บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ ประกอบด้วย การศึกษาด้านเวลา การหาขนาดตัวอย่าง การหาเวลาปกติ เวลาเผื่อ เวลามาตรฐาน ทฤษฎี ECRS และการจัดสมดุลสายการผลิต

2.1.1 การศึกษาด้านเวลา

การศึกษาเวลา (TIME STUDY) คือ การหาเวลามาตรฐานในการทำงานของคนงานซึ่งในอัตราการทำงานปกติ โดยประโยชน์ของการศึกษาด้านเวลา มีดังนี้ (วันชัย, 2535)

1. เพื่อใช้หากำหนดการและการวางแผนการทำงาน/การผลิตใช้หาเวลาทำงานของคนงานในงานชิ้นหนึ่งๆ เพื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ

2. ใช้หาค่าใช้จ่ายมาตรฐาน และช่วยประมาณงบใช้จ่ายของชิ้นงาน หรือสินค้าที่ผลิตหรือสินค้าที่อาจจะผลิตในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาเวลาในอดีต เพื่อใช้ในการกำหนดราคาสินค้า

3. ใช้หาราคาของผลิตภัณฑ์ก่อนลงมือผลิตใช้เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการทำงานที่ดีกว่าโดยการหาเวลาต่างๆ ซึ่งยังช่วยหาต้นทุนการผลิตที่ต่ำได้อีกด้วย

4. ใช้หาประสิทธิภาพการทำงานของคน-เครื่องจักรใช้ช่วยในการกระจายน้ำหนักการทำงานให้สม่ำเสมอ

5. ใช้เวลาเป็นข้อมูลในการสมดุลสายการผลิต ช่วยตัดสินใจว่าแต่ละหน่วยงานต่างๆ ต้องการกำลังคนเท่าใด

6. หาเวลามาตรฐานที่ใช้เป็นตัวฐานในการจ่ายค่าตอบแทนใช้เป็นมาตรฐานในการฝึกคนงานใหม่และเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบระดับประสิทธิภาพในการทำงานเป็นตัวฐานในการจ่ายค่าตอบแทนในการตั้งผลงานมาตรฐานเพื่อเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบงานแต่ละคน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการให้รางวัล

7. หาเวลามาตรฐานสำหรับใช้ในการควบคุมค่าแรงทำให้การตั้งเป้าหมายการ

ผลิตเป็นไปตามต้องการและช่วยในการคำนวณหาวิถีวิกฤตในเรื่องของ Critlcal Path Analysis ช่วยในการคำนวณหาระดับกำลังการผลิตของโรงงานเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตและขยายกำลังการผลิตในอนาคต

ในการศึกษาเวลานั้น มีขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกงานที่จะศึกษาและเลือกคนที่เหมาะสม

การเลือกงานซึ่งเป็นทำนองเดียวกันกับการศึกษาวิธีการ (Method Study) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าคนที่ศึกษาเวลามีโอกาสน้อยมากที่จะเดินลงไปในแผนกต่างๆ แล้วเลือกงานอย่างสุ่มส่วนใหญ่แล้วมักจะเลือกงานชิ้นใดชิ้นหนึ่ง ที่เป็นเช่นนี้เพราะ

- งานชิ้นนั้นเป็นงานใหม่โรงงานไม่เคยทำมาก่อน (ผลิตภัณฑ์ใหม่ชิ้นส่วนใหม่หรือการทำงานใหม่)
- เกิดการเปลี่ยนวัสดุ หรือ วิธีการทำงาน ต้องใช้เวลามาตรฐานใหม่
- ได้รับคำร้องเรียนหรือวิจารณ์เกี่ยวกับเวลามาตรฐานเดิมจากคนงานหรือตัวแทน
- มีงานคอคอด (Bottle Neck) ที่จุดใดจุดหนึ่งของสายการประกอบงาน
- ต้องการหาเวลามาตรฐานเพื่อประยุกต์การจ่ายค่าแรงตามระบบเงินจูงใจ
- เครื่องจักรว่างเกินไปหรือ ให้ผลงานน้อยเกินไป ทำให้ต้องวิเคราะห์การทำงานใหม่
- ต้องการที่จะนำไปเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่มีคนเสนอขึ้นมา
- ค่าใช้จ่ายของงานนั้นสูงเกินไป

การเลือกพนักงานเพื่อทำการจับเวลาการทำงานของเรานั้น ควรเลือกพนักงานที่มีสุขภาพแข็งแรง มีความสามารถ ความชำนาญงานและมีทักษะในเกณฑ์ดีที่มีความซื่อตรง ระดับความเร็วในการทำงานควรอยู่ในระดับเฉลี่ย หรือสูงกว่าระดับเฉลี่ยเล็กน้อย ถ้าเลือกคนงานที่ทำงานช้าเกินไปหรือคนไม่ชำนาญงานจะทำให้เวลามาตรฐานที่ได้ยาวเกินควร ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาได้ภายหลังเมื่อเลือกได้พนักงานที่เหมาะสมแล้วจะต้องอธิบายเหตุผลที่ต้องจับเวลาการทำงานของเขาให้ทราบจนเป็นที่เข้าใจเพราะความไม่เข้าใจอาจทำให้เขาทำงานในสภาพไม่ปกติ เช่น ทำงานเร็วเกินไป หรือตั้งใจทำงานให้ช้าลงเพื่อให้มาตรฐานต่ำลง เมื่อทุกอย่างพร้อมแล้วก็เริ่มทำการจับเวลาโดยผู้จับเวลาควรยืนอยู่ด้านหลังด้านใดด้านหนึ่ง และอยู่ห่างออกไปพอสมควรที่จะไม่รบกวนการทำงานของคนงานผู้นั้น ผู้วิเคราะห์จะต้องบันทึกข้อมูลบนหัวกระดาษ และ

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ในการศึกษาเวลามาตรฐานการทำงานนี้ต้องทำหลังจากได้กำหนดการทำงานแล้ว ทั้งนี้เพราะว่าถ้าหากยังไม่ได้วิธีการทำงานที่ดีที่สุดแล้ว อาจจะค้นพบวิธีการนั้นภายหลัง โดยคนงานเอง หรือ ผู้เชี่ยวชาญก็ได้ทำให้ต้องหาเวลามาตรฐานใหม่

2. แบ่งงานที่จะศึกษาออกเป็นงานย่อย (Element) พร้อมกับบันทึกรายละเอียดการทำงานอย่างสมบูรณ์ งานย่อย (Elements) ในที่นี้หมายถึง หน่วยย่อยของงาน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนสามารถอธิบายและจับเวลาได้งานที่คนงานทำในหนึ่งรอบ จะถูกแบ่งออกเป็นงานย่อย (Elements) ได้หลายๆ งานผู้วิเคราะห์จะจับเวลาของแต่ละงานย่อย แทนการจับเวลาตลอดรอบการทำงาน แล้วนำงานย่อยแต่ละงานมารวมกันภายหลัง งานย่อยแบ่งออกเป็น 8 ชนิด คือ

- งานย่อยที่ทำซ้ำ (Repetitive Element) เป็นงานย่อยซึ่งเกิดในทุกๆ วัฏจักรของงาน
- งานย่อยบางครั้ง (Occasional Element) เป็นงานย่อยที่ไม่เกิดขึ้นในทุกๆ วัฏจักรแต่อาจเกิดเป็นระยะๆ ที่ไม่แน่นอน
- งานย่อยคงที่ (Constant Element) เป็นงานย่อยที่ระยะเวลาทำงานค่อนข้างแน่นอนไม่ว่าจะเป็นการทำครั้งไหนก็ตาม
- งานย่อยแปรค่า (Variable Element) เป็นงานย่อยที่ระยะเวลาทำงานแปรปลี่ยนไปตามคุณสมบัติของวัสดุผลิตภัณฑ์ และวิธีการ
- งานย่อยทำด้วยมือ (Manual Elelment) เป็นงานย่อยที่ใช้คนทำ
- งานย่อยทำด้วยเครื่องจักร (Machine Element) เป็นงานย่อยที่ใช้เครื่องจักรช่วย
- งานย่อยบังคับ (Governing Elemnet) เป็นงานย่อยที่มีระยะเวลานานกว่างานย่อยอื่นที่อยู่ในงานชิ้นเดียวกัน
- งานย่อยปะปน (Foreign Element) เป็นงานย่อยที่พบในขณะศึกษาแต่หลังจากวิเคราะห์แล้วพบว่าไม่จำเป็นต้องทำ

หลักเกณฑ์ในการแบ่งงานย่อย มีดังนี้

- แยกงานที่คนเป็นผู้ควบคุมออกจากงานที่เครื่องจักรควบคุมให้ชัดเจนการศึกษาเวลา เป็นการศึกษาบทบาทของคนจึงต้องแยกศึกษางานสองแบบด้วยวิธีที่ต่างกัน

- แยกงานที่เกิดประจำออกจากงานที่ทำเป็นครั้งคราวออกให้ชัดเจน งานที่ทำเป็นประจำ (Regular Elements) เป็นงานที่เกิดขึ้นทุกๆ รอบการทำงาน เช่น การใส่วัสดุและการปลด

วัสดุออกจากเครื่อง เป็นต้น ส่วนงานที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (Irregular Elements) นั้น ไม่ได้เกิดขึ้นทุกๆ รอบการทำงาน เช่น การตั้งเครื่องจักร (Setup) การเปลี่ยนมีดกลึง หรือการเป่าลมทำความสะอาด เป็นต้น งานที่ทำเป็นครั้งคราวนี้จะแยกจับเวลาต่างหากแล้วนำมาเฉลี่ยรวมเข้าไปภายหลัง

- แยกงานที่ไม่จำเป็น และงานที่จำเป็น งานที่ไม่จำเป็น คือ ความล่าช้าต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดในขณะที่ทำงานจึงจำเป็นต้องแยกงานล่าช้าออกจากการทำงานปกติเวลาที่เกิดจากความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จะนำมารวมภายหลังในภาพของเวลาลดหย่อน ส่วนความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงได้ ให้ทำการกำจัดออกเสียด้วยวิธีการปรับปรุงการทำงาน

- เวลาของงานย่อยแต่ละงานควรสั้น แต่ไม่สั้นเกินไปนับเวลาไม่ทัน เวลาของงานย่อยควรอยู่ระหว่าง 0.04 นาที (2.4 วินาที) จนถึง 0.33 นาที (20 วินาที) ถ้าเวลาของงานย่อยสั้นเกินไปให้รวมงานย่อยที่ต่อๆ กันหลาย ๆ งานเข้าด้วยกันจนกินเวลาพอที่จะจับเวลาได้ทันงานย่อยแต่ละงานจะต้องมีจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดที่เห็นได้ชัด

- งานย่อยแต่ละงานต้องเป็นงานย่อยที่แน่นอน ซึ่งจะทำให้เปรียบเทียบผลได้ง่ายและหากมีข้อมูลมากๆ ครั้ง จะทำให้สามารถตั้งเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อยได้

3. ทำการสังเกตและจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนของงานย่อย การจับเวลาที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 วิธี คือ การจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing) และการจับเวลาแบบเข็มดีดกลับ (Snapback Timing หรือ Repetitive Timing)

การจับเวลาแบบต่อเนื่อง ผู้วิเคราะห์จะเริ่มจับเวลาเมื่องานย่อยแรกเริ่มขึ้น แล้วปล่อยให้นาฬิกาจับเวลาเดินไปเรื่อยๆ เมื่อสิ้นสุดงานย่อยที่ 1 ก็อ่านค่าเวลา และจดบันทึกลงในแบบฟอร์มบันทึกเวลา โดยไม่ต้องหยุดเวลาไว้ เมื่อสิ้นสุดงานย่อยถัดไปก็อ่าน และบันทึกค่าเวลาจากนาฬิกาเวลาที่บันทึกนี้จะต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เป็นเวลาสะสม ถ้าจะหาเวลาของแต่ละงานย่อยก็นำมาหักลบกันอีกทีหนึ่ง

การจับเวลาแบบเข็มดีดกลับเป็นการจับเวลาของแต่ละงานย่อยเลย โดยผู้วิเคราะห์จะเริ่มจับเวลาเมื่องานย่อยแรกเริ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดงานย่อยก็อ่านค่าเวลา และจดในแบบฟอร์มบันทึกเวลา ในขณะที่อ่านค่าเสร็จก็กดปุ่มบังคับการทำงานของนาฬิกาให้เข็มดีดกลับไปที่ 0 จนกระทั่งเสร็จงานย่อยที่ 2 จึงอ่านค่าเวลา บันทึกและตั้งเข็มไปที่ 0 ใหม่ การจับเวลาแบบนี้ทำให้ได้ค่าเวลาที่แท้จริงของแต่ละงานย่อยเลยโดยไม่ต้องทำการหักลบภายหลัง โดยวิธีนี้ขณะอ่านค่าเวลาแล้วกดปุ่มให้เข็มดีดกลับนั้น คนงานก็ทำงานย่อยต่อไปอย่างต่อเนื่องอาจทำให้เวลาที่ได้คลาดเคลื่อนเล็กน้อย

4. นำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้มาคำนวณจำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา

5. ทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของคนงาน

6. คำนวณหาเวลาปกติ (Normal Time)

7. คำนวณหาเวลาลดหย่อน (Allowance Time)

8. คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

รายละเอียดของขั้นตอนที่ 4-8 นั้นจะแสดงในส่วนต่อไป โดยวิธีการศึกษาเวลาที่นิยมใช้กันมากที่สุดวิธีหนึ่งก็คือ การจับเวลาโดยตรง (Direct Time study) โดยอาศัยการจับเวลาด้วยเครื่องมือบันทึกเวลา และแผงบันทึกข้อมูล และอาจมีกล้องถ่ายภาพยนตร์ด้วยในบางกรณี ผู้ที่ทำการจับเวลาจะเข้าไปจับเวลาในบริเวณที่พนักงานทำงานวิธีนี้มีข้อเสียที่ว่า พนักงานที่ถูกทำการศึกษาอยู่นั้นอาจจะไม่ทำงานในลักษณะปกติของเขาเอง อาจจะเร่งทำงานเร็วขึ้นหรือทำงานช้ากว่าปกติก็ได้ ดังนั้น ก่อนที่จะทำการศึกษาเวลาโดยวิธีนี้ผู้ศึกษาจะต้องอธิบายให้พนักงานทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาก่อน

2.1.2 **ทฤษฎีการหาขนาดตัวอย่าง** (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2528)

การหาขนาดตัวอย่างในการบันทึกเวลา โดยทั่วไปเมื่อเราบันทึกเวลาเราจะพบว่าโอกาสที่จะบันทึกเวลาให้สามารถจับเวลาของงานย่อยแต่ละงานให้มีค่าเวลาเดียวกันทุกๆ ครั้งที่ทำการจับเวลานั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากความผิดพลาดในการจับเวลาหรือความไม่สม่ำเสมอในการทำงานของคนงานหรือเพราะความแปรผันด้านอื่นๆ ของงานแต่ละงานนั้นความแตกต่างของเวลาที่ใช้ทำงานย่อยชนิดเดียวกัน ถ้ามากความเชื่อถือได้ของข้อมูลย่อมน้อยลง ฉะนั้นจำนวนข้อมูลจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ข้อมูลเชื่อถือได้ ดังนั้น จำนวนตัวอย่างในการจับเวลาจึงต้องมากตามไปด้วย แต่ถ้าเวลามีความแตกต่างกันน้อยจำนวนตัวอย่างในการจับเวลาก็น้อยตามไปด้วย

ขนาดตัวอย่างในการจับเวลาของแต่ละงานย่อยขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อถือได้ของข้อมูลและการยอมให้มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด โดยปกติทั่วไปจะใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และความผิดพลาดที่ ±5% การคำนวณหาขนาดตัวอย่างในการจับเวลาอาศัยหลักสถิติเข้ามาช่วยโดยถือว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ดังนี้

เราจะสมมุติว่าค่าแตกต่างในการบันทึกเวลาแต่ละครั้งนั้นเกิดจากสาเหตุของโอกาสเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ค่า Standard Error ของ Mean ของแต่ละงานย่อยย่อมเท่ากับ

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma'^2 + \sigma'^2 + \ldots\ldots + \sigma'^2}{N'^2}$$

$$= \frac{N' \cdot \sigma^2}{N'^2}$$

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N'}} \qquad (1)$$

โดยที่ $\sigma_{\bar{X}}$ = Standard Deviation of Distribution of Means

แต่ค่า Standard Deviation (σ) ก็คือ ค่า Root Mean Square Deviation ของค่าที่อ่านได้จากค่าเฉลี่ยนั่นคือ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N}} \qquad (2)$$

แต่ $\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$

แทนค่า $\bar{X}$ ลงในสูตร (2) จะได้

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N}\right) - \left(\frac{\sum x}{N}\right)^2}$$

$$\sigma = \frac{1}{N}\sqrt{N\sum x^2 - \left(\sum x^2\right)}$$

ถ้า $\sigma = \sigma'$

แทนค่า σ ในสูตร (1) จะได้

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\frac{1}{N}\sqrt{N\sum x^2 - \left(\sum x^2\right)}}{\sqrt{N'}}$$

X คือ เวลาของงานย่อยเดียวกันในแต่ละรอบ

N คือ จำนวนรอบที่ทดลองจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องทดลองจับเวลา

N' คือ จำนวนรอบที่ต้องจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องจับเวลาในการจับเวลาของงานชิ้นหนึ่งๆ ผู้ทำการจับเวลาจะต้องตัดสินใจว่าจะให้ข้อมูลที่ได้มีค่าความ คลาดเท่าใดปกกติมักตั้งค่าความคลาดเคลื่อนไว้ $\pm$5% โดยให้มีระดับความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 95% นั่นคือเรามีโอกาสอย่างน้อย 95 จาก 100 ที่ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$5% จากค่าที่เป็นจริง ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างมีมากกว่า 30 ข้อมูล จะมีลักษณะของการแจกแจงเป็นปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น 95% คือ พื้นที่ใต้ Curve ซึ่งจะตรงกับค่า $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือเท่ากับ $Z_{0.975}$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{\bar{x}-\mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 5% นั่นคือ $\left| \bar{X} - \mu \right| = 0.05\bar{X}$

$$\therefore \ 0.05\bar{X} = Z_{0.975} \times \sigma_{\bar{X}}$$

$$\therefore \ 0.05\frac{\sum X}{N} = 1.96 \times \sigma_{\bar{X}}$$

$$\therefore \ 0.05\frac{\sum X}{N} = 2\frac{\frac{1}{N}\sqrt{N\sum X^2 - \left(\sum X^2\right)}}{\sqrt{N'}}$$

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N\sum X^2 - \left(\sum X^2\right)}}{\sum X}\right]^2$$

ขณะเดียวกันสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหรือ Relatitive Accuracy ได้จากสูตร

$$rel.Acc = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sigma_{\bar{x}}}{\bar{X}} x\,100\%$$

ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างที่เก็บบันทึกเวลามีจำนวนน้อย จะมีการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\left(\sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}\right)}{n-1}} \qquad (3)$$

การคำนวณหาขนาดตัวอย่างโดยการประมาณจากการใช้ค่าพิสัยโดยหลักทางสถิติ อาศัยหลักการขั้นพื้นฐานของสูตรความเบี่ยงเบน (วันชัย ริจิรวนิช, 2535)

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\overline{H\text{-}L}}{d_2}$$

$\bar{R}$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิสัย

d_2 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง

H คือ ค่ามากสุดของตัวอย่างในชุดของงานย่อยชิ้นนั้น

L คือ ค่าน้อยสุดของตัวอย่างในชุดของงานย่อยชิ้นนั้น

$\overline{H\text{-}L}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่ามากสุดและค่าน้อยสุดในชุดของงานย่อย

หมายเหตุ* $\overline{H\text{-}L}$ คือ R สำหรับตัวอย่างชุดเดียว และค่า R ก็เป็นค่าเฉลี่ย $\bar{R}$ ด้วยทำนองเดียวกัน ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ อาจหาได้โดยประมาณจาก

$\overline{X} = \frac{\overline{H+L}}{2}$ สำหรับตัวอย่างหลายๆ ชุด

$\overline{X} = \frac{H+L}{2}$ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว

ในการจะใช้ค่า SD ที่สุดเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ต้องเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย $SD_{\bar{x}}$ ซึ่งมีค่า

$$SD_{\bar{x}} = \frac{\bar{R}}{d2\sqrt{n}}$$ เมื่อ n เป็นจำนวนครั้งที่จับเวลาในชุด

ถ้าระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ 5% ของ $\overline{X}$ จะมีค่า = $2SD_{\bar{x}}$

$$0.05\frac{\overline{H+L}}{2} = 2\frac{\overline{H-L}}{d_2\sqrt{n}}$$

$$\sqrt{n} = \frac{4\left(\overline{H-L}\right)}{0.05d_2\left(\overline{H+L}\right)}$$

ในที่นี้ค่า n คือค่าที่ต้องการทราบหรือขนาดตัวอย่างนั่นเอง

ขณะนี้ค่า n อยู่ในเทอมของ $\frac{\overline{H-L}}{\overline{H+L}}$ เพื่อให้ง่ายเข้าในการคำนวณค่าของสำหรับ

ตัวอย่างชุดละ 5 หรือ 10 ในงานย่อยเพื่อให้กับสมการและค่า n ที่จะต้องหาตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

จำนวนตัวอย่างที่ต้องการสำหรับความผิดพลาด ±5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$\frac{H-L}{H+L}$	ข้อมูลจากตัวอย่างจำนวน		$\frac{H-L}{H+L}$	ข้อมูลจากตัวอย่างจำนวน		$\frac{H-L}{H+L}$	ข้อมูลจากตัวอย่างจำนวน	
	5	10		5	10		5	10
0.05	3	1	0.21	52	30	0.36	154	88
0.06	4	2	0.22	57	33	0.37	162	93
0.07	6	3	0.23	63	36	0.38	171	98
0.08	8	4	0.24	68	39	0.39	180	103
0.09	10	5	0.25	74	42	0.4	190	108
0.10	12	7	0.26	80	46	0.41	200	114
0.11	14	6	0.27	86	49	0.42	210	120
0.12	17	10	0.28	93	53	0.43	220	126
0.13	20	11	0.29	100	57	0.44	230	132
0.14	23	13	0.3	107	61	0.45	240	138
0.15	27	15	0.31	114	65	0.46	250	144
0.16	30	17	0.32	121	69	0.47	262	150
0.17	34	20	0.33	129	74	0.48	273	156
0.18	38	22	0.34	137	78	0.49	285	163
0.19	43	24	0.35	145	83	0.50	296	170
0.20	47	27						

วิธีใช้ตารางนี้ คือ ค่า H-L จากตัวอย่าง 1 ชุดใช้แทนค่า H-L และ H+L ใช้แทนค่า H+L แล้วเอาค่า H และ L จากค่าที่เราอ่านไว้ในการจับเวลาครั้งแรก 5 ครั้ง หรือ 10 ครั้ง ของงานย่อย แล้วหาค่า (H-L)/(H+L) จากค่าที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับค่าที่เขียนไว้ในตารางที่ 2.1

ทฤษฎีการประเมินประสิทธิภาพในการทำงาน (Determining The Rating Factor) วิธีที่ดีที่สุดควรเลือกพนักงานที่มีทักษะในการทำงานอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยและให้ความพยายามในการทำงานพอประมาณเมื่อเทียบกับพนักงานทั้งหมดและทำงานด้วยวิธีการมาตรฐานที่กำหนดควรจะเป็นพนักงานทีมีประสิทธิภาพในการทำงาน 100% แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ยากเนื่องจากความสามารถในการทำงานของพนักงานของละคนแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความชำนาญและความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น ดังนั้น ในการจับเวลาการทำงานของพนักงานแต่ละครั้งจะต้องมีการประเมินอัตราการทำงานของพนักงานในขณะนั้น เพื่อใช้เป็นค่าปรับเวลาที่ได้ให้เป็นเวลาสภาวะปกติ (ประสิทธิภาพ = 100%)

การประเมินอัตราการทำงานโดยการใช้คะแนนสเกลการประเมิน (Scale Rating) ซึ่งจะกำหนดได้หลายระบบ เช่นระบบ 60-80, 75-100, 100-133 และ 0-100 ส่วนสเกล 0-100 มีส่วนดีตรงที่ง่ายในการเข้าใจ

ตารางที่ 2.2

ตารางประเมินอัตราการทำงาน

ค่าสเกล	อัตราการทำงาน
0	ไม่ได้ทำอะไร
50	ทำงานช้ามาก
75	ทำงานสม่ำเสมอ ไม่เร่งรีบ
100	อัตราการทำงานปกติ
125	เร่ง เชื่อมั่น และเร่งรีบ
150	เร็วมากมีความพยายามและสนใจสูง

การใช้สเกลเป็นองค์ประกอบการประเมินคือ

เวลาปกติ = เวลาเลือก x ค่าสเกล/100

2.1.3 การหาเวลาปกติและเวลามาตรฐาน (Nomal Time and Standard Time)

หลังจากได้เวลาตามจำนวนที่เหมาะสมและทราบอัตราการทำงานของพนักงานแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การคำนวณหาค่าเวลาปกติของแต่ละงานย่อย โดยสมการ (วิจิตร, 2535)

เวลาปกติ = เวลาเลือกx ค่าสเกล/100

การคำนวณหาเวลาเผื่อ (Allowance Time)

ในการทำงานใดๆ ก็ตาม แม้ว่าจะผ่านการออกแบบวิธีการทำงานให้ดีที่สุด แต่พนักงานก็ยังเกิดความเมื่อยล้า และความเครียดขึ้นได้ นอกจากนี้ยังต้องการเวลาในการทำกิจส่วนตัว เช่น ดื่มน้ำ ไปห้องน้ำ เป็นต้น การหาค่าเวลาปกติ (Normal Time) ไม่ได้รวมเวลาเผื่อไว้ด้วยก่อนที่จะหาเวลามาตรฐานของการทำงานนั้น ต้องบวกเวลาเผื่อให้กับเวลาปกติก่อน ซึ่งเวลาเผื่อนี้แบ่งออกได้เป็น

ก. เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า (Delay Allowance) แบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. แบบหลีกเลี่ยงได้ (Unavoidable Delays) อาจเกิดขึ้นได้ทุกขณะ และไม่สามารถคาดเดาได้ เช่นเครื่องจักรเสีย วัสดุเสื่อมสภาพ พนักงานเกิดความไม่พร้อมฉับพลันหรืออุปสรรคบางอย่างเป็นต้น

2. แบบหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Avoidable Delays) มักเกิดจากการทำงาน เช่นการปรับเครื่องจักร การทำความสะอาดหรือการเปลี่ยนเครื่องมือ เป็นต้น ความล่าช้าประเภทนี้จะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นได้น้อยมาก หากมีการจัดลำดับให้ดีหรือนำอุปกรณ์พิเศษมาช่วยในการทำงาน

ข. เวลาเผื่อสำหรับบุคคล (Personal Allowance)

เวลาเผื่อให้พนักงานทำกิจส่วนตัวเช่น ไปห้องน้ำ ต้องการหยุดพัก การดื่มน้ำ เป็นต้น สภาพการทำงานแต่ละอย่างเป็นสาเหตุของการใช้เวลาส่วนตัวไม่เหมือนกัน เช่น การทำงานในห้องปรับอากาศ อาจจะไม่ดื่มน้ำบ่อยแต่ไปห้องน้ำบ่อย งานที่ใช้กำลังมากและงานในสถานที่ทำงานที่ร้อนอาจต้องดื่มน้ำบ่อย การพิจารณาให้เวลาเผื่อนี้ต้องพิจารณาสภาพการทำงานประกอบ โดยทั่วไปแล้ว เวลาเผื่อส่วนบุคคลจะคิดให้ประมาณ 2-5% ต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงหรือประมาณ 10-24 นาที แต่ในงานที่ค่อนข้างหนัก หรืองานในที่ร้อนอาจเพิ่มให้มากกว่า 5% ได้

ค. เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้า (Fatigue Allowance)

เวลาเผื่อสำหรับความเหนื่อยล้าเนื่องจากการทำงาน เมื่อพนักงานทำงานหนัก หรือทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความร้อนสูง ความชื้น ฝุ่นละออง และเสียงอึกทึกต่างๆ จะทำให้พนักงานเกิดความเครียด ร่างกายเกิดความเมื่อยล้า และต้องการพัก ผ่อนให้ร่างกายกลับสู่สภาวะปกติ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าเวลาเผื่อประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ความแข็งแรงของพนักงาน ระยะเวลาในการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานแต่ในสภาพของการทำงานปัจจุบันความเหนื่อยล้าแทบจะไม่มีผลต่อการทำงานเลยเพราะสภาพการทำงานได้ถูกปรับปรุงจนเหมาะสมที่สุดแล้ว และในการทำงานธรรมดาในอัตรา 8 ชั่วโมง/วัน นั้นผลผลิตที่ได้สูงกว่าการทำงาน 9 ชั่วโมง/วัน การปรับค่าเผื่อสำหรับความเครียด หรือความเหนื่อยล้านี้ส่วนใหญมักได้จากการทดลองเปลี่ยนระยะเวลาของการพักไปเรื่อยๆ แล้วดูผลงาน ซึ่งบางแห่งสามารถจะสร้างออกมาเป็นตารางเฉพาะสำหรับงานในโรงงานของตนเองอย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้โรงงานทั่วไปมักมีเวลาพักเหนื่อยประมาณ 5-15 นาที ในช่วงครึ่งเช้าและครึ่งบ่ายของการทำงานเพื่อให้พนักงานและคนงานได้คลายความเครียดอยู่แล้ว เวลาพักช่วงสั้นๆ นี้มีประโยชน์คือ

- ลดความแตกต่างในความสามารถของการทำงานของพนักงานตลอดวันและช่วยให้ระดับการทำงานใกล้จุดสูงสุดเสมอ
- ลดความซ้ำซากจำเจของงาน
- ให้พนักงานได้ฟื้นตัวจากความล้าของกล้ามเนื้อบางกลุ่ม
- ลดการเสียเวลาที่พนักงานจะต้องพักในระหว่างการทำงานลง

ในโรงงานซึ่งไม่ได้ใช้ระบบการจ่ายเงินรางวัลจากผลงาน เวลาพักนี้จะรวมเข้าในเวลาทำงานแต่โรงงานซึ่งมีการใช้ระบบการจ่ายเงินรางวัลค่าเผื่อของความเหนื่อยล้านี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณเวลามาตรฐาน และพนักงานจะไม่ได้รับสิทธิในการเอาเวลาพักนี้ไปรวมกับเวลางานปกติ

ในกรณีที่มีการทำงานและเกี่ยวข้องกับการต้องใช้เวลาเผื่อสำหรับความเครียดทางร่างกาย ILO ได้สรุปผลของเวลาเพื่อเป็น % Normal Time ไว้ดังตารางที่ 2.1

การคำนวณหาเวลาเผื่อจะอ้างอิงโดยใช้เวลาเผื่อมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดย ILO (Intenational Labor Office) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และเมื่อนำมาใช้กับสภาวะการทำงานของสายการประกอบรางเลื่อนเบาะรถยนต์สามารถหาเวลาเผื่อ (Allowance) ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในการหาอัตราการทำงาน (Rating) จะใช้วิธีประเมินอัตราการทำงาน “Westing

House System to Rating" ดังตารางที่ 2.3 โดยอาศัยองค์ประกอบ 4 ตัวช่วยในการพิจารณา ดังนี้

1. ความชำนาญ (Skill)

2. ความพยายาม (Effort)

3. สภาพการทำงาน (Conditions)

4. ความสม่ำเสมอในการทำงาน (Consistency)

สำหรับในงานย่อยได้กำหนดค่าประเมิน ดังนี้

- ด้านความชำนาญ คะแนน C1 = +0.06 (Good)
- ด้านความพยายาม คะแนน B2 = +0.08 (Excellent)
- ด้านสภาพการทำงาน คะแนน D = 0.000 (Average)
- ด้านความสม่ำเสมอในการทำงาน คะแนน C = +0.01 (Good)

ดังนั้น อัตราการทำงาน (Rating) = 0.06 + 0.08 + 0.00 + 0.01 = 0.15

การกำหนดเวลาเผื่อหรือเวลาลดหย่อน (Allowance Time) การทำงานทุกอย่างไม่ใช่จะทำโดยไม่มีการหยุดพักผ่อน หรือ เกิดเหตุล่าช้าเลย ดังนั้นจึงต้องมีเวลาเผื่อไว้สำหรับกรณีต่างๆ ซึ่งสมเหตุผล เวลาเผื่อที่ยอมให้มีอยู่

<u>เวลาเผื่อคงที่</u>

- เวลาเผื่อสำหรับทำกิจธุรส่วนตัวการศึกษานี้กำหนดให้ = 5%
- เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าการศึกษานี้กำหนดให้ = 4%

<u>เวลาเผื่อผันแปร</u>

- เวลาเผื่อสำหรับการยืนการศึกษานี้กำหนดให้ = 2%
- เวลาเผื่อสำหรับท่าทางที่ผิดปกติการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%
- เวลาเผื่อเกี่ยวกับกล้ามเนื้อการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%
- เวลาเผื่อสำหรับแสงสว่างการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%
- เวลาเผื่อสำหรับอากาศร้อนชื้นการศึกษานี้กำหนดให้ = 5%
- เวลาเผื่องานที่ต้องเอาใจใส่การศึกษานี้กำหนดให้ = 2%
- เวลาเผื่อสำหรับระดับเสียงปกติการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%
- เวลาเผื่อสำหรับความตึงเครียดทางจิตใจการศึกษานี้กำหนดให้ = 1%
- เวลาเผื่อความซ้ำซากการศึกษานี้กำหนดให้ = 1%
- เวลาเผื่อความน่าเบื่อการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%

- เวลาเผื่อการใช้สายตาการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%

- เวลาเผื่อสำหรับเครื่องป้องกันอันตรายการศึกษานี้กำหนดให้ = 0%

ดังนั้น รวมเวลาเผื่อทั้งหมดเท่ากับ 5+4+2+5+2+1+1 = 20% ของเวลาปกติ

การคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

หลังจากทราบค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเวลาเผื่อ (Allowance Time) แล้ว สามารถคำนวณค่าเวลามาตรฐานของการทำงานได้โดย

Standard Time = Normal Time x (Normal Time + % Allowance)/100

เมื่อ Standard Time = เวลามาตรฐาน

Normal Time = เวลาปกติ

% Allowance = เวลาเผื่อ

เวลาปกติ (Normal Time)

เวลาปกติ = เวลาเลือก x ค่าสเกล/100

= 22.11 x (100/100)

= 22.11 วินาที

เวลามาตรฐาน (Standard Time)

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + (เวลาปกติ x % ของเวลาเผื่อ)/100

= 22.11 + (22.11 x 20%)/100

= 22.11 + 3.31

= 26.53

ตารางที่ 2.3

คะแนนขององค์ประกอบต่างๆ ในการประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ

Westing House System

Skill	Effort
+ 0.15 A1	+ 0.13 A1 Excessive
+ 0.13 A2	+ 0.12 A2
+ 0.11 B1 Excellent	+ 0.10 B1 Excellent
+ 0.08 B2	+ 0.08 B2
+ 0.06 C1 Good	+ 0.05 C1 Good
+ 0.03 C2	+ 0.02 C2
+ 0.00 D Average	+ 0.00 D Average
- 0.05 E1 Fair	- 0.04 E1 Fair
- 0.10 E2	- 0.08 E2
- 0.16 F1 Poor	- 0.12 F1 Poor
- 0.22 F2	- 0.17 F2
Condition	**Consistency**
+ 0.06 A Ideal	+ 0.04 A Perfect
+ 0.04 B Excellent	+ 0.03 B Excellent
+ 0.02 C Good	+ 0.01 C Good
0.00 D Average	0.00 D Average
- 0.003 E Fair	- 0.02 E Fair
- 0.007 F Poor	- 0.04 F Poor

2.1.4 ทฤษฎีของ ECRS

ECRS ประกอบด้วย Eliminate, Combine, Rearrange, และ Simplify ซึ่งแต่ละตัวมีความหมาย ดังนี้

Eliminate (E) - เป็นการตัดทอนงานที่ไม่จำเป็นออกโดยค้นหาจุดประสงค์ของงาน ด้วยมีงานจำนวนมากที่ถูกทำไปโดยไม่เกิดประโยชน์อันใดภาพแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปรับปรุงงานการกำจัดความสูญเปล่า

Combine (C) - การผสมผสาน โดยปกติกระบวนการทำงานบางครั้งเราสามารถทำงานให้ง่ายขึ้น โดยการผสมผสานองค์ประกอบของงาน ช่วยให้ลดขั้นตอนของงานบางส่วนลงได้ และมีอยู่บ่อยที่พบว่าวิธีการใหม่ที่ได้จากการผสมผสานนี้ทำให้งานทั้งระบบง่ายขึ้น ในการรวมงานเข้าด้วยกันได้หรือไม่อาจจะพิจารณาถึง การออกแบบสถานีการทำงาน และจัดเครื่องใหม่ โดยการเปลี่ยนลำดับการทำงานใหม่ โดยการออกแบบชิ้นส่วนใหม่

Rearrange (R) - การจัดลำดับงานใหม่ เราอาจคงลำดับขั้นตอนการผลิตเหมือนเดิมก็ได้ แต่ก็ต้องพิจารณาด้วยว่าขั้นตอนต่างๆ ที่ดำเนินอยู่นั้นถูกต้องดีหรือยังบางครั้งการเปลี่ยนลำดับการทำงานบางขั้นตอนอาจช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น

Simplify (S) - การทำให้ง่ายโดยเมื่อพิจารณาถึงการกำจัด การผสมผสานและการจัดลำดับใหม่ควรพยายามจัดการองค์ประกอบของงานส่วนที่เหลืออยู่ให้เป็นงานที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.1.5 การจัดสมดุลของสายการผลิต (ชุมพล ศฤงคารศิริ, 2535)

การจัดสมดุลสายการผลิตคือ การทำให้เวลาในแต่ละสถานีงานต่างๆ มีอัตราการทำงานหรือใช้เวลาเท่าๆ กัน หากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีไม่เท่ากันอัตราการผลิตจะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานที่ใช้เวลาที่นานที่สุด ซึ่งเรียกว่า รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) การจัดสายการผลิตจะเริ่มด้วยการกำหนดรอบเวลาการผลิต ลำดับขั้นงาน เวลามาตรฐานจากนั้นพยายามรวมส่วนของงานต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นสถานีงาน โดยให้แต่ละสถานี เกิดความแตกต่างน้อยที่สุดในการกำหนดรอบเวลาการผลิตโดยปกติจะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการของตลาดซึ่งจะกำหนดมาเป็นอัตราการผลิตต่อปี ต่อวัน หรือต่อชั่วโมง จากนั้นเราจึงมาหาว่าใน 1 ชิ้น ควรจะใช้เวลาเท่าใดจึงจะผลิตได้ตามปริมาณที่ต้องการ ซึ่งเราจะได้เวลาที่สามารถผลิตออกมาได้ใน 1 หน่วย นั่นหมายถึงในแต่ละสถานีงานจะใช้เวลาไม่เกิน 1 (Cycle Time) ซึ่งค่าของรอบเวลาการผลิตนั้นมีประโยชน์อย่างมากต่อการออกแบบโรงงานหรือวางผังโรงงานและติดตั้งเครื่องจักรและ

ยังมีประโยชน์ในกรณีที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการที่เปลี่ยนไป

การหาสถานีการทำงาน (Work Station) จะทำโดยการนำเอาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ที่หาได้มาหารด้วยเวลาของรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) จะได้ออกมาเป็นภาพแบบสมการ ดังนี้

$$\text{สถานีการทำงาน (Work Station)} = \frac{\text{เวลามาตรฐาน (Standard Time)}}{\text{รอบเวลาของการผลิต (Cycle Time)}}$$

จุดประสงค์ของการจัดสายงานการผลิต คือ การออกแบบสายงานการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงเท่าที่จะทำได้โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ โดยที่เราต้องหาหรือคำนวนส่วนต่างๆ ของการทำงานดังต่อไปนี้

1. ส่วนของงาน (Work Element) คือ การแบ่งงานที่จะต้องประกอบให้อยู่ตามสถานีในสายงานโดยการแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยๆ จนไม่สามารถจะแบ่งต่อไปได้อีก

2. งานทั้งหมด (Total Work Content) คือ ผลรวมของส่วนของงานต่างๆ ที่จะต้องประกอบบนสายงานเวลาทั้งหมด

$$T_{wc} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej}$$

โดย T_{wc} คือ งานทั้งหมด

3. เวลาของสถานีงาน (Workstation Process Time) คือ เวลาที่ต้องใช้สำหรับการประกอบในแต่ละสถานีงาน โดยที่ส่วนของงานอาจจะมีมากกว่า 1 งานก็ได้

$$\sum_{i=1}^{n} T_{si} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej}$$

โดย T_{si} คือ เวลาที่ต้องใช้สำหรับการประกอบในแต่ละสถานี

T_{ej} คือ เวลาสำหรับส่วนงาน (Work Element)

j คือ งานส่วนหนึ่งของงาน n_e

n_e คือ งานย่อยที่ร่วมกันขึ้นเป็น Job

4. รอบเวลา (Cycle Time) หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างงานที่งานออกจากสายการผลิต ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี (Tc) การหาค่ารอบเวลานั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่ต้องการบนสายงานนอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงเวลาที่สูญเสียไปในสายงานอีกด้วยดังสมการ

$$Tc \leq \frac{E}{R_p}$$

โดย Tc คือ รอบเวลา และ Rp คือ อัตราการผลิตที่ต้องการ

เมื่อ E หมายถึง ประสิทธิภาพสายงานผลิต ถ้าเป็นสายงานผลิตแบบอัตโนมัติโดยปกติจะมีค่าต่ำกว่า 100% แต่ถ้าเป็นสายการผลิตแบบธรรมดาจะมีค่าใกล้เคียง 100% ทั้งที่เนื่องจากขัดข้องทางด้านเชิงกลมีโอกาสเกิดขึ้นน้อย แต่ถ้าประสิทธิภาพน้อยกว่า 100% รอบเวลาทางทฤษฎีจะมีค่าลดลงเพื่อชดเชยกับเวลาที่ต้องสูญเสียไป ดังนั้นค่ารอบเวลาที่ต่ำสุดที่เป็นไปได้จะขึ้นอยู่กับสถานีงานที่มีค่าเวลาสูงสุด (Ts) นั่นคือ

$$Tc \geq \text{Max}Tsi$$

ถ้า $Tc = \text{Max}Tsi$ จะมีเวลาว่างเกิดขึ้นกับทุกๆ สถานี Ts น้อยกว่า Tc ซึ่งในที่สุดและจะได้

$Tc \geq T_{ej}$ (สำหรับทุกๆ ช่องของ j = 1,2,3,..... n_e)

โดยที่ Ts คือ เวลาสถานีงานที่มีค่าสูงสุด

5. ข้อจำกัดที่อยู่ก่อนหน้า (Precedence Constraints) หมายถึง ลำดับขั้นตอนที่จำเป็นทางเทคนิคในสายงานผลิต เช่น ต้องทำงานในส่วนนี้ก่อนจึงจะสามารถทำงานส่วนอื่นต่อไปได้ทำให้ไม่สามารถสลับงานกันได้

6. ผังแสดงลำดับขั้นตอน (Precedence Diagram) แสดงขั้นตอนของส่วนงานโดยทั่วไปจะใช้จุดเชื่อม (Node) เป็นสัญลักษณ์ในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของงานและมีลูกศรเป็นตัวกำหนดทิศทางในการดำเนินงาน

7. การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) เป็นเครื่องชี้ถึงประสิทธิภาพของสายงานประกอบหรืองานผลิตที่มีความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น โดยพิจารณาที่เวลาสูญเปล่า (Idle Time) จากการจัดแจกงานลงในสถานีงาน ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์ d และสูตรการหาจากสมการ

$$d = \frac{nTc - Twc}{nTc}$$

โดยที่ n คือ จำนวนสถานี

Twc คือ เวลางานทั้งหมด

Tc คือ รอบเวลา

การจัดความสมดุลของสายงานผลิตด้วยวิธีต่าง ๆ (Method of Line Balancing)

1. กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด (Largest Candidate Rule)

วิธีนี้จะเริ่มต้นด้วยการเลือกส่วนของงาน เพื่อจัดลงในสถานีงาน โดยดูจากค่าของเวลา (Te) เป็นหลัก ขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้แก้ปัญหาการสมดุลของสายการผลิตมี ดังนี้

1.1 ลงรายการส่วนของงานทั้งหมด โดยเรียงลำดับค่า Te จากค่าที่สูงสุดไปยังค่าที่ต่ำสุด

1.2 จัดส่วนของงานลงในสถานีงานแรก โดยเริ่มจากรายการที่อยู่บนสุดลงมา และทำการเลือกส่วนของงานที่เป็นไปได้ลงในสถานีงาน โดยพิจารณาถึงลำดับขั้นตอนก่อนหลังในการทำงานเป็นหลักแต่ผลบวกของ Te ในแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกินรอบของเวลา Tc

1.3 จัดส่วนของงานลงในสถานีงานอื่นๆ เหมือนกับข้อ 1.2 และตรวจสอบดูว่าส่วนของงานที่เพิ่มเข้าไปนั้นไม่เกินค่า Tc

1.4 ดำเนินการเหมือนกับข้อ 1.2 และ 1.3 กับสถานีงานอื่นๆ จนไม่มีส่วนของงานเหลืออยู่เลย

2. วิธีการของกิลบริดจ์ และเวสเตอร์ (Kllbridge and Wester's Method)

เทคนิคของกิลบริดจ์นี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเรื่องการสมดุลของสายงานผลิตที่มีความสลับซับซ้อนได้เป็นผลสำเร็จและได้รับความสนใจเป็นอย่างมากวิธีการนี้จะเริ่มต้นด้วยการเลือกส่วนของงานเพื่อจัดลงสถานีงานโดยจะเป็นไปตามลำดับตำแหน่งที่อยู่ในผังการจัดลำดับงาน (Precedence Diagram) กล่าวคือ ส่วนของงานที่อยู่ตอนต้นของผัง จะได้รับการเลือกและจัดลงสถานีงานก่อน ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้สามารถจะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนของงานที่อยู่ตอนสุดท้ายของผังที่มีค่า Te สูง ซึ่งในเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุดแล้วจะได้รับการพิจารณาก่อน

ขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้แก้ปัญหาการสมดุลของสายการผลิตมี ดังนี้

2.1 สร้างผังการจัดลำดับงาน โดยมีจุดเชื่อม (Node) เพื่อเชื่อมส่วนของงาน จะถูกแสดงไว้ในสดมภ์

2.2 ลงรายการส่วนของงานตามลำดับสดมภ์ โดยเริ่มจากส่วนบนสุดของสดมภ์ที่ 1 ถ้าปรากฏว่ามีส่วนของงานที่สามารถจะจัดแจกได้มากกว่า 1 สดมภ์ ให้ใส่ส่วนของงานนั้นในทุกๆ สดมภ์ ซึ่งสามารถจะสับเปลี่ยนไปมาได้

2.3 จัดส่วนของงานลงสถานีงาน โดยเริ่มจากส่วนของงานที่อยู่ในสดมภ์ที่ 1 และสดมภ์อื่นๆ ตามลำดับ ผลรวมของเวลาในแต่ละสถานีควรจะมีค่าเท่ากับ Tc

3. วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Position Weight Method)

วิธีการนี้เกิดจากการรวมกลยุทธ์ของกฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุดกับวิธีการของกิลบริดจ์เข้าด้วยกัน วิธีการนี้จะคิดน้ำหนักในแต่ละส่วนของงานโดยใช้ค่า Te ของส่วนงานต่างๆ กับค่าที่อยู่ตอนหน้าของผังลำดับงาน หลังจากนั้นจึงจัดส่วนของงานลงในสถานีงานตามลำดับค่าของ RPW

$$RPW_i = WT_i + \sum_{j}^{m} (PMAT_{ij})(WTj) \text{ เมื่อ } j = 1,2,3...m$$

โดยที่ RPW_i = น้ำหนักคะแนนของงานย่อย

WT_i = เวลางานย่อย i

WT_j = เวลางานย่อย j

$PMAT_{ij}$ = สัมประสิทธิ์ความเป็นอิสระ

= 0 เมื่องานย่อย j ไม่ตามหลังงานย่อย i

= 1 เมื่องานย่อย j ตามหลังงานย่อย i

m = จำนวนงานย่อยทั้งหมดในสายการผลิต

ขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงาน

3.1 คำนวณค่า RPW ในแต่ละส่วนของงานโดยการรวมค่า Te ของส่วนของงานนั้นๆ เข้ากับค่า Te ของส่วนของงานทั้งหมดที่ตามหลัง

3.2 ลงรายการส่วนของงานทั้งหมดตามลำดับ RPW โดยจัด RPW จากค่าสูงสุดไปหาต่ำสุด

3.3 จัดส่วนของงานลงสถานีงานตามค่า RPW พยายามหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเกี่ยวกับส่วนของงานที่อยู่ก่อนหน้า (Precedence Constraint) และรอบเวลา

2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สุชาดา วราสินทรธุ์ (2543) ได้ศึกษาถึงแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการหาเวลาที่มีการคับคั่งของงานสูง (Bottleneck) ในกระบวนการผลิตและใช้การจำลองสถานการณ์โปรแกรมอารีนาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลทางด้านสถิติในหลายทางเลือกเพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของประประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งทางเลือกเพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งทางเลือกที่ดีที่สุด

จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้ร้อยละ 45.50 ของกระบวนการผลิตปัจจุบัน นอกจากนี้ได้มีการใช้หลักการ 5ส, ISO9002 และ ISO14001 มาเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพและรักษาสภาพแวดล้อมภายในโรงงานอีกด้วย

สุนทร บำรุงจิต (2543) ได้ศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนและสามารถสลับสับเปลี่ยนได้โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตปัจจุบันของการประกอบอุปกรณ์ขับเคลื่อนหัวอ่านของหน่วยความจำเป็นแบบถาวรและได้นำมาดัดแปลงในหลายๆ ทางเลือกเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ของเวลามาตรฐานการผลิตที่สั้นที่สุดซึ่งผลการวิจัยพบว่า ทางเลือกที่ดีที่สุดสามารถลดเวลามาตรฐานการผลิตได้จาก 53.8 เป็น 41.7 นาที หรือร้อยละ 22 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสามารถลดความแปรปรวนของระบบงานลงจาก 0.008 ลงเหลือ 0.002 ขณะเดียวกันจำนวนสถานีในการผลิตได้ลดลงจาก 19 สถานี เหลือ 18 สถานี

สุธี งามอรุณโชติ (2547) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงานผลิตเบาะรถยนต์ในส่วนการผลิตประตูและพวงมาลัยโดยนำทฤษฎีการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวมาใช้ในการศึกษาวิธีการในปัจจุบันและทำการปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยใช้หลักการECRS เพื่อกำหนดวิธีการและเวลามาตรฐานการทำงานที่ชัดเจนจากนั้นทำการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

ดาราน้อย นารีพล (2552) ได้ศึกษาแนวทางปรับเรียบการผลิตโดยมุ่งลดชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) เพื่อลดจำนวนชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิตที่มีมากเกินไป กรณีศึกษาโรงงานรับจ้างประกอบแผ่นวงจรอิเลคโทรนิกส์โดยใช้เทคนิคการวางแผนการผลิต การจัดตารางการผลิตและการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่องภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด

เพ็ญนิดา วารินทร์ (2548) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองโดยใช้ทฤษฎีแถวคอยมาใช้ในโรงงาน ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์โดยศึกษากระบวนการผลิตเหล็กกันโครงแล้วนำมาเปรียบเทียบเวลาในการรอคอยของชิ้นงานก่อนและหลังจากการนำทฤษฎีแถวคอยมาใช้วิเคราะห์หาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมทำให้เกิดความสมดุลในกระบวนการผลิต