บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัย โดยรายละเอียดจะกล่าวถึงหลักทฤษฎีซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่หนึ่ง ทฤษฎีสำหรับการบ่งชี้ปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนที่สอง ทฤษฎีสำหรับกลวิธีการแก้ไข และปรับปรุงคุณภาพ ส่วนที่สาม ทฤษฎีสำหรับเทคโนโลยีเฉพาะด้าน และส่วนที่สี่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีสำหรับการบ่งชี้ปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เนื้อหาทฤษฎีในส่วนที่หนึ่งเป็นแนวคิดคุณภาพเพื่อสร้างแนวคิดในการบ่งชี้ปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งถือว่าเป็นเนื้อหาทฤษฎีที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับแรก โดยมีรายละเอียดเนื้อหาสาระสำคัญ และแนวคิดต่างๆสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1.1 ความหมายและแนวคิดของคุณภาพ [2]

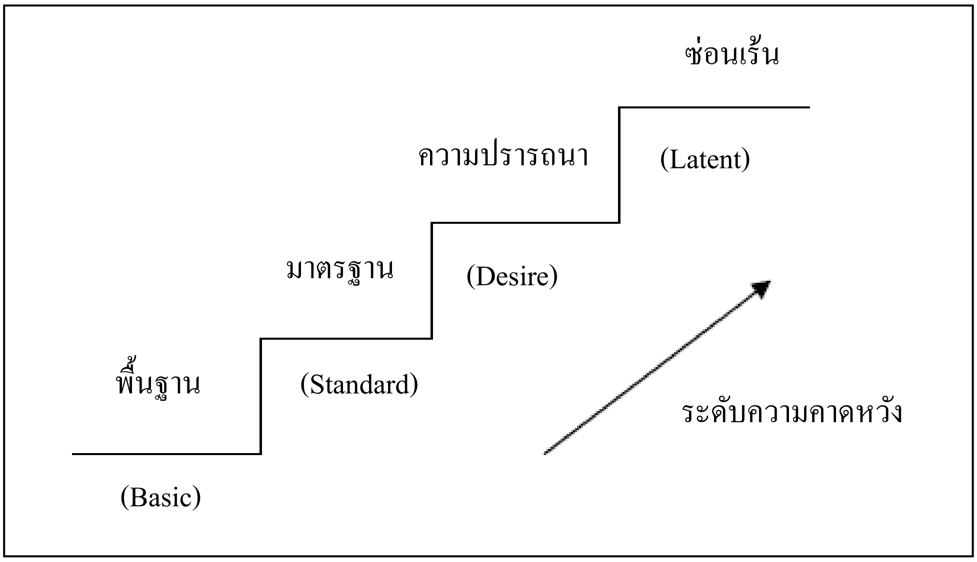
ในกระบวนการทางธุรกิจทั้งภาคการผลิตและภาคบริการ ล้วนแต่มีจุดประสงค์เช่นเดียวกันคือ ทำอย่างไรให้ผลิตแล้วสามารถขายได้ โดยความสามารถในการขายได้ของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับสภาวะการแข่งขันด้านการตลาดเป็นสำคัญ กล่าวคือ ในภาวะที่ตลาดมีการแข่งขันไม่สูงมากนัก การผลิตผลิตภัณฑ์ให้ขายได้จึงไม่ใช่เรื่องที่ยากลำบาก แต่ในยุคที่มีการแข่งขันแบบไร้พรมแดน การผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถขายได้ถือว่าเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของผู้ผลิตทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าการแข่งขันด้านตลาดจะอยู่ในระดับใด ความสามารถในการขายได้ของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับผู้ตัดสินใจเป็นสำคัญ คือ ผู้ซื้อและผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยผู้ซื้อหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จะอาศัยการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่จากคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ และนับตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน มีนักวิชาการจำนวนมากได้พยายามให้ความหมายของคุณภาพ ทั้งที่มีความคล้ายคลึงกันและมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญสาขาคุณภาพได้ทำการถอดความหรือสรุปไว้อย่างกระชับสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย อาทิ กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ[2] ซึ่งการทำความเข้าใจกับความหมายของคุณภาพถือเป็นบันไดขั้นแรกในการแก้ไขปัญหาคุณภาพ ซึ่งความแตกต่างของความหมายนั้นจะขึ้นอยู่กับยุคสมัยและมุมมองด้านคุณภาพที่แตกต่างกันจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจความหมายโดยรวมของคำว่าคุณภาพโดยการศึกษาวิวัฒนาการด้านคุณภาพซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บทสรุปสำหรับวิวัฒนาการด้านคุณภาพ [2]

ยุคสมัย	นิยาม	วิธีการสำคัญของคุณภาพ
ก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม	ความสามารถในการแทนกันได้	แรงงานฝีมือ
หลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม	การตรงต่อข้อกำหนดเฉพาะ	การตรวจสอบคุณภาพ
หลังสงครามโลกครั้งที่ 2	การสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้า	ระบบการควบคุมคุณภาพที่ทุกคนมีส่วนร่วม
โลกาภิวัตน์	การสร้างความประทับใจต่อลูกค้า	การปรับปรุงคุณภาพ
อนาคต	การสร้างความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จ	การพัฒนาคุณภาพ

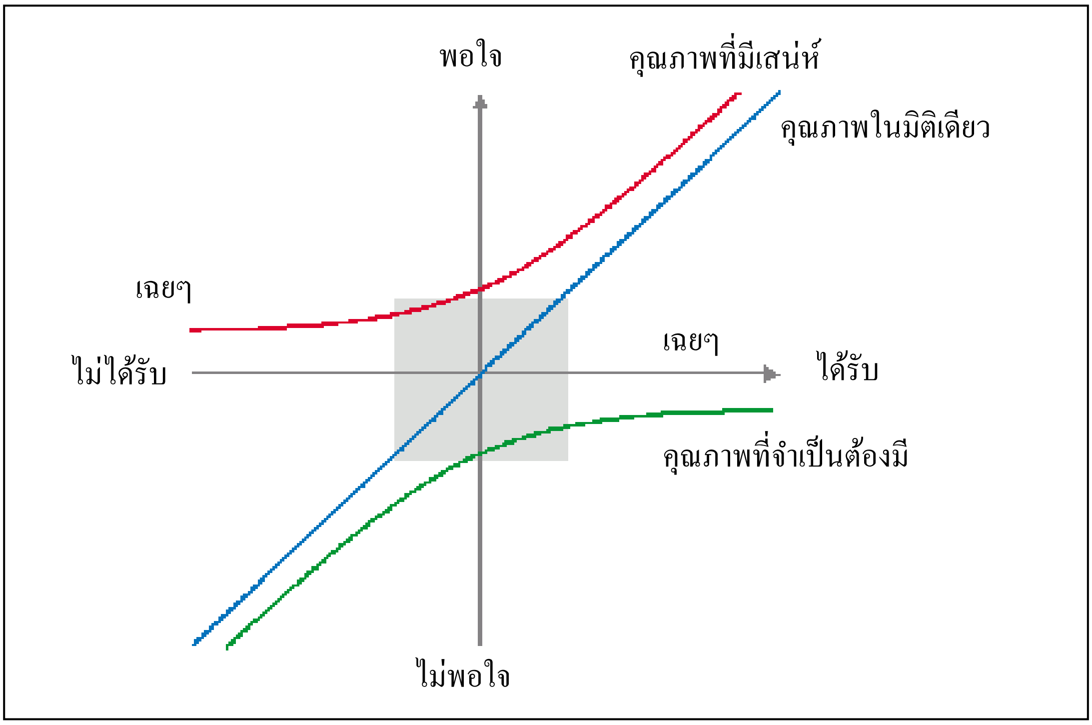
2.1.2 การสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้า [2]

ในการสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้านั้นจำเป็นต้องเข้าใจกับความพึงพอใจของลูกค้าเสียก่อน ซึ่งหมายถึง การตอบสนองในสิ่งที่จำเป็นภายใต้ความคาดหวังของลูกค้า โดยสิ่งที่จำเป็นนี้จะหมายถึงสิ่งใดก็ตามที่ลูกค้าขาดแคลนแล้วมีความเดือดร้อนอย่างใดอย่างหนึ่งต่อการดำเนินชีวิตโดยปกติภายใต้เงื่อนไขที่จำเป็นของลูกค้านั้น ผู้ผลิตจะตอบสนองต่อเงื่อนไขที่เพียงพอให้กับลูกค้าเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า และจะเรียกเงื่อนไขดังกล่าวว่า “ความคาดหวัง” โดยทั่วไปจะแบ่งความคาดหวังเป็น 4 ระดับดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เงื่อนไขที่เพียงพอต่อการสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า [2]

ในการทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า นอกเหนือจากการทำความเข้าใจถึงความจำเป็นและความคาดหวังของลูกค้าแล้ว ควรทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของลูกค้าอีกด้วย สามารถอธิบายโดยใช้ตัวแบบคาโน ดังรูปที่ 2.2 โดยคุณภาพในโครงงานวิจัยนี้มีความคล้ายคลึงกับคุณภาพที่จำเป็นต้องมี (must-be quality) กล่าวคือ ถ้ามิได้รับตามความคาดหวัง ลูกค้าจะมีความไม่พึงพอใจ และถึงแม้ว่าจะตอบสนองตรงตามความคาดหวังแล้วก็มิส่งผลให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ



รูปที่ 2.2 คุณภาพตามพฤติกรรมของลูกค้า [2]

2.1.3 การคิดอย่างมีตรรกะ [3]

ประการแรกให้ทำความเข้าใจภาพมวลรวมคิดจากมหภาคไปสู่จุลภาคอย่างเป็นลำดับขั้นตอนก่อนหลังที่ชัดเจนอย่างมีเหตุมีผลบนพื้นฐานข้อเท็จจริงเสมอ เมื่อได้ทราบความสัมพันธ์ของเรื่องราวหรือธุรกิจที่สนใจ ควรแยกแยะความสำคัญของเรื่องราวที่เกิดขึ้นด้วย อย่าคล้อยตามเหมือนคนไม่มีสติอยู่กับตัวและควรถามตัวเองอยู่เสมอว่า “ทำไม” ซึ่งการคิดอย่างมีตรรกะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เกือบทุกเรื่องในงานวิจัยนี้ หรือในชีวิตประจำวันก็ตาม แต่จุดประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เน้นที่การบ่งชี้ปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความชัดเจนอย่างมีเหตุมีผลยิ่งขึ้น

2.2 ทฤษฎีสำหรับกลวิธีการแก้ไขปัญหาคุณภาพ

สำหรับเนื้อหาทฤษฎีในส่วนนี้เป็นทฤษฎีที่เน้นถึงการแก้ปัญหาและปรับปรุงคุณภาพเป็นหลัก โดยประกอบไปด้วย กระบวนการแก้ปัญหาคุณภาพและกลยุทธ์ต่างๆโดยอาศัยการใช้เครื่องมือพื้นฐานเข้ามาช่วยแก้ปัญหา ดังต่อไปนี้

2.2.1 กระบวนการแก้ปัญหา [4]

เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้ว จำเป็นต้องดำเนินการควบคุมคุณภาพด้วยมาตรการเฉพาะหน้าก่อน คือ การดำเนินการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อมิให้ผลิตภัณฑ์บกพร่องดังกล่าวหลุดรอดไปถึงมือลูกค้า เช่น การทำลายทิ้ง การรีเวิร์ก เป็นต้น แต่ทว่าในกรณีที่ผลิตภัณฑ์หลุดรอดไปถึงมือลูกค้าแล้ว เช่น ชิ้นงานเคลม ก็จำเป็นที่จะต้องดำเนินการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยเช่นกัน โดยการเข้าไปแก้ไขชิ้นงาน กล่าวคำขอโทษ และนำชิ้นงานไปทดแทนให้ทันตามเวลา เมื่อผลิตภัณฑ์บกพร่องได้รับการดำเนินการแก้ไขแล้ว ในขั้นต่อไปของการควบคุมคุณภาพจะเป็นขั้นตอนของการค้นหาสาเหตุรากเหง้าเพื่อหาทางกำจัดทิ้ง และป้องกันการเกิดซ้ำของผลิตภัณฑ์ ซึ่งควรทำการบ่งชี้ให้ชัดเจนว่าปัญหาดังกล่าวนั้นเกิดขึ้นในลักษณะเป็นครั้งคราว (sporadic) หรือในลักษณะเรื้อรัง (chronic) เพื่อที่จะบ่งชี้ปัญหาคุณภาพในโครงงานวิจัยได้อย่างถูกต้อง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวนั้นจะทำการแก้ปัญหาโดยกระบวนการควบคุมคุณภาพ แต่ในกรณีที่มีการเกิดปัญหาแบบเรื้อรังจะทำการแก้ปัญหาโดยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเชิงตอบโต้

2.2.2 กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบ QC story [2]

ในการจะทำการแก้ปัญหาคุณภาพเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้น วิธีการหรือลำดับขั้นตอนเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ถ้าหากมีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ดีก็จะส่งผลให้มีวิธีการคิด และวิเคราะห์ที่เป็นระบบ โดยโครงงานวิจัยนี้ได้อาศัยแนวทางการแก้ปัญหาแบบ QC story ของ JUSE เป็นวิธีวิทยาสำหรับการวิจัย ซึ่งจะดำเนินการภายใต้หลักการ

1.ลูกค้านิยมหรือเน้นที่ลูกค้า

2.เน้นที่กระบวนการ

3.การพัฒนาทรัพยากรบุคคล

โดยผู้แก้ปัญหาจะต้องเข้าใจถึงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา ตลอดจนมีจิตร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหา ในส่วนของขั้นตอนจะประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนซึ่งเป็นเลขมงคลตามความเชื่อของชาวญี่ปุ่น ดังนี้

1. การเลือกหัวข้อ

2. การทำความเข้าใจกับสถานการณ์และตั้งเป้าหมาย
3. การวางแผนกิจกรรมแก้ไขปัญหา
4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
5. การพิจารณามาตรการตอบโต้และนำไปใช้
6. การยืนยันผลลัพธ์
7. การจัดทำมาตรฐานและกำหนดระบบควบคุม

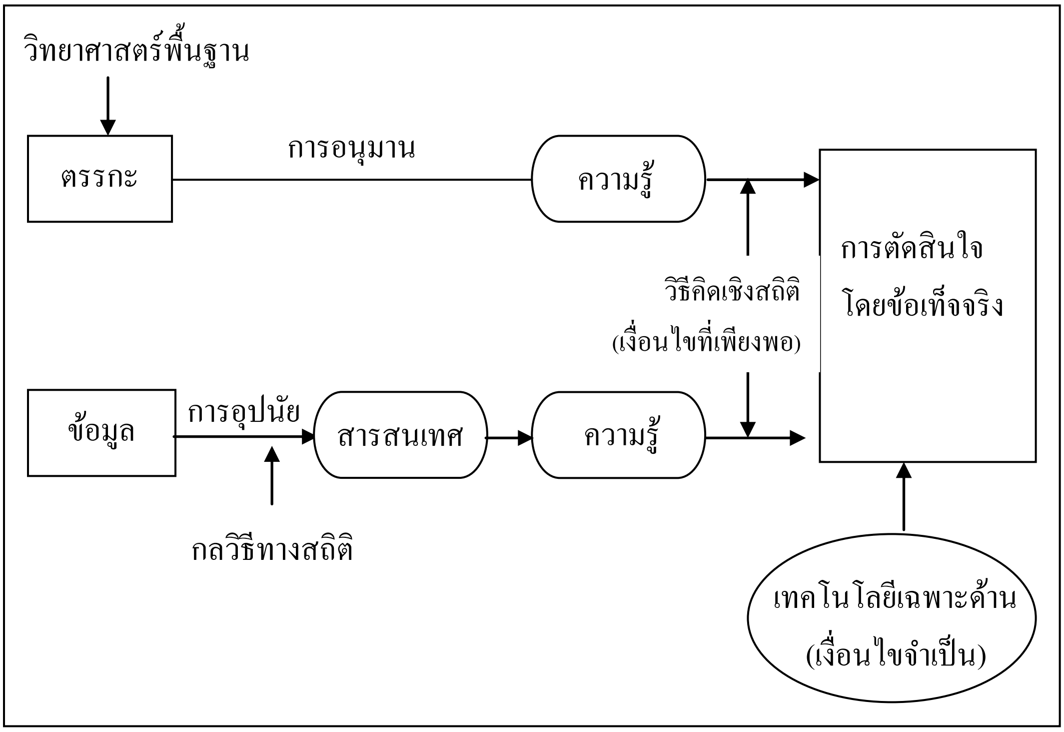
2.2.3 การตัดสินใจโดยข้อเท็จจริง [4]

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อคนเราเผชิญหน้ากับปัญหามักจะดำเนินการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าโดยอาจจะละเลยการกำจัดสาเหตุเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหา และถ้ามีการกำจัดสาเหตุเพื่อการป้องกันการเกิดซ้ำมักจะอาศัยประสบการณ์หรือลางสังหรณ์ของตนเองในการสรุปถึงสาเหตุของปัญหาแล้วทำการกำจัดทิ้งทันที ซึ่งจะพบว่าสาเหตุดังกล่าวอาจจะมิใช่สาเหตุรากเหง้าของปัญหาก็ได้ นอกจากจะไม่สามารถป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหาได้แล้ว ในบางครั้งอาจจะทำให้เกิดการย้ายอาการปัญหาจากอาการหนึ่งสู่อีกอาการหนึ่งได้ อาทิ มีการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์แต่ทำให้เกิดปัญหาการลดต้นทุนสูงขึ้นแทน หรือบางครั้งอาจจะมีการแก้ไขปัญหาการลดต้นทุนของการผลิตผลิตภัณฑ์ ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ขึ้นมาได้ เป็นต้น

การตัดสินใจโดยข้อเท็จจริง หมายถึง การตัดสินใจที่มิได้อาศัยเพียงประสบการณ์ ลางสังหรณ์ และความกล้าตัดสินใจของผู้ตัดสินใจ แต่ต้องตัดสินใจโดยอาศัยข้อความหรือเหตุการณ์ที่ผ่านการวินิจฉัยแล้วว่าเป็นความจริงโดยการวินิจฉัย และอาศัยข้อมูลหรือตรรกะซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 การตัดสินใจโดยข้อเท็จจริงจะต้องเกิดจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ ความรู้เฉพาะในงานที่พิจารณาหรือเทคโนโลยีเฉพาะด้านที่ถือเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจ และความรู้ในด้านความผันแปรหรือวิธีคิดเชิงสถิติที่ถือเป็นเงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับการตัดสินใจ โดยความรู้เฉพาะในงานอาจจะประกอบด้วยเทคโนโลยีด้านผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยีด้านการผลิต อาทิ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมวัสดุ บัญชี และการเงิน การตลาด ฯลฯ สำหรับความรู้ในด้านการผันแปรอาจจะประกอบด้วยเทคโนโลยีด้านการบริหาร อาทิ วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมควบคุมคุณภาพ การวิจัยการดำเนินงาน วิศวกรรมคุณค่า และสถิติ

ในระยะเริ่มแรกของการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริงนั้น ผู้ตัดสินใจได้ตัดสินใจดำเนินการอย่างมีประสิทธิผล มักจะอาศัยความรู้ส่วนใหญ่ (ประมาณ 80%) มาจากเทคโนโลยีเฉพาะด้าน และส่วนน้อย

(ประมาณ 20%) มาจากความรู้ในด้านความผันแปร อย่างไรก็ตามเมื่อมีประสบการณ์การตัดสินใจมากขึ้น จะทำให้พัฒนาเทคโนโลยีเฉพาะด้านเพิ่มมากขึ้น และมากจนกระทั่งสามารถสร้างเทคโนโลยีของตนเองได้ ดังนั้นสัดส่วนของการใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้านจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ในขณะที่สัดส่วนของการใช้ความรู้ด้านความผันแปรเริ่มลดลงสำหรับการตัดสินใจกับปัญหาเดิม จนในที่สุดการตัดสินใจจะมีประสิทธิผลมากที่สุดก็ต่อเมื่อมีการตัดสินใจโดยสามัญสำนึก



รูปที่ 2.3 กระบวนการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริง [4]

ในการใช้ความรู้ด้านความผันแปร ซึ่งถือเป็นเงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริงนั้น จะอาศัยความรู้จากตรรกะ และจากสารสนเทศที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูล โดยความรู้ด้านตรรกะจะต้องได้มาจากผู้ตัดสินใจที่มีพื้นฐานเกี่ยวกับกฎทางธรรมชาติ หรือวิทยาศาสตร์พื้นฐานค่อนข้างดี เพื่อจะสามารถอธิบายความเป็นเหตุ และผลต่อกันได้ สำหรับความรู้ที่ได้มาจากสารสนเทศที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลนั้น จะต้องอาศัยข้อมูลที่มีคุณภาพ แล้ววิเคราะห์ด้วยกลวิธีทางสถิติที่เหมาะสม โดยทั่วไปแล้วสามารถจำแนกกลวิธีทางสถิติออกเป็น 2 สาขาใหญ่ๆ คือสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ซึ่งสถิติเชิงพรรณนาจะมีแนวความคิดในการนำเอาข้อมูลที่ได้มาอธิบายถึงปัญหาที่ต้องการตัดสินใจตามรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล สถิติเชิงพรรณนาจึงมีความเหมาะสมกับปัญหาที่มีข้อมูลจำนวนมาก สำหรับสถิติเชิงอนุมานจะมีแนวความคิดในการนำเอาข้อมูลที่มีจำนวนไม่มากนักไปทำการอนุมานทางสถิติโดยอาศัยกฎของความน่าจะเป็น ดังนั้นสถิติเชิงอนุมานจึงมีความเหมาะสมกับปัญหาที่มีข้อมูลจำนวนไม่มาก

2.2.4 หลักการ 5G [5]

หลักการ 5G เป็นระบบที่นำเอาหลักความคิด 2 ประการคือ หลักการทางทฤษฎีและระเบียบกฎเกณฑ์ รวมเข้ากับแนวคิดตามหลักการของความเป็นจริงในสถานที่ปฏิบัติงาน 3 ประการ โดยหลักการ 3G เป็นคำศัพท์ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายสาขาของอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบริหารการผลิต หลักการ 3G นี้มาจากคำศัพท์ 3 คำในภาษาญี่ปุ่นโดยมีความหมายว่า จงไปที่พื้นที่จริง (genba) ไปดูของจริง (genbutsu) และยังต้องคำนึงถึงความจริง (genjitsu) ด้วยความหมายแฝงของหลักการ 3G ก็คือ การที่เรานั่งทำงานอยู่บนโต๊ะเพียงอย่างเดียวจะทำให้เราไม่สามารถมองเห็น หรือรับทราบถึงความเป็นจริงได้ ดังนั้นเราควรจะเข้าไปในพื้นที่ที่เกิดปัญหา ใช้สายตาของตนมองปัญหาที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลจากสภาพแวดล้อม และความเป็นจริงที่ได้รับทราบ แล้วจึงค่อยตัดสินใจแก้ไขปัญหา ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ส่วนทำไมหลักการทางทฤษฎี (genri) และระเบียบกฎเกณฑ์ (gensoku) จึงมีความสำคัญ เหตุผลก็คือ มีคนจำนวนมากที่นำเอา “หลักการ 3G” ไปใช้ปฏิบัติจริง หากแต่ยังขาดหลักการ และทฤษฎีอยู่เป็นเพราะหลักการ 3G นี้มิได้รวมเอาสิ่งที่ควรเป็นมาตรฐานในการตัดสินใจเข้าไปด้วย ตามปกติแล้วคนที่มีความคิดจะมีการตัดสินใจจากประสบการณ์ที่ตัวเองเคยผ่านมา หากแต่มักขาดหลักการทางทฤษฎี และระเบียบกฎเกณฑ์ ทำให้การตัดสินใจนั้นเกิดความเคยชิน และรวดเร็ว ถึงแม้จะเป็นคนที่มีการตัดสินใจดี และรวดเร็วเพียงใดก็ตาม แต่หากสิ่งนั้นไม่ได้เป็นไปตามหลักการทางทฤษฎี และระเบียบกฎเกณฑ์แล้ว การตัดสินใจนั้นก็ไม่อาจจัดเป็นสิ่งที่เหมาะสมได้

2.2.5 เครื่องมือพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหา [2]

สำหรับเครื่องมือพื้นฐานในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหานั้น อาศัยการแสดงผลข้อมูลด้วยแผนภาพสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายต่อการใช้งาน และการตีความหมายเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ได้ตามความเหมาะสม และข้อจำกัดบางประการ แต่ควรมีแนวคิดการใช้กลวิธีต่างๆ เป็นเครื่องมือแทนที่จะเป็นจุดประสงค์ ซึ่งเครื่องมือพื้นฐานในการแก้ปัญหาที่เลือกใช้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การประยุกต์ใช้เครื่องมือพื้นฐานในโครงงานวิจัย

เครื่องมือคุณภาพ	**ประเภท/แบบ**	**จุดประสงค์ที่ใช้ในโครงงานวิจัย**
กราฟ	กราฟเส้น	ดูความผันแปรของปัญหาในภาพรวม และวิเคราะห์หาสาเหตุความผันแปรของข้อมูล (กราฟแนวโน้ม)
	กราฟวงกลม	เปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลแต่ละประเภท (แสดงในแต่ละส่วน)
แผนภูมิควบคุม	p chart	วิเคราะห์ความผันแปรของกระบวน และการทวนสอบข้อมูลของปัญหา
แผนภาพสาเหตุและผล	กำหนดรายการของสาเหตุ	กำหนดสมมติฐานของสาเหตุ
แผนภาพพาเรโต	-	จำแนกประเภทของข้อมูล และวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ
KJ	-	ทำความเข้าใจกับความสับสนแล้วกำหนดปัญหาโดยขึ้นอยู่กับความรู้สึก
แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (เครื่องมือสำหรับการจัดการ)	กระบวนการทางธุรกรรม	ทำความเข้าใจกับภาพรวมของกิจกรรม
แผนภาพกิ่งไม้ (เครื่องมือสำหรับการจัดการ)	-	สร้างทางเลือก และกำหนดแนวคิดมาตรการตอบโต้

2.2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัด (measurement system analysis) [6]

วัตถุต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะค่าหนึ่งซึ่งถือว่าเป็น “ค่าจริง” ของวัตถุตามคุณสมบัติเฉพาะนั้นๆ โดยการวัดเป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับวัตถุนั้น ระบบการวัดจะมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด แต่เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้จะมีความสามารถไม่เท่ากัน โดยคุณภาพของการวัดไม่ได้ขึ้นอยู่กับยี่ห้อหรือราคาของตัวเครื่องมือวัดหรือความถูกต้องของการสอบเทียบเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับวิธีการใช้เครื่องมือวัด ความแตกต่างในทักษะของคนวัด ความผันแปรของตัวผลิตภัณฑ์ที่ถูกวัดหรือสิ่งที่ได้รับการวัด และสภาพของตัวเครื่องมือวัดล้วนแล้วแต่เป็นเหตุของความผันแปรที่ช่วยกันทำให้ค่าที่วัดได้ผิดพลาดไปจากค่าจริง โดยความผันแปรจากระบบวัดนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือ

ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ โดยถือว่าข้อมูลนั้นมีความเสถียรภาพสามารถคาดการณ์ได้ แต่ความผันแปรอีกลักษณะคือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุแห่งความผิดพลาด โดยถือว่าข้อมูลนั้นไม่มีความเสถียรภาพไม่สามารถคาดการณ์ได้ และยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของระบบการวัดด้วย

2.2.6.1 ระบบการวัด ระบบการวัด คือวิธีการหรือการใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าทางตัวเลขให้กับวัตถุ เพื่อจะสามารถประมาณค่าจริงของวัตถุนั้นๆ นอกจากนี้ระบบการวัดจะต้องมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ ดังนั้นระบบการวัดที่เชื่อถือได้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อสื่อความเป็นจริงของกระบวนการ ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับ และวิเคราะห์สาเหตุแห่งความผิดพลาด แล้วทำการกำจัดทิ้งควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่องด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด

2.2.6.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด การวิเคราะห์ระบบการวัด คือ เทคนิคที่ทำการศึกษา และประเมินความสามารถของระบบการวัดที่เกิดจากพนักงาน เครื่องมือวัด วิธีการที่ใช้ในการวัด หรือผลิตภัณฑ์ที่ถูกวัดถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดว่ามีความผันแปรอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ การวิเคราะห์ระบบการวัดทำโดยวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด และวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

2.2.7 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (process capability analysis)[7]

กระบวนการต่างๆอันได้แก่ กระบวนการผลิต กระบวนการจัดการและกระบวนการสนับสนุน กระบวนการผลิตล้วนแต่มีความสามารถโดยธรรมชาติต่อการดำเนินการให้สำเร็จ ดังนั้นการจะให้กระบวนการต่างๆมีผลลัพธ์ออกมาได้ดังที่ต้องการ จำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงกระบวนการดังกล่าวเพื่อให้มีการวางแผน ควบคุม และปรับปรุงให้ผลลัพธ์ของกระบวนการมีความเหมาะสมและเป็นไปตามที่กำหนด

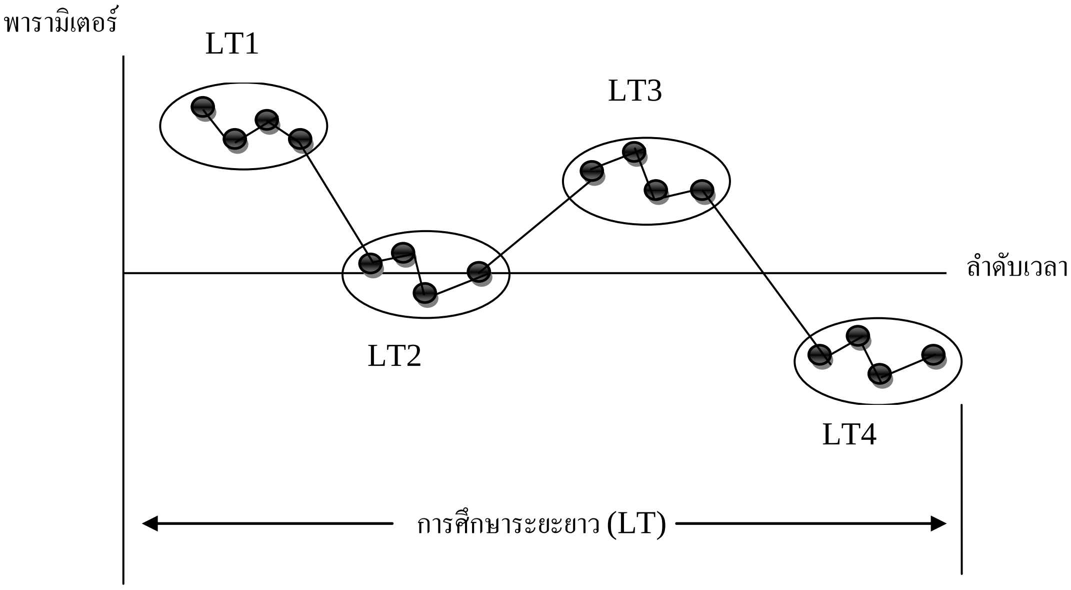
2.2.7.1 ความสามารถ (capability) ในที่นี้หมายถึง ความสามารถในเชิงแข่งขันที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะของกระบวนการที่ได้รับการทดสอบเพื่อให้บรรลุตามผลลัพธ์ที่สามารถวัดได้ซึ่งในกระบวนการผลิตจะทำการวัดค่าของคุณสมบัติในเชิงกายภาพที่อาจกำหนดเป็นเชิงกล เชิงไฟฟ้า ฯลฯ เช่น ค่าความเค้น ค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ค่าความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.7.2 ความผันแปร (variability) จากคำกล่าวที่ว่า “ในโลกนี้ไม่มีสิ่งของ 2 สิ่งใดที่มีความเหมือนกันทุกประการ” กล่าวได้ว่ากระบวนการใดๆก็ตามจะอยู่ภายใต้ความผันแปรธรรมชาตินี้เสมอ โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเพียงความผันแปรโดยธรรมชาติที่แบ่งเป็น 2 กรณีได้แก่

ความผันแปรระยะสั้น คือ ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติที่มีผลมาจากการออกแบบกระบวนการ และถ้าต้องการจะลดความผันแปรนี้ลงจะต้องมีการดำเนินการออกแบบกระบวนการใหม่

ความผันแปรระยะยาว คือ ความผันแปรตลอดช่วงเวลาที่กระบวนการได้รับการดำเนินการ เป็นผลมาจากการควบคุมกระบวนการและถ้าจะลดความผันแปรประเภทนี้ลงต้องดำเนินการแก้ไขในด้านของการควบคุมสำหรับกระบวนการ

โดยความผันแปรของกระบวนการทั้งระยะสั้นและระยะยาวแสดงดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะพบว่าความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นจะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ในขณะที่ความผันแปรของกระบวนการในระยะยาวจะเป็นการพิจารณาถึงความผันแปรโดยรวมและมีขนาดของความผันแปรที่มากกว่าความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นเสมอ

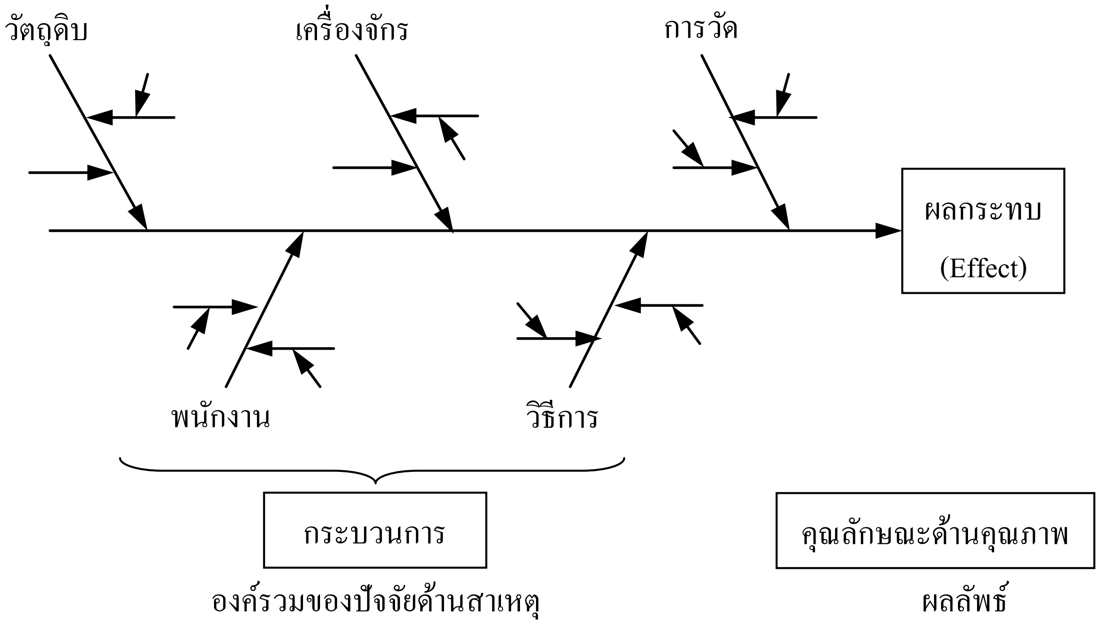


รูปที่ 2.4 ความผันแปรของกระบวนการระยะสั้นและระยะยาว

ในการประเมินความสามารถกระบวนการจะดำเนินการผ่านค่าดัชนีสำหรับการประเมินค่าความสามารถของกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็นดัชนีของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ(process potential capability) ที่สะท้อนถึงความผันแปรที่กระบวนการ “ควรจะทำได้” ซึ่งโดยปรกติจะทำการประเมินผลภายใต้ข้อสมมติว่ากระบวนการมีค่าเซตติ้งอยู่กึ่งกลางของข้อกำหนดเฉพาะ และดัชนีของความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (process performance capability) ที่สะท้อนถึงความผันแปรที่กระบวนการ “กระทำได้จริง” โดยปกติแล้วทำการประเมินภายใต้ค่าเซตติ้งที่เป็นจริงของกระบวนการ

2.2.8 แนวทางการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา [2]

แผนภาพก้างปลา หมายถึง แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่ง (อาการของปัญหา) และสาเหตุที่เกี่ยวข้อง โดยแผนภาพก้างปลาจะมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 จะแสดงผลในรูปความสัมพันธ์ของกระบวนการ ซึ่งหมายถึงการรวบรวมปัจจัยด้านสาเหตุซึ่งต้องสามารถควบคุมได้ และสามารถทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าได้ และผลจะหมายถึงคุณลักษณะด้านคุณภาพที่เป็นผลลัพธ์ของกระบวนการหนึ่ง

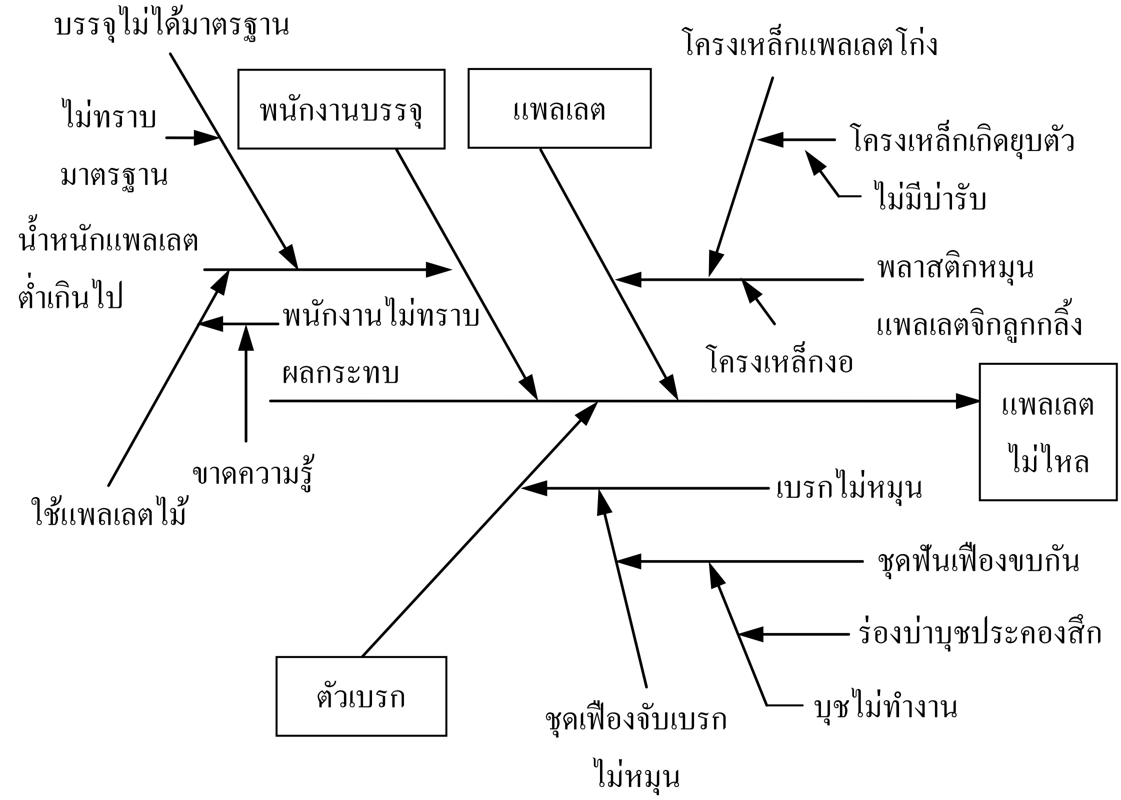


รูปที่ 2.5 โครงสร้างแผนภาพก้างปลา [2]

ประเภทของแผนภาพก้างปลาในการสร้างแผนภาพก้างปลานั้น ขึ้นอยู่กับว่าผู้วิเคราะห์ต้องการจะจัดองค์กร และจัดหมวดหมู่สาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้องได้อย่างไร ซึ่งการจำแนกสาเหตุดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงความผันแปรให้มากที่สุด ภายใต้หลักการ 3 จริงและความรู้จากเทคโนโลยีเฉพาะด้าน โดยได้ทำการจำแนกประเภทของแผนภาพก้างปลาออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

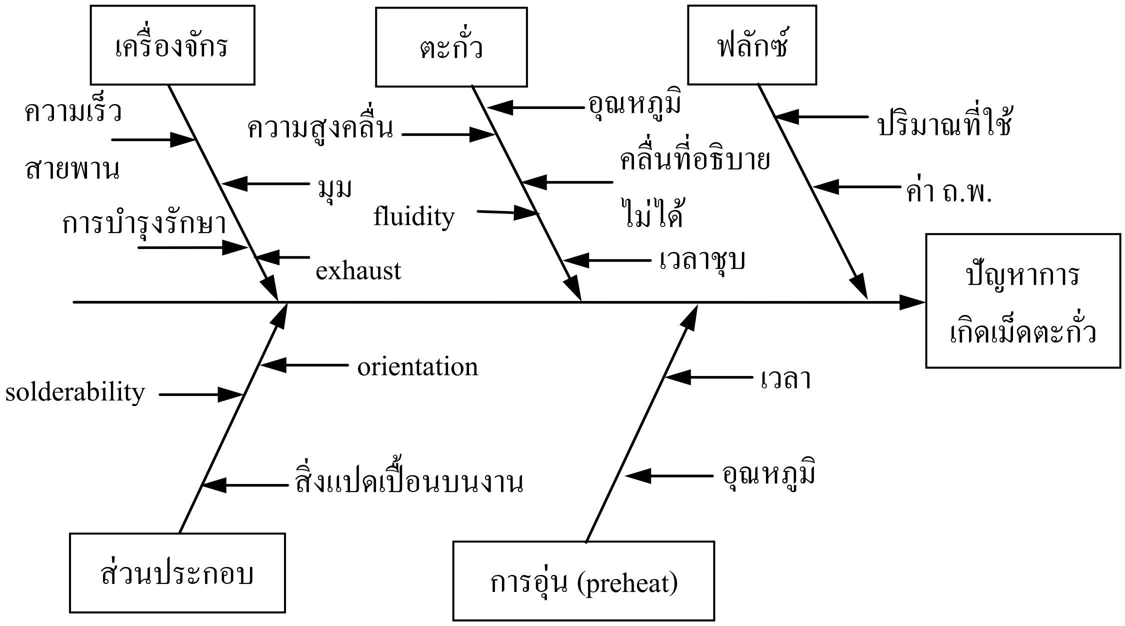
(ก) แผนภาพก้างปลาแบบวิเคราะห์ความผันแปร แผนภาพก้างปลาประเภทนี้จะมีความเหมาะสมกับปัญหาที่มีความผันแปรหรือกระจาย การค้นหาสาเหตุสำหรับการสร้างแผนภาพก้างปลาจะเกิดจากการตั้งคำถามพื้นฐานว่า "ทำไมการกระจายนี้จึงเกิดขึ้น" โดยการตอบคำถามจะอยู่ภายใต้หลักการ 3 จริงที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้แล้วแต่ละสาเหตุที่มีการพิจารณาความผันแปรนี้จะต้องได้รับการทบทวนถึงข้อเท็จจริงอย่างระมัดระวัง ซึ่งแผนภาพก้างปลาประเภทนี้จะมีข้อดีคือ สามารถสืบค้นสาเหตุเกี่ยวกับความผันแปรที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยที่ทำการพิจารณา แต่ข้อเสียคือ อาจทำให้ละเลยต่อ

สาเหตุบางประการที่เกี่ยวข้องได้โดยตัวอย่างของแผนภาพก้างปลาแบบวิเคราะห์ความผันแปร ดังรูปที่ 2.6



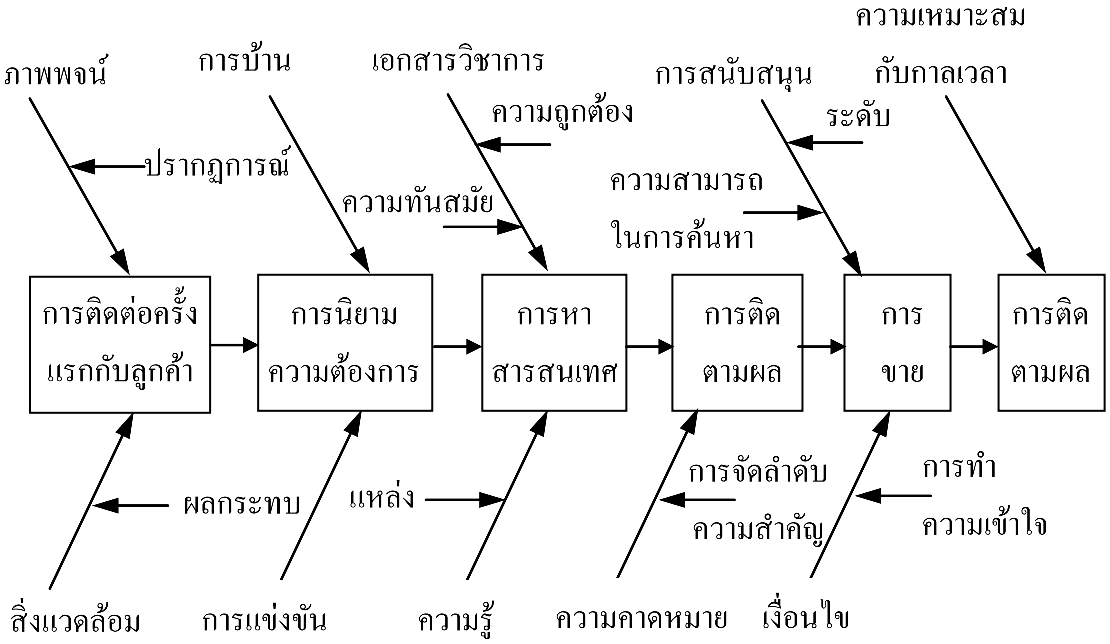
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างแผนภาพก้างปลาแบบวิเคราะห์ความผันแปร [2]

(ข) แผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุ แผนภาพก้างปลาประเภทนี้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับปัญหาที่เป็นแบบเรื้อรัง เป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากสาเหตุด้านระบบ โดยการระดมสมองไม่ต้องคำนึงว่าสาเหตุดังกล่าวอยู่บนแนวความคิดใดหรือกลุ่มของสาเหตุใด ซึ่งข้อดีของแผนภาพก้างปลาประเภทนี้คือ สามารถระดมสาเหตุที่เป็นไปได้ต่างๆอย่างกว้างขวางและครบถ้วน แต่ก็มีข้อเสียคือ การสร้างความสัมพันธ์ของสาเหตุแต่ละหมวดหมู่กับผล นอกจากนี้ขอให้สังเกตว่า แผนภาพก้างปลาประเภทนี้จะแสดงสาเหตุในรูปของพารามิเตอร์ของกระบวนการที่สนใจ โดยตัวอย่างของแผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างแผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุ [2]

(ค) แผนภาพก้างปลาแบบจำแนกตามกระบวนการผลิต แผนภาพก้างปลาประเภทนี้ มีความเหมาะสมกับสาเหตุของปัญหาที่จำแนกตั้งแต่ กระบวนการต้นน้ำถึงกระบวนการท้ายน้ำ โดยเริ่มต้นจากการเขียนโครงของแผนภาพตามกระบวนการเพิ่มมูลค่าตั้งแต่ต้นน้ำ แล้วจึงใส่สาเหตุที่เกี่ยวข้องลงไปทีละขั้นตอนของกระบวนการ และผลจากกระบวนการต้นน้ำจะเป็นสาเหตุของกระบวนการท้ายน้ำเสมอ ซึ่งข้อดีของแผนภาพประเภทนี้คือ มีการสร้างตามลำดับก่อนหลังของกระบวนการ ทำให้สร้างได้ง่ายและสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ สาเหตุบางประการอาจจะมีการกล่าวซ้ำแล้วซ้ำอีกในแต่ละกระบวนการ และจะแสดงผลของสาเหตุที่เกิดจากองค์ประกอบของปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัยได้ค่อนข้างยาก โดยตัวอย่างของแผนภาพก้างปลาแบบจำแนกตามกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแผนภาพก้างปลาแบบจำแนกตามกระบวนการผลิต [2]

2.2.9 เครื่องมือและเทคนิควิเคราะห์ที่ใช้ในการดำเนินการ

การดำเนินโครงการใดๆ จำเป็นต้องอาศัยการคิดอย่างมีระบบ การตัดสินใจบนข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้โดยข้อมูลที่เป็นตัวเลขจะถูกนำมาเปลี่ยนเป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ด้วยวิธีทางสถิติ การนำเสนอข้อมูลควรมีการจัดให้อยู่ในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิหรือแผนภาพต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในลักษณะข้อมูล เพื่อการตีความหมายและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ทั้งนี้ในการเลือกเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องระบุถึงจุดประสงค์ของการตัดสินใจก่อนเสมอ

2.2.10 การเลือกปัจจัยมาทำการศึกษา

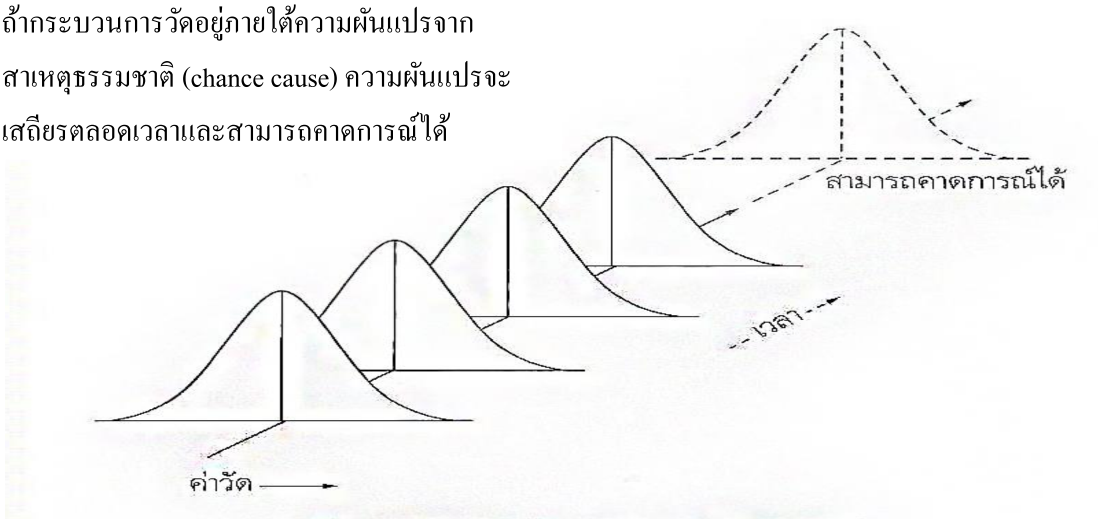
ในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุนั้น ปัญหาที่เกิดขึ้นจะมีสาเหตุจำนวนมากมาย ทำให้ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์สาเหตุเหล่านั้นได้หมด เนื่องจากการทำธุรกิจจะมีการเดินหน้าเสมอ จะไม่มีการหยุดทำธุรกิจเพื่อรอให้วิเคราะห์รู้สาเหตุทั้งหมดก่อน และสาเหตุดังกล่าวอาจมีสาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงอยู่ที่ในโรงงานเอง หรือจากผู้ส่งมอบก็ได้ แต่ปัญหานั้นจะมีสาเหตุหลักๆ เพียงไม่กี่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นมา อีกทั้งสาเหตุที่วิเคราะห์มานั้นอาจจะเป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ของกลุ่มผู้วิเคราะห์ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านปฏิบัติงานจริงไม่เหมือนกับทางทฤษฎี ดังนั้นการเลือกปัจจัยมาทำการศึกษานี้ เป็นขั้นแรกในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุหลักๆของปัญหาดังกล่าว เพื่อจะใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุนั้นส่งผลต่อการเกิดปัญหาหรือไม่และควรมีการตัดสินใจต่อไปอย่างไร

2.2.11 ความผันแปร [7]

ความผันแปรที่เกิดขึ้นกับกระบวนการใดๆจะมีที่มาจากปัจจัยป้อนเข้า (input) ของกระบวนการดังกล่าว รวมถึงกิจกรรมภายในกระบวนการที่ทำให้เกิดผลผลิต (output) เช่น ในกระบวนการผลิตความผันแปรอาจจะมาจากความผันแปรของวัตถุดิบชิ้นต่อชิ้นภายในลอต รวมถึงความผันแปรระหว่างลอต ความผันแปรระหว่างผู้ส่งมอบ ความผันแปรที่มาจากความล้าของพนักงานแต่ละคน รวมถึงความผันแปรเนื่องจากทักษะในการทำงานระหว่างพนักงานแต่ละคน ความผันแปรจากความแม่นในการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง รวมถึงความผันแปรระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่อง ความผันแปรจากการทำงานซ้ำๆ ภายใต้วิธีการเดิมที่ไม่ให้ผลเหมือนเดิม รวมถึงความผันแปรจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ตลอดจนจากความแม่นในระบบการวัดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ ฯลฯ ดังนั้นผู้ตัดสินใจจะต้องทำความเข้าใจกับธรรมชาติของความผันแปรเหล่านี้เสมอ จึงจะสามารถตัดสินใจได้ดี

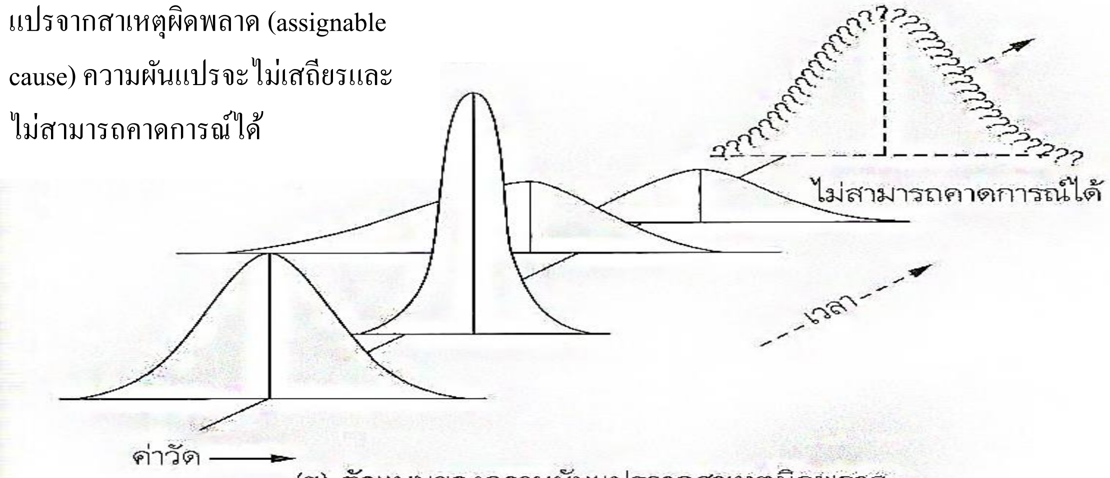
ความผันแปร คือ ความแตกต่างของสิ่งที่เป็นอิสระต่อกัน 2 ประการที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้และจะฟอร์มตัวเป็นตัวแบบที่สามารถคาดการณ์ได้ (ถ้าความผันแปรดังกล่าวมาจากสาเหตุโดยธรรมชาติ) ภายใต้วิธีคิดเชิงสถิติ ความผันแปรจะมีความสำคัญอย่างมากต่อการทำความเข้าใจกับกระบวนการและสภาพของปัญหา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสามารถจำแนกความผันแปรออกตามสาเหตุความผันแปรได้ 2 ประการ คือ สาเหตุตามโอกาส (chance cause) หรือสาเหตุโดยธรรมชาติ (common cause) และสาเหตุจากความผิดพลาด (assignable cause) โดยความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติจะมีตัวแบบของความผันแปรที่สามารถคาดการณ์ได้ (predictable pattern) ดังรูปที่ 2.9 (ก) ทำให้ความผันแปรจากสาเหตุนี้มีความเสถียรภาพ (stable) และอยู่ภายใต้การควบคุมที่ผู้ตัดสินใจสามารถจัดการได้ดี สำหรับความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาดจะมีตัวแบบของความผันแปรที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (unpredictable) ดังรูปที่ 2.9 (ข) ทำให้ความผันแปรจากสาเหตุนี้ไม่มีเสถียรภาพ และอยู่ภายนอกการควบคุมที่ผู้ตัดสินใจไม่สามารถจัดการได้

ถ้ากระบวนการวัดอยู่ภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ (chance cause) ความผันแปรจะเสถียรตลอดเวลาและสามารถคาดการณ์ได้



(ก) ตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ

ถ้ากระบวนการวัดอยู่ภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาด (assignable cause) ความผันแปรจะไม่เสถียรและไม่สามารถคาดการณ์ได้



(ข) ตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาด

รูปที่ 2.9 ลักษณะของตัวแบบความผันแปรโดยสาเหตุธรรมชาติ(ก)และตัวแบบความผันแปรโดยสาเหตุผิดพลาด(ข)[7]

2.2.12 การออกแบบการทดลอง [8]

ไม่ว่าจะอยู่ในสาขาใดก็ตาม จะต้องมีความเกี่ยวข้องกับการทดลองบ้างไม่มากก็น้อย ทั้งนี้เพื่อทำให้เราทราบหรือค้นพบถึงบางสิ่งบางอย่างเกี่ยวกับกระบวนการหรือระบบบางอย่าง โดยคำศัพท์แล้ว “การทดลอง” หมายถึง “การทดสอบ” อาจให้นิยามของการทดลองว่าเป็นการทดสอบหรือเป็นชุดของการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาเข้า (input variable) ของกระบวนการหรือระบบ เพื่อว่าเราอาจจะสังเกตหรือบ่งชี้ถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลตอนขาออกได้ (output variable) หากต้องการออกแบบการทดลองให้เกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลได้สูงสุด จะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง คำว่า “การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (statistical design of experiment)” หมายถึงกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่

สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ และถ้ายิ่งปัญหาที่สนใจนั้นเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง (experimental error) วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองก็คือการออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ การซ้ำ (replication) การสุ่ม (randomization) และการบล็อก (block) ในที่นี้กำหนดให้ว่า การซ้ำหมายถึงการทำการทดลองซ้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ ประการแรก การซ้ำทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่า ความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างในเชิงสถิติหรือไม่ ประการที่สอง ค่าการซ้ำถูกนำไปใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง

การสุ่ม เป็นพื้นฐานหลักสำคัญสำหรับการใช้วิธีการทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยการสุ่มหมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลหรือความผิดพลาดจะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ ซึ่งการสุ่มจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การทำการสุ่มในการทดลอง ทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

บล็อก (block) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (precision) ให้แก่การทดลอง และทำการเปรียบ เทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อก

การทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลนั้นสามารถใช้ได้ในกรณีที่ต้องการทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป และต้องการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยเหล่านั้น ดังนั้นการทดลองแบบแฟคทอเรียลจึงเป็นการทดลองที่ให้สารสนเทศครบถ้วน และเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการดำเนินการทดลองในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการด้วย ในการทดลองที่มีปัจจัยพิจารณาจำนวนมาก สิ่งสำคัญคือ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลของอิทธิพลร่วมของปัจจัยต่างๆ ซึ่งถ้าละเลยหรือไม่สนใจแล้ว อาจทำให้ตีความหมายผิดพลาดไป แต่ในการดำเนินการทดลองแบบแฟคทอเรียลเพื่อต้องการรู้ผลของปัจจัยหลายๆ ปัจจัยนั้น จะเป็นเหตุให้การทดลองมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นจำนวนวัตถุดิบ

เวลา หรือแรงงานต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่มีขนาดเล็กที่สุด โดยเรียกการทดลองแบบนี้ว่า 2^k แฟคทอเรียล โดยที่

2 หมายถึง จำนวนของระดับ (level)

k หมายถึง จำนวนของปัจจัย (factor)

การทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล เป็นการทดลองที่มีจำนวนของปัจจัยเท่าไรก็ตามแต่กำหนด แต่จำนวนของระดับที่ใช้ในการทดลองมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ในทุกปัจจัยที่ทำการศึกษาโดยเมื่อจำนวนปัจจัยการป้อนเข้าสำหรับหารทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล เพิ่มจำนวนสูงขึ้น จำนวนของการทดลองก็จะสูงขั้นด้วย เช่น การออกแบบการทดลอง 2^5 จะต้องการจำนวนการทดลอง 32 ครั้ง การออกแบบการทดลอง 2^6 จะต้องการจำนวนการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งยังไม่นับรวมการทดลองซ้ำ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรไม่ว่าจะเป็นจำนวนของสิ่งตัวอย่าง เวลาในการทดลองที่มากขึ้น และไม่อาจทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกันได้ทั้งหมด ซึ่งภาษาทางสถิติเรียกเงื่อนไขนี้ว่า “เงื่อนไขในทรีตเมนต์ คอมบิเนชัน (treatment combination) มีมากกว่าเงื่อนไขขนาดของบล็อก (block size)” ดังนั้น ในบางการทดลองจำเป็นต้องแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ครั้ง หรือ 4 ครั้ง เป็นต้น

การทดลองแบบแฟคทอเรียล จะตั้งข้อสมมติว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยในลำดับสูง (high order interaction) มีผลน้อยจึงทำให้ปะปน (confound) กับอิทธิพลหลัก (main effect) และอิทธิพลร่วมของปัจจัยในลำดับต่ำ (low order interaction) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผ่านการทดลองแฟคทอเรียลจะยังคงมีผลจากอิทธิพลหลัก และอิทธิพลร่วมในลำดับต่ำซึ่งเป็นสิ่งที่เราสนใจ สำหรับการทดลองแบบแฟคทอเรียล นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการ (product and process design) และโดยส่วนใหญ่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการประยุกต์ในการทดลองเพื่อการกรอง (screening design) ปัจจัยป้อนเข้าที่จำนวนของปัจจัยจำนวนมากที่ต้องการวิเคราะห์ โดยวัตถุประสงค์หลักของการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อต้องการค้นหาปัจจัยป้อนเข้าที่มีผลกระทบสูงๆ (large effect) ซึ่งการทดลองลักษณะนี้มักจะใช้ในตอนเริ่มต้นของโครงการเนื่องจากมีปัจจัยป้อนเข้าจำนวนมาก

การทดลอง 2^k แฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง (2^k factorial design with center point)

การทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลางนี้ เป็นการทดลองเพื่อที่จะตรวจสอบว่า อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาหรือไม่ ซึ่งจะมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย เทอมของอิทธิพลของปัจจัยหลัก และอิทธิพลร่วมของปัจจัยต่างๆ โดยใช้สมการตัวแบบกำลังหนึ่ง (first-order response surface model) ดังนี้

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_j x_j + \sum_{i<j}\sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad \text{--------------------------(3.1)}$$

ซึ่งจะทำให้เทราบความสัมพันธ์ของอิทธิพลของปัจจัยว่า มีลักษณะเชิงเส้นตรงในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา หรือมีลักษณะแบบเป็นผิวโค้ง เพราะถ้าหากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของอิทธิพลของปัจจัยว่ามีลักษณะเป็นผิวโค้ง (curvature) แล้วนั้นจะต้องเลือกใช้ตัวแบบในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นผิวตอบสนอง (response surface) โดยใช้สมการพื้นที่ผิวตอบสนองกำลังสอง (second-order response surface) ดังนี้

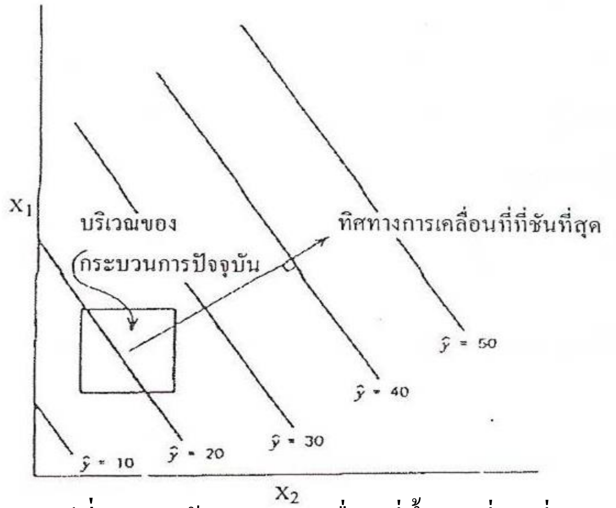
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{j=1}^{k} \beta_{jj} x^2{}_j + \sum_{i<j}\sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \qquad \text{---------------(3.2)}$$

การหาว่าบริเวณที่ศึกษาจะมีลักษณะเป็นผิวโค้งหรือไม่นั้น ทำได้โดยการทำการทดลองซ้ำ ในบริเวณจุดกึ่งกลางของค่าปรับตั้ง ซึ่งเราเรียกการทดสอบแบบนี้ว่า การออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง (2^k factorial design with center point)

วิธีการพื้นผิวผลตอบสนอง (response surface methodology, RSM) เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหาโดยที่ผลตอบที่สนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองเปรียบเสมือนกับการปีนภูเขา ซึ่งยอดเขาของพื้นผิวจะเป็นจุดที่มีผลตอบสนองสูงสุด หรือถ้าค่าที่ดีที่สุดคือค่าที่ต่ำที่สุดในที่นี้เราอาจจะคิดเสมือนว่า กำลังเคลื่อนที่ลงสู่หุบเขา จุดประสงค์สุดท้ายของการวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบคือ การหาเงื่อนไขการทำงานที่ดีที่สุดของระบบ หรือเพื่อที่จะหาอาณาเขตของปัจจัยก่อให้เกิดการทำงานอย่างน่าพอใจดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 วิธีการอย่างมีลำดับขั้นตอนของการวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบสนอง[9]

วิธีการเคลื่อนที่ขึ้นเขาด้วยทางที่ชันที่สุด (steepest ascent) วิธีการเคลื่อนที่ขึ้นเขาด้วยทางที่ชันที่สุดเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างเป็นลำดับบนเส้นทางที่มีความชันมากที่สุดในทิศทางที่มีการขึ้นของผลตอบสูงที่สุด ในทางกลับกัน หากต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุดแทน เราจะเรียกวิธีการดังกล่าวว่า การเคลื่อนที่ลงเขาด้วยทางที่ชันที่สุด (steepest descent)



รูปที่ 2.11 เส้นทางการเคลื่อนที่ขึ้นเขาที่ชันที่สุด[9]

การหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาเส้นทางเคลื่อนที่แบบชันที่สุด

สมการเพื่อหาเส้นทางการเคลื่อนที่แบบชันที่สุด

$$y = \beta_0 + \beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C + \beta_{AC} x_A x_C + \beta_{BC} x_B x_C + \beta_{ABC} x_A x_B x_C \text{ ----- } (3.3)$$

จากสมการดังกล่าว สามารถนำมาหาเส้นทางการเคลื่อนที่แบบชันที่สุด เพื่อที่จะหาบริเวณที่เข้าใกล้จุดที่เหมาะสมที่สุดให้เร็วที่สุด โดยใช้เส้นกราเดียนท์ (gradient) เพื่อหาความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$y = f\left(X_A, X_B, X_C, ..., X_n\right) \qquad \text{-------------}(3.4)$$

และหากราเดียนท์ ดังสมการ

$$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial X_A}, \frac{\partial f}{\partial X_B}, \frac{\partial f}{\partial X_C}, ..., \frac{\partial f}{\partial X_n}\right] \qquad \text{-------------}(3.5)$$

การออกแบบการทดลองเพื่อหาพื้นผิวผลตอบสนอง

ในการออกแบบการทดลองในการหาสมการเพื่อใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้กันมาก ได้แก่ การออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) และการออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken ซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่ต่างกันดังนี้

1. การออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) เป็นการออกแบบการทดลองโดยการต่อแกนออกไปจากบริเวณที่เป็น face central โดยลักษณะคุณสมบัติของการออกแบบมีดังนี้

ข้อดี

1. สามารถประมาณความสัมพันธ์ของอิทธิพลหลัก ความสัมพันธ์ของอิทธิพลร่วม และความสัมพันธ์ของเทอมกำลังสองได้ทั้งหมด
2. สามารถใช้ข้อมูลเก่าจากขั้นตอนการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล มาทำต่อได้
3. ประหยัดเวลาและต้นทุนในการทดลอง

ข้อเสีย

ในการทดลองที่จุดปลายแกนที่ต่อออกมานั้น บางครั้งต้องทดลองนอกขนาดของตำแหน่งที่ยังไม่เคยทำการทดลองมาก่อน

2. การออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken มีจุดประสงค์ในการออกแบบเพื่อให้มีระดับในการทดลอง 3 ระดับ (three levels design) มีจุดมุ่งหมายให้สมรูปกับพื้นผิวตอบสนอง ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้จะสร้างโดยการรวมการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล เข้ากับการออกแบบแบบบล็อกไม่สมบูรณ์ (2^k factorial with incomplete block design) คุณสมบัติของการออกแบบมีดังนี้

ข้อดี

1. สามารถประมาณความสัมพันธ์ของอิทธิพลหลัก ความสัมพันธ์ของอิทธิพลร่วมและความสัมพันธ์ของเทอมกำลังสองได้ทั้งหมด
2. ใช้ระดับในการทดลอง 3 ระดับในแต่ละปัจจัย

ข้อเสีย

ไม่สามารถนำข้อมูลเก่าจากขั้นตอนการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลมาทำต่อได้ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำการทดลองใหม่ทั้งหมด

2.3 ทฤษฎีสำหรับเทคโนโลยีเฉพาะด้าน

รายละเอียดทฤษฎีในส่วนนี้มีความสำคัญมากต่อการทำความเข้าใจกับปัญหา และการวิเคราะห์สาเหตุ โดยจะกล่าวถึงความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสปินเดิลมอเตอร์ ห้องสะอาด สิ่งปนเปื้อนและ เครื่องจักร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

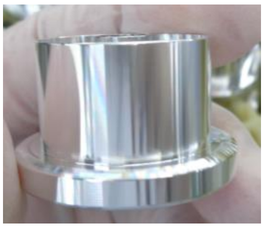
2.3.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์หนึ่งซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลหรือชุดคำสั่งที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากเริ่มแรกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วและมีความจุเพียง 10 MB จนมีขนาดเล็กลงเหลือเพียง 3.5 , 2.5 , 1.8 และ 1 นิ้ว และมีความจุเพิ่มขึ้นถึง 3 TB นอกจากนี้การเข้าถึงข้อมูลทั้งการอ่านและเขียน มีความเร็วเพิ่มขึ้นจากเดิม 3,600 รอบต่อนาทีเป็น 5,400 7,200 และ 10,000 รอบต่อนาทีทำให้ในการนำไปใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการอ่านเขียนข้อมูลได้รวดเร็วตอบสนองต่อการนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์มากขึ้น เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเลต วิทยุหรือเครื่องเล่นเพลง เป็นต้นโดยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีส่วนประกอบได้แก่ จานแม่เหล็ก สปินเดิลมอเตอร์ หัวอ่านและเขียน และตัว actuator โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

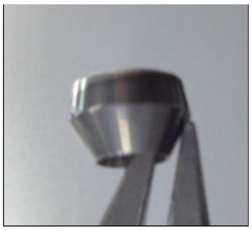
2.3.1.1. จานแม่เหล็กหรือแผ่นดิสก์ (platter) เป็นแผ่นจานกลมทำด้วยโลหะผสม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆในระบบเลขฐานสองโดยมีหน่วยที่เล็กที่สุดอาจเป็น 0 หรือ 1 เรียกว่าบิต (bit) ซึ่งย่อมาจาก binary digit ปกติฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละตัวจะมีจานแม่เหล็ก 1-4 แผ่น แต่ละแผ่นจะเก็บข้อมูลได้ทั้งสองด้าน การบันทึกข้อมูลนั้นใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก

2.3.1.2. สปินเดิลมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่เชื่อมต่อกับจานแม่เหล็กมีหน้าที่ในการหมุนแผ่นจานแม่เหล็กในการทำงานเพื่ออ่านและเขียนข้อมูลเมื่อมีการใช้งาน ซึ่งสปินเดิลมอเตอร์ทำหน้าที่หมุนจานแม่เหล็กไปรอบๆที่ความเร็วคงที่ค่าหนึ่ง เช่น 5,400 7,200 หรือ 10,000 รอบต่อนาที และยิ่งสปินเดิลมอเตอร์มีความเร็วในการหมุนจานแม่เหล็กได้มากเท่าใดความเร็วที่หัวอ่านเขียนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะค้นพบข้อมูลที่ต้องการก็มีมากขึ้นเท่านั้นโดยสปินเดิลมอเตอร์มีส่วนประกอบและหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆดังรูปที่ 2.12

2.3.1.3. หัวอ่านและเขียน (slider) ทำจากวัสดุที่สามารถกำหนดสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าได้ มีขนาดเล็กโดยมีคอยล์ (coil) เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กอยู่ตรงปลายหัวอ่าน เพื่อทำหน้าที่ในการอ่านและเขียนข้อมูลจากจานแม่เหล็กโดยการเขียนข้อมูลลงบนฮาร์ดดิสก์ทำงานโดยหัวอ่านจะแปลงกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าสู่คอยล์เป็นสนามแม่เหล็ก เพื่อสร้างรูปแบบแม่เหล็กบนสื่อที่เคลือบอยู่บนจานแม่เหล็กโดยเขียนข้อมูลเป็นระบบตัวเลขฐานสอง ส่วนการอ่านข้อมูลนั้นไม่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่คอยล์แต่อ่านข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในรูปของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการหมุนแผ่นจานแม่เหล็กผ่านตัวหัวอ่านและเขียนด้วยความเร็วสูงแล้วแปลงสัญญาณแม่เหล็กเป็นค่าความต่างศักย์ซึ่งวัดในหน่วยโวลต์เทจ (voltage) ถ้าค่าความต่างศักย์เป็นบวก หมายถึง ข้อมูลที่เห็นคือเลขฐานสองที่มีค่าเท่ากับ 1 และถ้าค่าความต่างศักย์เป็นลบหมายถึง ข้อมูลที่เห็นคือเลขฐานสองที่มีค่าเท่ากับ 0



hub: เป็นชิ้นส่วนหลักใน สปินเดิลมอเตอร์ใช้สำหรับสวมแผ่นดิสก์



cone: เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ปิดด้านบนและด้านล่างของชุด hub เพื่อป้องกัน shaft หลุดออกจาก hub

shaft: เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบกับชุดแบริ่งซึ่งสวมอยู่ในด้านในของชิ้นงานของ hub

stack: เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบกับลวดทองแดงที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลที่ไว้ขับเคลื่อนตัว มอเตอร์

รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบภายในสปินเดิลมอเตอร์

2.3.1.4. actuator มีหน้าที่เคลื่อนแขนของตัวมันเองที่เรียกว่า แขนหัวอ่านและเขียน (actuator arms) ซึ่งตรงปลายมีหัวอ่านและเขียนติดอยู่ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการอ่านข้อมูลบนจานแม่เหล็ก

2.3.2 ห้องสะอาด (clean room)

ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรวมไปถึงส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีหลายๆกระบวนการที่จำเป็นต้องทำการผลิตภายในห้องสะอาด เพราะสิ่งปนเปื้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาดและเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังนั้นห้องสะอาด หมายถึง พื้นที่ควบคุมสภาวะความสะอาดต่างๆ ให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการผลิต

นิยามห้องสะอาด

Federal Standard 209E : ห้องที่มีตั้งแต่หนึ่งโซนขึ้นไปได้ที่รับการควบคุม **อนุภาคแขวนลอยในอากาศ**

ISO 14644-1 : ห้องที่ได้รับการควบคุมอนุภารแขวนลอยในอากาศและควบคุมปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้นห้องสะอาดควรหมายถึง บริเวณที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมของห้องอย่างเหมาะสม เช่น รูปแบบการไหลของอากาศ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้นและแสง เป็นต้น

2.3.2.1 อนุภาคแขวนลอย อากาศโดยทั่วไปจะมีสารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมโครเมตรอยู่ประมาณ 10 -1000 ล้านอนุภาคต่อปริมาณอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตรและมนุษย์สามารถปล่อยอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.3 ไมโครเมตร ได้ประมาณ 10^5 อนุภาคต่อนาทีอีกทั้งมนุษย์ยังสามารถปล่อยสิ่งมีชีวิตจำพวก แบคทีเรีย สปอร์ของเชื้อราออกจากร่างกายได้เป็นจำนวนมากอีกด้วยแต่ห้องสะอาดยังแบ่งออกเป็นหลายระดับซึ่งมีความเข้มงวดในการยอมให้มีจำนวนอนุภาคแขวนลอยภายในพื้นที่ไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 จำนวนอนุภาคแขวนลอยที่ยอมให้มีในห้องสะอาดแต่ละระดับ

จำนวนอนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต					
Class	**0.1 ไมโครเมตร**	**0.2 ไมโครเมตร**	**0.3 ไมโครเมตร**	**0.5 ไมโครเมตร**	**5 ไมโครเมตร**
1	35	7	3	1	
10	350	75	30	10	
100		750	300	100	
1,000				1,000	7
10,000				10,000	70
100,000				100,000	700

2.3.2.2 ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมขึ้นกับลักษณะงาน กระบวนการผลิตหรือชนิดของผลิตภัณฑ์เพราะกรณีความชื้นสูงไป อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติหรือคุณภาพเปลี่ยนไปหรือถ้าความชื้นต่ำไป จะเกิดประจุไฟฟ้าที่วัสดุหรือชิ้นส่วนทำให้เกิดปัญหาอนุภาคดูดติดกันได้ ซึ่งหากไม่มีข้อกำหนดเฉพาะ โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีความชื้นประมาณ 40-60 %RH

2.3.2.3 อุณหภูมิ กำหนดตามความต้องการของกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการ หากไม่มีความสำคัญทางด้านการผลิตโดยทั่วไปจะกำหนดให้อยู่ในช่วง 22.2 ± 0.14 องศาเซลเซียสหรือ 72 ± 0.25 องศาฟาเรนไฮต์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยา รุ่งเจริญวัฒนา [10] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนในกระบอกสูบของระบบเบรกและท่อไอดี โดยมีการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (design and analysis of experiment) เนื่องจากกระบวนการผลิตนี้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดที่สูงส่งผลให้เกิดความสูญเสียที่มีมูลค่าสูงเป็นอันดับแรก และมีการวิเคราะห์ปัญหาทำให้พบว่า ผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดอาการ shrinkage มีสัดส่วนมากที่สุดที่ 28.57 % ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมดและมีเป้าหมายในการปรับปรุงเพื่อลดผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดอาการ shrinkage ต่ำกว่า 14 % ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมด จึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการ shrinkage โดยใช้ factorial design ในการออกแบบการทดลองและทำการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยในการผลิต โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้ % chemical composition Si , Na และอุณหภูมิของอลูมิเนียม จากผลการทดลองพบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนในกระบอกสูบของระบบเบรกและท่อไอดีคือ % chemical composition Si เท่ากับ 7 % ของchemical compositionทั้งหมด, % chemical composition Na เท่ากับ 0.005 % ของchemical compositionทั้งหมด และอุณหภูมิอลูมิเนียม 710 องศาเซลเซียส หลังจากมีการปรับปรุงเกิดขึ้นส่งผลให้อาการไม่ตรงข้อกำหนด shrinkage ลดลงเหลือ 10.13 % ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมด ทำให้สามารถลดต้นทุนจากผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดลงได้

บุญชัย อารยสนองกุล [11] งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (design and analysis of experiment) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหน้าจอมือถือโดยทำการศึกษาตัวแปรของเครื่องปั๊มแม่นยำสูง ที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดน้อยที่สุด มีการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธี fractional factorial design ซึ่งมีตัวแปรในการทดลอง 6 ตัวและพบว่ามีเพียง 2 ตัวที่ส่งผลต่ออาการปัญหา คือ ค่าความสูงใบมีด (depth of cut) และ speed ซึ่งเงื่อนไขเหมาะสมที่ทำให้เกิดของอาการปัญหาน้อยที่สุดคือความสูงใบมีด (depth of cut) ที่1002 mm และความเร็วส่ง (speed) ที่ 35 m. /min. และเมื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทำงานจริงพบว่าจำนวนของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากเดิมเฉลี่ย 4.18 % ของจำนวนของเสียทั้งหมด เหลือเพียง 3.381 % ของจำนวนของเสียทั้งหมด

นเรศว์ร ชิ้นอินมนู [12] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรที่สำคัญ ในการทำงานของเตาผลิตแก๊สจากแกลบที่จะทำให้อัตราการใช้แกลบลดลง โดยสามารถเปรียบได้กับการใช้แกลบผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญในการผลิตแก๊ส คือ อุณหภูมิ pyrolysis และ อุณหภูมิ throat โดย

ปกติจะมีการกำหนดอุณหภูมิ pyrolysis อยู่ที่ 500 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ throat 750องศาเซลเซียส ซึ่งมีการใช้แกลบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.85 kg/kW งานวิจัยนี้มีการออกแบบการทดลองแบบ 2 ตัวแปร ตัวแปรละ 3 ระดับ มีตัวแปรสองตัวคือ อุณหภูมิ pyrolysis และตัวแปรที่สองคืออุณหภูมิ throat จากผลการทดลองสรุปว่าอุณหภูมิ pyrolysis ที่ 550 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ throat ที่ 800 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีการใช้แกลบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยสุดคือประมาณ 1.5 kg/kW

มนตรี ก่อพงศ์เจริญชัย [13] ได้ทำการศึกษาโดยใช้แนวทางการวิเคราะห์แบบ P-M ในการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าเพื่อหาแนวทางในการลดสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียประเภทชิ้นงานฮับเอียงในกระบวนการกลึงชิ้นงาน จากการวิเคราะห์สาเหตุพบว่าแรงจับงานของฟันจับชิ้นงานไม่คงที่ และมีลำดับขั้นตอนในการกลึงชิ้นงานไม่ถูกต้อง ส่งผลให้ความเรียบผิวบริเวณที่ใช้เพื่อการจับชิ้นงานของฟันจับชิ้นงานมีความกลมไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีการแก้ไขโดยดำเนินการสลับขั้นตอนการกลึงโดยให้กลึง OD disk ก่อนเพื่อให้ความกลมมีความสม่ำเสมอและฟันจับชิ้นงานสามารถจับได้แนบสนิท ส่งผลสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียประเภทชิ้นงานฮับรุ่น TNKMD ลดลงจาก 14.49% ของจำนวนผลิตของฮับรุ่น TNKMD เหลือ 4.49 %ของจำนวนผลิตของฮับรุ่น TNKMD

จีรศักดิ์ ฐานหมั่น [14] ได้ศึกษากระบวนการถอดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อหาวิธีการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดที่เกิดขึ้นกับตัวอ่านเขียนสัญญาณของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (head stack assembly : HSA) โดยมีการประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC.(define/measure/analyze/improve/control) มาเป็นแนวทางในการดำเนินงาน จากการศึกษาพบว่าอาการไม่ตรงข้อกำหนดที่เกิดขึ้นกับตัวงาน HSA คือปัญหาหลักในกระบวนการผลิตซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ 10.85% ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมดต่อเดือน พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการไม่ตรงข้อกำหนดหลังจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา คือเครื่องมือสำหรับถอดตัว HSA ออกจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (HSA remove tool) จึงได้มีการทำการปรับปรุงเครื่องมือสำหรับถอด HSA แล้วนำไปทดลองก่อนใช้งานจริง จากนั้นจัดทำมาตรการควบคุมพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดของ HSA ลดลงจากเดิมมีสัดส่วนอยู่ที่ 10.85% ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมดต่อเดือน เหลือ 6.95% ของอาการไม่ตรงข้อกำหนดทั้งหมดต่อเดือน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า องค์ความรู้ที่ได้ของงานวิจัยที่ผ่านมามี 2 ส่วนคือ 1.ส่วนของการนำหลักการออกแบบการทดลองมาใช้ในการแก้ปัญหา และ 2.ส่วนของงานวิจัยที่เป็นความรู้เฉพาะทางที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการทำความเข้าใจกับปัญหาที่บริษัทกำลังประสบอยู่ ตลอดจนได้เรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมีการเลือกใช้เครื่องมือทาง

สถิติ และได้นำแนวคิดในเชิงเทคนิคมาทำการปรับปรุงกระบวนการประกอบโรเตอร์ เพื่อลดผลิตภัณฑ์ไม่ตรงข้อกำหนดและจากส่วนของงานวิจัยที่เป็นความรู้เฉพาะทางพบว่า ปัญหาที่มักเกิดในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ คือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการประกอบและชิ้นส่วนบริเวณฮับของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งความแตกต่างกับงานวิจัยในครั้งนี้ คือ การแก้ปัญหาที่เจาะลงไปในส่วนของตัวโรเตอร์ที่เป็นชิ้นส่วนประกอบของสปินเดิลมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการหมุนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยตรง และในส่วนของการออกแบบการทดลองมาใช้แก้ปัญหา ด้วยข้อจำกัดของงานวิจัยและโอกาสในการปรับปรุงในบางงานวิจัยที่ผ่านมาที่ได้ทำการศึกษาพบว่า ยังขาดการศึกษาถึงการใช้หลักการมองภาพองค์รวมของธุรกิจที่ส่งผลกระทบถึงลูกค้าในขั้นตอนการค้นหาปัญหาและการระบุปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหา อีกทั้งยังพบว่าบางงานยังขาดในเรื่องของการเข้าไปสืบหาสาเหตุโดยใช้หลักการ 3 จริง โดยการไป genba (สถานที่เกิดเหตุการณ์จริง) genbutsu (ของจริง) และ genjitsu (ความจริง) และยังขาดการระบุอาการปัญหาที่ชัดเจน ซึ่งถือเป็นโอกาสในงานวิจัยนี้ที่จะได้ทำการศึกษาถึงหลักการมองปัญหาในภาพองค์รวมของธุรกิจที่ส่งผลกระทบต่อลูกค้าสำคัญของบริษัทเพื่อมาทำการแก้ปัญหา และการใช้หลักการ 3 จริง ในการสังเกตการณ์อาการของปัญหา รวมไปถึงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุและพิสูจน์สาเหตุที่อาศัยการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริงทำให้การแก้ปัญหาในครั้งนี้สามารถแก้ปัญหาจากสาเหตุรากเหง้า ส่งผลให้หลังจากที่มีแก้ปัญหาแล้วทางบริษัทกรณีศึกษาจะไม่พบปัญหาที่เกิดจากสาเหตุเดิมอีก