนวัตกรรมเพื่อรองรับ Industry 4.0 โดยการทำโครงการการใช้หุ่นยนต์ในโรงงานผลิต ซึ่งหุ่นยนต์ที่นำมาใช้นั้น BMW ได้คิดค้นและพัฒนาเพื่อลดข้อจำกัดของหุ่นยนต์ที่มีอยู่เดิม เนื่องจากที่ผ่านมาการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการผลิตจะมีข้อกำหนดในส่วนของความปลอดภัยอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะต้องมีการกำหนดระยะห่างในระหว่างการผลิตระหว่างหุ่นยนต์กับมนุษย์ จึงกลายเป็นข้อจำกัดและเพิ่มขั้นตอนการทำงาน อีกทั้งยังเสียพื้นที่ใช้สอย ดังนั้น BMW จึงพัฒนาหุ่นยนต์ที่ชื่อว่า โอลาฟ ซึ่งมีความพิเศษต่างจากหุ่นยนต์ที่มีอยู่ทั่วไป คือ สามารถติดตั้งโอลาฟให้ทำงานร่วมกับมนุษย์ได้โดยไม่ต้องมีระยะห่างและไม่เกิดอันตรายกับมนุษย์ ประกอบกับไม่เสียพื้นที่ใช้สอยในโรงงาน โดยปัจจุบันโอลาฟได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญในการทำฉนวนกันความชื้นด้านในประตูรถยนต์ ซึ่งต้องใช้แรงกดที่สม่ำเสมอที่เกินประสิทธิภาพของมนุษย์และทำงานร่วมกับมนุษย์ไปพร้อมๆ กันได้

2.2.1 คุณลักษณะของโรงงานอัจฉริยะ

จากการศึกษาบทความและงานวิจัยหลายเรื่องเกี่ยวกับคุณลักษณะ เทคโนโลยีและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องพบว่า ได้มีการกำหนดคุณลักษณะของโรงงานอัจฉริยะที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2-1 คุณลักษณะของโรงงานอัจฉริยะที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	คุณลักษณะ	อ้างอิง
1	มีเทคโนโลยีดิจิทัล	[7], [8]
2	มีการสร้างต้นแบบ	[7]
3	มีความหลากหลาย แตกต่าง	[7], [8]
4	มีความสามารถในการปรับขยาย	[7], [8]
5	มีการรับรู้ในบริบทของตนเอง	[7]
6	มีความอิสระ	[7], [8]
7	มีความสามารถในการปรับตัว	[8], [9]
8	มีความแข็งแรงทนทาน	[10], [11]
9	มีความยืดหยุ่น	[9], [12]
10	มีระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ	[12], [13]
11	มีการรับรู้สินทรัพย์ของตนเอง	[10], [14]
12	มีการทำงานร่วมกัน	[7], [8]
13	มีระบบเครือข่าย	[7], [9], [13], [15]
14	มีความเหมาะสมของข้อมูล	[10]
15	มีการบูรณาการ	[10]

ลำดับที่	คุณลักษณะ	อ้างอิง
16	มีความยั่งยืน	[10], [14], [16], [17], [18], [19]
17	มีองค์ประกอบ	[8]
18	มีความสามารถในการปรับแต่ง	[8]
19	มีความสามารถในเชิงรุก	[10]
20	มีความน่าเชื่อถือ	[9], [21], [22]
21	มีความคล่องตัว	[14], [18], [19], [21]
22	มีการตอบสนอง	[21]
23	มีความแม่นยำ	[23]
24	มีการนำกลับมาใช้ใหม่	[11]
25	มีการกระจายอำนาจ	[9]
26	มีการจัดจำหน่าย	[9]

ตารางที่ 2-2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโรงงานอัจฉริยะ

ลำดับที่	เทคโนโลยี	อ้างอิง
1	เทคโนโลยีอัจฉริยะ	[12], [13], [22]
2	ระบบควบคุมอัจฉริยะ	[12], [23]
3	เพิ่มประสิทธิภาพ/ประหยัดพลังงาน	[8], [12], [17], [24], [25], [26]
4	ระบบรักษาความปลอดภัยในโลกไซเบอร์	[10], [22], [25]
5	โฮโลแกรม (Hologram)	[12], [25]
6	เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง (VR)	[25], [27], [28]
7	เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR)	[25]
8	ข้อมูล/การสื่อสารแบบเรียลไทม์	[12], [14], [27]
9	Big data	[12]
10	โครงสร้างไซเบอร์-กายภาพ	[8], [10], [12]
11	CPS/CPPS	[12], [25], [29]
12	IoT/IoS/IIoT	[12], [25]
13	กระบวนการผลิตขั้นสูง	[8], [9], [16], [30]
14	Cloud computing/cloud manufacturing	[16], [25], [31]
15	3D printing/additive manufacturing	[12], [25], [32]
16	เซนเซอร์อัจฉริยะ	[12], [20]
17	ชิ้นส่วน/ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	[12], [33]
18	ระบบการวิเคราะห์ข้อมูล/ระบบการวิเคราะห์ Big data	[7], [8], [34], [35], [36], [37]
19	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทำนาย	[34], [37]

ลำดับที่	เทคโนโลยี	อ้างอิง
20	Data visualization	[28], [38]
21	แบบจำลอง	[17], [38]
22	GIS	[35]
23	Simulation	[17], [37], [39]
24	การพยากรณ์	[17]
25	ERP	[40]
26	RFID	[41]
27	Machine learning	[23], [34], [35], [36], [37]
28	SCM	[37], [40]
29	MES	[40]
30	PLM	[19], [40]
31	วัสดุอัจฉริยะ	[17], [42]
32	Interface (SCOR, DCOR, MESA, ISA 95/88)	[37], [40]
33	CAM, CAD, CAx	[19]
34	การวางแผนการดำเนินงาน	[23]
35	IT-based production management	[12]
36	ระบบการติดตาม	[12], [43],
37	เทคนิคการตัดสินใจ	[14], [28], [43]
38	SPC	[28]

2.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด กระบวนการที่ว่านี้ได้รับการคิดค้นเมื่อปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย

ตั้งแต่กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นขึ้นมา ก็มีการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวกับการตัดสินใจต่างๆ มากมาย เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานทางธุรกิจ ได้แก่ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การเลือกสถานที่ในการประกอบการ การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ฯลฯ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเรื่องของการบริหารทรัพยากรบุคคลในองค์กร เช่น การจัดลำดับความสามารถของพนักงาน การประเมินทางเลือกของสายอาชีพ การสำรวจทัศนคติของพนักงาน ฯลฯ ซึ่งจุดเด่นของกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ มีดังนี้

- ให้ผลการสำรวจน่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม

- มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิลำดับขั้น เลียนแบบกระบวนความคิดของมนุษย์ ทำให้ง่ายต่อการใช้และการทำความเข้าใจ

- ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ และยังสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปเปรียบเทียบ (Benchmarking) กับหน่วยงานอื่นๆ ได้

- สามารถขจัดการตัดสินใจแบบมีอคติหรือลำเอียงออกไปได้

- ใช้ได้ทั้งกับการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชามติ

- ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุม

2.3.1 ขั้นตอนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

AHP (Analysis Hierarchy Process) เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมาก เริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ เพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจึงนำ “ทางเลือก” ที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติที่สำคัญดังนี้

1) การวางกรอบของปัญหา

ก่อนอื่นจะต้องมั่นใจว่ากระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้แล้ววางกรอบของปัญหา กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และกำหนดทางเลือกให้มีความชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนหรือเกิดความลำเอียงในการตัดสินใจ รวมถึงการกำหนดคุณสมบัติของบุคคล และหลักเกณฑ์ต่างๆ ในการตัดสินใจ

2) การสร้างแผนภูมิของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

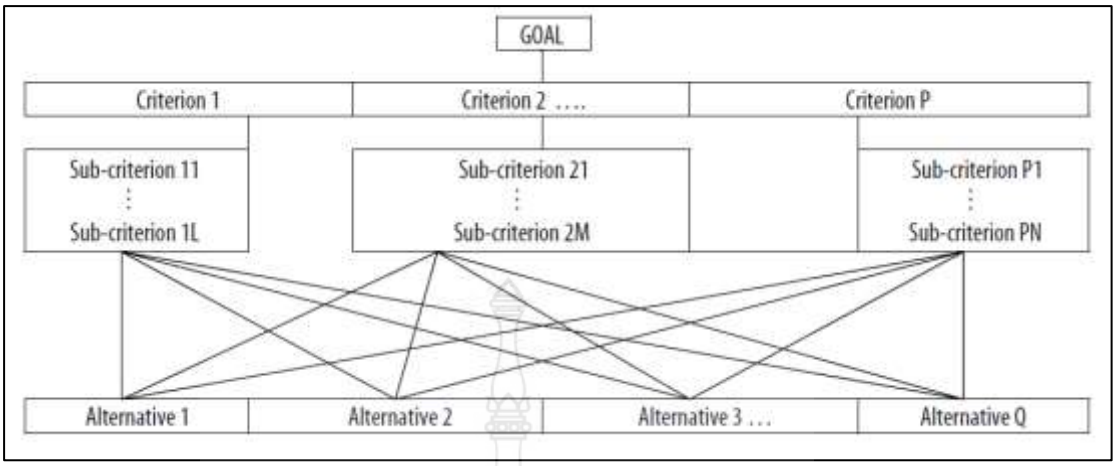
โดยการนำเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง ทางเลือกที่ได้จากขั้นตอนที่ 1) มาเขียนเป็นโครงสร้างลำดับชั้นโดยเริ่มจากระดับชั้นบนสุดลงมา ระดับชั้นบนสุดคือเป้าหมาย ระดับชั้นต่อมาเป็นเกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และทางเลือกตามลำดับ จำนวนระดับชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาที่ทำการศึกษา โดยจัดทำเป็นแผนภูมิระดับชั้นดัง**รูปที่ 2-5**

(1) ระดับชั้นบนสุด คือ เป้าหมายหรือปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ (Goal)

(2) ระดับชั้นที่ 2 คือ เกณฑ์หลัก (Criteria)

(3) ระดับชั้นที่ 3 คือ เกณฑ์รอง (Sub-criteria)

(4) ระดับชั้นสุดท้าย คือ ทางเลือก (Alternative)



รูปที่ 2-5 โครงสร้างแผนภูมิของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ [44]

3) การสร้างตารางเมตริกซ์เพื่อวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ เป็นคู่ๆ

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กำหนดตัวเลข 1-9 ตาม**ตารางที่ 2-3** แทนระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า ตารางเมตริกซ์มีช่องว่างให้ใส่ผลการวินิจฉัยในพื้นที่เหนือเส้นทแยงมุงเป็นค่าต่างตอบแทนหรือเศษส่วน ดังนั้นถ้าปัจจัย A มีความสำคัญกว่าปัจจัย B ในระดับ 5 ค่าตัวเลขที่ได้ให้เขียนลงบนพื้นที่เหนือเส้นทแยงมุมของเมตริกซ์

เกณฑ์การตัดสินใจ	**ปัจจัย A**	**ปัจจัย B**	**ปัจจัย C**
ปัจจัย A	1	5	
ปัจจัย B	1/5	1	
ปัจจัย C			1

แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าปัจจัย A มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัย B ที่ระดับ 5 ค่าที่ได้ก็จะเป็นเศษส่วนเหนือเส้นทแยงมุม ค่าที่เป็นเศษส่วนแสดงว่า A มีระดับความสำคัญน้อยกว่า B ส่วนค่าที่อยู่ด้านล่างเส้นทแยงมุมจะเท่ากับค่าต่างตอบแทน ของค่าที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุมเสมอ

เกณฑ์การตัดสินใจ	**ปัจจัย A**	**ปัจจัย B**	**ปัจจัย C**
ปัจจัย A	1	1/5	
ปัจจัย B	5	1	
ปัจจัย C			1

ตารางที่ 2-3 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

	ความหมาย	คำอธิบาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญสูงสุด
2, 4, 6, 8	สำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate Judgment Value)	ความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

ที่มา: Saaty (1980) [45]

4) หาผลการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ทั้งหมดทีละคู่ แล้วใส่ข้อมูลตัวเลขของการวินิจฉัยเปรียบเทียบลงในตารางเมตริกซ์ตามขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกเกณฑ์ในการตัดสินใจ

5) หลังจากใส่ข้อมูลของการวินิจฉัยเปรียบเทียบทั้งหมดลงในตารางเมตริกซ์แล้วจึง**คำนวณหาลำดับความสำคัญและวิเคราะห์ความสอดคล้องของการตัดสินใจในแต่ละระดับ**

6) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3, 4 และ 5 สำหรับปัจจัยแต่ละระดับชั้น แต่ละชุดตามโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น

7) สังเคราะห์องค์ประกอบทั้งหมดของแผนภูมิ โดยนำเอาลำดับความสำคัญของปัจจัยในระดับล่างมาถ่วงน้ำหนัก กับลำดับความสำคัญของปัจจัยที่อยู่ในระดับถัดขึ้นไป และนำค่าผลรวมที่ได้มาหาค่าลำดับความสำคัญทั่วทั้งแผนภูมิ ทำเช่นนี้จนถึงลำดับชั้นล่างสุด

8) คำนวณหาค่าความสอดคล้องของการตัดสินใจทั่วทั้งแผนภูมิ เพื่อทดสอบว่าการวินิจฉัยทั่วทั้งแผนภูมิสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีข้อกำหนดของค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) ดังต่อไปนี้

(1) C.R. $\leq$ 0.05 สำหรับการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย

(2) C.R. $\leq$ 0.09 สำหรับการเปรียบเทียบ 4 ปัจจัย

(3) C.R. $\leq$ 0.10 สำหรับการเปรียบเทียบ 5 ปัจจัยขึ้นไป

2.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ

ลำดับความสำคัญเกิดจากการนำเอาผลการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ของทุกๆ ปัจจัยในตารางเมตริกซ์มาสังเคราะห์ ตัวอย่างเช่น การเลือกซื้อรถยนต์ 3 ยี่ห้อที่อยู่ในระดับเดียวกัน คือ A, B, C โดยใช้เกณฑ์ความสะดวกสบายเพียงเกณฑ์เดียว เริ่มต้นโดยการสร้างตางเมตริกซ์ แล้วใส่ชื่อรถทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ต่อจากนั้นใส่เลขหนึ่งลงตามเส้นทแยงมุมของตารางเมตริกซ์แล้วทำ

การเปรียบเทียบแล้วใส่ตัวเลขในการเปรียบเทียบในส่วนที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุม ส่วนพื้นที่ที่อยู่ใต้เส้นทแยงมุมเป็นเพียงค่าต่างตอบแทน ซึ่งจะเป็นเศษส่วนของค่าที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุม โดยยึดปัจจัยในแนวตั้งเป็นหลัก แล้วนำปัจจัยในแนวนอนมาเปรียบเทียบ ในกรณีที่ปัจจัยในแนวตั้งมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยในแนวนอนจะได้ตัวเลขแสดงความสำคัญเป็น 1 ถึง 9 ในกรณีที่ปัจจัยในแนวตั้งมีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัยในแนวนอนจะได้ตัวเลขแสดงความสำคัญเป็นเศษส่วน ดังตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์สามยี่ห้อ ภายใต้เกณฑ์ความสะดวกสบายอย่างเดียวแสดงดัง**ตารางที่ 2-4**

ตารางที่ 2-4 เมตริกซ์แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

ความสะดวกสบาย	**ยี่ห้อ A**	**ยี่ห้อ B**	**ยี่ห้อ C**
ยี่ห้อ A	1	1/2	1/4
ยี่ห้อ B	2	1	1/2
ยี่ห้อ C	4	2	1

รถยี่ห้อ A เมื่อเปรียบเทียบกับรถยี่ห้อ B แล้วพบว่ารถยี่ห้อ A มีความสะดวกสบายน้อยกว่ารถยี่ห้อ B เล็กน้อย ซึ่งจะได้ค่าความสำคัญเป็นเศษส่วนเหนือเส้นทแยงมุม ส่วนใต้เส้นทแยงมุมจะเป็นเศษส่วนของค่าเหนือเส้นทแยงมุม จึงทำให้ได้ค่าความสำคัญเป็นจำนวนเต็มในช่องยี่ห้อ B เมื่อเปรียบเทียบกับยี่ห้อ A ในการทำวินิจฉัยเปรียบเทียบจะทำเฉพาะส่วนที่เหนือเส้นทแยงมุมเท่านั้นส่วนพื้นที่ใต้เส้นทแยงมุมเป็นค่าต่างตอบแทนของพื้นที่เหนือเส้นทแยงมุม สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการทำการวินิจฉัย คือ

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

โดยที่ n = จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

หลังจากทำการวินิจฉัยปัจจัยแถวที่ 1 แล้ว ปัจจัยที่เหลือก็สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของตัวเลขที่เกิดขึ้นแล้ว เช่น A=2B และ B=2C ก็สามารถสรุปได้ว่า A=4C หรือผู้ทำการวินิจฉัยสามารถใส่ค่าการวินิจฉัยของคู่ที่มีความชัดเจนที่สุดก่อน ส่วนคู่ที่เหลือก็สามารถหาค่าได้จากความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ เมื่อทำการวินิจฉัยเสร็จแล้วลำดับต่อไป คือ การคำนวณหาลำดับความสำคัญ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) หาผลรวมของตัวเลขในแต่ละหลักของตารางเมตริกซ์

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C
ยี่ห้อ A	1	1/2	1/4
ยี่ห้อ B	2	1	1/2
ยี่ห้อ C	4	2	1
ผลรวม	7	3.5	1.75

2) หารตัวเลขในแต่ละหลักด้วยค่าผลรวมของหลักนั้น

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C
ยี่ห้อ A	1/7	1/7	1/7
ยี่ห้อ B	2/7	2/7	2/7
ยี่ห้อ C	4/7	4/7	4/7

3) หาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวนอน

ความ สะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C	ค่าเฉลี่ย
ยี่ห้อ A	1/7	1/7	1/7	0.14
ยี่ห้อ B	2/7	2/7	2/7	0.29
ยี่ห้อ C	4/7	4/7	4/7	0.57

ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวที่ได้ 0.14, 0.29 และ 0.57 คือ ค่าลำดับความต้องการเปรียบเทียบโดยรวมนั่นเอง ซึ่งสามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการวินิจฉัยว่าภายใต้เงื่อนไขความสะดวกรถยี่ห้อ C มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 57 รถยี่ห้อ B มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 29 รถยี่ห้อ A มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 14

2.3.3 การวิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจ

โดยปกติแล้วการใช้ประสบการณ์ ความรู้สึกในการวินิจฉัยปัญหาที่มีความซับซ้อนนั้นยากที่จะทำให้มีความสอดคล้องสมบูรณ์ร้อยละ 100 แต่ความไม่สอดคล้องนั้นจะต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ความสอดคล้องของการตัดสินใจเลือกรถยนต์สามยี่ห้อ โดยใช้เกณฑ์ความสะดวกสบายเพียงอย่างเดียว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เมตริกซ์สรุปผลการเปรียบเทียบรถ 3 ยี่ห้อ ภายใต้เกณฑ์ความสะดวกสบาย

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C
ยี่ห้อ A	1	1/2	1/4
ยี่ห้อ B	2	1	1/4
ยี่ห้อ C	4	4	1
ผลรวม	7	5.5	1.5

2) หาผลรวมแนวนอนและหาค่าเฉลี่ยตามแนวนอนจะได้ค่าความสำคัญ

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C	ผลรวมของแนวนอน	ลำดับความสำคัญรวม
ยี่ห้อ A	1/7	1/11	1/6	0.40	0.40/3 = 0.13
ยี่ห้อ B	2/7	2/11	1/6	0.63	0.63/3 = 0.21
ยี่ห้อ C	4/7	8/11	4/6	1.97	1.97/3 = 0.66

3) การหาผลคูณของค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าความสำคัญ

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A (0.13)	ยี่ห้อ B (0.21)	ยี่ห้อ C (0.66)
ยี่ห้อ A	1*0.13	0.5*0.21	0.25*0.66
ยี่ห้อ B	2*0.13	1*0.21	0.25*0.66
ยี่ห้อ C	4*0.13	4*0.21	1*0.66

4) การหาผลรวมในแนวนอนของผลคูณที่ได้จากขั้นตอนที่ 3

ความสะดวกสบาย	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C	ผลรวม
ยี่ห้อ A	0.13	0.11	0.17	0.41
ยี่ห้อ B	0.26	0.21	0.17	0.64
ยี่ห้อ C	0.52	0.84	0.66	2.02

เมื่อได้ผลรวมในแนวนอนแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวม

$$\begin{bmatrix}0.41\\0.64\\2.02\end{bmatrix} \div \begin{bmatrix}0.13\\0.21\\0.66\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}3.15\\3.05\\3.06\end{bmatrix}$$

นำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนปัจจัย ซึ่งค่าที่ได้จะเรียกว่า λ_{max} ในตัวอย่างนี้จำนวนปัจจัยเท่ากับ 3

$$\lambda_{max} = \frac{(3.15+3.05+3.06)}{3} = 3.09$$

เมื่อทราบ λ_{max} จะต้องหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index; C.I.) ซึ่งได้มาจากการคำนวณดังสมการที่ (2-2)

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ n คือจำนวนปัจจัย

โดยในตัวอย่างนี้ $C.I. = \frac{(3.09 - 3)}{(3 - 1)} = 0.045$

เพื่อหาอัตราส่วนความสอดคล้อง ต้องนำผลลัพธ์ C.I. ที่ได้มาเปรียบเทียบค่าดัชนีความสอดคล้องจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Consistency Index; R.I.) ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างตารางเมตริกซ์จำนวนมาก ดังนี้

ตารางที่ 2-5 ค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง

ขนาดของตารางเมตริกซ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.40	1.45	1.49

คำนวณหาความสอดคล้อง หรือค่า C.R. จากสมการที่ (2-3)

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \qquad (2\text{-}3)$$

โดยในตัวอย่างนี้ $C.R. = \frac{0.045}{0.52} = 0.09$ หรือ ร้อยละ 9

สรุปค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.09 หรือ ร้อยละ 9 ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้คือ ร้อยละ 5 สำหรับการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย แสดงว่าไม่มีความสอดคล้องของการตัดสินใจ ทำให้ไม่สามารถยอมรับการตัดสินใจได้ โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาของความไม่สอดคล้องกันก็คือ เรียงลำดับปัจจัยตามน้ำหนักที่ได้จากการวินิจฉัยในครั้งแรก ต่อจากนั้นก็สร้างตารางเมทริกซ์เพื่อวินิจฉัยหาลำดับความสำคัญใหม่โดยดูว่าอันดับเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ ซึ่งถ้าเปลี่ยนไปในทางที่เป็นเหตุผลและตรงกับสถานการณ์ของปัญหาก็ย่อมหมายถึงความสอดคล้องกันของเหตุผลก็จะสูงขึ้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือ AHP ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อตัดสินใจเลือกอย่างแพร่หลาย ดังนี้

คำมี (2004) [46] ได้ศึกษาปัจจัยสนับสนุนความสำเร็จของการประยุกต์ ซิกซ์ ซิกมา โดยอาศัยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งศึกษาจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 21 ท่าน ที่ทำงานในบริษัทข้ามชาติ ผลสรุปของการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Expert Choice จะบอกลำดับความสำคัญของปัจจัยสนับสนุน ดัชนีวัดความสำเร็จของการประยุกต์ ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับการวางแผน การจัดสรรทรัพยากร ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับองค์กรที่ประยุกต์ ซิกซ์ ซิกมา เพื่อให้เกิดประสิทธิผลชัดเจนตามที่คาดหวัง

Ngai and Chan (2005) [47] ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ในการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการความรู้ความเข้าใจ วิธีการที่นำมาใช้นี้อยู่บนพื้นฐานการตัดสินใจที่หลากหลาย ช่วยให้วิเคราะห์และเปรียบเทียบเครื่องมือบริหารจัดการความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์ทางการตลาด วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบแบบจับคู่ระหว่างปัจจัยทั้งหมด ซึ่งมีผลต่อการเลือกเครื่องมือบริหารจัดการความรู้ให้เหมาะสมที่สุด โมเดลกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) คือระบบที่ได้รับการประยุกต์ใช้เป็นผู้ช่วยตัดสินใจกับเหตุการณ์จริง ในบริษัทผู้ด้านการสื่อสาร เพื่อประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือ ซึ่งเชื่อว่าผลจากการประยุกต์ใช้วิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) สามารถช่วยบริหารจัดการ เพราะมีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ

Mahmoodzadeh et al. (2007) [48] ได้นำเสนอการใช้ Fuzzy AHP และ TOPSIS ในการเลือกโครงการทั้งหมด 6 โครงการ ซึ่งเป็นวิธีการใหม่สำหรับปัญหาการเลือกโครงการ โดยหลังจากการตรวจสอบตาม 4 วิธีการทั่วไปของการเปรียบเทียบทางเลือกในการลงทุน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทน (ROR), การวิเคราะห์ต้นทุน, และระยะเวลาคืนทุน ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์สำหรับ AHP วิธีการนี้ได้นำ AHP มาใช้ร่วมกับทฤษฎี Fuzzy โดยขั้นตอนแรกเป็นการคำนวณค่า

น้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ จากนั้นใช้ TOPSIS ในการประเมินผลของโครงการ ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า โครงการที่ 6 มีค่ามากที่สุด

Prin and Athakorn (2010) [49] ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจและประยุกต์ใช้การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมกับกรณีโรงงานในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยบริษัทพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมใหม่ โดยมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีอัตราส่วนการปรับปรุงระหว่างผลิตภัณฑ์ใหม่และเก่า ในการตัดสินใจประกอบด้วย 6 ปัจจัย ได้แก่ การวางแผน การออกแบบ การผลิต การใช้งาน การกำจัด และอื่นๆ จากผลการวิเคราะห์พบว่ามีประโยชน์ 4 ข้อ คือ 1) ลดเวลาและต้นทุนในการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม 2) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าเดิม 3) เป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างง่ายในขั้นตอนการออกแบบ และ 4) สนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยผลการศึกษากรณีศึกษาผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้วิธีการพัฒนาในการศึกษาครั้งนี้สามารถเพิ่มคุณภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ (ประเภทนี้) ที่มีประสิทธิภาพการทำงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอัตราส่วนที่สูงขึ้น รวมทั้งลดการใช้ไฟฟ้า กำไรต่อหน่วยสูงขึ้น และลดเวลาในการพัฒนาและค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยอีกด้วย

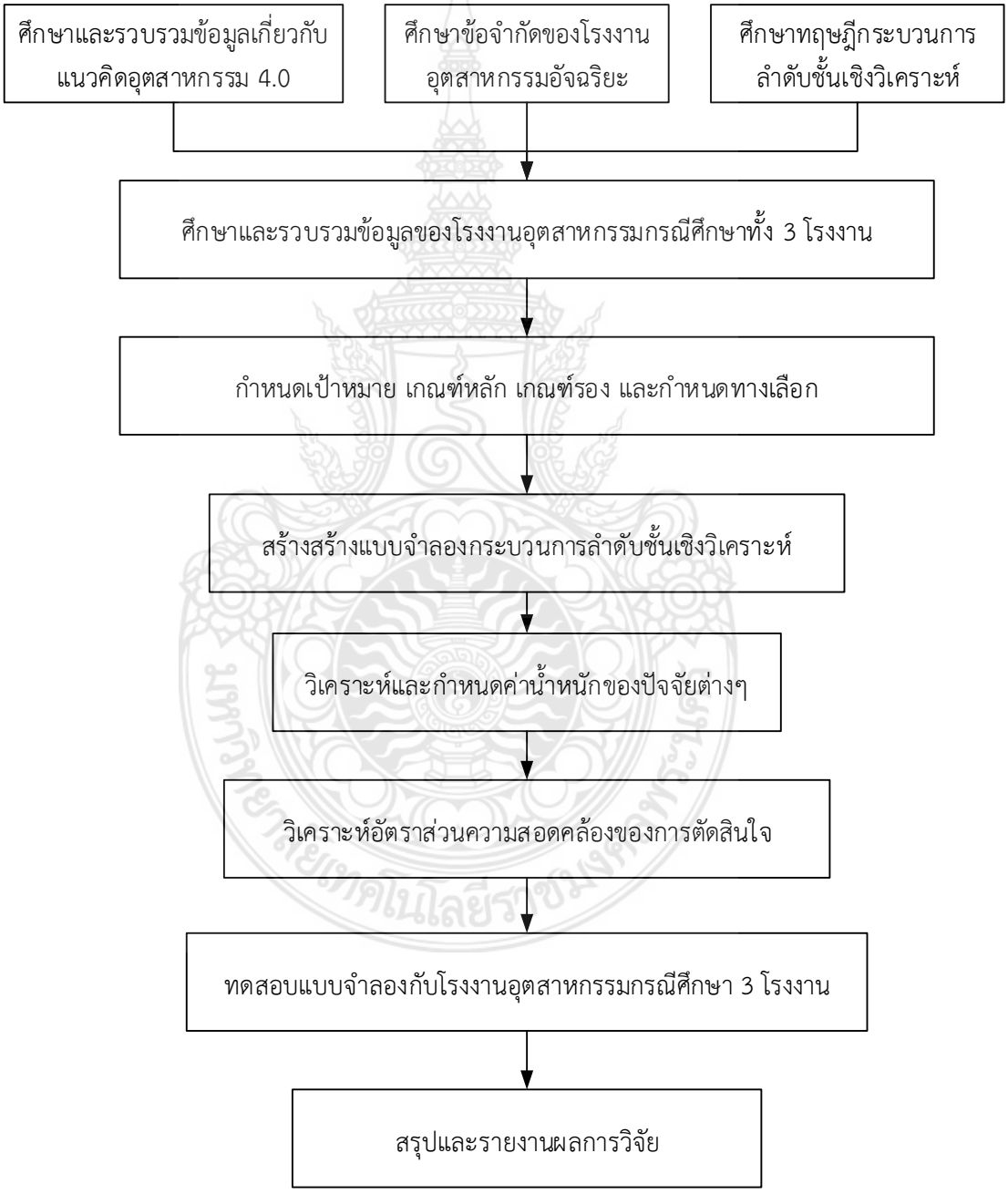
ศุภลักษณ์ และ อดิศักดิ์ (2012) [50] ได้สร้างแบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) และทดสอบความสามารถในการประยุกต์ใช้ของแบบจำลองที่เสนอกับกรณีศึกษาบริษัท ฮานา ไมโครอิเล็คโทรนิคส จำกัด (มหาชน) กลุ่มผู้ตัดสินใจเป็นผู้บริหารและพนักงานในแผนกโลจิสติกส์ของบริษัทฯ รวมทั้งสิ้น 6 ราย เก็บข้อมูลดุลยพินิจการเปรียบเทียบคู่โดยใช้แบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่เสนอสามารถประยุกต์ใช้คัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของกรณีศึกษาได้และแบบจำลองยังสามารถระบุลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของกรณีศึกษา เกณฑ์หลักที่มีความสำคัญสูงสุดคือ ต้นทุน รองลงมาคือความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ การตอบสนอง ความมั่นคงทางการเงินและเทคโนโลยีสารสนเทศ

Biljana et al. (2014) [51] ได้ศึกษาเครื่องมือการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยโดยใช้แบบจำลองประเมินการจัดการของเสียอย่างยั่งยืน เพื่อประเมินสถานการณ์การจัดการของเสียที่ยั่งยืนในการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบทั้งหมด โดยปัญหาหลักในการวิเคราะห์คือ การกำหนดตัวชี้วัดที่ชัดเจนซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุด โดยแบบจำลองการประเมินสถานการณ์การบำบัดของเสียที่ยั่งยืนด้วยเทคนิค AHP ที่พัฒนาขึ้นมา ที่สามารถเพิ่มจำนวนของตัวชี้วัดได้หากพบว่า จำนวนตัวชี้วัดไม่เพียงพอต่อการจำแนกความแตกต่างระหว่างสถานการณ์และปัจจัยใหม่สำหรับการเลือกตัวชี้วัด เช่น ความสัมพันธ์ของตัวชี้วัดที่ชัดเจนในการบำบัดของเสีย สำหรับแบบจำลองนี้จะใช้ในพื้นที่กรณีศึกษาคือ เมืองนีช ประเทศเซอร์เบีย โดยมีสถานการณ์ทางเลือกทั้งหมด 4 สถานการณ์ ได้แก่ การดำเนินงานปกติ (ฝังกลบของเสีย) การย่อย

สลายแบบไร้อากาศ การเผา และการย่อยสลายแบบใช้อากาศ และมีปัจจัยทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ การปลดปล่อย CO_2 การปลดปล่อย SO_2 การลดปริมาณของเสีย ต้นทุนการลงทุน ต้นทุนการดำเนินงาน รายได้ การสร้างงาน และการยอมรับจากประชาชน นอกจากนี้ยังพบว่าสถานการณ์ที่ยั่งยืนที่สุดคือ การทำปุ๋ยหมักอินทรีย์และการรีไซเคิลของเสียอนินทรีย์

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัยในโครงการนี้ สามารถอธิบายเป็นแผนภาพดัง**รูปที่ 3-1** และมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3-1 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา

ในการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ศึกษาข้อจำกัดของโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะ และศึกษาทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) นั้น ได้แสดงข้อมูลการศึกษาไว้ในบทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับในบทที่ 3 จะเป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยได้กำหนดโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้งหมด 3 โรงงาน โดยการเข้าไปเก็บข้อมูลในโรงงานและใช้แบบสอบถามในการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงงาน (ภาคผนวก ก) ดังนี้

1) บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

2) บริษัท ซีพีแรม จำกัด

3) บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

3.1.1 บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

1) ความเป็นมาและที่ตั้ง บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด (โรงงาน) ตั้งอยู่เลขที่ 9/23 หมู่ที่ 7 ถนนสุขสวัสดิ์ 78 ตำบลบางจาก อำเภอพระประแดง สมุทรปราการ 10130 เป็นบริษัทในกลุ่มบริษัทจินดาสุข โดยดำเนินธุรกิจการผลิตและจัดจำหน่าย มาตรวัดน้ำ ก๊อกน้ำ และอุปกรณ์ประปาภายใต้ตราสินค้า Asahi Ataco Sanwa Rambo และ Drago มากว่า 50 ปี ซึ่งประสบความสำเร็จในระดับผู้นำตลาดส่วนราชการที่ให้บริการระบบประปา และตัวแทนจำหน่ายทั่วประเทศ ปัจจุบันสินค้าและกระบวนการผลิตของบริษัทฯ สามารถเข้าสู่มาตรฐานสากลในระดับต่างๆ ซึ่งได้แก่ มาตรฐานอุตสาหกรรม ISO 9001 รางวัลผู้ส่งออกดีเด่น PM's Award ปี 1999, ปี 2004 และสัญลักษณ์ตราสินค้าไทย Thailand's Brand ปี 1999 ด้วยรากฐานอันมั่นคง ประสบการณ์ที่ยาวนานและการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกิจการ	
1) ประเภทของกิจการ	ภาคการผลิต
2) กลุ่มอุตสาหกรรม S-curve	อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (Smart Electronics)
3) รายได้	มากกว่า 500 ล้านบาท/ปี
4) สินทรัพย์ถาวร	มากกว่า 200 ล้านบาท (L)
5) จำนวนพนักงาน	มากกว่า 500 คน
2. ความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรม 4.0	
2.1 กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	
2.1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	มีระบบตัวชี้วัด ซึ่งอยู่ในขั้นเริ่มต้น

รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
2.1.2 ได้มีการใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	กลยุทธ์อยู่ในระดับกำลังพัฒนา
2.1.3 มีเทคโนโลยีอะไรบ้างที่ใช้ในบริษัทในปัจจุบัน	1) เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) 2) โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ (Mobile and Devices) 3) เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) 4) ระบบระบุตำแหน่งแบบเรียลไทม์ (Real-time Location Systems) 5) ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อเก็บและประเมินข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Big Data to Store and Evaluate Real-time Data) 6) ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technologies) เป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถปรับขนาดได้ (as Scalable IT Infrastructure) 7) ระบบสมองกลฝังตัวในเทคโนโลยีสารสนเทศ (Embedded IT Systems) 8) การสื่อสารแบบเครื่องจักรกับเครื่องจักร (M2M Communications)
2.1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 มีในฝ่ายใดบ้างในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา และภายใน 5 ปีข้างหน้า	**1) ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา** 1.1) วิจัยและพัฒนา = มาก 1.2) การจัดซื้อ = ไม่มี 1.3) การผลิต = กลาง 1.4) การขายและการตลาด = น้อย 1.5) โลจิสติกส์ = น้อย 1.6) การบริการ = น้อย 1.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = มาก **2) ภายใน 5 ปีข้างหน้า** 2.1) วิจัยและพัฒนา = มาก 2.2) การจัดซื้อ = น้อย 2.3) การผลิต = มาก 2.4) การขายและการตลาด = น้อย 2.5) โลจิสติกส์ = กลาง 2.6) การบริการ = น้อย 2.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = มาก

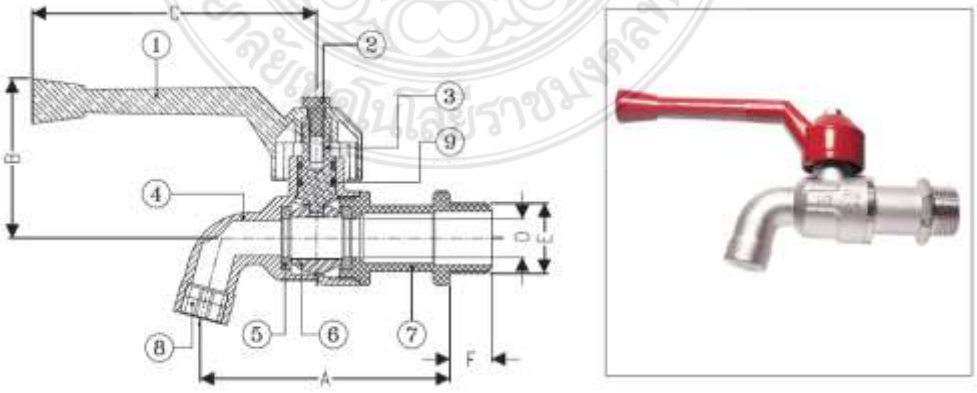
รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
5) ในฝ่ายใดบ้างที่มีการจัดการนวัตกรรม และเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ	1) เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) เทคโนโลยีการผลิต 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ๆ 4) การบริการ
2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	
2.2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร (Equipment Infrastructure)	
1) การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ	1) เครื่องจักร-มีระบบเชื่อมต่อที่สามารถควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มี/ขยายไปบางส่วน 2) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) ไม่มี 3) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ มี/ขยายไปบางส่วน
2) การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ	1) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) สามารถปรับปรุงได้ 2) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ สามารถปรับปรุงได้
2.2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน (Digital Model of Factory)	
1) สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่	ได้ แต่รวบรวมได้บางส่วน
2) ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวมและระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต	1) ข้อมูลสินค้าคงคลัง ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 2) เวลารวมในการทำงานของการผลิต ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 3) การใช้กำลังการผลิตเครื่องจักร ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 4) ส่วนที่เหลือจากการผลิต ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 5) โควตาของข้อผิดพลาด ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 6) การใช้ประโยชน์พนักงาน ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 7) ข้อมูลการตำแหน่งสินค้า ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 8) ข้อมูลกระบวนการที่ค้างอยู่ ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 9) เวลาในการทำรายการ ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 10) ประสิทธิผลเครื่องจักรรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ใช่/แต่ใช้คนบันทึก

รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
3) งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้	1) การบำรุงรักษาแบบที่คาดการณ์ได้ 2) กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์ที่ทำให้เกิดผลดีที่สุด 3) การสร้างความชัดเจนและโปร่งใสตลอดกระบวนการผลิต 4) การจัดการคุณภาพ 5) การใช้ทรัพยากรในระดับที่ดีสุด (วัตถุดิบ, พลังงาน)
4) ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัทและระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัทหรือไม่	**<u>มีการใช้</u>** 1) ERP – การวางแผนทรัพยากรองค์กร 2) PPS – ระบบการวางแผนการผลิต 3) CAD – การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย **<u>มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท</u>** 1) ERP – การวางแผนทรัพยากรองค์กร 2) PPS – ระบบการวางแผนการผลิต
2.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	
2.3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน (Vertical and Horizontal Integration)	
1) ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือภายนอก	**<u>ภายในระหว่างฝ่าย</u>** 1) วิจัยและพัฒนา 2) การจัดซื้อ 3) การผลิต 4) การขายและการตลาด 5) โลจิสติกส์ 6) การบริการ 7) เทคโนโลยีสารสนเทศ 8) บัญชีและการเงิน
2.3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป (Distributed Control)	
1) บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ	ไม่มี
2) บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์	ไม่มี
2.3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล (Data and Communications Security)	
1) วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท	มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนกลางของบริษัท

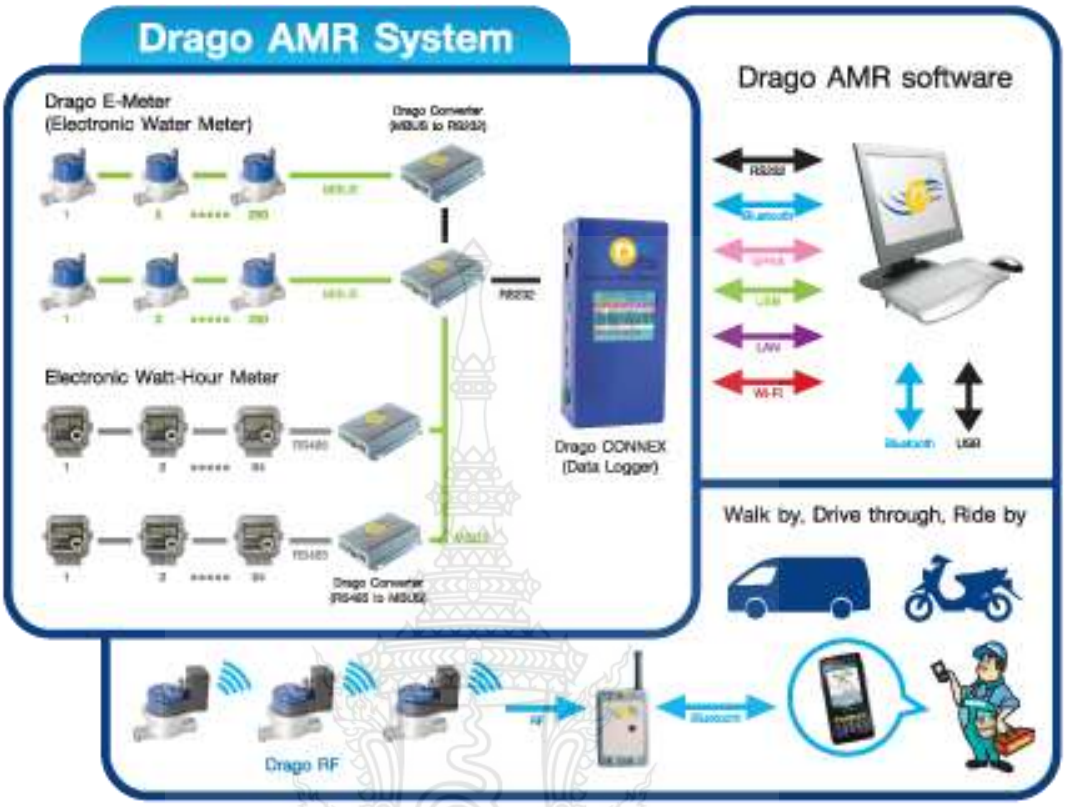
รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
2) การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	1) ความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลภายใน ได้ดำเนินการแล้ว 2) ความปลอดภัยข้อมูลผ่านบริการคลาวด์ ได้วางแผน 3) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กร ได้วางแผน 4) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพันธมิตรทางธุรกิจ ไม่เกี่ยวข้องกับบริษัท
3) ได้ใช้บริการคลาวด์หรือยัง	1) สำหรับซอฟต์แวร์ที่มีคลาวด์เป็นฐาน ไม่ใช้ 2) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ไม่ใช้ 3) สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ไม่ใช้
2.4 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	
1) บริษัทได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีอุปกรณ์ครบครันที่ได้เพิ่มฟังก์ชันที่มีฐานจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไม่	1) การเชื่อมต่อ (Integration) 2) การติดตาม (Monitoring)
2.5 การบริการการใช้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ (Data-Driven Services)	
1) ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ปัจจุบันมีบริการนี้หรือไม่	มีข้อมูล แต่ยังไม่เชื่อมต่อกับลูกค้า
2) บางครั้งได้รวบรวมข้อมูล และเก็บไว้เท่านั้นโดยไม่ได้นำออกมาใช้จำเป็นต้องทราบระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท)	21% to 50%
3) มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าหรือไม่	มีการวิเคราะห์
2.6 พนักงาน (Employees)	
1) ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของ	1) โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ 2) เทคโนโลยีอัตโนมัติ มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ

รายการ	ผลการสำรวจข้อมูล
การเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่	3) การวิเคราะห์ข้อมูล มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ 4) ความปลอดภัยของข้อมูลและการสื่อสาร มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ 5) พัฒนาหรือใช้ระบบช่วยเหลือ มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ
2) บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น	มี เช่น ให้ทุนการศึกษาต่อระดับ ป.ตรี ป.โท, การสหกิจกับ มจธ., อบรมสัมมนากับ TGI

2) ประกอบกิจการ ผลิตและจัดจำหน่าย มาตรวัดน้ำ ก๊อกน้ำ และอุปกรณ์ประปา มีเครื่องจักร 3,419.45 HP เงินทุน 121,000,000 บาท มีคนงานมากกว่า 500 คน โดยมีผลิตภัณฑ์หลัก คือ ก๊อกบอล ซันวา (**รูปที่ 3-2**) ซึ่งตัวก๊อกน้ำทำจากทองเหลืองคุณภาพสูง โดยวิธีปั๊มร้อนขึ้นรูปชุบนิกเกิล โครเมียมเพิ่มความสวยงามทนทาน ใช้วัสดุเทฟล่อนคุณภาพสูงในการผลิตแหวนรองรับลูกบอล ป้องกันการรั่วซึมและเพิ่มความนุ่มนวลในการเปิด-ปิด ลูกบอลในการบังคับทางไหลของน้ำทำจากทองเหลืองคุณภาพสูงปราศจากการเกิดสนิม ทำให้การเปิด-ปิดเป็นไปโดยสะดวก ไม่เกิดการติดขัด ด้ามจับทำจากอลูมิเนียม ทำให้ปลอดสนิมตลอดอายุการใช้งาน และยังมีผลิตภัณฑ์อัจฉริยะที่เป็นนวัตกรรมใหม่ คือ มาตรวัดน้ำอัจฉริยะ (Smart meter) เพื่อให้ผู้ประกอบการธุรกิจที่มีความจำเป็น ต้องใช้ข้อมูลจากมาตรวัดน้ำ-ไฟ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ไม่ว่าจะเพื่อวัตถุประสงค์ในการเรียกเก็บค่าใช้น้ำ-ไฟ หรือเพื่อต้องการตรวจสอบการรั่วไหลของ น้ำ-ไฟ ตามจุดต่างๆ ในอาคาร หรือแม้กระทั่งใช้เพื่อการบริหารจัดการการใช้น้ำ-ไฟ ก็ตาม เช่น ผู้ประกอบการคอนโดมีเนียม อพาร์ทเมนต์ แมนชั่น สำนักงานเช่า ห้องเช่า โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล โรงแรม หน่วยงานของรัฐ การประปา เป็นต้น ดัง**รูปที่ 3-2**



รูปที่ 3-2 ผลิตภัณฑ์ก๊อกบอล ซันวา



รูปที่ 3-3 ผลิตภัณฑ์มาตรวัดน้ำอัจฉริยะ (Smart meter)

3) ประเภทโรงงาน ทะเบียนโรงงาน 3-64(8)-3/34สป ประเภทโรงงาน 64(8) การทำเครื่องสุขภัณฑ์เหล็กหรือโลหะเคลือบเครื่องทองเหลือง สำหรับใช้ในการต่อท่อหรือเครื่องประกอบวาล์วหรือท่อ ประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรม ISIC 2599, TSIC 25991 ซึ่งโรงงานได้รับการรับรองมาตรฐานต่างๆ

4) กระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทฯ คือ ก๊อกน้ำ ซึ่งจะทำการชุบผิวด้วยโครเมียมทำให้เกิดความมันวาว ทนทานต่อการกัดกร่อน สารเคมี และรอยขีดข่วนได้ดี โดยมีขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้อง คือ High pressure dies casting กระบวนการหล่อความดันสูงเป็นกระบวนการที่ใช้ความดันสูงในการฉีดโลหะเหลวเข้าสู่โพรงแม่พิมพ์จนเต็มและใช้ความดันสูงช่วยอัดโลหะเหลวที่กำลังแข็งตัวภายในแม่พิมพ์ให้เนื้อมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น ดังนี้

4.1) นำทองเหลืองเข้าเตาหลอมไฟฟ้า เมื่อใส่กระแสไฟฟ้าเข้าไปจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้ทองเหลืองหลอมละลาย

4.2) นำทองเหลืองหลอมเหลวไปปรับปรุงคุณภาพโดยการเติมธาตุต่างๆ เช่น อลูมิเนียม ตะกั่ว ซึ่งตะกั่วจะช่วยลดความหนืดของทองเหลืองหลอมเหลวทำให้ไหลได้ดีขึ้น แต่ตะกั่วมีข้อเสียคือ เป็นพิษต่อร่างกาย

4.3) เข้ากระบวนการผลิตแบบ High pressure dies casting เครื่องหล่อจะฉีดทองเหลืองหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์โดยใช้แรงอัดให้เนื้อโลหะหนาแน่นมากขึ้น

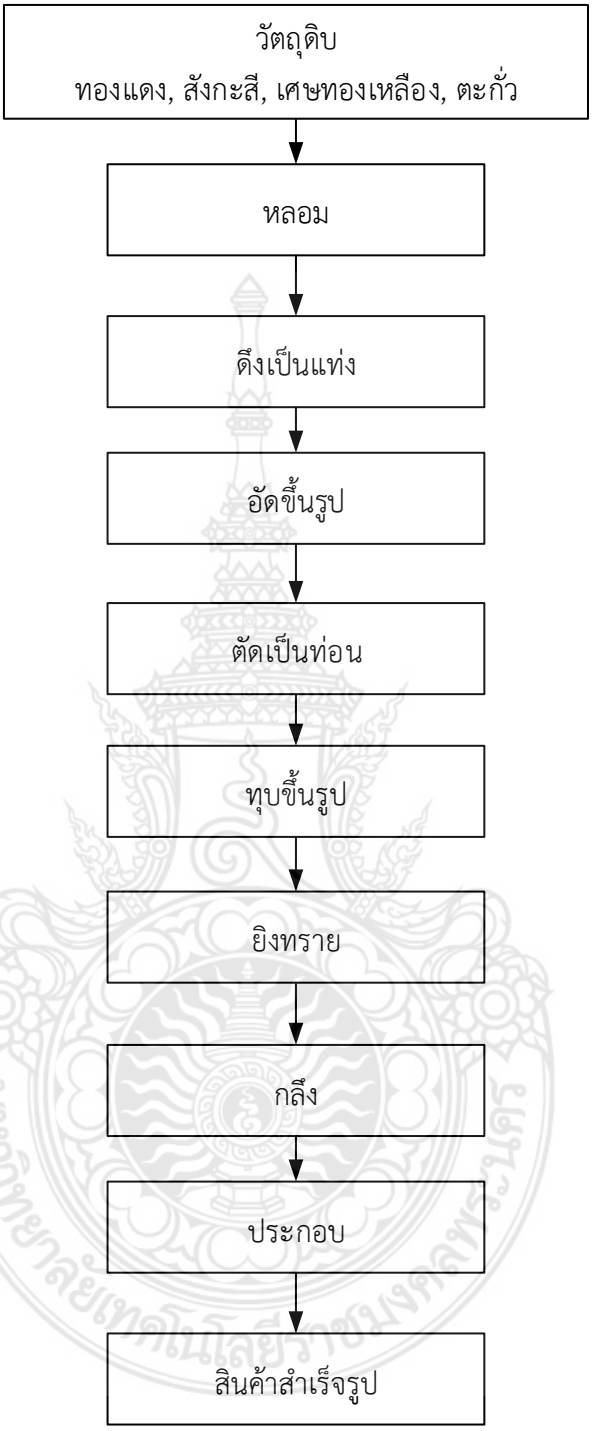
4.4) นำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้ว quenching โดยการฉีดพ่นน้ำไปที่ผิวชิ้นงาน

4.5) ทำเกลียวขึ้นที่ตัวก๊อกน้ำด้วยกระบวนการกลึง

4.6) เข้าสู่กระบวนการขัดเป็นการขัดตัวก๊อกน้ำให้มีความมันวาวเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการชุบผิว

4.7) กระบวนการชุบผิวด้วยวิธีแยกสารละลายด้วยไฟฟ้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพผิวของตัวก๊อกน้ำ เนื่องจากผิวของทองเหลืองเกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย เริ่มต้นด้วยการจุ่มลงในน้ำสะอาดแล้วนำไปจุ่มในบ่อกรดเพื่อล้างคราบไขมัน จุ่มในน้ำสะอาดอีกครั้งแล้วเข้าบ่อชุบนิกเกิลเพื่อรองพื้นผิว สุดท้ายนำไปชุบโครเมียมเพื่อให้ผิวแข็งแรงเป็นมันวาว

4.8) นำตัวก๊อกน้ำไปประกอบเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ จะได้ก๊อกน้ำที่สมบูรณ์



รูปที่ 3-4 กระบวนการผลิตก๊อกน้ำ

5) ปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม

บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด ได้รายงานเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วและวิธีกำจัด ประจำปี 2559 แก่กรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีทั้งหมด 15 รายการ ดัง**ตารางที่ 3-2**

ตารางที่ 3-2 รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2559 ของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

ลำดับที่	รหัส	รายการ	ปริมาณ (ตัน)	วิธีการกำจัด	ผู้ขนส่ง/จัดการ
1	191001	เศษเหล็กทั่วไป	63.80	049	คุณสมยศ
2	120110	Coolant oil	59.27	042	บริษัท เจ.ที.เค ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท ไทย โอนลี่ วัน แมเนจ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด
3	191001	แม่พิมพ์ปั๊ม	22.50	049	บริษัท นวนคร รีไซเคิล/คุณมานพ
4	080113	กากสี	17.28	042	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน)
5	150202	วัสดุปนเปื้อน	15.43	042	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน)
6	150101	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ	14.80	049	คุณสมยศ
7	120107	Coolant oil	14.36	042	บริษัท เจ.ที.เค ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท ไทย โอนลี่ วัน แมเนจ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด
8	150102	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก	11.50	049	คุณสมยศ
9	191001	เศษโลหะ	10.35	049	คุณสมยศ
10	150110	ภาชนะปนเปื้อน	9.27	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
11	150103	เศษไม้	4.00	049	คุณอนุชา
12	130208	น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	1.09	049	บริษัท ทีเคเอสพี ออย จำกัด/ บริษัท ทีเคเอสพี ออย จำกัด

ลำดับที่	รหัส	รายการ	ปริมาณ (ตัน)	วิธีการกำจัด	ผู้ขนส่ง/จัดการ
13	150110	อุปกรณ์สำนักงาน	0.81	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทราน สปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
14	160215	หลอดไฟฟ้า	0.43	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทราน สปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
15	130208	น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	0.36	049	บริษัท ส.เจริญไทยรีไซเคิล จำกัด/บริษัท ส.เจริญไทยรีไซเคิล จำกัด

ที่มา: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, รายงานประจำปี แบบ สก.3, (2561)

3.1.2 บริษัท ซีพีแรม จำกัด

1) ความเป็นมาและที่ตั้ง บริษัท ซีพีแรม จำกัด (โรงงานลาดหลุมแก้ว) ตั้งอยู่ที่ 177 หมู่ 4 ถ.ปทุมธานี-ลาดหลุมแก้ว ต.ระแหง อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี 12140 เป็นบริษัทหนึ่งในเครือเจริญโภคภัณฑ์ ดำเนินการผลิตและจัดจำหน่ายอาหารพร้อมรับประทาน ซีพีแรมตั้งปณิธานที่จะส่งมอบอาหารรสชาติดี มีรสนิยม และให้คุณค่าทางโภชนาการ โดยมุ่งมั่นสร้างสรรค์คุณภาพด้วยการผลิตมาตรฐานโลก และมีหน่วยงานวิจัยและพัฒนาของตนเอง ซึ่งธุรกิจครอบคลุมทั้งการเป็นผู้ผลิตให้กับแบรนด์ชั้นนำทั่วโลก และการพัฒนาแบรนด์ของตนเอง

เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2531 บริษัท ซี.พี. ค้าปลีกและการตลาด จำกัด หรือ ซีพีแรม ถือกำเนิดขึ้นเพื่อรองรับการเข้าสู่ธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ ของเครือเจริญโภคภัณฑ์ ธุรกิจแรกเริ่มคือแปรรูปผักผลไม้แช่เยือกแข็ง โดยมีโรงงานตั้งอยู่ที่อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ด้วยทุนจดทะเบียน 20 ล้านบาท โดยวันที่ 1 เมษายน 2532 ก่อตั้งโครงการเบเกอรี่ เปิดร้านเบเกอริช 2 สาขา และต่อมาได้รวม 2 ธุรกิจเข้าด้วยกันเพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เข้าสู่ร้านสะดวกซื้อ 7-Eleven ตั้งแต่นำขนมปัง เค้ก คุกกี้ แบบโฮมเมด มาบรรจุเป็น Package Bakery ตรา เบเกอริช (Bakerich) และผลิต “ติ่มซำแช่เยือกแข็ง” ส่งให้ทางร้านอุ่นในตู้นึ่งร้อนๆ นุ่มๆ ซึ่งนับว่าใหม่มากในขณะนั้น จนกลายเป็น Signature Product ของ 7-Eleven พร้อมทั้งได้พัฒนาติ่มซำ มังกรหยก (Jade Dragon) เข้าสู่ตลาดร้านสะดวกซื้อและร้านค้าปลีกสมัยใหม่ ในรูปแบบตู้นึ่งและแพ็คซองในตู้แช่แข็งทั่วประเทศ

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลของบริษัท ซีพีแรม จำกัด

รายการ	ข้อมูลบริษัท
1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกิจการ	
1) ประเภทของกิจการ	ภาคการผลิต
2) กลุ่มอุตสาหกรรม S-curve	อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร (Food for the Future)
3) รายได้	มากกว่า 500 ล้านบาท/ปี
4) สินทรัพย์ถาวร	มากกว่า 200 ล้านบาท (L)
5) จำนวนพนักงาน	มากกว่า 500 คน
2. ความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรม 4.0	
2.1 กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	
2.1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	มีระบบตัวชี้วัด ซึ่งพิจารณาอย่างเหมาะสม
2.1.2 ได้มีการใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	กลยุทธ์ได้ลงมือปฏิบัติตามเรียบร้อยแล้ว
2.1.3 มีเทคโนโลยีอะไรบ้างที่ใช้ในบริษัทในปัจจุบัน	1) เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) 2) โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ (Mobile and Devices) 3) เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) 4) ระบบระบุตำแหน่งแบบเรียลไทม์ (Real-time Location Systems) 5) ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อเก็บและประเมินข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Big Data to Store and Evaluate Real-time Data) 6) ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technologies) เป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถปรับขนาดได้ (as Scalable IT Infrastructure) 7) ระบบสมองกลฝังตัวในเทคโนโลยีสารสนเทศ (Embedded IT Systems) 8) การสื่อสารแบบเครื่องจักรกับเครื่องจักร (M2M Communications)
2.1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 มีในฝ่ายใดบ้างในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา และภายใน 5 ปีข้างหน้า	**1) ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา** 1.1) วิจัยและพัฒนา = มาก 1.2) การจัดซื้อ = กลาง 1.3) การผลิต = มาก 1.4) การขายและการตลาด = กลาง

รายการ	ข้อมูลบริษัท
	1.5) โลจิสติกส์ = กลาง 1.6) การบริการ = กลาง 1.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = มาก **2) ภายใน 5 ปีข้างหน้า** 2.1) วิจัยและพัฒนา = มาก 2.2) การจัดซื้อ = น้อย 2.3) การผลิต = กลาง 2.4) การขายและการตลาด = กลาง 2.5) โลจิสติกส์ = กลาง 2.6) การบริการ = กลาง 2.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = กลาง
5) ในฝ่ายใดบ้างที่มีการจัดการนวัตกรรม และเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ	1) เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) เทคโนโลยีการผลิต 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4) การบริการ 5) ส่วนกลาง, ในการจัดการแบบบูรณาการ
2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	
2.2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร (Equipment Infrastructure)	
1) การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ	1) เครื่องจักร-มีระบบเชื่อมต่อที่สามารถควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มีอย่างสมบูรณ์ 2) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) มีอย่างสมบูรณ์ 3) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ มีอย่างสมบูรณ์
2) การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ	1) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) สูงเพราะมีฟังก์ชันอยู่แล้ว 2) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ สูงเพราะมีฟังก์ชันอยู่แล้ว
2.2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน (Digital Model of Factory)	
1) สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่	ได้ โดยรวบรวมได้ทั้งหมด

รายการ	ข้อมูลบริษัท
2) ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวมและระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต	1) ข้อมูลสินค้าคงคลัง ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 2) เวลารวมในการทำงานของการผลิต ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 3) การใช้กำลังการผลิตเครื่องจักร ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 4) ส่วนที่เหลือจากการผลิต ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 5) โควตาของข้อผิดพลาด ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 6) การใช้ประโยชน์พนักงาน ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 7) ข้อมูลการตำแหน่งสินค้า ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 8) ข้อมูลกระบวนการที่ค้างอยู่ ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 9) เวลาในการทำรายการ ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ 10) ประสิทธิผลเครื่องจักรรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ
3) งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้	1) การบำรุงรักษาแบบที่คาดการณ์ได้ 2) กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์ที่ทำให้เกิดผลดีที่สุด 3) การสร้างความชัดเจนและโปร่งใสตลอดกระบวนการผลิต 4) การจัดการคุณภาพ 5) การผลิตแบบอัตโนมัติควบคุมโดยใช้ข้อมูลเรียลไทม์ 6) การใช้ทรัพยากรในระดับที่ดีสุด (วัตถุดิบ, พลังงาน)
4) ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัทและระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัทหรือไม่	**มีการใช้** 1) MES – ระบบปฏิบัติการผลิต 2) ERP – การวางแผนทรัพยากรองค์กร 3) PLM – การจัดการวงจรผลิตภัณฑ์ 4) PDM – การจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ 5) PPS – ระบบการวางแผนการผลิต 6) PDA – การจัดหาข้อมูลการผลิต 7) MDC – การรวบรวมข้อมูลเครื่องจักร 8) CAD – การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย 9) SCM – การจัดการซัพพลายเชน **มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท** 1) MES – ระบบปฏิบัติการผลิต

รายการ	ข้อมูลบริษัท
	2) ERP – การวางแผนทรัพยากรองค์กร 3) PLM – การจัดการวงจรผลิตภัณฑ์ 4) PDM – การจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ 5) PPS – ระบบการวางแผนการผลิต 6) PDA – การจัดหาข้อมูลการผลิต 7) MDC – การรวบรวมข้อมูลเครื่องจักร 8) CAD – การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย 9) SCM – การจัดการซัพพลายเชน
2.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	
2.3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน (Vertical and Horizontal Integration)	
1) ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือภายนอก	<u>**ภายในระหว่างฝ่าย**</u> 1) วิจัยและพัฒนา 2) การจัดซื้อ 3) การผลิต 4) การขายและการตลาด 5) โลจิสติกส์ 6) การบริการ 7) เทคโนโลยีสารสนเทศ 8) บัญชีและการเงิน <u>**ภายนอกกับลูกค้าและผู้ส่งมอบ**</u> 1) การจัดซื้อ 2) การผลิต 3) การขายและการตลาด 4) โลจิสติกส์ 5) การบริการ
2.3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป (Distributed Control)	
1) บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะภายในบริษัท หรือพื้นที่ที่เลือกมาเท่านั้น
2) บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะภายในบริษัท หรือพื้นที่ที่เลือกมาเท่านั้น
2.3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล (Data and Communications Security)	

รายการ	ข้อมูลบริษัท
1) วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท	มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนกลางของบริษัท
2) การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	1) ความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลภายใน ได้ดำเนินการแล้ว 2) ความปลอดภัยข้อมูลผ่านบริการคลาวด์ ได้ดำเนินการแล้ว 3) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กร ได้ดำเนินการแล้ว 4) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพันธมิตรทางธุรกิจ ได้ดำเนินการแล้ว
3) ได้ใช้บริการคลาวด์หรือยัง	1) สำหรับซอฟต์แวร์ที่มีคลาวด์เป็นฐาน ใช้ 2) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ 3) สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ใช้
2.4 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	
1) บริษัทได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีอุปกรณ์ครบครันที่ได้เพิ่มฟังก์ชันที่มีฐานจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไม่	ไม่มี
2.5 การบริการการใช้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ (Data-Driven Services)	
1) ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ปัจจุบันมีบริการนี้หรือไม่	มีข้อมูล และได้เชื่อมต่อกับลูกค้าทุกราย
2) บางครั้งได้รวบรวมข้อมูล และเก็บไว้เท่านั้นโดยไม่ได้นำออกมาใช้จำเป็นต้องทราบระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท)	21% to 50%
3) มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าหรือไม่	มีการวิเคราะห์
2.6 พนักงาน (Employees)	

รายการ	ข้อมูลบริษัท
1) ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่	1) โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เพียงพอ 2) เทคโนโลยีอัตโนมัติ เพียงพอ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล เพียงพอ 4) ความปลอดภัยของข้อมูลและการสื่อสาร เพียงพอ 5) พัฒนาหรือใช้ระบบช่วยเหลือ เพียงพอ 6) ซอฟต์แวร์เชิงความร่วมมือ เพียงพอ 7) ทักษะที่ไม่เชิงเทคนิค เช่น การคิดที่เป็นระบบและการเข้าใจกระบวนการ เพียงพอ
2) บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น	มี

2) ประกอบกิจการ ทำอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคทันที มีเครื่องจักร 13,781.14 HP เงินทุน 53,122,237 บาท มีคนงานมากกว่า 600 คน โดยบริษัทฯ ตระหนักและให้ความสำคัญของการผลิตอาหารให้มีคุณภาพ ได้มาตรฐานระดับสากลและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงนำเอาระบบ HACCP GMP และ Global GAP เพื่อเป็นหลักประกันความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในคุณภาพของสินค้ารวมทั้งยังก่อให้เกิดมาตรฐานการทำงานที่สูงขึ้นและซีพีแรมยังได้รับการรับรองด้านอาหารปลอดภัย (Food Safety) ตามมาตรฐานสากล เช่น BRC (British Retail Consortium) IFS (International Food Standard) โดยหน่วยงานรับรองจากต่างประเทศ ปัจจุบันซีพีแรมประกอบด้วย 2 กิจการหลัก ได้แก่

2.1) กิจการอาหารพร้อมรับประทาน

ผลิตและจัดจำหน่ายอาหารพร้อมรับประทานแช่เยือกแข็งและแช่เย็น ซึ่งเป็นอาหารที่ผ่านกระบวนการทำให้สุกและพร้อมรับประทาน ผ่านกรรมวิธีแช่เยือกแข็งและแช่เย็น จึงคงคุณภาพความสดใหม่และคุณค่าทางอาหาร เพียงแต่นำอาหารมาอุ่นให้ร้อน ก็สามารถนำมารับประทานได้ทันที โดยส่งออกและจำหน่ายในประเทศ ได้แก่ ติ่มซำ “เจด ดราก้อน” และอาหารพร้อมรับประทาน “เดลี่ไทย” และ “เดลิกาเซีย” นอกจากนี้ยังมีธุรกิจบริการจัดเลี้ยงภายใต้แบรนด์ “ซีพีแรม แคเทอริ่ง” (**รูปที่ 3-5**)

รูปที่ 3-5 ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทานของบริษัท ซีพีแรม จำกัด

2.2) กิจการเบเกอรี่

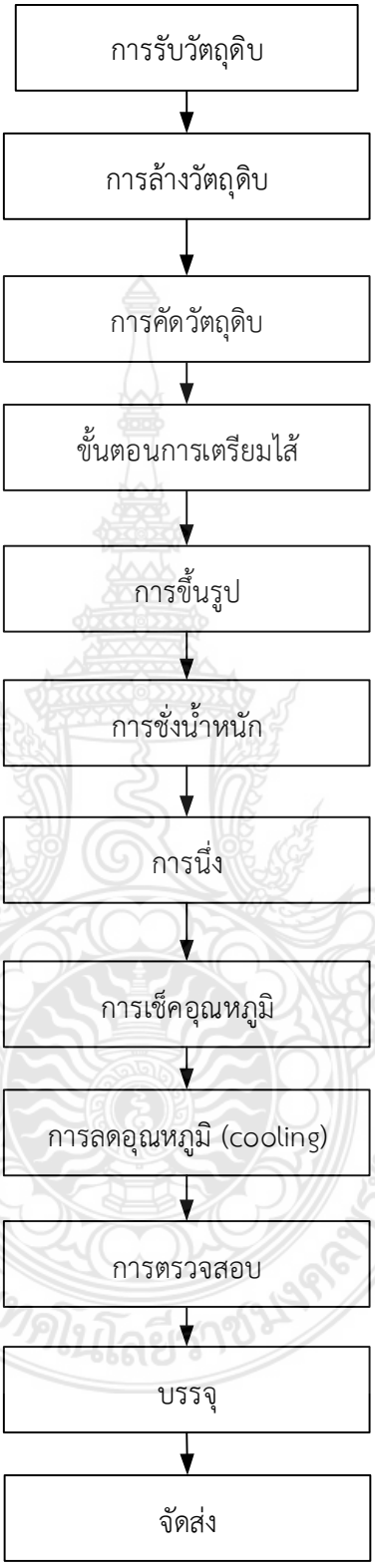
ผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อบสดประเภทสแน็คเบเกอรี่ หรือเบเกอรี่พร้อมรับประทานนับร้อยชนิดต่อวันภายใต้แบรนด์ “เลอแปง” ทุกผลิตภัณฑ์ได้รับการควบคุมเอาใจใส่อย่างพิถีพิถัน ตั้งแต่การวิจัยพัฒนาคัดสรรสูตร และส่วนผสมที่ดีที่สุดผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน และโรงงานทุกสาขา เพื่อให้ได้ความอร่อยและความสดใหม่ภายใต้คุณภาพและมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ (**รูปที่ 3-6**)

รูปที่ 3-6 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ของบริษัท ซีพีแรม จำกัด

3) ประเภทโรงงาน ทะเบียนโรงงาน ศ3-6(2)-1/33ปท ประเภทโรงงาน 4(2) การถนอมเนื้อสัตว์ โดยวิธีอบ รมควัน ใส่เกลือ ดอง ตากแห้ง หรือทำให้เยือกแข็งโดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง, 4(3) การทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากเนื้อสัตว์ มันสัตว์ หนังสัตว์ หรือสารที่สกัดจากไขสัตว์หรือกระดูกสัตว์, 6(1) การทำอาหารจากสัตว์น้ำและบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้, 6(2) การถนอมสัตว์น้ำ โดยวิธีอบ รมควัน ใส่เกลือ ดอง ตากแห้ง หรือทำให้เยือกแข็งโดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง, 6(3) การทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปจากสัตว์น้ำ หนังหรือไขมัน สัตว์น้ำ, 8(2) การถนอมผักพืช หรือผลไม้ โดยวิธีกวน ตากแห้ง ดอง หรือทำให้เยือกแข็ง โดยฉับพลันหรือเหือดแห้ง, 10(3) การทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้น เม็ด หรือชิ้น ประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรม ISIC 1029, TSIC 10291

4) กระบวนการผลิต

ระบบการจัดการซีพีแรม (CPRAM-MS Plus) เป็นระบบการจัดการที่พัฒนาขึ้นมาเองภายในองค์กรของบริษัท ซีพีแรม จำกัด โดยได้นำเอาระบบการจัดการสมัยใหม่ชั้นเยี่ยม 3 ระบบ อันได้แก่ ระบบการจัดการคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (TQM) ระบบการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และระบบลีน (LEAN) มาบูรณาการร่วมกัน และมีเทคโนโลยีช่วยในการขับเคลื่อน โดยมีค่านิยมองค์กรซีพีแรมเป็นตัวกำกับ ภายใต้วัฒนธรรมแห่งนวัตกรรมขององค์กร โดยบริษัท ซีพีแรม จำกัด (โรงงานลาดหลุมแก้ว) เป็นโรงงานผลิตและจัดจำหน่ายอาหารพร้อมรับประทานแช่เยือกแข็งและแช่เย็นหลากหลายผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทฯ คือ ติ่มซำที่มีความนิยมมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีหลากหลายเมนูให้เลือกสรรไม่ว่าจะเป็น ซาลาเปา หมั่นโถว ขนมจีบ เกี๊ยวกุ้ง ฮะเก๋า ขนมปังหน้ากุ้ง หมูพันสาหร่าย ปอเปี๊ยะ และถุงทอง ซึ่งมีกระบวนการผลิตดัง**รูปที่ 3-7**



รูปที่ 3-7 กระบวนการผลิตติ่มซำ

5) ปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม

บริษัท ซีพีแรม จำกัด (โรงงานลาดหลุมแก้ว) ได้รายงานเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วและวิธีกำจัด ประจำปี 2560 แก่กรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีทั้งหมด 25 รายการ สรุปดัง**ตารางที่ 3-4**

ตารางที่ 3-4 รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2560 ของบริษัท ซีพีแรม จำกัด (โรงงานลาดหลุมแก้ว)

ลำดับที่	รหัส	รายการ	ปริมาณ (ตัน)	วิธีการกำจัด	ผู้ขนส่ง/จัดการ
1	020305	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	1,013.13	083	จ3-43(1)-1/45กจ
2	150101	เศษกระดาษ	931.41	011	3-105-75/48ปท
3	020203	กากตะตอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	706.72	083	3-106-48/59สบ
4	020204	กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	327.21	083	จ3-43(1)-3/46กจ
5	020203	เศษอาหาร	120.24	084	นายเอกลักษณ์ สว่างเถื่อน บัตรเกษตรกร 3130100424159
6	020203	น้ำมันทอดเก่า	92.72	049	3-7(1)-1/12
7	020203	น้ำมันทอดเก่า	79.60	049	3-106-26/48สค
8	150102	เศษพลาสติก	77.98	049	จ3-53(9)-32/57ปท
9	170405	เหล็ก และเหล็กกล้า	41.60	049	3-105-75/48ปท
10	150104	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นโลหะ (ปี๊บ)	12.90	011	นายสุรสิทธิ์ แย้มพึ่ง (กรกนก)
11	150104	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นโลหะ (กระป๋อง)	9.83	011	นายสุรสิทธิ์ แย้มพึ่ง (กรกนก)
12	150107	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นแก้ว	7.73	011	นายสุรสิทธิ์ แย้มพึ่ง (กรกนก)
13	170402	อลูมิเนียม	3.32	049	3-105-75/48ปท
14	130899	น้ำมันคอมเพรสเซอร์	1.82	042	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน)

ลำดับที่	รหัส	รายการ	ปริมาณ (ตัน)	วิธีการกำจัด	ผู้ขนส่ง/จัดการ
15	100104	เขม่าจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	0.86	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
16	170203	แผ่นฟิลเลอร์	0.36	071	จ3-101-2/40สบ
17	150102	ถังซอส	0.27	033	จ3-13(2)-14/47จบ
18	150202	เศษผ้าปนเปื้อน	0.24	042	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน)
19	150102	ถังซอส	0.18	033	3-13(2)-3/57สป
20	160215	หลอดไฟฟ้า	0.11	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
21	150110	ภาชนะปนเปื้อน	0.06	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
22	150110	อุปกรณ์สำนักงาน	0.03	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
23	160602	ถ่านไฟฉาย	0.02	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
24	150111	กระป๋องสเปรย์	0.01	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด
25	160602	ถ่ายไฟฉาย	0.01	073	บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ ทรานสปอร์ต จำกัด/บริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด

ที่มา: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, รายงานประจำปี แบบ สก.3, (2561)

3.1.3 บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

1) ความเป็นมาและที่ตั้ง บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 988 หมู่ 2 ซ.เทศบาลบางปู 60 ถ.สุขุมวิท ต.ท้ายบ้าน อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280 โดยก่อตั้งในปี พ.ศ. 2531 มีความเชี่ยวชาญในการผลิต coil และ transformer บริษัทมีกำลังการผลิต 1,000,000 ชิ้นต่อปี และคาดว่าจะขยายกำลังการผลิตเป็น 2,000,000 ชิ้น ในอนาคตอันใกล้นี้

ในปี พ.ศ. 2546 KV e-Hospital ได้เริ่มก่อตั้งขึ้น โดยความร่วมมือกับพันธมิตรธุรกิจที่มีความเชี่ยวชาญด้านการซ่อมเครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์ชื่อบริษัท Micro Circuit Systems จากประเทศสิงคโปร์

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

รายการ	ข้อมูลบริษัท
1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกิจการ	
1) ประเภทของกิจการ	ภาคการผลิต และ ภาคการบริการด้านวิศวกรรม
2) กลุ่มอุตสาหกรรม S-curve	อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (Smart Electronics)
3) รายได้	100-500 ล้านบาท/ปี
4) สินทรัพย์ถาวร	51-200 ล้านบาท (M)
5) จำนวนพนักงาน	100-200 คน
2. ความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรม 4.0	
2.1 กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	
2.1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	มีระบบตัวชี้วัด ซึ่งพิจารณาอย่างเหมาะสม
2.1.2 ได้มีการใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	กลยุทธ์ได้ลงมือปฏิบัติตามเรียบร้อยแล้ว
2.1.3 มีเทคโนโลยีอะไรบ้างที่ใช้ในบริษัทในปัจจุบัน	1) เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) 2) เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) 3) ระบบสมองกลฝังตัวในเทคโนโลยีสารสนเทศ (Embedded IT Systems) 4) การสื่อสารแบบเครื่องจักรกับเครื่องจักร (M2M Communications)
2.1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 มีในฝ่ายใดบ้าง	**1) ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา** 1.1) วิจัยและพัฒนา = กลาง 1.2) การจัดซื้อ = น้อย 1.3) การผลิต = กลาง

รายการ	ข้อมูลบริษัท
ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา และภายใน 5 ปีข้างหน้า	1.4) การขายและการตลาด = น้อย 1.5) โลจิสติกส์ = น้อย 1.6) การบริการ = น้อย 1.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = น้อย **2) ภายใน 5 ปีข้างหน้า** 2.1) วิจัยและพัฒนา = กลาง 2.2) การจัดซื้อ = น้อย 2.3) การผลิต = กลาง 2.4) การขายและการตลาด = กลาง 2.5) โลจิสติกส์ = น้อย 2.6) การบริการ = กลาง 2.7) เทคโนโลยีสารสนเทศ = กลาง
5) ในฝ่ายใดบ้างที่มีการจัดการนวัตกรรม และเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ	1) เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) เทคโนโลยีการผลิต 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4) การบริการ 5) ส่วนกลาง, ในการจัดการแบบบูรณาการ
2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	
2.2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร (Equipment Infrastructure)	
1) การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ	1) เครื่องจักร-มีระบบเชื่อมต่อที่สามารถควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ไม่มี 2) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) ไม่มี 3) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ ไม่มี
2) การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ	1) การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M) สามารถปรับปรุงได้ 2) Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ สามารถปรับปรุงได้
2.2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน (Digital Model of Factory)	
1) สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่	ได้ แต่รวบรวมได้บางส่วน

รายการ	ข้อมูลบริษัท
2) ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวมและระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต	1) ข้อมูลสินค้าคงคลัง ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 2) เวลารวมในการทำงานของการผลิต ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 3) การใช้กำลังการผลิตเครื่องจักร ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 4) ส่วนที่เหลือจากการผลิต ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 5) โควตาของข้อผิดพลาด ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 6) การใช้ประโยชน์พนักงาน ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 7) ข้อมูลการตำแหน่งสินค้า ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 8) ข้อมูลกระบวนการที่ค้างอยู่ ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 9) เวลาในการทำรายการ ใช่/แต่ใช้คนบันทึก 10) ประสิทธิผลเครื่องจักรรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ใช่/แต่ใช้คนบันทึก
3) งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้	1) การบำรุงรักษาแบบที่คาดการณ์ได้ 2) กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์ที่ทำให้เกิดผลดีที่สุด 3) การสร้างความชัดเจนและโปร่งใสตลอดกระบวนการผลิต 4) การจัดการคุณภาพ 5) การใช้ทรัพยากรในระดับที่ดีสุด (วัตถุดิบ, พลังงาน)
4) ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัท และระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัทหรือไม่	**มีการใช้** 1) PPS – ระบบการวางแผนการผลิต 2) CAD – การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย
2.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	
2.3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน (Vertical and Horizontal Integration)	
1) ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือภายนอก	**ภายในระหว่างฝ่าย** 1) เทคโนโลยีสารสนเทศ **ภายนอกกับลูกค้าและผู้ส่งมอบ** 1) เทคโนโลยีสารสนเทศ
2.3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป (Distributed Control)	
1) บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ	ไม่มี
2) บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่าง	ไม่มี

รายการ	ข้อมูลบริษัท
อัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์	
2.3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล (Data and Communications Security)	
1) วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท	มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนกลางของบริษัท
2) การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	1) ความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลภายใน ได้ดำเนินการแล้ว 2) ความปลอดภัยข้อมูลผ่านบริการคลาวด์ ได้วางแผน 3) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กร ได้ดำเนินการแล้ว 4) ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพันธมิตรทางธุรกิจ ได้ดำเนินการแล้ว
3) ได้ใช้บริการคลาวด์หรือยัง	1) สำหรับซอฟต์แวร์ที่มีคลาวด์เป็นฐาน ไม่ แต่กำลังวางแผนเพื่อใช้งาน 2) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ไม่ แต่กำลังวางแผนเพื่อใช้งาน 3) สำหรับการจัดเก็บข้อมูล ไม่ แต่กำลังวางแผนเพื่อใช้งาน
2.4 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	
1) บริษัทได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีอุปกรณ์ครบครันที่ได้เพิ่มฟังก์ชันที่มีฐานจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไม่	การบ่งชี้อัตโนมัติ (Automatic identification)
2.5 การบริการการใช้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ (Data-Driven Services)	
1) ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ปัจจุบันมีบริการนี้หรือไม่	มีข้อมูล แต่ยังไม่เชื่อมต่อกับลูกค้า
2) บางครั้งได้รวบรวมข้อมูล และเก็บไว้เท่านั้นโดยไม่ได้นำออกมาใช้จำเป็นต้องทราบระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท)	0% to 20%

รายการ	ข้อมูลบริษัท
3) มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าหรือไม่	มีการวิเคราะห์
2.6 พนักงาน (Employees)	
1) ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่	1) โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ <u>เพียงพอ</u> 2) เทคโนโลยีอัตโนมัติ <u>มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ</u> 3) การวิเคราะห์ข้อมูล <u>เพียงพอ</u> 4) ความปลอดภัยของข้อมูลและการสื่อสาร <u>เพียงพอ</u> 5) พัฒนาหรือใช้ระบบช่วยเหลือ <u>เพียงพอ</u> 6) ซอฟต์แวร์เชิงความร่วมมือ <u>มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ</u> 7) ทักษะที่ไม่เชิงเทคนิค เช่น การคิดที่เป็นระบบและการเข้าใจกระบวนการ <u>มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ</u>
2) บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น	มี

2) ประกอบกิจการ ผลิต ประกอบ หรือ ซ่อมแซมอุปกรณ์ชิ้นส่วนอีเลคทรอนิคส์ (**รูปที่ 3-8**) มีเครื่องจักร 190 HP มีเงินทุน 18,000,000 บาท มีคนงานมากกว่า 200 คน มีพื้นที่กระบวนการผลิต 3,000 ตารางเมตร กำลังการผลิต 800,000 ชิ้น/เดือน

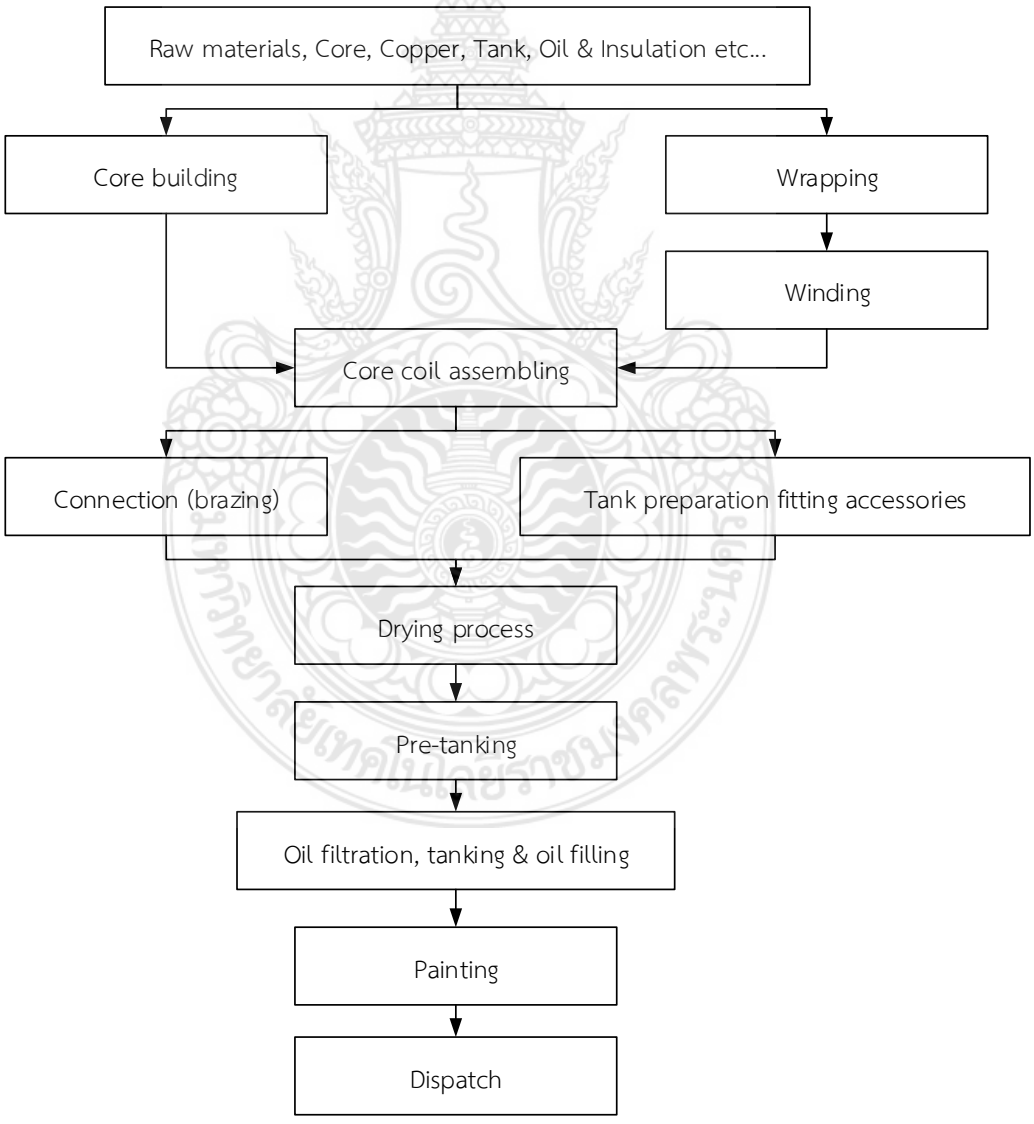
Inductors Transformer

รูปที่ 3-8 ผลิตภัณฑ์หลักของ บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

3) ประเภทโรงงาน ทะเบียนโรงงาน จ3-72-1/53สป ประเภทโรงงาน 72 โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องกระจายเสียง

หรือบันทึกเสียง เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องบันทึกคำบอกเครื่องบันทึกเสียงด้วยเทป เครื่องบันทึกคำบอกเครื่องบันทึกด้วยเทป เครื่องเล่นหรือเครื่องบันทึกแถบภาพ (วิดิทัศน์) แผ่นเสียง เทปแม่เหล็กที่ได้บันทึกเสียงแล้ว เครื่องโทรศัพท์หรือโทรเลขชนิดมีสายหรือไม่มีสาย เครื่องส่งวิทยุ เครื่องส่งโทรทัศน์ เครื่องรับส่งสัญญาณหรือจับสัญญาณ เครื่องเรดาร์ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวกึ่งนำหรือตัวกึ่งนำชนิดไวที่เกี่ยวข้อง (semi-conductor or related sensitive semi- conductor devices) คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดคงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ fixed or variable electronic capacitors or condensers) เครื่องหรือหลอดเรดิโอกราฟ เครื่องหรือหลอดฟลูโรสโคป หรือเครื่องหรือหลอดเอซเรย์ และรวมถึงการผลิตอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนสำหรับใช้กับเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ดังกล่าว และได้รับการรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรม ISIC 2640, TSIC 26402

4) กระบวนการผลิต



รูปที่ 3-9 กระบวนการผลิต Transformer

5) ปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม

บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด ได้รายงานเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วและวิธีกำจัด ประจำปี 2558 แก่กรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีทั้งหมด 8 รายการ สรุปดัง**ตารางที่ 3-6**

ตารางที่ 3-6 รายการกากของเสียอุตสาหกรรมประจำปี 2558 ของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

ลำดับที่	รหัส	รายการ	ปริมาณ (ตัน)	วิธีการกำจัด	ผู้ขนส่ง/จัดการ
1	160215	เศษแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	0.001	049	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
2	150202	เศษผ้าปนเปื้อน	0.611	042	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
3	150110	เศษภาชนะปนเปื้อน	0.28	049	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
4	120105	เศษโฟม	0.218	011	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
5	120103	เศษทองแดง	2.915	011	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
6	150101	เศษกระดาษ	4.279	011	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
7	150102	เศษพลาสติก	0.310	011	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด
8	150102	เศษเหล็กที่เหลือจากการผลิต	5	011	บมจ.อ.สหรุ่งโรจน์ จำกัด

ที่มา: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, รายงานประจำปี แบบ สก.3, (2561)

3.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

จากการศึกษาข้อมูลรูปแบบของโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 พบว่า มีหลายปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงโรงงานอุตสาหกรรม สรุปได้ดังนี้

3.2.1 กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)

อุตสาหกรรม 4.0 เป็นการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ทำให้สามารถสร้างโอกาสในการเริ่มต้นแบบจำลองธุรกิจใหม่ การลงมือดำเนินการปฏิบัติเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเชิงกลยุทธ์ โดยการพิจารณาถึงการขยายความสามารถของตนเองจากอุตสาหกรรมแบบเก่าเข้าสู่อุตสาหกรรมใหม่ว่าได้ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์ของบริษัทแล้วหรือไม่ ซึ่งการพิจารณาสามารถแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง คือ กลยุทธ์ (Strategy) การลงทุน (Investment) และการจัดการนวัตกรรม (Innovation Management)

3.2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)

โรงงานอัจฉริยะเป็นสภาพแวดล้อมที่ใช้ระบบบริหารการผลิตและระบบบริหารโลจิสติกส์โดยไม่มีการแทรกแซงจากคน โรงงานอัจฉริยะจึงใช้เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกดิจิทัลเข้ากับ

โลกแห่งความเป็นจริง (Cyber-Physical System: CPS) ซึ่งเชื่อมต่อการผลิตจริงเข้ากับการจำลองก่อนบริหารการผลิต หรือโลกเสมือนจริงผ่านการสื่อสารและโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีสารสนเทศในรูปสรรพสิ่งผ่านอินเตอร์เน็ต (IoT) โดยการพิจารณาถึงระบบการเชื่อมต่อที่เป็นดิจิทัล และระบบการผลิตที่เป็นอัตโนมัติบนฐานระบบทางกายภาพในโลกไซเบอร์ (Cyber Physical Systems) ว่ามีหรือไม่ ซึ่งการพิจารณาสามารถแบ่งออกเป็น 4 เรื่อง คือ แบบจำลองดิจิทัล (Digital Modeling) โครงสร้างพื้นฐานเครื่องจักร (Equipment Infrastructure) การใช้ข้อมูล (Data Usage) และระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Systems)

3.2.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)

การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ จะขยายครอบคลุมทั้งองค์กรและเชื่อมต่อข้ามองค์กรทั้งในรูปแบบกายภาพและโลกเสมือนความเป็นจริง (Virtual World) ในยุคที่สินค้าแปลงเป็นดิจิทัล (Digitization) ก่อนการผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้ โดยการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ และข้อมูลจำนวนมากได้มีการนำไปสู่การผลิตและการบริหารโลจิสติกส์ โดยจะเป็นการพิจารณาถึงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยผ่านการทำแบบจำลองดิจิทัล และสามารถควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) และอัลกอริทึมในโลกเสมือนหรือไม่ สามารถแบ่งการพิจารณาเป็น 4 เรื่อง คือ การใช้คลาวด์ (Cloud Usage) ความปลอดภัยเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Security) กระบวนการซึ่งมีอิสระในการเลือก (Autonomous Process) และการใช้ข้อมูลร่วมกัน (Information Sharing)

3.2.4 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Products)

เป็นองค์ประกอบของแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ในส่วนของโรงงานอัจฉริยะ โดยหลักการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติที่สร้างความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ ซึ่งตัวผลิตภัณฑ์จะมีอุปกรณ์ในการผลิตที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (เช่น เซ็นเซอร์ RFID การเชื่อมต่อการสื่อสาร เป็นต้น) เพื่อรวบรวมข้อมูลบนสภาพแวดล้อมการผลิตและสถานะของผลิตภัณฑ์ได้เอง เข้าสู่กระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติและเรียลไทม์ สามารถสื่อสารระหว่างลูกค้าและผู้ผลิตได้ทันที โดยจะเป็นการพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการควบคุมผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทำให้เกิดการสื่อสารสำหรับผลิตภัณฑ์และทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ส่งให้มีการปฏิสัมพันธ์กับระดับที่สูงขึ้นตลอดโซ่อุปทานหรือไม่ สามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 เรื่อง คือ การเพิ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในหน้าที่ต่างๆ (ICT Add-on Functionalities) และการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ใช้งาน (Data Analytics in Usage Phase)

3.2.5 การบริการขับเคลื่อนข้อมูล (Data Driven Services)

เป็นการพิจารณาถึงการจัดเตรียมบริการขับเคลื่อนข้อมูลโดยเชื่อมต่อผลิตภัณฑ์ การผลิต และลูกค้าหรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 เรื่อง คือ การบริการขับเคลื่อนข้อมูลหรือการบริการที่ใช้ข้อมูลเป็นกุญแจในการตัดสินใจ (Data Driven Services) การแบ่งปันรายได้จากการให้บริการ (Share of Revenues) และการแบ่งปันข้อมูลที่ได้ใช้แล้ว (Share of Data Used)

3.2.6 พนักงาน (Employees)

เป็นการพิจารณาว่าบริษัทมีพนักงานที่มีทักษะในการลงมือปฏิบัติตามหลักการอุตสาหกรรม 4.0 หรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 เรื่อง คือ ชุดทักษะพนักงาน (Employee Skill Set) และการจัดสรรทักษะ (Skill Acquisition)

3.3 กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และกำหนดทางเลือกในการตัดสินใจ

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในข้อ 3.2 จึงนำมาใช้ในการกำหนดองค์ประกอบต่างๆ ตามโครงสร้างของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) ดังนี้

1) การวางกรอบของปัญหา

สำหรับงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจและสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 โดยได้กำหนดองค์ประกอบต่างๆ ของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1.1) เป้าหมาย (Goal) คือ แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

1.2) เกณฑ์หลักและเกณฑ์รอง (Criteria & Sub-criteria)

คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งได้จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุง สามารถสรุปได้ 6 ปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ กลยุทธ์และการจัดองค์กรโรงงานอัจฉริยะ การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ การบริการขับเคลื่อนข้อมูล และพนักงาน ซึ่งในแต่ละปัจจัยหลักจะพิจารณาแจกแจงเป็นปัจจัยรองได้ดัง**ตารางที่ 3-7**

ตารางที่ 3-7 เกณฑ์หลักและเกณฑ์รองในการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

เกณฑ์หลัก (Criteria)	**เกณฑ์รอง (Sub-criteria)**
1. กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.2 การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.3 การใช้เทคโนโลยีในบริษัทในปัจจุบัน 1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 1.5 การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
2. โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร 2.1.1 การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ 2.1.2 การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ 2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน 2.2.1 สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่ 2.2.2 ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวม และระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต 2.2.3 งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ 2.2.4 ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัท และระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท
3. การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน 3.1.1 ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบเพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือ ภายนอก 3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป 3.2.1 บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ 3.2.2 บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์ 3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล 3.3.1 วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
	3.3.2 การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ 3.3.3 การใช้บริการคลาวด์
4. ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	-
5. การบริการขับเคลื่อนข้อมูล (Data-Driven Services)	5.1 ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ 5.2 ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท) 5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
6. พนักงาน (Employees)	6.1 ทักษะของพนักงาน ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่ 6.2 การเพิ่มทักษะของพนักงาน บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น

1.3) ทางเลือก (Altemative) คือ แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการตัดสินใจของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนี้

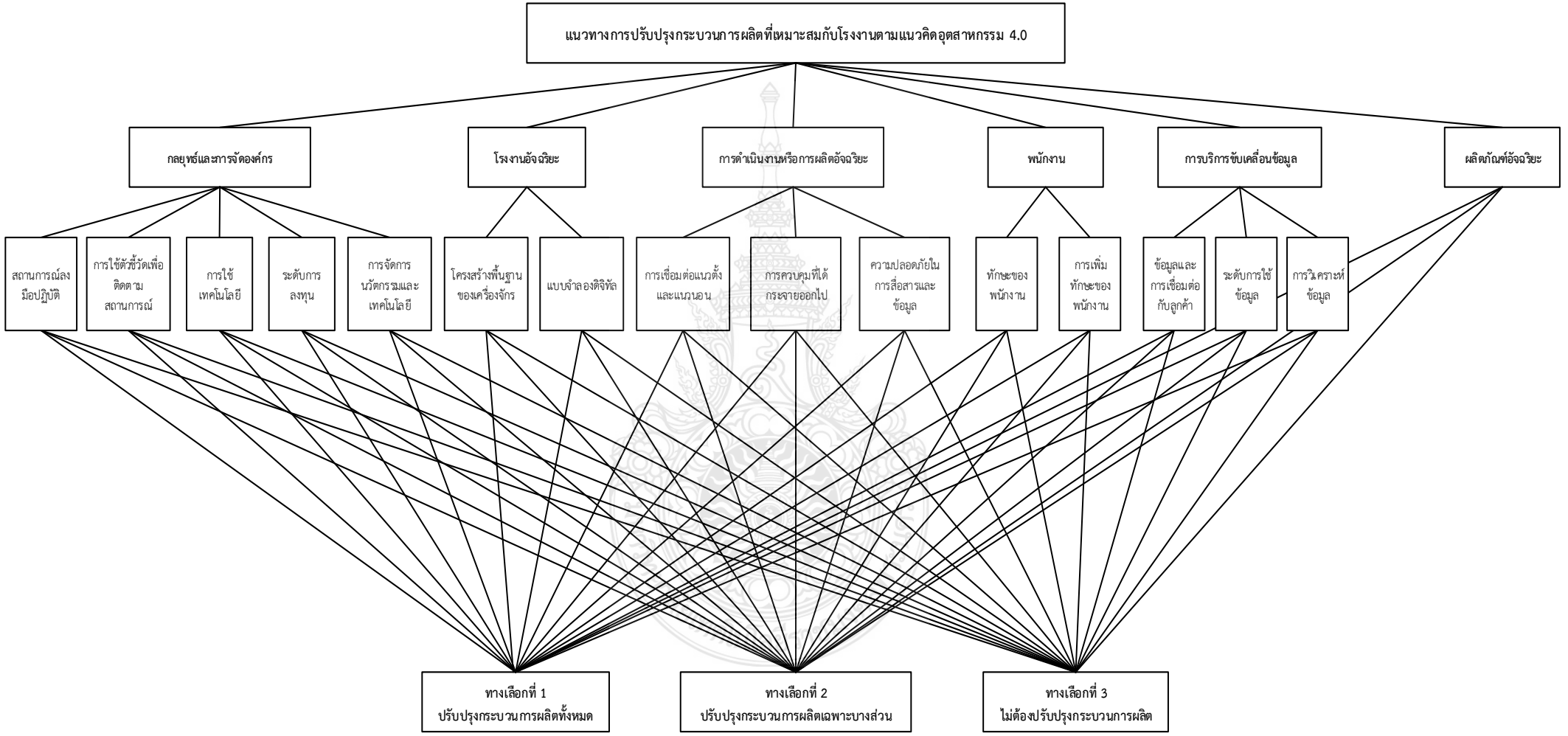
ทางเลือกที่ 1: ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด

ทางเลือกที่ 2: ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน

ทางเลือกที่ 3: ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2) การสร้างแผนภูมิของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

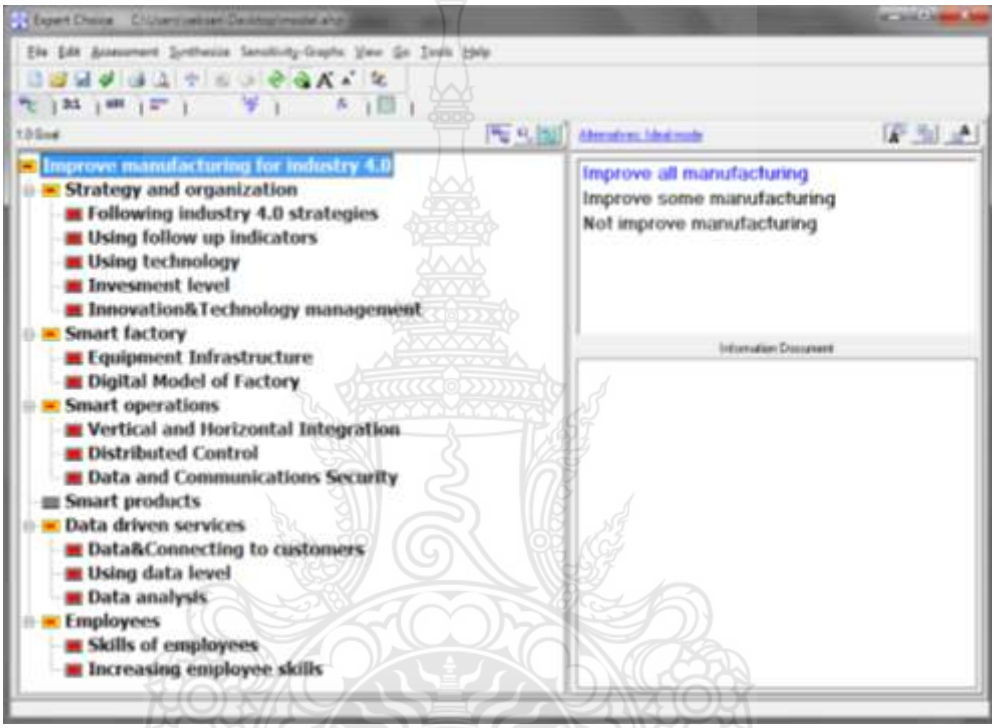
เมื่อได้กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และทางเลือกเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาสร้างเป็นแผนภูมิกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ดัง**รูปที่ 3-10**



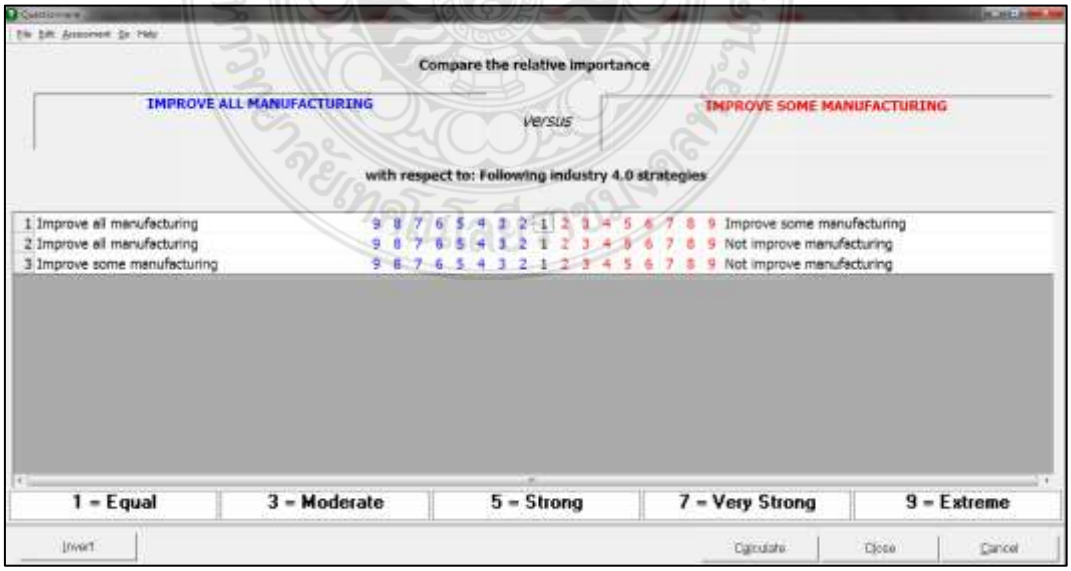
รูปที่ 3-10 โครงสร้างแผนภูมิกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

3.4 สร้างแบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

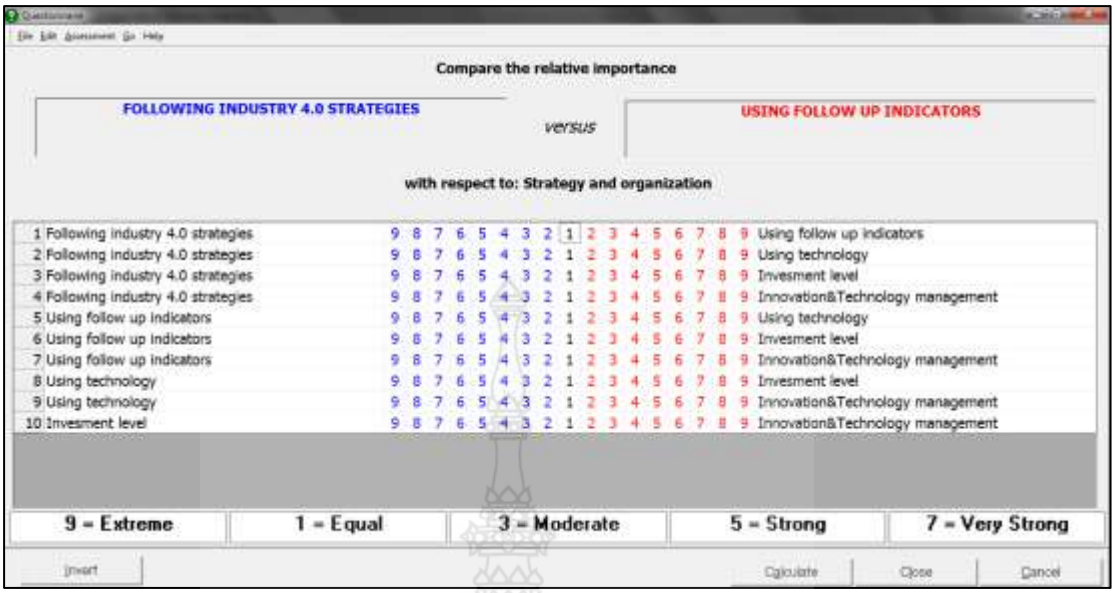
เมื่อได้กำหนดเป้าหมาย เกณฑ์หลัก เกณฑ์รอง และทางเลือกเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาสร้างเป็นแผนภูมิกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในโปรแกรม Expert choice 11 (**รูปที่ 3-11**) และสร้างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ (Pairwise comparison) (**รูปที่ 3-12 – รูปที่ 3-14**) โดยกำหนดระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบทั้งหมด 9 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 1-9 (**ตารางที่ 3-8**)



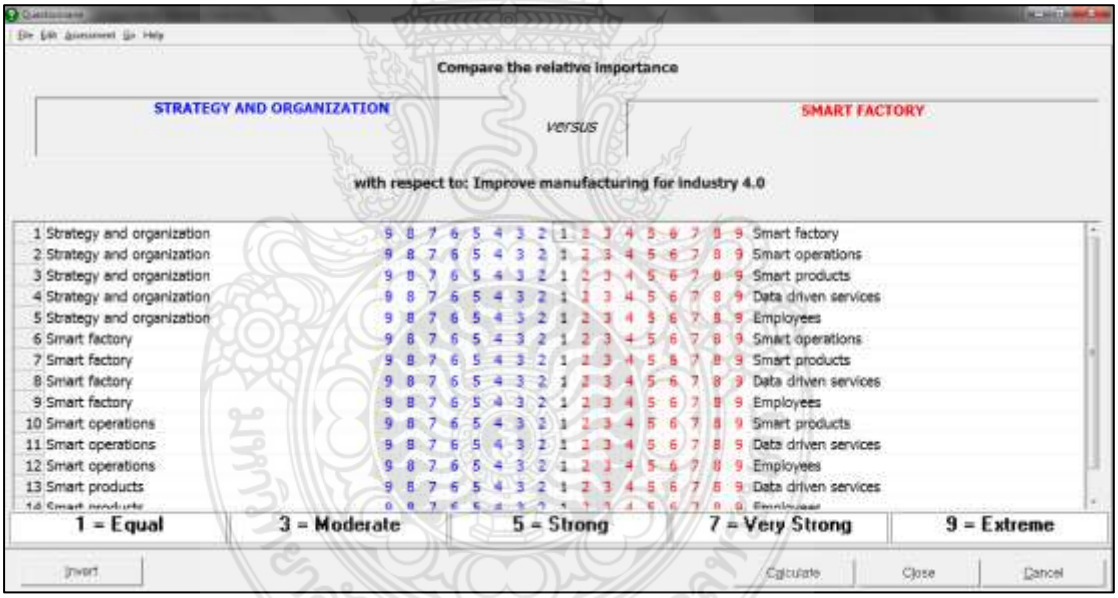
รูปที่ 3-11 แบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ที่สร้างในโปรแกรม Expert choice 11



รูปที่ 3-12 ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละทางเลือก



รูปที่ 3-13 ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละเกณฑ์รอง



รูปที่ 3-14 ตัวอย่างแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ของแต่ละเกณฑ์หลัก

ตารางที่ 3-8 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญสูงสุด
2, 4, 6, 8	สำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate Judgment Value)	ความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

3.5 วิเคราะห์และกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ

เมื่อสร้างแบบสอบถามเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้กลุ่มผู้ประเมิน (**ตารางที่ 3-9**) ทำการประเมิน “แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย” (ดังภาคผนวก ข) โดยการกำหนดระดับความสำคัญในแต่ละเกณฑ์ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของอาจารย์ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรม 4.0 และผู้บริหารโรงงาน จำนวน 12 คน ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของเกณฑ์ต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 3-9 ผู้ประเมินแบบสอบถาม

ลำดับที่	ตำแหน่ง	จำนวน (คน)	ประสบการณ์ทำงานมากกว่า (ปี)
1	กรรมการผู้จัดการบริษัท A	2	20
2	กรรมการผู้จัดการบริษัท B	2	15
3	กรรมการผู้จัดการบริษัท C	2	20
4	อาจารย์เชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการอุตสาหกรรม	2	20
5	อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบการผลิตอัตโนมัติ	2	20
6	อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ	2	15

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การอธิบายแบบสอบถามให้ผู้ประเมินเข้าใจ

ผู้วิจัยได้อธิบายแบบจำลอง หลักเกณฑ์ และวิธีการประเมินแบบสอบถามให้ผู้ประเมินเข้าใจอย่างละเอียด

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงเปรียบเทียบคู่จากแบบสอบถาม โดยผู้ประเมินเริ่มจากการเปรียบเทียบส่วนย่อยซึ่งอยู่ในลำดับต่ำที่สุดของโครงสร้างลำดับชั้นก่อน แล้วจึงทำแบบสอบถามในลำดับชั้นที่เหนือขึ้นไปตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณหาลำดับความสำคัญ

ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มผู้ประเมินทำ “แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย” เชิงเปรียบเทียบในส่วนของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองทีละคู่ (Pairwise Comparison) โดยค่าน้ำหนักของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองที่ได้จากกลุ่มผู้ประเมินแต่ละคน ได้นำมาบันทึกลงในโปรแกรม Expert choice 11 โดยจะยกตัวอย่างวิธีการคำนวณด้วยการสร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบสำหรับช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ผลอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก

1.1) สร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบเกณฑ์หลักภายใต้เป้าหมาย

เกณฑ์หลัก	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	1.000	2.000	3.000	1.000	2.000	3.000
โรงงานอัจฉริยะ	0.500	1.000	2.000	1.000	2.000	1.000
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	0.333	0.500	1.000	1.000	2.000	1.000
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000
พนักงาน	0.333	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000

1.2) การหาลำดับความสำคัญ

1.2.1) หาผลรวมของตัวเลขในแต่ละหลักของตารางเมตริกซ์

เกณฑ์หลัก	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	1.000	2.000	3.000	1.000	2.000	3.000
โรงงานอัจฉริยะ	0.500	1.000	2.000	1.000	2.000	1.000
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	0.333	0.500	1.000	1.000	2.000	1.000
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000
พนักงาน	0.333	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000
รวม	**3.667**	**6.000**	**8.500**	**5.500**	**9.000**	**9.000**

1.2.2) หารตัวเลขในแต่ละหลักด้วยค่าผลรวมของหลักนั้น

เกณฑ์หลัก	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	0.273	0.333	0.353	0.182	0.222	0.333
โรงงานอัจฉริยะ	0.136	0.167	0.235	0.182	0.222	0.111
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	0.091	0.083	0.118	0.182	0.222	0.111
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	0.273	0.167	0.118	0.182	0.111	0.222
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	0.136	0.083	0.059	0.182	0.111	0.111
พนักงาน	0.091	0.167	0.118	0.091	0.111	0.111

1.2.3) หาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวนอนเพื่อหาค่าลำดับความสำคัญ

เกณฑ์หลัก	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน	ค่าลำดับความสำคัญ
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	0.273	0.333	0.353	0.182	0.222	0.333	**0.283**
โรงงานอัจฉริยะ	0.136	0.167	0.235	0.182	0.222	0.111	**0.176**
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	0.091	0.083	0.118	0.182	0.222	0.111	**0.135**
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	0.273	0.167	0.118	0.182	0.111	0.222	**0.179**
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	0.136	0.083	0.059	0.182	0.111	0.111	**0.114**
พนักงาน	0.091	0.167	0.118	0.091	0.111	0.111	**0.115**

จากตารางค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวที่ได้ 0.283, 0.176, 0.135, 0.179, 0.114 และ 0.115 คือ ค่าลำดับความสำคัญโดยรวมนั่นเอง ซึ่งสามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เป้าหมายแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 นั้น กลยุทธ์และการจัดองค์กร มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 28.3 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 17.9 โรงงานอัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 17.6 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 4 เท่ากับ ร้อยละ 13.5 พนักงาน มาเป็นอันดับ 5 เท่ากับ ร้อยละ 11.5 และการบริการขับเคลื่อนข้อมูล มาเป็นอันดับ 6 เท่ากับ ร้อยละ 11.4

3.6 วิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจ

1) หาผลคูณของค่าลำดับความสำคัญกับผลการเปรียบเทียบ

เกณฑ์หลัก	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน	รวม
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	0.283	0.351	0.404	0.179	0.228	0.344	**1.788**
โรงงานอัจฉริยะ	0.141	0.176	0.269	0.179	0.228	0.115	**1.107**
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	0.094	0.088	0.135	0.179	0.228	0.115	**0.837**
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	0.283	0.176	0.135	0.179	0.114	0.229	**1.115**
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	0.141	0.088	0.067	0.179	0.114	0.115	**0.704**
พนักงาน	0.094	0.176	0.135	0.089	0.114	0.115	**0.722**

2) หาค่า λ_{max} โดยนำผลรวมในแนวนอนแต่ละแถวตั้ง แล้วหารด้วยค่าลำดับความสำคัญโดยรวม แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนปัจจัย (n = 6)

$$\lambda_{max} = \frac{\frac{1.788}{0.283} + \frac{1.107}{0.176} + \frac{0.837}{0.135} + \frac{1.115}{0.179} + \frac{0.704}{0.114} + \frac{0.722}{0.115}}{6} = 6.262$$

3) หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index; C.I.)

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

$$C.I. = \frac{(6.262 - 6)}{(6 - 1)} = 0.052$$

เพื่อหาอัตราส่วนความสอดคล้อง ต้องนำผลลัพธ์ C.I. ที่ได้มาเปรียบเทียบค่าดัชนีความสอดคล้องจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Consistency Index; R.I.) ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างตารางเมตริกซ์จำนวนมาก ดังนี้

ขนาดของตารางเมตริกซ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่า R.I. ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.40	1.45	1.49

4) หาค่าความสอดคล้อง หรือค่า C.R.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

$$C.R. = \frac{0.052}{1.25} = 0.042$$

สรุป ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.042 หรือ ร้อยละ 4.2 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 10 สำหรับการเปรียบเทียบ 5 ปัจจัยขึ้นไป แสดงว่าผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

สำหรับผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Expert choice 11 หาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองของผู้ประเมินทั้งหมด 12 คน จะแสดงในบทที่ 4 และรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค

3.7 ทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน

เมื่อได้แบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะให้ผู้บริหารของโรงงานๆ ละ 3 คน ประเมินโดยใช้ “แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน” (ภาคผนวก ง) แล้วนำผลที่ได้บันทึกลงในแบบจำลองเพื่อทดสอบการใช้งานกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน ได้แก่ 1) บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด 2) บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด และ 3) บริษัท ซีพีแรม จำกัด พร้อมทั้งคัดเลือกโรงงานตัวอย่าง 1 โรงงาน ที่พร้อมปรับปรุงกระบวนการผลิตมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตตามแนวทางการปรับปรุง

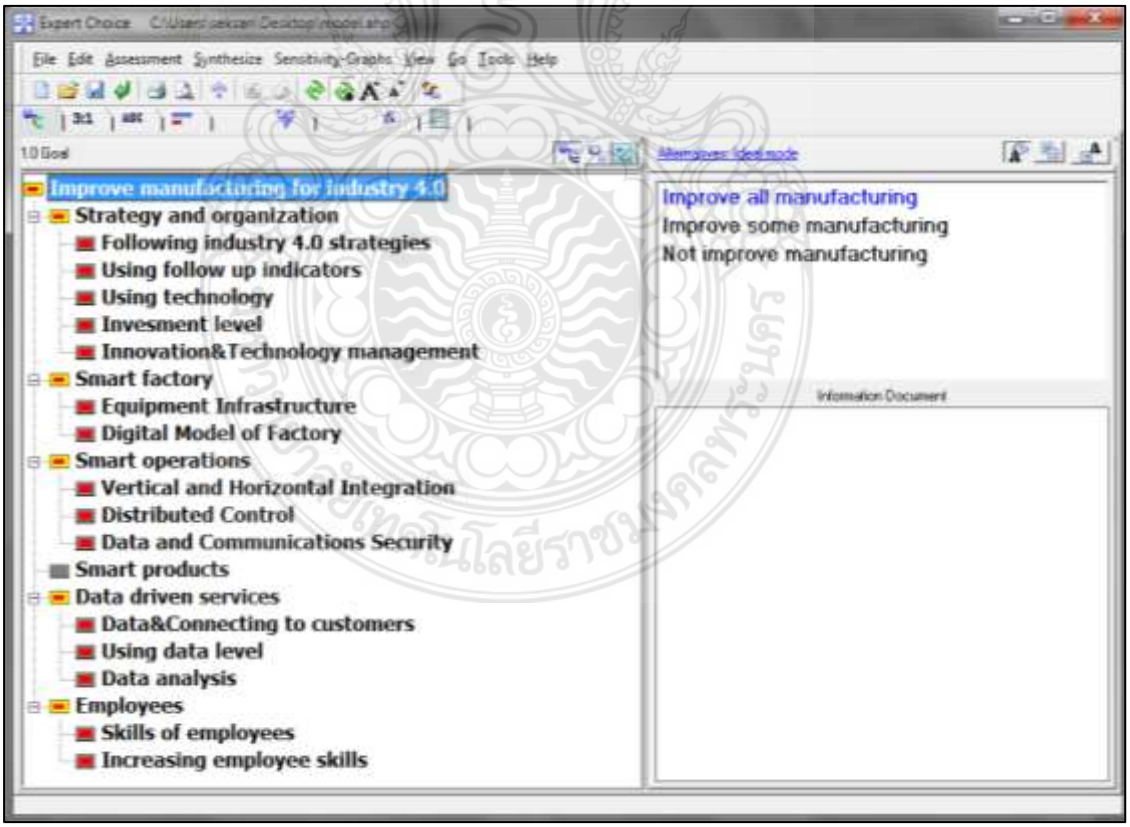
3.8 สรุปผล

โดยจะเป็นการอภิปรายและสรุปผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดในบทที่ 5 และ 6 พร้อมทั้งจัดทำรูปเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยในบทที่ 3 ผลจากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 และสร้างแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) และกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ พร้อมทั้งทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษาทั้ง 3 โรงงาน และคัดเลือกโรงงานตัวอย่าง 1 โรงงาน ที่พร้อมปรับปรุงกระบวนการผลิตมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สรุปผลได้ดังนี้

4.1 ผลการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0



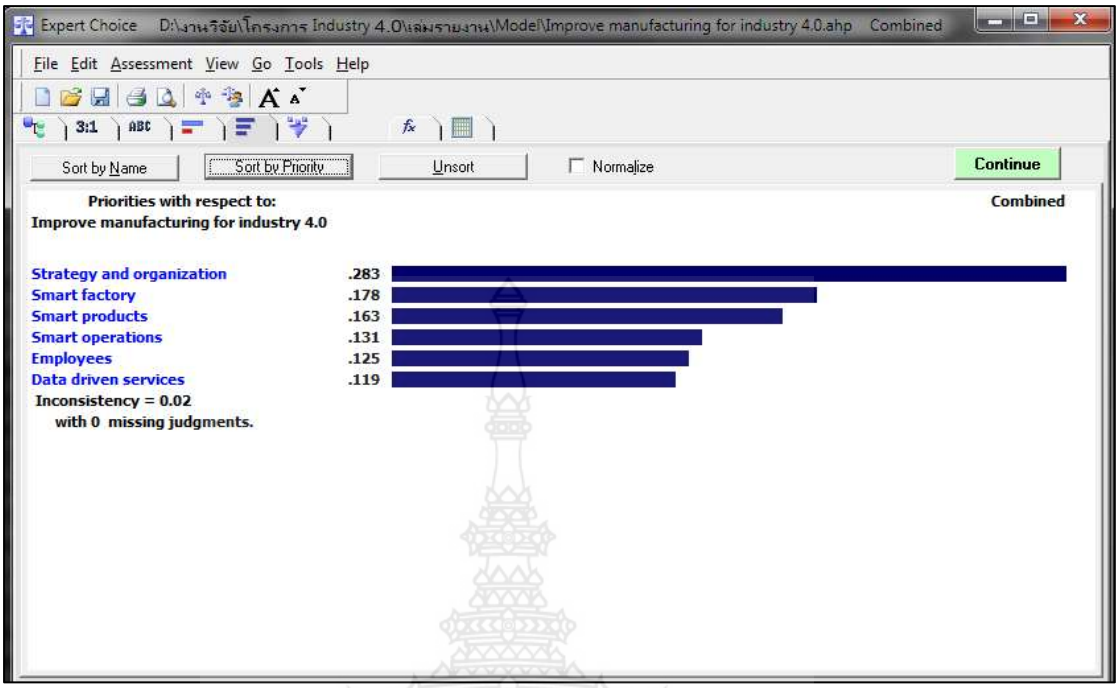
รูปที่ 4-1 แบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ในโปรแกรม Expert choice 11

4.2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รอง

จากการประเมินโดยใช้ “แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย” เพื่อกำหนดระดับความสำคัญในแต่ละเกณฑ์โดยอาจารย์ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรม 4.0 และผู้บริหารโรงงาน จำนวน 12 คน ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของเกณฑ์ต่างๆ สรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักทั้ง 5 เกณฑ์หลัก

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	กลยุทธ์และการจัดองค์กร	โรงงานอัจฉริยะ	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	พนักงาน	อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.10)
1	0.285	0.176	0.133	0.178	0.112	0.115	0.04
2	0.260	0.194	0.152	0.188	0.099	0.107	0.09
3	0.360	0.144	0.114	0.138	0.111	0.132	0.04
4	0.304	0.176	0.106	0.155	0.118	0.141	0.07
5	0.229	0.166	0.173	0.163	0.143	0.126	0.06
6	0.292	0.163	0.131	0.158	0.118	0.139	0.02
7	0.307	0.206	0.106	0.158	0.127	0.096	0.05
8	0.255	0.237	0.123	0.139	0.119	0.128	0.06
9	0.262	0.193	0.131	0.155	0.145	0.113	0.07
10	0.329	0.148	0.153	0.138	0.113	0.120	0.05
11	0.282	0.183	0.126	0.172	0.100	0.137	0.10
12	0.225	0.182	0.128	0.200	0.122	0.143	0.03
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.283**	**0.178**	**0.131**	**0.163**	**0.119**	**0.125**	**0.02**



รูปที่ 4-2 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักใน Expert choice 11

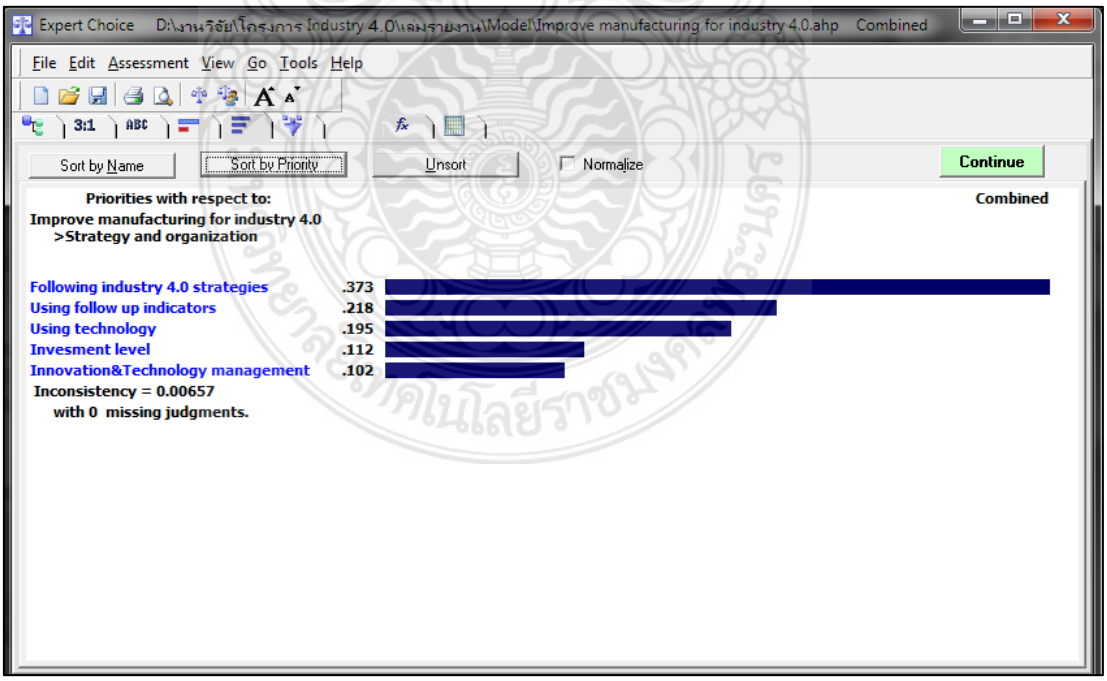
จากตารางที่ 4-1 และ รูปที่ 4-2 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เป้าหมายแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 นั้น กลยุทธ์และการจัดองค์กร มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 28.3 โรงงานอัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 17.8 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 16.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ มาเป็นอันดับ 4 เท่ากับ ร้อยละ 13.1 พนักงาน มาเป็นอันดับ 5 เท่ากับ ร้อยละ 12.5 และการบริการขับเคลื่อนข้อมูล มาเป็นอันดับ 6 เท่ากับ ร้อยละ 11.9

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.02 หรือ ร้อยละ 2 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้คือ ร้อยละ 10 สำหรับการเปรียบเทียบ 5 ปัจจัยขึ้นไป แสดงว่าผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

ตารางที่ 4-2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	กลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	การใช้ตัวชี้วัด	การใช้เทคโนโลยีในบริษัท	ระดับการลงทุน	การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยี	อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.10)
1	0.381	0.200	0.220	0.099	0.100	0.008
2	0.365	0.192	0.200	0.132	0.111	0.07

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	กลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	การใช้ตัวชี้วัด	การใช้เทคโนโลยีในบริษัท	ระดับการลงทุน	การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยี	อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.10)
3	0.364	0.257	0.156	0.115	0.108	0.02
4	0.307	0.238	0.227	0.128	0.099	0.04
5	0.318	0.261	0.173	0.135	0.114	0.09
6	0.370	0.208	0.183	0.128	0.110	0.01
7	0.322	0.228	0.236	0.119	0.096	0.03
8	0.369	0.206	0.206	0.109	0.109	0.002
9	0.430	0.221	0.168	0.093	0.087	0.04
10	0.387	0.163	0.239	0.113	0.098	0.03
11	0.423	0.244	0.156	0.084	0.093	0.06
12	0.396	0.216	0.198	0.099	0.092	0.004
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.373**	**0.218**	**0.195**	**0.112**	**0.102**	**0.006**



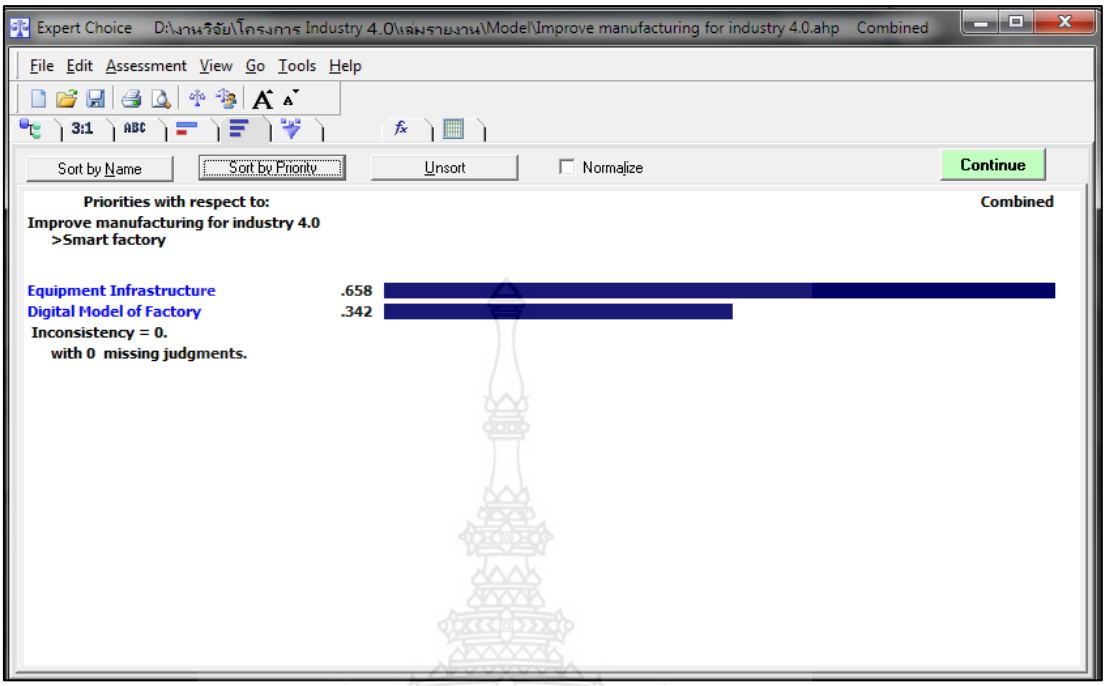
รูปที่ 4-3 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กรใน Expert choice 11

จากตารางที่ 4-2 และ รูปที่ 4-3 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เกณฑ์หลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร นั้น สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 37.3 การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 21.8 การใช้เทคโนโลยีในบริษัท มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 19.5 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 มาเป็นอันดับ 4 เท่ากับ ร้อยละ 11.2 และการจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ มาเป็นอันดับ 5 เท่ากับ ร้อยละ 10.2

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.006 หรือ ร้อยละ 0.6 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 10 สำหรับการเปรียบเทียบ 5 ปัจจัยขึ้นไป แสดงว่าผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

ตารางที่ 4-3 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านโรงงานอัจฉริยะ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร	แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน	อัตราความสอดคล้อง (เท่ากับ 0.00)
1	0.500	0.500	0.00
2	0.750	0.250	0.00
3	0.667	0.333	0.00
4	0.667	0.333	0.00
5	0.667	0.333	0.00
6	0.750	0.250	0.00
7	0.667	0.333	0.00
8	0.750	0.250	0.00
9	0.750	0.250	0.00
10	0.500	0.500	0.00
11	0.667	0.333	0.00
12	0.500	0.500	0.00
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.658**	**0.342**	**0.00**



รูปที่ 4-4 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านโรงงานอัจฉริยะใน Expert choice 11

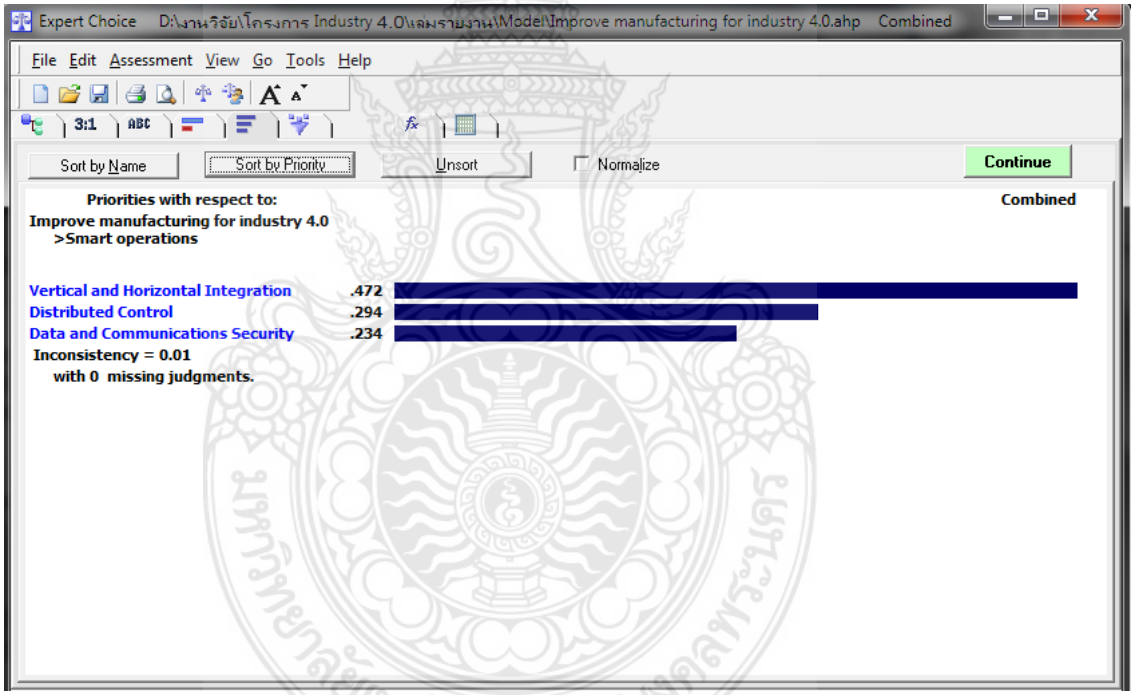
จากตารางที่ 4-3 และ รูปที่ 4-4 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เกณฑ์หลักด้านโรงงานอัจฉริยะ นั้น โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 65.8 และแบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 34.2

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0 หรือ ร้อยละ 0 ซึ่งผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผลกันอย่างสมบูรณ์ สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

ตารางที่ 4-4 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน	การควบคุมที่ได้กระจายออกไป	ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล	อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.05)
1	0.413	0.260	0.327	0.05
2	0.547	0.263	0.190	0.13
3	0.500	0.250	0.250	0.00
4	0.493	0.311	0.196	0.05
5	0.413	0.327	0.260	0.21
6	0.413	0.327	0.260	0.05

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน	การควบคุมที่ได้กระจายออกไป	ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล	อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.05)
7	0.540	0.297	0.163	0.008
8	0.500	0.250	0.250	0.00
9	0.547	0.263	0.190	0.13
10	0.333	0.333	0.333	0.00
11	0.493	0.311	0.196	0.05
12	0.460	0.319	0.221	0.13
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.427**	**0.294**	**0.234**	**0.01**



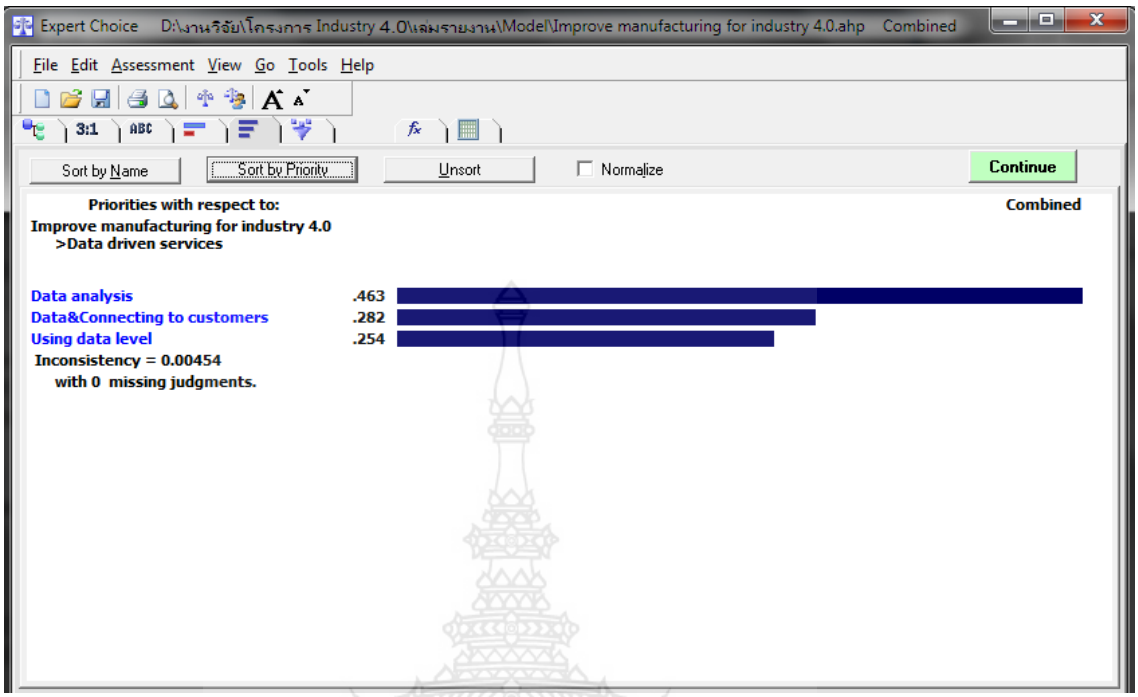
รูปที่ 4-5 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะใน Expert choice 11

จากตารางที่ 4-4 และ รูปที่ 4-5 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เกณฑ์หลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ นั้น การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 47.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 29.4 และความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 23.4

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.01 หรือ ร้อยละ 1 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้คือ ร้อยละ 5 สำหรับการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย แสดงว่าผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

ตารางที่ 4-5 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	**ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่**	**ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้**	**การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า**	**อัตราความสอดคล้อง (ไม่เกิน 0.05)**
1	0.250	0.250	0.500	0.00
2	0.333	0.333	0.333	0.00
3	0.249	0.157	0.594	0.05
4	0.260	0.327	0.413	0.05
5	0.250	0.250	0.500	0.00
6	0.281	0.255	0.464	0.35
7	0.327	0.260	0.413	0.05
8	0.327	0.260	0.413	0.05
9	0.281	0.255	0.464	0.35
10	0.250	0.250	0.500	0.00
11	0.319	0.221	0.460	0.13
12	0.250	0.250	0.500	0.00
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.282**	**0.254**	**0.463**	**0.004**



รูปที่ 4-6 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูลใน Expert choice 11

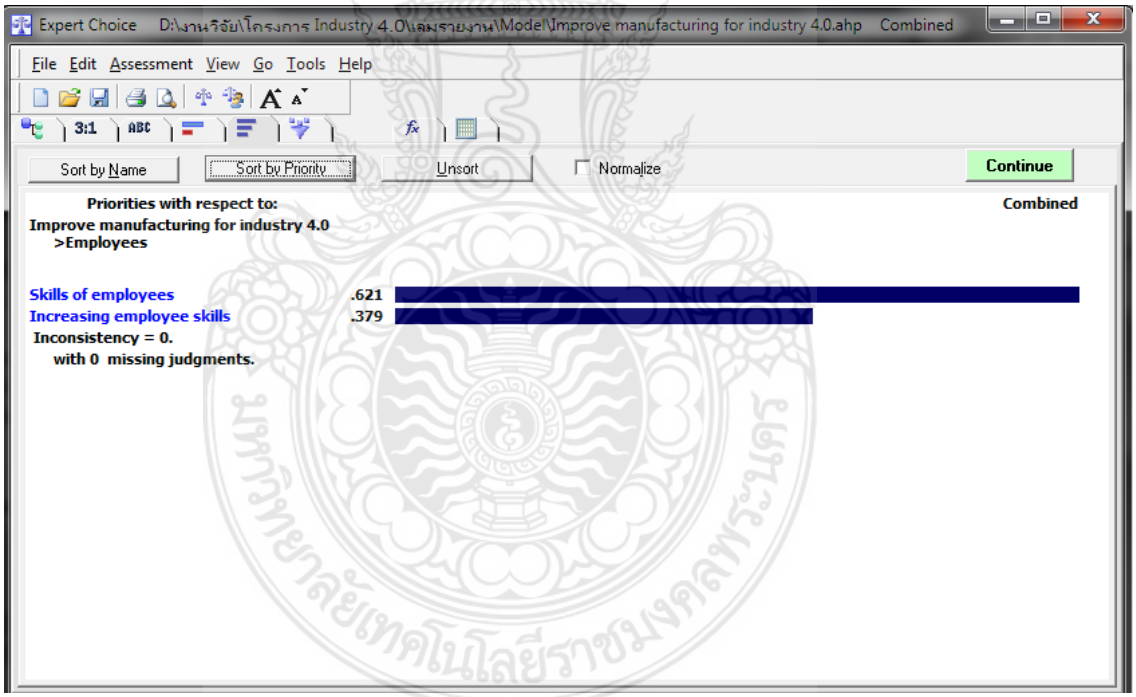
จากตารางที่ 4-5 และ รูปที่ 4-6 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล นั้น การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 46.3 ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 28.2 และระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ มาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ ร้อยละ 25.4

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0.004 หรือ ร้อยละ 0.4 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 5 สำหรับการเปรียบเทียบ 3 ปัจจัย แสดงว่าผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

ตารางที่ 4-6 ผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านพนักงาน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	ทักษะของพนักงาน	การเพิ่มทักษะของพนักงาน	อัตราความสอดคล้อง (เท่ากับ 0.00)
1	0.667	0.333	0.00
2	0.667	0.333	0.00
3	0.667	0.333	0.00
4	0.500	0.500	0.00

ผู้เชี่ยวชาญคนที่	ทักษะของพนักงาน	การเพิ่มทักษะของพนักงาน	อัตราความสอดคล้อง (เท่ากับ 0.00)
5	0.667	0.333	0.00
6	0.500	0.500	0.00
7	0.667	0.333	0.00
8	0.750	0.250	0.00
9	0.500	0.500	0.00
10	0.667	0.333	0.00
11	0.667	0.333	0.00
12	0.500	0.500	0.00
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต	**0.621**	**0.379**	**0.00**

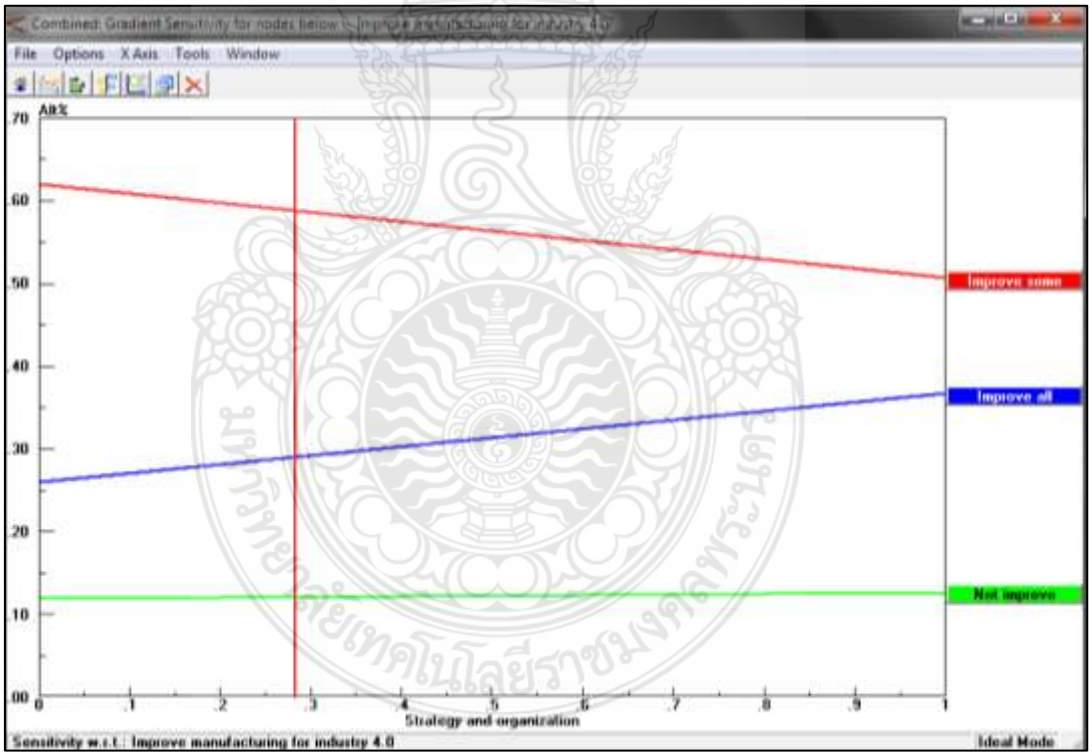


รูปที่ 4-7 สรุปผลการคำนวณเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์รองภายใต้เกณฑ์หลักด้านพนักงานใน Expert choice 11

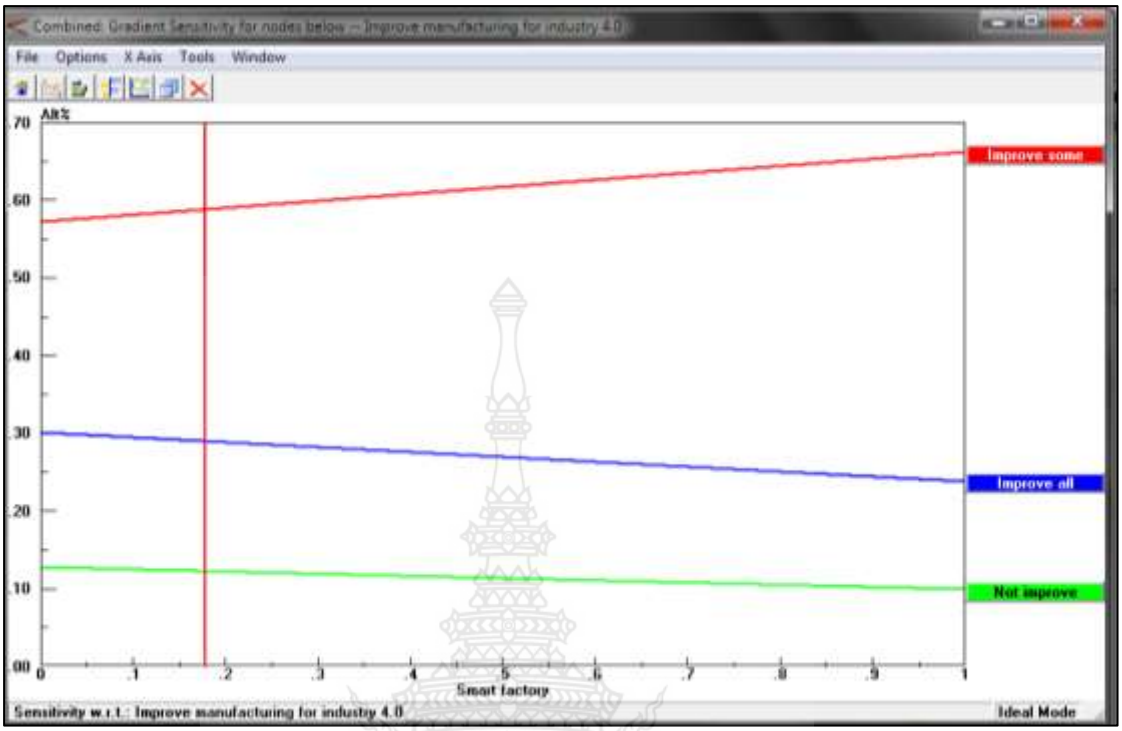
จากตารางที่ 4-6 และ รูปที่ 4-7 สามารถสรุปผลจากการสังเคราะห์ตัวเลขที่ได้จากการคำนวณว่า ภายใต้เกณฑ์หลักด้านพนักงาน นั้น ทักษะของพนักงาน มาเป็นอันดับ 1 เท่ากับ ร้อยละ 62.1 และการเพิ่มทักษะของพนักงาน มาเป็นอันดับ 2 เท่ากับ ร้อยละ 37.9

โดยมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้องเท่ากับ 0 หรือ ร้อยละ 0 ซึ่งผลการตัดสินใจมีความสอดคล้องสมเหตุสมผลกันอย่างสมบูรณ์ สามารถยอมรับการตัดสินใจนี้ได้

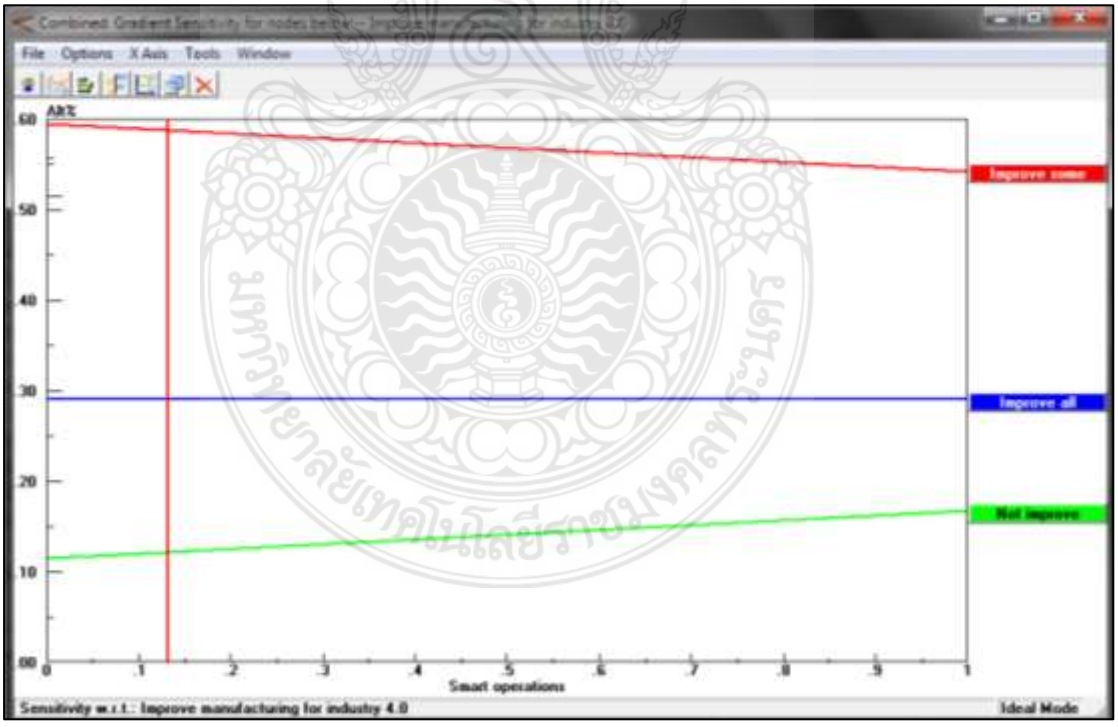
เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลำดับความสำคัญของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของเกณฑ์ โดยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งจะแสดงในรูปแบบกราฟที่มีระดับความสำคัญของทางเลือกอยู่ในแกนตั้ง (Y) และค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์อยู่ในแกนนอน (X) โดยผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชัน (Gradient Sensitivity) บนปัจจัยหลักทั้ง 6 ด้าน พบว่า เมื่อค่าน้ำหนักความสำคัญทางด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization) เท่ากับ 0.283 จะเห็นได้ว่าแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง ไม่ได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญแต่อย่างใด แม้ว่าค่าน้ำหนักความสำคัญทางด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กรจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ลำดับความสำคัญของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง ก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4-8



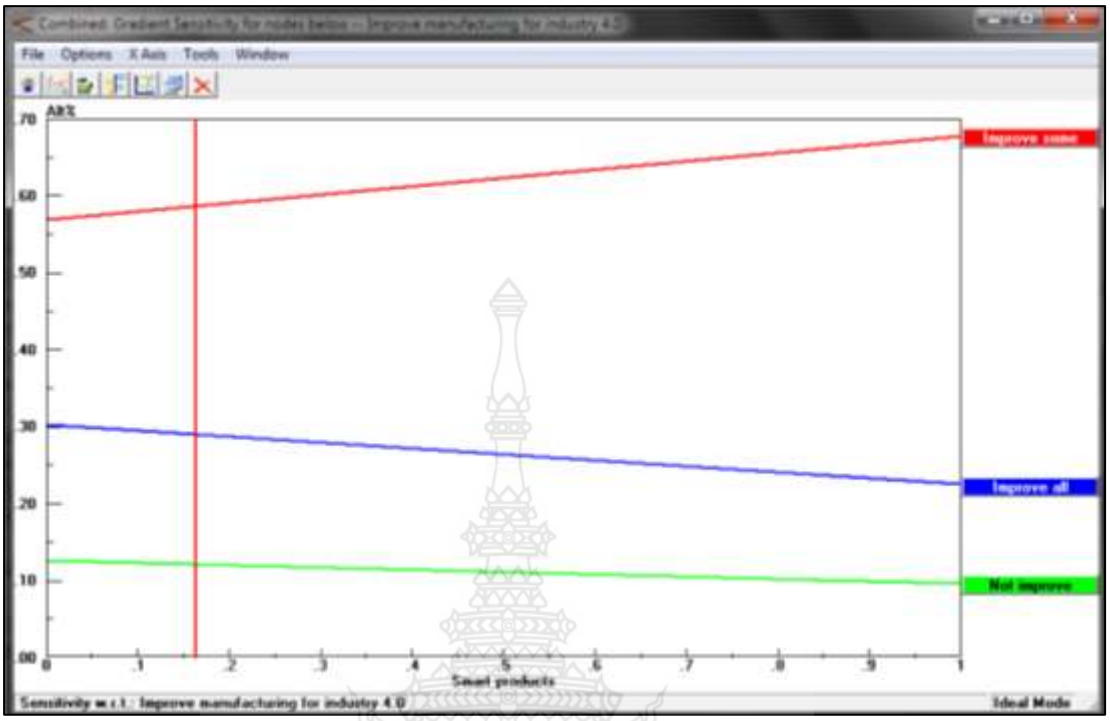
รูปที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร



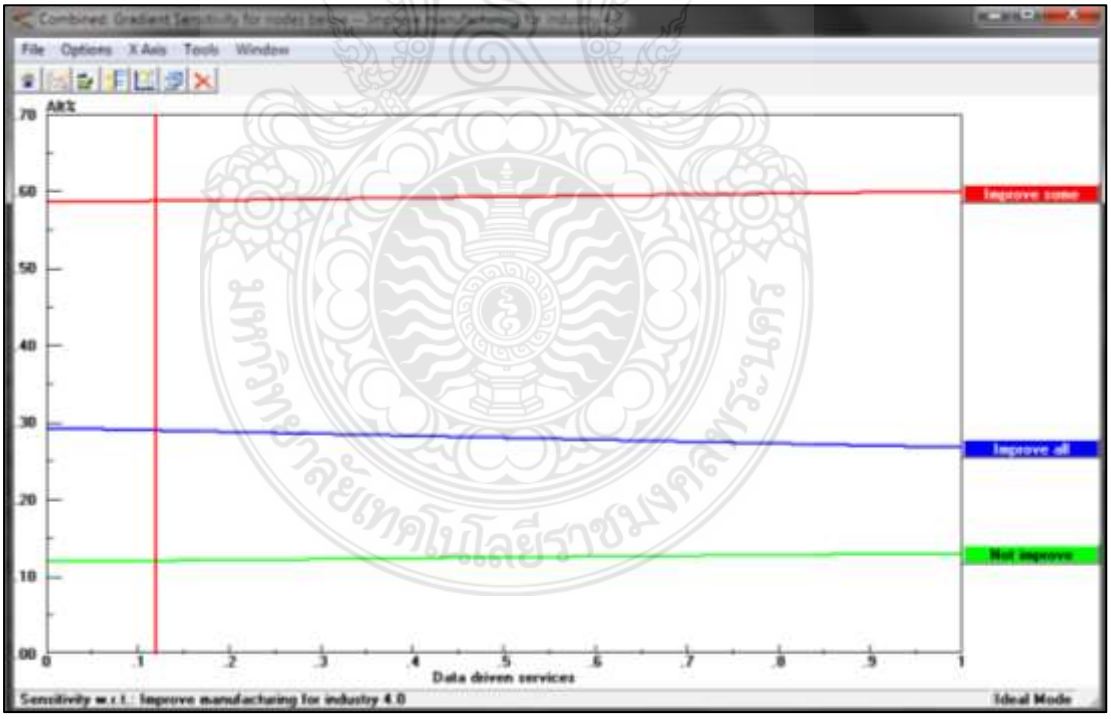
รูปที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านโรงงานอัจฉริยะ



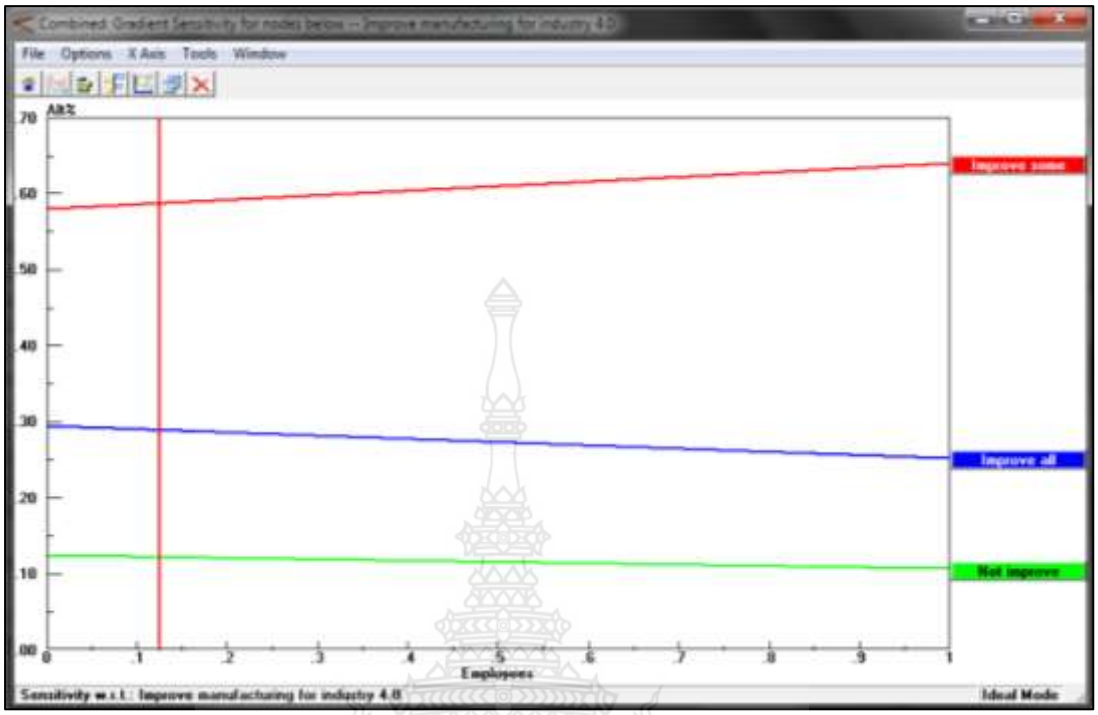
รูปที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ



รูปที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ



รูปที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล



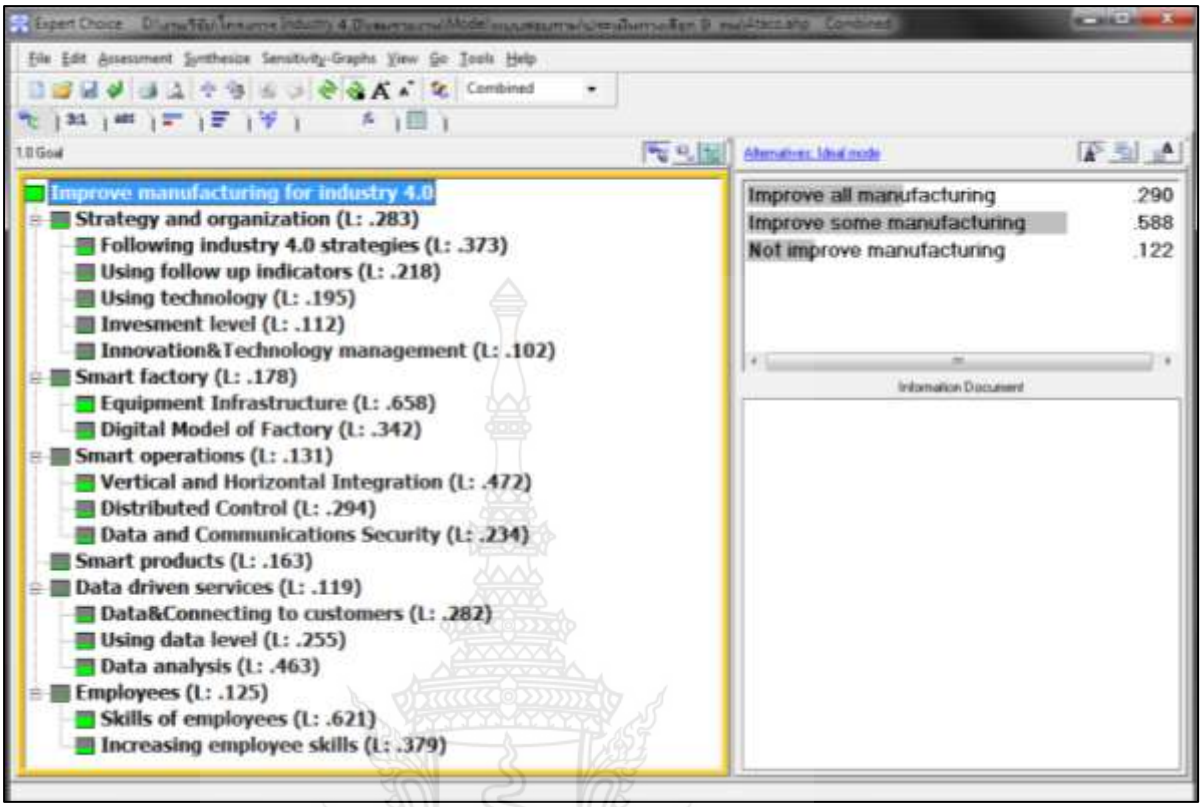
รูปที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ความไวแบบความชันบนปัจจัยหลักด้านพนักงาน

สำหรับผลการการวิเคราะห์ความไวแบบความชันด้านโรงงานอัจฉริยะที่ค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.178 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ 0.131 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ 0.163 การบริการขับเคลื่อนข้อมูล 0.119 และพนักงาน 0.125 (ดังรูปที่ 4-9 ถึง รูปที่ 4-13 ตามลำดับ) ได้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร คือ แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง ไม่ได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญแต่อย่างใด แม้ว่าค่าน้ำหนักความสำคัญจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ลำดับความสำคัญของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง ก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง สรุปได้ว่าปัจจัยหลักทั้ง 6 ด้าน ไม่ได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญ จึงไม่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง แต่อย่างใด

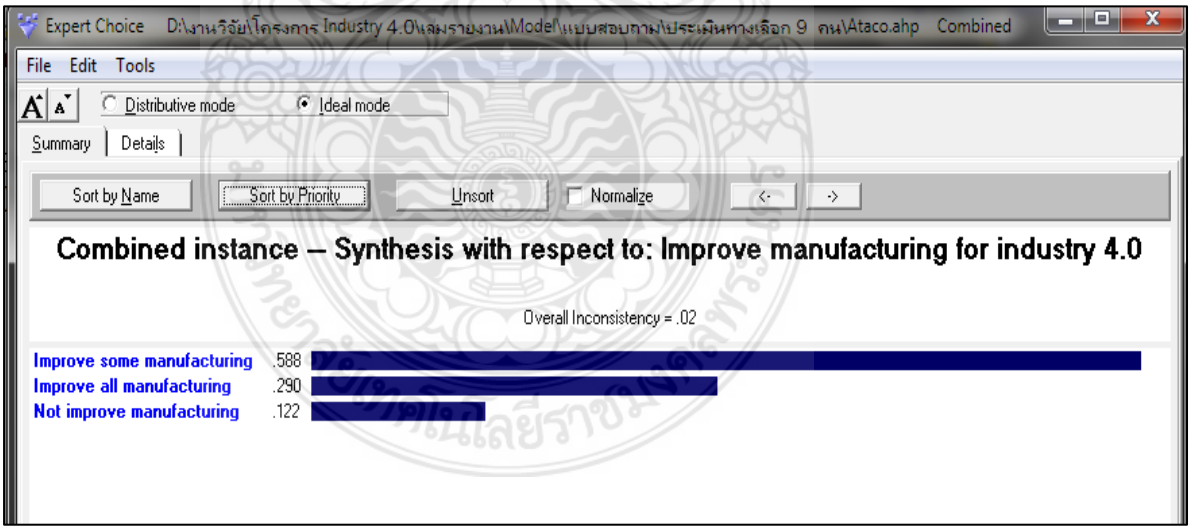
4.3 ผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน

4.3.1 กรณีศึกษาที่ 1 บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

จากผลการสอบถามผู้บริหารของโรงงานทั้ง 3 คน โดยใช้ “แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน” นั้น จึงนำผลที่ได้บันทึกลงในแบบจำลองที่สร้างในโปรแกรม Expert choice 11 และสามารถสรุปผลการตัดสินใจเลือกได้ดังนี้



รูปที่ 4-14 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด



รูปที่ 4-15 ผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

จากรูปที่ 4-14 และ รูปที่ 4-15 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของทางเลือกในแต่ละปัจจัยรอง พบว่า แนวทางเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

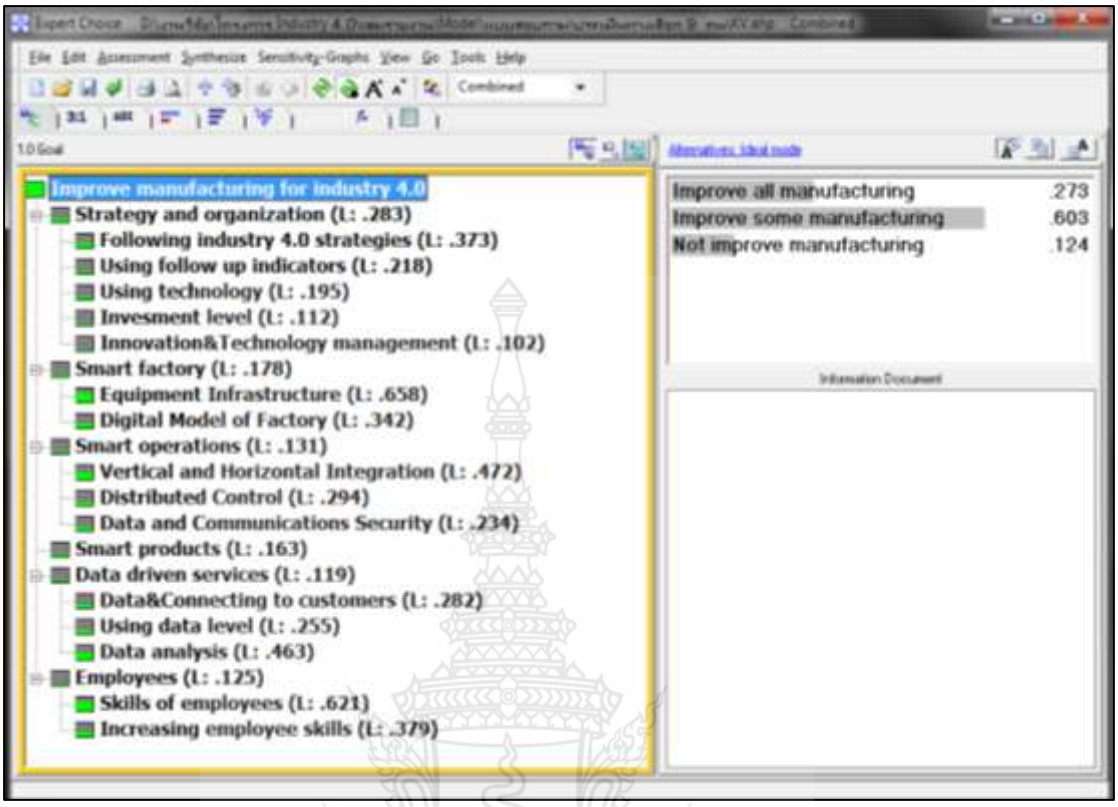
(Not improve manufacturing) ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของทางเลือกทั้ง 3 แนวทาง พบว่า ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) เป็นแนวทางที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก ร้อยละ 58.8 รองลงมาเป็นปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) ร้อยละ 29.0 และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต (Not improve manufacturing) ร้อยละ 12.2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) โดยรวมเป็น 0.02 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์และยอมรับได้

ตารางที่ 4-7 สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด

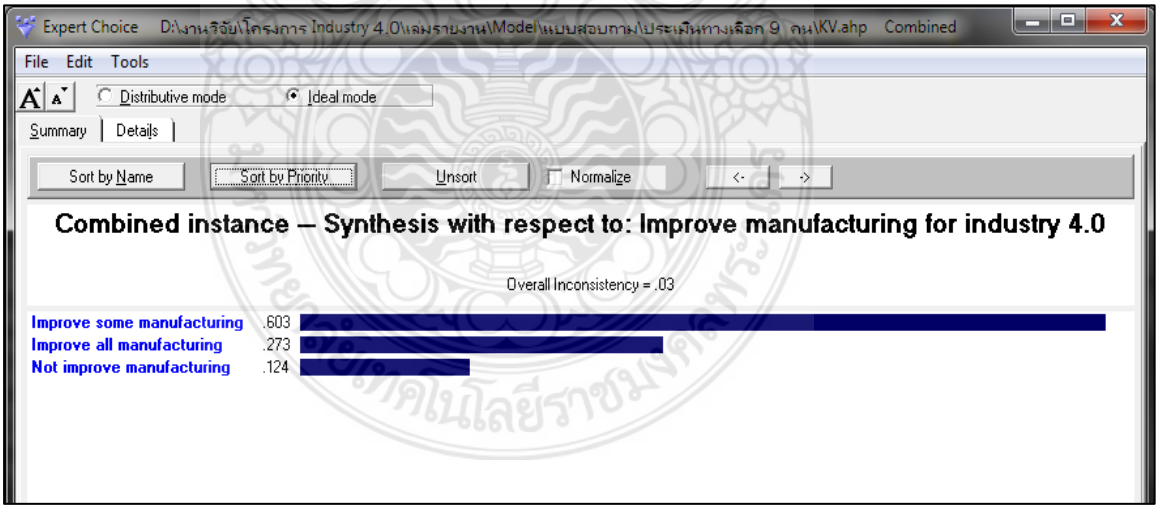
แนวทางเลือก	**Expert 1**	**Expert 2**	**Expert 3**
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	0.366	0.277	0.251
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	0.521	0.595	0.623
ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต	0.113	0.129	0.125
อัตราความสอดคล้อง	0.02	0.02	0.02
แนวทางเลือกที่ได้	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**

4.3.2 กรณีศึกษาที่ 2 บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

จากผลการสอบถามผู้บริหารของโรงงานทั้ง 3 คน โดยใช้ “แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน” นั้น จึงนำผลที่ได้บันทึกลงในแบบจำลองที่สร้างในโปรแกรม Expert choice 11 และสามารถสรุปผลการตัดสินใจเลือกได้ดังนี้



รูปที่ 4-16 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด



รูปที่ 4-17 สรุปผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

จากรูปที่ 4-16 และ รูปที่ 4-17 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของทางเลือกในแต่ละปัจจัยรอง พบว่า แนวทางเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

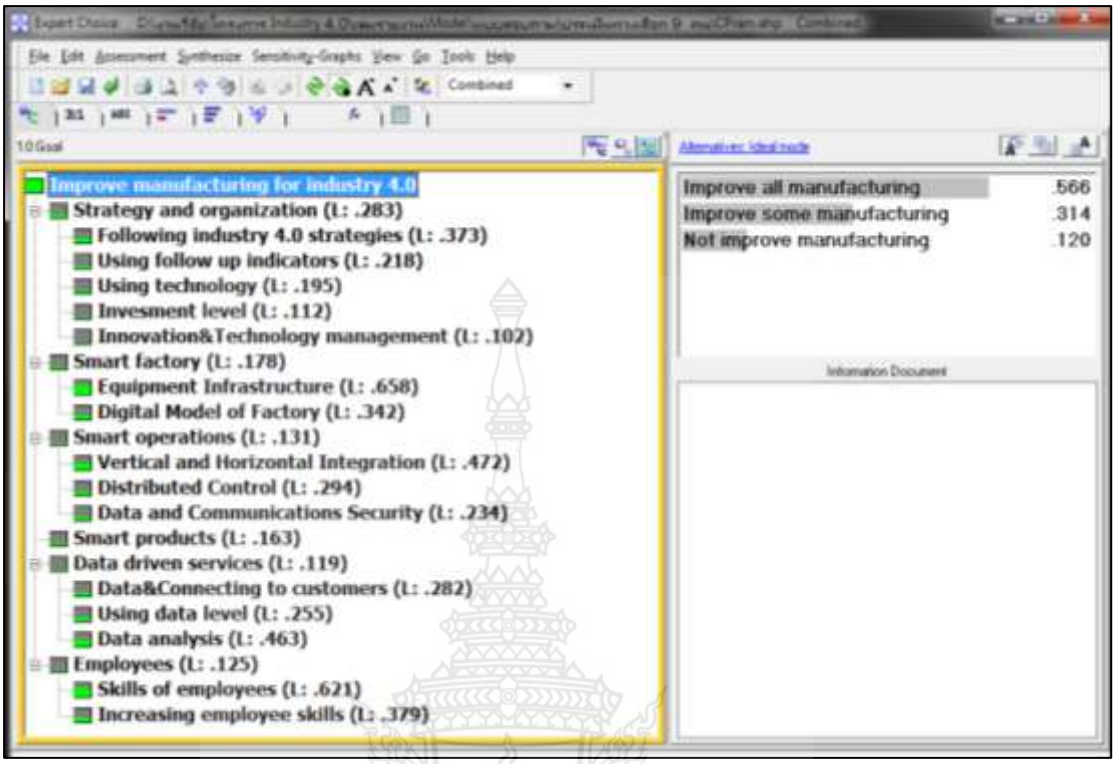
(Not improve manufacturing) ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของทางเลือกทั้ง 3 แนวทาง พบว่า ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) เป็นแนวทางที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก ร้อยละ 60.3 รองลงมาเป็นปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) ร้อยละ 27.3 และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต (Not improve manufacturing) ร้อยละ 12.4 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) โดยรวมเป็น 0.03 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์และยอมรับได้

ตารางที่ 4-8 สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

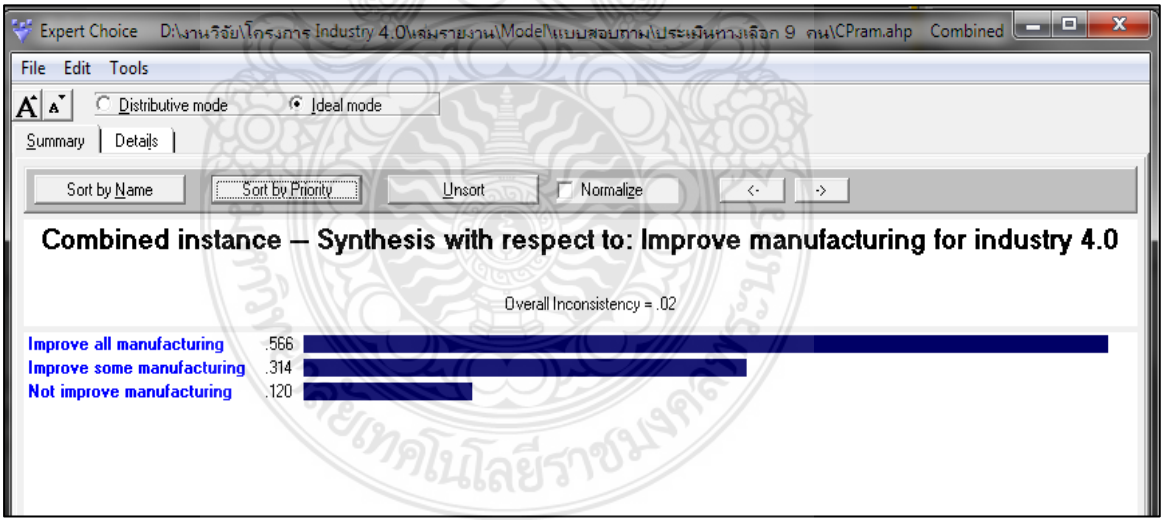
แนวทางเลือก	**Expert 1**	**Expert 2**	**Expert 3**
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	0.274	0.276	0.266
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	0.624	0.586	0.605
ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต	0.103	0.138	0.129
อัตราความสอดคล้อง	0.02	0.03	0.03
แนวทางเลือกที่ได้	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**

4.3.3 กรณีศึกษาที่ 3 บริษัท ซีพีแรม จำกัด

จากผลการสอบถามผู้บริหารของโรงงานทั้ง 3 คน โดยใช้ “แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน” นั้น จึงนำผลที่ได้บันทึกลงในแบบจำลองที่สร้างในโปรแกรม Expert choice 11 และสามารถสรุปผลการตัดสินใจเลือกได้ดังนี้



รูปที่ 4-18 โครงสร้างการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด



รูปที่ 4-19 สรุปผลการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด

จากรูปที่ 4-18 และ รูปที่ 4-19 แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของทางเลือกในแต่ละปัจจัยรอง พบว่า แนวทางเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต (Not improve manufacturing) ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของทางเลือกทั้ง

3 แนวทาง พบว่า ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) เป็นแนวทางที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก ร้อยละ 56.6 รองลงมาเป็น ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) ร้อยละ 31.4 และไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต (Not improve manufacturing) ร้อยละ 12.0 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) โดยรวมเป็น 0.02 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์และยอมรับได้

ตารางที่ 4-9 สรุปผลการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัท ซีพีแรม จำกัด

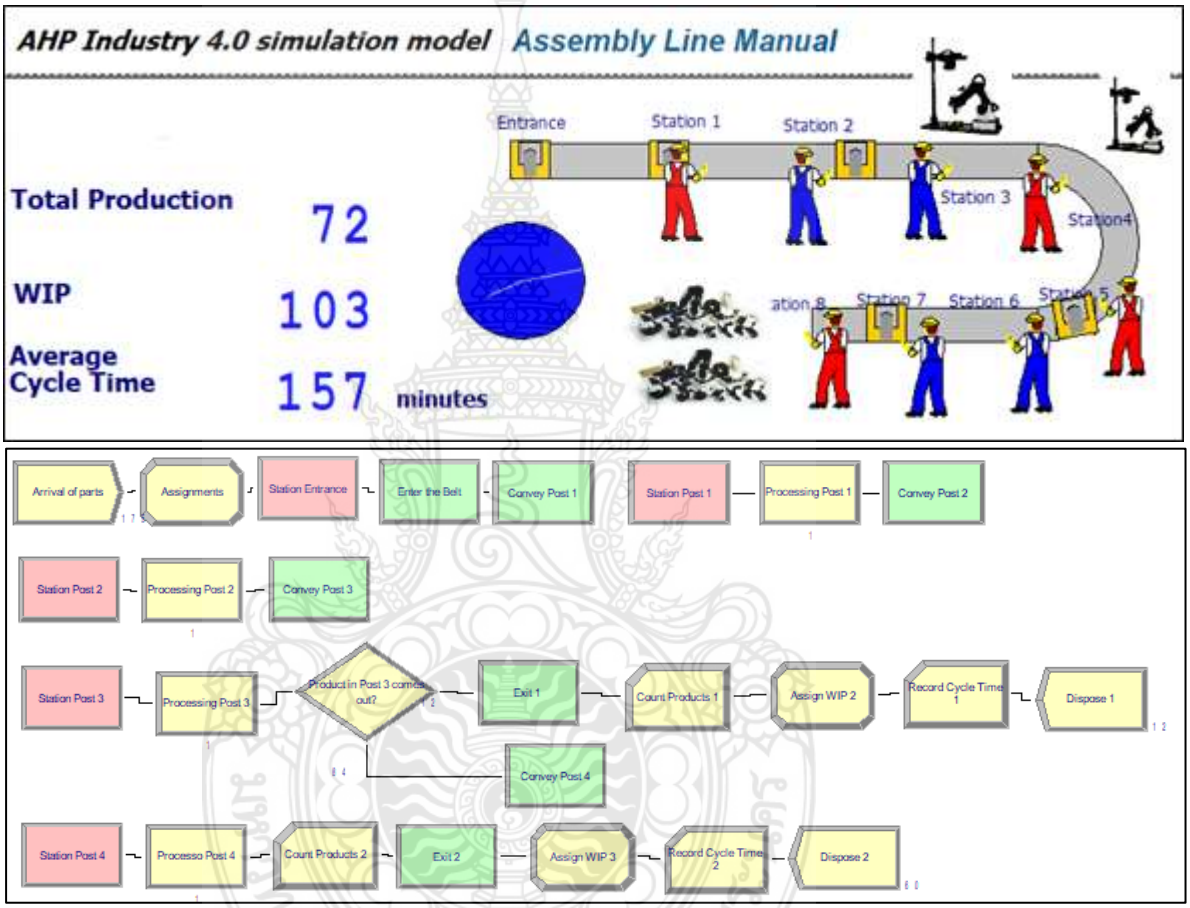
แนวทางเลือก	Expert 1	Expert 2	Expert 3
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	0.572	0.510	0.597
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	0.315	0.351	0.288
ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต	0.113	0.139	0.115
อัตราความสอดคล้อง	0.03	0.02	0.03
แนวทางเลือกที่ได้	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด**	**ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด**

4.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน พบว่า บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด เป็นโรงงานที่พร้อมปรับปรุงกระบวนการผลิต แต่สามารถปรับปรุงได้เฉพาะบางส่วน และบริษัทฯ อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (Smart Electronics) มีนโยบายการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมแบบเก่าไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 มากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งยังมีแนวทางการปรับเปลี่ยนธุรกิจที่เข้าสู่ตลาดอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ในอนาคตมากยิ่งขึ้นอีกด้วย ดังนั้น จึงเป็นบริษัทฯ ที่น่าสนใจและเหมาะสมในการเลือกบริษัทฯ นี้มาศึกษาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตตามแนวทางการปรับปรุง โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 3 แนวทางเลือก

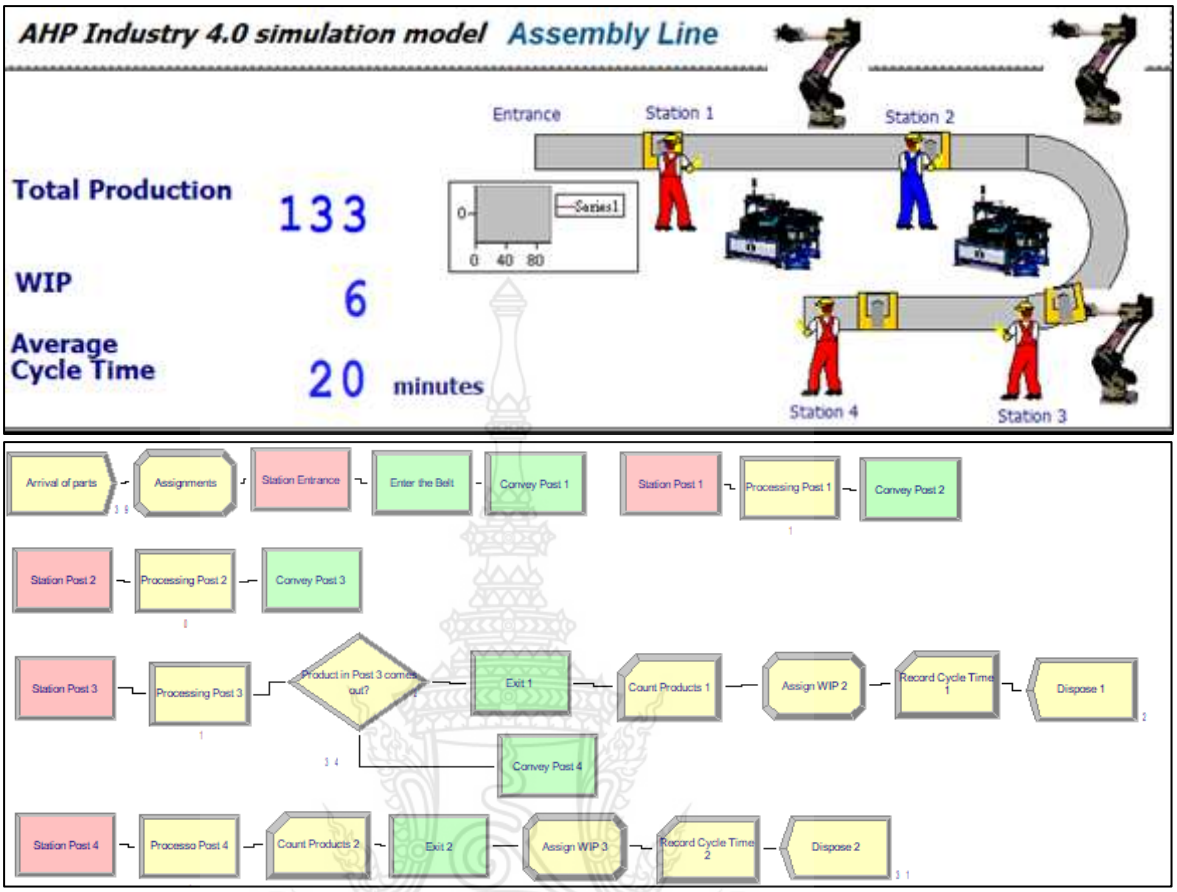
ในการจำลองสถานการณ์ลงในโปรแกรม Arena จะนำขั้นตอนการผลิตมาเป็นแบบการเขียนตัวแบบโมเดล ซึ่งการจำลองสถานการณ์จะเริ่มจากโมดูล Create เพื่อกำหนดจำนวนสินค้าที่ผลิต, จำนวนวันของรอบคำสั่งซื้อ, โมดูล Batch เพื่อรวบรวมสินค้าให้ครบจำนวนก่อนการผลิตและเคลื่อนย้าย, โมดูล Process เพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานและระบุเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

โมดูล Delay เพื่อระบุเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย, โมดูล Separate เพื่อแยกสินค้าที่รวมกันมาจากขั้นตอนการ Batch ให้ออกจากกัน, ใช้โมดูล Station และโมดูล Route เพื่อแสดงให้เห็นว่าในขั้นตอนการผลิตนั้นมีการใช้เครื่องจักรร่วมกันในการผลิตสินค้า และการจำลองจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงขั้นตอนการบรรจุเป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งจะใช้โมดูล Dispose โดยสรุปผลจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้



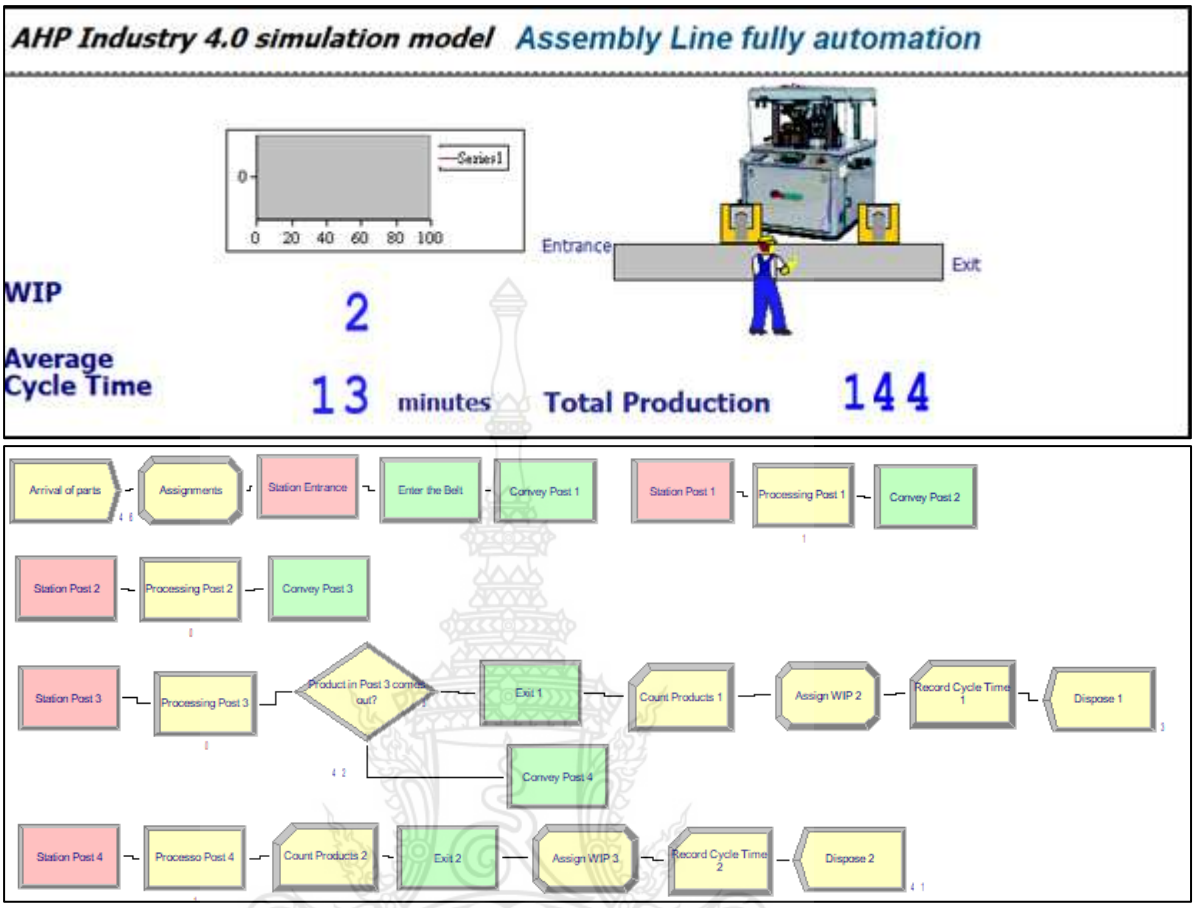
รูปที่ 4-20 แบบจำลองกระบวนการผลิตในปัจจุบันของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

จากรูปที่ 4-20 เป็นการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าในปัจจุบันของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 72 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 157 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 103 ชิ้น



รูปที่ 4-21 แบบจำลองกระบวนการผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน ของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

จากรูปที่ 4-21 เป็นการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วนของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด โดยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาแทนที่การทำงานของคนในสถานีที่มีการผลิตแบบซ้ำๆ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 133 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 20 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 6 ชิ้น



รูปที่ 4-22 แบบจำลองกระบวนการผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด ของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด

จากรูปที่ 4-22 เป็นการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมดของบริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด โดยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาแทนที่การทำงานของคนในทุกสถานีแบบสมบูรณ์ โดยมีคนควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเพียง 1 คน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 144 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 13 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 2 ชิ้น

บทที่ 5
อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจและสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่า มี 6 ปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ กลยุทธ์และการจัดองค์กร โรงงานอัจฉริยะ การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ การบริการขับเคลื่อนข้อมูล และพนักงาน โดยผู้เชี่ยวชาญให้น้ำหนักความสำคัญเป็นร้อยละ 28.3, 17.8, 13.1, 16.3, 11.9 และ 12.5 ตามลำดับ และ 15 ปัจจัยรอง ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจมากที่สุด คือ ด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริหารต้องกำหนดทิศทางขององค์กรและวิธีการปรับเปลี่ยนอุตสาหกรรมเดิมให้บรรลุเป้าหมายสำหรับการเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 และการลงมือดำเนินการปฏิบัติเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงกลยุทธ์

โดยผลการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) แบบความชัน (Gradient Sensitivity) บนปัจจัยหลักทั้ง 6 ด้าน พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 6 ด้าน ไม่ได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญ แม้ว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ลำดับความสำคัญของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง ก็ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย จึงไม่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้ง 3 แนวทาง แต่อย่างใด

สำหรับผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน พบว่า การปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน (Improve some manufacturing) มีความเหมาะสมกับ บริษัท อาซาฮี-ไทย อัลลอย จำกัด กับ บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด มากที่สุด ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก คิดเป็นร้อยละ 58.8 และ 60.3 ตามลำดับ ในส่วนของบริษัท ซีพี แรม จำกัด การปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด (Improve all manufacturing) เป็นแนวทางที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก ร้อยละ 56.6 นั่นหมายความว่า บริษัทมีความพร้อมมากสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรม Arena ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตามแนวทางการปรับปรุง โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 3 แนวทางเลือก กรณีศึกษา บริษัท เควี อีเลคทรอนิคส์ จำกัด พบว่า การจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าในปัจจุบัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 72 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 157 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 103 ชิ้น ส่วนการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน โดยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติและหุ่นยนต์

อุตสาหกรรมมาแทนที่การทำงานของคนในสถานีที่มีการผลิตแบบซ้ำๆ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 133 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 20 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 6 ชิ้น และการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตสินค้าโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาแทนที่การทำงานของคนในทุกสถานีแบบสมบูรณ์ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 1 วัน (8 ชั่วโมง) ได้สินค้าโดยเฉลี่ย 144 ชิ้นต่อวัน ใช้เวลาการผลิตเฉลี่ย 13 นาทีต่อชิ้น และชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิตหรือรอคอย (Work In Process; WIP) เฉลี่ยเท่ากับ 2 ชิ้น

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

6.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 และสร้างแบบจำลองการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการ โดยแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นจากการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) นี้ ครอบคลุมปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจทั้งในด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร โรงงานอัจฉริยะ การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ การบริการขับเคลื่อนข้อมูล และพนักงาน โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.3 รองลงมาเป็นด้านโรงงานอัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 17.8 ด้านผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 16.3 ด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ คิดเป็นร้อยละ 13.1 ด้านพนักงาน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล คิดเป็นร้อยละ 11.9

จากผลการทดสอบแบบจำลองกับโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา 3 โรงงาน นั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองนี้สามารถตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่เหมาะสมกับบริบทและข้อจำกัดของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมได้ และสามารถนำไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ทุกประเภท โดยแบบจำลองนี้จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญและเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้บริหารที่มีอำนาจตัดสินใจของโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตควรมีการเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อน-หลังปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมอัจฉริยะตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ว่ามีความแตกต่างกันในเชิงเศรษฐศาสตร์ หรือด้านอื่นๆ อย่างไรบ้าง

6.2.2 การนำแบบจำลองไปใช้งาน ผู้นำไปประยุกต์ใช้งานจะต้องเก็บข้อมูลเชิงลึกแต่ละปัจจัยของโรงงานให้ละเอียด เนื่องจากข้อมูลบางอย่างเป็นความลับของโรงงานจึงไม่สามารถเปิดเผยได้ ผู้วิจัยจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ละเอียดมากพอสำหรับการพิจารณาเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้

6.2.3 ผู้นำไปประยุกต์ใช้งานจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) เป็นอย่างดี มิเช่นนั้นอาจเกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบได้ ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องและไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้

บรรณานุกรม

[1] ธนิต โสรัตน์. (2559). THE NEXT INDUSTRIAL REVOLUTION. เอกสารประกอบการบรรยาย อุตสาหกรรม 4.0 การปฏิวัติอุตสาหกรรมใหม่แห่งอนาคต (บทที่ 1-4, หน้า 1-24). กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

[2] สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์. (2559). อุตสาหกรรม 4.0 ในบริบทของยุโรปและประเทศไทย: รายงานผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลนโยบายมาตรการในสหภาพยุโรปประกอบข้อเสนอแนะนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย.

[3] ธนิต หิรัญกิจรังษี. (2558). รายงาน เยอรมนี = อุตสาหกรรม 4.0, แล้วไทย = ?. ค้นจาก www.ditp.go.th

[4] เจน นำชัยศิริ. (2558). Thai Industries 2025 กับแนวทางอุตสาหกรรมในอนาคต. INDUSTRY FOCUS, 4(50), 5-7.

[5] ขัติยา ไกรกาญจน์. (2558). แนวทางของอุตสาหกรรมในอนาคต. INDUSTRY FOCUS, 4(50), 5-7.

[6] อาทิตย์ วุฒิคะโร. (2558). ข่าวประชาสัมพันธ์ “ปลัดอาทิตย์” ดัน Industry 4.0 ติดอาวุธ SMEs ไทยก้าวสู่ตลาดโลก. ค้นจาก http://www.industry.go.th

[7] Buckenhüskes, H. J. (2015). DLG-Expert report 5/2015: Industry 4.0-Summary report. [online] 2015. [cited 26 April, 2016]. Available from: URL: https://www.cenit.com/fileadmin/dam/Corporate/PDFs/2015_5_Expertenwissen_E.pdf

[8] Hermann, M. Pentek, T. and Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. [online] 2015. [cited 26 April, 2016]. Available from: URL: http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf

[9] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2016). Plattform Industrie 4.0. [online] 2016. [cited 26 April, 2016]. Available from: URL: http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html

[10] DFKI (2015) online access: [cited 26 April, 2016]. https://www.dfki.de/web.

[11] Berger, R. (2016). Digital factories. THINK ACT Magazine. Retrieved from https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf

[12] จิตลดา หมายมั่น และ สมบัติ ทีฆทรัพย์. (2559). Industry 4.0 อนาคตของอุตสาหกรรมไทย. EAU Heritage Journal: Science and Technology, 10(1), 14-28.

[13] Kuhnle, H. and Bitsch, G. (2015) . Foundations & principles of distributed manufacturing. Berlin: Springer, 55-70.

[14] Davis, J. (2017). Cyberinfrastructure in chemical and biological process systems: impact and directions. NSF workshop report, Arlington, VA, https://smartmanufacturingcoalition. org/sites/default/files/the_norma_language_application_to_solution_of_strong_nonequilibrium_transfer.pdf (2006, accessed 29 March 2017).

[15] Park, HS. and Tran. NH. (2014). Autonomy for smart manufacturing. J Korean Soc Precis Eng 2014; 31: 287–295.

[16] Smart Process Manufacturing Engineering Virtual Organization Steering Committee. Smart process manufacturing: an operations and technology roadmap, https://smartmanufacturingcoalition.org/sites/default/files/spm_an_operations_and_technology_roadmap.pdf (2009, accessed 29 March 2017).

[17] Rathinasabapathy, R., Elsass, MJ., Josephson, JR., et al. (2016) . A smart manufacturing methodology for real time chemical process diagnosis using causal link assessment. AIChE J 2016; 62: 3420–3431.

[18] Park, J. and Lee, J. (2015) . Presentation on Korea smart factory program. In: Proceedings of the international conference on advances in production management systems, Tokyo, Japan, 5–9 September 2015. Berlin: Springer.

[19] Qu, S., Jian, R., Chu, T., et al. (2014). Computational reasoning and learning for smart manufacturing under realistic conditions. In: Proceedings of the international conference on behavioral, economic, and socio-cultural computing, Shanghai, China, 30 October 2014, pp.1–8. New York: IEEE.

[20] Kibira, D., Morris, K. and Kumaraguru, S. (2015) . Methods and tools for performance assurance of smart manufacturing systems. J Nat Inst Stand Technol 2015; 8099.

[21] Papazoglou, MP., Van Den Heuvel, WJ. and Mascolo, JE. (2015). Reference architecture and knowledge-based structures for smart manufacturing networks. IEEE Softw 2015; 32: 61–69.

[22] Davis, J., Edgar, T., Graybill, R., et al. (2015). Smart manufacturing. Annu Rev Chem Biomol Eng 2015; 6: 141–160.

[23] Energy-efficient buildings: multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020. Brussels: European Commission Directorate-General for Research & Innovation, 2013, http://www.buildup.eu/en/practices/publications/energy-efficient-buildings-multi-annual-roadmapcontractual-ppp-under-horiz-0

[24] Lee, YT., Kumaraguru, S., Hatim, Q., et al. (2017). A classification scheme for smart manufacturing systems' performance metrics. ASTM J Smart Sustain Manuf 2017; 1: 52–74.

[25] Lu, Y., Morris, KC. and Frechette, S. (2015). Standards landscape and directions for smart manufacturing systems. In: Proceedings of the IEEE international conference on automation science and engineering, Gothenburg, 24 August 2015, pp.998–1005. New York: IEEE.

[26] Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing. Int J Prod Res 2017; 14: 1–10.

[27] Jung, K., Morris, K., Lyons, KW., et al. (2015). Performance challenges identification method for smart manufacturing systems. Report no. 8108, 27 November 2015. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.

[28] Cheng, K. (2015). Keynote presentation 2: smart tooling, smart machines and smart manufacturing: working towards the Industry 4.0 and beyond. In: Proceedings of the 21st international conference on automation and computing, Glasgow, Scotland, 11 September 2015, pp.11–12. New York: IEEE.

[29] Teramoto, K., Wu, D., Ota, K., et al. (2016). A framework of accuracy assured machining for smart manufacturing. Mem Muroran Inst Tech 2016; 65: 35–39.

[30] Trombley, D. and Rogers, E. (2014). Benefits and barriers of smart manufacturing. Energy systems laboratory. College Station, TX: Texas A&M University, 2014.

[31] Kang, HS., Lee, JY., Choi, S., et al. (2016). Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. Int J Precis Eng Manuf 2016; 3: 111–128.

[32] Malik, JA. (2016) US expects energy savings through smart manufacturing. MRS Bull 2016; 41: 10–11.

[33] Choi, S., Jung, K. and Do Noh, S. (2015). Virtual reality applications in manufacturing industries: past research, present findings, and future directions. Concurr Eng 2015; 23: 40–63.

[34] Esmaeilian, B., Behdad, S. and Wang, B. (2016). The evolution and future of manufacturing: a review. J Manuf Syst 2016; 39: 79–100.

[35] Leitao, P., Colombo, AW. and Karnouskos, S. (2016). Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: prototype implementations and challenges. Comput Ind 2016; 81: 11–25.

[36] Anderson, A. (2011). Report to the President on ensuring American leadership in advanced manufacturing. Executive Office of the President, 2011, https://Obama whitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf

[37] Kulvatunyou, B., Ivezic, N., Morris, KC., et al. (2016). Drilling down on smart manufacturing–enabling composable apps. Manuf Lett 2016; 10: 14–17.

[38] Kim, DB., Denno, PO. and Jones, AT. (2015). A model-based approach to refine process parameters in smart manufacturing. Concurrent Eng 2015; 23: 365–376.

[39] Lao, L., Ellis, M. and Christofides, PD. (2014). Smart manufacturing: handling preventive actuator maintenance and economics using model predictive control. AlChE J 2014; 60: 2179–2196.

[40] Shin, SJ., Woo, J. and Rachuri, S. (2014). Predictive analytics model for power consumption in manufacturing. Procedia CIRP 2014; 15: 153–158.

[41] Schabus, S. and Scholz, J. (2015). Geographic Information Science and technology as key approach to unveil the potential of Industry 4.0: how location and time can support smart manufacturing. In: Proceedings of the 12th international conference on informatics in control, automation and robotics, Colmar, 21 July 2015, pp.463–470. New York: IEEE.

[42] Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing must embrace big data. Nature 2017; 544: 23–25.

[43] Kusiak, A. (2017). Smart manufacturing. Int J Prod Res 2017; 14: 1–10.

[44] Bhushan, N. and Rai, K. (2004). Strategic decision making. Gray Publishing, Kent.

[45] Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. Mc Graw Hill Inc. New York.

[46] คำมี สายขุน. (2547). ผลการศึกษาปัจจัยสนับสนุนการประยุกต์วิธีการ ซิกซ์ ซิกมา โดยอาศัยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ). บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[47] Ngai, E.W.T. and Chan, E.W.C. (2005). Evaluation of knowledge management tools using AHP. Journal of Expert systems with Applications. 29: 889-899.

[48] Mahmoodzadeh, S. et al. (2007). Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique. International Scholarly and Scientific Research & Innovation. 1, 6: 301-306.

[49] Boonkanit, Prin and Kengpol, Athakorn. 2010. The Development and Application of a Decision Support Methodology for Product Eco-Design: A Study of Engineering Firms in Thailand. International Journal of Management. 27 (April): 185-201.

[50] ศุภลักษณ์ ใจสูง และ อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา. (2555). การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของบริษัท ฮานา ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน) โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP). วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 35, 4 (เม.ย.-มิ.ย.): 65-89.

[51] Milutinovic, Biljana et al. (2014). Multi-criteria analysis as a tool for sustainability assessment of a waste management model. Energy. 74: 190-201.

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามและประเด็นสัมภาษณ์
การเตรียมความพร้อมในพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม
ตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

ภาคผนวก ค

ผลการคำนวณหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองของผู้ประเมิน ทั้งหมด 12 คน โดยใช้โปรแกรม Expert choice 11

ภาคผนวก ง
แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน

แบบสอบถามและประเด็นสัมภาษณ์

การเตรียมความพร้อมในพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บริษัท : .....

ผลิตภัณฑ์ : .....

ผู้ประสานงาน : .....

โทรศัพท์ : .....**E-mail :** .....

<u>แบบสอบถามและประเด็นสัมภาษณ์</u>

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนข้อมูลทั่วไปของกิจการ และข้อมูลสำหรับการประเมินความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งมี 6 มิติ ดังนี้

1. คำถามทั่วไปเกี่ยวกับกิจการ

1) ประเภทของกิจการ

	ภาคการบริการด้านวิศวกรรม
	ภาคการผลิต

2) กลุ่มอุตสาหกรรม S-curve

	อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Next - Generation Automotive)
	อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (Smart Electronics)
	อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวกลุ่มรายได้ดีและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Affluent, Medical and Wellness Tourism)
	การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ (Agriculture and Biotechnolgy)
	อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร (Food for the Future)
	อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ (Robotics)
	อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ (Aviation and Logistics)
	อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ (Biofuels and Biochemicals)
	อุตสาหกรรมดิจิตอล (Digital)
	อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร (Medical Hub)

3) รายได้

	ไม่เกิน 30 ล้านบาท (M)
	30-100 ล้านบาท
	100-500 ล้านบาท
	มากกว่า 500 ล้านบาท
	ไม่ระบุ

4) สินทรัพย์ถาวร

	ไม่เกิน 50 ล้านบาท (S)
	51-200 ล้านบาท (M)
	มากกว่า 200 ล้านบาท (L)

5) จำนวนพนักงาน

	ไม่เกิน 19 คน
	20-99 คน
	100-200 คน
	201-500 คน
	มากกว่า 500 คน

2. แบบประเมินความพร้อมในการเป็นอุตสาหกรรม 4.0

2.1 กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)

1) สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0

	มีระบบตัวชี้วัด ซึ่งพิจารณาอย่างเหมาะสม
	มีระบบตัวชี้วัด ซึ่งอยู่ในขั้นเริ่มต้น
	ยังไม่มีความชัดเจนในการนำมาใช้งาน

2) ได้มีการใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0

	ไม่มีกลยุทธ์อยู่เลย
	เริ่มต้นพัฒนากลยุทธ์
	กลยุทธ์อยู่ในระดับกำลังพัฒนา
	กลยุทธ์ได้กำหนดเป็นรูปแบบแล้ว
	กลยุทธ์ได้นำไปปฏิบัติ
	กลยุทธ์ได้ลงมือปฏิบัติตามเรียบร้อยแล้ว

3) มีเทคโนโลยีอะไรบ้างที่ใช้ในบริษัทในปัจจุบัน (สามารถตอบได้หลายคำตอบ)

	เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology)
	โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ (Mobile and Devices)
	เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID)
	ระบบระบุตำแหน่งแบบเรียลไทม์ (Real-time Location Systems)
	ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อเก็บและประเมินข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Big Data to Store and Evaluate Real-time Data)
	ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technologies) เป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถปรับขนาดได้ (as Scalable IT Infrastructure)
	ระบบสมองกลฝังตัวในเทคโนโลยีสารสนเทศ (Embedded IT Systems)
	การสื่อสารแบบเครื่องจักรกับเครื่องจักร (M2M Communications)

4) ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 มีในฝ่ายใดบ้าง ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา และภายใน 5 ปีข้างหน้า

ฝ่าย	**ลงทุนในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา**				**ลงทุนภายใน 5 ปีข้างหน้า**			
	มาก	**กลาง**	**น้อย**	**ไม่มี**	**มาก**	**กลาง**	**น้อย**	**ไม่มี**
วิจัยและพัฒนา								
การจัดซื้อ								
การผลิต								
การขายและการตลาด								
โลจิสติกส์								
การบริการ								
เทคโนโลยีสารสนเทศ								

5) ในฝ่ายใดบ้างที่มีการจัดการนวัตกรรม และเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ (นวัตกรรมผลิตภัณฑ์/กระบวนการ/ธุรกิจหรือบริการ) (สามารถตอบได้หลายคำตอบ)

	เทคโนโลยีสารสนเทศ
	เทคโนโลยีการผลิต
	การพัฒนาผลิตภัณฑ์
	การบริการ
	ส่วนกลาง, ในการจัดการแบบบูรณาการ
	ไม่มี

2.2 โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)

2.2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร (Equipment Infrastructure)

1) การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ ต่อไปนี้

ฟังก์ชัน	ไม่มี	มี/ขยายไปบางส่วน	มีอย่างสมบูรณ์
เครื่องจักร-มีระบบเชื่อมต่อที่สามารถควบคุมผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ			
การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M)			
Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ			

2) การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ ต่อไปนี้

ฟังก์ชัน	ไม่เกี่ยวข้อง	เกี่ยวข้องแต่ไม่ปรับปรุงให้ทันสมัย	สามารถปรับปรุงได้	สูงเพราะมีฟังก์ชันอยู่แล้ว
การสื่อสารเครื่องจักรไปยังเครื่องจักร (M2M)				
Interoperability: ความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือการทำงานร่วมกัน โดยใช้งานโปรแกรมระหว่างระบบหรือส่วนต่างๆ				

2.2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน (Digital Model of Factory)

1) สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่

	ได้ โดยรวบรวมได้ทั้งหมด
	ได้ แต่รวบรวมได้บางส่วน
	รวบรวมไม่ได้

2) ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวมและระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต

ข้อมูล	ใช่/แต่ใช้คนบันทึก	ใช่/ระบบรวบรวมโดยอัตโนมัติ	ไม่รวบรวม
ข้อมูลสินค้าคงคลัง			
เวลารวมในการทำงานของการผลิต			
การใช้กำลังการผลิตเครื่องจักร			
ส่วนที่เหลือจากการผลิต			
โควตาของข้อผิดพลาด			
การใช้ประโยชน์พนักงาน			
ข้อมูลการตำแหน่งสินค้า			
ข้อมูลกระบวนการที่ค้างอยู่			
เวลาในการทำรายการ			
ประสิทธิผลเครื่องจักรรวม (Overall Equipment Effectiveness: OEE)			
อื่นๆ			

3) งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้

	การบำรุงรักษาแบบที่คาดการณ์ได้
	กระบวนการผลิต และโลจิสติกส์ที่ทำให้เกิดผลดีที่สุด
	การสร้างความชัดเจนและโปร่งใสตลอดกระบวนการผลิต
	การจัดการคุณภาพ
	การผลิตแบบอัตโนมัติควบคุมโดยใช้ข้อมูลเรียลไทม์
	การใช้ทรัพยากรในระดับที่ดีสุด (วัตถุดิบ, พลังงาน)
	อื่นๆ (บันทึก) :

4) ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัท และระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัทหรือไม่

ระบบ	มีการใช้		การเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท	
	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
MES – ระบบปฏิบัติการผลิต Manufacturing Execution System				
ERP – การวางแผนทรัพยากรองค์กร Enterprise Resource Planning				
PLM – การจัดการวงจรผลิตภัณฑ์ Product Lifecycle Management				
PDM – การจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ Product Data Management				
PPS – ระบบการวางแผนการผลิต Production Planning System				

ระบบ	มีการใช้		การเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท	
	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
PDA – การจัดหาข้อมูลการผลิต Product Data Acquisition				
MDC – การรวบรวมข้อมูลเครื่องจักร Machine Data Collection				
CAD – การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย Computer-Aided Design				
SCM – การจัดการซัพพลายเชน Supply Chain Management				

2.3 การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)

2.3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน (Vertical and Horizontal Integration)

1) ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือ ภายนอก

ฝ่ายใดที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ	ภายในระหว่างฝ่าย		ภายนอกกับลูกค้าและผู้ส่งมอบ	
	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
วิจัยและพัฒนา				
การจัดซื้อ				
การผลิต				
การขายและการตลาด				
โลจิสติกส์				
การบริการ				
เทคโนโลยีสารสนเทศ				
บัญชีและการเงิน				
ไม่มีที่ไหนเลย				

2.3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป (Distributed Control)

2) บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ

	ใช่ และดำเนินการข้ามองค์กรได้
	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะภายในบริษัท หรือพื้นที่ที่เลือกมาเท่านั้น
	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะการทดสอบและระยะเริ่มต้นโครงการนำร่อง
	ไม่มี

3) บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์

	ใช่ และดำเนินการข้ามองค์กรได้
	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะภายในบริษัท หรือพื้นที่ที่เลือกมาเท่านั้น
	ใช่ แต่สามารถดำเนินการในเฉพาะการทดสอบและระยะเริ่มต้นโครงการนำร่อง
	ไม่มี

2.3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล (Data and Communications Security)

4) วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท

	ไม่มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท (ใช้บริการจากภายนอก)
	มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนกลางของบริษัท
	มีฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศในแต่ละพื้นที่ของบริษัท (การผลิต, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นต้น)
	มีผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศประจำในแต่ละฝ่าย

5) การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

การรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	**ได้ดำเนินการแล้ว**	**กำลังดำเนินการ**	**ได้วางแผน**	**ไม่เกี่ยวข้องกับบริษัท**
ความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลภายใน				
ความปลอดภัยข้อมูลผ่านบริการคลาวด์				
ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในองค์กร				
ความปลอดภัยของการสื่อสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับพันธมิตรทางธุรกิจ				

6) ได้ใช้บริการคลาวด์หรือยัง

งานที่ใช้บริการคลาวด์	**ใช้**	**ไม่ แต่กำลังวางแผนเพื่อใช้งาน**	**ไม่ใช้**
สำหรับซอฟต์แวร์ที่มีคลาวด์เป็นฐาน			
สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล			
สำหรับการจัดเก็บข้อมูล			

2.4 ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)

1) บริษัทได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีอุปกรณ์ครบครันที่ได้เพิ่มฟังก์ชันที่มีฐานจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไม่

ฟังก์ชัน	**มี**	**ไม่มี**
หน่วยความจำของผลิตภัณฑ์ (Product Memory)		
การออกรายงานด้วยตนเอง (Self-Reporting)		
การเชื่อมต่อ (Integration)		
การจำกัดเฉพาะในพื้นที่ที่กำหนด (Localization)		
ระบบช่วยเหลือ (Assistance Systems)		
การติดตาม (Monitoring)		

ข้อมูลวัตถุ (Object information)		
การบ่งชี้อัตโนมัติ (Automatic identification)		

2.5 การบริการการใช้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ (Data-Driven Services)

1) ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ ปัจจุบันมีบริการนี้หรือไม่

	มีข้อมูล และได้เชื่อมต่อกับลูกค้าทุกราย
	มีข้อมูล แต่ยังไม่เชื่อมต่อกับลูกค้า
	ยังไม่มีข้อมูล

2) บางครั้งได้รวบรวมข้อมูล และเก็บไว้เท่านั้นโดยไม่ได้นำออกมาใช้ จำเป็นต้องทราบระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท)

	0%
	0% to 20%
	21% to 50%
	มากกว่า 50%

3) มีการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าหรือไม่

	มีการวิเคราะห์
	ไม่มีการวิเคราะห์ – บริษัทรวบรวมข้อมูล แต่ไม่วิเคราะห์ข้อมูล
	ไม่มีการวิเคราะห์ – บริษัทไม่รวบรวมข้อมูลในช่วงที่ใช้ผลิตภัณฑ์

2.6 พนักงาน (Employees)

1) ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่

งานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม 4.0	**ไม่เกี่ยวข้อง**	**ไม่มีอยู่**	**มีอยู่แต่ไม่เพียงพอ**	**เพียงพอ**
โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ IT infrastructure				
เทคโนโลยีอัตโนมัติ Automation Technology				
การวิเคราะห์ข้อมูล Data analysis				
ความปลอดภัยของข้อมูลและการสื่อสาร Data security/Communications security				
พัฒนาหรือใช้ระบบช่วยเหลือ				

Development or Application of Assistance systems				
ซอฟต์แวร์เชิงความร่วมมือ Collaboration Software				
ทักษะที่ไม่เชิงเทคนิค เช่น การคิดที่เป็นระบบและการเข้าใจกระบวนการ Non-Technical skills such as systems thinking and process understanding				

2) บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้และการสอนงาน เป็นต้น

	มี
	ไม่มี

แบบสอบถามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

โครงการวิจัย เรื่อง กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<u>จุดประสงค์</u>

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อร่วมกันกำหนดค่าน้ำหนัก เพื่อหาความสำคัญของปัจจัยย่อยในการประเมินสมรรถนะปัจจัยหลักคือ

1. กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)
2. โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)
3. การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)
4. ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)
5. การบริการขับเคลื่อนข้อมูล (Data-Driven Services)
6. พนักงาน (Employees)

<u>รายละเอียดของแบบสอบถาม</u>

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในกล่องข้อความต่อไปนี้

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 25-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51-60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. ตำแหน่งงาน

☐ อาจารย์ ☐ ผู้จัดการบริษัท

5. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐ 10-15 ปี ☐ 16-20 ปี ☐ 21-25 ปี ☐ มากกว่า 25 ปี

<u>ส่วนที่ 2</u> การเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในแต่ละระดับ

ในการพิจารณาความสำคัญเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยย่อยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อปัจจัยหลัก และการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 จะแบ่งระดับคะแนนความสำคัญเป็น 9 ระดับ ดังนี้

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญสูงสุด
2, 4, 6, 8	สำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate Judgment Value)	ความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
1. กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.2 การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.3 การใช้เทคโนโลยีในบริษัทในปัจจุบัน 1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 1.5 การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ
2. โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร 2.1.1 การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ 2.1.2 การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ 2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน 2.2.1 สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่ 2.2.2 ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวม และระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
	2.2.3 งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ 2.2.4 ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัท และระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท
3. การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน 3.1.1 ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือ ภายนอก 3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป 3.2.1 บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ 3.2.2 บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์ 3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล 3.3.1 วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท 3.3.2 การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ 3.3.3 การใช้บริการคลาวด์
4. ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	-
5. การบริการขับเคลื่อนข้อมูล (Data-Driven Services)	5.1 ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ 5.2 ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท) 5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
6. พนักงาน (Employees)	6.1 ทักษะของพนักงาน ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่ 6.2 การเพิ่มทักษะของพนักงาน บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น

<u>วิธีการตอบแบบสอบถาม</u>

1. ทำความเข้าใจความหมายของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
2. ตอบแบบสอบถามโดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ทีละคู่จนครบทุกปัจจัย โดยให้คะแนนจาก 1-9 ตามระดับความสำคัญดังที่อธิบายไว้ในตาราง
3. พิจารณาเกณฑ์ปัจจัยแรกกับปัจจัยหลัง ว่าปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ปัจจัยหลัง เลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้ามีความสำคัญเท่ากันให้กากบาทที่หมายเลข 1
4. ในกรณีที่มีความสำคัญไม่เท่ากัน โปรดระบุว่าปัจจัยแรกมีความสำคัญ มากกว่า ปัจจัยหลัง หรือ ปัจจัยแรกมีความสำคัญ น้อยกว่า ปัจจัยหลัง
5. พิจารณาเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า โดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

<u>ตัวอย่าง</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>มากกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>น้อยกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	(1)	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	(5)	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	(7)	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

<u>ความหมายจากตัวอย่าง</u>

- **<u>กรณีที่ 1</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** กับ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “เท่ากับ” **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 1 **(วงกลมที่เลข 1)**

- **<u>กรณีที่ 2</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** กับ **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “มากกว่า” **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 5 **(วงกลมที่เลข 5 ด้านซ้ายมือ)**

- **<u>กรณีที่ 3</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน**

กับ **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “น้อยกว่า” **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 7 **(วงกลมที่เลข 7 ด้านขวามือ)**

2.1 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก

ปัจจัยแรก	**แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0**																	**ปัจจัยหลัง**
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง								
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	โรงงานอัจฉริยะ
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล
กลยุทธ์และการจัดองค์กร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	พนักงาน
โรงงานอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ
โรงงานอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ
โรงงานอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล
โรงงานอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	พนักงาน
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ
การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล
การดำเนินงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	พนักงาน

ปัจจัยแรก	แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง								
หรือการผลิตอัจฉริยะ																		
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบริการขับเคลื่อนข้อมูล
ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	พนักงาน
การบริการขับเคลื่อนข้อมูล	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	พนักงาน

2.2 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อย<u>ด้านกลยุทธ์และการจัดองค์กร</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : กลยุทธ์และการจัดองค์กร																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง								
สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0
สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้เทคโนโลยีในบริษัท
สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0
สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : กลยุทธ์และการจัดองค์กร																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง								
การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้เทคโนโลยีในบริษัท
การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0
การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ
การใช้เทคโนโลยีในบริษัท	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0
การใช้เทคโนโลยีในบริษัท	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ
ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การจัดการนวัตกรรมและ

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : กลยุทธ์และการจัดองค์กร																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
ตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0																	เทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ

2.3 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อย<u>ด้านโรงงานอัจฉริยะ</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : โรงงานอัจฉริยะ																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน

2.4 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อย<u>ด้านการดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การควบคุมที่ได้กระจายออกไป
การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล
การควบคุมที่ได้กระจายออกไป	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล

2.5 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อย<u>ด้านการบริการขับเคลื่อนข้อมูล</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การบริการขับเคลื่อนข้อมูล																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การบริการขับเคลื่อนข้อมูล																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า

2.6 เปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยย่อย<u>ด้านพนักงาน</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : พนักงาน																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**มากกว่า**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**น้อยกว่า**ปัจจัยหลัง							
ทักษะของพนักงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การเพิ่มทักษะของพนักงาน

“ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้”

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 1 : กรรมการผู้จัดการบริษัท A

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .285)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicators
2	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
5	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following industry 4.0 str	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.		2.0	2.0	3.0	4.0
Using follow up indic			1.0	2.0	2.0
Using technology				3.0	2.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technolc	Incon: 0.01				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Following industry 4.0 strategies	**.381**	
Using follow up indicators	**.200**	
Using technology	**.220**	
Invesment level	**.099**	
Innovation&Technology management	**.100**	

Inconsistency = 0.00887
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .176)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructure	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	**Digital Model of Factory**

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment Infrastructure	Digital Mod
Equipment Infrastructure		**1.0**
Digital Model of Factory	**Incon: 0.00**	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.500**	
Digital Model of Factory	**.500**	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .133)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	**Distributed Control**

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and Horizontal In	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		**2.0**	**1.0**
Distributed Control			**1.0**
Data and Communications Security	**Incon: 0.05**		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Vertical and Horizontal Integration	**.413**
Distributed Control	**.260**
Data and Communications Security	**.327**

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .112)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	**Using data level**

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		**1.0**	**(2.0)**
Using data level			**(2.0)**
Data analysis	**Incon: 0.00**		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Data&Connecting to customers	**.250**	
Using data level	**.250**	
Data analysis	**.500**	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .115)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee skills

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	**Increasing employee skills**

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	**Increasing**
Skills of employees		**2.0**
Increasing employee skills	**Incon: 0.00**	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.667**	
Increasing employee skills	**.333**	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

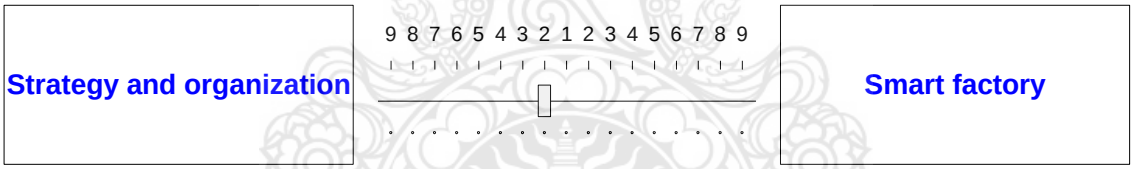
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

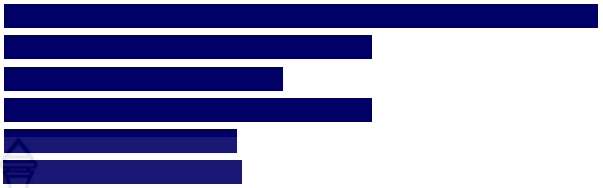
	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		2.0	3.0	1.0	2.0	3.0
Smart factory			2.0	1.0	2.0	1.0
Smart operations				1.0	2.0	1.0
Smart products					1.0	2.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.04					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 1**

Improve manufacturing for industry 4.0

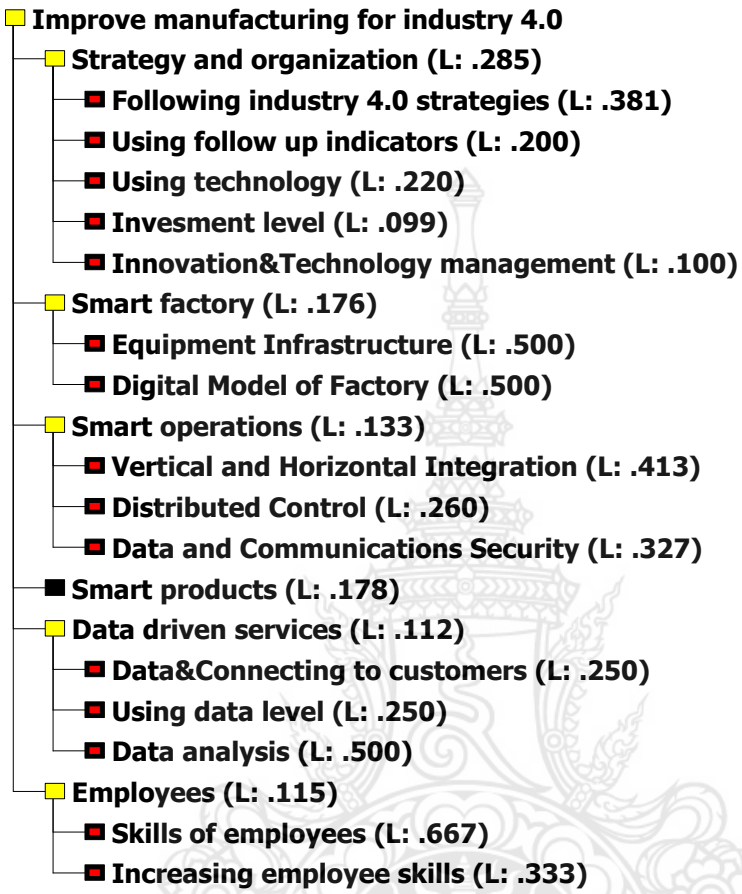
Strategy and organization	**.285**
Smart factory	**.176**
Smart operations	**.133**
Smart products	**.178**
Data driven services	**.112**
Employees	**.115**



Inconsistency = 0.04
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview



Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 2 : กรรมการผู้จัดการบริษัท A

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

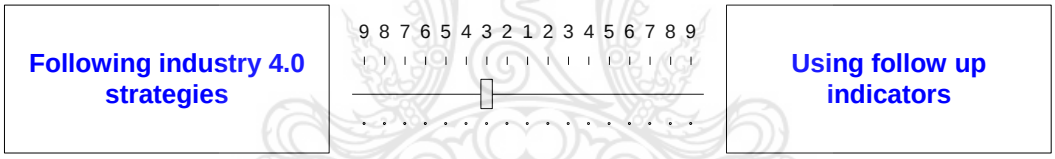
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .260)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicators
2	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
5	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		3.0	2.0	2.0	3.0
Using follow up indicators			1.0	3.0	1.0
Using technology				2.0	2.0
Invesment level					2.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.07				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 2

Following industry 4.0 strategies	.365
Using follow up indicators	.192
Using technology	.200
Invesment level	.132
Innovation&Technology management	.111

Inconsistency = 0.07
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .194)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		3.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 2**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.750**	
Digital Model of Factory	**.250**	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .152)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal Integration	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal Integration	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communications Security
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communications Security

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		3.0	2.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.13		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 2

Vertical and Horizontal Integration	.547
Distributed Control	.263
Data and Communications Security	.190

Inconsistency = 0.13
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .099)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	1.0
Using data level			1.0
Data analysis	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 2**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Data&Connecting to customers	.333	
Using data level	.333	
Data analysis	.333	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .107)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 2**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.667**
Increasing employee skills	**.333**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

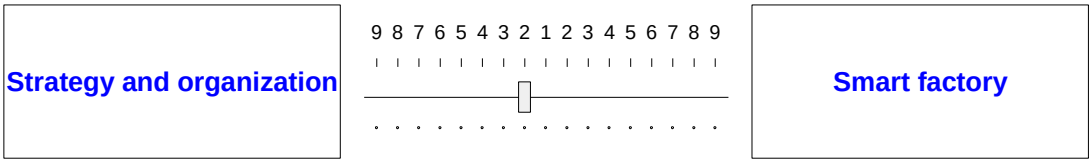
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



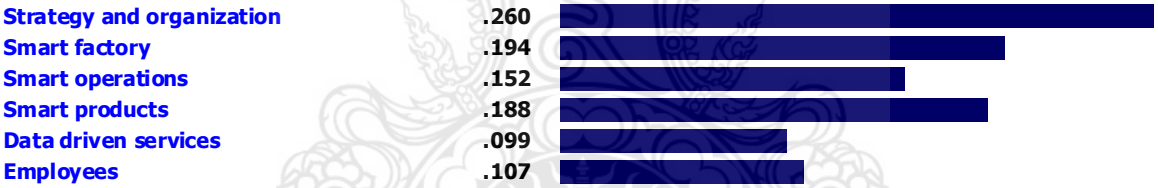
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		2.0	3.0	1.0	2.0	2.0
Smart factory			3.0	1.0	2.0	1.0
Smart operations				2.0	1.0	2.0
Smart products					3.0	2.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.09					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 2



Inconsistency = 0.09
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .260)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .365)**
    - **Using follow up indicators (L: .192)**
    - **Using technology (L: .200)**
    - **Invesment level (L: .132)**
    - **Innovation&Technology management (L: .111)**
  - **Smart factory (L: .194)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .750)**
    - **Digital Model of Factory (L: .250)**
  - **Smart operations (L: .152)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .547)**
    - **Distributed Control (L: .263)**
    - **Data and Communications Security (L: .190)**
  - **Smart products (L: .188)**
  - **Data driven services (L: .099)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .333)**
    - **Using data level (L: .333)**
    - **Data analysis (L: .333)**
  - **Employees (L: .107)**
    - **Skills of employees (L: .667)**
    - **Increasing employee skills (L: .333)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 3 : กรรมการผู้จัดการบริษัท B

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .360)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicators
2	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
5	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		2.0	2.0	3.0	3.0
Using follow up indicators			2.0	3.0	2.0
Using technology				1.0	2.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.02				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 3

Following industry 4.0 strategies	.364
Using follow up indicators	.257
Using technology	.156
Invesment level	.115
Innovation&Technology management	.108

Inconsistency = 0.02
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .144)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure

9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		**2.0**
Digital Model of Factory	**Incon: 0.00**	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 3**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.667**
Digital Model of Factory	**.333**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .114)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	2.0
Distributed Control			1.0
Data and Communications Security	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 3

Vertical and Horizontal Integration	.500	
Distributed Control	.250	
Data and Communications Security	.250	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .111)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		2.0	(3.0)
Using data level			(3.0)
Data analysis	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 3

Data&Connecting to customers	.249
Using data level	.157
Data analysis	.594

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

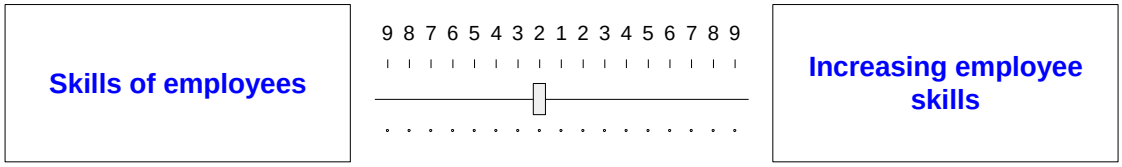
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .132)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 3**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.667**
Increasing employee skills	**.333**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organization	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organization	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		3.0	5.0	2.0	3.0	2.0
Smart factory			1.0	2.0	1.0	1.0
Smart operations				1.0	1.0	1.0
Smart products					2.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.04					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

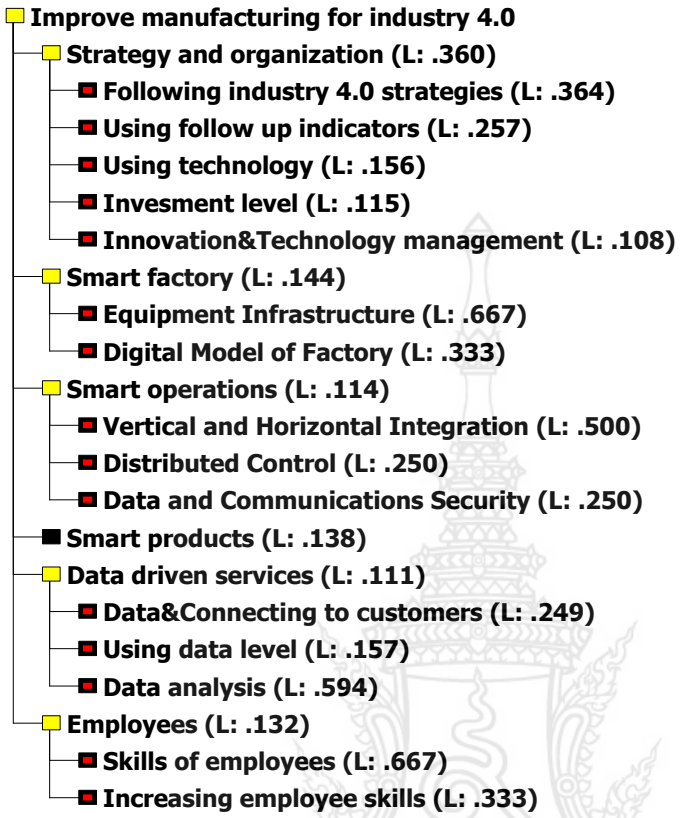
Expert 3

Strategy and organization	.360
Smart factory	.144
Smart operations	.114
Smart products	.138
Data driven services	.111
Employees	.132

Inconsistency = 0.04
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview



Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 4 : กรรมการผู้จัดการบริษัท B

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

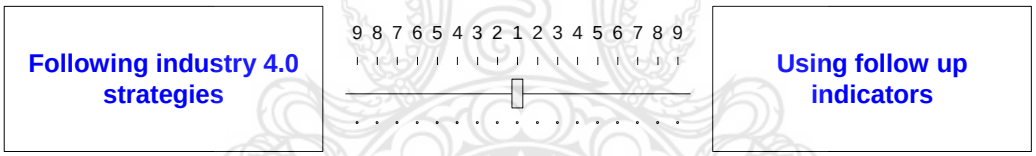
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .304)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		1.0	2.0	3.0	2.0
Using follow up indicators			1.0	2.0	2.0
Using technology				2.0	3.0
Invesment level					2.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.04				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 4

Following industry 4.0 strategies	.307
Using follow up indicators	.238
Using technology	.227
Invesment level	.128
Innovation&Technology management	.099

Inconsistency = 0.04
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .176)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		2.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 4**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.667**	
Digital Model of Factory	**.333**	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .106)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	2.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 4

Vertical and Horizontal Integration	.493
Distributed Control	.311
Data and Communications Security	.196

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .118)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	**Using data level**

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	(2.0)
Using data level			1.0
Data analysis	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 4

Data&Connecting to customers	**.260**	
Using data level	**.327**	
Data analysis	**.413**	

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

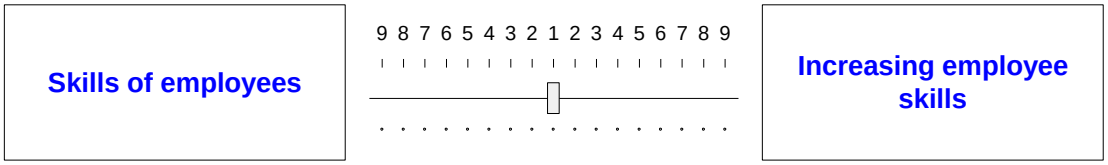
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .141)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		1.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 4**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.500**
Increasing employee skills	**.500**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		4.0	4.0	1.0	2.0	1.0
Smart factory			2.0	1.0	2.0	2.0
Smart operations				1.0	1.0	1.0
Smart products					1.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.07					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

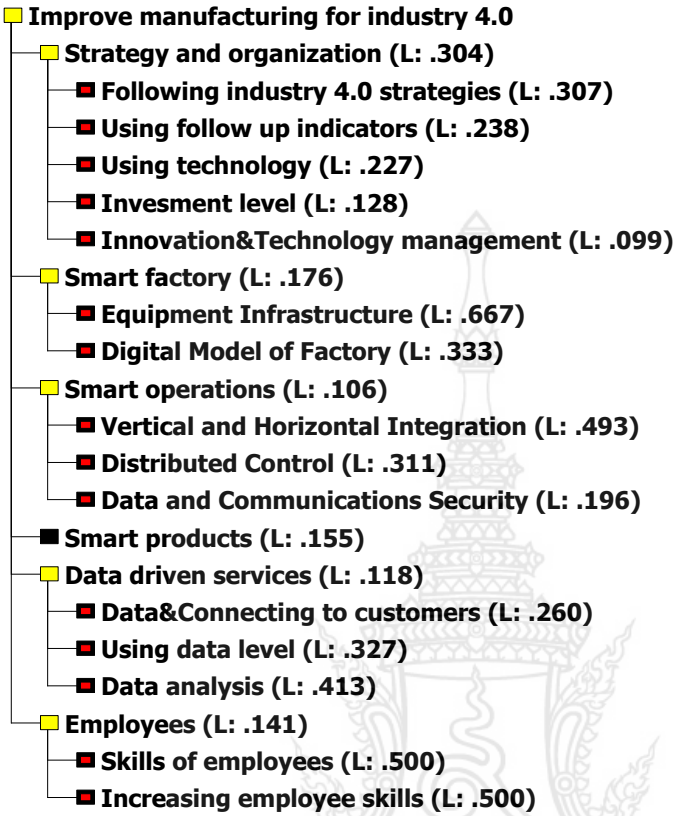
Expert 4

Strategy and organization	.304
Smart factory	.176
Smart operations	.106
Smart products	.155
Data driven services	.118
Employees	.141

Inconsistency = 0.07
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview



Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 5 : กรรมการผู้จัดการบริษัท C

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .229)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies | 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 | **Using follow up indicators**

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		1.0	3.0	2.0	3.0
Using follow up indicators			2.0	1.0	3.0
Using technology				3.0	1.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.09				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 5

Following industry 4.0 strategies	.318
Using follow up indicators	.261
Using technology	.173
Invesment level	.135
Innovation&Technology management	.114

Inconsistency = 0.09
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

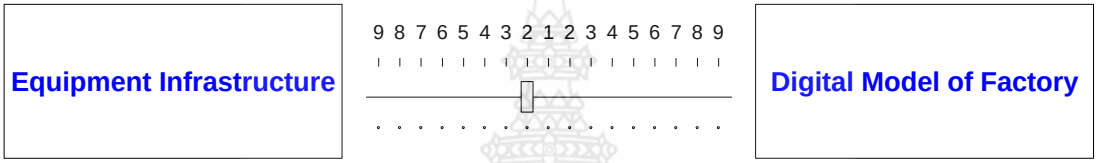
Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .166)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		2.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Expert 5

Equipment Infrastructure **.667**
Digital Model of Factory **.333**
Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .173)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical anc	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	1.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.21		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 5

Vertical and Horizontal Integration	.413
Distributed Control	.327
Data and Communications Security	.260

Inconsistency = 0.21
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .143)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	(2.0)
Using data level			(2.0)
Data analysis	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 5**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Data&Connecting to customers	.250	
Using data level	.250	
Data analysis	.500	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .126)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 5**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.667**
Increasing employee skills	**.333**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

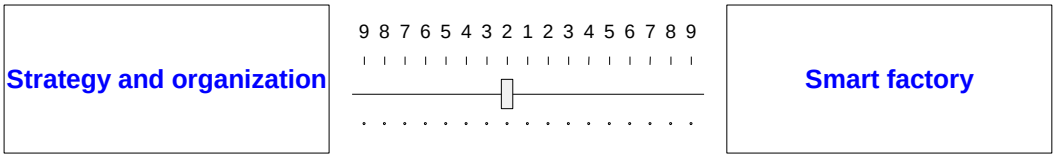
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



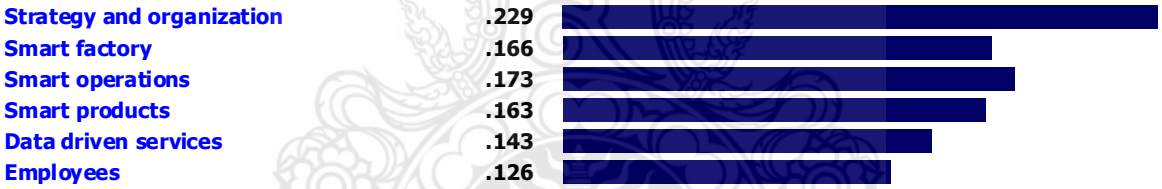
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		2.0	2.0	1.0	1.0	2.0
Smart factory			2.0	1.0	1.0	1.0
Smart operations				2.0	2.0	1.0
Smart products					1.0	2.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.06					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 5



Inconsistency = 0.06
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .229)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .318)**
    - **Using follow up indicators (L: .261)**
    - **Using technology (L: .173)**
    - **Invesment level (L: .135)**
    - **Innovation&Technology management (L: .114)**
  - **Smart factory (L: .166)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .667)**
    - **Digital Model of Factory (L: .333)**
  - **Smart operations (L: .173)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .413)**
    - **Distributed Control (L: .327)**
    - **Data and Communications Security (L: .260)**
  - **Smart products (L: .163)**
  - **Data driven services (L: .143)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .250)**
    - **Using data level (L: .250)**
    - **Data analysis (L: .500)**
  - **Employees (L: .126)**
    - **Skills of employees (L: .667)**
    - **Increasing employee skills (L: .333)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 6 : กรรมการผู้จัดการบริษัท C

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

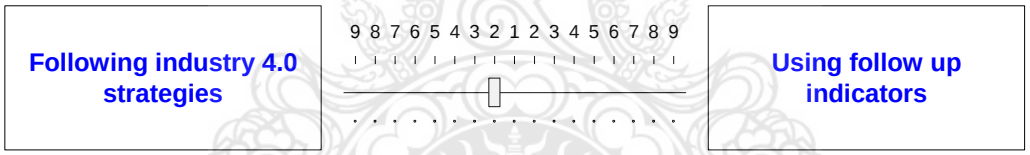
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .292)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



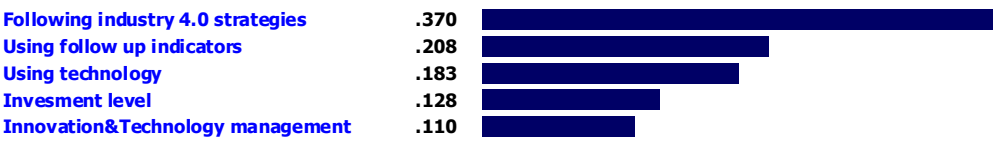
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		2.0	2.0	3.0	3.0
Using follow up indicators			1.0	2.0	2.0
Using technology				1.0	2.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.01				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 6



Inconsistency = 0.01
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

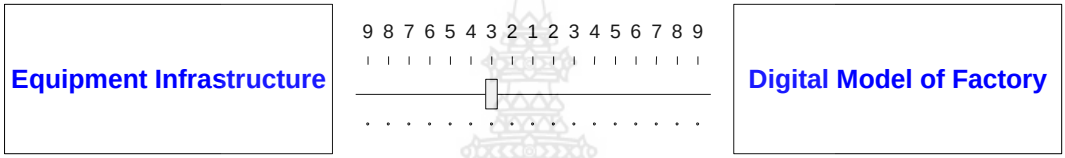
Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .163)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		3.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 6**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.750**
Digital Model of Factory	**.250**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .131)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		1.0	2.0
Distributed Control			1.0
Data and Communications Security	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 6**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Vertical and Horizontal Integration	.413	
Distributed Control	.327	
Data and Communications Security	.260	

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .118)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to customers	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		2.0	(3.0)
Using data level			1.0
Data analysis	Incon: 0.35		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 6

Data&Connecting to customers	.281
Using data level	.255
Data analysis	.464

Inconsistency = 0.35
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

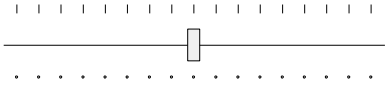
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .139)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		1.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 6**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.500**
Increasing employee skills	**.500**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		1.0	3.0	2.0	3.0	2.0
Smart factory			1.0	1.0	1.0	1.0
Smart operations				1.0	1.0	1.0
Smart products					2.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.02					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

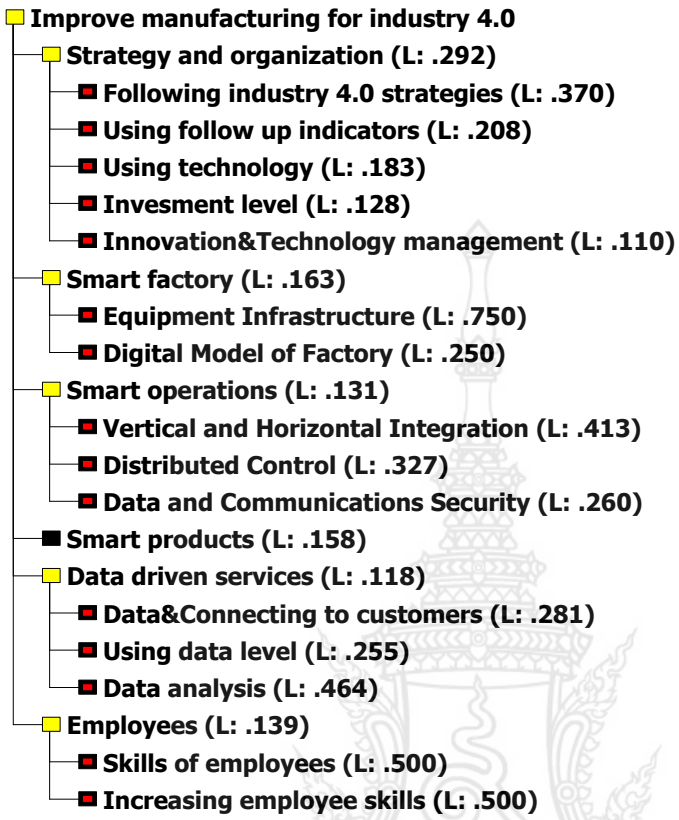
Expert 6

Strategy and organization	.292
Smart factory	.163
Smart operations	.131
Smart products	.158
Data driven services	.118
Employees	.139

Inconsistency = 0.02
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview



Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 7 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการอุตสาหกรรม

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

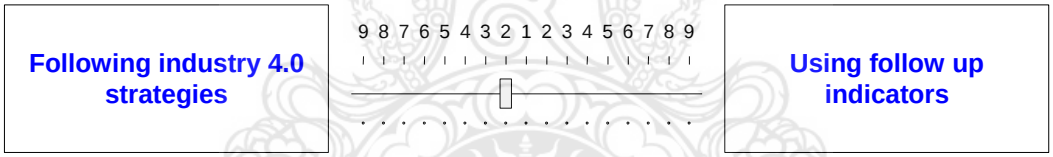
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .307)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		2.0	1.0	3.0	3.0
Using follow up indicators			1.0	3.0	2.0
Using technology				2.0	2.0
Invesment level					2.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.03				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 7

Following industry 4.0 strategies	.322
Using follow up indicators	.228
Using technology	.236
Invesment level	.119
Innovation&Technology management	.096

Inconsistency = 0.03
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .206)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		2.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 7**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	.667	
Digital Model of Factory	.333	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .106)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	3.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.01		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 7

Vertical and Horizontal Integration	.540
Distributed Control	.297
Data and Communications Security	.163

Inconsistency = 0.00877
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .127)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	1.0
Using data level			(2.0)
Data analysis	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 7**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Data&Connecting to customers	**.327**	
Using data level	**.260**	
Data analysis	**.413**	

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

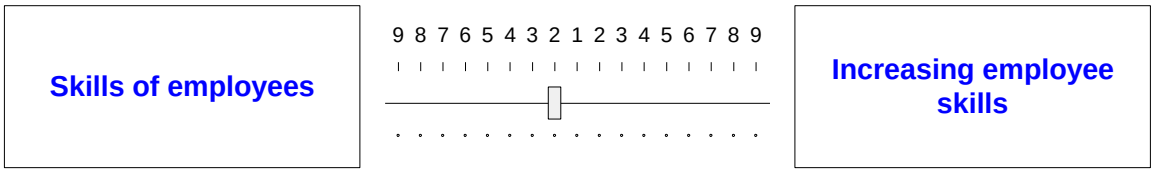
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .096)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 7**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

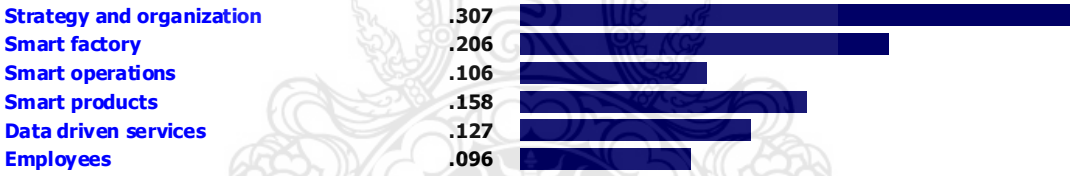
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		2.0	4.0	1.0	2.0	4.0
Smart factory			2.0	1.0	3.0	2.0
Smart operations				1.0	1.0	1.0
Smart products					1.0	1.0
Data driven services						2.0
Employees	Incon: 0.05					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

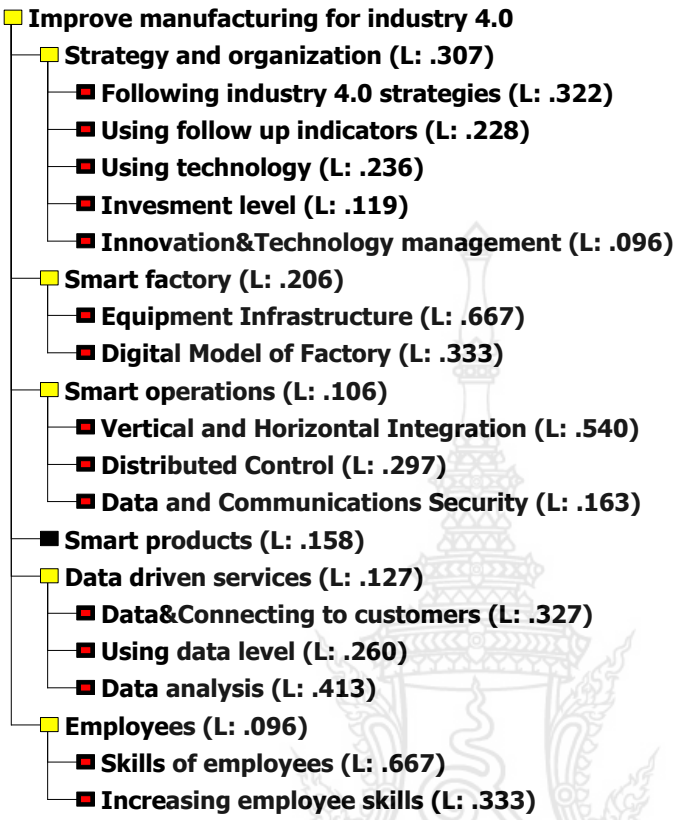
Expert 7



Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview



Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 8 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการอุตสาหกรรม

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .255)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicators
2	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0 strategies	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
5	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicators	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technology management

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		2.0	2.0	3.0	3.0
Using follow up indicators			1.0	2.0	2.0
Using technology				2.0	2.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.00				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 8

Following industry 4.0 strategies	.369
Using follow up indicators	.206
Using technology	.206
Invesment level	.109
Innovation&Technology management	.109

Inconsistency = 0.00299
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .237)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		3.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Expert 8

Equipment Infrastructure	**.750**
Digital Model of Factory	**.250**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .123)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	2.0
Distributed Control			1.0
Data and Communications Security	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 8**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Vertical and Horizontal Integration	.500
Distributed Control	.250
Data and Communications Security	.250

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .119)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	1.0
Using data level			(2.0)
Data analysis	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 8

Data&Connecting to customers	.327
Using data level	.260
Data analysis	.413

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .128)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		3.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 8**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	**.750**
Increasing employee skills	**.250**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

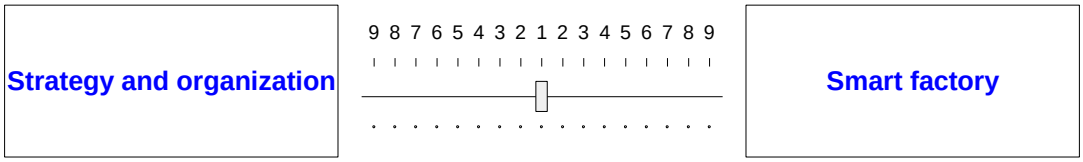
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



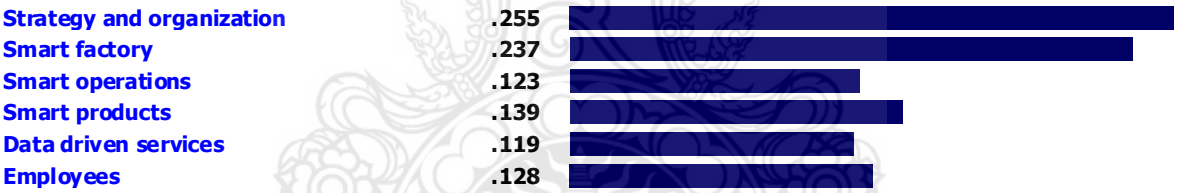
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		1.0	4.0	1.0	2.0	2.0
Smart factory			3.0	2.0	2.0	1.0
Smart operations				1.0	1.0	2.0
Smart products					1.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.06					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 8



Inconsistency = 0.06
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .255)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .369)**
    - **Using follow up indicators (L: .206)**
    - **Using technology (L: .206)**
    - **Invesment level (L: .109)**
    - **Innovation&Technology management (L: .109)**
  - **Smart factory (L: .237)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .750)**
    - **Digital Model of Factory (L: .250)**
  - **Smart operations (L: .123)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .500)**
    - **Distributed Control (L: .250)**
    - **Data and Communications Security (L: .250)**
  - **Smart products (L: .139)**
  - **Data driven services (L: .119)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .327)**
    - **Using data level (L: .260)**
    - **Data analysis (L: .413)**
  - **Employees (L: .128)**
    - **Skills of employees (L: .750)**
    - **Increasing employee skills (L: .250)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

<u>ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 9 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบการผลิตอัตโนมัติ</u>

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .262)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follov	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		3.0	3.0	4.0	3.0
Using follow up indicators			2.0	2.0	3.0
Using technology				2.0	3.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.04				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 9**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Following industry 4.0 strategies	.430
Using follow up indicators	.221
Using technology	.168
Invesment level	.093
Innovation&Technology management	.087

Inconsistency = 0.04
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .193)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		3.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 9**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	.750
Digital Model of Factory	.250

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .131)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		3.0	2.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.13		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 9

Vertical and Horizontal Integration	.547	
Distributed Control	.263	
Data and Communications Security	.190	

Inconsistency = 0.13
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .145)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		2.0	(3.0)
Using data level			1.0
Data analysis	Incon: 0.35		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 9

Data&Connecting to customers	.281
Using data level	.255
Data analysis	.464

Inconsistency = 0.35
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .113)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		1.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 9**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	.500
Increasing employee skills	.500

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

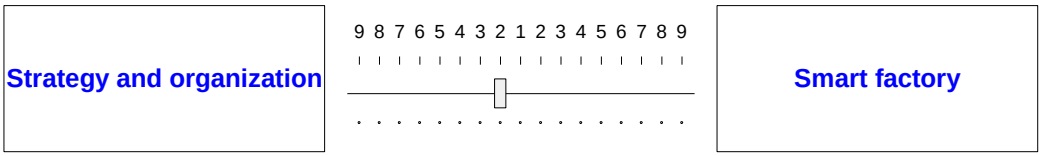
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



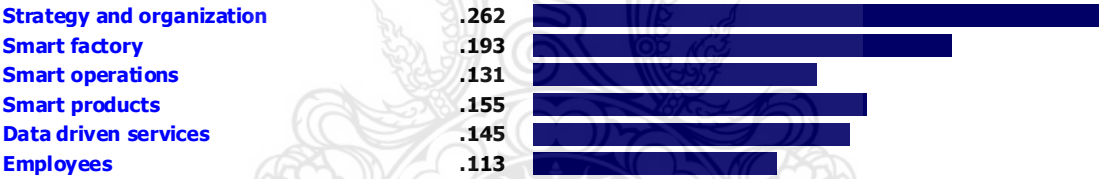
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		2.0	3.0	1.0	1.0	3.0
Smart factory			3.0	1.0	1.0	2.0
Smart operations				1.0	2.0	1.0
Smart products					1.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.07					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 9



Inconsistency = 0.07
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .262)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .430)**
    - **Using follow up indicators (L: .221)**
    - **Using technology (L: .168)**
    - **Invesment level (L: .093)**
    - **Innovation&Technology management (L: .087)**
  - **Smart factory (L: .193)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .750)**
    - **Digital Model of Factory (L: .250)**
  - **Smart operations (L: .131)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .547)**
    - **Distributed Control (L: .263)**
    - **Data and Communications Security (L: .190)**
  - **Smart products (L: .155)**
  - **Data driven services (L: .145)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .281)**
    - **Using data level (L: .255)**
    - **Data analysis (L: .464)**
  - **Employees (L: .113)**
    - **Skills of employees (L: .500)**
    - **Increasing employee skills (L: .500)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 10 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบการผลิตอัตโนมัติ

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .329)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

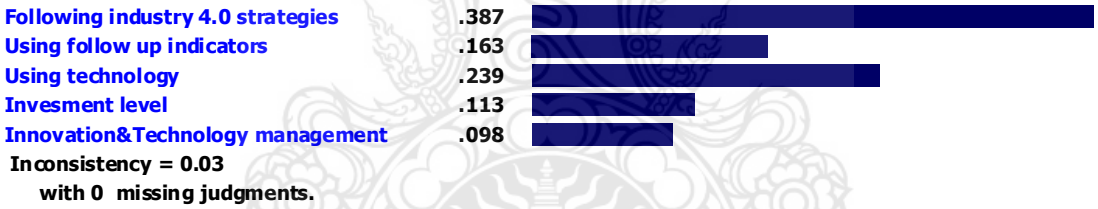
Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follov	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		3.0	2.0	3.0	3.0
Using follow up indicators			1.0	1.0	2.0
Using technology				3.0	3.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.03				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 10



Inconsistency = 0.03
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .148)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		1.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Expert 10

Equipment Infrastructure	**.500**
Digital Model of Factory	**.500**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .153)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		1.0	1.0
Distributed Control			1.0
Data and Communications Security	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 10**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Vertical and Horizontal Integration	.333	
Distributed Control	.333	
Data and Communications Security	.333	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .113)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	(2.0)
Using data level			(2.0)
Data analysis	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 10**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Data&Connecting to customers	.250	
Using data level	.250	
Data analysis	.500	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .120)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Skills of employees	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Increasing employee skills

Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 10**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	.667
Increasing employee skills	.333

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

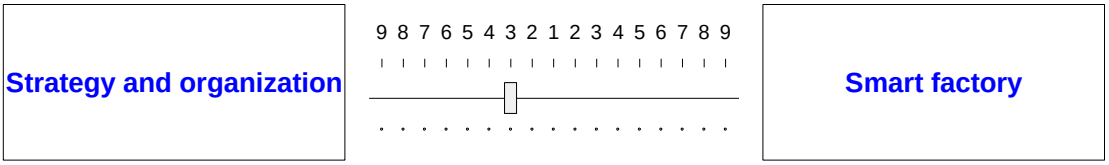
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



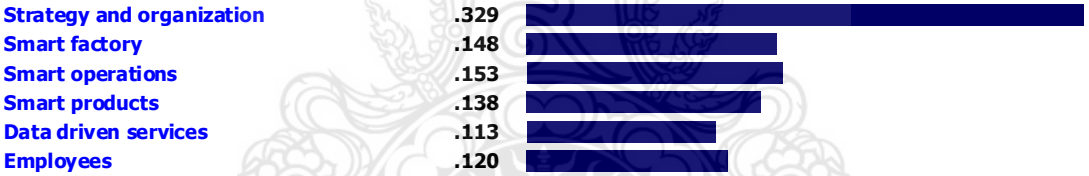
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		3.0	3.0	2.0	3.0	2.0
Smart factory			2.0	1.0	1.0	1.0
Smart operations				2.0	1.0	2.0
Smart products					2.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.05					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 10



Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .329)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .387)**
    - **Using follow up indicators (L: .163)**
    - **Using technology (L: .239)**
    - **Invesment level (L: .113)**
    - **Innovation&Technology management (L: .098)**
  - **Smart factory (L: .148)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .500)**
    - **Digital Model of Factory (L: .500)**
  - **Smart operations (L: .153)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .333)**
    - **Distributed Control (L: .333)**
    - **Data and Communications Security (L: .333)**
  - **Smart products (L: .138)**
  - **Data driven services (L: .113)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .250)**
    - **Using data level (L: .250)**
    - **Data analysis (L: .500)**
  - **Employees (L: .120)**
    - **Skills of employees (L: .667)**
    - **Increasing employee skills (L: .333)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

<u>ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 11 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ</u>

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .282)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		3.0	3.0	4.0	3.0
Using follow up indicators			3.0	3.0	2.0
Using technology				2.0	3.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.06				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 11

Following industry 4.0 strategies	.423
Using follow up indicators	.244
Using technology	.156
Invesment level	.084
Innovation&Technology management	.093

Inconsistency = 0.06
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .183)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		2.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 11**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	.667
Digital Model of Factory	.333

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .126)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		2.0	2.0
Distributed Control			2.0
Data and Communications Security	Incon: 0.05		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 11

Vertical and Horizontal Integration	.493
Distributed Control	.311
Data and Communications Security	.196

Inconsistency = 0.05
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .100)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using data level
2	Data&Connecting to cu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis
3	Using data level	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	1.0
Using data level			(3.0)
Data analysis	Incon: 0.13		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 11

Data&Connecting to customers	.319	
Using data level	.221	
Data analysis	.460	

Inconsistency = 0.13
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

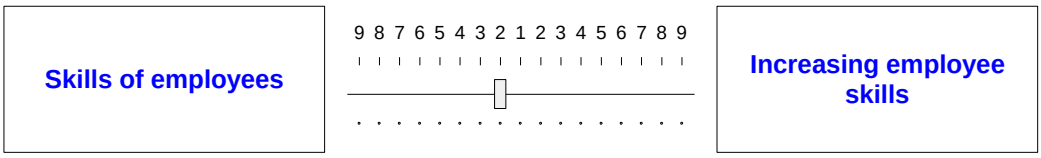
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .137)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		2.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 11**
Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	.667
Increasing employee skills	.333

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

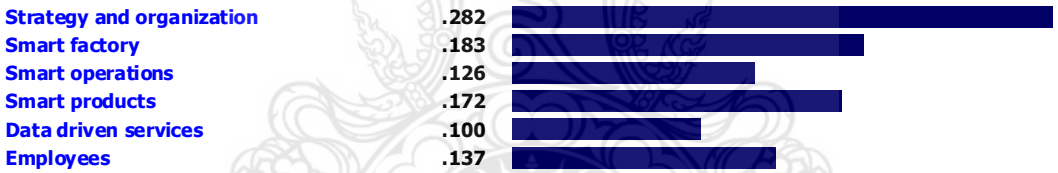
Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		4.0	2.0	1.0	3.0	1.0
Smart factory			3.0	2.0	1.0	1.0
Smart operations				1.0	2.0	1.0
Smart products					2.0	2.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.10					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 11



Inconsistency = 0.10
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .282)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .423)**
    - **Using follow up indicators (L: .244)**
    - **Using technology (L: .156)**
    - **Invesment level (L: .084)**
    - **Innovation&Technology management (L: .093)**
  - **Smart factory (L: .183)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .667)**
    - **Digital Model of Factory (L: .333)**
  - **Smart operations (L: .126)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .493)**
    - **Distributed Control (L: .311)**
    - **Data and Communications Security (L: .196)**
  - **Smart products (L: .172)**
  - **Data driven services (L: .100)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .319)**
    - **Using data level (L: .221)**
    - **Data analysis (L: .460)**
  - **Employees (L: .137)**
    - **Skills of employees (L: .667)**
    - **Increasing employee skills (L: .333)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

ผู้ประเมินแบบสอบถามคนที่ 12 : อาจารย์เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization (L: .225)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using follow up indicat
2	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
3	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
4	Following industry 4.0	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
5	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Using technology
6	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
7	Using follow up indicat	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
8	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Invesment level
9	Using technology	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog
10	Invesment level	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Innovation&Technolog

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Following industry 4.0 strategies	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using follow up indicators

Compare the relative importance with respect to: Strategy and organization

	Following i	Using follo	Using techr	Invesment l	Innovation&
Following industry 4.0 strategies		2.0	2.0	4.0	4.0
Using follow up indicators			1.0	2.0	3.0
Using technology				2.0	2.0
Invesment level					1.0
Innovation&Technology manageme	Incon: 0.00				

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Strategy and organization

Expert 12

Following industry 4.0 strategies	.396
Using follow up indicators	.216
Using technology	.198
Invesment level	.099
Innovation&Technology management	.092

Inconsistency = 0.00447
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart factory (L: .182)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Equipment Infrastructu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Digital Model of Factory

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Equipment Infrastructure	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Digital Model of Factory

Compare the relative importance with respect to: Smart factory

	Equipment	Digital Mod
Equipment Infrastructure		1.0
Digital Model of Factory	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 12**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart factory

Equipment Infrastructure	**.500**
Digital Model of Factory	**.500**

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Smart operations (L: .128)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distributed Control
2	Vertical and Horizontal	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati
3	Distributed Control	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data and Communicati

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Vertical and Horizontal Integration	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Distributed Control

Compare the relative importance with respect to: Smart operations

	Vertical and	Distributed	Data and C
Vertical and Horizontal Integration		1.0	3.0
Distributed Control			1.0
Data and Communications Security	Incon: 0.13		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Smart operations

Expert 12

Vertical and Horizontal Integration	.460
Distributed Control	.319
Data and Communications Security	.221

Inconsistency = 0.13
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Data driven services (L: .122)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Data&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 **1** 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level
2	Data&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9	Data analysis
3	Using data level	9 8 7 6 5 4 3 2 1 **2** 3 4 5 6 7 8 9	Data analysis

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Data&&Connecting to customers	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Using data level

Compare the relative importance with respect to: Data driven services

	Data&Conn	Using data	Data analys
Data&Connecting to customers		1.0	(2.0)
Using data level			(2.0)
Data analysis	Incon: 0.00		

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0
>Data driven services

Expert 12

Data&Connecting to customers	.250	
Using data level	.250	
Data analysis	.500	

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

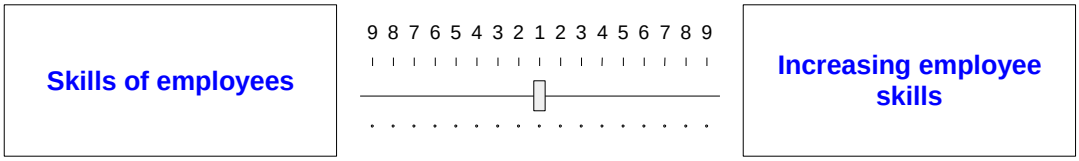
Compare the relative importance with respect to: Employees (L: .143)

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Skills of employees	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Increasing employee sk

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment



Compare the relative importance with respect to: Employees

	Skills of em	Increasing
Skills of employees		1.0
Increasing employee skills	Incon: 0.00	

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to: **Expert 12**

Improve manufacturing for industry 4.0
>Employees

Skills of employees	.500
Increasing employee skills	.500

Inconsistency = 0.
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart factory
2	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
3	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
4	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
5	Strategy and organiz	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
6	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart operations
7	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
8	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
9	Smart factory	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
10	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Smart products
11	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
12	Smart operations	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
13	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Data driven services
14	Smart products	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees
15	Data driven services	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Employees

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Numerical Assessment

Strategy and organization	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smart factory

Compare the relative importance with respect to: Improve manufacturing for industry 4.0

	Strategy an	Smart facto	Smart oper	Smart prod	Data driven	Employees
Strategy and organizat		1.0	2.0	1.0	2.0	2.0
Smart factory			2.0	1.0	1.0	1.0
Smart operations				1.0	1.0	1.0
Smart products					3.0	1.0
Data driven services						1.0
Employees	Incon: 0.03					

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Priorities with respect to:
Improve manufacturing for industry 4.0

Expert 12

Strategy and organization	.225
Smart factory	.182
Smart operations	.128
Smart products	.200
Data driven services	.122
Employees	.143

Inconsistency = 0.03
with 0 missing judgments.

Model Name: Improve manufacturing for industry 4

Treeview

- **Improve manufacturing for industry 4.0**
  - **Strategy and organization (L: .225)**
    - **Following industry 4.0 strategies (L: .396)**
    - **Using follow up indicators (L: .216)**
    - **Using technology (L: .198)**
    - **Invesment level (L: .099)**
    - **Innovation&Technology management (L: .092)**
  - **Smart factory (L: .182)**
    - **Equipment Infrastructure (L: .500)**
    - **Digital Model of Factory (L: .500)**
  - **Smart operations (L: .128)**
    - **Vertical and Horizontal Integration (L: .460)**
    - **Distributed Control (L: .319)**
    - **Data and Communications Security (L: .221)**
  - **Smart products (L: .200)**
  - **Data driven services (L: .122)**
    - **Data&Connecting to customers (L: .250)**
    - **Using data level (L: .250)**
    - **Data analysis (L: .500)**
  - **Employees (L: .143)**
    - **Skills of employees (L: .500)**
    - **Increasing employee skills (L: .500)**

Alternatives

Improve all manufacturing
Improve some manufacturing
Not improve manufacturing

แบบสอบถามการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน

โครงการวิจัย เรื่อง กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนากระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<u>จุดประสงค์</u>

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมใช้กำหนดค่าน้ำหนัก เพื่อหาความสำคัญของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0

<u>รายละเอียดของแบบสอบถาม</u>

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในกล่องข้อความต่อไปนี้

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 25-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51-60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. ตำแหน่งงาน

☐ ผู้จัดการฝ่ายการผลิต ☐ ผู้จัดการฝ่ายวางแผน ☐ ผู้จัดการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ

☐ ผู้จัดการฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ ☐ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม ☐ ผู้จัดการฝ่าย.....

5. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐ 10-15 ปี ☐ 16-20 ปี ☐ 21-25 ปี ☐ มากกว่า 25 ปี

<u>ส่วนที่ 2</u> การเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

ในการพิจารณาความสำคัญเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยย่อยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อปัจจัยหลัก และการคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 จะแบ่งระดับคะแนนความสำคัญเป็น 9 ระดับ ดังนี้

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very Strongly More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely More Important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญสูงสุด
2, 4, 6, 8	สำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate Judgment Value)	ความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
1. กลยุทธ์และการจัดองค์กร (Strategy and Organization)	1.1 สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.2 การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0 1.3 การใช้เทคโนโลยีในบริษัท 1.4 ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0 1.5 การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ
2. โรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory)	2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร 2.1.1 การมีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรของบริษัทในฟังก์ชั่นต่างๆ 2.1.2 การประเมินระดับความสามารถในการปรับตัวโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักรในฟังก์ชันต่างๆ 2.2 แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน 2.2.1 สามารถรวบรวมข้อมูลกระบวนการและเครื่องจักรระหว่างการผลิตได้หรือไม่ 2.2.2 ชนิดข้อมูล วิธีการรวบรวม และระดับความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับเครื่องจักร กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ รวมถึงการไม่สามารถผลิตได้อย่างปกติพร้อมสาเหตุที่ได้รวบรวมระหว่างการผลิต

เกณฑ์หลัก (Criteria)	เกณฑ์รอง (Sub-criteria)
	2.2.3 งานใดที่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ 2.2.4 ระบบใดบ้างที่ใช้อยู่ในบริษัท และระบบย่อยใดที่มีการเชื่อมต่อระบบหลักของบริษัท
3. การดำเนินงานหรือการผลิตอัจฉริยะ (Smart Operations)	3.1 การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน 3.1.1 ฝ่ายใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อข้อมูลในระบบ เพื่อใช้ข้อมูลข้ามฝ่ายในองค์กร ที่ทำให้มีความโดดเด่นในการใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยครอบคลุมทั้งภายในองค์กร หรือ และข้ามองค์กร (Cross-Enterprise) หรือ ภายนอก 3.2 การควบคุมที่ได้กระจายออกไป 3.2.1 บริษัทได้มีการผลิตชิ้นงานที่สามารถเกิดเป็นชิ้นงานหนึ่งโดยการผลิตแบบอัตโนมัติ 3.2.2 บริษัทมีกระบวนการผลิตที่ตอบสนองการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการผลิตแบบเรียลไทม์ 3.3 ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล 3.3.1 วิธีการจัดองค์กรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัท 3.3.2 การดำเนินการรักษาความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ 3.3.3 การใช้บริการคลาวด์
4. ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ (Smart Product)	-
5. การบริการขับเคลื่อนข้อมูล (Data-Driven Services)	5.1 ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่ 5.2 ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ โดยวัดจากการมีส่วนแบ่งรายได้ที่มาจากการบริการใช้ข้อมูลใหม่ในการขับเคลื่อนธุรกิจ (คิดจากร้อยละของรายได้รวมของบริษัท) 5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
6. พนักงาน (Employees)	6.1 ทักษะของพนักงาน ได้มีผลประเมินทักษะของพนักงานของบริษัทเมื่อต้องเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของการเปลี่ยนถ่ายเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0 ในอนาคตหรือไม่ 6.2 การเพิ่มทักษะของพนักงาน บริษัทมีความพยายามที่จะเพิ่มทักษะที่ขาดอยู่หรือไม่ ผ่านการอบรมพิเศษ การสัมมนา ระบบถ่ายโอนความรู้ และการสอนงาน เป็นต้น

<u>วิธีการตอบแบบสอบถาม</u>

1. ทำความเข้าใจความหมายของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
2. ตอบแบบสอบถามโดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ทีละคู่จนครบทุกปัจจัย โดยให้คะแนนจาก 1-9 ตามระดับความสำคัญดังที่อธิบายไว้ในตาราง
3. พิจารณาเกณฑ์ปัจจัยแรกกับปัจจัยหลัง ว่าปัจจัยแรกมีความสำคัญมากกว่า น้อยกว่า หรือ เท่ากับ ปัจจัยหลัง เลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้ามีความสำคัญเท่ากันให้กากบาทที่หมายเลข 1
4. ในกรณีที่มีความสำคัญไม่เท่ากัน โปรดระบุว่าปัจจัยแรกมีความสำคัญ มากกว่า ปัจจัยหลัง หรือ ปัจจัยแรกมีความสำคัญ น้อยกว่า ปัจจัยหลัง
5. พิจารณาเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า โดยทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

<u>ตัวอย่าง</u>

ปัจจัยแรก	**เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร**																	**ปัจจัยหลัง**
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>มากกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>น้อยกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	(1)	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	(5)	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	(7)	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

<u>ความหมายจากตัวอย่าง</u>

- **<u>กรณีที่ 1</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** กับ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “เท่ากับ” **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 1 **(วงกลมที่เลข 1)**

- **<u>กรณีที่ 2</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** กับ **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “มากกว่า” **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 5 **(วงกลมที่เลข 5 ด้านซ้ายมือ)**

- **<u>กรณีที่ 3</u>** การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับโรงงานตามแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ภายใต้เกณฑ์ **โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร** เปรียบเทียบระหว่าง **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** กับ **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ความหมายคือ **ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน** มีโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร “น้อยกว่า” **ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต** ในระดับความสำคัญเท่ากับ 7 **(วงกลมที่เลข 7 ด้านขวามือ)**

2.1 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : สถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.2 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การใช้ตัวชี้วัด (Indicators) เพื่อติดตามสถานการณ์ลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์อุตสาหกรรม 4.0																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.3 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการใช้เทคโนโลยีในบริษัท</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การใช้เทคโนโลยีในบริษัท																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.4 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ระดับการลงทุนเพื่อปฏิบัติการตามกรอบของอุตสาหกรรม 4.0																	ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง								
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.5 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>มากกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>น้อยกว่า</u>**ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.6 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>มากกว่า</u>**ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ**<u>น้อยกว่า</u>**ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.7 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านแบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : แบบจำลองดิจิทัลของโรงงาน																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.8 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การเชื่อมต่อแนวตั้งและแนวนอน																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.9 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการควบคุมที่ได้กระจายออกไป</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การควบคุมที่ได้กระจายออกไป																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.10 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ความปลอดภัยในการสื่อสารและข้อมูล																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.11 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.12 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ข้อมูลกระบวนการที่ได้รวบรวมจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าทำให้เกิดบริการใหม่																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.13 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ฯ</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ระดับการใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ฯ																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.14 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจากช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ของลูกค้า																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.15 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านทักษะของพนักงาน</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : ทักษะของพนักงาน																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.16 เปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อย<u>ด้านการเพิ่มทักษะของพนักงาน</u>

ปัจจัยแรก	เปรียบเทียบภายใต้ปัจจัย : การเพิ่มทักษะของพนักงาน																ปัจจัยหลัง
	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>มากกว่า</u>ปัจจัยหลัง								เท่ากัน	ปัจจัยแรกมีความสำคัญ<u>น้อยกว่า</u>ปัจจัยหลัง							
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน
ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมด																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต
ปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะบางส่วน																		ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิต

“ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้”

ประวัติย่อผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** นายปริญญ์ บุญกนิษฐ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Prin Boonkanit
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3 5406 00172 86 4
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน**
   - **ตำแหน่งบริหาร**
     ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   - **ตำแหน่งทางวิชาการ**
     อาจารย์
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)**

   สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02 8363000 ต่อ 4174, 4175 โทรสาร 02 8363000 ต่อ 4174 มือถือ 087-999-5505 E-mail: prin.b@rmutp.ac.th
5. **ประวัติการศึกษา**

   ปริญญาเอก ปร.ด. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552
   ปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545
   ปริญญาตรี อส.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
   (อันดับหนึ่ง เหรียญทอง) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2541
6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**
   1) สาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Product Design)
      - ที่ปรึกษาด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ Eco design สำหรับระเบียบ Energy related Product (ErP) บริษัท King light ของสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ (พ.ศ. 2557-2558)
      - การให้คำปรึกษาด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจและการออกแบบผลิตภัณฑ์ประหยัดพลังงาน เช่น บริษัท สตีเบลล์ เอลตรอน (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท กุลธร เคอร์บี้ (มหาชน) บริษัท บิทไวท์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นต้น (พ.ศ. 2554)
   2) สาขาสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม

- ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม โครงการพัฒนา Eco Efficiency for SME ร่วมกับ บริษัท Eco Eye ประเทศเกาหลี ด้วยงบประมาณจาก UNIDO และ ASEM SMEs (Eco-Innovation Center) (พ.ศ. 2556)
- ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม โครงการศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากของเสียด้วยหลัก 3R กรมโรงงานอุตสาหกรรม จัดทำโดยศูนย์วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน จำนวน 35 โรงงาน เช่น บริษัท ซีเกต เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด บริษัท มิตซูบิชิอิเล็คทริค คอนซูเมอร์ โปรดักซ์ บริษัท สยามคูโบต้า จำกัด บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด เป็นต้น (พ.ศ. 2557)

3) ผู้เชี่ยวชาญการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)
- การให้คำปรึกษาด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เช่น บริษัท ชินเดนเกน (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท สยามรีคอนดิชั่นอินดัสตรี้ จำกัด บริษัท เซอร์คิท อีเลคทรอนิคส์ อินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน) บริษัทไทยเอ็นเนอร์ยี่คอนเซอร์เวชั่น บริษัท อีสเทิร์น โพลีแพค จำกัด เป็นต้น (พ.ศ. 2554)

4) ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎระเบียบ มาตรการด้านสิ่งแวดล้อม พลังงาน ของสหภาพยุโรป (Energy using Products: EuP)
- การให้บริการในการให้คำปรึกษาและฝึกอบรมด้านกฎระเบียบ มาตรการด้านสิ่งแวดล้อม พลังงาน ของสหภาพยุโรป (Energy using Products, EuP) ของสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ เช่น บริษัท ฮิตาชิ อินดัสเตรียล เทคโนโลยี่ (ประเทศไทย) จำกัดบริษัท โตชิบา (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท บิทไวท์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นต้น (พ.ศ. 2553)

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** นายสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Saharat Wongsisa
2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3 4410 000 76 23 8
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน**
   - **ตำแหน่งบริหาร**
     รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและกายภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   - **ตำแหน่งทางวิชาการ**
     ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)**

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ

กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02 8363000 ต่อ 4174, 4175 โทรสาร 02 8363000 ต่อ 4174 มือถือ 081-8891409 E-mail: saharat_w@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมการผลิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541

ปริญญาตรี วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2546

ปริญญาตรี ค.อ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2531

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

1) สาขาการออกแบบและพัฒนาผลิตผลิตภัณฑ์ และการรีไซเคิลทังสเตนคาร์ไบด์ การพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องมือตัด (Cutting tools Design)

2) สาขาการจัดการอุตสาหกรรม (เพิ่มศักยภาพของการบริหารการผลิต การจัดทำมาตรฐานคุณภาพ ISO 9000 มีประสบการณ์ในการเป็นหัวหน้าทีมที่ปรึกษาของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม โครงการชุบชีวิตธุรกิจไทย (ITB) โครงการ 13 และ ที่ปรึกษา APEC-IBIZ โดยกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม)

3) ที่ปรึกษาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมสถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

4) สาขาการวางแผนธุรกิจ (Business plan) ในอุตสาหกรรมสนับสนุน

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเสกสรร กันธรส
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Seksan Kantharos

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1 5099 002 56 22 4

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

- **ตำแหน่งบริหาร**
  ไม่มี
- **ตำแหน่งทางวิชาการ**
  ไม่มี

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02 8363000 ต่อ 4174, 4175 โทรสาร 02 8363000 ต่อ 4174 มือถือ 088-636-7550 E-mail: puy_saksan@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2558

ปริญญาตรี วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2551

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

1) สาขาการบริหารจัดการของเสียอุตสาหกรรม