บทที่ 2

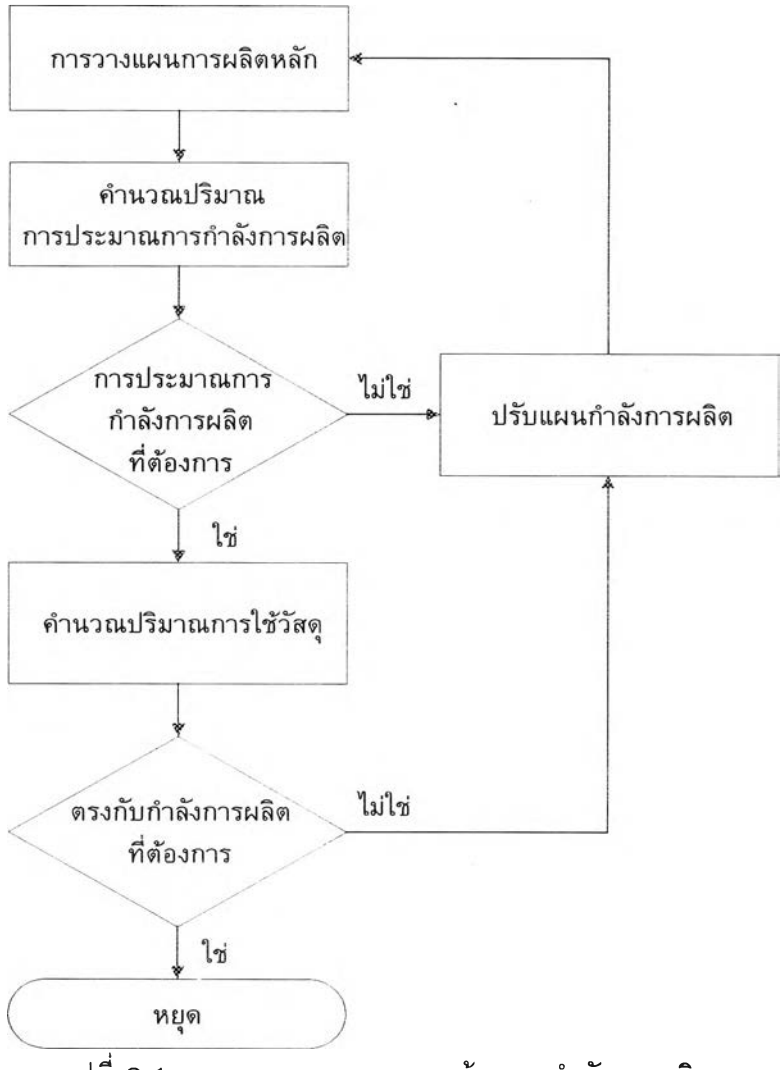
แนวความคิดและทฤษฎี

แนวความคิด

ระบบการวางแผนกำลังการผลิต ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ส่วนการประมาณกำลังการผลิต (Rough-Cut Capacity Planning)
   มีหน้าที่คำนวณกำลังการผลิตที่ต้องการจากแผนการผลิตหลัก
2. ส่วนการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirements Planning)
   มีหน้าที่คำนวณกำลังการผลิตที่ต้องการจากแผนความต้องการใช้วัสดุ

ขั้นตอนการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต เริ่มจากการนำปริมาณที่ต้องการผลิตจากการวางแผนการผลิตหลัก มาคำนวณหาการประมาณกำลังการผลิต ถ้าค่าการประมาณกำลังการผลิตไม่ตรงกับความต้องการของผู้ผลิต จะทำการวางแผนการผลิตใหม่ แต่ถ้าตรงกับความต้องการจะนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความต้องการใช้วัสดุ แล้วนำจำนวนที่ต้องการผลิตมาเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่มีอยู่ ถ้าไม่สามารถที่จะผลิตได้จะต้องเพิ่มกำลังการผลิตจนกว่าจะตรงกับแผนการผลิตหลักที่ต้องการ ดังผังงานต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แสดงการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีระบบการผลิต[1]

โดยทั่วไปแล้วระบบการผลิตมีจุดประสงค์ของการจัดการให้ได้ 3 ประการคือ

1. การสูญเสียเวลาการส่งสินค้าให้น้อยที่สุด (Minimum Delivery Time)

เพราะการใช้เวลาในการส่งของให้ลูกค้าน้อยที่สุด จะมีผลถึงภาพพจน์ที่ดีของบริษัท และเป็นการเพิ่ม ส่วนแบ่งในตลาด เป็นการแสดงถึงการบริการลูกค้าที่ดี

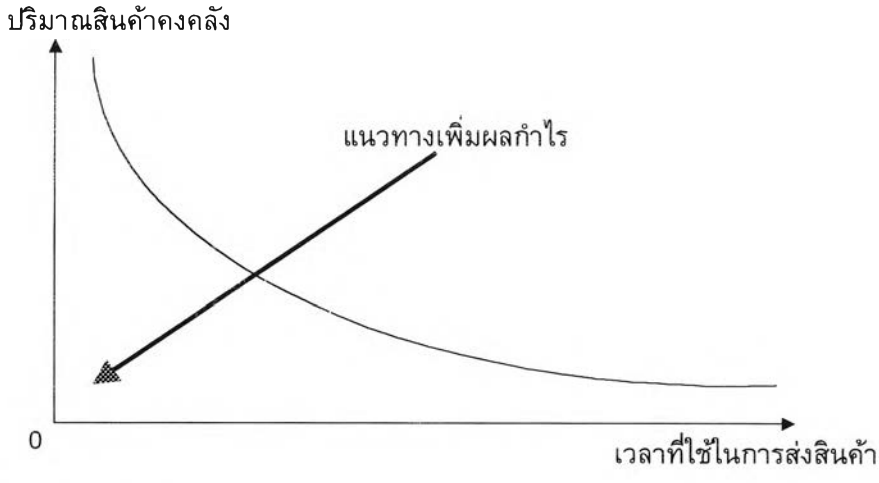
2. การเก็บปริมาณสินค้าในสินค้าคงคลังให้น้อยที่สุด (Minimum Inventory Investment)

เพราะการเก็บปริมาณสินค้าคงคลังให้น้อยที่สุด จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และลดต้นทุนการขาย

3. การใช้เครื่องจักรให้ผลิตมากที่สุด (Maximum Equipment Use)

เพราะการใช้ทรัพยากรต่าง ๆที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด จะให้ผลตอบแทนได้เร็วที่สุด

ทั้ง 3 ประการถือเป็นหลักสำคัญของระบบการผลิต ถ้าสามารถทำทั้ง 3 ประการได้ครบแล้วจะได้ผลกำไรมากที่สุด (Maximum Return On Investment) แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะไม่มีทางทำได้ เพราะปริมาณสินค้าคงคลัง และ เวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า จะแปรผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อมีการลดปริมาณสินค้าคงคลังลงย่อมส่งผลกระทบทำให้ใช้เวลาในการส่งสินค้ามากขึ้น เพราะสินค้าอาจจะไม่มีตามความต้องการของลูกค้า ในทำนองเดียวกัน ถ้าต้องการส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าได้เร็วขึ้นก็จะต้องมีปริมาณสินค้าในคลังสินค้าให้เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งแสดงได้ด้วยรูปดังนี้



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงระหว่างปริมาณสินค้าคงคลัง และ เวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า

ปัจจัยสำคัญในการเลือกปริมาณสินค้าคงคลัง คือวงจรชีวิตของสินค้า[1] ซึ่งในแต่ละช่วงของวงจรมีวิธีการเก็บปริมาณสินค้าคงคลังต่างกัน ดังนี้

1. ช่วงแนะนำสินค้า (Introduction Stage)

เป็นช่วงแนะนำสินค้าเข้าสู่ตลาด ช่วงนี้จะต้องเสียเวลาในการติดตั้งระบบการผลิตและติดตามผลการขาย ช่วงนี้ต้นทุนการผลิตจะสูง เพราะต้องลงทุนโฆษณาเพื่อให้สินค้าติดตลาด

2. ช่วงเติบโต (Growth)

เป็นช่วงที่ตลาดยอมรับสินค้าตัวนั้นแล้ว และมีแนวโน้มที่ต้องการสินค้ามากขึ้น ทำให้ผลกำไรดีขึ้น จุดสำคัญในช่วงนี้คือ การวางแผนกำลังการผลิตจะต้องให้ตรงกับความต้องการของตลาด

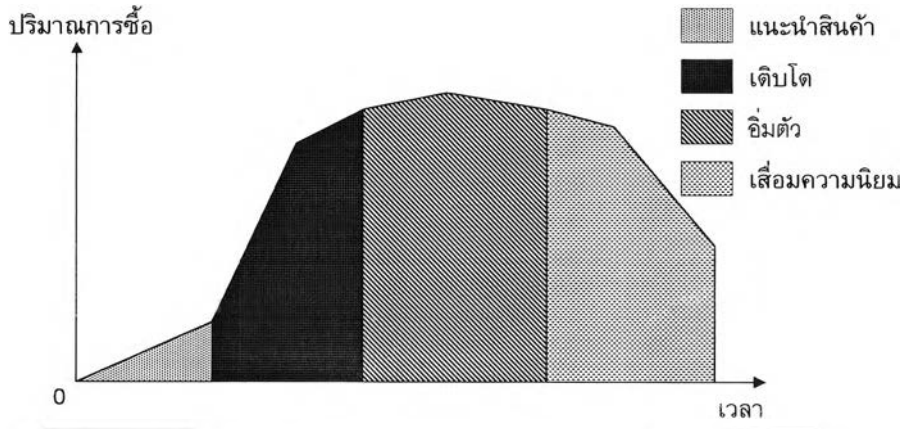
3. ช่วงอิ่มตัว (Maturity)

เป็นช่วงที่ตลาดอยู่ในภาวะอิ่มตัว ถึงแม้จะเพิ่มกำลังการผลิตสินค้ามากขึ้น แต่ยอดขายก็ไม่เพิ่มตาม

4.ช่วงเสื่อมความนิยม (Decline)

เป็นช่วงหมดความนิยมในสินค้า จะผลิตเมื่อมีการสั่งซื้อเท่านั้น

จากสถานะต่าง ๆของสินค้า ทำให้กำหนดได้ว่าปริมาณสินค้าคงคลังควรจะมีปริมาณเท่าใดที่เหมาะสมที่สุด ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อที่จะทำให้ได้ผลกำไรมากที่สุด แสดงได้ด้วยกราฟดังนี้



ช่วงการขาย	แนะนำสินค้า	เติบโต	อิ่มตัว	เสื่อมความนิยม
ผลกำไร	ต่ำ	เพิ่มขึ้น	มาก	ลดลง
จุดที่ควรระวัง	เวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า	กำลังการผลิต	กำลังการผลิต	สินค้าคงคลัง

รูปที่ 2.3 แสดงกราฟและตารางช่วงเวลาต่าง ๆของสินค้า

เมื่อกำหนดปริมาณสินค้าที่ควรจะมีในสินค้าคงคลังได้แล้ว ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด ขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

D =ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี (หน่วย/ปี)

Q =ปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง (หน่วย/ครั้ง)

EOQ =ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (หน่วย/ครั้ง)

S =ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)

I =ต้นทุนการเก็บสินค้าคงเหลือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของมูลค่าสินค้าคงเหลือ(%)

C =ต้นทุนสินค้าคงเหลือต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

การคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด[1] ทำได้โดยการสร้างสมการต้นทุนรวม (ต้นทุนการเก็บสินค้า) ดังนี้

ต้นทุนรวม= TC

= ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

= (ต้นทุนการสั่งซื้อ/ครั้ง)(จำนวนครั้งที่สั่ง/ปี) +

(ต้นทุนการเก็บรักษา/หน่วย)(ปริมาณสินค้าคงเหลือเฉลี่ย) .....(2.1)

เนื่องจาก

ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี = (ปริมาณที่สั่งในแต่ละครั้ง)(จำนวนครั้งที่สั่ง/ปี)

ดังนั้น

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่ง/ปี} = \frac{\text{ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี}}{\text{ปริมาณที่สั่งในแต่ละครั้ง}}$$

$$= \frac{D}{Q}$$

$$\text{ปริมาณสินค้าคงเหลือเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณสินค้าคงเหลือสูงสุด} + \text{ปริมาณสินค้าคงเหลือต่ำสุด}}{2}$$

$$= \frac{Q + 0}{2}$$

$$= \frac{Q}{2}$$

ดังนั้น จากสมการ (2.1) จะได้ว่า

$$TC = S \cdot \frac{D}{Q} + IC \cdot \frac{Q}{2} \qquad \text{.....(2.2)}$$

การหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด ทำได้โดยการหาอนุพันธ์ของสมการ (2.2) เทียบกับ Q แล้วเทียบให้เท่ากับศูนย์ จากนั้นแก้สมการเพื่อหาค่า EOQ ได้ดังต่อไปนี้

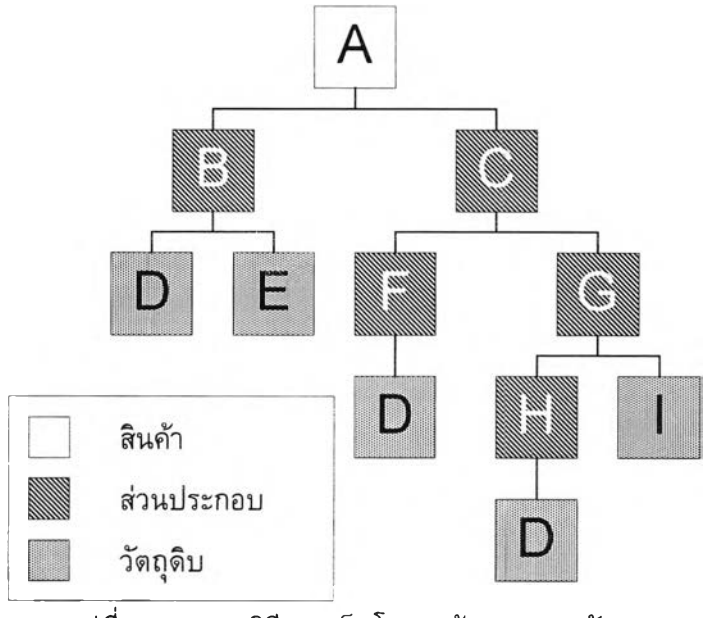
$$\frac{d.TC}{dQ} = -S \cdot \frac{D}{Q^2} + \frac{IC}{2} = 0$$

ดังนั้น $$Q^2 = 2\frac{DS}{IC}$$

$$EOQ = \sqrt{2\frac{DS}{IC}} \qquad \text{.....(2.3)}$$

2.2 ทฤษฎีโครงสร้างสินค้า[1]

การเก็บโครงสร้างของรายการวัสดุ ประกอบด้วยวัตถุดิบ (Materials) และส่วนประกอบ (Components) วัตถุดิบคือสิ่งที่ไม่สามารถแยกเป็นส่วนอื่นได้อีก ส่วนประกอบจะประกอบด้วยวัตถุดิบนำมารวมกัน หรืออาจเกิดจากการนำส่วนประกอบอื่นมารวมกับวัตถุดิบก็ได้ ดังรูป



รูปที่ 2.4 แสดงวิธีการเก็บโครงสร้างรายการวัสดุ

จากรูป A คือสินค้า ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ B และ C โดย

ส่วนประกอบ B ประกอบด้วยวัตถุดิบ D และ E

ส่วนประกอบ C ประกอบด้วยส่วนประกอบ F และ G โดย

ส่วนประกอบ F ประกอบด้วยวัตถุดิบ D

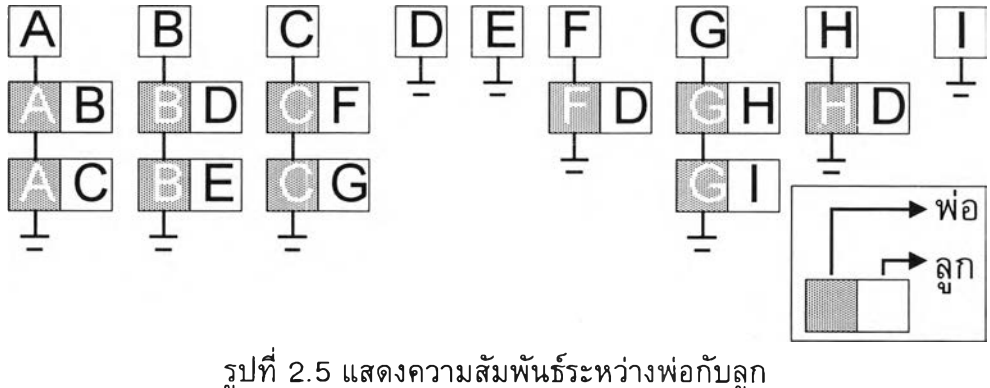
ส่วนประกอบ G ประกอบด้วยส่วนประกอบ H และวัตถุดิบ I โดย

ส่วนประกอบ H ประกอบด้วยวัตถุดิบ D

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบและวัตถุดิบ (Parent & Child) จะเชื่อมความสัมพันธ์กันโดยใช้วิธีรายการโยง (Linked List) ความสัมพันธ์จะมีได้ 2 แบบคือ

1. ความสัมพันธ์แบบพ่อกับลูก (Parent-Child)

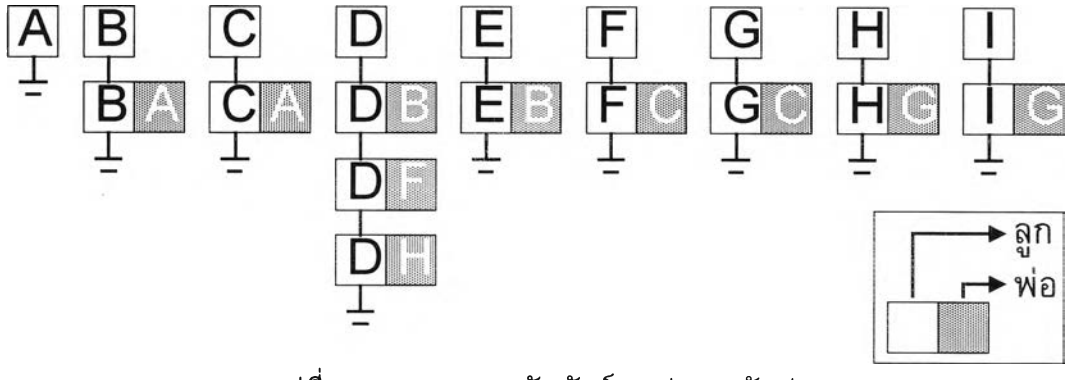
ความสัมพันธ์นี้ จะแสดงว่า พ่อ (Parent) ตัวนี้ประกอบด้วย ลูก (Child) อะไรบ้าง ถ้าไม่มีความสัมพันธ์เกิดขึ้น แสดงว่าลูกตัวนั้นไม่สามารถแบ่งแยกได้อีก ดังรูป



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพ่อกับลูก

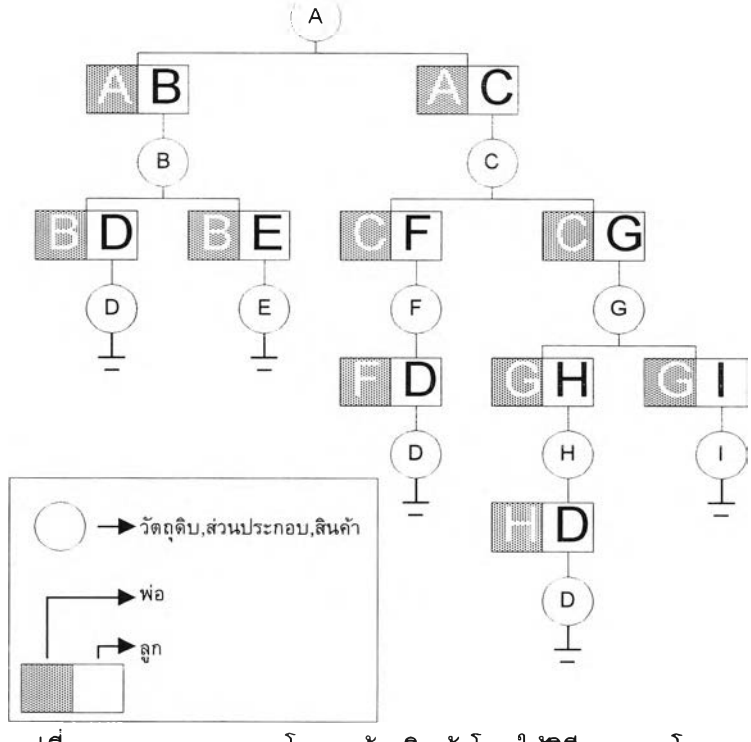
2. ความสัมพันธ์แบบลูกกับพ่อ (Child-Parent)

ความสัมพันธ์นี้จะแสดงว่าลูกตัวนี้ประกอบด้วยพ่ออะไรบ้าง ถ้าไม่มีความสัมพันธ์เกิดขึ้น แสดงว่าลูกตัวนั้นเป็นสินค้า (ไม่ใช่เป็นวัตถุดิบหรือส่วนประกอบ)



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลูกกับพ่อ

จากความสัมพันธ์พ่อกับลูกที่ได้จะเป็นเครื่องมือในการสร้างโครงสร้างของสินค้าได้ดังนี้ ถ้าต้องการทราบโครงสร้างของสินค้า A จะเริ่มที่ A แล้วใช้ความสัมพันธ์พ่อกับลูก จะได้ 2 รายการ คือ A-B และ A-C ให้ใช้ลูกเพื่อหาความสัมพันธ์ต่อไป (ในที่นี้คือ B และ C) จาก B ใช้ความสัมพันธ์พ่อกับลูก จะได้ 2 รายการคือ B-D และ B-E ใช้ลูกเพื่อหาความสัมพันธ์ต่อไป ทำเช่นนี้ไปจนกว่าจะหมดความสัมพันธ์ก็จะได้โครงสร้างของสินค้า A ดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงการหาโครงสร้างสินค้าโดยใช้วิธีรายการโยง

2.3 ทฤษฎีกำลังการผลิต[2]

การวางแผนกำลังการผลิตประกอบด้วยหลายส่วน กำลังการผลิตหมายถึงอัตราหรือกำลังของระบบที่สามารถผลิตได้ ระบบในที่นี้หมายถึง คนงาน เครื่องจักร สถานีงาน องค์กรควบคุม และ ผลผลิตต่อหน่วยต่อเวลา องค์ประกอบที่มีผลต่อการวางแผนการผลิตมีดังนี้

1. แถวคอย (Backlog or Queue)

แถวคอย หมายถึง ปริมาณงานที่รอการผลิตจากระบบการผลิต

2. ปริมาณที่บรรจุ (Load)

ปริมาณที่บรรจุ หมายถึง ปริมาณงานที่อยู่ในตารางการผลิต เพื่อรอการผลิตในเวลาที่กำหนด

3. กำลังการผลิตที่ต้องการ (Required Capacity)

กำลังการผลิตที่ต้องการ หมายถึง กำลังการผลิตที่ต้องการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการผลิต

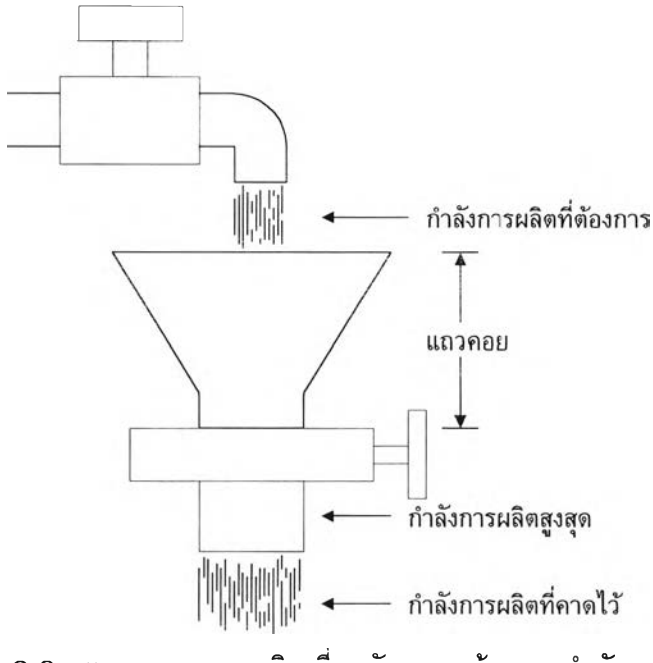
4. กำลังการผลิตสูงสุด (Maximum Capacity)

กำลังการผลิตสูงสุด หมายถึง กำลังการผลิตสูงสุดในทางทฤษฎี เช่น กำลังการผลิตต่อวันเมื่อจัดการทำงานเป็น 3 ผลัด

5. กำลังการผลิตที่คาดว่าจะทำได้ (Demonstrated Capacity)

กำลังการผลิตที่คาดว่าจะทำได้ เป็นปริมาณที่เกิดจากประสบการณ์ในการสังเกตการผลิต วัตถุดิบที่มีอยู่ จำนวนคนงานที่มี การทำงานล่วงเวลา และจำนวนผลัด

แนวความคิดนี้สามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.8 แสดงแนวความคิดเกี่ยวกับความต้องการกำลังการผลิต

2.4 ทฤษฎีการวัดกำลังการผลิต[2]

กำลังการผลิตขึ้นกับ จำนวนผลัดในการผลิต จำนวนชั่วโมงต่อผลัด และจำนวนพนักงาน จำนวนชั่วโมงในการทำงานจริงอาจน้อยกว่าจำนวนชั่วโมงที่เหลืออยู่ เนื่องจากปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น จำนวนชั่วโมงในการพักเครื่องจักร เครื่องจักรชำรุด

หน่วยวัดกำลังการผลิตเรียกว่าชั่วโมงมาตรฐาน (Standard hour) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

ชั่วโมงมาตรฐาน = เวลามาตราฐานในการผลิตต่อชิ้น (Standard time per piece) x
จำนวนชิ้นที่ผลิตได้ (Number of pieces produced)

การกำหนดเวลามาตรฐานทำได้ 4 วิธี คือ

1. การสังเกตเวลาโดยตรง (Direct time study)

เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยนักวิเคราะห์ โดยการสังเกตและบันทึกเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงาน

2. การใช้การเปลี่ยนแปลงข้อมูลเวลามาช่วยในการตัดสินใจ (Predetermined motion-time data)

นักวิเคราะห์จะแบ่งงานออกเป็นส่วนๆ แล้วใช้ตารางเวลามาตรฐานที่กำหนดเอาไว้แล้วในแต่ละส่วน นำมารวมกันเพื่อให้ได้งานที่ต้องการ

3. การใช้ข้อมูลมาตรฐาน (Standard data)

วิธีนี้เหมือนกับวิธีการใช้การเปลี่ยนแปลงข้อมูลเวลามาช่วยในการตัดสินใจ ยกเว้นเวลามาตรฐานที่ใช้นั้นจะถูกกำหนดขึ้นเอง โดยการนำค่าจากการผลิตชิ้นส่วนที่คล้ายคลึงกัน

4. การสุ่มตัวอย่างงาน (Work sampling)

วิธีนี้จะเหมือนกับ วิธีการสังเกตเวลาโดยตรง จะแตกต่างตรงที่นักวิเคราะห์จะสังเกตจากพนักงานที่ปฏิบัติอยู่โดยการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แทนที่จะสังเกตการปฏิบัติงานของทุกๆคน

อัตราส่วนระหว่าง จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการทำงานไปแล้ว (Number of hours worked) ต่อจำนวนชั่วโมงที่เหลืออยู่ในการทำงาน (Number of hours available) เรียกว่า การใช้ให้เป็นประโยชน์

$$\text{การใช้ให้เป็นประโยชน์} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการทำงานไปแล้ว}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่เหลืออยู่ในการทำงาน}}$$

ประสิทธิภาพการทำงานใช้วัดกำลังการผลิตของคนงาน สถานีงาน แผนก หรือโรงงาน การวัดประสิทธิภาพใช้อัตราส่วนจำนวนชั่วโมงมาตรฐานที่ใช้ในการผลิต (Number of standard hours produced) ต่อจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการทำงานไปแล้ว

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงมาตรฐานที่ใช้ในการผลิต}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการทำงานไปแล้ว}}$$

การใช้ให้เป็นประโยชน์และประสิทธิภาพ จะถูกบันทึกและควบคุมโดย ระบบควบคุมการผลิตและผลการผลิตจริงจะถูกนำมาใช้ในการวางแผนกำลังการผลิต การบันทึกในแต่ละครั้งจะถูกนำมาเฉลี่ยกับข้อมูลเก่าด้วย

การคำนวณหากำลังการผลิต คำนวณได้จากสูตรดังนี้

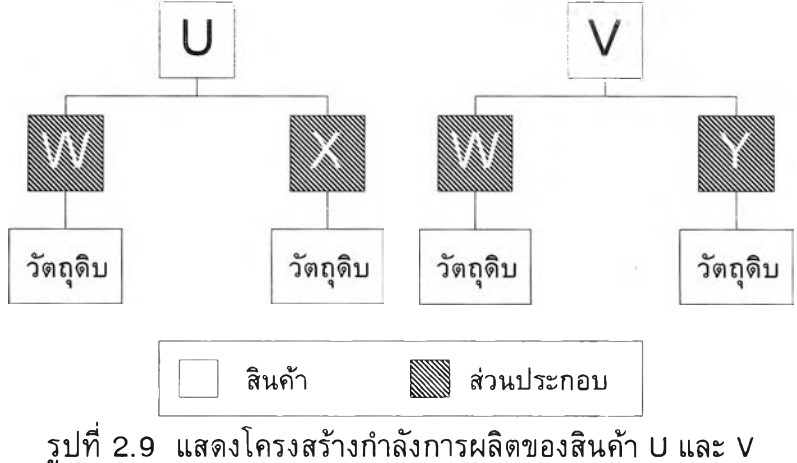
กำลังการผลิต = จำนวนผลัดต่อวัน x จำนวนชั่วโมงต่อผลัด x จำนวนพนักงาน x การใช้ให้เป็นประโยชน์ x ประสิทธิภาพ

หน่วยของกำลังการผลิตวัดเป็น เวลามาตรฐานต่อวัน

2.5 ทฤษฎีโครงสร้างกำลังการผลิต[2]

2.5.1 ลักษณะโครงสร้างกำลังการผลิต

ลักษณะโครงสร้างกำลังการผลิตมีลักษณะเหมือนโครงสร้างของสินค้าดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างกำลังการผลิตของสินค้า U และ V

จากรูป U และ V เป็นสินค้า 2 ชนิด โดย

สินค้า U ประกอบด้วยส่วนประกอบ W และ X

สินค้า V ประกอบด้วยส่วนประกอบ W และ Y

2.5.2 ข้อมูลเวลามาตรฐาน

การกำหนดเวลามาตรฐานจะใช้ข้อมูลเวลามาตรฐาน วิธีนี้เป็นการประหยัดเวลาในการสังเกตการผลิต เพราะเป็นการกำหนดค่าให้กับชิ้นส่วนการผลิตที่คล้ายคลึงกันให้มีค่าเท่ากัน

ข้อมูลจากการสังเกตมี 3 ส่วนดังนี้

1. เวลาที่ใช้ผลิตต่อหน่วย (Run Time/Unit) คือการสังเกตเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อสินค้าหรือส่วนประกอบหนึ่งหน่วย

2. เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อหน่วย (Setup Time/Unit) คือการสังเกตเวลาที่ใช้ก่อนการผลิต เช่น การเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมเครื่องจักร เป็นต้น

3. ปริมาณเฉลี่ย (Average Lot Size) คือปริมาณเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อครั้ง

ข้อมูลเวลามาตรฐานแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงตารางข้อมูลของแต่ละส่วนประกอบ

สินค้า	ส่วนประกอบ	รหัสสถานีงาน	ข้อมูลส่วนประกอบ		
			เวลาที่ใช้ผลิตต่อหน่วย (ชั่วโมงมาตรฐาน)	เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อหน่วย(ชั่วโมงมาตรฐาน)	ปริมาณเฉลี่ยในการผลิตต่อครั้ง
U		15	1.60	2.00	4
V		15	2.40	3.00	6
	W	35	1.20	1.00	20
	X	35	1.10	2.10	8
	Y	35	0.50	1.40	6

2.5.3 การคำนวณชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วย

วิธีการคำนวณชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วยในแต่ละสถานีงาน (Standard Hours per Unit) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วย} = \text{เวลาที่ใช้ผลิตต่อหน่วย} + \frac{\text{เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อหน่วย}}{\text{ปริมาณเฉลี่ยในการผลิตต่อครั้ง}}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วย ของสินค้า U ตามตารางที่ 2.1 ของรหัสสถานีงาน 15 คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วยของสินค้า U} = 1.60 + \frac{2.00}{4}$$

$$= 2.10$$

ดังนั้นจากตารางที่ 2.1 จะได้ค่าชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วยของสินค้าและส่วนประกอบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงตารางเวลามาตราฐานต่อหน่วย

สินค้า	ส่วนประกอบ	รหัสสถานีงาน	ชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วย
U		15	2.10
V		15	2.90
	W	35	1.25
	X	35	1.36
	Y	35	0.73

2.5.4 การคำนวณกำลังการผลิต

กำลังการผลิตคำนวณได้จากการรวมชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วยทั้งหมดตามสูตรโครงสร้างสินค้าในแต่ละสถานีงาน เช่น สินค้า U เกิดจาก ส่วนประกอบ W และ ส่วนประกอบ X ในรหัสสถานีงาน 35 W และ X มีชั่วโมงมาตรฐานเท่ากับ 1.25 และ 1.36 ตามลำดับ ดังนั้น

ชั่วโมงค่าแรงมาตรฐานต่อหน่วยในการผลิตสินค้า U=1.25+1.36

=2.61

ดังนั้นสินค้า U และ V จะสามารถคำนวณชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วยได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงตารางกำลังการผลิตของสินค้า U และ V

สินค้า	รหัสสถานีงาน	ชั่วโมงมาตรฐานต่อหน่วย
U	15	2.10
	35	2.61
V	15	2.90
	35	1.98

2.5.5 แผนการผลิตหลัก

แผนการผลิตหลักเกิดจากการวางแผนจากระบบการวางแผนการผลิต กำหนดให้ข้อมูลจากแผนการผลิตหลักมีค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงตารางการผลิตหลักสำหรับสินค้า U และ V

สินค้า	สัปดาห์ที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	4	3	3	3	3	4	4	5	5
V	6	7	7	7	8	8	8	8	5
ผลรวม (สัปดาห์)	10	10	10	10	11	12	12	13	10
ผลรวม (เดือน)				40				48	

2.5.6 การวางแผนประมาณกำลังการผลิต

หลังจากที่ได้แผนการผลิตหลักแล้ว จะทำการวางแผนการประมาณกำลังการผลิตเป็นรายสัปดาห์โดยการรวมจำนวนที่จะต้องผลิตในตารางการผลิตหลัก คูณด้วยชั่วโมงค่าแรงงานมาตรฐานต่อหน่วย เช่น การประมาณจำนวนชั่วโมงที่ต้องการในรหัสสถานีงาน 15 ในสัปดาห์ที่ 1 คำนวณได้ดังนี้

จำนวนชั่วโมงที่ต้องการ = สินค้า U + สินค้า V

= (4 หน่วย x 2.10 ชั่วโมง)+(6 หน่วย x 2.90 ชั่วโมง)

= 8.40 + 17.40

= 25.80 ชั่วโมง

ดังนั้นในส่วนที่เหลือจะทำการคำนวณได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางการวางแผนประมาณกำลังการผลิต

รหัสสถานีงาน	สัปดาห์ที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	25.80	26.60	26.60	26.60	29.50	31.60	31.60	33.70	25.00
35	22.32	21.69	21.69	21.69	23.67	26.28	26.28	28.89	22.95
ผลรวม(สัปดาห์)	48.12	48.29	48.29	48.29	53.17	57.88	57.88	62.59	47.95
ผลรวม(เดือน)				192.99				231.52	

2.5.7 การวางแผนความต้องการใช้วัสดุ

แผนความต้องการใช้วัสดุ เกิดจากการวางแผนจากระบบการวางแผนความต้องการใช้วัสดุ กำหนดให้ข้อมูลจากแผนความต้องการใช้วัสดุของส่วนประกอบ W, X และ Y มีค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงตารางการวางแผนความต้องการใช้วัสดุของ W, X และ Y

ส่วนประกอบ	สัปดาห์ที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W		15		24		23		20		20		
X		6		8		10		13		15		
Y		3	8	8	8	8	5	4	3	3	2	

2.5.8 การคำนวณความต้องการกำลังการผลิต

ข้อมูลจากการวางแผนความต้องการใช้วัสดุ (ตารางที่ 2.6) และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานีงาน (ตารางที่ 2.1) จะนำมาคำนวณหาแผนความต้องการกำลังการผลิตได้

การคำนวณหากำลังการผลิตทำได้ดังนี้

กำลังการผลิต = (จำนวนที่สั่งผลิตจากตารางความต้องการใช้วัสดุ x
เวลาที่ใช้ผลิตต่อหน่วยชั่วโมงมาตรฐาน) +
เวลาที่ใช้ก่อนการผลิตต่อหน่วยชั่วโมงมาตรฐาน

ตัวอย่างเช่น ในสัปดาห์ที่ 2 กำลังการผลิตของส่วนประกอบ

W = (15 x 1.20) + 1.00 = 19.00

X = (6 x 1.10) + 2.10 = 8.70

Y = (3 x 0.50) + 1.40 = 2.90

จากการคำนวณดังกล่าวจะได้ตารางการวางแผนกำลังการผลิตดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.7 แสดงตารางแผนความต้องการกำลังการผลิตของส่วนประกอบ W, X และ Y

ส่วนประกอบ	สัปดาห์ที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W		19.0		29.8		28.6		25.0		25.0		
X		8.7		10.9		13.1		16.4		18.6		
Y		2.9	5.4	5.4	5.4	5.4	3.9	3.4	2.9	2.9	2.4	
ผลรวม (สัปดาห์)		30.6	5.4	46.1	5.4	47.1	3.9	44.8	2.9	46.5	2.4	
ผลรวม (เดือน)				82.1				101.2				51.8

2.6 ทฤษฎีทางคอมพิวเตอร์

2.6.1 การวิเคราะห์การไหลของข้อมูล (Data Flow Analysis) [3]

การวิเคราะห์การไหลของข้อมูล คือ การศึกษาขั้นตอนการนำข้อมูลมาใช้ในแต่ละส่วน แล้วบันทึกข้อมูลต่างๆที่ได้ในแผนภาพการไหลของข้อมูล ซึ่งแผนภาพนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการดำเนินการและข้อมูล ดังนี้

ก. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลเข้า

ข. แสดงการไหลของข้อมูล

ค. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลมาใช้

ง. แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูล

2.6.1.1 เครื่องมือในการวิเคราะห์การไหลของข้อมูล

เครื่องมือในการวิเคราะห์การไหลของข้อมูลมีดังนี้

1. แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram ย่อว่า DFD)

เป็นเครื่องมือใช้เพื่ออธิบาย และวิเคราะห์การไหลของข้อมูลในระบบ รวมถึงการทำงานและการเก็บข้อมูล

2. พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

เป็นการอธิบาย การเก็บข้อมูลทางตรรก ประกอบด้วย ชื่อ ประเภทข้อมูล และโครงสร้างของข้อมูล

3. แผนภาพโครงสร้างของข้อมูล (Data Structure Diagram)

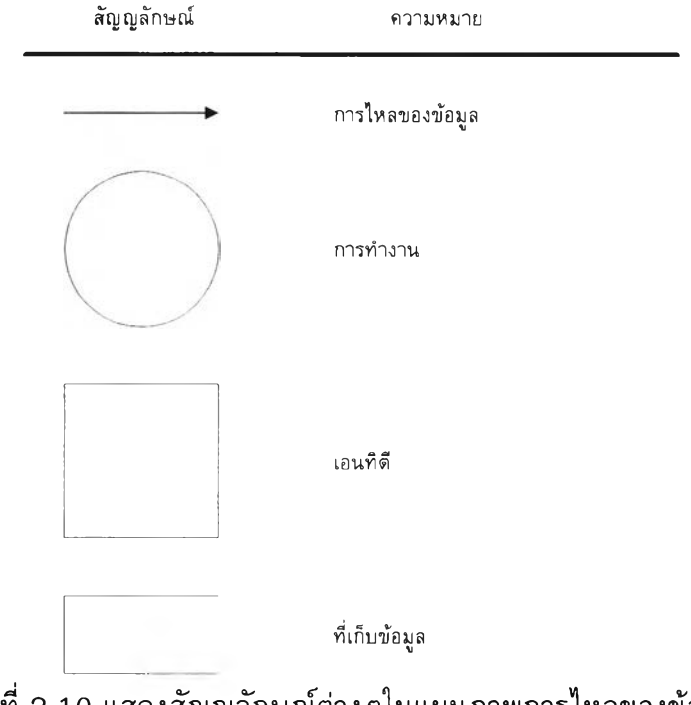
เป็นการอธิบายความสัมพันธ์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับเอนทิตี (Entity) คือ สิ่งที่มีอยู่จริง เช่น สถานที่ สิ่งของ หรือบุคคล ซึ่งความสัมพันธ์นี้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีหนึ่งกับอีกเอนทิตีหนึ่ง หรือเป็นความสัมพันธ์ที่มากกว่า 2 เอนทิตีก็ได้

4. แผนภูมิโครงสร้าง (Structure Chart)

เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโมดูล (Module) ของโปรแกรม โดยแสดงเป็นลำดับชั้นและแสดงถึงข้อมูลที่ส่งผ่านระหว่างกัน

2.61.2 สัญญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแผนภาพการไหลของข้อมูล

สัญญลักษณ์ต่าง ๆที่ใช้ในแผนภาพการไหลของข้อมูล และความหมายแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 แสดงสัญญลักษณ์ต่าง ๆในแผนภาพการไหลของข้อมูล

2.61.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของข้อมูล มีดังนี้

ก. สร้างแผนภาพการไหลของข้อมูล

เมื่อศึกษาขั้นตอนการดำเนินการและการไหลของข้อมูลแล้ว ให้สร้างแผนภาพการไหลของข้อมูล โดยใช้สัญญลักษณ์ในแผนภาพการไหลของข้อมูลในการอธิบาย

ข. บันทึกขั้นตอนการทำงานในพจนานุกรมข้อมูล

ค. จากแผนภาพการไหลของข้อมูล ให้บันทึกขั้นตอนการทำงานและที่เก็บข้อมูลทั้งหมดในพจนานุกรมข้อมูล

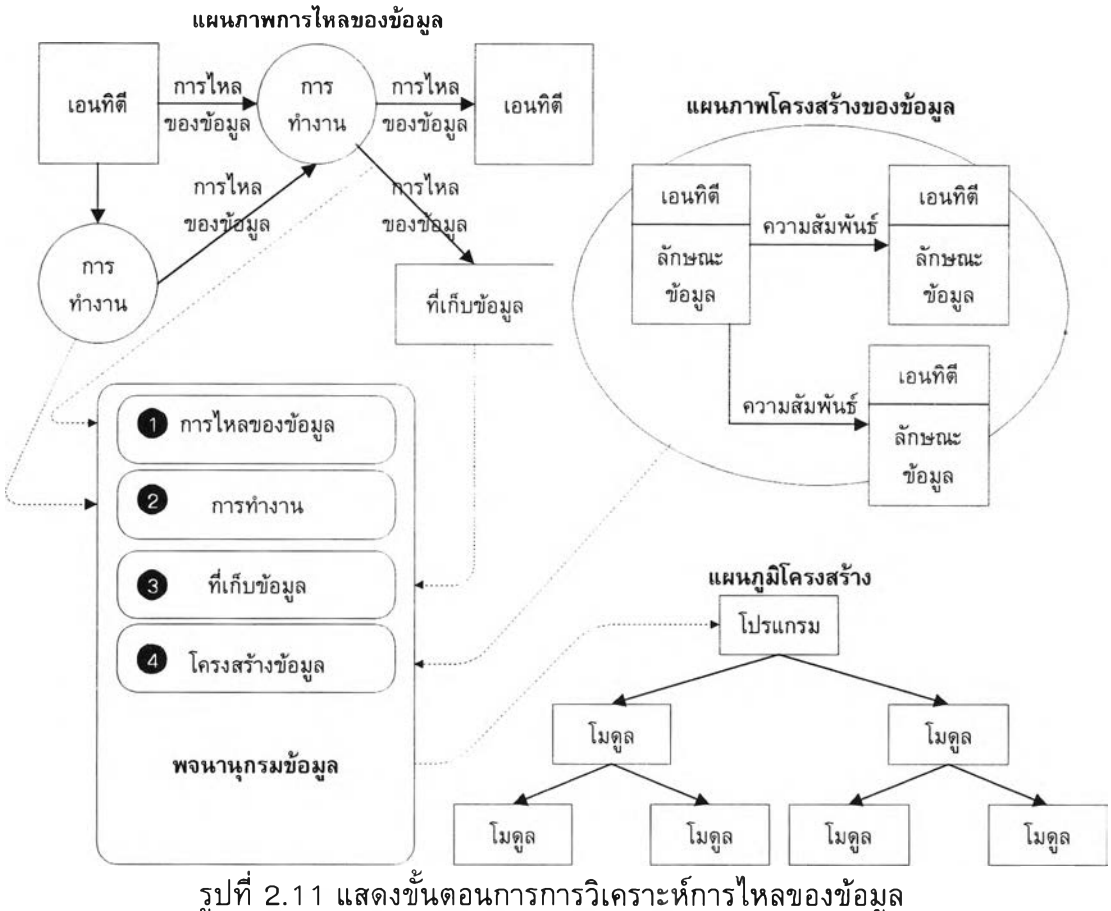
ง. สร้างแผนภาพโครงสร้างข้อมูล

จ. บันทึกโครงสร้างข้อมูลในพจนานุกรมข้อมูล

ฉ. นำข้อมูลจากพจนานุกรมข้อมูลมาสร้างแผนภูมิโครงสร้างโปรแกรม

ช. สร้างโมดูลต่าง ๆในโปรแกรมให้สอดคล้องกับขั้นตอนการดำเนินการ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของข้อมูลได้ดังรูป



รูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนการการวิเคราะห์การไหลของข้อมูล

2.6.2 ระบบฐานข้อมูล (Database Management System ย่อว่า DBMS)

2.6.2.1 คำนิยามของระบบฐานข้อมูล (DBMS Definition) [3]

ระบบฐานข้อมูล คือ โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการแฟ้มข้อมูล โดยที่ผู้ใช้สามารถสร้างและแก้ไขโครงสร้างข้อมูล และสามารถนำข้อมูลที่เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลมาใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ หน้าที่หลักของระบบฐานข้อมูลมีดังนี้

ก. ชนิดของข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลมีหน้าที่กำหนดชนิดของข้อมูลและขนาดของข้อมูลในแฟ้มข้อมูล

ข. โครงสร้างข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลมีหน้าที่สร้างโครงสร้างการเก็บข้อมูลในแฟ้มข้อมูล

ค. การจัดการข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลมีหน้าที่ด้านการจัดการ ดังนี้

1. การสอบถามข้อมูล
2. การเพิ่มข้อมูล
3. การปรับปรุงข้อมูล
4. การลบข้อมูล
5. การสร้างรายงาน

2.6.2.2 สถาปัตยกรรมของฐานข้อมูล (Database Architecture) [4]

สถาปัตยกรรมของฐานข้อมูล แบ่งเป็น 3 ระดับ เพื่อเป็นการแยกโปรแกรมและข้อมูล (ทางกายภาพ) ให้มีความเป็นอิสระต่อกันดังนี้

1. ระดับภายใน (Internal Level)

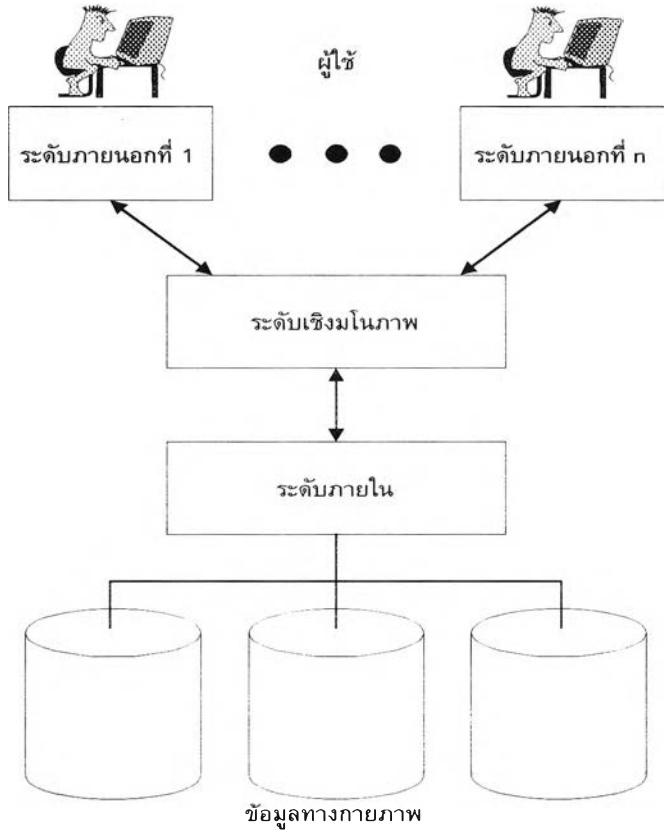
เป็นระดับที่อธิบายการเก็บฐานข้อมูลทางกายภาพ

2. ระดับเชิงมโนภาพ (Conceptual Level)

เป็นระดับที่อธิบายโครงสร้างฐานข้อมูลทั้งหมด โดยเน้นถึงชนิดของข้อมูล ลักษณะเฉพาะของข้อมูล (Attribute, คือคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของเอนทิตี เช่น รหัสสินค้า ชื่อสินค้า เป็นต้น) ข้อกำหนดต่างๆ และรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล

3. ระดับภายนอก (External Level หรือ View Level)

ในแต่ละระดับภายนอกเป็นการอธิบายมุมมองของผู้ใช้ (View) แต่ละส่วนของฐานข้อมูลที่ผู้ใช้เกี่ยวข้อง และจะมองไม่เห็นข้อมูลในส่วนที่ผู้ใช้ไม่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.12 แสดงสถาปัตยกรรมของฐานข้อมูล 3 ระดับ

2.6.2.3 การออกแบบฐานข้อมูล [5]

การออกแบบฐานข้อมูลสามารถแบ่งได้ 2 ระดับ คือ

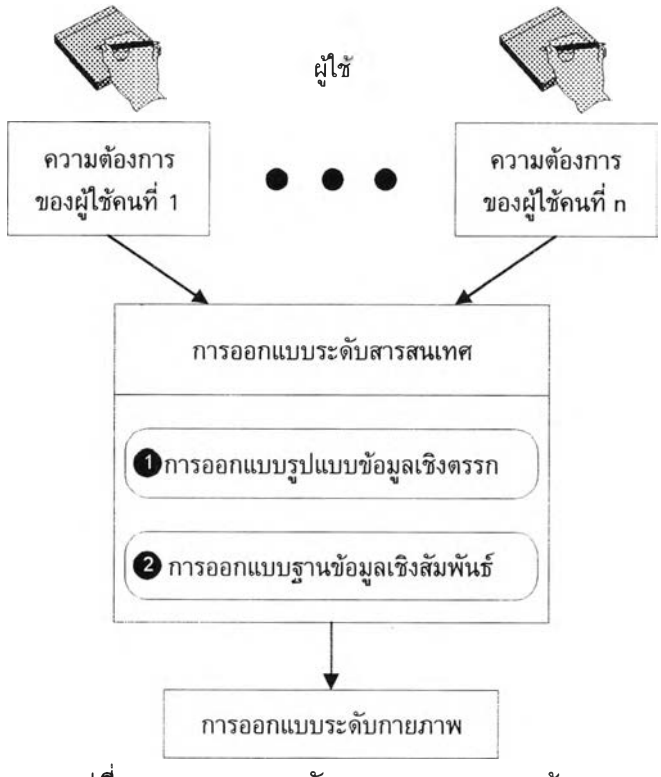
1. การออกแบบระดับสารสนเทศ (Information Level Design)

เป็นส่วนการศึกษาวิเคราะห์รวบรวมความต้องการของผู้ใช้ โดยที่การออกแบบในระดับนี้มีเป้าหมายเพื่อให้การใช้งานเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด เช่น จำนวนแต่ละเอนทิตี (เช่น การประมาณว่าจะมีลูกค้ากี่คน มีพนักงานขายกี่คนเป็นต้น) วิธีการประมวลผลและการปรับปรุงข้อมูล กฎเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ การควบคุมความปลอดภัยในการใช้ข้อมูล ลักษณะของรายงาน

2. การออกแบบระดับกายภาพ (Physical Level Design)

เป็นระดับที่ให้ความสำคัญในประสิทธิภาพของระบบ เช่น ชนิดของฐานข้อมูล และยี่ห้อของ DBMS ที่จะใช้

ระดับการออกแบบฐานข้อมูลแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.13 แสดงระดับการออกแบบฐานข้อมูล

2.6.2.4 การออกแบบรูปแบบข้อมูลเชิงตรรก(Logical Data Modeling ย่อว่า LDM)[4]

เมื่อรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ทั้งระบบหมดแล้ว ขั้นตอนการออกแบบข้อมูลเชิงดรรกแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. การออกแบบรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ
   1. การกำหนดเอนทิตีหลัก
   2. การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี
   3. การกำหนดดรรชนีหลักและดรรชนีรอง
   4. การกำหนดดรรชนีภายนอก
   5. การกำหนดวิธีการจัดการข้อมูล
2. การเพิ่มรายละเอียดมุมมองของผู้ใช้ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ
   1. การเพิ่มลักษณะเฉพาะส่วนที่เหลือ
   2. การตรวจสอบมุมมองของผู้ใช้โดยใช้กฎนอร์มัลไลเซชัน
   3. การกำหนดโดเมน
   4. การกำหนดวิธีการจัดการ
3. การรวมรายละเอียดเหล่านั้นเข้าด้วยกัน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ
   1. การเชื่อมมุมมองของผู้ใช้
   2. การรวมรูปแบบที่ได้ใหม่เข้ากับรูปแบบเดิม
   3. การวิเคราะห์ความเสถียรภาพและการขยายระบบในอนาคต

ทั้งสามส่วนดังกล่าวสามารถอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเอนทิตีหลัก

เป็นการกำหนดชื่อและความหมายของเอนทิตีลงในพจนานุกรมข้อมูล เช่น สินค้า ใบสั่งสินค้า ใบส่งสินค้า เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีประกอบด้วย ทิศทาง (Direction) และอัตราส่วนที่เกิดความสัมพันธ์ (Cardinality Ratio) ทิศทางจะเป็นการระบุว่าเอนทิตีใดเป็นพ่อ (Parent) เอนทิตีใดเป็นลูก (Child) โดยใช้ลูกศรแทนความสัมพันธ์ และหัวลูกศรชี้ไปเอนทิตีลูก ส่วนอัตราส่วนที่เกิดความสัมพันธ์เป็นการกำหนดจำนวนความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นต่อเอนทิตีคู่หนึ่ง จำนวนแบบที่เกิดขึ้นมีดังนี้

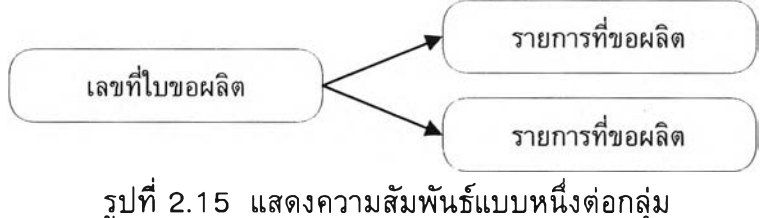
1. ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one-to-one หรือ 1:1 Relationship)

เป็นความสัมพันธ์จากระเบียนใดระเบียนหนึ่งในเอนทิตีหนึ่ง จะมีความสัมพันธ์กับระเบียนในอีกเอนทิตีหนึ่งได้มากที่สุดเพียงระเบียนเดียว เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้ากับประเภทของสินค้า เพราะสินค้าใดๆจะเป็นประเภทสินค้าได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง

2. ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (one-to-many หรือ 1:N Relationship)

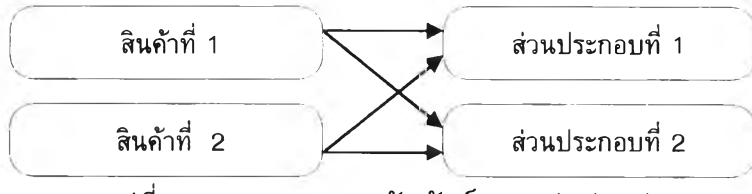
เป็นความสัมพันธ์จากระเบียนในเอนทิตีแม่ไปยังระเบียนในเอนทิตีลูก ได้ตั้งแต่ 0, 1 หรือหลายระเบียน แต่หนึ่งระเบียนในเอนทิตีลูกจะมีความสัมพันธ์กับระเบียนในเอนทิตีแม่ได้เพียงระเบียนเดียว เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเลขที่ใบขอผลิตกับรายการที่ขอผลิต เพราะเลขที่ใบขอผลิตใดๆประกอบด้วยรายการที่ขอผลิตได้หลายรายการ แต่รายการที่ขอผลิตกลุ่มหนึ่งจะมีเลขที่ใบขอผลิตเลขที่เดียวกัน



รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม

3. ความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม (many-to-many หรือ M:N Relationship)

เป็นความสัมพันธ์จากระเบียนในเอนทิตีแม่ไปยังระเบียนในเอนทิตีลูก หรือความสัมพันธ์จากระเบียนในเอนทิตีลูกไปยังระเบียนในเอนทิตีแม่ได้ตั้งแต่ 0, 1 หรือหลายระเบียน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้ากับส่วนประกอบในโครงสร้างสินค้า เพราะสินค้าตัวหนึ่งประกอบด้วย ส่วนประกอบที่ 1 และส่วนประกอบที่ 2 แต่สินค้าอีกตัวหนึ่งก็สามารถประกอบด้วยส่วนประกอบที่ 1 และส่วนประกอบที่ 2 ได้เช่นกัน

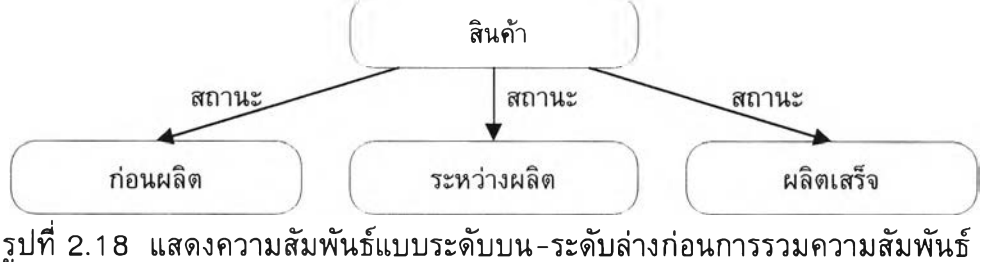


รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม

ถ้าเกิดความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม ให้พยายามลดความสัมพันธ์เหลือความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่มโดยการสร้างเอนทิตีใหม่ให้มีความสัมพันธ์กับเอนทิตีเดิมทั้งสอง ดังรูปต่อไปนี้

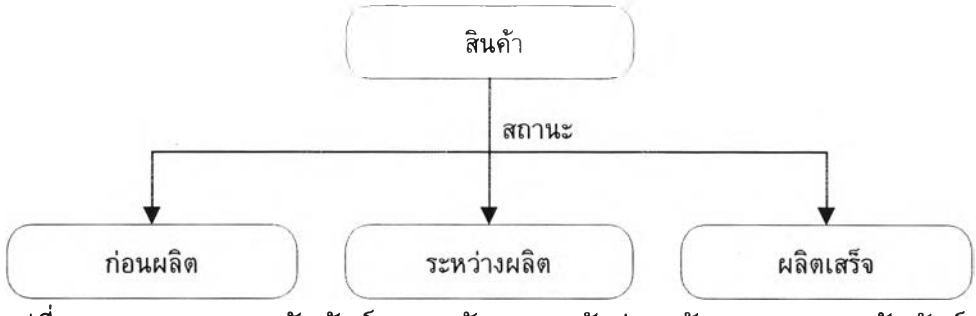
รูปที่ 2.17 แสดงการลดความสัมพันธ์จาก M:N เหลือ 1:M และ 1:1

จากความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง ถ้าเอนทิตีลูกหลายๆเอนทิตี เป็นส่วนหนึ่งของเอนทิตีพ่อเดียวกันแล้ว จะสามารถรวมความสัมพันธ์เหล่านั้นเป็นความสัมพันธ์เดียวได้ จะเรียกเอนทิตีลูกว่า ระดับล่าง (Subtype) และเรียกเอนทิตีพ่อว่า ระดับบน (Supertype) เช่นความสัมพันธ์ระหว่างสินค้ากับสถานะการผลิต เพราะสถานะการผลิตใดๆจะมีความสัมพันธ์กับสินค้าหนึ่งชนิด เอนทิตีสินค้าเรียกว่าระดับบน ส่วนเอนทิตีสถานะเรียกว่าระดับล่าง ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์แบบระดับบน-ระดับล่างก่อนการรวมความสัมพันธ์

เมื่อรวมความสัมพันธ์ระหว่างสินค้ากับสถานะการผลิตจะได้ดังรูป



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์แบบระดับบน-ระดับล่างหลังการรวมความสัมพันธ์

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดดรรชนีหลักและดรรชนีเลือก

ทุกๆเอนทิตีจะมีดรรชนีหลัก (Primary Key) เพราะการบอกลักษณะเฉพาะของข้อมูลให้แก่เอนทิตีในครั้งแรกก็คือดรรชนีหลักนั้นเอง เช่น รหัสสินค้า ส่วนดรรชนีเลือก (Alternate Key) มีเพื่ออ้างถึงระเบียนในเอนทิตีอื่น เช่น ประเภทสินค้า

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดดรรชนีภายนอก

ดรรชนีภายนอก (Foreign Key) จะกำหนดที่เอนทิตีลูก และมีค่าเท่ากับดรรชนีหลักของเอนทิตีพ่อ เพื่อใช้ในการอ้างถึงระเบียนในเอนทิตีพ่อ เช่น รหัสสินค้าในเอนทิตีลูกจะเป็นดรรชนีภายนอก แต่จะเป็นดรรชนีหลักในเอนทิตีพ่อ

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดวิธีการจัดการข้อมูล

วิธีการจัดการข้อมูลแบ่งเป็น 3 ประเภท

1. วิธีการดำเนินการทางดรรชนี (Key Business Rule)

เป็นวิธีการดำเนินการกับดรรชนี เมื่อทำการเพิ่ม ลบ หรือปรับปรุงข้อมูล เช่น ถ้าต้องการลบข้อมูลในเอนทิตีพ่อ ก็ต่อเมื่อลบข้อมูลในเอนทิตีลูกที่มีความสัมพันธ์กับเอนทิตีพ่อ

2. โดเมน (Domain)

เป็นการกำหนดรูปแบบลักษณะเฉพาะของข้อมูลทั้งหมดในเอนทิตี เช่น ข้อมูลต้องเป็นวันที่ ข้อมูลต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด

3. วิธีการจัดการ (Triggering Operation)

เป็นการกำหนดวิธีการจัดการกับเอนทิตีอื่น เมื่อเพิ่ม ลบ หรือปรับปรุงข้อมูล

ขั้นตอนที่ 6 เพิ่มลักษณะเฉพาะส่วนที่เหลือ

เป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะส่วนที่เหลือ เพื่อให้รายละเอียดของเอนทิตีครบถ้วน เช่น น้ำหนัก หน่วยบรรจุ เป็นต้น ถ้าลักษณะเฉพาะใดเกิดจากการคำนวณจากลักษณะเฉพาะอื่นๆ จะเรียกว่า ลักษณะเฉพาะจากการสืบทอด (Derived Attribute) เช่น จำนวนการผลิตรวมในใบขอผลิต เกิดจากการรวมจำนวนการผลิตในแต่ละรายการของใบขอผลิต

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบมุมมองของผู้ใช้โดยใช้กฎนอร์มัลไลเซชัน

การทำนอร์มัลไลเซชันเพื่อลดพื้นที่การเก็บข้อมูล ลดความผิดผลาดเรื่องการมีข้อมูลที่ไม่ตรงกัน ลดขั้นตอนในการลบและปรับปรุงข้อมูล และเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้างข้อมูล

การทำนอร์มัลไลเซชันพิจารณาถึง

1. ความสัมพันธ์

ความสัมพันธ์คือกลุ่มของทูเพิล (Tuple) ที่แสดงในรูปแบบตาราง โดยแต่ละระเบียนคือ 1 ทูเพิล

2. ดรรชนี

ดรรชนีคือลักษณะเฉพาะตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็น

2.1 ดรรชนีประกอบ (Compound Key) คือดรรชนีที่ประกอบด้วย ลักษณะเฉพาะมากกว่า 1 ตัว เช่น ชื่อสินค้ากับรหัสสินค้า

2.2 ดรรชนีหลัก คือดรรชนีที่มีลักษณะเฉพาะไม่ซ้ำกันในทุกๆทูเพิล เช่นรหัสสินค้า

2.3 ดรรชนีเลือก คือดรรชนีที่มีคุณสมบัติเหมือนดรรชนีหลัก แต่ไม่ได้เลือกให้เป็นดรรชนีหลัก เช่น ชื่อสินค้า

2.4 ดรรชนีคู่แข่ง (Candidate Key) คือดรรชนีที่สามารถเป็นดรรชนีหลักได้ เช่น วันที่ขอผลิต

3. การขึ้นต่อกันทั้งหมด (Functional Dependency)

ถ้าเอนทิตีหนึ่งมีลักษณะเฉพาะ A และ B จะกล่าวได้ว่าลักษณะเฉพาะ B เป็นการขึ้นตรงต่อกันทั้งหมดกับลักษณะเฉพาะ A ก็ต่อเมื่อแต่ละค่าของ A มีความสัมพันธ์กับ B เพียงหนึ่งค่าเท่านั้น และจะเรียก A ว่าตัวเลือก (Determinant) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ A->B เช่น รหัสสินค้ากับชื่อสินค้า ชื่อสินค้าจะเป็นการขึ้นตรงต่อกันทั้งหมดกับรหัสสินค้า เพราะแต่ละค่าของรหัสสินค้าจะมีความสัมพันธ์กับชื่อสินค้าเพียงชื่อเดียว

4. การไม่ขึ้นต่อกัน (Transitively Dependency)

ถ้าเอนทิตีหนึ่งมีดรรชนีหลัก A มีลักษณะเฉพาะ B จะกล่าวได้ว่าลักษณะเฉพาะ B ไม่ขึ้นต่อ A ก็ต่อเมื่อแต่ละค่าของ B ไม่มีความสัมพันธ์กับ A เช่น รหัสสินค้ากับวันที่ทำรายการ เพราะวันที่ทำรายการไม่มีความสัมพันธ์กับรหัสสินค้า

5. การขึ้นต่อกันหลายค่า (Multivalued Dependency)

ถ้าเอนทิตีหนึ่งมีลักษณะเฉพาะ A และ B จะกล่าวได้ว่าลักษณะเฉพาะ B เป็นการขึ้นต่อกันหลายค่าบน A ก็ต่อเมื่อเซตของลักษณะเฉพาะ B มีความสัมพันธ์กับ A หนึ่งค่า สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ A->>B เช่น เลขที่ใบขอผลิตกับรหัสสินค้าที่ขอผลิต เพราะเลขที่ใบขอผลิตใดๆประกอบด้วยกลุ่มของรหัสสินค้าที่ขอผลิต

การทำนอร์มัลไลเซชันแบ่งเป็น 6 ระดับดังนี้

1. รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 1 (First Nornal Form หรือ 1NF)

เป็นการขจัดกลุ่มลักษณะเฉพาะที่มีค่าซ้ำกันในเอนทิตี เช่น กำหนดให้ใบขอผลิตมีลักษณะเฉพาะดังนี้

เลขที่ใบขอผลิต
ผู้ขอผลิต
ที่อยู่ผู้ขอผลิต
สินค้าที่ขอผลิต
ปริมาณที่ขอผลิต
สินค้าที่ขอผลิต
ปริมาณที่ขอผลิต

และกำหนดให้มีค่าดังต่อไปนี้

เลขที่	ผู้ขอผลิต	ที่อยู่	สินค้าที่ขอผลิต	ปริมาณ	สินค้าที่ขอผลิต	ปริมาณ
01245	สมชาย	กทม	สีแดงภายใน	50	สีฟ้าภายใน	60
01246	สมชาย	กทม	สีแดงภายนอก	70	สีฟ้าภายนอก	80

กลุ่มลักษณะเฉพาะที่มีค่าซ้ำกันคือ ผู้ขอผลิต ที่อยู่ผู้ขอผลิต สินค้าที่ขอผลิต และปริมาณที่ขอผลิต การขจัดทำได้โดยการดัดลักษณะเฉพาะที่ซ้ำ ให้เป็นเอนทิตีลูกใหม่คือเอนทิตีรายการใบขอผลิตได้ดังนี้

ใบขอผลิต

เลขที่ใบขอผลิต

รายการใบขอผลิต ↓

เลขที่ใบขอผลิต
ผู้ขอผลิต
ที่อยู่ผู้ขอผลิต
สินค้าที่ขอผลิต
ปริมาณที่ขอผลิต

ดังนั้นในเอนทิตีใบขอผลิตจะเป็นรูปแบบ 1NF และได้เอนทิตีรายการใบขอผลิตเพิ่มขึ้น 1 เอนทิตี โดยข้อมูลในรายการใบขอผลิตมีค่าดังนี้

เลขที่	ผู้ขอผลิต	ที่อยู่	สินค้าที่ขอผลิต	ปริมาณ
01245	สมชาย	กทม	สีแดงภายใน	50
01245	สมชาย	กทม	สีฟ้าภายใน	60
01246	สมชาย	กทม	สีแดงภายนอก	70
01246	สมชาย	กทม	สีฟ้าภายนอก	80

2. รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 2 (Second Nornal Form หรือ 2NF)

หลังจากทำ 1NF แล้ว ให้ขจัดกลุ่มลักษณะเฉพาะที่ไม่ขึ้นกับดรรชนีหลักทั้งหมด เช่น จากเอนทิตีรายการใบขอผลิต ดรรชนีหลักคือเลขที่ใบขอผลิต ลักษณะเฉพาะที่ไม่ขึ้นกับดรรชนีหลักคือ ผู้ขอผลิตและที่อยู่ผู้ขอผลิต เมื่อตัดออกจะได้ลักษณะเฉพาะได้ดังนี้

ใบขอผลิต

เลขที่ใบขอผลิต
ผู้ขอผลิต
ที่อยู่ผู้ขอผลิต

รายการใบขอผลิต ↓

เลขที่ใบขอผลิต
สินค้าที่ขอผลิต
ปริมาณที่ขอผลิต

ดังนั้นในรายการใบขอผลิตจะเป็นรูปแบบ 2NF โดยข้อมูลในใบขอผลิตมีค่าดังนี้

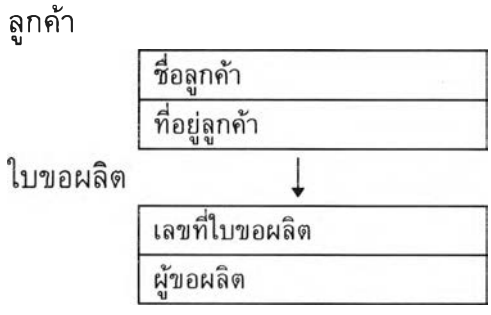
เลขที่	ผู้ขอผลิต	ที่อยู่
01245	สมชาย	กทม
01246	สมชาย	กทม

และรายการใบขอผลิตมีค่าดังนี้

เลขที่	สินค้าที่ขอผลิต	ปริมาณ
01245	สีแดงภายใน	50
01245	สีฟ้าภายใน	60
01246	สีแดงภายนอก	70
01246	สีฟ้าภายนอก	80

3. รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 3 (Third Nornal Form หรือ 3NF)

หลังจากทำ 2NF แล้ว ให้ขจัดลักษณะเฉพาะที่ขึ้นกับดรรชนีแบบอื่นๆ (ยกเว้นดรรชนีเลือก) เช่น จากเอนทิตีใบขอผลิต ลักษณะเฉพาะที่ขึ้นกับดรรชนีแบบอื่นๆ คือ ที่อยู่ของผู้ขอผลิต เมื่อตัดออกจะได้ เอนทิตีใหม่คือเอนทิตีลูกค้าดังนี้



ดังนั้นในรายการใบขอผลิตจะเป็นรูปแบบ 3NF โดยข้อมูลในใบขอผลิตมีค่าดังนี้

เลขที่	ผู้ขอผลิต
01245	สมชาย
01246	สมชาย

และลูกค้ามีค่าดังนี้

ชื่อลูกค้า	ที่อยู่ลูกค้า
สมชาย	กทม

4. รูปแบบนอร์มัลแบบบอยคอด (Boyce/Codd Nornal Form หรือ BCNF)

หลังจากทำ 3NF แล้ว ให้ตรวจสอบให้แน่ใจว่าว่าดรรชนีคู่แข่งสามารถเป็นดรรชนีหลักได้

5. รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 4 (Fourth Nornal Form หรือ 4NF)

หลังจากทำ BCNF แล้ว ให้ขจัดการขึ้นต่อกันหลายค่าของดรรชนีหลัก

6. รูปแบบนอร์มัลระดับที่ 5 (Fifth Nornal Form หรือ 5NF)

หลังจากทำ 4NF แล้ว ให้ขจัดคู่เหมือนในหลายเอนทิตี ให้เป็นเอนทิตีใหม่

ส่วนใหญ่การออกแบบรูปแบบข้อมูลเชิงดรรกจะทำถึงระดับ 3NF ก็เพียงพอสำหรับลดพื้นที่การเก็บข้อมูล ลดความผิดผลาดเรื่องการมีข้อมูลที่ไม่ตรงกัน ลดขั้นตอนในการลบและปรับบปรุงข้อมูล และเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้างข้อมูล

ดังนั้นการจัดรูปแบบนอร์มัลในระดับสูงขึ้นไป ต้องพิจารณาโครงสร้างฐานข้อมูลว่ามีความจำเป็นต้องดำเนินการหรือไม่

ขั้นตอนที่ 8 กำหนดโดเมน

เป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะทุกตัวในเอนทิตี และบันทึกลงในพจนานุกรมข้อมูลดังนี้

1. ชนิดของข้อมูล (Type) เช่น ตัวอักษร วันที่ ตัวเลข
2. รูปแบบข้อมูล (Format) เช่น dd/mm/yy (วันที่) nnn-n (รหัสพนักงานขาย)
3. ความยาว (Length) เช่น 5 หลัก 35 ตัวอักษร
4. ข้อกำหนดต่างๆ (Constraint) เช่น เฉพาะค่าที่มากกว่าศูนย์
5. ความหมายของลักษณะเฉพาะ (Meaning)

6. ความเป็นเอกเทศ (Unique)

7. การไม่กำหนดค่า (Null)

8. ค่าโดยปริยาย (Default)

ได้มีการกำหนดกฎเป็นกรณีพิเศษสำหรับโดเมนลักษณะเฉพาะบางพวกไว้ต่อไปนี้

1. ดรรชนีหลัก ต้องเป็นเอกเทศ และต้องกำหนดค่า ในกรณีที่ดรรชนีหลักเป็นดรรชนีประกอบ ลักษณะเฉพาะของแต่ละตัวที่มาประกอบไม่จำเป็นต้องเป็นเอกเทศ

2. ดรรชนีเลือก เหมือนดรรชนีหลัก แต่ยอมให้ไม่กำหนดค่าได้

3. ดรรชนีภายนอก ต้องเหมือนกับโดเมนของดรรชนีหลักในเอนทิตีพ่อ

4. ลักษณะเฉพาะที่เป็นดรรชนีหลักของเอนทิตีระดับล่าง ต้องเป็นส่วนหนึ่งของดรรชนีหลักในเอนทิตีระดับบน

ขั้นตอนที่ 9 กำหนดวิธีการจัดการ

เป็นการกำหนดวิธีการเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง เช่น ถ้าปรับปรุงลักษณะเฉพาะตัวหนึ่งลักษณะเฉพาะจากการสืบทอดจะต้องปรับปรุงด้วย กฎต่าง ๆมีดังนี้

1. กฎของผู้ใช้ (User Rule) เป็นข้อกำหนดต่าง ๆตามที่ผู้ใช้ระบุ

2. การดำเนินการ (Event) เช่น การเพิ่ม การปรับปรุง การลบ การค้นหา

3. ขั้นตอนการดำเนินการ เช่น ชื่อของลักษณะเฉพาะที่จะดำเนินการ

4. เงื่อนไขการดำเนินการ เช่น ทูเพิลเฉพาะที่ไม่ได้สั่งผลิต

5. การกระทำ เช่น ไม่ยอมให้ดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 10 การเชื่อมมุมมองของผู้ใช้

เป็นการพยายามลดความซ้ำซ้อน และลดความผิดผลาดเรื่องการมีข้อมูลที่ไม่ตรงกัน โดยการรวมเอนทิตี รวมความสัมพันธ์ และรวมลักษณะเฉพาะ

สิ่งที่ควรพิจารณาในการรวมเอนทิตี

1. การรวมลักษณะเฉพาะที่มีดรรชนีหลักตัวเดียวกัน การรวมนี้จะได้เอนทิตีใหม่ที่มีลักษณะเฉพาะรวมของลักษณะเฉพาะเดิม

2. ถ้าเอนทิตีสองอันมีดรรชนีหลักเดียวกัน จะรวมได้ในรูปของ ระดับล่าง-ระดับบน โดยต้องขจัดลักษณะเฉพาะที่ซ้ำในเอนทิตีระดับบนออกจากเอนทิตีระดับล่าง

3. ถ้าเอนทิตีสองอันมีดรรชนีหลักเดียวกัน แต่มีผลให้เป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะที่ต่างกัน จะต้องสร้างระดับบนให้มีความสัมพันธ์กับสองเอนทิตีเดิม

4. เมื่อรวมเอนทิตีแล้วต้องไม่กระทบต่อเอนทิตีอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง

สิ่งที่ควรพิจารณาในการรวมความสัมพันธ์

1. รวมความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีที่มีความหมายเหมือนกัน ถ้าผลการรวมทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม ให้กระจายเป็นสองความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม

2. เมื่อรวมความสัมพันธ์ต้องไม่กระทบต่อความสัมพันธ์อื่น

3. การเชื่อมเอนทิตีสองตัวที่มีดรรชนีหลักของตัวที่หนึ่ง แต่เป็นดรรชนีเลือกของอีกตัวหนึ่ง จะได้ลักษณะเฉพาะรวมของสองเอนทิตีโดยที่ดรรชนีหลักของตัวที่หนึ่งจะกลายเป็นดรรชนีเลือกไป

4. เมื่อรวมมุมมองแล้วต้องกำหนดวิธีการดำเนินการทางดรรชนีสำหรับความสัมพันธ์ใหม่ที่เกิดขึ้น

สิ่งที่ควรพิจารณาในการรวมลักษณะเฉพาะ

1. รวมลักษณะเฉพาะที่มีความหมายเหมือนกันในเอนทิตีเดียวกัน และระวังเรื่องผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะตัวอื่น

2. ตัดลักษณะเฉพาะจากการสืบทอด และตัวบ่งชี้ (Flag) ที่ไม่จำเป็น

3. ทำนอร์มัลไลเซชัน

ขั้นตอนที่ 11 รวมรูปแบบที่ได้ใหม่เข้ากับรูปแบบเดิม

เป็นการรวมรูปแบบข้อมูลเชิงดรรกที่ได้เข้ากับรูปแบบที่มีอยู่แล้ว

ขั้นตอนที่ 12 วิเคราะห์ความเสถียรภาพและการขยายระบบในอนาคต

6.2.5 การออกฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Design ย่อว่า RDD)

เป็นการออกแบบโดยใช้ข้อมูลจากการออกแบบรูปแบบข้อมูลเชิงดรรก ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. โครงสร้างข้อมูล (Data Structure) เป็นการสร้าง

1.1 ตารางความสัมพันธ์ คือตารางข้อมูลซึ่งเปรียบเสมือนเอนทิตี

1.2 สดมภ์ (Column) คือคุณสมบัติของข้อมูล ซึ่งเปรียบเสมือนลักษณะเฉพาะในเอนทิตี

2. ความถูกต้องของข้อมูล (Data Integrity) ประกอบด้วยกฎข้อบังคับดังนี้

2.1 กฎความถูกต้องของเอนทิตี (Entity Integrity Rule)

ส่วนประกอบของดรรชนีหลักจะต้องเป็นเอกเทศเสมอ สำหรับทุกๆ ทูเพิลในตารางความสัมพันธ์ ดังนั้นการเพิ่ม การปรับปรุง หรือการลบข้อมูลจึงต้องกำหนดค่าของส่วนประกอบทุกครั้ง

2.2 กฎความถูกต้องในการอ้างอิง (Referential Integrity Rule)

ถ้าตารางความสัมพันธ์ใดๆมีดรรชนีภายนอก ดังนั้นการอ้างอิงที่มาของดรรชนีภายนอกนั้นเป็นไปได้ 2 กรณีคือ การไม่กำหนดค่า หรือ สามารถหาค่าที่สอดคล้องกับดรรชนีหลักในตารางความสัมพันธ์อื่นได้

2.3 กฎความถูกต้องของโดเมน (Domain Integrity Rule)

เป็นการควบคุมความถูกต้องของทุกๆสดมภ์ในตารางความสัมพันธ์ เช่น ชนิดของข้อมูล รูปแบบของข้อมูล ความยาวของข้อมูล ช่วงค่าของข้อมูล ค่าโดยปริยาย ความเป็นเอกเทศ และการไม่กำหนดค่า

ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตาราง

โดยทั่วไปจะกำหนดให้ หนึ่งตารางแทนด้วยหนึ่งเอนทิตี

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดสดมภ์

โดยทั่วไปจะกำหนดให้ หนึ่งสดมภ์แทนด้วยหนึ่งลักษณะเฉพาะ

ขั้นตอนที่ 3 ดัดแปลงโครงสร้างข้อมูลให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของระบบจัดการฐานข้อมูล

เป็นการกำหนดจุดที่ใช้ให้เป็นประโยชน์และประสิทธิภาพการทำงานที่ดีที่สุด ดังนี้

1. การใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลของแต่ละทูเพิลให้เหมาะสม
2. เตรียมพื้นที่เริ่มต้น (Primary Space) ให้เก็บได้ทั้งตาราง
3. ทำการสำรองพื้นที่ข้อมูลสำหรับการเพิ่มเติมในอนาคต
4. ชื่อของฐานข้อมูลควรจะมีความหมายใกล้เคียงกับธุรกิจนั้นๆ
5. พยายาม เลือกวิธีการล็อกฐานข้อมูล (Database Locking Parameter) แบบที่ใช้พื้นที่ข้อมูลน้อยที่สุด เพื่อให้ใช้เวลาในล็อกฐานข้อมูลน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบกฎธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเอนทิตี

เป็นการบังคับคุณสมบัติทางตรรก ของดรรชนีหลัก และ ดรรชนีเลือก ให้เป็นไปตามกฎธุรกิจ เช่น ความเป็นเอกเทศ หรือการกำหนดค่าทุกครั้ง

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบกฎธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์

เป็นการกำหนดวิธีการและข้อกำหนดในการเพิ่ม ปรับปรุง และลบฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 6 ออกแบบกฎธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเฉพาะ

เป็นการกำหนดโดเมน วิธีการจัดการ ค่าโดยปริยาย และการไม่กำหนดค่า