หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น การจัดตารางการผลิต และรายละเอียด รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางการผลิต ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems : FMS)

2.1.1. ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (FMS)

Flexible Manufacturing Systems (FMS) หรือระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซี (NC) ระบบเคลื่อนย้ายวัสดุอัตโนมัติ เช่น สายพานลำเลียง (Conveyors) , AGV (Automated Guides Vehicles) หรือ หุ่นยนต์ (Robot) และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ โดยอุปกรณ์เหล่านี้ทั้งหมดที่ประกอบขึ้นมาเป็นระบบ จะถูกควบคุมและเชื่อมโยงเข้าด้วยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นใช้เวลาน้อยมากในการเปลี่ยนการทำงานจากชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งไปเป็นอีกชิ้นหนึ่งที่อยู่ในครอบครัว (Family) เดียวกัน จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้สำหรับการผลิตแบบนี้จะมีได้ตั้งแต่ปริมาณการผลิตต่ำ 200 ชิ้นต่อปีไปจนถึงระดับกลางประมาณ 20,000 ชิ้นต่อปี

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้ถูกออกแบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงเหมือนการผลิตแบบ Flow Shop แต่ยังคงรักษาความยืดหยุ่นในการผลิตแบบ Job Shop เอาไว้ด้วย ถึงแม้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นส่วนใหญ่จะเหมาะสำหรับงานผลิตตามสั่ง แต่ก็สามารถนำระบบ FMS นี้ไปใช้ในกิจกรรมการผลิตอย่างอื่นได้ เช่น การฟ่นสี หรือการประกอบ เป็นต้น

2.1.2 ความจำเป็นของการนำเอาระบบ FMS เข้ามาใช้ในการผลิต

จากสภาวการณ์ปัจจุบันซึ่งเป็นตลาดของผู้บริโภค มีการเปลี่ยนแปลงของการผลิตซึ่งไม่ได้มุ่งเน้นการผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวในปริมาณมากเช่นในสมัยก่อน แต่จะเน้นความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละรายให้ได้มากที่สุด เกิดการแข่งขันกันสูงระหว่างผู้

ผลิตด้วยกัน ผู้ผลิตที่ต้องการจะเป็นผู้อยู่รอด เป็นผู้นำทางด้านระบบการผลิต และสามารถครอบครองส่วนแบ่งตลาดส่วนใหญ่ไว้ได้ จำเป็นจะต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การผลิตแบบดั้งเดิม และเพื่อรองรับกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน จึงต้องมีการนำเอาเทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่ที่เหมาะสมมาใช้ ซึ่งการนำเอาระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมาใช้จะทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนที่มีความหลากหลายแตกต่างกันได้ โดยจะทำการผลิตชิ้นส่วนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่คำนึงถึงลำดับในการผลิตของชิ้นส่วน และจะเป็นไปตามความต้องการของตลาดที่เกิดขึ้นจริงในขณะนั้น ซึ่งความยืดหยุ่นของระบบที่มีอยู่จะเป็นตัวการที่ทำให้ระบบสามารถดัดแปลง ปรับเปลี่ยนตัวระบบให้เหมาะสมเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เปลี่ยนไปตลอดเวลาได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงในปริมาณการผลิต การเพิ่มขึ้นของชนิดผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงด้านการออกแบบและด้านวิศวกรรม เป็นต้น และยังทำให้ระบบจัดการกับสิ่งรบกวนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบที่ไม่สามารถพยากรณ์หรือคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น การเปลี่ยนแปลงกำหนดการผลิตอย่างกระทันหัน การเสียของเครื่องจักร เป็นต้น

จากวัตถุประสงค์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นดังที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น ในทางปฏิบัตินั้น การที่จะเปลี่ยนชิ้นส่วนกลับไปกลับมาเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนั้น เมื่อทำเช่นนี้เป็นประจำก็อาจจะเกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรได้ และจะก่อให้เกิดผลที่ตามมาก็คือ การหยุดชะงักของการผลิต ซึ่งจะมีผลต่อเวลาเสร็จของงาน ซึ่งจะต้องล่าช้าออกไป อาจจะมีผลเสียไปยังลูกค้าได้ถ้าหากเป็นระบบ JIT (Just In Time) ถ้าหากเป็นลูกค้าสำคัญอาจจะทำให้เสียลูกค้าไปในที่สุด

ความยืดหยุ่นของระบบเกิดได้เนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ในการควบคุมระบบทั้งระบบ โดยซอฟต์แวร์จะทำการหาเกณฑ์ที่เหมาะสมมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการทรัพยากรต่าง ๆ การจัดกำหนดการผลิต และการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้น ทั้งที่คาดหมายได้และคาดหมายไม่ได้กับระบบ

จากการศึกษาการทำงานจากเวลาทำงานทั้งหมด (87.60 ชั่วโมงต่อปี) พบว่า

ตารางที่ 2.1 แสดงการศึกษาการทำงานจากเวลาทำงานทั้งหมด

เวลาทำงาน (%)	รายละเอียด
44%	สูญเสียไปเนื่องจากการไม่ได้ใช้กะที่สองและสามให้เป็นประโยชน์เท่าที่ควร
34%	ของเวลาการผลิตทั้งหมดสูญเสียไปเนื่องจากวันหยุดต่าง ๆ
12%	สูญเสียไปในระหว่างการตั้งเครื่องจักรหรือ ระหว่างการนำชิ้นส่วนใส่เข้าหรือนำออกจากเครื่องจักร
4%	สูญเสียไปเนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดหมายเช่น เครื่องจักรเสีย ไฟฟ้าดับ ปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพของวัสดุ เป็นต้น
6%	ของเวลาทั้งหมดเป็นเวลาจริงที่ใช้ในการผลิต

พบว่าชิ้นส่วนจะใช้เวลาอยู่บนเครื่องจักรแค่ 5% ของเวลาในการผลิต ส่วนเวลาที่เหลือจะสูญเสียไปกับการเคลื่อนย้ายวัสดุและการรอคอยในแถวคอยเพื่อรอการดำเนินงานถัดไป จะเห็นว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตถูกใช้งานอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากว่าสิ่งรบกวนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ

ดังนั้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ การเปลี่ยนแปลงการผลิตที่เหมาะสมจะมีผลต่อการเสร็จของงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามกำหนดเวลา โดยมีการสายของงานน้อยที่สุดและมีอัตราการใช้เครื่องจักรสูงสุด

ด้วยเหตุนี้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถจัดการและควบคุมการทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 วัตถุประสงค์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

1. ปรับปรุงการควบคุมการดำเนินการ (Operational Control) โดย
   - ลดจำนวนของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้
   - จัดหาวิธีการที่จะทราบและทำให้เกิดการตอบสนองอย่างรวดเร็วเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงแผนการผลิตจากที่กำหนดไว้

- ลดการติดต่อสื่อสารที่ขึ้นกับมนุษย์

2. ลดแรงงานทางตรง
   - ลดจำนวนพนักงานคุมเครื่อง
   - ลดความจำเป็นที่จะต้องใช้พนักงานคุมเครื่องที่มีความชำนาญสูง
   - ช่วยทำให้เกิดการดำเนินการเกี่ยวกับเครื่องจักรโดยปราศจากมนุษย์หรือใช้มนุษย์ให้น้อยที่สุด
3. ปรับปรุงการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นซึ่งประกอบไปด้วย
   - การเปลี่ยนแปลงด้านวิศวกรรม
   - การเปลี่ยนแปลงด้านกระบวนการผลิต
   - เครื่องจักรเสียหรือไม่สามารถใช้งานได้
   - ความล่าช้าของการส่งวัสดุเข้าสู่กระบวนการผลิต
4. ปรับปรุงการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวซึ่งประกอบไปด้วย
   - การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์
   - การเพิ่มชนิดผลิตภัณฑ์
   - การเปลี่ยนแปลงในส่วนคละผลิตภัณฑ์
5. การเพิ่มการใช้งานเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ
   - ลดเวลาตั้งเครื่อง
   - เพิ่มการใช้งานเครื่องจักรและเครื่องมืออัตโนมัติให้เป็นประโยชน์
   - เพิ่มการใช้งานอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุแบบรวดเร็วเพื่อให้เครื่องจักรมีงานทำเสมอ
6. ลดจำนวนพัสดุคงคลัง
   - ลดขนาด รุ่น
   - เพิ่มการหมุนเวียนของพัสดุคงคลัง
   - เป็นเครื่องมือสำหรับวางแผนการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time)

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น จึงต้องมีการวางแผนการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรที่วางไว้ สำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้ถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการผลิตสูงเพื่อผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก ๆ และเป็นการผลิตแบบตามสั่ง ดังนั้นการจัดตารางสำหรับระบบการผลิตแบบนี้จึงต้องพิจารณาองค์ประกอบหลาย ๆ ประการ เช่น กฎเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการจัดตาราง , ระบบคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการปฏิบัติการ , รายละเอียดของงาน , เส้นทาง

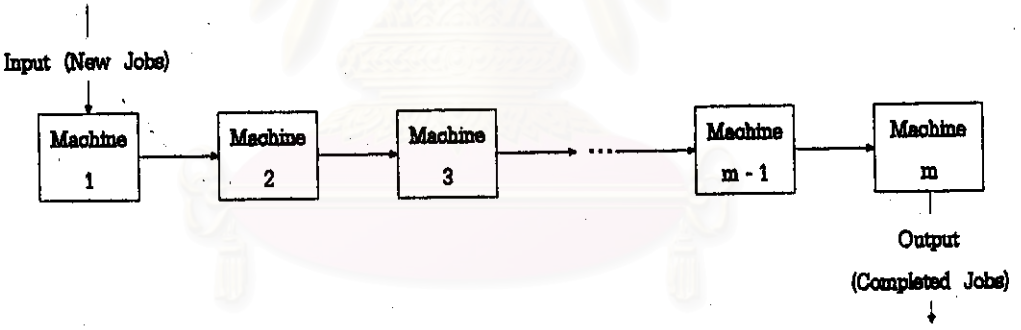
และเครื่องจักรที่ใช้สำหรับงานแต่ละงาน , รูปแบบการไหลของงาน เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับการวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ

2.2 รูปแบบการไหลของงาน

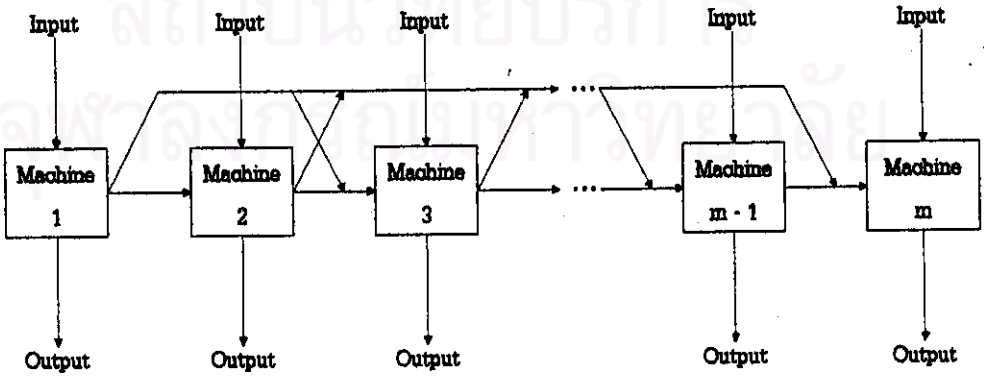
โดยทั่ว ๆ ไปในระบบการผลิต เมื่อพิจารณารูปแบบการไหลของงานในสายการผลิตแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

2.2.1 การไหลของงานแบบ Flow Shop

การไหลของงานจะเป็นไปในทิศทางเดียวตั้งแต่ต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นงาน จากรูปที่ 2.1 (ก) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานเพียงอย่างเดียวบนเครื่องจักร 1 เครื่อง ส่วนรูปที่ 2.1 (ข) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานมากที่สุด m การทำงาน ซึ่งงานนั้นอาจจะไม่ต้องผ่านเครื่องจักรทุกเครื่อง เพียงแต่ต้องเรียงตามลำดับของเครื่องจักร โดยที่จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดไม่จำเป็นต้องเป็นเครื่องจักรเครื่องที่ 1 และ m เสมอไป



(ก)

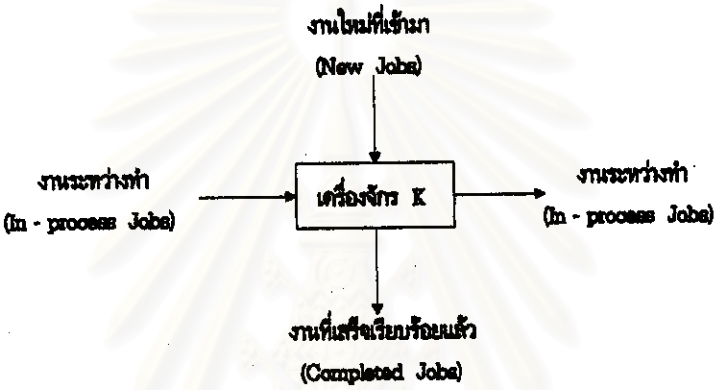


(ข)

รูปที่ 2.1 การไหลของงานแบบ Flow Shop

2.2.2 การไหลของงานแบบ Job Shop

จะมีรูปแบบการไหลของงานไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยองค์ประกอบของงานแบบนี้จะประกอบไปด้วย กลุ่มของเครื่องจักร และกลุ่มของงาน ซึ่งงานแต่ละงานจะประกอบไปด้วยหลายการทำงาน (Operation) เรียงลำดับกันไป รูปแบบส่วนใหญ่ของงาน จะมีจำนวน m การทำงาน แต่ละการทำงานจะใช้เครื่องจักร 1 เครื่อง และบางครั้งอาจจะมีการทำงานซ้ำบนเครื่องจักรเครื่องเดิมมากกว่า 1 ครั้ง ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การไหลของงานแบบ Job shop

สามารถกล่าวได้โดยสรุปดังตารางที่ 3.2 ถึงข้อแตกต่างระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบ Flow Shop และ Job Shop ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในเรื่องทิศทางการไหลของงาน จำนวนและประเภทของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบคงคลัง สินค้าระหว่างผลิตและสินค้าคงคลัง ความชำนาญของคนงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ รูปแบบการไหลของงาน และความยืดหยุ่นของกระบวนการ อาจกล่าวได้ว่า ระบบการผลิตแบบ Job Shop มีความยืดหยุ่นและสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระบบการผลิตตามที่ต้องการได้

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการไหลของงาน
แบบ Flow Shop และ Job Shop

รายละเอียด	Flow Shop	Job Shop
1. ทิศทางการไหลของงาน	ทิศทางเดียว	หลายทิศทาง
2. จำนวนผลิตภัณฑ์	น้อย	มาก
3. ประเภทของผลิตภัณฑ์	น้อย	หลายชนิด
4. วัตถุดิบคงคลัง	สูง	ต่ำ
5. สินค้าระหว่างผลิตคงคลัง	ต่ำ	สูง
6. สินค้าคงคลัง	สูง	ต่ำ
7. ความชำนาญของคนงาน	ต่ำ	สูง
8. เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้	สามารถทำได้เฉพาะอย่าง	สามารถทำได้หลายอย่าง
9. รูปแบบการไหลของงาน	คงที่	เปลี่ยนแปลงได้
10. ความยืดหยุ่นของกระบวนการ	ต่ำ	สูง

โดยทั่วไปแล้วเราอาจกล่าวว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems : FMS) มีรูปแบบการไหลของงานเป็นแบบ Job Shop โดยมีการขนย้ายวัสดุซึ่งใช้ระบบการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (Automatic Material Handling) และคอมพิวเตอร์ช่วยในการควบคุมการผลิต

2.3 การจัดตาราง (Scheduling)

2.3.1 ความหมายของการจัดตาราง

มีนักวิจัยหลายท่านได้ให้คำนิยามของการจัดตาราง (Scheduling) ไว้ดังนี้

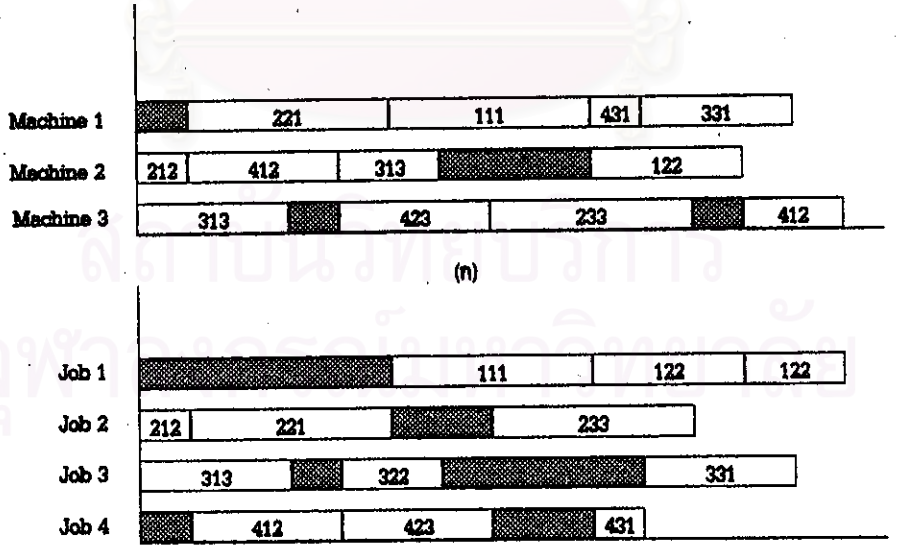
Baker (1974) : **การจัดตาราง** เป็นการจัดสรรทรัพยากรภายในเวลาที่มีอยู่ เพื่อดำเนินงานต่าง ๆ

Prabhu และ Baker (1986) : **การจัดตาราง** เป็นกระบวนการของการกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานแต่ละงานสำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

การแสดงผลของการจัดตารางนั้น มักจะแสดงในรูปของ Gantt Chart ซึ่งจะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากร (เช่น เครื่องจักร) กับเวลา ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดง Gantt Chart

โดยทั่วไปแล้ว Gantt Chart จะแสดงได้ 2 แบบ คือ ดังรูปที่ 2.4 (ก) แสดงการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และ (ข) แสดงการทำงานของงานแต่ละงาน โดยที่ไม่มีการทำงานพร้อมกันทั้ง 2 การทำงานบนเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน และจะไม่มีการทำงานที่เหลื่อมกันของการทำงานของงานงานเดียวกัน 2 การทำงาน นั่นคือจะต้องทำการทำงานลำดับก่อนหน้าให้เสร็จสิ้นลงก่อนแล้วจึงทำลำดับการทำงานต่อไปจนกระทั่งเสร็จสิ้น



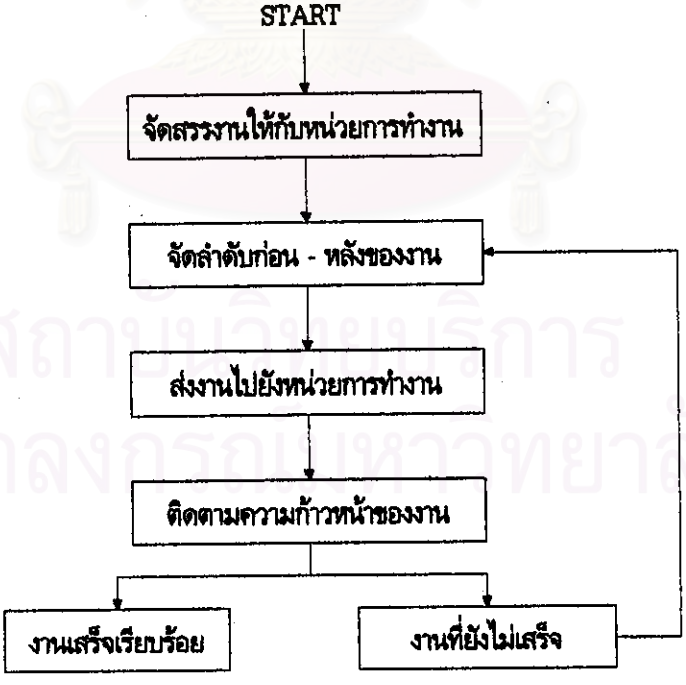
รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Gantt Chart (ก) แสดงการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (ข) แสดงการทำงานของงานแต่ละงาน

2.3.2 กระบวนการจัดตาราง

Tersine (1980) กล่าวถึงการจัดตารางแบบ Job Shop ไว้ว่าการจัดตารางเป็นระบบการควบคุมอย่างหนึ่งในแต่ละหน่วยการทำงาน โดยมีเป้าหมายที่จะทำให้การไหลของงานผ่านเครื่องจักรต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดตารางจะเกี่ยวข้องกับ 1) การจัดสรรงานให้กับหน่วยการทำงาน 2) การจัดลำดับก่อน - หลังในแต่ละหน่วยการทำงาน 3) การทบทวนการจัดลำดับก่อน - หลัง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น 4) การติดตามความก้าวหน้าของงาน

กระบวนการจัดตารางแสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งต้องตระหนักไว้เสมอว่าขั้นตอนการทำงานนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งเป้าหมายของการจัดตารางมีดังนี้คือ

1. เพิ่มเปอร์เซนต์ของจำนวนงานที่เสร็จตรงเวลา
2. ใช้ประโยชน์จากคนงานและเครื่องจักรต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ลดจำนวนสินค้าที่ค้างอยู่ในกระบวนการผลิต
4. ลดการทำงานล่วงเวลา



รูปที่ 2.5 กระบวนการจัดตาราง

2.3.3 ชนิดของตาราง

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ปัญหาการจัดตารางอาจจะมีทนทางของการจัดตารางได้หลายแบบ การปรับเวลาเริ่มต้นของบางการทำงานนั้นก็เป็นทนทางที่จะเคลื่อนย้าย Operation Block บน Gantt Chart ไปทางซ้าย ในขณะที่ยังสามารถเรียงลำดับการทำงานได้เหมือนเดิม วิธีการนี้เรียกว่า "การเลื่อนซ้ายเฉพาะแห่ง (Local Left Shift หรือ Limited Left Shift)" ถ้าให้ลำดับของการทำงานของแต่ละเครื่องจักรมีเพียงตารางเดียวไม่สามารถเลื่อนได้ เรียกตารางแบบนี้ว่า "Semiactive Schedules" ซึ่งมีค่าเท่ากับกลุ่มของตารางทั้งหมดที่มีเวลาว่าง (Idel Time) เกินความจำเป็น

สำหรับปัญหาการจัดตารางแบบ Job Shop งานแต่ละงานประกอบไปด้วย 1 การทำงานบนเครื่องจักร 1 เครื่อง เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีการทำงานจำนวน n การทำงาน ดังนั้นจำนวนของตารางที่จะเป็นไปได้สำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่องคือ n! ถ้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นอิสระจากกันจะมีตารางจำนวน $(n!)^m$ อย่างไรก็ตามลำดับก่อน - หลัง (Precedence) และเส้นทาง (Routing) ของเครื่องจักรของงานแต่ละงานจะมีผลกระทบต่อการจัดตารางด้วย ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาตารางที่ มี n = 2 , m = 2 ซึ่งงานแต่ละงานมีเส้นทางต่างกัน ดังนั้นจะมีวิธีการจัดตารางได้ $(n!)^m = (2!)^2 = 4$ วิธี แต่วิธีการที่จะเป็นไปได้สำหรับ Semiactive Schedules คือ 3 วิธี

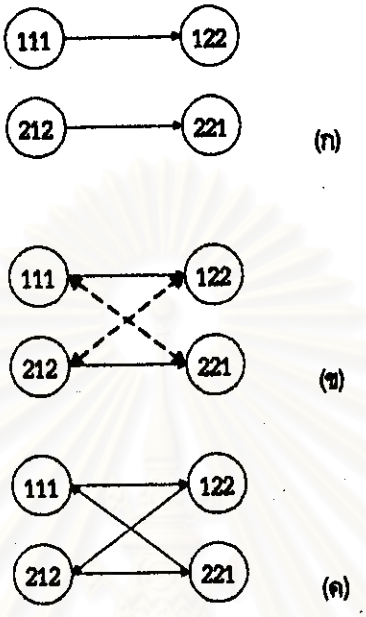
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของงาน

	Operation	
Job	1	2
1	1	2
2	2	1

จากอธิบายสัญลักษณที่จะใช้ต่อไปนี้คือ 1,1,1 หมายถึง งาน 1 , การทำงาน 1 , เครื่องจักร 1 หรือ 2,2,1 หมายถึง งาน 2 , การทำงาน 2 , เครื่องจักร 1

จากรูปที่ 2.6 (ก) มีงาน 2 งานซึ่งมีความสัมพันธ์ของลำดับก่อนหลัง ส่วนในรูป (ข) กล่าวถึงงาน (1,1,1) ทำก่อน (2,2,1) บนเครื่องจักรเครื่องที่ 1 และ (1,2,2) ทำก่อน (2,1,2) บนเครื่องจักรเครื่องที่ 2 จะเห็นได้ว่ามีวิธีการจัดลำดับซึ่งแสดงให้เห็นได้โดยใช้เส้นประนั้นมีหลายวิธี ส่วนในรูป (ค) แสดงถึงการจัดลำดับซึ่งเป็นไปไม่ได้ คือ (1,1,1) และ (2,2,1) บนเครื่องจักรเครื่องที่ 1 และ และ

(1,2,2) และ (2,1,2) บนเครื่องจักรเครื่องที่ 2 ซึ่งจะมีลักษณะวนไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด



รูปที่ 2.6 รูปแบบของการจัดตาราง

ใน Semiactive Schedule นั้น บนเครื่องจักรเครื่องเดียวกันจะต้องมีเวลาเริ่มต้นของแต่ละการทำงานของงานแต่ละงานแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการทำงานของงานอื่น ๆ ก่อนหน้านี้ โดยทั่ว ๆ ไป ในขณะที่การทำงานก่อนหน้านี้บนเครื่องจักรเครื่องเดียวกันสิ้นสุดลง จากตารางที่ 2.4.1 และ 2.4.2 ลำดับงาน คือ 4 - 3 - 2 - 1 เรียงกันบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง จะได้การจัดเรียงดังรูปที่ 2.7 (ก) ซึ่งไม่มีการเลื่อนซ้ายเฉพาะแห่ง (Local Left Shift) จะเห็นได้ว่ามีบางการทำงานที่สามารถเริ่มต้นที่เวลา t = 0 ได้ เช่น (1,1,1) และ (1,2,2) กับ (1,3,3) ก็สามารถเลื่อนตามเข้ามาได้ ลักษณะของตารางเช่นนี้เรียกว่า "การเลื่อนซ้ายทั้งหมด (Global Left Shift หรือ Simply left shift)" โดยเรียกตารางแบบนี้ว่า "Active Schedule"

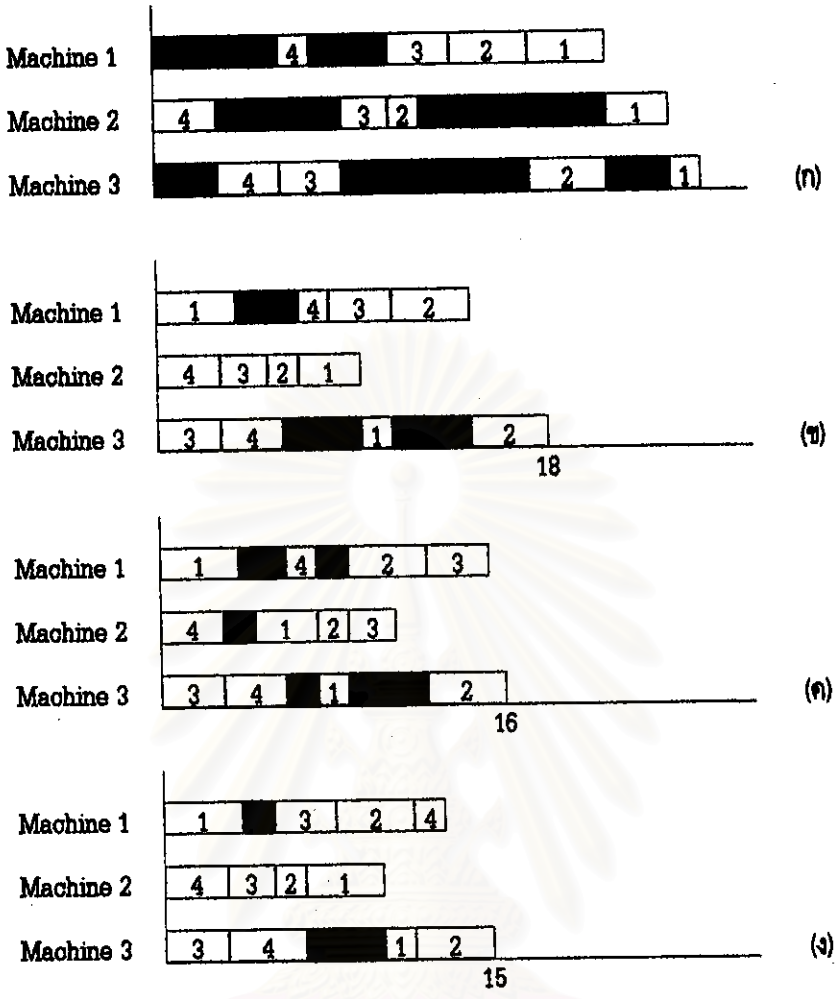
ตารางที่ 2.4.1 Processing Time

	Operation		
Job	1	2	3
1	4	3	2
2	1	4	4
3	3	2	3
4	3	3	1

ตารางที่ 2.4.2 Routing

	Operation		
Job	1	2	3
1	1	2	3
2	2	1	3
3	3	2	1
4	2	3	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

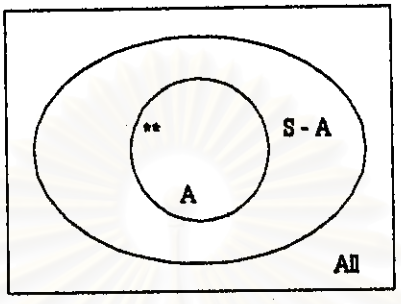


รูปที่ 2.7 ประเภทของตาราง (ก) Semiactive (ข) Active (ค) Active (ง) Nondelay

เซตของ Semiactive Schedule เป็นส่วนสำคัญของกลุ่มตารางทั้งหมด ดังนั้น Active Schedule ก็เป็นส่วนสำคัญในกลุ่มของ Semiactive Schedule ถ้ากล่าวถึงการพิจารณาประสิทธิภาพของตาราง ก็สามารถที่จะพิจารณาเพียง Active Schedule ก็เพียงพอ

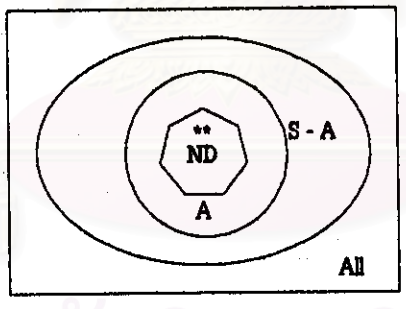
จำนวนของ Active Schedule ยังคงมีจำนวนมากอยู่ และในบางครั้งการพิจารณาที่แคบลงไปจะก่อให้เกิดความสะดวกขึ้น ซึ่งเรียกตารางแบบนี้ว่า "Non delay" โดยใน Non delay นี้จะไม่มีเครื่องจักรที่ว่างงาน ดังเช่นรูปที่ (ข) จะสังเกตเห็นว่ามีเครื่องจักรเครื่องที่ 1 ว่างอยู่ที่ t = 5 ซึ่งสามารถเริ่มทำ (3,3,1) ได้ ดังนั้นเครื่องจักรเครื่องที่ 1 จึงเปลี่ยนลำดับงานเป็น 1 - 3 - 2 - 4 ดังรูป (ง)

ตารางแบบ Non delay ทุกตารางเป็น Active Schedule เมื่อไม่สามารถเลื่อนไปทางซ้ายได้อีก ในทางตรงกันข้าม Active Schedule ส่วนมากไม่เป็น Nondelay นั่นหมายความว่าจำนวนของ Nondelay Schedule มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนของ Active Schedule และไม่สามารถระบุได้ว่า Nondelay Schedule ให้ตารางที่เหมาะสม

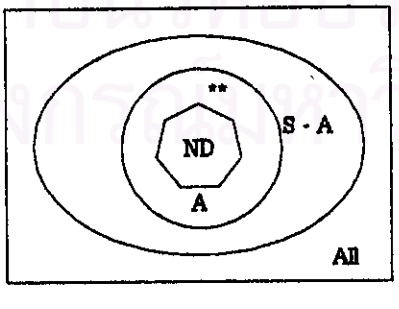


รูปที่ 2.8 แผนภาพเวนน์ของ Semiactive (S - A) และ Active Schedules

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า Semiactive Schedule เป็นสับเซตของ Active Schedule และ Non delay ให้คำตอบที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.9 (ก) และไม่ให้คำตอบที่ดีที่สุดดังรูปที่ 9 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 แผนภาพเวนน์แสดงความสัมพันธ์ของ Non delay Schedules
(ก) ให้คำตอบที่ดีที่สุด (ข) ไม่ให้คำตอบที่ที่สุด

2.3.4 การสร้างตาราง (Schedule Generation)

ในการสร้างตารางนั้นมีวิธีการสร้างอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ 1) Active Schedule Generation และ 2) Nondelay Schedule Generation โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

PS_t ตารางที่ประกอบด้วย t การทำงาน

S_t เซตของการทำงานที่ขั้นตอน t ซึ่งสอดคล้องกับ PS_t

σ_j เวลาเร็วสุดซึ่งการทำงาน $j \in S_t$ ที่สามารถเริ่มต้นได้

ϕ_j เวลาเร็วสุดซึ่งการทำงาน $j \in S_t$ สามารถเสร็จเรียบร้อย

1. Active Schedule Generation :

มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ $t = 0$ และเริ่มต้นด้วย $PS_t = 0$, S_t เป็นเซตของการทำงานทุกการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด $\phi^* = \min_{j \in S}\{\phi j\}$ และเครื่องจักร m^* ซึ่งสามารถเริ่มได้

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับแต่ละการทำงาน $j \in S_t$ ที่ต้องทำบนเครื่องจักร m^* และสำหรับ $\sigma_j < \phi^*$ จากนั้นสร้าง PS_t ใหม่ซึ่งประกอบไปด้วยการทำงาน j และเวลาเริ่มต้นที่ σ_j

ขั้นตอนที่ 4 สำหรับแต่ละ PS_{t+1} , กลับไปทำขั้นตอนที่ 3 และปรับปรุงข้อมูลดังนี้

4.1 ย้ายการทำงาน j จาก S_t

4.2 จาก S_{t+1} เพิ่มการทำงานที่เสร็จเรียบร้อยแล้วเข้าไปใน S_t

4.3 เพิ่ม $t + 1$

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปยังขั้นตอนที่ 2 สำหรับแต่ละ PS_{t+1} , สร้างขั้นตอนที่ 3 และทำต่อไปจนกระทั่งเสร็จ

ตัวอย่าง จากตารางที่ 2.4.1 และ 2.4.2 สามารถสร้างตารางได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ $t = 0$, $PS_t = 0$, $S_t = \{111 , 212 , 313 , 413\}$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด $\phi^* = \min_{j \in S}\{\phi j\}$

ϕ_j = {4 , 1 , 3 , 3}

= min {4 , 1 , 3 , 3} = 1

ขั้นตอนที่ 3 นำงาน 212 ไปทำบนเครื่องจักร 2 และ

ขั้นตอนที่ 4 PS_{t+1} = {212} , S_{t+1} = {111 , 224 , 313 , 413}

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ใหม่

2. Non delay Schedule Generation :

มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ t = 0 และเริ่มต้นด้วย PS_t = 0 , S_t เป็นเซตของการทำงานทุกการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด $\sigma^* = \min_{j \in S}\{\sigma j\}$ และเครื่องจักร m* ซึ่งสามารถเริ่มได้

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับแต่ละการทำงาน $j \in S_t$ ที่ต้องทำบนเครื่องจักร m* และสำหรับ $\sigma_j = \sigma^*$ จากนั้นสร้าง PS_t ใหม่ซึ่งประกอบไปด้วยการทำงาน j และเวลาเริ่มต้นที่ σ_j

ขั้นตอนที่ 4 สำหรับแต่ละ PS_{t+1} , กลับไปทำขั้นตอนที่ 3 และปรับปรุงข้อมูลดังนี้

4.1 ย้ายการทำงาน j จาก S_t

4.2 จาก S_{t+1} เพิ่มการทำงานที่เสร็จเรียบร้อยแล้วเข้าไปใน S_t

4.3 เพิ่ม t + 1

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปยังขั้นตอนที่ 2 สำหรับแต่ละ PS_{t+1} , สร้างขั้นตอนที่ 3 และทำต่อไปจนกระทั่งเสร็จ

ตัวอย่าง จากตารางที่ 2.4.1 และ 2.4.2 สามารถสร้างตารางได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ t = 0 , PS_t = 0 , S_t = {111 , 212 , 313 , 413}

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด $\phi^* = \min_{j \in S}\{\phi j\}$

ϕ_j = {0 , 0 , 0 , 0}

= min {0 , 0 , 0 , 0} = 0

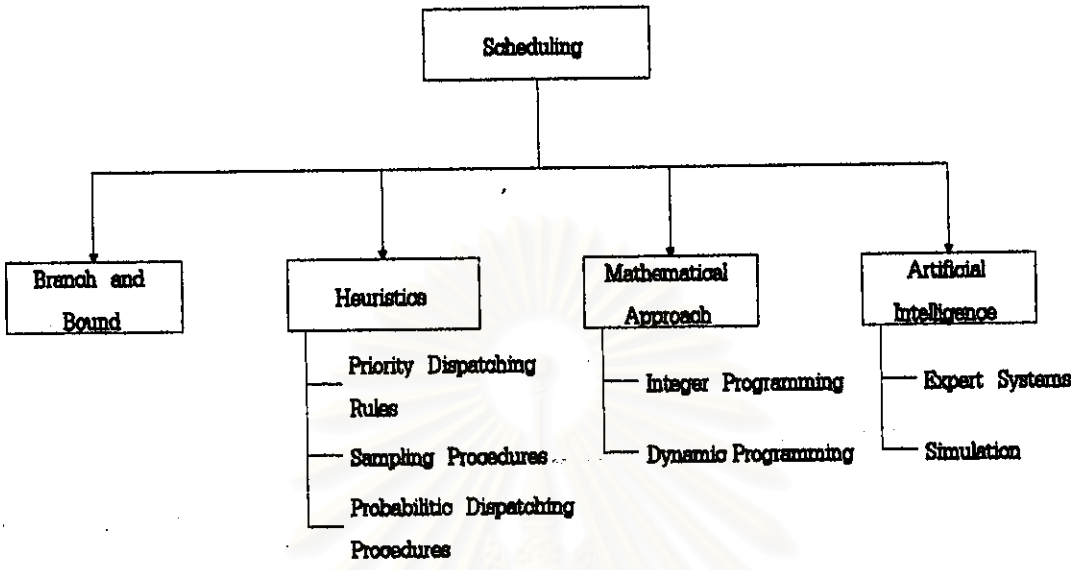
ขั้นตอนที่ 3 นำงานใดไปทำบนเครื่องจักรใดก็ได้ ในกรณีนี้เลือก 111

ขั้นตอนที่ 4 PS_{t+1} = {111} , S_{t+1} = {122 , 212 , 313 , 413}

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ใหม่

หอสมุดกลาง บัณฑิตวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.5 วิธีการจัดตารางการผลิต

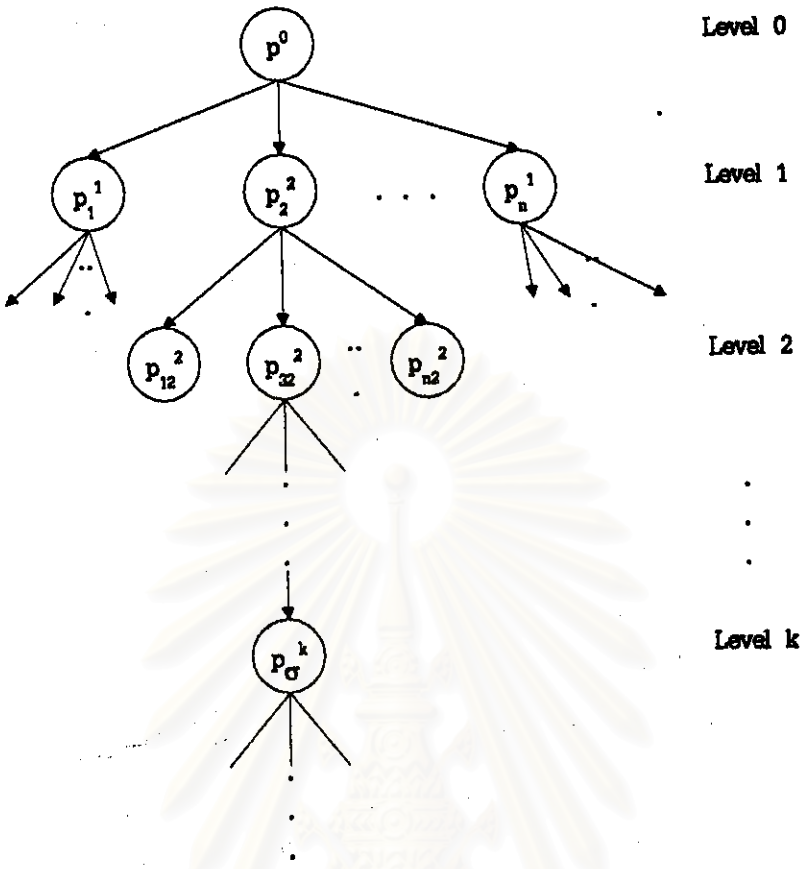


รูปที่ 2.10 วิธีการจัดตารางแบบต่าง ๆ

วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตนั้น มีหลาย ๆ วิธี ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. A Branch and Bound

วิธีการนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ Branching เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยซึ่งมากกว่า 2 ปัญหาย่อยขึ้นไป และ Bounding เป็นกระบวนการของการคำนวณ Lower Bound ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับ Lower Bound ที่ดี ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้จะดีที่สุด ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วิธี Branch and Bound

จากรูปที่ 2.11 กำหนดให้ P^0 เป็นปัญหาซึ่งประกอบด้วยงานจำนวน n งาน และ P^0 สามารถแยกออกเป็นปัญหาย่อยได้ n ปัญหา คือ P_1^1 , P_1^2 , ... , P_1^n ดังนั้น P_1^1 จะเป็นปัญหาเดียวกันกับ P^0 เพียงแต่ได้ถูกกำหนดไว้ว่าให้งานที่ 1 อยู่ในตำแหน่งสุดท้าย P_1^2 ก็เช่นเดียวกัน งานที่ 2 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้าย จะเห็นได้ชัดว่าปัญหาย่อยจะเล็กกว่า P^0 เนื่องจากพิจารณาเพียงแค่ (n - 1) ปัญหา

พิจารณาต่อไป ปัญหาย่อยแต่ละปัญหาสามารถแบ่งลงไปได้เป็น P_{12}^2 , P_{32}^2 , P_{42}^2 , ... , P_{n2}^2 ใน P_{12}^2 งานที่ 1 และ 2 จะถูกกำหนดให้อยู่ใน 2 ตำแหน่งสุดท้ายตามลำดับ และ P_{32}^2 คืองานที่ 3 และ 2 จะถูกกำหนดให้อยู่ใน 2 ตำแหน่งสุดท้ายตามลำดับเช่นกัน และระดับที่ k ปัญหาย่อยแต่ละปัญหาจะถูกกำหนดตำแหน่ง k ตำแหน่งและปัญหาย่อยนั้นจะเป็น (n - k) ปัญหา ถ้าจะกล่าวถึงกระบวนการแบ่งแยกปัญหาจนกระทั่งเสร็จจะได้ปัญหาย่อยจำนวน n!

ขั้นตอนการคำนวณหา Lower Bound ของปัญหาย่อยแต่ละปัญหา สมมติว่าที่ระดับหนึ่งได้รับคำตอบที่สมบูรณ์ซึ่งก็คือ Z สมมติว่าปัญหาย่อยที่พบในกระบวนการแบ่งแยกมีค่า Lower Bound มาก

กว่า Z ดังนั้นปัญหาย่อยนั้นไม่จำเป็นต้องพิจารณาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมอีก เพราะไม่ให้คำตอบที่ดีกว่า Z เมื่อปัญหาย่อยนั้นเสร็จแล้ว เราเรียกกิ่งนั้นว่า "Fathomed" ซึ่งเราไม่ต้องทำการแบ่งแยกปัญหาต่อไปอีก คำตอบที่สมบูรณ์จะใช้ในการเปรียบเทียบกิ่งซึ่งทำการ Fathomed เรียกว่า "Trail Solution"

สำหรับเทคนิคในการ Branching นั้นมีสองแบบคือ 1) Jumptracking เป็นการเลือกปัญหาย่อยที่ให้ค่า Lower Bound ต่ำสุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับ Branch หนึ่งไปยังอีก Branch หนึ่ง 2) Backtracking เป็นกระบวนการแยกปัญหาจนถึงระดับที่ n จนได้รับคำตอบ (Trial Solution) หลังจากนั้นย้อนกลับขึ้นไปจนกระทั่งไปถึงระดับที่ไม่สามารถแยกปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยได้อีก

ตารางที่ 2.5 เปรียบวิธีการ Jumptracking และ Backtracking

Jumptracking	Backtracking
1. มีปัญหาย่อยถูกแยกออกมามาก	1. มีปัญหาย่อยถูกแยกออกมาน้อยกว่า
2. การค้นหาคำตอบใช้เวลามากกว่า	2. การค้นหาคำตอบใช้เวลาน้อยกว่า
3. ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบ (Trail Solution) ที่ดีที่สุด	3. ไม่ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบ (Trail Solution) ที่ดีที่สุด
4. มีจำนวนกิ่งน้อย	4. มีจำนวนกิ่งมาก
5. มีโอกาสที่จะให้คำตอบที่ Flexible หรือ Optimum มากกว่า	5. มีโอกาสที่จะให้คำตอบที่ Flexible หรือ Optimum มากกว่า

2. Heuristics

วิธีนี้จะเป็นการนำกฎต่าง ๆ มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจของปัญหา และวิธีที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการนี้สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก กฎต่าง ๆ ที่เป็นฮิวริสติคส์ (Heuristics) ได้แก่

2.1 Priority Dispatching Rules

จากการสร้างตารางแบบ Active Schedule นั้น จะมีความความซับซ้อนเกิดขึ้นทุก ๆ การทำงานที่เครื่องจักร m* จากการเลือก $\sigma_j < \phi^*$ ส่วนในกรณีของ

Non delay Schedule จะเกิดความซับซ้อนเช่นเดียวกันจากการเลือก $\sigma_j = \sigma^*$ ซึ่งในกรณีนี้เราต้องการที่จะแก้ปัญหาความซับซ้อนดังกล่าว จึงนำกฎลำดับความสำคัญของปัญหา (Piority Rule) มาใช้ในการเลือกการทำงาน

ในการสร้างตารางโดยใช้ฮิวริสติคส์นี้ สามารถทำได้ 2 แบบ คือ ในขณะที่เลือกเงื่อนไข $\sigma_j < \phi^*$ จาก Active Schedule และ $\sigma_j = \sigma^*$ จาก Non delay Schedule เราสามารถนำกฎเกณฑ์ที่เป็นฮิวริสติคส์ใช้ในการตัดสินใจได้ ซึ่งกฎเกณฑ์ที่เป็นฮิวริสติคส์เหล่านี้ได้แก่

1. SPT (Shortest Processing Time) :
   เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานต่ำสุด
2. FCFS (First Come First Served) :
   เลือกการทำงานที่เข้ามาเร็วที่สุด
3. MWKR (Most Work Remaining) :
   เลือกการทำงานที่งานนั้นมีการทำงานเหลือที่จะทำงานมากที่สุด
4. MOPNR (Most Operations Remaining) :
   เลือกการทำงานที่งานนั้นมีจำนวนการทำงานที่เสร็จแล้วมากที่สุด
5. LWKR (Least Work Remaining) :
   เลือกการทำงานที่งานนั้นมีการทำงานเหลือที่จะทำงานน้อยที่สุด
6. RANDOM (Random) :
   เลือกการทำงานแบบสุ่ม

2.2 Sampling Procedures

วิธีการนี้จะเลือกวิธีการสุ่มว่าจะใช้วิธีใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนการทำงานด้วย จำนวนตัวอย่างจากการสุ่มที่มากกว่าจะได้คำตอบที่เข้าใกล้ความเหมาะสมมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่น้อยกว่า

2.3 Probabilities Dispaching Procedures

เป็นการนำค่าความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งคล้ายกับวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Procedures)

3. Mathematical Approach

เป็นการนำตัวแบบทางด้านคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการหาผลลัพธ์ ซึ่งได้แก่

3.1 Integer Programming

เป็นวิธีการกำหนดตัวเลขเชิงจำนวนเต็มเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3.2 Dynamic Programming

เป็นวิธีการพิจารณาปัญหา โดยการตัดกลุ่มของคำตอบที่ไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดออก

4. Artificial Intelligence

เป็นวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ที่ช่วยในการหาผลลัพธ์ ซึ่งได้แก่

4.1 Expert Systems

เป็นวิธีการที่ช่วยบ่งชี้หรือช่วยหาผลลัพธ์ให้เร็วขึ้น โดยการแนะนำแนวทางของคำตอบไว้ให้

4.2 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

Prisker (1984) ได้อธิบายไว้ว่า เป็นวิธีการทดลองหาคำตอบโดยพิจารณาถึงผลลัพธ์ที่ได้ ถ้าหากคำตอบนั้นยังไม่เป็นที่พอใจก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหามีดังต่อไปนี้

4.2.1 กำหนดระบบและปัญหา (System Definition and Problem Formulation) ซึ่งเป็นการกำหนดปัญหาและขอบเขตของงาน และกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

4.2.2 รวบรวมข้อมูล (Collection Data)

4.2.3 กำหนดรูปแบบ (Construction of Computer Model) โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.2.4 การตรวจสอบและแก้ไข (Verification and Validation of the Model) หลังจากกำหนดรูปแบบเรียบร้อยแล้ว จึงทำการยืนยันว่า

โปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ได้ และสร้างระดับของการยอมรับซึ่งลงความเห็นหรือสรุปจากประสบการณ์ว่าสามารถเป็นไปได้จริง

4.2.5 การทดลองกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Experimention with the Model) เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของทางเลือกหลาย ๆ ทาง ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ผลแล้ว ทนทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดก็จะถูกนำไปปฏิบัติ

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Cook and Zemel (1986) กล่าวถึง Dispatcher เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ซึ่งควบคุมและตรวจสอบระบบการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ และระบบนี้เคยใช้ในระบบ 2 ระบบของระบบการผลิตของ Digital Equipment Corporation ใน USA โดย Carnegie Group Inc., Pittsburgh, PA. การเริ่มต้นพัฒนาโรงงานประกอบแผ่นวงจร (Plant ' s Printed Circuit Board (PCB) Assembly) ซึ่งประกอบด้วยระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) สำหรับขนส่งเชื่อมโยงหน่วยปฏิบัติการ (Workstation) โดยจะส่งงานต่อไปยังหน่วยปฏิบัติงานหลายร้อยหน่วย

ระบบนี้ถูกออกแบบแทนที่ Human Dispatcher ผู้ซึ่งทำงานคือการค้นหาเอกสาร (File) ของ Index Card เพื่อค้นหาข่าวสารที่ถูกต้องสำหรับการส่งข้อมูลย้อนกลับ มิฉะนั้นก็ส่งไปยังหน่วยปฏิบัติการ (Workstation) อื่น ๆ และทำข่าวสารให้ทันสมัยบนการ์ด การค้นหาข้อมูลเหล่านี้จะมีจำนวนถึง 500 ข้อมูล/วัน ทำให้เกิดความผิดพลาดโดยไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ และเป็นเหตุผลในการที่จะใช้ประโยชน์จากระบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำได้ในเรื่องของความรวดเร็วและความเที่ยงตรงในการตรวจสอบผลในระบบ Dispatching

ผู้พัฒนาได้ให้เหตุผลว่า ความสำเร็จของ Dispatcher เป็นหลักประกันได้ว่าจะเป็นไปได้ และก่อนหน้าที่จะเริ่มการพัฒนา เป็นที่รู้กันว่า Human Operator ไม่สามารถควบคุมระบบการขนส่งอัตโนมัติอย่างมีประสิทธิภาพ ประโยชน์อื่น ๆ สำหรับการนำไปใช้คือการกำหนดหน้าที่ที่ต้องการจากระบบให้ดีขึ้น ดังนั้น Dispatcher Project ไม่รับทราบปัญหาบางปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่ก่อนหน้างานพัฒนาด้านปัญญาประดิษฐ์ เช่น ความขาดแคลนความต้องการจริงของระบบ ความขาดแคลนของเงื่อนไขบนขอบเขตของระบบและการกำหนดให้ครอบคลุมของความต้องการของระบบ

Acook และ Zenel (1986) กล่าวอีกว่าองค์ประกอบหลักอื่น ๆ ซึ่งสนับสนุนความสำเร็จของ Dispatcher คือ ส่วนของการแนะนำเพื่อการผลิต ในช่วงแรกของขั้นตอนการนำไปใช้ ระบบใหม่จะเลียนแบบหน้าที่ของระบบก่อนหน้านี้ ดังนั้นผู้ใช้จะได้รับความไว้วางใจในระบบใหม่ตั้งแต่ปฏิบัติงานได้ ระดับของการติดตามการยอมรับคือการนำไปใช้อย่างเต็มรูปแบบ ความสำคัญของการเพิ่มของการติดตั้ง Dispatcher มี 2 กรณีคือ 1). กระจายความหวาดกลัวไปในแต่ละขั้นและสร้างความมั่นใจในระดับที่กำลังตามมา 2). มีการรับประกันว่าบางจุดสามารถละทิ้งหน้าที่ใหม่ได้ และกลับไปรักษาระบบของขั้นก่อนหน้านี้ซึ่งเคยเรียนรู้มาก่อน

Factor Control Through Operations Replication (Factrol , 1986) โดย Grant et, al. (1989) โดยมีเป้าหมายหลักของการค้นคว้าเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตารางแบบ Multi - Machines Complex Automated โดยใช้กำหนดเวลา (Due date) และสถานะภาพของใบสั่งผลิตจากระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) FACTOR จะสร้างตารางที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุด เพื่อเป็นข้อแนะนำในการทำงาน (Work Instruction) สำหรับเครื่องจักรทุก ๆ เครื่องภายใน Cell ประสิทธิภาพของระบบจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อวางแผนและปฏิบัติเพื่อค้นหาประสิทธิภาพที่เบี่ยงเบนไปจากเวลาจริง , เพื่อให้การควบคุมการจัดตารางสามารถเปลี่ยนแปลง/คาดการณ์ได้อย่างอัตโนมัติ มีองค์ประกอบของ FACTOR 5 ประการคือ 1) Scheduler กำหนดตารางการปฏิบัติงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ 2) Monitor ตรวจสอบความก้าวหน้าในปัจจุบันและความต้องการภายในโรงงาน 3) Comparator เปรียบเทียบความเป็นจริงกับแผนการจัดตาราง 4) Resolver กำหนดและเลือกกลยุทธ์การเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ 5) Adaptor ปรับปรุงตารางในปัจจุบัน

Factor สามารถทำได้โดยง่าย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าได้รับคำสั่งผลิตด่วน (Rush Order) หรือเครื่องจักรหยุด หรือวัตถุดิบไม่สามารถใช้ได้ Factor มีความสามารถที่จะตรวจสอบทางเลือกการจัดตารางหลาย ๆ แบบ และพยากรณ์ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้สำหรับนำไปปฏิบัติ ศักยภาพโดยทั่ว ๆ ไป จะบังเกิดมากขึ้นจากการจำลองแบบปัญหา รวมทั้งการลดสินค้าระหว่างผลิต (Work In Process) ปรับปรุงการส่งใบสั่งผลิตให้ตรงเวลา และลดต้นทุนค่าแรงงาน

ESPRIT Project Research (Tiemera , 1988 และ Meyer et, al., 1988) โปรแกรมกลยุทธ์ยุโรปสำหรับการวิจัยและพัฒนาในเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) โดยมีเป้าหมายหลัก ๆ 3 ประการคือ

1. เพื่อจัดหาความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมพื้นฐานที่ต้องการเพื่อให้ทันต่อความต้องการด้านการแข่งขันในปี 1990s ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศหลัก ๆ ได้แก่ ไมโครอิเล็คทรอนิคส์ ระบบประมวลผลข่าวสารและการนำเทคโนโลยีไปใช้ และระบบ Computer Integrated Manufacturing
2. เพื่อสนับสนุน European Industrial Cooperation ด้วย ESPRIT
3. เพื่อช่วยเหลือในการที่จะพัฒนาให้ยอมรับเป็นมาตรฐานให้ได้กลายเป็นผู้นำในมาตรฐานเทคโนโลยีสารสนเทศ

การค้นคว้าในการควบคุมแบบ Shop Floor (Shop Floor Control) ซึ่งอยู่ภายใต้ CIM Section ของ ESPRIT และมี 3 Project ในการจัดตาราง/การควบคุมการผลิต ซึ่งเป็นที่น่าสนใจ

ESPRIT Project 809 (Tiemersa , 1988) เกี่ยวข้องกับเป้าหมายการพัฒนาของระบบโดยมีเป้าหมายที่จะปรับปรุงความสามารถการควบคุมการผลิต ในส่วนของกลุ่มเล็ก ๆ (Small Batch) นี่คือความสำเร็จของระบบซึ่งรวมหน้าที่ของการจัดตาราง การควบคุม Workstation และตรวจสอบ และเชื่อมต่อ On - Line เพื่ออุปกรณ์การผลิตบน Shop Floor ผลจากระบบควบคุมการผลิตทำโดย Expert System และ Knowledge และความชาญฉลาดของ Operator ต้นแบบเคยถูกนำไปใช้งานที่โรงงานจำลอง

PCS ถูกพัฒนาสำหรับการผลิตแบบยืดหยุ่นอัตโนมัติ (FMC) ประกอบด้วย

- อุปกรณ์หลายชนิด (Machining Centers , Milling Machines , Lathes)
- ระบบการขนส่งสำหรับเครื่องมือและผลิตภัณฑ์ , Loadtion และ Unloading Devices
- Cell Comp. เพื่อหา PCS ซึ่งต่อกับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างชนิดใน Manufacturing Cell โดยการติดต่อแบบเครือข่าย

ระบบ PCS ประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังนี้

1. Scheduling Module
2. Dispatching Module
3. Workstation Control Module
4. Monitoring Module

ข้อมูลเข้า (Input) ของ PCS จากระบบประกอบไปด้วย ใบสั่งผลิตและแผนความจำเป็นในกระบวนการ ซึ่งขึ้นอยู่กับความทันสมัยของอุปกรณ์และเวลาการผลิต ใบสั่งผลิตนี้จะถูกจัดตารางใน แผนการทำงาน (Workplan) โดย Scheduling Module แผนการทำงานนี้จะประกอบไปด้วยลำดับงานและเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของงาน ผล (Output) ของ Scheduling Module จะสนับสนุน Dispatching Module ซึ่งจากนั้นจะส่งแผนการทำงานไปแต่ละกระบวนการสำหรับงานแต่ละงาน ในกรณีที่ตารางงานไม่สามารถเริ่มต้นได้ตามตาราง Dispatching Module จะส่งสถานะของข่าวสาร (Status Information) ไปยัง Monitoring Module ผลของ Dispatching Module จะสนับสนุน Workstation Control Module , Workstation Control Module นี้จะรวบรวมสถานะของข่าวสารของแต่ละส่วนและส่งไปยัง Monitor Module , Monitor Module อนุญาตงานให้ส่งข้อมูลย้อนกลับ (Feedback Information) ภายใน PCS สถานะของข่างสารจะถูกรวบรวมและเก็บในฐานข้อมูล (Database) ของ Monitoring Module จะรายงานประสิทธิภาพ (Performance) ของ Manufacturing Cell ไประบบและ factory Level ระบบนี้คือการนำไปใช้งานใน Pilot Basis

ESPRIT Project number 932 (Meyer et, al. 1988) พัฒนาวิธีการเพื่อวิเคราะห์และออกแบบ Intelligent Cell Controller ซึ่งจะถูกพัฒนาไปใช้เป็นเครื่องมือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Tools) และมีจุดมุ่งหมายของตัวควบคุมเพื่อวางแผนและควบคุมกิจกรรมภายใน Cell ปัญหาหลัก ๆ มีดังนี้

1. แผนจากระบบการวางแผนระดับสูง ๆ ไม่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการผลิตระยะสั้น
2. พารามิเตอร์ในกระบวนการนี้มีมาก จึงเป็นความซับซ้อนของงานการจัดตาราง

วิธีการแก้ไขปัญหาสำหรับงานนี้ ในระบบสนับสนุนการวางแผนยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับฮิวริสติคส์ หรือ Algorithm ที่เหมาะสมและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ กลยุทธ์หลักคือการกำหนดหน่วยปฏิบัติการที่เป็นคอขวด

Production Logistics And Timings OrganiZer (PLATO - Z) โดย O'Grady และ Lee (1988) ซึ่งใช้เทคนิคของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ของ Blackboard และเป็นระบบพื้นฐานเพื่อพัฒนา ICCS (Intelligent Cell Control System) โดย PLATO - Z จะรวมถึงโครงสร้างของ ICCS (Intelligence Cell Control System) ซึ่งจะแบ่งเป็นส่วนของการวางแผนและระบบการจัดตาราง และรวมถึงหน้าที่อื่น ๆ เช่น การควบคุมความผิดพลาด (Error Handling) และการตรวจสอบ (Monitoring) O'Grady ได้ให้เหตุผลว่าสำหรับ Intelligent Control System โครงสร้างของการกระจายการควบคุมถูกเสนอตั้งแต่การตัดสินใจต่ำกว่าลำดับขั้นของความเป็นไปได้และระดับของ Cell สามารถรับความรับผิดชอบสำหรับการทำงานของ cell ดังนั้นหน้าที่หลักของ ICCS ของ PLATO-Z

คือเพื่อการจัดตารางงาน , เครื่องจักร และแหล่งทรัพยากร (Resource) อื่น ๆ ใน Cell เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไวอย่างมีประสิทธิภาพ คำสั่งนั้นจะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ภายใน Cell และหน้าที่ตรวจสอบนั้นจะเป็นแนวทางของกระบวนการทำงานซึ่งขึ้นอยู่กับการตอบสนองจากเครื่องมือ

ดังนั้น ICCS เคยนำ PLATO - Z ไปใช้โดย Multi - Blackboard / Actor - based ซึ่งจะมี Backboard หลาย ๆ Backboard ซึ่งแต่ละ Blackboard จากหน้าที่หลัก ๆ ดังนี้คือ

1. Scheduling Blackboard ซึ่งจัดทรัพยากร (Resource) ภายใน Cell เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้
2. Operation Dispatching Blackboard ซึ่งกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานสำหรับระดับของเครื่องมือ
3. Monitoring Blackboard ซึ่งกรองและแบ่งแยกข่าวสาร
4. Error Handling Blackboard และวิเคราะห์ความผิดพลาดและปัญหาที่เกิดขึ้นใน Cell และจัดหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้

1. Scheduling Blackboard

ICCS Scheduling Blackboard ได้เป้าหมายหรือคำสั่งจากระดับ Shop และต้องจัดการทรัพยากรเพื่อที่จะไปสู่เป้าหมายสูงสุด เป้าหมายคือรูปแบบของงานเพื่อที่จะทำให้เสร็จและทันเวลา ดังนั้นหน้าที่หลักของ Scheduling Blackboard รวมถึงการตรวจสอบความสามารถของทรัพยากร , การจัดทรัพยากร , การจัดลำดับ , การตอบสนองภายนอกด้วย และการตอบสนองเพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากการตรวจสอบและระบบการควบคุมความผิดพลาด (Error Handling Systems) หน้าที่การควบคุมของ Scheduling Blackboard สามารถแบ่งได้เป็น 2 กิจกรรมหลักคือ การจัดตารางตามปกติ ซึ่งจะสร้างลำดับโดยทำตาม Dispatching Blackboard และการเปลี่ยนตาราง เพื่อที่จะตอบสนองเงื่อนไขที่ผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของ Cell

2. Operation Dispatching Blackboard

นำคำสั่งจาก Scheduling Blackboard และสร้างรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานที่ร้องขอสำหรับระดับเครื่องมือ (Equuipment Level) รายงานการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในสถานะของระบบเพื่อ Scheduling Blackboard โดยมีหน้าที่หลักคือ

- เพื่อสร้างและเผยแพร่รายละเอียดของการทำงานสำหรับเครื่องมือภายในเวลาอันสั้น
- เพื่อตอบสนองต่อการร้องขอสำหรับการแก้ไขความผิดพลาด (Corrective Action) จาก Error Handling Blackboard

- เพื่อปรับปรุงสถานะของ Cell ให้ทันสมัย (Update the Cell Status) (เช่น สถานะของชิ้นส่วน , สถานะของเครื่องจักร , สถานะของหุ่นยนต์ เป็นต้น)
- เพื่อรายงานการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของงาน , เครื่องจักร และแหล่งทรัพยากรต่อ Scheduling Blackboard

3. Monitoring Blackboard

Monitoring Blackboard ยังคงรักษาแนวทางของสถานะของการทำงานและทรัพยากร ตลอดจนการตอบสนองจากระดับเครื่องมือ โดยทำการกรองและแบ่งแยกข่าวสารย้อนกลับและรายงานข่าวสารที่เกี่ยวข้องไปยังระบบ Blackbord ที่ระดับสูงกว่า ซึ่งหน้าที่หลักของการตรวจสอบคือ

- เพื่อเป็นแนวทางของการทำงาน , ชิ้นส่วน และทรัพยากร
- เพื่อกรองและแบ่งแยกข่าสาร ย้อนกลับ
- เพื่อรายงานสถานะที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบที่สูงขึ้น
- รักษาสถิติบนส่วนประกอบของ Cell เช่น Utilization ของเครื่องจักร , อุปกรณ์ , เวลาเครื่องหยุด (Down Times) , เวลาตั้งเครื่อง (Setup Times) เป็นต้น

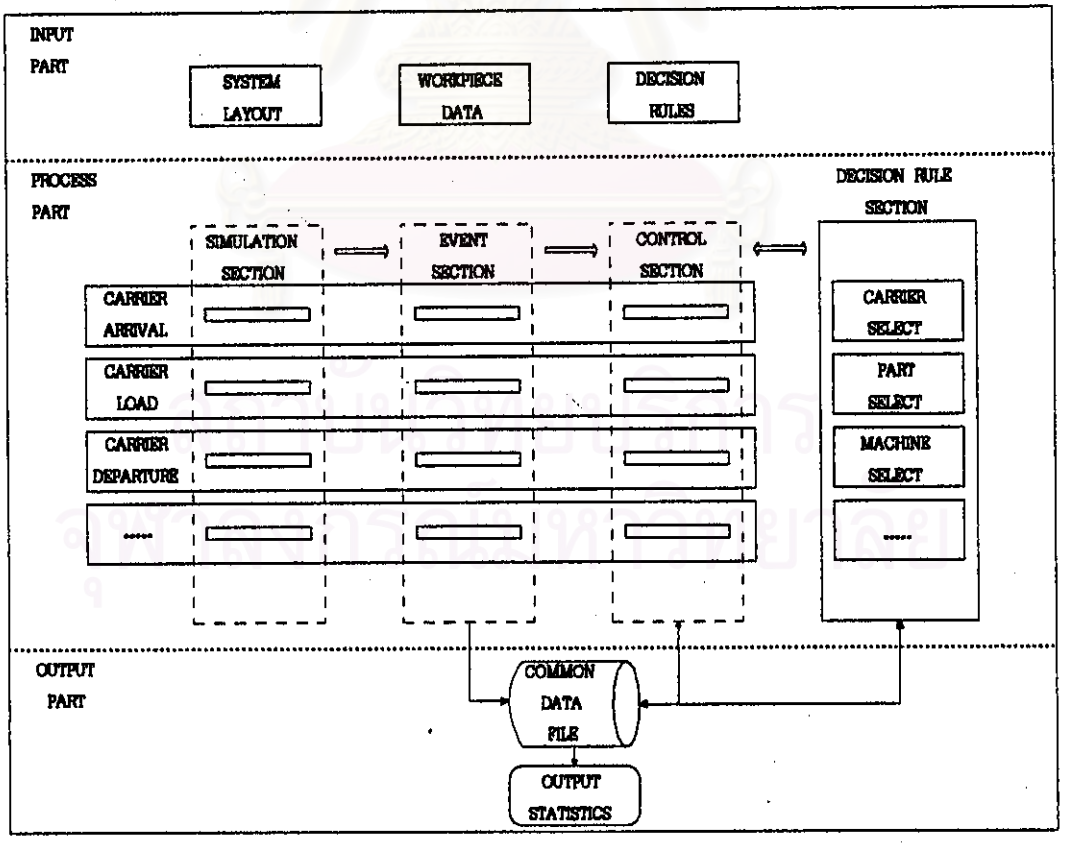
4. Error Handling blackboard

มีหน้าที่เกี่ยวกับปัญหาความผิดพลาดหรือเงื่อนไขที่ต้องยกเว้นต่าง ๆ ภายใน Cell เช่น เครื่องจักรเสีย และเครื่องมือชำรุด จะจดจำและวิเคราะห์ความผิดพลาดและจัดหาวิธีการแก้ไขความผิดพลาดสำหรับปัญหานั้น ๆ วิธีปฏิบัติที่แนะนำจะถูกส่งไปยัง Scheduling และ Dispatching Blackboard โดยหน้าที่หลัก ๆ มีดังนี้คือ

- เพื่อแปลและแยกเงื่อนไขการผิดพลาด
- เพื่อหาวิธีการแก้ไขความผิดพลาด
- เพื่อร้องขอวิธีการแก้ไขความผิดพลาด จาก Operation Dispatching Blackboard สำหรับการเบี่ยงเบนเพียงเล็กน้อย
- เพื่อร้องขอการเปลี่ยนตารางใหม่สำหรับความเสียหายที่ร้ายแรง (Major Disruptions)
- เพื่อรายงานความผิดพลาดที่ร้ายแรงไปยังระบบการควบคุมผ่านไปยัง Scheduling Blackboard เมื่ออยู่เหนือการควบคุม

Montazeri และ Van Wassenhove (1990) ได้กล่าวถึงระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นไว้ว่า เป็นระบบที่ถูกออกแบบสำหรับการผลิตหลาย ๆ แบบ ซึ่งสามารถใช้เครื่องจักรประมาทเดียวกัน มีระบบการขนถ่ายวัสดุทำหน้าที่เชื่อมระหว่างหน่วยผลิตอื่น ๆ โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบคอมพิวเตอร์ ระบบการผลิตแบบนี้จะมีความเสี่ยงในการลงทุนที่สูง แต่ประหยัดต้นทุนในการผลิต อย่างไรก็ตามการที่จะนำมาระบบนี้มาทำการติดตั้งเพื่อใช้งานจริงนั้น จะต้องมีการจำลองแบบขึ้นมาก่อน ซึ่งการจำลองนั้นเรียกว่า Modular FMS Simulator

แบบจำลองนี้จะนำมาใช้วิเคราะห์ผลของความแตกต่างของกฎการจัดตาราง โดยนำเกณฑ์การประเมินผล เช่น อัตราการใช้เครื่องจักรเฉลี่ย (Average Machine Utilization) และ อัตราการคอยคิวเฉลี่ย (Average Waiting Time) สำหรับแบบจำลองนี้ประกอบด้วย 1) Modularity ประกอบด้วยกลุ่มกิจกรรมในระบบแต่ละแบบ แต่ละกิจกรรมจะถูกควบคุมให้เป็นอิสระจากกัน กลุ่มกิจกรรมจะติดต่อกันตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน 2) User - Friendliness เป็นเมนูของโปรแกรมที่จะถามผู้ใช้ถึงลักษณะรูปแบบของระบบ รวมถึงการตรวจสอบในส่วนของข้อมูลที่รับเข้าเพื่อป้องกันการผิดพลาด 3) Decision Rule Consideration เกณฑ์การตัดสินใจ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดเองหรือเพิ่มเติมเข้ามาก็ได้



รูปที่ 2.12 Modular FMS Simulator

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่า โปรแกรมนี้มีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ 1) Input Part เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย Layout , Workpiece data และ Decision Rules 2) Process Part เป็นส่วนหลักของ Modular FMS Simulator ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ Event Section , Control Section , Decision Rule และ Simulation Section 3) Output Part เป็นส่วนที่ช่วยผู้ใช้ในการกำหนดเกณฑ์ของการจำลองระบบ คุณสมบัติของระบบ และช่วยในการประเมินรูปแบบของระบบ

กฎของการจัดตารางเพื่อใช้ในการเลือกงานที่จะนำมาผลิตจากกลุ่มของงานที่รอคอยอยู่นั้น กฎเหล่านี้สามารถที่จะใช้ในการนำชิ้นส่วนเข้ามาในระบบ , เรียงลำดับชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบ และกำหนดชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์ กฎของการจัดตารางนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ 1) Static เป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นและผลของการจัดตารางในช่วงเวลาหนึ่ง 2) Dynamic จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

สำหรับกฎเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการจัดตารางนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น SPT/LPT (Shortest / Longest Processing Time) , SRPT/LRPT (Shortest / Longest Remaining processing Time) , First in First out เป็นต้น

Yamamoto และ Nof (1985) กล่าวถึงระบบการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางในระบบปฏิบัติการ (Scheduling / Rescheduling in the Manufacturing Operationg Systems) ดังนี้

Computerised Manufacturing Systems

การพัฒนาหลักด้านอื่น ๆ ของระบบการผลิตแบบคอมพิวเตอร์หรือความยืดหยุ่น (Computerised Manufacturing Systems : CMS) ระบบการผลิตแบบคอมพิวเตอร์นี้จะควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ , เครื่องจักร DNC , การขนส่งและระบบการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ , เครื่องเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ เป็นต้น CMS จะเป็นผู้จัดให้การผลิตนั้นยืดหยุ่นและเป็นระเบียบ ดังนั้นการออกแบบระบบ CMS และการวิเคราะห์การทำงานของ CMS เพื่อกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกตรวจสอบโดยนักวิจัยหลาย ๆ ท่าน

Manufacturing Operating System Environment

ระบบการจัดการผลิต (Manufacturing Operating System : MOS) เป็นระบบสำหรับการควบคุมศูนย์กลางของระบบอัตโนมัติ MOS เป็นชอบข่ายของการตัดสินใจหลายขั้นตอนในระบบการควบคุมการทำงานโดยรวม

MOS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ การบริหารข้อมูล (Data Management) , Logic Management และ การติดต่อกับผู้ใช้งานและการควบคุมเครื่องจักร การบริหารข้อมูลนั้นประกอบด้วย ความรับผิดชอบในด้านการแสดงผล , การเก็บข้อมูล และ การรับข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเพื่อการบริหาร ส่วน Logic Management จะเกี่ยวข้องกับการแสดงผล , การเก็บข้อมูล , การรับข้อมูล และวิธีการปฏิบัติ ณ จุดที่ต้องตัดสินใจในระบบ วิธีการสนับสนุนการตัดสินใจได้จัดการและตรวจสอบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ซึ่งคล้ายกับการตัดสินใจของมนุษย์ที่มีการตัดสินใจที่ไม่มีโครงสร้าง

หน้าที่หลักที่สำคัญอันหนึ่งของ MOS คือการจัดลำดับและเวลาของส่วนที่เคลื่อนที่ใน CMS ตั้งแต่ CMS ช่วยในการรวมความซับซ้อนของอุปกรณ์ การประสานความเหมาะสมและสิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น การควบคุมการจัดตารางนั้นจะควบคุมการผลิตตั้งแต่ต้น เช่น การใส่ชิ้นส่วน การเลือกกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลง การเลือกการขนส่งและเส้นทางการขนส่ง การเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องจักรที่เสีย เป็นต้น

Scheduling / Rescheduling Approach

การจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางเป็นการกล่าวถึงการเปลี่ยนตาราง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เนื่องจากมีความต้องการที่สำคัญในการเปลี่ยน ลักษณะพื้นฐานของการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ได้มีการวางแผนล่วงหน้า แต่ขึ้นอยู่กับโอกาส ลักษณะเช่นนี้ได้ถูกนำไปใช้สำหรับการผลิตและการควบคุมสินค้าคงคลัง ตัวอย่างเช่น Mather (1977) อธิบายถึงการเปลี่ยนตารางว่าเป็นการประยุกต์ของการวางแผนความต้องการวัสดุ เนื่องจากมีสาเหตุหลายอย่างเช่น ผู้ขายไม่มีสินค้าส่งให้ ของเสียที่ไม่ได้คาดการณ์ล่วงหน้า การเปลี่ยนแปลงขนาดของล็อต เป็นต้น

ในขณะที่การเปลี่ยนตารางในการผลิตและการควบคุมสินค้าคงคลังได้ถูกพิจารณาในช่วงเวลาเป็นสัปดาห์หรือเป็นวัน โดยมีจุดมุ่งหมายคือการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางโดยใช้ MOS และในการควบคุมเวลาจริง (Real Time Control)

General Scheme

การจัดตารางนั้นได้ถูกสร้างขึ้นโดยการพิจารณาถึงความเหมาะสมหรือความใกล้เคียงความเหมาะสมของระบบโดยรวม แทนที่จะใช้การตัดสินใจโดยการนำกฎลำดับความสำคัญไปใช้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องและเวลาแต่ละช่วงเวลา องค์ประกอบของการจัดตาราง / การเปลี่ยนตารางมีดังนี้

1. ส่วนของการวางแผน
   - การกำหนดชิ้นส่วน
   - กำหนดตารางเริ่มแรก
   - กำหนดตารางของเครื่องจักรที่ใช้
2. ส่วนของการควบคุม
   - กำหนดลักษณะการใช้งานของเครื่องจักร
   - ตรวจสอบความก้าวหน้า
   - ทดสอบสถานะภาพที่ผิดปกติ
3. ส่วนของการเปลี่ยนตาราง
   - การเปลี่ยนตารางใหม่
   - กำหนดตารางการปรับปรุงภาระงาน
   - การกลับไปยังส่วนควบคุม

ส่วนของการวางแผน

ในส่วนของการวางแผนนั้น การกำหนดตารางเริ่มต้นเป็นงานแรกของช่วงเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลการผลิต ส่วนของการวางแผนนี้เตรียมข้อมูลจากข่าวสารที่จำเป็นสำหรับการทำงานในช่วงเวลาเป็นวันหรือเป็นกะ ในส่วนของการกำหนดชิ้นส่วนนั้นว่ามีชนิดใดบ้างและเป็นจำนวนเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการด้านการผลิต ต่อไปเป็นการสร้างตารางจากชนิดของชิ้นส่วนและปริมาณที่มีอยู่ การกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง จากผลของการจัดตารางนั้นสามารถที่จะปรับปรุงภาระงานสำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่องได้

ส่วนของการควบคุม

ต่อไปเป็นส่วนของการควบคุมซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่เริ่มทำงาน ภาระงานนั้นจะทำตามตารางที่ละงานและทำการตรวจสอบความก้าวหน้า ในตารางของภาระงานจะมีเวลาเริ่มต้นสำหรับการทำงานต่อไป อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้าที่แท้จริงนั้น จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับตารางปัจจุบันว่าการทำงานนั้นเริ่มต้นและสิ้นสุดลงเมื่อใด ถ้ามีความแตกต่างกัน MOS ก็จะส่งข้อมูลผ่านไปยังส่วนของการเปลี่ยนตาราง นอกจากนั้นในสถานะที่ผิดปกติ เช่น เครื่องจักรและคนงานมีปัญหา ก็จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้

I17873381

เปลี่ยนตาราง ในการเปลี่ยนตารางนั้นจะทำไปพร้อมกับการแก้ปัญหาอย่างอื่นเพื่อตอบสนองต่อสถานะที่ผิดปกติไปด้วย

ส่วนของการเปลี่ยนตาราง

ในส่วนของการเปลี่ยนตาราง จะพิจารณาการทำงานที่เหลือซึ่งยังคงว่างอยู่ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการเพิ่มชิ้นส่วนเข้ามาใหม่ก็ต้องมีการสร้างตารางใหม่ หรือในกรณีของเครื่องจักรเสีย ต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาของเครื่องจักรว่าจะเสียนานเท่าไร ซึ่งเป็นผลให้ทำการเปลี่ยนตารางการทำงานใหม่ เป็นต้น

Li , Shyu และ Adiga (1993) กล่าวถึงวิธีการนำฮิวริสติคส์ใช้ในการเปลี่ยนตารางการผลิตสำหรับระบบการจัดตารางการผลิตแบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว การจัดตารางการผลิตจะกล่าวถึง ความต้องการในการทำงานเพื่อผลิตสินค้า , เครื่องจักรซึ่งใช้ในการทำงาน และเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละการทำงาน การเปลี่ยนตารางการผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากว่าความซับซ้อนของระบบการผลิตสมัยใหม่ และการปฏิบัติงานในสภาวะที่เปลี่ยนแปลง (Dynamic) และ Stochastic

ความต้องการและความจำเป็นในการเปลี่ยนตารางนั้น เนื่องจากมีองค์ประกอบ (Rescheduling factors) มากมายดังต่อไปนี้

- เครื่องจักรเสีย (Machine Breakdown)
- การขัดจังหวะเนื่องจากมีใบสั่งผลิตด่วน (Interruption Due to the Arrival of "Hot" Lots or Orders
- การขาดแคลนวัตถุดิบ (Shortage of Problems)
- ปัญหาเรื่องคุณภาพ (Quality Problems)
- การประมาณเวลาการปฏิบัติงานมากหรือน้อยเกินไป (Over or Underestmation of Process Time)
- การยกเลิกใบสั่งผลิต (Cancellation of an Order)
- การเปลี่ยนกำหนดเวลาเป็นช้าหรือเร็วกว่าเดิม (Duedate Changes : Delay or Advance)
- อยู่ในสภาวะก่อนหรือหลังของตารางในปัจจุบัน (Being Behind or Beyond the Current Schedule)

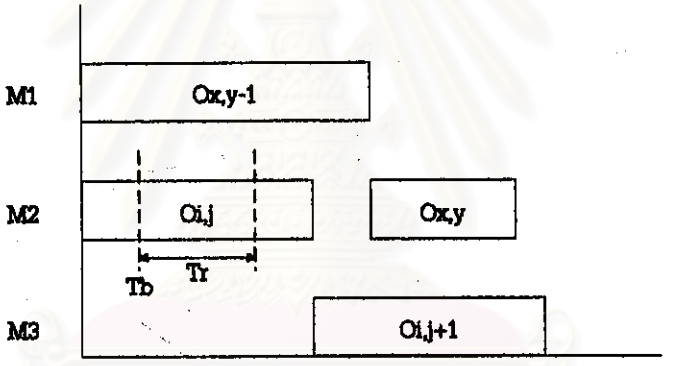
ในบางครั้ง เราจึงต้องทำการจัดตารางใหม่อีกครั้งเพื่อให้เป็นไปตามกลยุทธ์ โดย

- การทำงานล่วงเวลา (Overtime)
- ให้ผู้รับเหมาช่วง (In - Process Subcontracting)
- การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือสายการผลิต (Process Change or Re-routing)
- การใช้เครื่องจักรอื่นแทน (Machine Substitution)

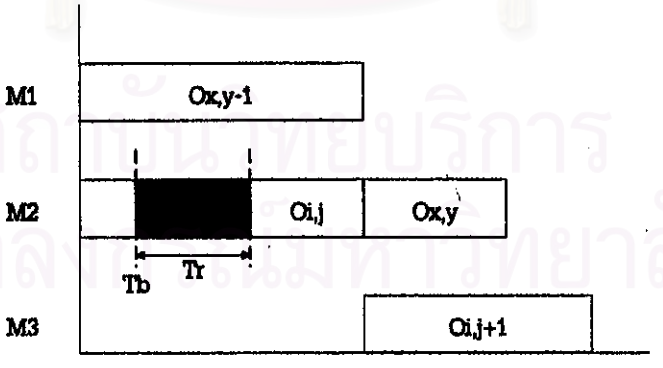
ผลกระทบของการเปลี่ยนตารางการผลิต

เมื่อมีการเปลี่ยนตารางใหม่ ย่อมมีผลต่อการทำงานของตารางการผลิตเดิม สามารถแบ่งออกเป็น

1) การทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบอิสระ (Independent Affected Operations)
2) การทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบไม่อิสระ (Dependent Affected Operations)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.13 การทำงานที่เป็นผลจากการถูกกระทบแบบอิสระและไม่อิสระ

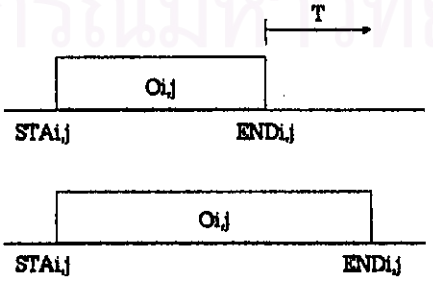
จากรูปที่ 2.13 แสดงถึงตัวอย่างของการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือน 2 แบบ (ก) เมื่อเครื่องจักรเครื่องที่ 2 เสียที่เวลา Tb และเสียเป็นเวลานาน Tr หน่วยเวลา การทำงาน Oi,j นั้นถูกกระทบโดยตรง (การทำงานช้าเป็นเวลา Tr หน่วยเวลา) ดังนั้นจึงพิจารณาเป็น การทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบอิสระ ส่วนการทำงาน Oi,j+1 คือการทำงานต่อจาก Oi,j บนเครื่องจักรเครื่องที่ 3 ในขณะที่ Ox,y นั้นเป็นการทำงานต่อไปบนเครื่องจักรเครื่องที่ 2 หลังจากการทำงาน Oi,j เสร็จสิ้นลง ผลกระทบทั้ง 2 แบบนั้นเกิดจากเครื่องจักรเสีย ดังนั้นจึงพิจารณาเป็นการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบไม่อิสระ

ในขณะเดียวกัน การทำงานบางการทำงานสามารถเป็นได้ทั้ง การทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบอิสระและไม่อิสระ และอาจจะขึ้นอยู่กับการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนโดยองค์ประกอบของการเปลี่ยนตารางแบบอื่น ๆ อีก ในทางทฤษฎีแต่ละการทำงานที่ถูกกระทบ (Affected Operation) สามารถมีการทำงานที่ไม่เป็นอิสระได้ 2 การทำงาน คือ การเป็นส่วนหนึ่งของลำดับการทำงานในเส้นทางนั้น ๆ และเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นมีการทำงานมากกว่าหนึ่งการทำงาน นอกจากนั้นยังมีข้อยกเว้นอยู่ 3 ประการคือ 1) เมื่อการทำงานนั้นเป็นการทำงานในลำดับสุดท้ายของกระบวนการ 2) เมื่อไม่มีการทำงานเป็นลำดับต่อไปบนเครื่องจักรนั้น ๆ และ 3) เป็นการทำงานบนเครื่องจักรนั้นที่มีเวลาว่าง (Idle Time) ของเครื่องจักรที่เพียงพอสำหรับผลกระทบด้านเวลา (Time Effect)

การเกิดขึ้นของปัจจัยในการจัดตารางการใหม่ (เช่น เครื่องจักรเสีย) นำไปสู่ผลกระทบด้านเวลาบนการทำงานที่มีผลกระทบแบบไม่อิสระ

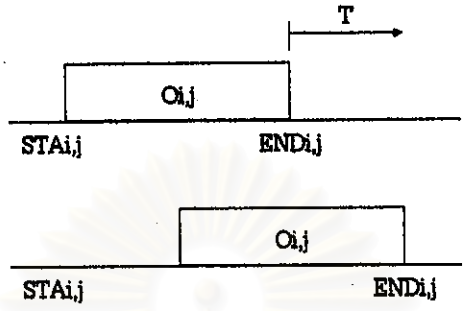
ผลกระทบด้านเวลาของการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบอิสระ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท โดยอาศัยการกระทบต่อเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงาน ดังนี้คือ

1. เวลาสิ้นสุดจะช้าหรือเร็วเป็นเวลา T หน่วยเวลา (Time Units) ตัวอย่างเช่น การทำงาน Oi,j จะช้าไป T หน่วยเวลา เนื่องจากองค์ประกอบของการเปลี่ยนตาราง เวลาสิ้นสุดใหม่ของการทำงาน Oi,j จึงเป็น ENDi,j ดังรูป 2.14



รูปที่ 2.14 Time Effect : เวลาสิ้นสุดช้าหรือเร็ว

1. ทั้งเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดจะช้าหรือเร็วเป็นเวลา T หน่วยเวลา ตัวอย่างเช่น การทำงาน Oi,j จะช้าไป T หน่วยเวลา เนื่องจากองค์ประกอบของการเปลี่ยนตาราง เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดใหม่ของการทำงาน Oi,j จึงเป็น STARTi,j และ ENDi,j ดังรูป 2.15



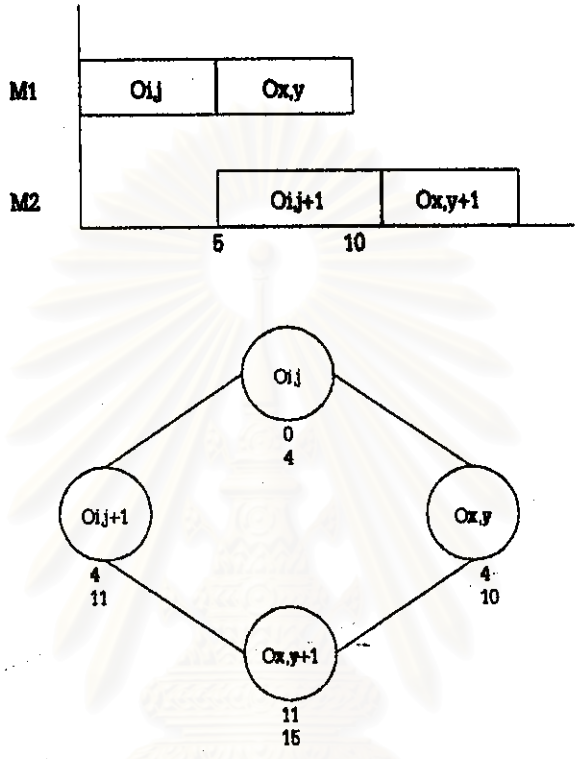
รูปที่ 2.15 Time Effect : เวลาเริ่มต้นช้าหรือเร็ว

วิธีการเปลี่ยนตาราง (Rescheduling Algorithm)

โครงสร้างของวิธีการในการเปลี่ยนตารางนั้นเรียกว่า "Scheduling Binary Tree" สำหรับการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือน (ทั้งแบบอิสระและไม่อิสระ) , ผลกระทบด้านเวลา (Time Effect) , เวลาเริ่มต้น และเวลาสิ้นสุด ของแต่ละการทำงานจะถูกคำนวณด้วยโครงสร้างของ Scheduling Binary Tree การสร้างจะหยุดเมื่อการทำงานทุกการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนนั้นถูกรวมไว้ใน Scheduling Binary Tree เรียบร้อยแล้ว ตารางเดิมนั้นจะถูกปรับปรุงการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนโดยการรวมกันโดยผลของ Scheduling Binary Tree ซึ่งการรวมกันนั้นเกิดจากการเปรียบเทียบเวลาเริ่มต้นของการทำงานทุกการทำงาน หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบผลของการจัดตาราง ถ้าหากผลนั้นยังไม่เป็นที่ยอมรับก็จะทำการปรับเปลี่ยนจนกระทั่งได้ผลเป็นที่ยอมรับ

Scheduling Binary Tree ประกอบด้วยกลุ่มของ Nodes ซึ่งแต่ละ Node จะแสดงการทำงานบน Gantt Chart เราจะพัฒนาต้นไม้เพื่อแยกแยะและสร้างความสัมพันธ์ท่ามกลางการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนเพื่อตรวจสอบผลกระทบด้านเวลา ของแต่ละการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือน ต้นไม้นั้นจะเริ่มจาก Root Node (Independent Affected Operation) และทำการแตกกิ่งเป็น 2 กิ่งคือ ด้านซ้ายและด้านขวา Node ด้านซ้ายแสดงถึงการทำงานต่อไปจาก Root Node ส่วน Node ด้านขวาแสดงถึงการทำงานต่อไปบนเครื่องจักร และ Node ที่ถูกแตกกิ่งนั้นเรียกว่า Parent Node

จากรูปที่ 2.16 แสดงถึง Gantt Chart ของตารางซึ่งมีค่าเท่ากับ Scheduling Binary Tree Oi,j เป็น Root Node ซึ่งแตกกิ่งออกเป็น 2 กิ่ง คือ Oi,j+1 (กิ่งด้านซ้าย) และ Ox,y (กิ่งด้านขวา) Oi,j+1 และ Ox,y สามารถแตกกิ่งลงไปได้อีกถ้ามีการทำงานที่มีผลกระทบแบบไม่อิสระเชื่อมต่อไปอีก



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างของ Scheduling Binary Tree

WU และ LI (1995) อธิบายถึงวิธีการเปลี่ยนตารางแบบใหม่สำหรับระบบการจัดตารางแบบคอมพิวเตอร์พื้นฐาน (A New Rescheduling Method for Computer Based Scheduling System) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระบวนการเปลี่ยนตารางมี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบ (Evaluation Step) :
   ขั้นตอนนี้จะตรวจสอบผลซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของการเปลี่ยนตาราง
2. การแก้ไข (Solution Step) :
   ขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดวิธีการจัดตารางใหม่ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตามวิธีการก็ยังคงมีการค้นคว้ากันอยู่ และเป็นส่วนที่ยากที่สุดของกระบวนการเปลี่ยนตาราง

3. การเปลี่ยนใหม่ (Revision Step) :
   คล้ายกับขั้นตอนการตรวจสอบ ซึ่งจะต่างกันตรงส่วนของข้อมูลเข้า (Input) ตารางหลักจะถูกเปลี่ยนและทำให้เป็นปัจจุบัน ถ้าผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นที่ยอมรับแล้ว จึงหยุด มิฉะนั้นก็กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 และ 3 ซ้ำอีกครั้งจนกว่าจะได้รับคำตอบ

ผลกระทบด้านเวลา (Time Effect)

องค์ประกอบของการเปลี่ยนตารางนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้มีผลกระทบต่อเวลาสำหรับการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือนแบบอิสระและไม่อิสระ ผลกระทบของเวลานำไปสู่การเปลี่ยนเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานที่ถูกกระทบกระเทือน อย่างไรก็ตาม ผลกระทบด้านเวลาของการทำงานที่ถูกกระทบนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการทำงานที่เป็นหลัก (Parent Affected Operation)

ผลกระทบด้านเวลาของการทำงานที่ถูกกระทบแบบอิสระนั้นจะแยกออกได้ 3 แบบดังนี้

1. เวลาสิ้นสุดเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ช้าหรือเร็วไปเป็นเวลา T หน่วยเวลา ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องจักรเสียเป็นเวลา T หน่วยเวลา ในขณะที่กำลังทำงานที่การทำงาน Oij ดังนั้นการทำงาน Oi,j จะช้าออกไปเป็นเวลา T หน่วยเวลา
2. ทั้งเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด ซึ่งจะทำให้ช้าหรือเร็วไปเป็นเวลา T หน่วยเวลา ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเครื่องจักรเสียเป็นเวลา T หน่วยเวลา ก่อนการทำงาน Oij ในกรณีนี้ ทั้งเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงาน Oi,j จะช้าออกไปเป็นเวลา T หน่วยเวลา
3. เฉพาะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีการทำงานเพิ่มขึ้นมา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เวลาเริ่มต้นของการทำงานที่เพิ่มเข้ามาจะถูกกำหนดให้เริ่มต้น ณ เวลานั้น และเวลาสิ้นสุดของการทำงานจะเท่ากับเวลาเริ่มต้นบวกด้วยเวลาตั้งเครื่องและเวลาทำงาน

ในทางทฤษฎี การทำงานที่ถูกกระทบแต่ละการทำงานนั้นจะมีผลต่อเวลาอย่างน้อย 2 ลักษณะด้วยกันคือ 1) การทำงานสุดท้ายของกระบวนการ หรือ 2) ไม่มีการทำงานต่อไปสำหรับเครื่องจักรนั้น ๆ หรือ 3) การทำงานที่เสร็จเรียบร้อยบนเครื่องจักรเครื่องนั้นในขณะที่เครื่องจักรนั้นว่าง หรือ 4) ความสัมพันธ์ที่มีผลกระทบแบบไม่อิสระระหว่างการทำงานที่ถูกกระทบ

Dutta (1990) กล่าวถึงการตอบสนองต่อข้อยกเว้นการจัดตารางในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Reacting to Scheduling Exceptions in FMS Environments) โดยใช้การควบคุมแบบ S (S - Control) โดยใช้ Knowledge Base (KB) ในการสร้างการตอบสนองอัตโนมัติต่อกรณีเครื่องจักรเสีย การนำงานเข้ามาใหม่ตลอดเวลา และการเพิ่มความสำคัญของงาน

ลักษณะทางกายภาพและการทำงานของสภาวะแวดล้อม (Physical and Operation Characteristics of Environment) ในระบบ FMS จะประกอบด้วยเครื่องจักรกล CNC ซึ่งเชื่อมต่อด้วยระบบการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ ภายใต้การควบคุมของระบบคอมพิวเตอร์ เมื่อกล่าวถึงผลิตภัณฑ์ในระบบ FMS นั้นจะมีหลากหลายชนิด เครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถที่จะทำงานได้หลาย ๆ การทำงานที่เหลื่อมกันกับเครื่องจักรเครื่องอื่น ระบบการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติจะนำมาซึ่งรูปแบบของความต้องการที่หลากหลาย

โครงสร้างของระบบ (System Architecture)

องค์ประกอบของโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 2.17 ซึ่งประกอบด้วยหน้าที่โดยจะทำการติดต่อกันภายใต้ "Blackboard" เมื่อตารางเริ่มแรกถูกกำหนดและวางไว้ใน Blackboard โดยมีการบันทึกตัวแปรหลากหลายชนิดของระบบ ในส่วนของการตรวจสอบ (Monitoring) จะทำการตรวจสอบค่าที่บันทึกไว้ว่ามีการเบี่ยงเบนไปจากเดิมหรือไม่ ส่วนของการตอบสนอง (Response) จะทำการแก้ไขปัญหาโดยอยู่ในขอบเขตที่กำหนด ทั้งส่วนของการตรวจสอบและตอบสนองนั้นจะนำมาสร้างเป็น Heuristic Knowledge

Blackboard

จากรูปที่ 2.17 เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อและประสานงานระหว่างส่วนต่าง ๆ ของหน้าที่ส่วนอื่น ๆ

Monitoring Module

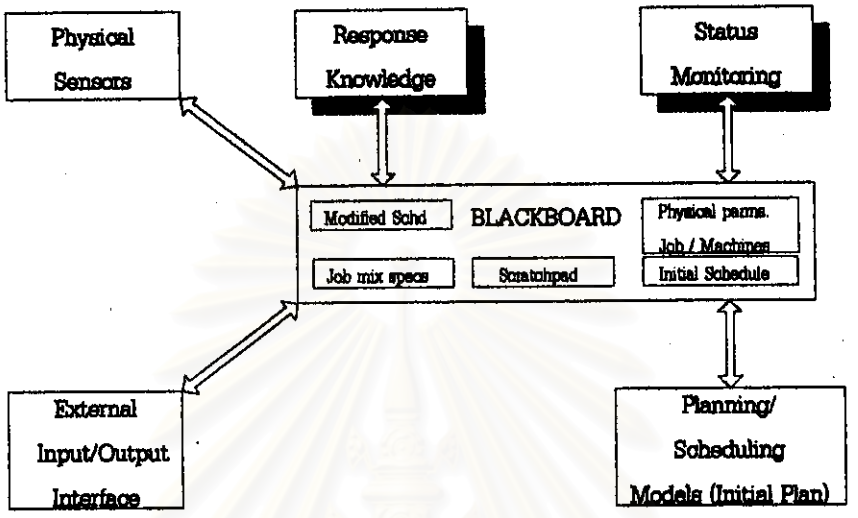
เป็นส่วนที่ทำการวิเคราะห์สถานะภาพของตัวแปรที่บันทึกไว้บน Blackboard ว่ามีการเบี่ยงเบนไปจากแผนที่วางไว้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเกิดเครื่องจักรเสีย , การมีงานใหม่เข้ามาเรื่อย ๆ , ความสำคัญของงานที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

Response Module

กลยุทธ์โดยทั่ว ๆ ไปนั้นส่วนของการตอบสนองจะประกอบไปด้วย 1) การพิจารณาเพื่อแก้ไขความผิดปกติ 2) การปรับเปลี่ยนตาราง 3) การยอมรับ

Control Strategy

ส่วนของการควบคุมจะถูกกำหนดไว้ใน Knowledge Base การที่จะหาวิธีการแก้ไขปัญหาได้นั้นต้องทำอย่างมีระบบ



รูปที่ 2.17 องค์ประกอบโครงสร้างของ S - Control

2.5 สรุป

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่ได้ศึกษา สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.5.1 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing Systems : FMS) เป็นระบบซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซี (NC) ระบบเคลื่อนย้ายวัสดุอัตโนมัติ เช่น สายพานลำเลียง (Conveyors) , AGV (Automated Guides Vehicles) หรือ หุ่นยนต์ (Robot) และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ โดยอุปกรณ์เหล่านี้ทั้งหมดที่ประกอบขึ้นมาเป็นระบบ จะถูกควบคุมและเชื่อมโยงเข้ากันด้วยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งระบบการผลิตแบบนี้เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในระบบการผลิตตามสั่ง เนื่องจากระบบมีความยืดหยุ่นสูง

2.5.2 การจัดตารางการผลิต เป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในเวลาที่มีอยู่ เพื่อดำเนินงานต่าง ๆ ซึ่งในการแสดงผลของการจัดตาราง มักจะแสดงในรูปของ Gantt chart ซึ่งจะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากร เช่น เครื่องจักร กับเวลา

2.5.3 ในการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบ Job Shop นั้น จะมีวิธีการสร้างตารางอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ 1) Active Schedule เป็นการเลือกงานที่พิจารณางานที่สามารถทำ

ได้เสร็จเร็วที่สุด และ 2) Non delay Schedule เป็นการเลือกงานที่พิจารณางานที่สามารถเริ่มต้นได้เร็วที่สุด

2.5.4 วิธีการจัดตารางการผลิต มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น Branch and Bound , Hueristics , Mathematical Approach , Artificial Intelligence เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะให้คำตอบที่ดีและเหมาะสม

2.5.5 จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ในการจัดตารางการผลิตในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะมีลักษณะของโปรแกรมการจัดตารางเป็นแบบมีการตอบสนองต่อความต้องการของผู้จัดตาราง คือ เมื่อมีการจัดตารางการผลิต แล้วมีปัญหาบางประการเกิดขึ้น เช่น การเกิดเครื่องจักรเสีย มีงานด่วน การยกเลิกงานบางงาน เป็นต้น ซึ่งทำให้การผลิตไม่เป็นไปตามตาราง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงตารางเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสอดคล้องกับระบบการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย