

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตและอัตราผลผลิต

2.1.1 การเพิ่มผลผลิตและอัตราผลผลิต

1. ความหมายของการเพิ่มผลผลิตและอัตราผลผลิต (วัชรินทร์, 2547)

1.1 ผลผลิต คือ มูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ได้จากกระบวนการผลิต หรือบริการ

1.2 การผลิต คือ กระบวนการทำงานในการผลิตหรือบริการ

1.3 อัตราผลผลิต คือ อัตราส่วนของหน่วยผลผลิตต่อหน่วยกำลังหรือวัสดุที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต หรือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณหน่วยที่ผลิตได้ต่อหน่วยของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตนั้นๆ ทรัพยากรที่ใช้รวมถึงที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง วัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องมือ และแรงงาน

$$\text{อัตราผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้ (Output)}}{\text{ทรัพยากรที่ใช้ (Input)}} \quad (2.1)$$

โดยผลผลิตที่ได้ หมายถึง ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต มิใช่ปริมาณการผลิตอย่างเดียว หากคงปริมาณการผลิตไว้เท่าเดิมจะเพิ่มอัตราผลผลิตได้ในสถานการณ์ที่คุณภาพของผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

2. แนวทางการเพิ่มผลผลิตจากอัตราผลผลิตที่สูงขึ้นมี 5 แนวทาง ดังนี้

2.1 ผลผลิตเพิ่ม แต่ทรัพยากรที่ใช้เท่าเดิม (Output เพิ่ม Input เท่าเดิม)

2.2 ผลผลิตเพิ่ม ขณะที่ใช้ทรัพยากรลดลง (Output เพิ่ม Input ลดลง)

2.3 ผลผลิตเพิ่ม ขณะที่ใช้ทรัพยากรสูงขึ้น แต่ใช้อัตราที่ต่ำกว่า (Output เพิ่ม Input เพิ่มขึ้นน้อยกว่า)

2.4 ผลผลิตคงที่ ขณะที่ใช้ทรัพยากรลดลง (Output คงที่ Input ลดลง)

2.5 ผลผลิตลดลง ขณะที่ใช้ทรัพยากรลดลงในอัตราที่สูงกว่า (Output ลดลง Input ลดลงมากกว่า)

การเพิ่มผลผลิตโดยมีการลดต้นทุนการผลิต หรือลดส่วนของทรัพยากรที่ใช้

น่าจะเป็นแนวทางการเพิ่มผลผลิตที่ได้ผลสูงสุด ขณะที่การเพิ่มผลผลิตโดยการลดกำลังการผลิต หรือเพิ่มผลผลิตโดยลดต้นทุนลงหรือลดทรัพยากรที่ต้องใช้ลง ในสัดส่วนที่มากกว่าผลผลิตที่ลดลง เป็นแนวทางการเพิ่มผลผลิตที่น่าพอใจที่สุด ปัจจุบันเกิดแนวคิดด้านการลดขนาดองค์กร (Down Sizing) เพื่อลดต้นทุนการผลิต และมีผู้บริหารขององค์กรบางองค์กรพยายามนำแนวคิดนี้ไปใช้ ทั่วๆ ที่องค์กรของตนเป็นองค์กรที่กำลังเติบโต ดังนั้นจะเห็นว่าการนำแนวทางการลดขนาดของ องค์กร โดยมีผลผลิต เท่าเดิมเป็นไปในลักษณะเพิ่มผลผลิตหรือผลผลิตเท่าเดิมโดยลดต้นทุนหรือ ลดทรัพยากรที่ใช้ ซึ่งเหมาะสำหรับองค์กรที่อยู่ตัวคือไม่ ขยายตัวอีกแล้ว โดยโอกาสขยายตัวทาง ธุรกิจมีน้อยหรือองค์กรที่มีธุรกิจแบบ Sunset Industry คือ ลักษณะถดถอยของธุรกิจ การนำ แนวคิดแบบ Down Sizing มาใช้ของธุรกิจลักษณะนี้ย่อมเป็นการเหมาะสมยิ่ง แต่กรณีองค์กรที่ยัง มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องน่าจะใช้นโยบายการเพิ่มผลผลิตแบบเพิ่มต้นทุนหรือการเพิ่มทรัพยากร ที่ใช้

2.1.2 ประเภทของอัตราผลผลิต

ในปัจจุบันมีการแบ่งประเภทอัตราผลผลิตเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. อัตราผลผลิตย่อย (Partial Productivity) อัตราผลผลิตย่อยเป็นอัตราส่วนของ ผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละชนิด เช่น อัตราผลผลิตด้านแรงงาน (Labor Productivity) เป็น อัตราผลผลิตย่อยด้านแรงงาน อัตราผลผลิตด้านเงินทุน (Capital Productivity) เป็นอัตราผลผลิต ย่อยด้านเงินทุน อัตราผลผลิตด้านวัสดุ (Material Productivity) อัตราผลผลิตด้านพลังงาน (Energy Productivity) อัตราผลผลิตด้านสิ้นเปลือง (Expense Productivity)

2. อัตราผลผลิตรวม (Total Productivity) อัตราผลผลิตรวมเป็นอัตราส่วนของ ผลผลิตทั้งหมดต่อผลรวมของทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้น อัตราผลผลิตรวมจึงแสดงผลกระทบ ร่วมของทรัพยากรทั้งหมดในการทำผลผลิตออกมา

3. อัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่ม (Value Added Productivity) อัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่ม เป็นอัตราส่วนของผลผลิตสุทธิต่อผลรวมของทรัพยากร หรือปัจจัยด้านแรงงานและเงินทุน ผลผลิต สุทธิ หมายถึง ผลผลิตรวมหักออกด้วยสินค้าและบริการระหว่างกระบวนการซื้อ (ตัวส่วนของ อัตราส่วนนี้ประกอบด้วยปัจจัยแรงงานและทุนเท่านั้น)

นิยามของอัตราผลผลิตทั้ง 3 ลักษณะนี้ ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับมากกว่าอัตราผลผลิต แบบดั้งเดิม ให้สังเกตว่าเมื่อพูดถึงอัตราผลผลิตย่อย เราคิดถึงอัตราผลผลิตด้านต่างๆ หลากๆ ด้าน ไม่ใช่ตัวเลขอัตราผลผลิตตัวเดียว อัตราผลผลิตด้านแรงงานซึ่งเป็นตัววัดอัตราผลผลิตที่พบบ่อย

กว่าอย่างอื่น เป็นอัตราผลผลิตย่อยชนิดหนึ่ง เนื่องจากแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับทรัพยากรแรงงานอย่างเดียว

อัตราผลผลิตทั้ง 3 ประเภท มีข้อได้เปรียบเสียเปรียบและข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือ อัตราผลผลิตย่อยนั้น เข้าใจง่าย หาข้อมูลง่าย และคำนวณง่าย แต่ควรใช้ร่วมกับอัตราผลผลิตรวม มิฉะนั้นอาจให้ภาพที่ไม่ถูกต้องทำให้การปรับปรุงผลผลิตไม่ถูกจุดก็ได้ สำหรับอัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่มนั้น หาข้อมูลจากบัญชีของบริษัทได้ค่อนข้างง่ายก็จริง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้在公司ที่มีต้นทุนวัสดุเป็นส่วนสำคัญของต้นทุนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เนื่องจากอัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่มไม่แสดงผลกระทบของทรัพยากรวัสดุที่ใช้เลย ส่วนอัตราผลผลิตรวม เป็นตัวที่คำนึงถึงปัจจัยทุกอย่างที่วัดได้ทั้งด้านผลผลิตและทรัพยากรที่ใช้ ดังนั้นจึงแสดงสถานภาพทางเศรษฐกิจของบริษัทได้ถูกต้องกว่า ทั้งนี้จะต้องมีระบบเก็บข้อมูลที่ออกแบบสำหรับการนี้โดยเฉพาะ

จะเห็นได้ว่า การวัดอัตราผลผลิตในระดับบริษัทหรือหน่วยงานควรใช้อัตราผลผลิตย่อยควบคู่ไปกับอัตราผลผลิตรวมจึงจะให้ภาพที่ชัดเจนถูกต้องที่สุด

2.1.3 ประสิทธิภาพและประสิทธิผล (Effectiveness and Efficiency)

ประสิทธิผลในการทำงาน คือ ตัวบ่งชี้การบรรลุผลตามเป้าหมายในการทำงานนั้น เช่น บริษัทผลิตจักรยานยนต์ตั้งเป้าไว้ว่าจะผลิตรถจักรยานยนต์ให้ได้ 50 คันต่อวัน ดังนั้น ประสิทธิภาพในการผลิต หมายถึง การผลิตรถจักรยานยนต์ได้ตามเป้าหมายนี้ หากผลิตได้ไม่ถึง 50 คัน ก็เรียกว่าไม่มีประสิทธิภาพ แต่อัตราผลผลิตมีความหมายครอบคลุมมากกว่านี้ เพราะบริษัทอาจผลิตได้ตามเป้าแต่อาจสิ้นเปลืองทรัพยากรไปอย่างมากในการนี้ก็ได้ ดังนั้น จึงต้องมีประสิทธิภาพเป็นตัววัดความสำเร็จในการทำงานอีกตัวหนึ่ง

ประสิทธิภาพในการทำงาน คือ ตัววัดการใช้ทรัพยากรในการบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ ว่ามีการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดเพียงใดในการผลิต ดังนั้นผู้จัดการที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือ ผู้ที่ผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ด้วยต้นทุนค่าทรัพยากรต่ำสุด

สรุปได้ว่า การบรรลุถึงเป้าหมายหรือไม่ แสดงได้โดยประสิทธิผล ในขณะที่การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเพียงไร แสดงได้โดยประสิทธิภาพ ส่วนอัตราผลผลิตเป็นมาตรวัดที่รวมเอา ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพอยู่ในตัวเลขเดียวกัน เนื่องจากประสิทธิภาพนั้นเกี่ยวข้องกับผลผลิตที่เป็นเป้าหมายในการทำงาน และประสิทธิภาพเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร

2.1.4 วงจรของการเพิ่มผลผลิต

กระบวนการเพิ่มผลผลิตนั้น เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง โดยมีวงจรของการเพิ่มผลผลิต หรือวงจรอัตราผลผลิต (Productivity Cycle) ดังนี้

1. การวัดผลงาน (Measurement)
2. การประเมินผลงาน (Evaluation)
3. การวางแผน (Planning)
4. การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิต (Productivity Improvement)

การดำเนินการเพิ่มผลผลิต โดยกระบวนการที่ต่อเนื่องนี้ เริ่มจากการวัดผลงานโดยใช้ดัชนีอัตราผลผลิตเป็นค่าวัดสำหรับช่วงเดือน ไตรมาส หรือปี ดัชนีอัตราผลผลิตนี้จะต้องใช้ประเมินเพื่อเปรียบเทียบกับระดับอัตราผลผลิตสำหรับเป้าหมายในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าว จากการเปรียบเทียบการประเมินผลงานนี้ ค่าระดับดัชนีอัตราผลผลิตใหม่ต้องถูกกำหนดขึ้นและจัดเตรียมแผนงานรองรับ เป้าหมายสำหรับระยะเวลาต่อไป จากนั้นกระบวนการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตจะต้องเกิดขึ้น เพื่อให้สามารถบรรลุระดับดัชนีอัตราผลผลิตเป้าหมายใหม่ เพื่อที่จะได้ว่าเป้าหมายใหม่ได้บรรลุแล้วหรือยัง หลังจากนั้นการวัดผลงานก็จะเกิดขึ้นเมื่อช่วงเวลาต่อไปสิ้นสุดลง การประเมินผล งาน การวางแผนงาน และการปรับปรุงงานเพื่อเพิ่มผลผลิตก็ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้อัตราผลผลิตสูงขึ้นตามลำดับเป็นการเพิ่มผลผลิตอย่างต่อเนื่อง

2.1.5 สาเหตุที่ทำให้อัตราผลผลิตตกต่ำ

อัตราผลผลิตที่ตกต่ำอาจเนื่องจากองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้

1. คนงาน
 - ขาดความชำนาญ
 - ขาดความสามารถ
 - ขาดการศึกษา
 - ขาดการให้คำแนะนำและฝึกอบรมที่ดี
2. สิ่งแวดล้อมในการทำงาน
 - แสงสว่างไม่เพียงพอ
 - อุณหภูมิไม่เหมาะสม
 - การถ่ายเทอากาศไม่สะดวก
 - ความปลอดภัยในการทำงานไม่ดี
 - ความสัมพันธ์ในหมู่คนทำงานไม่ดี
3. สาเหตุทางเทคนิคและการวางแผน
 - ไม่มีการวางแผนการผลิต

- เครื่องจักรไม่เหมาะสม
 - ไม่มีมาตรฐานในการผลิต
 - การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่ดี
 - กระบวนการผลิตไม่ถูกต้อง
 - การจัดวางผังโรงงานไม่ดี
 - เวลาร่างมากเกินไป
4. สิ่งกระตุ้นและองค์ประกอบอื่นๆ
- ลักษณะการบริหารงานและโครงสร้างของบริษัทในการเลื่อนตำแหน่งงานไม่ดี
 - หัวหน้างานขาดความรับผิดชอบ
 - อิทธิพลจากสภาพแรงงาน
 - ไม่มีสิ่งจูงใจด้านผลตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน

2.1.6 การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต

การเพิ่มผลผลิตเป็นงานส่วนหนึ่งในกระบวนการจัดการ บริษัทส่วนใหญ่จะเน้นความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต และมักจะจัดไว้ในแผนกลยุทธ์ที่ใช้ในบริษัท โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมุ่งพิจารณาวัดผลการดำเนินงานโดยเกณฑ์การเพิ่มผลผลิตดังต่อไปนี้

- อัตราผลผลิตด้านวัตถุดิบ (Material Productivity)
- อัตราผลผลิตด้านแรงงาน (Labor Productivity)
- อัตราผลผลิตด้านเครื่องจักร (Machine Productivity)
- อัตราผลผลิตด้านที่ดินและอาคาร (Land & Building Productivity)
- อัตราผลผลิตด้านเงินลงทุน (Investment Productivity)
- อัตราผลผลิตด้านพลังงาน (Energy Productivity)

1. การเพิ่มผลผลิตด้านวัสดุ

ปัจจัยในการผลิตที่สำคัญนอกจากเครื่องจักร แรงงาน และทุนทรัพย์แล้ว วัสดุจะเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ในอุตสาหกรรม หัตถกรรม หรืออุตสาหกรรมที่มีส่วนต้นทุนการผลิตด้านวัสดุสูงมาก ๆ นั้น การเพิ่มผลผลิตด้านวัสดุเป็นสิ่งจำเป็น และช่วยให้สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้มากกว่าการเพิ่มผลผลิตด้านอื่นๆ โดยการลดต้นทุนด้านวัสดุ หรือเพิ่มผลผลิตจากวัสดุที่ใช้จะทำให้มีกำไรสูงขึ้น และสามารถได้เปรียบมากขึ้นในการแข่งขันในตลาด

การเพิ่มผลผลิตด้านวัสดุสามารถดำเนินการได้โดยอาศัยหลักการ 2 ประการ ดังนี้

1.1 การออกแบบและการวางแผนการใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 จัดการและควบคุมการใช้วัสดุ เพื่อลดความสูญเสีย

การออกแบบรวมถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีการผลิต และสายการผลิต ซึ่งมีผลทำให้เกิดการใช้วัสดุน้อยที่สุด ให้มีเศษเหลือน้อยที่สุด ให้มีคุณภาพผลผลิตดี มีการเสียหายน้อยที่สุด การวางแผนการใช้วัสดุรวมถึงแผนการจัดหาวัสดุให้ได้ตามปริมาณและคุณภาพตามจังหวะเวลาที่เหมาะสม การจัดหาวัสดุทดแทนที่มีราคาถูกและคุณภาพดีกว่า และการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

การจัดการด้านวัสดุ รวมถึงการจัดหาแหล่งวัสดุ การจัดเก็บ การขนย้ายวัสดุ การป้องกันรักษาวัสดุ และการจัดการพัสดุคงคลัง การควบคุมการใช้วัสดุอย่างรัดกุมจะทำให้เกิดการใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ และลดความสูญเสีย เนื่องจากหลักการขโมย การแตกเสียหาย และการล้าสมัยของวัสดุ

หลักการง่ายๆ ในการลดต้นทุนด้านวัสดุ มีดังนี้

- พยายามใช้ของที่มีราคาถูก และได้คุณภาพที่เหมาะสม
- ผลิตตามแผนการผลิตที่ดี
- มีการควบคุมพัสดุคงคลังที่ดี คือ ไม่เก็บของไว้นานๆ และเก็บวัสดุในที่ปลอดภัย
- ศึกษาแหล่งวัตถุดิบและคุณสมบัติของวัตถุดิบต่างๆ เพื่อเปิดโอกาสในการจัดหาวัสดุราคาถูก หรือวัสดุทดแทนที่มีราคาถูกกว่า
- ควบคุมลดการสูญเสียจากการผลิต การขนย้าย และการลักขโมย

2. การเพิ่มผลผลิตด้านแรงงาน

กิจกรรมทุกอย่างจะสำเร็จได้ด้วยคน คนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในระบบการผลิต การสร้างคนให้มีคุณภาพจะต้องเป็นสิ่งเริ่มแรกที่ต้องทำ เพราะคนที่มีคุณภาพจะสร้างสรรค์ทุกอย่างได้ตามเป้าหมาย การเพิ่มผลผลิตต่างๆ ก็สามารถจะดำเนินการไปได้โดยไม่ยาก

การเพิ่มผลผลิตด้านแรงงาน ทำได้โดยการกำหนดมาตรฐานของการทำงานต่อคนต่อชั่วโมง หรือต่อวัน จากนั้นจะถือเป็นเกณฑ์มาตรฐานการทำงานของคนงาน ขึ้นต่อไป คือ การศึกษาวิธีการทำงานเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การเพิ่มผลผลิตด้านแรงงาน จึงทำได้โดยมีการวางแผนที่ดีขึ้น มีผลทำให้ ลดเวลารอคอยต่างๆ เช่น วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องจักร ซึ่งอาจจะเสียเพราะไม่มีระบบแผนการซ่อมบำรุงที่ดี แผนงานที่ดีช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตไว้ล่วงหน้า และลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้

การจัดการและการควบคุมที่ดีจะลดเวลาการขาดงานของคน และหลบงานขณะทำงาน การเกิดอุบัติเหตุมีผลทำให้เสียเวลาและเสียงาน ดังนั้น การจัดการด้านแรงงาน และการจัดสภาพการทำงานให้ดี จะลดความสูญเสียดังกล่าว เป็นการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน

หลักการง่ายๆ ในการเพิ่มผลผลิตด้านแรงงาน มีดังนี้

2.1 ปรับปรุงวิธีการทำงานและกำหนดเวลามาตรฐานการทำงาน

2.2 ลดเวลาไร้ประสิทธิภาพ

2.3 ลดเวลาสูญเสียเปล่าในการทำงานโดยการวางแผนการผลิตที่ดี

3. การเพิ่มผลผลิตด้านเครื่องจักร

มีผู้กล่าวว่า ขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่นั้น เป็นเวลาที่คนกำลังทำงานอยู่ด้วยแต่ข้อเท็จจริงควรจะกล่าวว่า ขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ คนมิได้ทำงานแต่มีหน้าที่คอยดูแลเครื่องจักรเท่านั้น แต่เมื่อเครื่องจักรหยุดแล้ว จึงเป็นหน้าที่ของคนงานที่จะทำให้เครื่องจักรเดินให้ได้เร็วที่สุด เพราะยิ่งเครื่องจักรหยุดนานเท่าใดอัตราผลผลิตของเครื่องจักร ก็จะต่ำมากเท่านั้น ผลที่เกิดขึ้น คือ ต้นทุนการผลิตสูง

การเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักรทำได้ โดยการพยายามลดเวลาของการจัดปรับเครื่องจักร (Setup Time) ลดเวลาการเสียของเครื่องจักร (Down Time) ขจัดการหยุดจากการรอคอยของเครื่องจักร การเกิดอุบัติเหตุ และสาเหตุจา กไม่มีวัสดุป้อน บางครั้งการเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักรทำได้โดยการลงทุน เปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ทดแทนการใช้เครื่องจักรเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำ การใช้อุปกรณ์พิเศษเพื่อช่วยให้เครื่องจักรทำงานได้ดีขึ้น การหลีกเลี่ยงการใช้คนที่ไม่มีความรู้ในการใช้เครื่องจะเป็นการลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การจัดระบบ การซ่อมบำรุงที่เหมาะสมก็มีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตได้

หลักการง่ายๆ ในการเพิ่มผลผลิตเครื่องจักร มีดังนี้

3.1 ควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดการขาดแคลนวัสดุและอุบัติเหตุในโรงงาน

3.2 จัดหาเครื่องจักร (ทดแทน) ที่เหมาะสมกับความต้องการ

3.3 จัดระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดี โดยมีแผนการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม และมีช่างผู้ชำนาญ เครื่องมือซ่อมบำรุง และอะไหล่ให้พร้อม

4. การเพิ่มผลผลิตด้านที่ดินและอาคาร

ที่ดินภายในอาคารผลิตมีหน้าที่ใช้เพื่อการผลิต แต่โรงงานอุตสาหกรรมใช้บริเวณพื้นที่เหล่านั้นในการเก็บวัตถุดิบและพัสดุดังคลัง โดยใช้สถานที่เหล่านั้นเป็นคลังสินค้าไปโดยไม่

รู้ตัว การใช้ประโยชน์พื้นที่อาคารผลิตให้มากที่สุด เพื่อการผลิตเป็นเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิตที่ดินและอาคารในการผลิต

การเพิ่มผลผลิตด้านที่ดินและอาคาร ทำได้โดยอาศัยหลักการการใช้ประโยชน์ในแนวสูง เช่น การสร้างอาคารสูงๆ หรือการใช้บริเวณเหนือศีรษะเป็นที่เก็บพัสดุ หรือที่ขนถ่ายพัสดุแทนการใช้พื้นดินในบริเวณอาคารผลิต เช่น การส่งกล่องบรรจุหีบห่อจากข้างบนแทนการไว้ในบริเวณข้างๆ

คลังสินค้าเองก็น่าจะเป็นเพียงสถานที่พักสินค้าชั่วคราว เมื่อสินค้าหรือพัสดุดังกล่าวถูกนำเข้ามาสู่คลังสินค้าแล้วต้องรีบนำออกไป จึงจะทำให้พื้นที่ในบริเวณคลังสินค้าใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น การจัดบริเวณคลังสินค้าให้มีระเบียบ มีการวางผังการเก็บที่ดี มีอากาศถ่ายเทสะดวก มีความสะอาดและแข็งแรง จะช่วยให้การใช้งานบริการของ คลังสินค้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ความเสียหายในการขนถ่ายผ่านคลังสินค้าลดลง การสูญหายจากการขโมยน้อยลง

หลักการง่ายๆ ในการเพิ่มผลผลิตด้านที่ดินและอาคาร มีดังนี้

- 4.1 ลดปริมาณพัสดุดังกล่าวในบริเวณอาคารผลิต
- 4.2 ใช้หลักการใช้ประโยชน์ในแนวสูง
- 4.3 กำหนดให้พื้นที่ในคลังสินค้าเป็นที่พักสินค้าไม่ใช่ที่เก็บถาวร
- 4.4 จัดระเบียบการวางผังสินค้าให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด
- 4.5 เพิ่มประโยชน์การใช้สอยของพื้นที่บริเวณที่ใช้ทำการผลิต

5. การเพิ่มผลผลิตด้านเงินลงทุน

ต้นทุนเงินลงทุนจะสูงขึ้นด้วยสาเหตุ 2 ประการ ดังนี้

- 5.1 อัตราดอกเบี้ยเงินกู้สูงขึ้น
- 5.2 เงินลงทุนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในเวลานานเกินความจำเป็น

การเพิ่มผลผลิตเงินลงทุน จัดทำได้โดยการหาแหล่งเงินทุนต่างๆ ที่อัตราดอกเบี้ยต่ำ การรู้จักจัดทำคงคลังเงินทุน (Capital Inventory) ซึ่งหมายความว่า รู้จักสร้างรากฐานความเชื่อถือจนสามารถมีแหล่งเงินกู้ ซึ่งให้วงเงินกู้ไว้สูงๆ ทำให้มีสภาพคล่องของเงินลงทุนและเป็นโอกาสให้สามารถลดต้นทุนด้านเงินลงทุนได้ เพราะไม่ต้องตกอยู่ในภาวะบีบคั้นทางการเงิน และสามารถเลือกใช้แหล่งเงินทุนที่ถูกกว่าได้

หลักการเพิ่มผลผลิตเงินลงทุนง่ายๆ มีดังนี้

- หาแหล่งเงินกู้หลายๆ แหล่งและอัตราดอกเบี้ยต่ำ
- จัดซื้อด้วยจำนวนเงินน้อยๆ หมุนเวียนบ่อยครั้ง

- การซื้อเชื้อ และขายสด
- ซื้อแล้วรีบขาย
- มีแผนการใช้เงินทั้งระยะสั้นและระยะยาว
- การจัดการทางการเงิน เช่น บัญชีกระแสรายวัน

6. การเพิ่มผลผลิตด้านพลังงาน

การประหยัดพลังงานเป็นการลดต้นทุนการผลิตทางหนึ่ง พลังงานที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานเชื้อเพลิง และอื่นๆ ถ้าไม่มีการควบคุมการใช้พลังงานต่างๆ จะเกิดการสูญเสียอย่างมาก การเพิ่มผลผลิตด้านพลังงานทำได้โดยการรู้จักนำพลังงานส่วนที่จะต้องทิ้งเปล่ากลับเข้ามาใช้ใหม่ในระบบการผลิต ใช้อุปกรณ์ช่วยลดความสูญเสียเปล่า และประหยัดพลังงาน จัดระบบการส่งถ่ายพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และจัดโปรแกรมการประหยัดพลังงานขึ้น

2.1.7 เทคนิคการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต

1. การวางแผนและการควบคุมการผลิต

- เทคนิคการพยากรณ์การผลิต
- เทคนิค PERT/CPM
- เทคนิคการวางแผนและจัดงานผลิต
- เทคนิคการควบคุมการผลิต

2. การควบคุมคุณภาพ

- เทคนิค TQC/JIT
- เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง
- เทคนิค QCC

3. การควบคุมวัสดุคงคลัง

- เทคนิคการจัดการด้านวัสดุ
- เทคนิค Economic Order Quantity (EOQ)/Economic Manufacturing Quantity (EMQ)
- เทคนิค Toyota Production System

4. การศึกษาการทำงาน

- เทคนิคการวัดผลงาน/มาตรฐานเวลาการทำงาน
- เทคนิคการศึกษาวิธีการทำงาน

- Ergonomics/Human Engineering
5. การวิจัยดำเนินงาน
 - การใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง
 - เทคนิคทฤษฎีแถวคอย
 - เทคนิคการจัดสรรงาน
 - เทคนิคการจำลองสถานการณ์
 6. การควบคุมต้นทุน
 - การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน/เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
 - เทคนิค Value Engineering (VE)
 - เทคนิคการประเมินต้นทุน/ควบคุมงบประมาณ
 7. การออกแบบผลิตภัณฑ์
 - เทคนิคการคัดเลือกและออกแบบผลิตภัณฑ์
 - เทคนิคการบรรจุภัณฑ์
 8. การวางแผนโรงงาน
 - เทคนิคการจัดสมดุลของสายการผลิต
 - เทคนิคการเลือกและทดแทนเครื่องจักร
 - เทคนิคการจัดผังเครื่องจักรและโรงงาน
 9. การขนถ่ายวัสดุ
 - เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการขนถ่าย
 - เทคนิคการจัดระบบขนถ่ายวัสดุ
 10. การจัดระบบข่าวสารสารสนเทศ
 - เทคนิคการสื่อสาร
 - เทคนิคระบบข่ายงาน/คอมพิวเตอร์ และระบบข้อมูลเพื่อการจัดการ
 11. การซ่อมบำรุงรักษา
 - ระบบบำรุงรักษา
 12. เครื่องมือในอุตสาหกรรม
 - เครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม
 - เครื่องมือกล
 13. การประหยัดพลังงาน

- พลังงานไฟฟ้า
 - พลังงานเชื้อเพลิง
 - พลังงานในอาคาร
14. ความปลอดภัยในโรงงาน
- เทคนิคการลดอุบัติเหตุในอุตสาหกรรม
15. การกำจัดของเสียในอุตสาหกรรม
- เทคนิคการกำจัดของเสียทิ้ง : อากาศ ของเหลว และของแข็ง
16. การบริหารงานบุคคล
- การประเมินผลงาน
 - การอบรม
 - การจูงใจ
 - การส่งเสริมความก้าวหน้า

2.1.8 เทคนิคการปรับปรุงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต

จากการผลิตที่มักพบความสูญเปล่า (Muda หรือ Waste หรือ NVA) คือ การกระทำใดๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงิน หรืออื่นๆ แต่ไม่ได้ทำให้สินค้าหรือบริการเกิดคุณค่าหรือการเปลี่ยนแปลง ภาษาญี่ปุ่นจะเรียกความสูญเปล่านี้นว่า มุดะ (Muda) หรือ ความสูญเปล่าก็คือ การกระทำที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าต่อตัวสินค้าหรือบริการนั่นเอง โดย การที่จะบอกว่าการกระทำนั้นมีคุณค่าหรือไม่ ให้ตัดสินกันที่สินค้าหรือบริการเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้าสินค้าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างนั้นถือว่าการกระทำนั้นไม่มีคุณค่าต่อตัวผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปพบว่าในงานที่ทำกันอยู่ 100 งาน จะเป็นงานที่มีคุณค่าอยู่เพียง 5 งาน หรือ 5% เท่านั้น ที่เหลืออีก 95% นั้น ถือว่าเป็นงานหรือการกระทำที่ไม่มีคุณค่า ซึ่ง สามารถแบ่งกิจกรรมเหล่านี้ออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้ (โกศล, 2547)

1. กิจกรรมที่มีคุณค่า (Value Added Activity : VA) 5%
2. กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า (Non Value Added Activity : NVA) 95%
 - a. ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ 60% (ชนิดที่ 1)
 - b. ไม่มีคุณค่าและไม่จำเป็นต้องทำ 35% (ชนิดที่ 2)

เมื่อทราบถึงองค์ประกอบชนิดของงานที่ทำไปในการผลิตแล้ว สิ่งที่จะต้องทำก็คือ

1. หางานที่เป็น NVA ให้พบว่ามีส่วนอะไรบ้าง และทำอยู่ที่ใดบ้างในโรงงาน
2. เมื่อพบ NVA ให้พิจารณาว่างานนั้นๆ จำเป็นต้องทำจริงๆ หรือไม่ เป็น

NVA ชนิดที่ 1 หรือชนิดที่ 2

3. หากเป็น NVA ชนิดที่ 2 ให้ยกเลิกงานนั้นเสีย ไม่จำเป็นต้องทำอีกต่อไป

4. หากเป็น NVA ชนิดที่ 1 ให้พิจารณาดูว่าควรทำอย่างไรให้ประหยัดที่สุด ทำอย่างไรให้ทำน้อยลง โดยที่ผลงานยังคงดีเท่าเดิม

ความสูญเปล่า หรือมูตะ แบ่งออกเป็น 7 ชนิด (7 Wastes) ได้แก่ (วันชัย, 2548)

- การมีของเสีย (Defect)
- การผลิตที่มากเกินไปโดยไม่จำเป็น (Overproduction)
- การมีสินค้าคงคลังมากเกินไป (Unnecessary Inventory)
- การมีกระบวนการที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Processing)
- การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motions)
- การขนส่งที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Transportation)
- การรอคอย (Waiting)

ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็น และไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่บริษัท ดังนั้นทุกบริษัทควรจะทำการลดความสูญเปล่าเหล่านี้ลง การลดความสูญเปล่านอกจากจะเป็นการปรับปรุงการผลิต และสามารถเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในบริษัทอีกด้วย

หลักทั่วไปในการปรับปรุงงาน เพื่อความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการข้างต้นนั้น ไม่ว่าจะ เป็นงานประเภทใด มีหลักใหญ่ๆ ที่ใช้ได้โดยทั่วไปอยู่ 4 ประการ ดังนี้

1. การกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออกไป (Eliminate)

งาน หรือการปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็น หมายถึง การสูญเปล่าของแรงงาน เวลา วัสดุ ของ หรือเงินทุน ค่าใช้จ่ายที่นำมาลงทุน หรือดำเนินกิจการ หรือจัดงานนั้น ขึ้น การพิจารณา ขั้นตอนการทำงานเพื่อการกำจัดออกนั้นจะเริ่มโดยการพิจารณาว่า จะกำจัดขั้นตอนการทำงานได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

- 1.1 งานขั้นตอนนี้อาจจะไม่มีสำคัญอีกต่อไปแล้ว
- 1.2 งานขั้นตอนนี้อาจจะมีขึ้นเพื่อความสะดวกสบายของพนักงาน
- 1.3 งานขั้นตอนนี้อาจจะตัดออกได้ ถ้ามีการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่
- 1.4 งานขั้นตอนนี้อาจจะตัดออกได้ ถ้ามีการใช้เครื่องมือที่ดีกว่าเดิม

2. การรวมขั้นตอนการทำงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน (Combine)

ในกระบวนการผลิต ถ้าแบ่งขั้นตอนการผลิต หรือการปฏิบัติงานมากเกินไป จะทำให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ การเคลื่อนย้ายวัสดุมากเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น ความไม่สมดุลในหลายขั้นตอนของกระบวนการผลิต การทำงานเกิดความล่าช้า เสียเวลา จึงจำเป็นต้องหาทางรวมขั้นตอนหรือส่วนของงานที่จำเป็นนั้นมารวมกันใหม่

ในการรวมขั้นตอนหรือส่วนที่จำเป็นของงานเข้าด้วยกันนั้น กระทำได้โดยพิจารณาว่าจะรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกันได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

- 2.1 การออกแบบสถานที่ทำงานและเครื่องมือใหม่
- 2.2 การเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการทำงาน
- 2.3 การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ และรายละเอียดของชิ้นส่วน
- 2.4 การเพิ่มทักษะให้แก่พนักงานผลิต

3. การจัดขั้นตอนการทำงานใหม่ (Rearrange)

ในการผลิตสินค้าใหม่มักเริ่มต้น การผลิตจำนวนน้อยก่อน เพราะ อยู่ในขั้นตอนทดลอง แต่เมื่อมีการขยายกำลังการผลิต ปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย หากลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานยังคงเหมือนเดิม มักเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้ายวัสดุ และการไหลของงานไม่สะดวก เพราะจำนวนผลิตเพิ่มขึ้นกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่

4. การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify)

เป็นการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติ งานให้ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพสูง กว่าเดิม โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (Jig) หรือ Fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดข้อเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น หรือในกรณีงานที่มีขั้นตอนการปฏิบัติที่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเข้าใจยาก ก็ต้องหาแนวทางทำให้ง่ายขึ้น หรือหาแนวทางในการใช้เครื่องมือแรง หรือเครื่องมือ เครื่องจักรที่ทันสมัย และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน การที่จะพิจารณาว่าจะปรับปรุงขั้นตอนการทำงานได้หรือไม่ สามารถพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

- 4.1 การวางแผนสถานที่ทำงานใหม่
- 4.2 การออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์ให้ดีขึ้น
- 4.3 การฝึกพนักงาน การควบคุมการทำงาน และการให้บริการอย่างดี
- 4.4 การแบ่งชิ้นงานให้ย่อยลงถ้าจำเป็น

โดยแนวคิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้นได้ คือ การป้องกันความผิดพลาดในงาน (Poka Yoke) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ (นิพนธ์, 2547)

โพกะโยเกะ (Poka Yoke) นับเป็นเครื่องมือล้นแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบหรืออุปกรณ์ที่ถูกตั้งขึ้นเพื่อป้องกันการผิดพลาดของการทำงานในสายการผลิต เนื่องจากการลืมหืมที่เกิเกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ และการลืมหืมอันเนื่องมาจากการลืมหืมที่จะทำ สิ่งนั้นจริงๆ ดังนั้น จึงควรมีการใช้เครื่องมือในการป้องกันการผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น หรือการตรวจสอบความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น เครื่องมือในการตรวจสอบเหล่านี้เราเรียกว่า Poka Yoke ซึ่งหมายถึง การป้องกันความผิดพลาดจากความเขลา (Fool Proof) หรือ การป้องกันการผิดพลาด (Mistake Proofing) หรือ ความปลอดภัยจากความผิดพลาด (Fail Safe) ซึ่งช่วยลดปัญหาจากการที่ต้องนำงานกลับมาแก้ไข (Rework) ได้ทันที

นอกจากนี้ Poka Yoke ยังเป็นวิธีการตรวจสอบที่เน้นถึงการตรวจสอบร้อยละเปอร์เซ็นต์ วิธีนี้จะเน้นรวมถึง การที่เมื่อกระบวนการผลิตมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ความผิดปกติจะต้องได้รับการตอบสนองหรือแก้ไขได้อย่างทันท่วงที นั่นคืออาจกล่าวได้ว่า Poka Yoke นั้นจะตรวจสอบการผลิต และเตือนก่อนที่จะมีการผลิตของเสีย (Defect) ขึ้น อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีความเชื่อที่ผิดๆ อยู่ว่าระบบนี้จะสร้างปัญหายุ่งยาก รวมถึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นด้วย แต่แท้ที่จริงแล้ว หากมีการศึกษากันอย่างจริงจังแล้วจะพบว่าการใช้เครื่องมือ (Device) อย่างง่าย ๆ ตามแบบของ Poka Yoke นั้นสามารถลดการสูญเสียโดยที่ไม่ต้องลงทุนมากนัก

ระบบ Poka Yoke จะมีหน้าที่ในการทำงานดังต่อไปนี้ (วิกิพีเดีย, 2552)

- วิธีการควบคุม (Control Methods) เป็นวิธีการควบคุมป้องกันความผิดปกติ ความผิดพลาด หรือการชะงักงันของกระบวนการผลิต ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ วิธีดังกล่าวนี้ เมื่อมีชิ้นงานที่ผิดปกติเกิดขึ้น เครื่องจักรจะหยุดการผลิตทันที ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรผลิตชิ้นงานที่ผิดปกติขึ้นต่อไป ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการควบคุมการเกิดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าระบบการเตือน (Warning Methods)

- วิธีการเตือน (Warning Methods) คือ การใช้สัญญาณเพื่อเตือนให้ทราบถึงความผิดปกติในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการผลิตชิ้นงานผิดปกติ หรือเสียออกมา ซึ่งวิธีนี้อาจใช้การเตือนด้วยสัญญาณเสียง หรือไฟเตือนก็ได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจมีประสิทธิภาพน้อยลง หากสภาพการทำงานไม่เอื้ออำนวยต่อผู้ปฏิบัติงานนั้นซึ่งอาจจะไม่ได้ยิน หรือไม่เห็นสัญญาณที่เตือน

รูปแบบการติดตั้งระบบ Poka Yoke ในกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

- วิธีการสัมผัส (Contact Methods) เป็นการใช้เครื่องมือตรวจจับชิ้นงานที่ผิดปกติอันเนื่องมาจากรูปร่าง สัดส่วน ซึ่งชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกตรวจสอบโดยผ่านมายังเครื่องมือนี้ เพื่อเช็คว่า ขนาด รูปร่างชิ้นงานว่าได้มาตรฐานปกติหรือไม่

- วิธีการกำหนดค่าที่แน่นอน (Fixed Value Methods) วิธีนี้จะใช้การตรวจนับชิ้นงานตามจำนวนที่กำหนดไว้และบอกความผิดพลาดเมื่อชิ้นงานไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ ซึ่งวิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในชิ้นงานที่การผลิตต้องใช้สายพานเพื่อส่งต่อชิ้นงาน

- วิธีการตรวจสอบที่ขั้นตอนของการส่งชิ้นงาน (Motion Step Methods) วิธีนี้ชิ้นงานจะถูกตรวจสอบโดยการส่งชิ้นงานแต่ละชิ้นไปบนสายพาน การตรวจสอบจะทำโดยเทียบกับมาตรฐานที่วางไว้

เครื่องมือ Poka Yoke จะมีลักษณะ ดังนี้

- สามารถทำการตรวจเช็คชิ้นงานแต่ละชิ้นหรือเช็คครอยเปอร์เซ็นต์ได้
- เครื่องมือ Poka Yoke จะต้องไม่ยุ่งยาก และสามารถใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานได้

ทุกชิ้น

- มีต้นทุนในการติดตั้งต่ำ

ประโยชน์ของ Poka Yoke

- บังคับให้วิธีการปฏิบัติงานเป็นไปตามที่ต้องการเพื่อคุณภาพของสินค้าที่ดี
- อาจมีสัญญาณซึ่งอาจเป็นเสียง แสง หรืออื่นๆ เตือน เมื่อมีความผิดพลาดในการทำงานหรือมีของเสียเกิดขึ้น หรือหยุดการผลิตทันทีโดยอัตโนมัติเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น

- ป้องกันทางเลือกในการปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาด
- ป้องกันชิ้นงานเสียหาย
- ป้องกันเครื่องจักรเสียหาย
- ป้องกันการบาดเจ็บ

ตามแนวคิดของ Poka Yoke เชื่อว่าของเสียมีโอกาสเกิดขึ้นได้ หากกระบวนการผลิตมีความผิดพลาด (Error) เกิดขึ้น ดังนั้น การป้องกันไม่ให้ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ หรือทราบความผิดปกติตั้งแต่เริ่มแรกจึงทำให้ของเสียมีโอกาสหลุดรอดไปได้ยาก

สาเหตุของความผิดพลาด (Error) ในการผลิต พอจะจำแนกได้ดังนี้

- ข้ามไปบางขั้นตอน หรือกระบวนการ
- ปฏิบัติงานผิดพลาดเนื่องจากไม่ทำตามวิธีการที่กำหนด (Standard Procedure)
- ใช้เครื่องมือผิด หรือปรับตั้ง (Set Up) เครื่องจักรผิด ไม่ตรงกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอยู่

- ลืมประกอบบางชิ้นส่วน หรือประกอบผิดบางชิ้นส่วน
- เกิดความผิดพลาดในการซ่อมเครื่องจักร ทำให้ของเสียเกิดขึ้น

และจากหลักการการปรับปรุงทั้งหมดนั้นจะเห็นว่า การกำจัดของเสียจะมาก่อน ทั้งนี้ก็เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาว่า งานบางขั้นตอนได้เสียเวลาจัดรวม จัดลำดับ หรือปรับปรุงไปแล้วจึง มาพบในภายหลังว่าไม่จำเป็นต้องทำ ส่วนการรวม มควรจะทำถัดมา เพื่อไม่ให้เกิดกรณีที่มีการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานก่อน จนโอกาสที่จะรวมขั้นตอนการทำงานหมดไป ส่วนการจัดลำดับงานควรจะทำภายหลังจากที่ได้มีการกำจัด และยุบงานเข้ารวมกันแล้ว และการปรับปรุงงานเป็นเรื่องที่ไม่กระทบกระเทือนการทำงาน เนื่องจากเกี่ยวข้องเฉพาะงานแต่ละชิ้น จึงควรทำ อันดับสุดท้าย เมื่อแน่ใจแล้วว่างานทุกงานมีความจำเป็น และมีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้องแล้ว

2.1.9 ระบบการผลิตแบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) คือ ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นในเรื่องการไหล (Flow) ของงานเป็นหลัก โดยทำการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ต่างๆ ของงาน และเพิ่มมูลค่า (Value) ให้กับตัวสินค้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด (Consumer Satisfaction)

ระบบการผลิตแบบลีนมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ (นิพนธ์, 2547)

1. เพื่อเพิ่มผลผลิต (Increase Productivity)
2. เพื่อลดต้นทุนในการผลิต (Cost Reduction)

ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ลีนมีไว้เพื่อลดต้นทุนก็ได้ เพราะเมื่อผลผลิตหรือผลิตภาพสูงขึ้น ก็จะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำ (Cost/Unit) ลงเช่นกัน และการที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้ ก็ทำให้ความจำเป็นในการลงทุนทางด้านเครื่องจักร พื้นที่ และแรงงานลดลง เมื่อมีความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ก็คือ การมีกำลังการผลิต (Production Capacity) มากขึ้นนั่นเอง

แนวคิดพื้นฐานของลีน ประกอบด้วย

- เน้นการสร้างสรรค์ โดยทีมงานจะมุ่งระดมความคิดเพื่อหาแนวทางลดความสูญเปล่า และปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement) แทนที่จะเน้นการลงทุน
- สินค้าคงคลังไม่ใช่สินทรัพย์ แต่จำแนกเป็นต้นทุน หรือความสูญเปล่า
- ใช้แนวทางการปรับปรุงด้วยวงจรคุณภาพ PDCA
- มุ่งแนวความคิดพัฒนาอย่างต่อเนื่องอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

องค์ประกอบสำหรับการพัฒนาสู่รูปแบบลีน

1. การมุ่งขจัดความสูญเปล่า โดยมุ่งปรับปรุงทุกพื้นที่การทำงานเพื่อลด

ความสูญเปล่าด้วยการวิเคราะห์สาเหตุหลัก (Root Cause Analysis) และหาแนวทางปรับปรุง ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มผลิตภาพในรูปของการลดต้นทุนและรอบเวลาการทำงานที่สั้นลง รวมทั้งการสร้าง ความพึงพอใจให้กับลูกค้าและรวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ดังเช่น ความสัมพันธ์กับลูกค้า การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างเครือข่ายผู้ส่งมอบ และการบริหารจัดการโรงงาน เป็นต้น

2. การมุ่งเน้นมูลค่า ตามแนวคิดลีน โดยมูลค่าจะถูกนิยามจากลูกค้าเป็นหลัก นั้นหมายถึง สิ่งที่ส่งมอบให้กับลูกค้าจะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดหรือความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าทั้งในรูปของเวลาและระดับราคาที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์กระบวนการอย่างเป็นระบบ เพื่อระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า หรือการให้บริการ และจำแนกระหว่างกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่ม กับกิจกรรมที่เกิดความสูญเปล่า หรือไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มในมุมมองของลูกค้า

3. การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปการปรับเปลี่ยนรูปแบบสินค้าใหม่สามารถเกิดขึ้นได้ภายในชั่วข้ามคืนเดียว ดังนั้นเพื่อบรรลุเป้าหมายสูงสุด จึงต้องดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน

4. การมุ่งเน้นต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยมุ่งผลิตสินค้าหรือให้บริการที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของลูกค้า ดังนั้นการมุ่งตอบสนองความต้องการลูกค้า จึงต้องสามารถตอบคำถามเหล่านี้ได้

- ความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง คืออะไร
- ลูกค้าต้องการสินค้า/บริการเมื่อไร
- จะให้ดำเนินการส่งมอบที่ใด
- ระดับราคาเท่าใดที่เหมาะสมและสามารถแข่งขันได้
- ปริมาณและรูปแบบความหลากหลายที่ต้องการ

5. มุ่งเน้นความสมบูรณ์แบบ (Perfection) โดยมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบด้วยการจัดความสูญเปล่าอย่างเป็นระบบ (Systematic Elimination) เพื่อลดต้นทุนขององค์กรและมุ่งสร้างมูลค่าสูงสุด (Maximum Value) ให้กับลูกค้า โดยไม่จำเป็นต้องขึ้นราคาเนื่องจาก ความสูญเปล่าที่แฝงตัวอยู่ในสินค้าหรือบริการ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลา

2.2.1 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

การศึกษาเวลาโดยตรง เป็นเทคนิคการวัดผลงานอย่างหนึ่ง

โดยผู้ที่ทำการ

วัดผลงานไปดูการปฏิบัติงานของคนงาน และจับเวลาในการทำงานนั้นด้วยนาฬิกาจับเวลา

การศึกษาเวลาโดยตรง นอกจากทำให้ทราบเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นๆ แล้ว ยังสามารถนำไปหาเวลามาตรฐานของงานนั้น และยังสามารถทำงานแล้วเสร็จด้วยอัตราการทำงานปกติตามวิธีการที่กำหนดให้ เราเรียกว่า เวลามาตรฐาน

การศึกษาเวลา คือ การหาเวลาการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสม ซึ่งได้ผ่านการฝึกอบรมวิธีการทำงานนั้นมาอย่างดี สามารถทำงานแล้วเสร็จด้วยอัตราการทำงานปกติตามวิธีการที่กำหนดให้ เวลานี้เรียกว่า เวลามาตรฐาน

1. ขั้นตอนการศึกษาเวลา

การศึกษาเวลาประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้ (วัชรินทร์, 2547)

1.1 ค้นหาและจัดบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา รวมทั้งสภาพสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลต่อการทำงานนั้น

1.2 การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย หลังจากจัดบันทึกรายละเอียดข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับงาน สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การบันทึกวิธีการทำงานเพื่อจับเวลา เนื่องจาก การศึกษาวิธีการหรือการศึกษาเวลาเป็นการศึกษางานที่ทำซ้ำๆ กัน เมื่อทำงานครบรอบจะได้งานออกมาหนึ่งชุด ซึ่งอาจได้ผลผลิตมากขึ้นเดียวหรือหลายชิ้นก็ได้ เมื่อชิ้นงานรอบใหม่ก็มีวิธีการทำงานเหมือนรอบแรก นานๆ ครั้งจึงจะมีงานอื่นแทรกเข้ามา เช่น การตรวจสอบคุณภาพ การตรวจวัด ยละเอียดของงาน จึงบันทึกรายละเอียดเพียงรอบการทำงานเดียว ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานแต่ละรอบเหมือนกัน จึงแบ่งรายละเอียดของงานออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ต่อเนื่องกัน งานแต่ละขั้นตอนเรียกว่า งานย่อย (Element) ทั้งนี้ เพื่อให้การตรวจสอบวิธีการทำงานในแต่ละรอบง่ายและสะดวก

ทั้งนี้สามารถให้ความหมายคำที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

- งานย่อย หมายถึง ขั้นตอนหนึ่งของงานที่กำลังศึกษา ขั้นตอนนี้มีการทำงานที่แน่นอน ทั้งนี้ เพื่อสะดวกในการสังเกต จัดบันทึกเวลา และการวิเคราะห์
- งานหนึ่งรอบ คือ ลำดับของงานย่อยที่ทำต่อเนื่องกันจนสำเร็จได้ งานหนึ่งชุด ทั้งนี้ รวมถึงงานย่อยที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวด้วย

โดยงานในหนึ่งรอบนั้นจะขึ้นต้นด้วยงานย่อยใดก็ได้ ทำเรียงต่อไปจนครบรอบการทำงาน โดยจะเวียนมาบรรจบที่เดิมซึ่งเป็นงานหนึ่งรอบ จุดสิ้นสุดของงานย่อยหนึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของงานย่อยถัดไป

และสามารถแบ่งงานออกเป็นงานย่อยตามหลักการ ดังนี้

- งานย่อยต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แน่นอน และแบ่งแยกชัดเจน จุดสิ้นสุดของงานย่อยเรียกว่า Break Point จุดสิ้นสุดของงานย่อยหนึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นของงานย่อยถัดไป
- เวลาของงานย่อยควรสั้น แต่ก็ไม่น้อยจนกระทั่งจับเวลาไม่ได้ ปกติเวลาของงานย่อยอยู่ระหว่าง 0.04 นาที (2.4 วินาที) ถึง 0.33 นาที (20 วินาที) ถ้าเวลาของงานย่อยสั้นเกินไปควรรวมหลายงานย่อยเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีเวลาเพียงพอในการจับเวลาและจดบันทึก
- งานย่อยที่ทำด้วยมือ (Manual Element) ควรแยกออกจากงานย่อยที่ทำโดยเครื่องจักร (Machine Element) เพราะงานย่อยที่ทำด้วยมือใช้เวลาไม่คงที่ จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก แต่งานย่อยที่ทำโดยเครื่องจักรค่อนข้างจะคงที่ เพราะป้อนชิ้นงานหรือผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรเองแบบอัตโนมัติ
- งานย่อยที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรทำงาน (Inside Work Element) ควรแยกออกจากงานย่อยที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรหยุด (Outside Work Element) เพราะงานที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรทำงาน ถ้าคนงานทำเสร็จก่อนเครื่องจักรหยุดก็ไม่ทำให้เวลาของครบรอบงานเพิ่มขึ้น แต่คนงานก็ยังเหนื่อย
- งานย่อยคงที่ควรแยกออกจากงานย่อยแปรผัน โดยงานย่อยคงที่ (Constant Element) คือ งานย่อยที่ทำแล้วมีเวลาทำงานคงที่ ส่วนงานย่อยแปรผัน (Variable Element) คือ งานย่อยที่มีเวลาทำงานไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือ หรือวิธีการผลิต
- งานย่อยที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวให้จับเวลาแยกออกจากงานย่อยที่เกิดขึ้นประจำ

อย่างไรก็ตาม ความจำเป็นในการแบ่งงานออกเป็นงานย่อยให้ละเอียดมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของการผลิต การกระทำ และผลลัพธ์ที่ต้องการ

1.1 การสังเกตและจดบันทึกเวลา โดยการจับเวลา มี 3 วิธี ดังนี้

- การจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing)
 - การจับเวลาแบบย้อนกลับ (Repetitive Timing หรือ Snap-back Timing)
 - การจับเวลาแบบสะสม (Accumulating Timing)
- โดยการจับเวลาแบบต่อเนื่องและการจับเวลาแบบย้อนกลับ เป็นการจับเวลาที่นิยมใช้กันมากกว่าวิธีการจับเวลาแบบสะสม

1.2 การคำนวณหาจำนวนรอบการทำงาน เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงานย่อยเดียวกัน ของแต่ละรอบงานย่อมมีความแตกต่างกันบ้างไม่มากก็น้อย ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากเครื่องมือ อุปกรณ์ สิ่งแวดล้อม หรือพนักงาน หากความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทำงานย่อยชนิดเดียวกันมีมาก ความเชื่อถือได้ของข้อมูลนั้นก็ย่อมลดลง ดังนั้น จำนวนข้อมูลจะต้องเพิ่มขึ้น เพื่อให้ข้อมูลเชื่อถือได้ ดังนั้น จำนวนรอบในการจับเวลาก็ต้องมากตามไปด้วย แต่ถ้าเวลาที่มีความแตกต่างกันน้อย จำนวนรอบในการจับเวลาก็น้อยตามไปด้วย

ทั้งนี้ จำนวนรอบในการจับเวลาของแต่ละงานย่อยขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล และการยอมให้มีความผิดพลาดไปจากความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด โดยปกติจะใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และความถูกต้องของข้อมูล $\pm 5\%$ คือ ผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm 5\%$ และการคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลาจะใช้หลักสถิติเข้ามาช่วย โดยถือว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.2)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \quad \sigma = \frac{1}{n} \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.3)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของแต่ละงานย่อย, } \sigma_{\bar{x}} \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (2.4)$$

แทนค่า σ ลงในสมการจะได้

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \frac{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N}} \quad (2.5)$$

เมื่อ x คือ เวลาของงานย่อยเดียวกันในแต่ละรอบ

n คือ จำนวนรอบที่ทดลองจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องทดลองจับเวลา

N คือ จำนวนรอบที่ต้องจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องจับเวลา

ถ้าต้องการระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล 95% และความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ หมายความว่าพื้นที่ใต้โค้งปกติ 95% อยู่ภายในช่วง $\pm 2\sigma_{\bar{x}}$ และความผิดพลาดอยู่ในช่วง $\pm 0.05\bar{x}$ ดังนั้น

$$0.05\bar{x} = 2\sigma_{\bar{x}} \quad (2.6)$$

$$\frac{0.05\sum x}{n} = \frac{2}{n} \frac{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N}} \quad (2.7)$$

$$N = \left[\frac{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{40 \sum_{i=1}^n x_i} \right]^2 \quad (2.8)$$

เมื่อกำหนดจำนวนรอบของงานย่อยจนครบ ให้เลือกจำนวนรอบที่มากที่สุดเป็นจำนวนรอบที่ต้องจับเวลาของงานนั้น เพราะจะทำให้ข้อมูลทั้งหมดมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ต้องการ

1.3 การคำนวณเวลาปกติ (Normal Time) จากผลการสังเกตการณ์เวลา คือ ความเร็วในการทำงานที่รู้สึกได้ระหว่างการสังเกตการณ์และค่าเวลาซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้ กรณีที่ปฏิบัติตามการทำงานมาตรฐานอย่างเคร่งครัด แต่ยังเกิดความแตกต่างของระดับความสำเร็จของงาน (Performance) เพราะมีความแตกต่างของความเร็วในการทำงาน ความแตกต่างระหว่างความเร็วจริงและความเร็วปกติเป็นผลจากสาเหตุที่ซับซ้อนอันเนื่องจากระดับการเรียนรู้ หรือความเหมาะสมของผู้ปฏิบัติงาน การรับรู้ความต่างเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วปกตินี้เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับค่าเวลาที่สอดคล้องกับแนวคิดเวลามาตรฐาน ยิ่งไปกว่านั้นยังจำเป็นสำหรับการปรับ โดยใช้ค่าปรับอัตราความเร็ว (Rating) ให้ตรงกับระดับความสำเร็จของงาน จากความสัมพันธ์ ระหว่างระดับความสำเร็จ (Performance) และความเร็วในการทำงานนี้ จึงต้องมีการเรตติง (Rating) คือ การเปรียบเทียบความเร็วการทำงานปกติกับความเร็วการทำงานของผู้ที่ถูกสังเกตการณ์ และทำการแก้ไขค่าเวลาที่สังเกตการณ์ได้ให้เป็นความเร็วปกติ โดยบางครั้งเรียกเรตติงว่า เพอร์ฟอร์แมนซ์-เรตติง แสดงได้ดังสมการ ดังนี้

$$\text{Normal Time} = \text{Representative Time} \times \text{Rating Factor}$$

$$\text{เวลาปกติ} = \text{เวลาตัวแทน} \times \text{ค่าปรับอัตราความเร็ว} \quad (2.9)$$

โดยวิธีในการเรตติงมีหลายวิธี โดยวิธีที่แพร่หลาย มีดังนี้

(โยชิโมโตะ, 2547)

- สปีดเรตติง เป็นวิธีการ ซึ่งอัตวิสัย คือ เปรียบเทียบระดับ

ความสำเร็จมาตรฐานที่ผู้สังเกตการณ์มีอยู่ กับระดับความสำเร็จจริงของผู้ปฏิบัติงาน ระหว่างการสังเกตการณ์และประเมิน โดยระดับความสำเร็จมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานที่จัดทำไว้ที่เรตติง 100 ตัวอย่างเช่น ได้วัดเวลาของผู้ปฏิบัติงาน A และ B ที่กำลังทำงานเหมือนกันอย่างหนึ่งอยู่ ระดับความสำเร็จจริงของ A สูงกว่าระดับความสำเร็จมาตรฐาน 25% ส่วน B ต่ำกว่า 20% ขณะเดียวกันวัดเวลางานของ A ได้ 0.16 นาที ของ B ได้ 0.25 นาที ใช้ค่าเหล่านี้ไปคำนวณเวลาสุทธิแก้ไข หรือเวลาปกติของผู้ปฏิบัติงานทั้งสองได้ดังนี้

เวลาสุทธิแก้ไข = เวลาสังเกตการณ์ x ค่าคงที่เรตติง

= เวลาสังเกตการณ์ x ระดับความสำเร็จจริง/ระดับความสำเร็จมาตรฐาน

A = 0.16 นาที x 125/100 = 0.25 นาที

B = 0.25 นาที x 80/100 = 0.20 นาที

จะเห็นว่า หากเป็นงานเดียวกัน แม้ผู้ปฏิบัติงานจะต่างกัน ก็จะได้เวลาสุทธิแก้ไขที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน

- วิธีเวลลิง เป็นวิธีการหาค่าคงที่เรตติง โดยหยิบยกปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงความเร็วการทำงาน 4 อย่าง คือ การเรียนรู้ในการทำงาน ความพยายาม เงื่อนไขในการทำงาน และความสมบูรณ์ (ความสม่ำเสมอ) ของการทำงาน แล้วให้ค่าคงที่การจัดมาตรฐานที่แบ่งเป็น 6 ขั้น หรืออาจแบ่งย่อยมากขึ้นเป็น 11 ขั้น แล้วแต่ปัจจัยนั้น จากนั้นทำการจัดอันดับว่างานที่สังเกตการณ์นั้นอยู่ในระดับขั้นใดสำหรับแต่ละปัจจัย โดยให้ความเร็วการทำงานปกติเป็น 1.00 แล้วคำนวณค่าคงที่เรตติงโดยการบวกค่าแก้ไขที่ได้จากค่าคงที่การจัดมาตรฐานเข้าไปใน 1.00 ของความเร็วปกติ ดังตัวอย่าง

ระดับขั้นของผู้ปฏิบัติงานที่ได้สังเกตการณ์แยกตามปัจจัย

การเรียนรู้	เฉลี่ย	D	0.00
ความพยายาม	ดีมาก	B2	+0.08
เงื่อนไขการทำงาน	ดี	A	+0.06
ความสมบูรณ์	พอใช้	E	-0.02
รวม			+0.12

ค่าคงที่เรตติง คือ $1.00 + 0.12 = 1.12$

วิธีนี้แม้จะเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้พอสมควร เพราะใช้ง่าย แต่การตัดสินระดับขั้นนั้นยังมีความคลุมเครืออยู่

- อ็อบเจกทีฟเรตติง ถูกนำเสนอโดย M. E. Mundel มีจุดเด่นที่การประเมิน 2 ระดับขั้น ขั้นที่ 1 จะประเมินเฉพาะความเร็ว ขั้นที่ 2 คำนวณค่าคงที่เรตติง โดยคำนึงถึงความยาก หรือเงื่อนไขในการทำงานที่เป็นลักษณะเฉพาะของงานนั้น โดยแยกเป็นแต่ละงานองค์ประกอบ เพราะนอกจากจะคำนึงถึงความเร็วการทำงานแล้วยังคำนึงถึงระดับความสำเร็จด้วย

- การชินเทติกเรตติง เป็นวิธีการเปรียบเทียบกับสปีดเรตติง เลเวลลิง และอ็อบเจกทีฟเรตติง ซึ่งเป็นวิธีเชิงอัตวิสัย โดยเปรียบเทียบกับระดับความสำเร็จมาตรฐานที่ผู้ปฏิบัติงานทำได้ โดยวิธีการแบบชินเทติกเรตติงนี้เป็นวิธีเชิงภาวะวิสัย และถือว่าค่าเวลาที่ได้เป็น

ค่าเวลาของความเร็วในการทำงานมาตรฐาน เนื่องจากได้มาจากข้อมูลเวลาที่กำหนดโดยข้อมูลของคนนับหมื่นคน ซึ่งส่วนใหญ่ความเร็วของการทำงานของผู้ปฏิบัติงานจะคงที่ตลอดระหว่างการทำงาน และมักจะใช้ค่าซินเทติกเรตติงของงานองค์ประกอบอย่างหนึ่งเป็นค่าตัวแทน อย่างไรก็ตามควรดำเนินการต่องานองค์ประกอบหลายๆ อย่างโดยคำนึงถึงการเรียนรู้ และความเหมาะสมของผู้ปฏิบัติงานด้วย

1.4 การคำนวณเวลาเผื่อ (Allowances) ในการทำงานใดๆ ก็ตาม แม้ว่าจะได้พยายามจัดวิธีการทำงานให้ดีที่สุดแล้วก็ตาม แต่พนักงานก็ยังเกิดความเมื่อยล้า ความเครียดขึ้นได้ นอกจากนี้ยังต้องการไปทำธุระส่วนตัว เช่น ไปห้องน้ำ ไปดื่มน้ำ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มเวลาเผื่อเข้าไปในเวลางานด้วย

เวลาเผื่อ จึงเป็นเวลา que เพิ่มให้กับเวลาทำงานจริงๆ ทั้งนี้เพื่อให้คนงานมีโอกาสฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าทางร่างกาย ความเครียดทางจิตใจ ได้ไปทำธุระส่วนตัวตามความจำเป็น

1.5 การเปลี่ยนเวลาปกติ (Normal Time) ให้เป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) โดยเวลามาตรฐาน คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานหนึ่งๆ ให้แล้วเสร็จด้วยความสามารถในการทำงานมาตรฐาน เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{เวลาเผื่อต่างๆ} \quad (2.10)$$

2.2.2 ระบบการขนถ่ายวัสดุ

ระบบการขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System) หมายถึง การจัดเตรียมสถานที่และตำแหน่งของวัสดุเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายหรือเก็บรักษา ซึ่งการจะทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้ได้ต้องอาศัยศิลปะในการสรรหาเครื่องมือ และอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุมาใช้ให้เหมาะสมกับงาน

1. องค์ประกอบสำคัญของการขนถ่ายวัสดุ

ในระบบการขนถ่ายวัสดุ ควรคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้

1.1 การเคลื่อนที่ (Motion) เป็นการเคลื่อนย้ายวัสดุและสินค้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งหรือ คือ การเคลื่อนย้ายวัสดุและสินค้าจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ซึ่งการเคลื่อนย้ายวัสดุและสินค้าแต่ละประเภทย่อมมีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันออกไป ทำอย่างไรจึงจะให้วิธีการเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

1.2 เวลา (Time) นับเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่ง เป็นตัวที่บ่งบอกถึง

ประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ว่าสูงต่ำเพียงใด ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตต่างก็อาศัย เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน ทั้งการป้อนวัตถุดิบและเอาชิ้นงานออกที่มีความสัมพันธ์กันอย่าง ต่อเนื่อง นอกจากนั้นเวลายังเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ โดยอาจควบคุมที่จุดต้นทางหรือจุด ปลายทางก็ได้แล้วแต่กรณี

1.3 ปริมาณ (Quantity) วัสดุและสินค้าต้องสัมพันธ์กับปริมาณความ ต้องการของจุดต่างๆ ต้องสอดคล้องกับเวลาที่เหมาะสมของระบบ และประหยัดค่าใช้จ่าย

1.4 เนื้อที่ (Space) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเคลื่อนที่ เพราะว่าการเคลื่อนที่หรือการขนถ่ายวัสดุ จำเป็นต้องใช้เนื้อที่สำหรับการติดตั้งกลไกของระบบการขนถ่าย เนื้อที่สำหรับวางของ หรือวัสดุสินค้าที่รอการขนถ่าย หรือหลังจากการขนถ่าย

องค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 ประการดังกล่าว ต้องนำมาพิจารณาร่วมกัน เพราะ เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการขนถ่ายวัสดุที่จะนำไปสู่การขนถ่ายวัสดุที่มีประสิทธิภาพต่อไป

2. วัตถุประสงค์และประโยชน์ของการขนถ่ายวัสดุ

วัตถุประสงค์และประโยชน์ของการขนถ่ายวัสดุ ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประการ ดังนี้

2.1 การลดต้นทุน คือ ลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของอุปกรณ์ที่ใช้ในการ ขนถ่าย ขนถ่ายวัสดุ และลดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนการผลิตที่จะส่งเสริมให้ระบบการผลิตใช้เวลาผลิตน้อย ที่สุด สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อลดต้นทุน คือ

- ลดการขนถ่ายวัสดุที่ใช้แรงงาน แล้วใช้อุปกรณ์ทำงานแทน
- ลดแรงงานที่ทำการขนถ่ายโดยตรง แต่ใช้คนมาควบคุมการใช้ อุปกรณ์แทน
- ลดปริมาณความสูญเสียหรือความเสียหายของวัสดุ โดยการขนถ่าย อย่างระมัดระวัง
- ลดจำนวนวัสดุที่ค้างในระบบการผลิตให้น้อยที่สุด โดยพยายามให้ วัสดุไหลผ่านไปเร็วที่สุด
- ลดอุปกรณ์ช่วยบางอย่างได้ เช่น ภาชนะบรรจุ ถาด นั่นคือ การที่ใส่ ของในภาชนะบรรจุหลายๆ ที่ ต้องเสียเวลาการตรวจสอบหลายครั้ง

2.2 การเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน เนื่องจากสามารถใช้เนื้อที่เกิด ประโยชน์สูงสุด เช่น การใช้เนื้อที่ในแนวสูง การปรับปรุงผังโรงงานเพื่อลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุ และลดการสูญเสียเนื้อที่ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์ให้สูงที่สุด เช่น มีการ

บรรทุกทั้งไปและกลับ ไม่เสียเวลาในการรอคอยเพื่อการเอาของขึ้นและลงนานเกินไปโดยการใช้เครื่องกลช่วยในการขนถ่ายให้เร็วที่สุด

2.3 การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทั้งในด้านความปลอดภัยของพนักงาน วัสดุ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และทางด้านสภาพแวดล้อมเพื่อส่งเสริมให้ทำงานได้ง่าย และสะดวกสบายขึ้น

2.4 การปรับปรุงเพื่อส่งเสริมการขาย ให้บริการที่รวดเร็ว ถูกต้อง และตรงกำหนดเวลาส่งมอบของลูกค้า และการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งซึ่งถือเป็นการช่วยเหลือลูกค้า รวมทั้งการจัดตั้งสาขาหรือตัวแทนให้อยู่ใกล้ตลาดมากที่สุด เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการขาย

3. การแบ่งประเภทของอุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ

อุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ สามารถแบ่งประเภทเครื่องกลการถ่าย ตามระบบการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ เส้นทางการขนถ่ายและชนิดของการเคลื่อนที่ได้ ดังนี้

a. อุปกรณ์การขนส่ง (Transportation System) เป็นเครื่องกลขนถ่ายในลักษณะที่การเคลื่อนที่จะอาศัยตัวขับเคลื่อนหรือไม่ก็ได้ มีการเปลี่ยนทิศทางได้ การเคลื่อนที่เป็นแบบเคลื่อนๆ หยุดๆ ดังเช่น รถเข็นแบบต่างๆ หรือรถที่ใช้คนของตามจุดต่างๆ ในโรงงาน

b. อุปกรณ์การยกขึ้นลง (Elevating System) เป็นเครื่องกลขนถ่ายในลักษณะที่ใช้ระบบกลไกสำหรับการยกของขึ้นลงตามแนวดิ่ง หรือในแนวเฉียง ลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นแบบต่อเนื่อง หรือเคลื่อนไปแล้วหยุด แล้วกลับมาใหม่ ดังเช่น ลิฟท์ รอก ชนิดต่างๆ

c. อุปกรณ์การลำเลียง (Conveyer System) เป็นเครื่องกลขนถ่ายที่ใช้พลังขับเคลื่อนจากเครื่องจักร หรืออาจเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกเข้าช่วย การเคลื่อนที่เคลื่อนได้ทั้งแนวราบและแนวเฉียง เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นแบบตายตัว อาจเป็นทางตรงหรือทางโค้งก็ได้ เช่น เครื่องลำเลียงชนิดต่างๆ ล้อลำเลียง ลูกกลิ้งลำเลียง เป็นต้น

d. อุปกรณ์การยกย้าย (Transferring System) เป็นเครื่องกลขนถ่ายที่ใช้เครื่องจักรทำหน้าที่ยกวัสดุและสินค้าขึ้น และเคลื่อนที่ในอากาศแล้ววางลง ณ จุดที่ต้องการ เส้นทางการเคลื่อนที่อยู่ในพื้นที่จำกัดตามความสามารถของเครื่องจักร ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบเคลื่อนๆ หยุดๆ เช่น บันจัน เครน

e. อุปกรณ์การยกขนด้วยตนเอง (Self Loading) เป็นเครื่องกลขนถ่ายที่ออกแบบให้เครื่องจักรกลทำงานในลักษณะที่หยิบหรือยกของที่ต้องการด้วยตนเอง แล้วขนไปวาง ณ จุดที่ต้องการ โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นช่วย ดังเช่น รถยกชนิดต่างๆ

4. อุปกรณ์การขนถ่ายแบบหน่วยรวมวัสดุ

กฎการขนถ่ายวัสดุข้อหนึ่ง คือ การรวมหน่วยของวัสดุ นั่นคือ การขนถ่ายจำนวนมากเท่าไร ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุต่อชิ้นจะถูกลง

หน่วยรวมวัสดุ หมายถึง จำนวนรายการต่างๆ ของวัสดุที่เป็นกองที่นำมาจัดหรือผู้รวมกันเป็นกลุ่ม เพื่อให้ง่ายต่อการยกขึ้นลง และการเคลื่อนย้ายเป็นหน่วยเดียวหรือมีขนาดใหญ่พอที่จะเคลื่อนย้ายได้โดยคน เมื่อวางลงแล้วยังคงรักษาสภาพของวัสดุที่ขนย้ายได้อย่างปลอดภัย ขนาดของวัสดุที่นำมารวมกันมีขนาดเหมาะสมกับการขนถ่ายด้วยคน นั่นคือ หน่วยรวมวัสดุ

ชนิดของหน่วยรวมวัสดุและเครื่องมือที่ใช้

4.1 รวมวัสดุเป็นหน่วยบนพื้น

4.2 การวางวัสดุบนแผ่น แผ่นราบ แผ่นงอที่ยึดหยุ่นได้

4.3 การวางของบนชั้นวาง

4.4 การรวมวัสดุในคอนเทนเนอร์ (Container)

4.5 การใช้ตัววัสดุเองรวมเป็นหน่วย เช่น การม้วนของแผ่นโลหะ เส้นลวดที่ม้วน หรือเชือกที่ม้วน

5. ปัจจัยในการเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม

ในการขนถ่ายวัสดุ การเลือกอุปกรณ์การขนถ่ายที่เหมาะสม ต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

5.1 ลักษณะของวัสดุ ถ้าวัสดุมีการหีบห่อเรียบร้อย เหมาะสำหรับการขนถ่ายโดยใช้หน่วยรวมวัสดุ การเลือกอุปกรณ์การขนถ่ายก็เลือกใช้ได้แทบทุกชนิด แต่ถ้าวัสดุมีลักษณะกอง เช่น ทราย แป้ง ผง เม็ด หรือน้ำมัน ชนิดของอุปกรณ์ที่จะใช้ได้แคบลงมาก มี อุปกรณ์นำส่งเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ใช้ได้

5.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุ อุปกรณ์บางจำพวกทำงานเฉพาะในแนวนอน และอุปกรณ์บางจำพวกทำงานเฉพาะแนวตั้ง

5.3 การควบคุมดูแลอุปกรณ์ อุปกรณ์การขนส่งมักทำงานโดยอัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องใช้คน และไม่จำเป็นต้องมีคนดูแล แต่อุปกรณ์จำพวก กรรตต้องมีคนประจำ และต้องมีเจ้าหน้าที่ประสานงานด้วย

5.4 ลักษณะของเส้นทางขนถ่าย อุปกรณ์ที่มีเส้นทางคงที่ คือ รางเลื่อน

สายพาน ลิฟท์ และท่อ อุปกรณ์ที่มีเส้นทางผันแปร คือ รถ อุปกรณ์ที่มีเส้นทางผันแปรได้ในเนื้อที่จำกัด คือ บันจัน

5.5 ความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์ รณ์บางอย่างมีความเร็วคงที่ บางอย่างมีความเร็วคงที่แต่ควบคุมให้หยุดให้เดินได้ แต่บางอย่าง เช่น รถ มีความเร็วที่แปรผัน

5.6 กำลังผลักดันที่ใช้บางชนิดใช้แรงงานคน บางชนิดใช้ไฟฟ้าและน้ำมัน แต่บางชนิดใช้แรงโน้มถ่วงของโลก เช่น รวงล้อ เป็นต้น

5.7 ลักษณะการบรรจุ บางชนิด ขนถ่ายแบบหน่วยรวมวัสดุและไม่ต่อเนื่อง แต่บางชนิดต่อเนื่อง

5.8 เนื้อที่สำหรับอุปกรณ์ขนถ่าย อุปกรณ์ จำพวกที่ต้องใช้เนื้อที่ถนน อุปกรณ์ขนส่ง ต้องใช้เนื้อที่คงที่ และอุปกรณ์จำพวกบันจัน มักไม่กินเนื้อที่ของพื้นที่โรงงาน

6. การตัดสินใจซื้ออุปกรณ์

การตัดสินใจซื้ออุปกรณ์ นอกจากจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ เพื่อเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายที่ใช้เหมาะสมกับความต้องการแล้ว ยังมีงานอีกขั้นหนึ่ง คือ การพิจารณาปัจจัยที่ไม่สามารถคิดเป็นตัวเงินได้ (Intangible Factors) ซึ่งได้แก่

a. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวบุคคล เช่น ความปลอดภัย และความพอใจของพนักงานจากการใช้อุปกรณ์เป็นเครื่องทุ่นแรง

b. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวโรงงาน เช่น ความสามารถของพื้นที่โรงงานในการรองรับน้ำหนักของอุปกรณ์ และปัญหาการจราจรภายในโรงงาน

c. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวอุปกรณ์ เช่น มีอะไหล่มาตรฐานหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีโครงสร้างที่แข็งแรง และมีบริการซ่อมแซมที่ดี

d. ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์การลงทุน ซึ่งจำเป็นต้องทำการประมาณการ 4 ด้าน ดังนี้

- เงินลงทุน ในด้านอุปกรณ์ขนถ่ายทั้งหมด อะไหล่และชิ้นส่วน ภาชนะต่างๆ เช่น ถัง และชั้นวางวัสดุ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตัวอาคารที่จำเป็น โดยถ้าเป็นการลงทุนในอุปกรณ์ใหม่เพื่อใช้แทนอุปกรณ์เก่า จะมีรายได้จากการขายอุปกรณ์เก่ามาลดเงินลงทุนลง

- อายุการใช้งาน คือ จำนวนปีที่อุปกรณ์จะใช้งานให้ประโยชน์ ดี โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายดูแลรักษามากเกินไป และไม่ล้าสมัย นอกจากประมาณอายุการใช้งานแล้วยังต้องประมาณว่าหลังจากหมดอายุการใช้งานแล้ว อุปกรณ์นี้จะขายมีมูลค่าซากได้ราคาเท่าไร

- ค่าใช้จ่ายรายปีของอุปกรณ์ตลอดช่วงอายุการใช้งาน ซึ่งได้แก่ ค่าเสื่อมราคา ค่าทอนราคา ค่าประกันภัย ค่าเชื้อเพลิง ค่าดูแลรักษาอุปกรณ์
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้รายปี คือ ค่าใช้จ่ายเดิมที่มีอยู่ก่อนการลงทุนซื้ออุปกรณ์ขนถ่าย อันได้แก่ ค่าแรงงานที่ลดลง ค่าเสื่อมราคาเดิม ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงหรือค่าไฟฟ้า และ ค่าดูแลรักษา

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต

2.3.1 นิยามการจัดสมดุลสายการผลิต

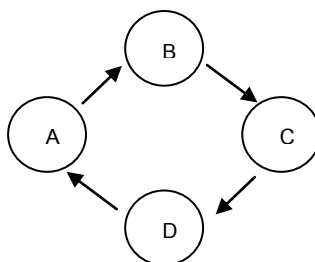
การจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing) คือ การพยายามที่จะจัดให้สถานีงานต่างๆ มีอัตราการทำงาน หรือเวลาที่ใช้ เท่าๆ กัน แต่ถ้าหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราการผลิตของสินค้านั้นจะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด ซึ่งเวลาที่ใช้เป็นตัวกำหนดอัตราการผลิตนี้ เรียกว่า รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ซึ่งหมายถึง เวลาระหว่างที่สินค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้น โดยจะมีค่าเท่ากับเวลาของสถานีที่ช้าที่สุด

2.3.2 หลักการการจัดสมดุลสายการผลิต

ในการจัดสมดุลสายการผลิตจะเป็นการดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ ดังนี้ (บุษบา, 2552)

1. เงื่อนไขลำดับก่อนหน้า

คือ เงื่อนไขทางกายภาพที่กำหนดลำดับการดำเนินงานของสายการผลิต ซึ่งถูกแสดงด้วยแผนผัง โดยจะเป็นแผนผังโคงข่ายที่เรียกว่า แผนผังลำดับขั้นตอน โดยงานแต่ละงานแทนด้วยวงกลม หรือ เรียกว่าจุดเชื่อม (Node) และลำดับก่อนหน้าแสดงด้วยลูกศรที่เชื่อมระหว่างจุดเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1

ผังแสดงลำดับขั้นตอน

2. รอบเวลาการผลิต

คือ เวลาที่มากที่สุดที่สินค้าจะใช้เวลาในแต่ละสถานีนงาน โดยรอบเวลาการผลิตที่กำหนด (Desired Cycle Time, C_d) คำนวณได้จากการหารเวลาสำหรับการผลิตด้วยจำนวนหน่วยที่วางแผนไว้ว่าจะทำการผลิต

$$C_d = \frac{\text{เวลาสำหรับการผลิต}}{\text{จำนวนผลผลิตที่ต้องการ}} \quad (2.11)$$

รอบเวลายังอาจหมายถึง เวลาที่มากที่สุดที่ใช้ในการ ดำเนินงานขั้นตอนหนึ่งๆ ซึ่งแตกต่างกับเวลาในระบบ (Flow Time) ซึ่งหมายถึงเวลารวมที่ใช้ในทุกขั้นตอน

รอบเวลาการผลิตจริง (Actual Cycle Time, C_a) คือ เวลามากสุดในสายการผลิตที่ขึ้นงานแต่ละชิ้นจะทำการผลิตออกมา ซึ่งอาจมีค่าที่แตกต่างจากรอบเวลาการผลิตที่กำหนด รอบเวลาการผลิตจริงที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้จะขึ้นอยู่กับสถานีนงานที่มีค่าเวลาสูงสุด นั่นคือ

$$C_a \geq \text{Max} \sum_{i=1}^{S_k} t_i \quad (2.12)$$

เมื่อ S_k = จำนวนงานย่อยในสถานีนงาน k

t_i = เวลาของงานย่อย i

การจัดสมดุลสายการผลิตเป็นกระบวนการลองผิดลองถูก มีการจัดกลุ่มงานเป็นสถานีนงานโดยพิจารณาเวลา และลำดับก่อนหน้าของงาน ในการประเมินผลอาจ ใช้การประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency, E) ของสายการผลิต

วิธีการอย่างง่ายวิธีการหนึ่งในการจัดสมดุลสายการผลิตก็คือ วิธีการหาจำนวนสถานีนงานที่น้อยที่สุด (N) ในการคำนวณประสิทธิภาพและจำนวนสถานีนงานน้อยที่สุดคำนวณได้จาก

$$E = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{nC_a} \quad (2.13)$$

$$N = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{C_d} \quad (2.14)$$

เมื่อ t_i = เวลาของงานย่อย i

j = จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n = จำนวนสถานีนงาน

C_a = รอบเวลาจริง

C_d = รอบเวลาที่กำหนด

เวลารว่างงานที่เกิดขึ้นจะเรียกว่า การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) คำนวณได้จาก (1-E) โดยมากแล้วประสิทธิภาพและเวลาล่าช้าของการจัดสมดุลมักกล่าวเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพ 100%

2.3.3 การจัดสมดุลสายการประกอบ

สายการประกอบ (Assembly Line) เป็นกรณีพิเศษของการจัดผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) โดยสายการประกอบจะหมายถึงลำดับงานการประกอบที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยมากแล้วจะเป็นสายการประกอบของสินค้าที่มีชิ้นส่วนจำนวนมาก มีการผลิตที่ปริมาณมากๆ ค่อนข้างสม่ำเสมอ ไม่ค่อยมีความแปรปรวนมากนัก มีการผลิตแบบต่อเนื่อง เครื่องจักรส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรพิเศษเพื่อผลิตสินค้าเฉพาะอย่าง ตำแหน่งของขั้นตอนงานมีการกำหนดไว้แน่นอนตามลำดับขั้นเป็นสายการผลิต โดยมีอุปกรณ์ขนถ่ายช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้าย สมมุติฐานพื้นฐานในการจัดสมดุลสายการประกอบ คือ ให้มีการเคลื่อนที่ของงานโดยมีเวลาในการดำเนินการในแต่ละสถานีงานที่สม่ำเสมอ สายการประกอบแต่ละสายการประกอบอาจมีความแตกต่างกันออกไปในเรื่องของอุปกรณ์ขนถ่ายที่แตกต่างกัน (สายพาน หรือ เครน), ลักษณะของสายการประกอบที่มีรูปร่างแตกต่างกัน (รูปตัวยู เส้นตรง หรือเป็นวง), คุณลักษณะของสถานีงานที่ต่างกัน (พนักงานยืนทำงาน พนักงานนั่งทำงาน หรือพนักงานเดินระหว่างสายการประกอบ) หรือความยาวของสายการประกอบที่ต่างกัน (สั้น หรือยาว) ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการดำเนินการย่อมแตกต่างกัน โดยเวลาที่จะนำมาใช้ในการคำนวณในการจัดสมดุลสายการประกอบจะต้องเป็นเวลาที่ได้จากการวิเคราะห์หาเวลามาตรฐานของงานแต่ละงานมาเรียบร้อยแล้ว ตัวอย่างสินค้าที่มีการผลิตโดยใช้สายการประกอบ ได้แก่ ของเล่น อุปกรณ์ต่างๆ ยานยนต์ เสื้อผ้า ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีลักษณะสายการผลิตที่เป็นการประกอบ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความเข้าใจในวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ นอกจากนี้ในปัจจุบันแม้ว่าแนวทางในการผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปจากการผลิตในปริมาณมากๆ เป็นการผลิตเพื่อมุ่งเน้นผู้บริโภครายบุคคลให้มากที่สุด (Mass Customization) เทคนิคต่างๆ ในเรื่องของการจัดสมดุลสายการประกอบก็ยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการในการจัดสมดุลสายการประกอบ ส่วนมากจะเป็นวิธีการที่สมเหตุสมผล แต่อาจไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน และมีวิธีการจัดการได้หลากหลาย ทำให้เกิดคำตอบได้มากมาย

2.3.4 พื้นฐานการจัดผังโรงงาน

การจัดผังโรงงานอาจแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. การจัดผังโรงงานตามกระบวนการ (Process Layouts)

คือ การจัดผังโรงงานตามงาน หรือตามหน้าที่ (Job Shop or Functional Layout) คือ รูปแบบการจัดกลุ่มงานที่คล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน เช่น การนำเครื่องใส่ทั้งหมดไปรวมไว้อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ชิ้นส่วนที่ทำการผลิตจะเคลื่อนไปยังพื้นที่ต่างๆ ตามลำดับการดำเนินงาน จากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่งที่มีการเตรียมการผลิตไว้สำหรับชิ้นงานนั้นๆ เช่น การจัดผังโรงพยาบาล

2. การจัดผังโรงงานผลิตภัณฑ์ (Product Layouts) หรือ การจัดผังโรงงานตามการไหลของงาน (Flow Shop)

คือ รูปแบบการจัดกิจกรรมเรียงเป็นสายการผลิตตามลำดับของการดำเนินการสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ หรือการบริการ เช่น สายการผลิตรองเท้า โรงงานสารเคมี หรือบริการล้างรถ เป็นต้น

3. เทคโนโลยีกลุ่ม (Group Technology) หรือ การวางผังโรงงานเป็นเซลล์ (Cellular Layouts)

คือ รูปแบบการจัดเครื่องจักรที่แตกต่างกันเป็นกลุ่มสถานีนงาน เพื่อทำการผลิตชิ้นงานที่มีกระบวนการ หรือรูปร่างที่ทำการผลิตคล้ายๆ กัน มีลักษณะคล้ายคลึงกับการจัดผังโรงงานตามกระบวนการ แต่สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์เพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง และมีลักษณะคล้ายการจัดผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์ คือ เซลล์หนึ่งๆ ถูกกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์จำนวนหนึ่งเท่านั้น

4. การจัดผังโรงงานแบบกำหนดตำแหน่ง (Fixed – Position Layouts)

คือ การจัดผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตอยู่ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากน้ำหนักที่มาก หรือขนาดที่ใหญ่ของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตจะเคลื่อนเข้าไปดำเนินการที่ผลิตภัณฑ์ เช่น การผลิตเรือ หรือเครื่องบิน เป็นต้น

การจัดผังของโรงงานของอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นการจัดผังโรงงานตามผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการจัดเครื่องจักรเป็นสายการผลิตตามกระบวนการที่ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ดังนั้น ผังการวางสายการผลิต ก็คือ การวางผังตามกระบวนการผลิต หรือตามการประกอบที่อยู่ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (BOM) โดยจะมีการเรียงตามลำดับก่อนหน้า สายการประกอบมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตจำนวนมาก เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูง โดยในการผลิตงานต่างๆ จะถูกแบ่งเป็นงานย่อย (Work Elements) งานย่อยจะไม่สามารถดำเนินการโดยพนักงานหลายคน หรือสถานีนงานหลายสถานีได้ พนักงานแต่ละคนจะต้องดำเนินงานย่อยหลายงานเมื่องานผ่านเข้าสู่สถานีนงาน ซึ่งสถานีนงาน (Workstation) ก็คือพื้นที่หนึ่งๆ ที่ถูกจัดไว้สำหรับดำเนินงาน โดยจะต้องมีพนักงาน หรือเครื่องจักรอย่างน้อย 1 เครื่อง หากสถานีนงานแต่ละสถานีใช้เวลาในการดำเนินงาน

เท่ากัน การเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ในการผลิตจะเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีการรอคอยงานระหว่างสถานีงานเกิดขึ้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในแต่ละสถานีงานอาจแตกต่างกันได้ ดังนั้น จึงต้องมีกระบวนการในการจัดสมดุลของสายการประกอบ เพื่อให้เวลาในการดำเนินงานของแต่ละสถานีงานใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งเรียกว่า การจัดสมดุลสายการประกอบ (Assembly Line Balancing) หรือ บางครั้งอาจเรียกเป็น การจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing)

2.3.5 ขั้นตอนการจัดสมดุลสายการผลิต

1. วาดแผนภาพแสดงลำดับก่อนหน้า
2. คำนวณรอบเวลาที่กำหนดสำหรับสายการผลิต
3. คำนวณค่าจำนวนสถานีตามทฤษฎีที่น้อยที่สุด
4. จัดกลุ่มเครื่องจักรเป็นสถานีงาน ตรวจสอบรอบเวลา และเงื่อนไขลำดับ

ก่อนหน้า

5. คำนวณหาประสิทธิภาพของสายการผลิต
6. พิจารณาถ้าจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดตามทฤษฎีหรือระดับประสิทธิภาพ

สามารถยอมรับได้ ให้ใช้จำนวนสถานีงานตามที่พิจารณา แต่ถ้าไม่เป็นไปตามนั้น ให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 4

2.3.6 วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตอื่นๆ (Other Line Balancing Methods)

ในการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็น การแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristic) คือ ใช้หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล แต่ไม่อาจรับรองผลว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยวิธีการเหล่านี้ประกอบด้วย

1. กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด

เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตอย่างง่าย

เริ่มต้นด้วยการเลือกงานย่อยเพื่อจัดเข้าสถานีงาน โดยดูจากค่าเวลาในการดำเนินงานเป็นหลัก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ลงรายการงานย่อยทั้งหมดโดยเรียงจากงานที่มีค่าเวลาในการดำเนินงาน (t_i) สูงสุดไปหาต่ำสุด

1.2 จัดงานย่อยลงในสถานีงานแรกโดยเริ่มจากรายการงานย่อยที่อยู่บนสุดลงมา และทำการเลือกงานย่อยที่เป็นไปได้ลงในสถานีงาน โดยพิจารณาถึงลำดับก่อนหน้าของงานแต่ผลบวกของเวลาในการดำเนินงานรวมในแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกินรอบเวลา (C_d หรือ C_a)

1.3 จัดงานย่อยลงในสถานีนงานอื่นๆ เช่นเดียวกับในข้อ 2

1.4 ดำเนินการจนครบทุกงาน

2. วิธีของ Kilbridge and Wester

วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ เป็นวิธีการคำนวณประสิทธิภาพ ซึ่งจะใช้กับสายการผลิตที่มีจำนวนงานย่อยไม่มากนัก โดยจะเริ่มต้นด้วยการเลือกงานย่อยที่มาจัดสถานที่ตามแผนผังลำดับขั้นตอน ส่วนของงานที่อยู่ช่วงต้นจะทำการจัดเข้าสู่สถานีก่อน โดยพยายามรวมงานย่อยให้ได้เวลาใกล้เคียงกับรอบเวลามากที่สุด การเลือกงานจะเลือกงานที่ไม่มีงานอยู่ก่อนหน้ามาทำการจัดก่อน โดยจะต้องไม่ขัดกับลำดับขั้นงาน

3. วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weighted Method)

วิธีนี้พัฒนามาจากกฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่ง โดยใช้ค่าสูงสุดกับวิธีกิลบริดจ์เข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่า วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weighted Method, RPW) หลักการ คือ การคิณน้ำหนั กในแต่ละส่วนงาน โดยใช้ค่าเวลาในการดำเนินงานของส่วนงานต่างๆ กับค่าที่อยู่ตอนหน้าของผังลำดับงาน หลังจากนั้นจึงจัดส่วนงานลงในสถานีนงานตามลำดับค่าของ RPW ขั้นตอนการดำเนินงานสรุปได้คือ

3.1 คำนวณหาค่า RPW สำหรับแต่ละงานย่อยโดยการรวมค่าเวลาในการดำเนินงานของงานย่อยนั้นๆ กับงานย่อยทั้งหมดที่ตามหลังในข่ายของแนวลูกศรของผังลำดับงาน

3.2 ลงรายการส่วนของงานทั้งหมดตามลำดับ RPW โดยจัดให้งานที่มีค่า RPW สูงสุดไว้ด้านบน พร้อมทั้งบอกเวลาในแต่ละงานย่อย และแสดงรายการงานย่อยที่อยู่ก่อนหน้าด้วย

3.3 จัดส่วนของงานลงสถานีนงานตามค่า RPW โดยพยายามหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเกี่ยวกับลำดับก่อนหน้าและรอบเวลา

ในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณดังแสดงในหัวข้อถัดไป

4. การใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดสมดุลสายการผลิต (Computeried Line Balancing)

หลักการที่นำมาใช้มักเป็นหลักการของฮิวริสติกในการจัดงานไปยังสถานีนงาน

ต่างๆ เช่น การจัดงานที่มีเวลาดำเนินงานสูงสุดก่อน เวลำน้อยสุดก่อน จำนวนงานที่ตามหลังมากที่สุดก่อน จำนวนงานที่ตามหลังน้อยสุดก่อน หรือ ใช้น้ำหนักในการกำหนดตำแหน่ง เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการที่เรียกว่า COMSOAL ซึ่งย่อมาจากคำว่า Computer Method for Sequencing for Assembly Lines ซึ่งได้มีการนำไปใช้ในบริษัท Chrysler เป็นแห่งแรก ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

ขั้นตอนในการดำเนินงานของ COMSOAL เริ่มจาก

4.1 สร้างรายการ A ที่มีการแสดงรายการของงานย่อย และจำนวนของงานย่อยที่อยู่ก่อนหน้า

4.2 สร้างรายการ B แสดงถึงส่วนของงานทั้งหมด จากรายการ A ที่ไม่มีงานย่อยอยู่ก่อนหน้าในช่วงติดกัน

4.3 เลือกงานย่อยเพียงหนึ่งงานจากรายการ B โดยการสุ่มจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยงานที่เลือกออกมานั้นจะต้องไม่ทำให้อุปเวลามีค่าเกินกว่าที่กำหนด (ในการเลือกงานอาจกำหนดหลักเกณฑ์ในการเลือกขึ้นมา เช่น การจัดงานที่มีเวลาการดำเนินงานสูงสุดก่อน, เวลำน้อยสุดก่อน, จำนวนงานที่ตามหลังมากที่สุดก่อน, จำนวนงานที่ตามหลังน้อยสุดก่อน หรือใช้น้ำหนักในการกำหนดตำแหน่ง เป็นต้น)

4.4 นำงานที่ได้เลือกเข้ามาจากข้อ 4.3 ออกจากรายการ A และ B และปรับปรุงรายการ A และ B ใหม่ โดยในการปรับปรุงอาจทำให้งานที่อยู่ในส่วนหน้าในบางรายการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

4.5 เลือกงานย่อยจากรายการ B ซึ่งมีค่าไม่เกินรอบเวลาซ้ำอีกครั้ง

4.6 ทำตามขั้นตอนที่ 4 และ 5 จนครบทุกงานย่อย

นอกจากวิธี COMSOAL แล้วยังมีวิธีการที่ถูกลำเสนอขึ้นอีกมากมายเพื่อใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรง ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

4.6.1 กลุ่มที่ต้องการหาค่าสูงสุดของประสิทธิภาพ

4.6.2 กลุ่มที่ต้องการลดจำนวนสถานีงานให้น้อยที่สุด โดยมีการกำหนดรอบเวลามาให้

4.6.3 กลุ่มที่ต้องการลดรอบเวลาให้ต่ำที่สุด โดยมีการกำหนดจำนวนสถานีงานมาให้

4.6.4 กลุ่มที่ต้องการหาคำตอบของการจัดสมดุลงานที่เป็นไปได้ โดยมีการกำหนดรอบเวลาและสถานีงานมาให้

รูปแบบของสายการประกอบ ที่มีการพิจารณาอาจมีลักษณะที่ไม่ใช่เส้นตรงก็ได้ ซึ่งสายการประกอบอีกลักษณะหนึ่งที่น่าสนใจก็คือนิยามที่เป็นรูปตัว Y โดยมีลักษณะ คือ ทางเข้าและทางออกของงานอยู่ที่สถานีเดียวกัน สายการประกอบรูปตัว Y เป็นสายการประกอบที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า และมีประสิทธิภาพในการจัดสมดุลมากกว่าสายการประกอบแบบเส้นตรง นิยมใช้ในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี การคำนวณ เพื่อจัดสมดุลก็จะแตกต่างกันออกไปจากสายการประกอบแบบเส้นตรงบ้าง ซึ่งก็ยังคงมีหลักการคล้ายคลึงกับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรงอยู่ เช่น ให้จำนวนสถานีงานน้อยสุดหรือเพื่อลดรอบเวลายานให้ต่ำที่สุด เป็นต้น

การจัดสมดุลสายการประกอบเป็นการจัดกลุ่มงานเพื่อให้เกิดความสมดุลในการดำเนินการ ทั้งนี้ ต้องทำให้มีประสิทธิภาพที่สูง โดยวิธีการที่เลือกใช้โดยมากแล้วจะเป็นวิธีการแบบฮิวริสติกซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี วิธีที่ดีจะต้องให้ค่าประสิทธิภาพสูง หรือมีค่าการสูญเสียสมดุลต่ำ ซึ่งในอดีตการจัดสมดุลสายการประกอบจะใช้สำหรับการผลิตปริมาณมาก แต่ในปัจจุบันเนื่องด้วยเทคโนโลยีของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัยจึงทำให้การจัดสมดุลสายการประกอบสามารถนำมาใช้กับการผลิตเพื่อมุ่งเน้นผู้บริโภค (Mass Customization) ได้ดียิ่งขึ้น

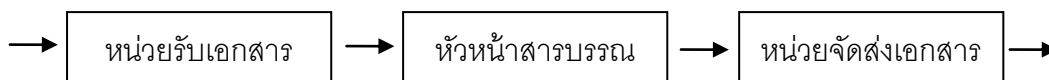
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

2.4.1 การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ มานานแล้ว แต่ได้รับความสนใจมากขึ้นเมื่อมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์และ Shannon ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหา ว่า เป็นกระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้ตัวแบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือ ประเมินผลการดำเนินงาน การใช้แผนงานต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ขอบเขตที่วางไว้ ดังนั้น การจำลองแบบปัญหามีกระบวนการที่ แบ่งได้ 2 ส่วน คือ การสร้างตัวแบบจำลอง และการนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน (วิชัย, 2544)

1. ระบบงาน (System)

ระบบงาน (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ทำงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของระบบงานนั้น เพราะการจำลองแบบปัญหาเป็นการศึกษากระบวนการทำงานของระบบทั้งระบบ จึงจำเป็นต้องมีรูปแบบที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา โดยการกำหนดขอบเขตของระบบงานนั้น (System Boundary) เช่น การปฏิบัติงานของงานสารบรรณ (งานรับ-ส่งเอกสาร) ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2

ตัวอย่างระบบการทำงานของงานสารบรรณ

จากตัวอย่างนี้ ระบบการทำงานของงานสารบรรณ คือ เมื่อมีเอกสารเข้ามายังหน่วยงานสารบรรณโดยมายังหน่วยรับเอกสาร เมื่อลงทะเบียนเอกสาร แล้ว ก็ส่งต่อมายังหัวหน้างานเพื่อวินิจฉัยว่าเอกสารนั้นจะเป็นของหน่วยงานใด จึงออกไปยังหน่วยงานนั้น นี่คือ ระบบงานสารบรรณ ส่วนหน่วยงานอื่นๆ จะรับเอกสารต่อไปอย่างไรนั้น ไม่เกี่ยวข้องกับระบบงานสารบรรณ ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตของระบบเพื่อให้สามารถมองรูปแบบของระบบงานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ในบางครั้ง การปฏิบัติงานของระบบงานอาจจะมีการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอก ซึ่งเรียกว่า สิ่งแวดล้อมของระบบ (Environment System) โดยทั้งองค์ประกอบภายในระบบ และสิ่งแวดล้อมของระบบ จะมีลักษณะเฉพาะที่ทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขบางประการ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน

2. องค์ประกอบของระบบงาน (Component of a System)

ระบบงานต่างๆ จะต้องประกอบด้วย กลุ่มขององค์ประกอบ (Element or Entity) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัว (Attribute) และองค์ประกอบเหล่านั้นจะก่อให้เกิดกิจกรรม (Activity) เพื่อทำให้ระบบงานสามารถดำเนินงานไปจนบรรลุวัตถุประสงค์ของระบบงาน เช่น ในระบบงานธนาคาร ลูกค้านั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่ง คุณลักษณะเช็คตามสมุดของบัญชี และการฝากหรือถอน คือ กิจกรรมที่เข้ามาทำ

เมื่อระบบงานมีการปฏิบัติงาน สถานภาพของระบบ (State of a System) จะเปลี่ยนแปลงไป ในที่นี้ สถานภาพของ ระบบ คือ ที่เก็บรวบรวมตัวแปรของระบบ (State of Variable) ที่จำเป็นต่อการอธิบายระบบ ณ เวลาใดๆ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายที่ต้องการศึกษา ในระบบธนาคารตัวแปรของระบบก็คือ จำนวนลูกค้าที่มาคอยติดต่อกับงาน จำนวนผู้บริการที่ทำงานอยู่ และเวลาที่เข้ามาถึงของลูกค้าคนถัดมา

เหตุการณ์ (Event) หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอาจเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบได้

ในระบบงานของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสินค้าแห่งหนึ่ง จะประกอบด้วยระบบงานย่อย (Subsystem) หลายระบบ เช่น ระบบการผลิต ระบบสินค้า หรือวัตถุดิบในสต็อก เป็นต้น ดังนั้น ถ้ามีการจำลองระบบงานของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ จะต้องมีการแบ่งแยกการ

จำลองออกเป็นระบบงานย่อยต่างๆ เพื่อจะได้ทำการจำลองให้ถูกต้องยิ่งขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 (วิชัย, 2544)

ตารางแสดงการแบ่งแยกการจำลองออกเป็นระบบงานย่อยต่างๆ

ระบบงาน (System)	องค์ประกอบ (Entities)	คุณลักษณะเฉพาะ (Attribute)	กิจกรรม (Activities)	เหตุการณ์ (Event)	ตัวแปรของระบบ (State of Variables)
ธนาคาร	ลูกค้า	ตรวจสอบสมุดบัญชี	ฝาก – ถอน	เข้ามา – ออก จากธนาคาร	-จำนวนลูกค้าที่คอย -จำนวนพนักงานที่ไม่ ว่าง
สินค้าคงคลัง	โกดังสินค้า	ความจุ	เบิกสินค้า	ความต้องการ	ระดับสินค้าคงคลัง
การผลิต	เครื่องจักร	ความเร็ว/อัตราการ ผลิต/อัตรา เครื่องจักรเสีย	ทำงาน/ หยุดงาน	เครื่องเสีย	จำนวนเครื่องเสีย
การสื่อสาร	ข้อความ	ระยะทางและ ปลายทาง	ส่งข้อความ	ส่งถึง ปลายทาง	จำนวนข้อความ

3. ประเภทของระบบงาน (Type of a System)

การจำแนกประเภทของระบบงานนั้นจำแนกตามการนำไปใช้งาน โดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ (Status System) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท คือ

3.1 ระบบงานต่อเนื่อง (Continuous System) คือ ระบบงานที่เปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงานต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำภายในถังเก็บน้ำ ซึ่งจะต้องเพิ่มหรือลดตลอดเวลา อันเกิดจากการเปิดระบายน้ำออกหรือเมื่อเกิดฝนตกเหนือถังเก็บน้ำ หรือระบบการจราจร หรือระบบการฝาก – ถอนเงิน ATM ของธนาคาร เป็นต้น

3.2 ระบบงานไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) คือ ระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบเป็นช่วงๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ระบบการทำงานของธนาคาร ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบระหว่างเวลาทำการ

3.3 ระบบแน่นอน (Deterministic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง

สถานการณ์ของระบบใหม่ สามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นอย่างไร เช่น ระบบปฏิบัติงานหนึ่ง กระบวนการจะมีผลลัพธ์ออกมาทุกงานใช้เวลา 15 วินาที

3.4 ระบบไม่แน่นอน (Stochastic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง สถานภาพของระบบที่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้น

3.5 ระบบสถิต (Static System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ ของระบบไม่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น Monte Carlo Simulation

3.6 ระบบพลวัต (Dynamic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง สถานภาพของระบบมีความเกี่ยวข้องกับเวลา

4. ตัวแบบจำลอง (Model)

ตัวแบบจำลอง คือ หุ่น หรือ วัตถุ หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือ ระบบที่ สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาระบบการทำงานจริงที่ต้องการศึกษา และตัวแบบที่จะใช้ในการจำลอง นี่เป็นตัวอย่างเชิงคณิตศาสตร์ เช่น การจำลองระบบสินค้าคงคลังเกี่ยวกับเสื้อผ้าสำเร็จรูป ถ้าวัน หนึ่งมีความต้องการเสื้อผ้าสำเร็จรูป 25 ตัว ในตัวแบบจะปรากฏเลข 25 ในส่วนของความต้องการ ตัวแบบจำลองนี้สามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภทตามประเภทของระบบงานตามที่ได้กล่าวมาแล้วใน หัวข้อที่ผ่านมา แต่สำหรับตัวแบบที่ใช้ในการจำลองที่นิยมใช้ในการสร้างตัวแบบที่อาศัย คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการหาผลลัพธ์จะเป็นตัวแบบจำลองที่เรียกว่า ตัวแบบจำลองมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation Model)

5. การประยุกต์ใช้ตัวแบบจำลองกับระบบงานจริง (Areas of Application)

ตัวแบบจำลองปัญหาสามารถนำไปแก้ปัญหาต่างๆ ได้หลายระบบงาน ตัวอย่างเช่น

5.1 การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น ระบบสินค้าคงคลัง ระบบ แแถวคอย ระบบการสื่อสาร ระบบการรับ – จ่ายสินค้า

5.2 การจำลองระบบงานด้านบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น การศึกษา สภาวะการตลาด ภาวะเงินเฟ้อ พฤติกรรมของผู้บริโภค

5.3 การจำลองสถานการณ์ในการรบ การต่อสู้

5.4 การจำลองปัญหาด้านการจราจร ระยะเวลา การเปิดสัญญาณไฟเขียว ไฟแดง ตามแยกต่างๆ

5.5 การจำลองปัญหาด้านการจัดการคมนาคมทางอากาศ ให้เครื่องบินลำ ใดขึ้น ณ ระดับความสูงเท่าไร เพื่อป้องกันอุบัติเหตุเครื่องบินชนกัน

5.6 การฝึกหัดเครื่องบิน โดยการจำลองสถานการณ์ต่างๆ เช่น การขึ้น – ลง ในสนามบินที่มีความจำกัดในด้านสถานที่ เช่น สนามบินนานาชาติของฮ่องกง สนามบินนานาชาติของสิงคโปร์

5.7 การจำลองเรื่องการแข่งขันทางธุรกิจต่างๆ เมื่อผู้บริหาร มีแผนการแบบต่างๆ มาทดลองใช้

5.8 การจำลองเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ก่อนปล่อยน้ำบำบัดลงแม่น้ำสาธารณะ

5.9 การจำลองผลกระทบทางเศรษฐกิจ เมื่อมีการตัดสินใจใช้นโยบายต่างๆ

6. สาเหตุที่ไม่ใช้ระบบงานจริงในการศึกษาทดลอง

6.1 ทำให้การทำงานตามปกติเกิดความติดขัด เช่น การทดลองใช้พนักงาน ฝาก – ถอนเงินในเวลาปกติ จากเดิม 3 คน เป็น 5 คน ทำให้งานปกติที่คนสองคนเพิ่มขึ้นจะไม่ได้ ทำหน้าที่เคยทำอยู่ประจำ

6.2 ใช้ค่าใช้จ่ายในการทดลองมาก เช่น ต้องมีการจ้างพนักงาน หรือซื้อ เครื่องมือใหม่มาทดลอง

6.3 ใช้เวลาในการทดลองมากเท่ากับเวลาจริงของการทำงาน เช่น ทำการทดลอง 30 วัน ก็ใช้เวลา 30 วันจริง

6.4 ได้ผลการทดลองไม่ทันตามความต้องการ

6.5 ทดลองไม่ได้ทุกสถานการณ์

7. ข้อได้เปรียบจากการใช้ตัวแบบจำลอง (Advantage of Simulation)

7.1 ตัวแบบจำลองสามารถทำการทดลองงานซ้ำๆ กัน หลายครั้งในแต่ละกรณี

7.2 ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการทดลองกับระบบงานจริง

7.3 เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ประยุกต์ใช้ได้ง่าย เพราะคำตอบที่ได้รับสามารถใช้งานได้ทันที

7.4 ตัวแบบจำลองสามารถใช้วิเคราะห์ระบบงานจริงได้ แม้ว่าข้อมูลจะน้อยก็ตาม

7.5 เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรม ทดลองในสถานการณ์ที่อันตราย

8. ข้อเสียเปรียบของการใช้ตัวแบบจำลอง (Disadvantage of Simulation)

8.1 ตัวแบบจำลองที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์อาจต้องใช้เวลา และ

ค่าใช้จ่ายในการสร้างตัวแบบจำลองมาก

8.2 ผลที่ได้จากตัวแบบจำลองมักจะเป็นค่าประมาณ

8.3 ทำให้ผู้ที่คุ้นเคยในการสร้างตัวแบบจำลอง มักจะไม่ค่อยค้นหาวิธีการหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าในบางกรณี

9. ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้ตัวแบบจำลอง (Step in a Simulation Study)

ในการสร้างตัวแบบจำลองที่ต้องทำเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำงาน มีขั้นตอนดังนี้

9.1 กำหนดรูปแบบปัญหา (Problem Formulation) การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาใดก็ตาม ประการแรกสุด คือ ต้องกำหนดว่าปัญหามีอะไรบ้าง ผู้กำหนดนโยบายต้องพิจารณาอย่างมั่นใจว่าปัญหาที่หยิบขึ้นมานั้นครอบคลุมปัญหาทั้งหมดแล้ว

9.2 กำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผนสำหรับโครงการ (Set Objective & Overall Planning) การกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ชัดว่าจะทำตัวแบบจำลองนั้นอย่างไร กำหนดขอบเขตของโครงการ ข้อจำกัดต่างๆ

9.3 สร้างตัวแบบ (Model Building) การสร้างตัวแบบจำลองต้องคำนึงถึงลักษณะของระบบงานที่เราจำลอง และตัวแบบจำลองนี้ต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบได้

9.4 การเก็บข้อมูล (Data Collection) ตัวแปรของระบบทั้งหมด จะเป็นข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม

9.5 ลงรหัส (Coding) เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองให้เป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

9.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Varified) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่าโปรแกรมนี้อ่านการทำงานได้หรือไม่

9.7 ตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง (Validate) เป็นการตรวจสอบต่อว่าเป็นโปรแกรมรันผ่านได้ แล้วให้ผลลัพธ์ถูกต้องหรือไม่

9.8 วางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นการวางแผนการใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

9.9 ให้ตัวแบบทำงานและวิเคราะห์ผล (Production Runs & Analysis) เมื่อวางแผนการทดลองอย่างไรก็สั่งให้ตัวแบบทำตามแผนที่วางไว้ และวิเคราะห์ผลที่ได้ออกมา

9.10 ต้องทำงานเพิ่มหรือไม่ (More Runs) บางครั้งตัวแบบจำลอง

ให้ผลออกมาไม่ดีนัก หรือต้องการความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็ให้ตัวแบบทำงานเพิ่มได้

9.11 การทำคู่มือการใช้งาน และทำรายงานผล (Document Program & Report Results) การทำคู่มือการใช้เป็นส่วนหนึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อจำกัดต่างๆ ของตัวแบบจำลอง หากมีการนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน และจัดทำรายงานผลการทำงาน หรือผลการทดลองออกมาแสดงด้วย

9.12 การนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นการนำผลสำเร็จในรายงานมาช่วยในการตัดสินใจต่อไป

2.4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์

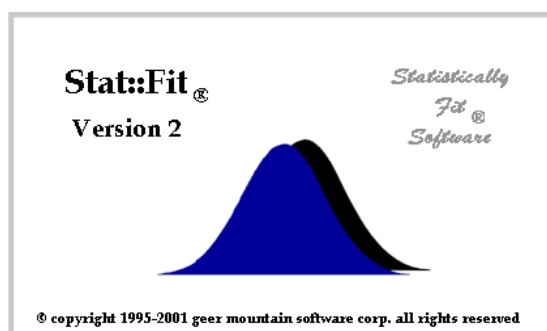
ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมโปรโมเดล เป็นเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย โดยโปรแกรมโปรโมเดลนี้เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้ทำการจำลองสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ สามารถใช้ได้สำหรับระบบการทำงานและระบบ การผลิตหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain System) ที่มีความสลับซับซ้อน ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเรียนรู้การใช้ส่วนประกอบหรือฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างตัวแบบจำลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต หรือปรับปรุงระบบการทำงาน และใช้เหตุผลในการตัดสินใจบน พื้นฐานของกฎ (Rule-Based) นอกจากนี้ โปรแกรมโปรโมเดลยังสามารถสร้างตัวแบบจำลองของระบบการทำงานหรือระบบการผลิตที่มีความสลับซับซ้อนอื่น ๆ ได้ เช่น ระบบงานในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบงานในโรงพยาบาล ระบบงานสินค้าคงคลัง ระบบงานในธนาคาร เป็นต้น โปรแกรมโปรโมเดล ยังมีความสามารถในการสร้างตัวแบบจำลองของระบบการผลิตที่มีปริมาณมาก ๆ (Mass Production) ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System) และระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain System) ที่มีความสลับซับซ้อนได้ดี

โปรโมเดลเป็นซอฟต์แวร์ที่อยู่บนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Window Operation System) และมีส่วนเชื่อมโยงข้อมูลกัน ทำให้โปรโมเดลสามารถแสดงผลทางจอภาพได้อย่างชัดเจน และสามารถสร้างตัวแบบจำลองโดยผู้สร้างแบบจำลองไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมมากนัก ใช้เพียงระบบตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลก็สามารถทำการสร้างแบบจำลองได้

ในขณะเดียวกันระบบส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแบบจำลองได้อย่างสมบูรณ์ โดยเลือกจากเครื่องมือหรือฟังก์ชันที่มีอยู่ในโปรแกรมโปรโมเดล เช่น สถานะงาน (Location) วัตถุที่ระบบสนใจ (Entity) กระบวนการ (Processing) ทรัพยากร (Resource) เส้นทางของทรัพยากร (Path Network) เวลาที่ทรัพยากรหยุดทำงาน (Downtime) และการปรับปรุงแก้ไขพารามิเตอร์ที่

เหมาะสม ซึ่ง เป็นความสามารถในการทำโปรแกรมให้สมบูรณ์ เพื่อให้ตัวแบบจำลองมีความสอดคล้องกับระบบการทำงานจริง

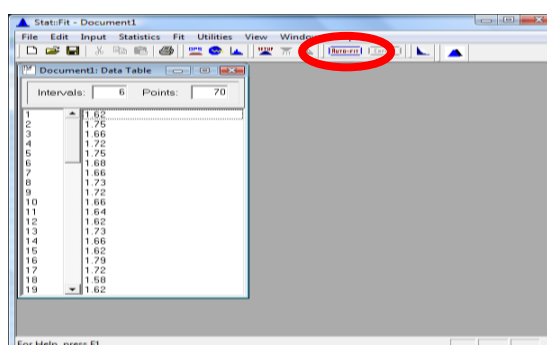
นอกจากนี้โปรแกรมโปรโมเดล ยังประกอบด้วยฟังก์ชันการใช้งานสำเร็จหลายฟังก์ชัน เช่น ฟังก์ชันที่ใช้ สำหรับวัดการกระจายของข้อมูลตามหลักสถิติ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกลักษณะของการกระจายตัวที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล ซึ่งเรียกฟังก์ชันนี้ว่า Stat::Fit (Charles, 2004)



ภาพที่ 2.3

แสดงหน้าจอของ Stat::Fit

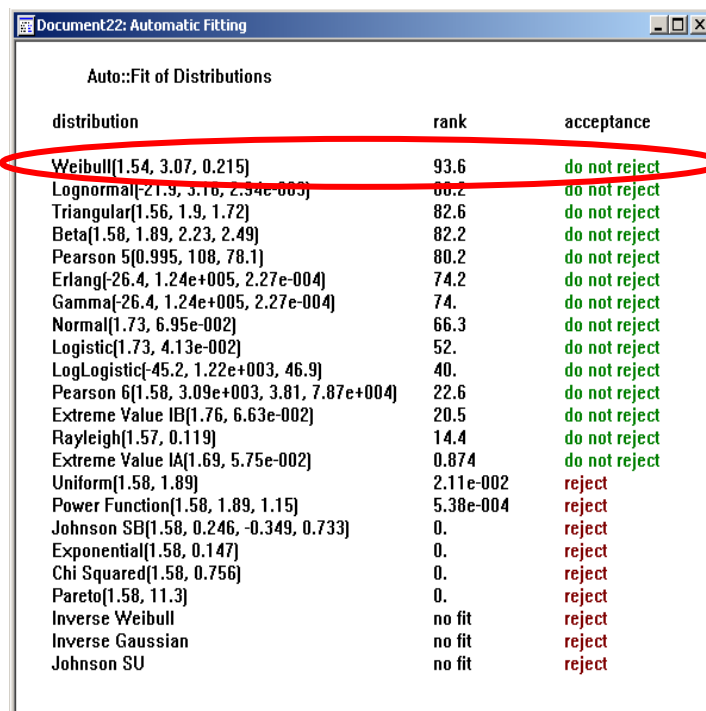
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Stat::Fit ในการหาการกระจายของข้อมูลที่ได้มาจากการจับเวลา เนื่องจากถ้าหาค่าเฉลี่ยจากการจับเวลาแล้วนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์นั้น จะทำให้ได้ผลการจำลองที่ไม่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง โดยการกระจายที่ได้จะบอกให้รู้ถึงแนวโน้มของค่าทั้งหมด ทำให้รู้ว่าเป็นเหตุการณ์แบบใด และช่วงใดที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด ทำให้ การจำลองสถานการณ์ได้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ขั้นตอน การใช้โปรแกรม Stat::Fit เริ่มจากนำข้อมูลผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าแล้วใส่ลงในตาราง หลังจากใส่ข้อมูลครบแล้วให้ กดเลือก Auto Fit เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4

การใส่ข้อมูลลงใน Stat fit และการประมวลผล

เมื่อโปรแกรมทำการประมวลผลแล้วจะแสดงค่าการกระจายต่างๆ ที่ สอดคล้องกับข้อมูล โดยจะเรียงลำดับจากข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดลดหลั่นลงไปตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2.5



distribution	rank	acceptance
Weibull(1.54, 3.07, 0.215)	93.6	do not reject
Lognormal(21.9, 3.16, 2.34e-003)	86.2	do not reject
Triangular(1.56, 1.9, 1.72)	82.6	do not reject
Beta(1.58, 1.89, 2.23, 2.49)	82.2	do not reject
Pearson 5(0.995, 108, 78.1)	80.2	do not reject
Erlang(26.4, 1.24e+005, 2.27e-004)	74.2	do not reject
Gamma(26.4, 1.24e+005, 2.27e-004)	74.	do not reject
Normal(1.73, 6.95e-002)	66.3	do not reject
Logistic(1.73, 4.13e-002)	52.	do not reject
LogLogistic(45.2, 1.22e+003, 46.9)	40.	do not reject
Pearson 6(1.58, 3.09e+003, 3.81, 7.87e+004)	22.6	do not reject
Extreme Value IB(1.76, 6.63e-002)	20.5	do not reject
Rayleigh(1.57, 0.119)	14.4	do not reject
Extreme Value IA(1.69, 5.75e-002)	0.874	do not reject
Uniform(1.58, 1.89)	2.11e-002	reject
Power Function(1.58, 1.89, 1.15)	5.38e-004	reject
Johnson SB(1.58, 0.246, -0.349, 0.733)	0.	reject
Exponential(1.58, 0.147)	0.	reject
Chi Squared(1.58, 0.756)	0.	reject
Pareto(1.58, 11.3)	0.	reject
Inverse Weibull	no fit	reject
Inverse Gaussian	no fit	reject
Johnson SU	no fit	reject

ภาพที่ 2.5

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล

โปรแกรมโปรโมเดล มีความสามารถในการผสมผสานตัวแบบจำลองเพื่อให้ส่วนที่อยู่ต่างกันในตัวแบบ สามารถทำงานแยกจากกันได้ และสามารถเพิ่มคำสั่งที่ถูกเรียกเข้ามาใช้บ่อยในตัวแบบย่อย หรือเหตุการณ์ตัดสินใจทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะเป็นการกำจัดการสร้างฟังก์ชันที่ซ้ำกัน โดยตัวแบบจำลองเหล่านี้ จะมีพารามิเตอร์ที่ถูกชี้ชัดเป็นพิเศษที่ผู้ใช้งาน หรือผู้พัฒนาตัวแบบจำลองสามารถปรับเปลี่ยนได้ ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาตัวแบบจำลอง

ผลจากการจำลองสถานการณ์จะถูกแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบตารางเกี่ยวกับผลการทำงานของระบบทั้งหมด หรือบางส่วนที่สนใจ เช่น ระยะเวลาการทำงานทั้งหมด จำนวนผลการใช้ประโยชน์ทั้งหมดของทรัพยากรหรือเครื่องจักร ว่างงาน เวลาที่ทรัพยากรใช้ในการเดินทาง ต้นทุนการผลิต เป็นต้น และสามารถเรียกดูผลจากการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบกราฟได้หลายรูปแบบ เช่น กราฟแท่ง กราฟเส้น Pie Chart และอื่นๆ และสามารถนำผลรายงานจากการจำลองสถานการณ์ซ้ำ ๆ ครั้งมาทำการเปรียบเทียบกันได้

1. ส่วนประกอบในการสร้างแบบจำลอง

ส่วนประกอบหลักของโปรแกรมโปรโมเดลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ แถบคำสั่ง (Build) ใช้สำหรับสร้างรายละเอียดทางกายภาพของระบบ และตรรกะของตัวแบบจำลองส่วนประกอบทางกายภาพของระบบ เช่น สถานีงาน ชิ้นส่วน เครื่องจักร หรือทรัพยากร ซึ่งสามารถใส่ชื่ออ้างอิงของส่วนประกอบในตัวแบบจำลองด้วยตัวอักษรและตัวเลขมากถึง 80 ตัวอักษร

1.1 Location โลเคชันเป็นคำสั่งใช้สำหรับการสร้าง และกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องจักรหรือสถานีงาน ใช้แสดงสถานีงานในระบบที่เอ็นทิตี (สิ่งที่เข้ามาในระบบ) ถูกส่งมาตามกระบวนการผลิตและผ่านไปตามโลเคชัน

1.2 Entities (or Parts) เอ็นทิตี หรือสิ่งที่เข้ามาในระบบ หมายถึง สิ่งที่กำลังถูกดำเนินการอยู่ในระบบโดยรวมถึงวัตถุดิบและงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work in Process) และผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จแล้ว โดยเอ็นทิตีที่สามารถปรับเปลี่ยน กำหนด และจัดรูปแบบได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดการแสดงขนาด ความเร็ว จำนวน ของวัตถุ ชิ้นงาน หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้ใช้กำหนดให้เป็นเอ็นทิตีไว้

1.3 Path Networks พาธเน็ตเวิร์ก เป็นการกำหนดเส้นทางผ่านที่เป็นไปได้ของเอ็นทิตี และทรัพยากรในระบบพาธเน็ตเวิร์ก ประกอบด้วยโหนด (Nodes) ที่สามารถเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายได้

1.4 Resources ทรัพยากร หมายถึง คน เครื่องจักร ยานพาหนะ หรือวัตถุดิบอื่นที่อาจถูกเรียกใช้หรือกำหนดเพื่อทำการ

- รับ-ส่งวัตถุดิบระหว่างเส้นทางของโลเคชัน
- ปฏิบัติการหรือทำการผลิตวัตถุดิบ ณ โลเคชันต่าง ๆ
- บำรุงรักษาเครื่องจักร

และผู้ใช้งานสามารถกำหนดให้มีการหยุดพัก (Brake) ของทรัพยากรที่เป็นคน หรือการหยุด/เสีย (Down) ของทรัพยากรที่เป็นเครื่องจักร

1.5 Processing (or Routing) ส่วนประกอบนี้จะเป็นตัวกำหนดลำดับการดำเนินการและตรรกะของเอ็นทิตี ระหว่างการไหลจากโลเคชันหนึ่งไปยังอีกโลเคชันหนึ่ง ซึ่งกำหนดจากการปฏิบัติการ (Operation) หรือชั่วโมงการให้บริการที่โลเคชัน ความต้องการทรัพยากร การดำเนินการเรื่องเหตุผล ความสัมพันธ์ เงื่อนไขของเส้นทาง (Move Logics) โดยกำหนดส่วนประกอบของกระบวนการ

1.6 Arrivals (or Production Schedule) การเข้ามาของสิ่งใหม่หรือวัตถุดิบ

ใหม่สู่ระบบ สามารถกำหนดการมาถึงของสิ่งที่เราสนใจในระบบ (Entities) โดยมีรายละเอียดในการกำหนดค่าต่อไปนี้

- จำนวนของเอ็นทิตีใหม่ Arrivals
- ความถี่ของ Arrivals
- โลเคชันของ Arrivals ที่เข้ามา
- เวลาที่ Arrivals แรกมาถึง
- การเกิดขึ้นทั้งหมดหรือจำนวนครั้งของ Arrivals

2. ส่วนประกอบเพิ่มเติมในการสร้างแบบจำลอง

โปรแกรมเดลมีส่วนประกอบเพิ่มเติมที่ใช้สำหรับตัวแบบ เพื่อใช้ในประโยคและนิพจน์เพื่อให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการตัดสินใจแบบพิเศษ และเหตุผลควบคุมในตัวแบบจำลอง ส่วนประกอบเหล่านี้รวมถึงค่าที่เปลี่ยนแปลงทางคุณลักษณะ หน้าที่ การกระจายแบบ User-Defined และการกำหนดราคา

โปรแกรมเดลมีส่วนประกอบทางตรรกะหลายชนิดที่ใช้งาน สามารถกำหนดให้กับตัวแบบจำลอง เช่น ส่วนประกอบของตัวแบบ ชื่อสำหรับส่วนประกอบเหล่านี้สามารถมีได้ถึง 80 ตัวอักษร และมีคำสั่งที่ใช้สำหรับการเข้าถึงส่วนประกอบเพิ่มเติมในการสร้างตัวแบบจำลอง

2.1 Attributes

ตัวแปร หรือคุณลักษณะเชิงคุณภาพ สำหรับเอ็นติตี้และโลเคชัน ที่สามารถกำหนดค่าให้เป็นได้ทั้งค่าที่เป็นจำนวนจริง หรือจำนวนเต็ม ชื่อของโลเคชัน ชื่อของทรัพยากร และชื่อของเอ็นติตี้ ก็สามารถปรับในส่วนนี้ได้

2.2 Variables

ตัวแปร หรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ถูกใช้สำหรับการตัดสินใจและรายงานค่าทางสถิติ ค่าของตัวแปรจะถูกประมวลผลในเวลาทั้งหมด และถูกแสดงเมื่อจบส่วนของการจำลองในรูปของอนุกรมเวลา การพลอต หรือฮิสโตแกรม

2.3 External Files

ลักษณะพิเศษที่สำคัญ และมีประสิทธิภาพมากอย่างหนึ่งของโปรแกรมเดล คือความสามารถในการอ่านข้อมูลจากต้นฉบับภายนอก หรือแฟ้มเอกสารภายนอก หรือเขียนข้อมูลถึงแฟ้มเอกสารภายนอก ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรมเดลสามารถอ่านการดำเนินการจากแฟ้มเอกสารภายนอกที่เป็น Microsoft Excel ได้ และสามารถทำการถ่ายโอนข้อมูล (Synchronize) จากโปรแกรมอื่น ๆ เช่น Quetech Workstudy เป็นต้น

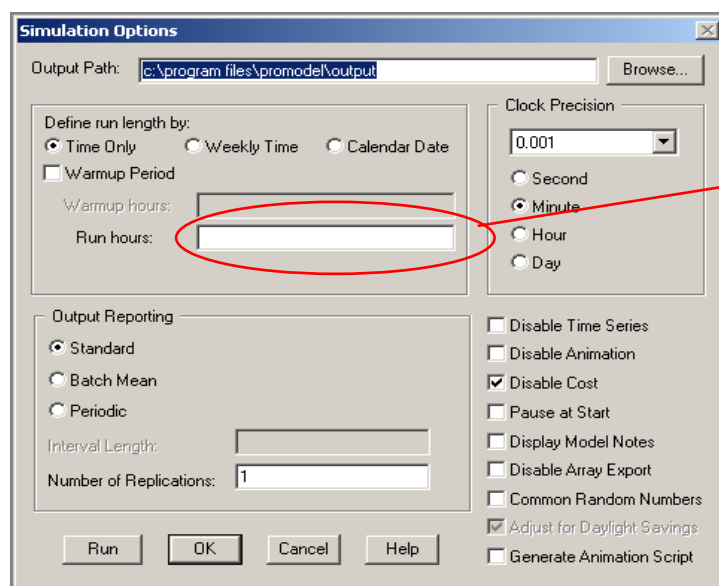
2.4 Graphics

ภาพกราฟฟิกในโปรแกรมโปรโมเดล เป็นภาพที่แสดงให้เห็นสภาพการทำงานจริง และสามารถสร้างได้ง่าย ภาพเคลื่อนไหวที่สามารถมองเห็นได้จริงช่วยให้การจำลองสถานการณ์สามารถปรับปรุงระบบการทำงานเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อต้องการสร้างปรับปรุงแก้ไข หรือเพิ่มภาพกราฟฟิกให้คลังภาพ (Graphic Library) ทำได้โดยเรียกใช้คำสั่งแก้ไขกราฟฟิก (Graphic Editor) ของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยชุดเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวาด เช่น ชุดของสีต่าง ๆ การให้ขนาด การหมุน การคัดลอก และยังสามารถนำเข้าไฟล์ภาพต่าง ๆ ที่เป็นสองมิติ หรือสามมิติ จากโปรแกรม จำพวกคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบมาสร้างเป็นภาพกราฟฟิกใหม่ได้ เช่น ภาพจากโปรแกรม AutoCAD เป็นต้น

โปรแกรมอื่น ๆ เช่น Quetech Workstudy เป็นต้น

2.5 Running the Simulation and Animation

การรันโปรแกรม และภาพเคลื่อนไหวของตัวแบบ สามารถกำหนดความยาวของระยะเวลาดังแสดงในภาพที่ 2.6 หรือจนกระทั่งเอ็นติตี้ทั้งหมดถูกดำเนินการ โดยตัวแบบสามารถทำงานได้โดยสามารถเลือกให้มีภาพเคลื่อนไหว หรือไม่มีก็ได้ ระหว่างการจำลองก็ยังสามารถมองเห็นสถานภาพของทรัพยากร หรือค่าของส่วนประกอบ ณ ปัจจุบันได้อีกด้วย



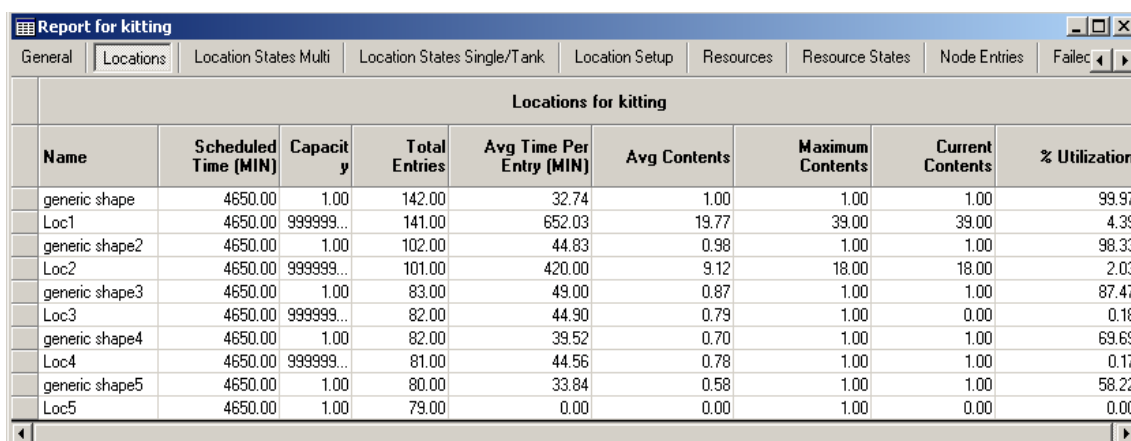
กำหนดชั่วโมง
การทำงานของระบบ

ภาพที่ 2.6

แสดงหน้าจอในแถบคำสั่ง Simulation ฟังก์ชัน Option

2.6 Output Reports

ใช้สำหรับแสดงค่าทางสถิติสำหรับทรัพยากร โลเคชัน เอ็นิตี และตัวแปรต่างๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทของการรายงานผลทางสถิติได้ตามต้องการ โดยอ้างอิงฐานข้อมูลของผลลัพธ์ที่สามารถส่งออกไปยังเอกสารภายนอกได้ ดังตัวอย่างการแสดงผลในภาพที่ 2.7



Report for kitting								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single/Tank	Location Setup	Resources	Resource States	Node Entries	Failed
Locations for kitting								
Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
generic shape	4650.00	1.00	142.00	32.74	1.00	1.00	1.00	99.97
Loc1	4650.00	999999...	141.00	652.03	19.77	39.00	39.00	4.39
generic shape2	4650.00	1.00	102.00	44.83	0.98	1.00	1.00	98.33
Loc2	4650.00	999999...	101.00	420.00	9.12	18.00	18.00	2.03
generic shape3	4650.00	1.00	83.00	49.00	0.87	1.00	1.00	87.47
Loc3	4650.00	999999...	82.00	44.90	0.79	1.00	0.00	0.18
generic shape4	4650.00	1.00	82.00	39.52	0.70	1.00	1.00	69.69
Loc4	4650.00	999999...	81.00	44.56	0.78	1.00	1.00	0.17
generic shape5	4650.00	1.00	80.00	33.84	0.58	1.00	1.00	58.22
Loc5	4650.00	1.00	79.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

ภาพที่ 2.7

แสดงหน้าจอแสดงผลการจำลองสถานการณ์ในแถบคำสั่ง Location

2.4.3 ขนาดของตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์ (Simulation Replication)

ในการทดลองด้วยการจำลองสถานการณ์นั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ 1 รอบถือเป็นข้อมูลจากการทดลอง 1 ตัวอย่าง ดังนั้น ขนาด ของตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสมจะช่วยคาดการณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นได้ดี และเนื่องจากในการจำลองสถานการณ์แต่ละครั้งนั้น ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันเสมอ อันเนื่องมาจากการที่ข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random Variability) ซึ่งเป็นไปตามหลักการตัวเลขสุ่ม (Random Number) คือ ตัวเลขแต่ละค่าที่ได้จากการสุ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และไม่มีความสัมพันธ์กัน (No Correlation) แม้ข้อมูลนั้นจะมีค่าเริ่มต้นเหมือนกัน และจะไม่เกิดการวนซ้ำของตัวเลขสุ่ม (Charles, 2004)

1. การประมาณประสิทธิภาพของข้อมูล

หากกำหนดให้จำนวนข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างนั้น มีจำนวน มาก

เพียงพอ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อประมาณค่ากลาง (Mean Value) หรือค่าคาดหวัง (Expected Value) ของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ จะสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) เช่น การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation) หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals)

1.1 การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation)

เป็นการประมาณค่าสำหรับข้อมูลที่สนใจ โดยเป็นการหาค่ากลาง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยในการหาค่ากลางของประชากรใช้สัญลักษณ์ μ ในขณะที่ค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างจะใช้สัญลักษณ์ $\bar{X}$ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.15)$$

เมื่อ X_i = ค่าสังเกตแต่ละค่า

n = จำนวนค่าสังเกต หรือขนาดตัวอย่าง

โดยค่ากลางของกลุ่มตัวอย่าง สามารถนำมาใช้แทนค่ากลางของประชากรได้

สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ การวัดการกระจายของข้อมูล โดยในการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรใช้สัญลักษณ์ σ ในขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจะใช้สัญลักษณ์ s ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.16)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง สามารถนำมาใช้แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรได้ และยังสามารถหาค่าความแปรปรวน (Variance) ได้โดยการยกกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย (s^2 หรือ σ^2)

1.2 การประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation)

เนื่องจากการประมาณค่าแบบจุด เป็นเพียงการวัดการกระจายของชุดข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถบอกความถูกต้อง (Accuracy) ของข้อมูลได้ ดังนั้น การประมาณค่าแบบช่วงโดยใช้ค่า $\bar{X}$ และ s จะสามารถบอกความคลาดเคลื่อนของค่า $\bar{X}$ ที่ได้จากการประมาณค่าแบบจุดที่คลาดเคลื่อนไปจากค่ากลางของประชากร μ ที่แท้จริงได้ โดยวิธีการที่ใช้สำหรับการ

ประมาณค่าลักษณะนี้เรียกว่า การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval Estimation)

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เป็นช่วงที่ค่ากลางแท้จริงตกอยู่ ซึ่งทราบระดับความเชื่อมั่นที่แน่นอน โดยที่ช่วงดังกล่าวจะมีลักษณะสมมาตรเมื่อให้ $\bar{X}$ เป็น แกนกลาง โดยระยะห่างจาก $\bar{X}$ ถึงจุดปลายแต่ละข้างเรียกว่า Half-Width (hw) โดยช่วงความ เชื่อมั่น หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ค่ากลางของประชากรซึ่งไม่ทราบค่า (μ) ตกอยู่ภายในช่วง $\bar{X} + hw$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวเรียกว่า ระดับความเชื่อมั่น

หากกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณค่า $\bar{X}$ และ s เป็นข้อมูลที่มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จะสามารถคำนวณหา ค่า hw สำหรับระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการได้จากสมการ ดังนี้

$$hw = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{\sqrt{n}} \quad (2.17)$$

เมื่อ $t_{n-1, \alpha/2}$ ได้จากการเปิดตารางการแจกแจงแบบ t (T-Distribution)

ที่องศาอิสระ (Degree of Freedom) $n-1$

ซึ่งค่า $\alpha/2$ ได้จาก $\alpha = 1 - P$ เรียก α ว่า ระดับ นัยสำคัญ โดยที่ P คือ ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หมายถึง ระดับความเสี่ยง หรือ ความน่าจะเป็นที่ค่ากลางของประชากร (μ) จะตกอยู่นอกช่วงความเชื่อมั่น ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ μ จะตกอยู่ในช่วงความเชื่อมั่น คือ $1 - \alpha$ จะได้ว่า

$$P(\bar{X} - hw \leq \mu \leq \bar{X} + hw) = 1 - \alpha$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ค่ากลางของประชากรซึ่งไม่ทราบค่า μ จะตกอยู่ในช่วงระหว่าง $\bar{X} - hw$ และ $\bar{X} + hw$ มีค่าเท่ากับ $1 - \alpha$ ซึ่งในกรณีนี้หมายถึงระดับความเชื่อมั่น คือ 100% แต่หากระดับความเชื่อมั่นคือ 95 % จะได้

$$\alpha = (1 - P) = (1 - 0.95) = 0.05$$

สามารถคำนวณหาค่า Half-width (hw) ได้จากสมการ (2.17) ดังนี้

$$hw = \frac{(t_{n-1, 0.05/2})s}{\sqrt{n}} = \frac{(t_{n-1, 0.025})s}{\sqrt{n}}$$

โดยความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น จะสามารถบอกความถูกต้องของการ ประมาณแบบจุดได้ ซึ่งหากต้องการระดับความเชื่อมั่นสูง ช่วงของความเชื่อมั่น (จาก $\bar{X} - hw$ ถึง $\bar{X} + hw$) จะแคบ โดยช่วงความเชื่อมั่นนี้ขึ้นอยู่กับความแปรผันของผลลัพธ์จากการจำลอง

สถานการณ์แต่ละรอบ และจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์ และจากสมการของการคำนวณหาค่า Half-width (hw) พบว่าการทำให้ความกว้างของ hw ลดลง หรือเพิ่มความถูกต้องของการประมาณค่า สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- เพิ่มจำนวนตัวอย่าง หรือเพิ่มจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์
- ลดความผันแปรของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

เมื่อพิจารณาจากทั้งสองวิธีข้างต้นนั้น จะพบว่าวิธีการควบคุมความผันแปรของผลลัพธ์นั้นกระทำไดยาก ในขณะที่การเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์สามารถทำได้ง่ายกว่า เนื่องจากโปรแกรม ที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ส่วนใหญ่จะมีคำสั่งสำหรับกำหนดจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์ไว้ให้ด้วย

2. การหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์

(Number of Replications)

จำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสม ควรสอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error, e) ที่กำหนด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์นี้ คือ ความแตกต่างระหว่างค่ากลาง $\bar{X}$ และ μ ที่กำหนดหรือยอมรับได้ ถ้า α คือความน่าจะเป็นที่ค่าความแตกต่างระหว่าง $\bar{X}$ และ μ จะเกินกว่าค่า e ที่กำหนด ซึ่งเทียบได้กับค่า hw ของช่วงความเชื่อมั่น ดังนั้นหากกำหนดให้ $e = hw$ และแก้สมการเพื่อหาค่า n จะได้สมการสำหรับหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์ที่ได้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และระดับนัยสำคัญที่กำหนด ดังนี้

$$hw = e$$

$$\frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{\sqrt{n}} = e$$

$$n = \left[\frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{e} \right]^2 = e \quad (2.18)$$

จากสมการข้างต้น จะพบว่ามีตัวแปร n อยู่ทั้งสองข้างของสมการ ดังนั้นจึงแทนค่า $t_{n-1, \alpha/2}$ ด้วย $Z_{\alpha/2}$ ที่ได้จากการแจกแจงแบบปกติซึ่งขึ้นอยู่กับการกับ α เพียงค่าเดียว และค่าจากตารางการแจกแจงของ $Z_{\alpha/2} = t_{\infty, \alpha/2}$ จะได้สมการใหม่เป็น

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2 \quad (2.19)$$

จากสมการนี้ค่า n' เป็นการประมาณจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์อย่างหยาบ ซึ่งจะได้จำนวนรอบที่เพียงพอต่อค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และระดับนัยสำคัญที่ต้องการ

และก่อนที่จะคำนวณด้วยสมการข้างต้นนี้ จะต้องมีการเก็บข้อมูลตัวอย่าง และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างแล้ว แต่สมมติฐานของ

สมการนี้ ซึ่งใช้ค่า $Z_{\alpha/2}$ กำหนดให้ใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับประชากร แต่เนื่องจากว่าการประมาณดังกล่าว เป็นเพียงการประมาณอย่างหยาบจึงสามารถใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างแทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับประชากรได้ ในกรณีที่ไม่ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับประชากรที่แท้จริง

ในกรณีที่ต้องการใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error, re) เป็นค่าเป้าหมายแทนการใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ซึ่งบางครั้งจะสะดวกในทางปฏิบัติมากกว่า จะได้ว่า $hw = re|\mu|$ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการประมาณแบบจุดที่เรียกว่า Percentage Error ซึ่งก็คือ ค่าของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์คูณด้วย 100 นั่นเอง

เมื่อต้องการหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสม สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าแบบจุดของค่ากลาง $\bar{X}$ ที่ระดับ Percentage Error ที่แน่นอนได้ สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})S}{\left(\frac{re}{(1+re)} \right) \bar{X}} \right]^2 \quad (2.20)$$

โดย พจน์ $\frac{re}{1+re}$ เป็นตัวคูณเพื่อปรับให้ค่าสอดคล้องกับความเป็นจริงและค่า re ที่ต้องการ อันเนื่องมาจากการใช้ค่ากลาง $\bar{X}$ แทนค่ากลาง μ

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญา (2545) ได้ศึกษาถึงแนวทางการวางแผนระดับสินค้าคงคลังและกำลังคนของอุตสาหกรรมอาหารประเภทหนึ่ง เพื่อสนองตอบต่อ อุปสงค์ของลูกค้าและให้ได้ระดับสินค้าคงคลังที่ดีที่สุด ด้วยการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถลดระดับสินค้าคงคลังลงเหลือ 35.22 เปอร์เซนต์ และค่าการใช้ประโยชน์ของพนักงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 25.48 เปอร์เซนต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลัง และวางแผนแรงงานการผลิต เนื่องจากต้นทุนการเก็บรักษาวัตถุดิบ และงานระหว่างทำที่ลดลง

คาราน้อย (2552) ได้ศึกษาถึงแนวทางการปรับเรียบการผลิต ในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งรับจ้างประกอบแผ่นวงจรมอนิเตอร์ โดยมุ่งเน้นลดชิ้นส่วนร ระหว่างกระบวนการผลิต (WIP)

เพื่อปรับปรุงการไหลของชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง โดยได้เสนอแนวทางการวางแผนการผลิตและจัดสรรทรัพยากรการผลิตด้านแรงงานเพื่อให้สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถลดชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) จากแบบเดิมที่ใช้การวางแผนการจัดสรรทรัพยากรการผลิตแบบรายสัปดาห์ได้ 15.51% และ 10.77% สำหรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

Masood (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิตของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อลดเวลาการทำงานรวม (Total Cycle Time) และเพื่อเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์เครื่องจักร โดยมีการตรวจสอบผลด้วยการจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Simul8 Software ซึ่งการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น ใช้การจัดลำดับการทำงานใหม่ในวิธีการปฏิบัติงานเดิม และในเครื่องมือเดิม โดยสามารถลด Cycle Time เดิมจาก 293.9 วินาที เหลือ 200 วินาที หรือคิดเป็น 32% และสามารถเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรขึ้น 65% ในทุกๆ สถานการณ์ โดยสถานการณ์ที่มีอัตราการใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ จากเดิม 48% เป็น 95% และด้วยการจัดสมดุลสายการผลิตนี้ ทำให้เกิดผลการเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรและมีอัตราผลผลิตที่สูงขึ้น โดยการแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือ และการจัดลำดับงานใหม่ ซึ่งทำให้สายการผลิตมีความสมดุลมากขึ้น

Liukkonen and Tuominen (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนผังการผลิตแมงวงจรถูกที่เหมาะสมของเครื่องจักรความเร็วสูง ในพื้นที่การผลิตเดิม ซึ่งมีขนาดใหญ่ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดขนาดพื้นที่ที่ใช้สำหรับการประกอบให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยผลในเบื้องต้นพบว่า เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตให้ผลที่เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ สามารถพัฒนาทั้งในด้านการลดเวลาการทำงาน และการลดลงของความไม่สมดุลของสายการผลิต และความแตกต่างอื่นๆ อีก เช่น ในด้านการจัดการการป้อนวัสดุเข้าเครื่องจักร หรือรูปแบบการเคลื่อนไหวโดยใช้ XY-Table ซึ่งโดยส่วนใหญ่ของโปรแกรมตามท้องตลาดมักจะมีความล่าช้าในการพิจารณาแผนผังการผลิต คือ เมื่อมีชิ้นส่วนจำนวนหนึ่งถูกเคลื่อนเข้าสู่เครื่องจักร การพิจารณาลำดับการทำงานเครื่องจักรแต่ละเครื่องจึงเพิ่งจะเริ่มดำเนินการ และในกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ การจัดสมดุลสายการผลิตแบบทำด้วยมือ และการปรับความเหมาะสมในการผลิตให้เกิดเวลาการทำงานที่เร็วที่สุด ได้ถูกนำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นับลำดับขึ้น โดยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตให้ผลที่พัฒนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในเบื้องต้น โดยทางคณะผู้วิจัยยังพบอีกว่า เวลาที่ใช้ในการจัดความเหมาะสมใช้เวลา 3 วันทำงานสำหรับวิศวกร 1 คน ซึ่งลดลงจากผล

เบื้องต้นที่ต้องใช้เวลาถึง 5 วันทำงาน และในอนาคตต้องมีการพัฒนาแนวทางการกระจาย ส่วนประกอบโดยใช้พื้นที่ที่เหมาะสม พร้อมทั้งการนับจำนวนชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของเครื่องจักรใน เวลาเดียวกัน เนื่องจากสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักในการจัดสมดุลสายการผลิต และเนื่องจากมีพื้นที่ การทำงานขนาดเล็ก ดังนั้น ชิ้นส่วนทุกชิ้นจะต้องถูกป้อนเข้าสู่เครื่องจักรแต่ละเครื่องด้วยความเร็ว สูงสุด และสิ่งที่ทางผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาต่อไป คือ การพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยลดงานที่เกิดจาก แรงงานคนลง เพื่อให้สายการผลิตเกิดความเหมาะสมสูงสุด

Verma, Gibbs and Gilgan (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการปรับรูปแบบหน้าที่ การทำงานที่มีความจำเป็นอย่างมากในธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการ สร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการในปัจจุบัน และกระบวนการใหม่ที่ได้รับการ พัฒนาขึ้น เพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกระบวนการ เวลาการรอคอย และการวัดอัตราผลผลิต โดยอธิบายให้เห็นภาพในรูปการจำลองสถานการณ์ ซึ่งผลที่ได้และ แนวทางที่ได้รับจะใช้สำหรับการดำเนินงานให้ถึงจุดหมายของงานระบบธนาคาร โดยงานวิจัยฉบับ นี้ใช้การวิเคราะห์ด้วย Service Model จากโปรแกรม PROMODEL ซึ่งสามารถสอบกลับข้อมูล แบบชุดเวลาของทุกเอ็นทิตี โคลเคชั่น และพารามิเตอร์ของตัวแบบได้ และผลก็เป็นไปอย่าง ที่ ทาง คณะผู้วิจัยได้คาดการณ์ไว้ คือ สถานะงานที่ปฏิบัติงานด้วยคนในกระบวนการปัจจุบันมีอัตราการใช้ ประโยชน์ของสถานะงานเข้าใกล้ 100% ซึ่งนั่นเป็นผลให้เกิดเวลาการรอคอยที่มากขึ้น และจากการ สังเกตกระบวนการจริงพบว่า ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับตัวแบบจำลองมาก นั่นคือ มีงานเข้าที่สถาน ะงานหนึ่งมาก ขณะที่อีกสถานะงานหนึ่งถูกใช้ต่ำกว่าอัตราการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ งานวิจัย ฉบับนี้ยังชี้ให้เห็นถึงคุณค่าของการจำลองสถานการณ์ ซึ่งใช้ในการออกแบบ และพัฒนา กระบวนการให้บริการที่ซับซ้อนได้ การเก็บข้อมูล การพัฒนาตัวแบบ และกา วิเคราะห์ผลการ จำลองสถานการณ์สามารถทำได้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 1 เดือน และทางคณะผู้วิจัยยัง เชื่อมั่นอีกว่า การสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์นั้น เป็นเครื่องมือที่มีคุณค่ามากสำหรับธุรกิจ ธนาคาร หรืออุตสาหกรรมบริการอื่นๆ เนื่องจากสามารถทำให้เห็นภาพลักษณะกระบวนการ บริการ และเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ซึ่งใช้สำหรับการจัดการ นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการจำลอง สถานการณ์ยังสมเหตุสมผล คือ ใช้เวลาน้อย ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าองค์กรทางธุรกิจจะใช้ตัวแบบนี้ เพื่อเป็นเครื่องมือหนึ่งในการจัดการในแต่ละวันได้