บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้นำมาเป็นพื้นฐานของการวิจัยนี้โดยรายละเอียด เริ่มจากการผลิตยาเม็ด ทฤษฎีการวางแผนการผลิต การจัดตารางการผลิต และได้แสดงรายละเอียดที่เป็นส่วนสำคัญของการวิจัยนี้คือ การจัดตารางการผลิต โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การจัดตารางการผลิตหลักและการจัดลำดับการผลิต ส่วนสุดท้ายคือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตยาเม็ด

การผลิตยาเม็ด ประกอบด้วย ส่วนประกอบยาเม็ด กระบวนการผลิตยาเม็ด และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตยาเม็ด

2.1.1 ส่วนประกอบยาเม็ด

เพื่อที่ให้ได้เม็ดยาที่มีขนาดพอเหมาะในการผลิตและบริโภค และมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการกล่าวคือ มีการแตกและการละลาย จึงจำเป็นต้องเพิ่มส่วนอื่นๆ ลงไปให้เป็นตำรับที่สมบูรณ์โดยทั่วไปแล้วในตำรับหนึ่งๆ ประกอบด้วย ตัวยาสำคัญ สารเพิ่มปริมาณ สารช่วยยึดเกาะ สารช่วยแตกตัว และสารช่วยลื่น ในตำรับยาที่ผลิตโดยวิธีตอกโดยตรงนั้นจะมีสารช่วยยึดเกาะอาจมีสารช่วยไหลในตำรับด้วย นอกจาก นี้บางครั้งอาจจำเป็นต้องเพิ่มสารลดแรงตึงผิว สารกันติด (Antiadherent) สารแต่งรสหวาน และอื่นๆ เป็นต้น โดยส่วนที่สำคัญที่สุดในเม็ดยา คือ ตัวยาสำคัญ

2.1.1.1 ตัวยาสำคัญ

อาจจำแนกตัวยาตัวยาสำคัญสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ตัวยาสำคัญประเภทแรกเป็นลักษณะที่ต้องการให้ออกฤทธิ์เฉพาะที่ในทางเดินอาหาร สารนี้ไม่ต้องการให้มีการละลายและไม่มีการดูดซึม เช่น ยาลดกรดและยาดูดซับแก๊ส เป็นต้น สิ่งที่ต้องการคือให้มีการแตกตัวให้อนุภาคขนาดเล็ก เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ประเภทที่สองเป็นสารที่ต้องการให้มีการละลายดูดซึมในทางเดินอาหาร เพื่อผลทั่วร่างกาย (Systemic effect) ในกลุ่มนี้อาจไม่จำเป็นต้องให้มีการแตกตัวและละลายอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการดูดซึมว่าเกิดขึ้นที่ใด เห็นได้ว่าคุณสมบัติตัวยาสำคัญมีบทบาทในการเลือกวิธีการผลิตว่าวิธีใดจึงจะเหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณและความคงตัวของตัวยานั้นๆ เช่น ยาเม็ด Chlordiazepoxide เสื่อมสลาย เมื่อสัมผัสกับความชื้น ไม่เหมาะที่จะเตรียมโดยวิธีแกรนูลเปียก อาจหลีกเลี่ยงได้โดยเตรียมแกรนูลขนาดเล็กนำมาผสมกับตัวยา หรือเตรียมโดยวิธีการตอกโดยตรง จากการที่ตัวยาต้องละลายออกมา

จากยาเม็ดเพื่อให้มีการดูดซึม จึงได้มีการกำหนดการละลายของตัวยาเพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของเภสัชภัณฑ์ การละลายของตัวยา Chlorpropamide ซึ่งตัวยาสำคัญมีปัญหาในด้านการละลาย เนื่องจากว่าตัวยาละลายได้ดีในด่าง แต่ USP กำหนดให้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการทดสอบการละลาย การที่จะให้ยาละลายได้ดีจำเป็นต้องปรับปรุงความเป็นกรดด่างของตัวกลางที่ใช้ทดสอบการละลาย ซึ่งทำได้โดยการใส่ด่างที่เหมาะสมในตำรับยา คุณสมบัติในการตอกเป็นเม็ดได้ของตัวยาสำคัญมีอยู่ไม่กี่ชนิด เช่น แอสไพริน สามารถนำมาตอกเป็นเม็ดได้ ปัญหาที่พบคือการเกาะติดที่หน้าสาก ดังนั้นการใช้สารเพิ่มปริมาณที่เหมาะสมกับสารกันติดจะช่วยป้องกันปัญหาเหล่านี้ได้ ตามที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ความเข้าใจในคุณสมบัติของตัวยาสำคัญจะทำให้การตั้งสูตรตำรับมีความง่ายและได้ตำรับที่มีคุณภาพดีขึ้น

2.1.1.2 สารเพิ่มประมาณ

การเลือกใช้สารเพิ่มปริมาณขึ้นกับลักษณะของตัวยาสำคัญ หากตัวยาสำคัญละลายน้ำได้ดีการเลือกใช้สารเพิ่มปริมาณมักไม่มีปัญหาอย่างไร แต่ควรคำนึงถึงลักษณะการแตกตัวดังต่อไปนี้หากเม็ดยาประกอบด้วยตัวยาและส่วนประกอบส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ เม็ดยาจะมีการละลายมากกว่าการแตกตัว ดังนั้นเวลาในการแตกตัวอาจจะนานกว่าที่คาดไว้ แต่การละลายมักไม่มีปัญหาและการละลายเกิดขึ้นสมบูรณ์ การเพิ่มแรงตอกจะทำให้เวลาในการแตกตัวเพิ่มขึ้นเป็นอันดับหากตัวยาและส่วนประกอบส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำหากมีสารช่วยกระจายตัวที่เหมาะสม เม็ดยาจะแตกตัวได้อย่างรวดเร็ว การเพิ่มแรงตอกอาจทำให้เวลาในการแตกตัวลดลงในช่วงหนึ่งจากนั้นจะเพิ่มขึ้น เวลาในการแตกตัวของตำรับที่ประกอบด้วยตัวยาสำคัญและส่วนประกอบอื่นที่ละลายน้ำได้มักจะมีความสัมพันธ์กับการละลายและการดูดซึม ในทางตรงข้ามตำรับที่ประกอบด้วยตัวยาสำคัญไม่ละลายน้ำ และส่วนประกอบอื่นไม่ละลายน้ำมักไม่มีความสัมพันธ์

2.1.1.3 สารช่วยยึดเกาะ

สารช่วยยึดเกาะจะทำหน้าที่ยึดให้ผงยาเกาะรวมกันเป็นเม็ดยา เช่น Starch เป็นสารช่วยยึดเกาะที่ใช้กันมานานที่สุด และยังนิยมใช้ในปัจจุบัน วิธีการใช้สารช่วยยึดเกาะนั้นอาจกระทำได้สองวิธี คือเติมเป็นของเหลว โดยนำสารช่วยยึดเกาะมาละลายหรือมาทำให้พองตัวน้ำแล้วเติมลงผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน หรืออาจผสมเป็นผงแห้งจากนั้นเติมน้ำลงไป วิธีหลังนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำหรือความชื้นได้ดีกว่าและกำหนดปริมาณสารช่วยยึดเกาะได้อีกด้วย สารช่วยยึดเกาะที่เหมาะสมจะทำเช่นนี้ ได้แก่ Pregelatinized starch ซึ่งมีลักษณะเหนียวยึดเกาะอนุภาครอบข้าง Polyvinylpyrolidone (PVP) สามารถทำวิธีเช่นกัน

2.1.1.4 สารช่วยแตกตัว

สารช่วยแตกตัวมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน สำหรับที่เรียกว่า “Super disintegrant” นั้นเหมาะกับการผลิตโดยวิธีตอกโดยตรง เพราะใช้ปริมาณน้อย ผลต่อการยึดเกาะจึงน้อยลงด้วยแม้ว่า Starch จะใช้กันมานาน แต่ไม่นิยมในการตอกโดยตรงเพราะไปลดการยึดเกาะของผงยาเนื่องจากมีความยืดหยุ่น (Elasticity) สูง การเลือกที่จะเติมสารช่วยลื่นภายนอกภายในอย่างไรนั้นขึ้นกับขนาดของแกรนูล หากแกรนูลมีขนาดเล็กการเติมภายนอกจะได้ผลดี หากแกรนูลมีขนาดใหญ่การเติมภายในหรือแบ่งเติมจะได้ผลดีกว่าการใช้ภายนอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของตำรับ ไม่สามารถกล่าวกว้างๆ ได้ว่าอย่างใดดีที่สุด

2.1.1.5 สารช่วยลื่น

ความแข็งของยาเม็ดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนประกอบในตำรับ สารช่วยลื่นแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยแต่เนื่องจากพื้นผิวปกคลุมสูงจะทำให้รบกวนการยึดเกาะค่อนข้างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสารช่วยลื่น Magnesium stearate จะเป็นสารช่วยลื่นที่ให้ผลการลดความแข็งมากที่สุดและจะเกิดกับสารที่เปลี่ยนสภาพแบบ plastic และ elastic เช่น Starch 1500, Elcema และ Avicel การเพิ่มปริมาณจะทำให้ความแข็งลดลงมากขึ้น เวลาในการผสมและชนิดของเครื่องผสมมีผลต่อความแข็งเช่นกัน โดยที่ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพหรือปริมาณการผสมจะทำให้การรบกวนการยึดเกาะ นอกจากความแข็ง สารช่วยลื่นจะมีผลต่อการแตกตัวและการละลายด้วย เนื่องจากสารช่วยลื่นมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำจะทำให้เม็ดยาเปียกน้ำได้ยาก การซึมของน้ำเข้าสู่เม็ดยาใช้เวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นการแตกตัวจะนานขึ้น การละลายลดลง เช่นเดียวกันกับผลต่อความแข็ง การเพิ่มปริมาณสารช่วยลื่น และการผสม จะทำให้อัตราเร็วของการละลายลดลง

2.1.2 กระบวนการผลิตยาเม็ด

กระบวนการผลิตยาเม็ดมีรายละเอียด ดังนี้

2.1.2.1 การชั่งวัตถุดิบ

การชั่งวัตถุดิบให้ตรงกับน้ำหนักในตำรับยา ก่อนนำไปผลิตยา

2.1.2.2 การเตรียมวัตถุดิบ (Medicine Preparations)

วัตถุดิบประกอบด้วย ตัวยาสำคัญ สารเพิ่มปริมาณ สารช่วยยึดเกาะ สารช่วยแตกตัว และสารช่วยลื่น ในตำรับยาที่ผลิตโดยวิธีตอกโดยตรงนั้นมีสารช่วยยึดเกาะ และสารช่วยไหลในตำรับด้วย นอกจาก นี้บางครั้งอาจสารลดแรงตึงผิว สารกันติด (Antiadherent) สารแต่งรสหวาน และอื่นๆ เป็นต้น

2.1.2.3 การทำแกรนูล (Granulations)

การทำแกรนูลแบบเปียก ประกอบด้วยกระบวนการหลายขั้นตอนได้แก่ การผสมแห้ง (Dry Blending) การนวดผสมเปียก (Wet Massing) แร่งเปียก (Wet Sieving) อบแห้ง (Drying) ย่อยแกรนูลแห้ง (Dry Milling)

2.1.2.4 การอบแห้ง (Dryings)

อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการอบแกรนูลให้แห้งคือ ตู้อบชนิดถาด (Tray type dryer) และตู้อบชนิดฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) โดยแกรนูลที่อบด้วยตู้อบแบบถาดจะมีความแข็งและความหนาแน่นสูงกว่าการใช้ตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบด และแกรนูลที่ได้จะมีรูปร่างไม่ค่อยสม่ำเสมอมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุม ในขณะที่แกรนูลที่อบด้วยตู้อบแบบฟลูอิดไดซ์เบดจะได้แกรนูลที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีรูพรุนและความหนาแน่นต่ำกว่า แต่ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดของการอบด้วยตู้แบบฟลูอิดไดซ์เบดคือ ลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

2.1.2.5 การตอกเม็ดยา (Tableting)

หลังจากการอบแห้งแกรนูลแล้วนำไปสู่ขั้นตอนการตอกอัดเม็ดยา โดยเครื่องตอกอัดเม็ดยา

2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ผลิตยาเม็ด

1. เครื่องชั่งยา (Scales)
2. เครื่องผสมยาทำแกรนูล (Wet Mixers & Granulators)
3. ตู้อบยา ชนิด Tray type dryer
4. เครื่องอบแห้งโดยใช้ลมร้อน (Fluidized bed dryer)
5. เครื่องตอกยาเม็ด (Tabletting Machines)
6. เครื่องเคลือบยาเม็ด (Coating Machines)
7. เครื่องบรรจุยาเม็ด (Counting & Filling Machines)
8. เครื่องติดฉลากยา (Labelling Machines)

2.2 ทฤษฎีการวางแผนการผลิต

ชุมพล ศฤงคารศิริ (2550) กล่าวว่า ปัจจุบันการวางแผนและควบคุมการผลิตและบริการเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญใน การเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองต่อภาวะการแข่งขัน สำหรับธุรกิจขนาดเล็ก

การวางแผนและควบคุมการผลิตอาจไม่ซับซ้อนมาก ผู้บริหารสามารถวางแผนเองโดยอาศัยประสบการณ์ แต่หากธุรกิจมีการขยายตัวมากขึ้น มีลูกค้า และการผลิตสินค้าและบริการที่หลากหลายมากขึ้น การวางแผนจะมีความซับซ้อนมากขึ้นจนไม่สามารถวางแผนและตัดสินใจเพียงคนเดียวได้ เนื่องจากการวางแผนการผลิตนั้นมีความเกี่ยวเนื่องและใช้ข้อมูลร่วมกันกับระบบการทำงานอื่นๆ เช่น ระบบการสั่งซื้อ ระบบการจัดการคลังสินค้า ระบบการซ่อมบำรุง ระบบการควบคุมคุณภาพ ระบบการฝึกอบรมและพัฒนาพนักงาน และระบบการขาย เป็นต้น ซึ่งพบได้บ่อยครั้งที่ธุรกิจขยายมากขึ้นแต่อัตราการทำกำไรกลับลดลง คุณภาพสินค้าแย่ลง และการส่งมอบไม่ทันทั้งที่กำลังการผลิตยังเหลืออีกมาก

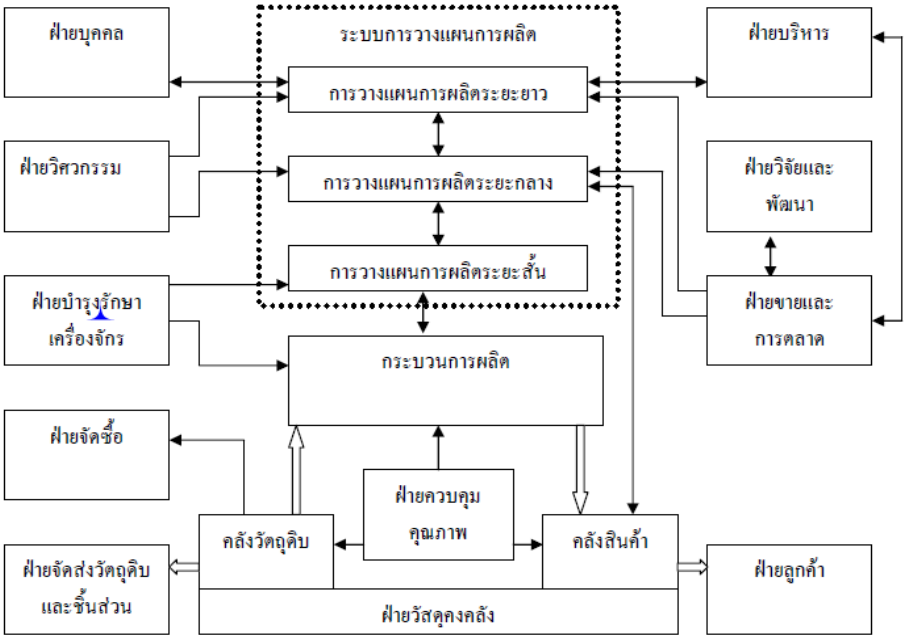
ดังนั้น การวางแผนและควบคุมการผลิต (Production Planning and Control) จึงมีความสำคัญมาก และเป็นเครื่องมือในการจัดการที่นำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการด้านกำลังคน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และการประเมินผลในอนาคตของการดำเนินการผลิต (Manufacturing) การจัดสรรทรัพยากร (Allocation) และการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ให้ได้ผลผลิตเป็นไปตามที่วางแผนไว้ ทั้งในเชิงคุณภาพ ปริมาณ และเวลา โดยให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำสุด

พื้นฐานของงานด้านการวางแผนการผลิตนั้นมีโครงสร้างที่สามารถพิจารณาได้เป็นระบบซึ่งระบบงานนี้จะมีการไหลเวียนของข้อมูลด้านการผลิตเกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลดังกล่าวนี้จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับทุกหน่วยงานในองค์การและเป็นกลไกสำคัญ สำหรับการควบคุมการดำเนินงานด้านการผลิต ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ตาม รูปที่ 2.1 จากรูปที่ 2.1 ลูกศรเส้นเดี่ยว (⟶) แสดงถึงการไหลเวียนของข้อมูลที่จำเป็นและหน้าที่ที่แต่ละหน่วยงานจะต้องมีส่วนเกี่ยวข้อง ส่วนลูกศรคู่ (⟹) นั้นแสดงถึงการไหลเวียนของวัสดุเริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนกระทั่งส่งมอบให้ลูกค้า วัสดุในที่นี้หมายถึง วัตถุดิบและชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตรวมถึงสินค้าที่เสร็จสมบูรณ์ ทั้งนี้เมื่อพิจารณากรอบของระบบการวางแผนการผลิตจากรูปที่ 2.1 พบว่าการวางแผนการผลิตนั้นมีลำดับขั้นที่สามารถแยกย่อยได้ตามช่วงเวลา คือ การวางแผนการผลิตระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นนั้นก็จะมีจุดประสงค์และหัวข้อที่เป็นองค์ประกอบของการวางแผนแตกต่างกัน ดังนี้

2.2.1 การวางแผนการผลิตระยะยาว (Long-term Production Planning)

การวางแผนการผลิตระยะยาว หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลามากกว่า 1 ปี ขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งเป็นการวางแผนระดับกลยุทธ์ (Strategic Level) โดยมีจุดประสงค์เพื่อการ

ตัดสินใจในการเตรียมความพร้อมด้านกำลังการผลิตสำหรับการดำเนินการในอนาคต เช่น อาคาร สถานที่ เครื่องจักรหลัก หรือสาธารณูปโภคของโรงงาน เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของระบบการวางแผนการผลิตและการไหลเวียนของข้อมูลในหน่วยงานต่างๆ

2.2.2 การวางแผนการผลิตระยะกลาง (Mid-term Production Planning)

การวางแผนการผลิตระยะกลาง หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลาระหว่าง 1-12 เดือนข้างหน้าซึ่งเป็นการวางแผนระดับการจัดการ (Managerial Level) มีจุดประสงค์เพื่อจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้สามารถเกิดผลอย่างเต็มที่ในกระบวนการผลิต คำว่าทรัพยากรในที่นี้หมายถึงสิ่งที่เป็นปัจจัยสำหรับการผลิต เช่นวัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักรและเครื่องมือ เป็นต้น

2.2.3 การวางแผนการผลิตระยะสั้น (Short-Term Production Planning)

การวางแผนการผลิตระยะสั้น หมายถึง การวางแผนการผลิตที่มีช่วงเวลาเป็นรายสัปดาห์หรือรายวันขึ้นอยู่กับปริมาณงานและความซับซ้อนของกระบวนการผลิต เป็นการวางแผนระดับปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อจัดเตรียมกำหนดเวลาในการทำงานให้กับทรัพยากรการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงานเครื่องจักร เครื่องมือ รวมทั้งช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานด้วย การวางแผนการผลิตระยะสั้นนี้จะ

มุ่งเน้นเรื่องการจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นหลัก ซึ่งถือเป็นลำดับขั้นสุดท้ายของระบบการวางแผนการผลิตโดยจะต้องมีความยืดหยุ่นตัวได้ค่อนข้างสูง เพื่อให้สอดคล้องกับสถานภาพของกระบวนการผลิต

2.2.4 การวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Production Planning)

การวางแผนการผลิตรวมคือ กระบวนการในการวางแผนเพื่อจัดสรรกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการที่พยากรณ์ไว้

2.2.5 การกำหนดตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling)

ตารางการผลิตหลักจะกำหนดจำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่จะต้องทำการผลิตให้แล้วเสร็จ ตามช่วงเวลาต่างๆ

2.2.6 การบริหารวัสดุคงคลัง (Inventory Management)

การบริหารพัสดุคงคลังมีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ 2 ประการใหญ่ คือการลงทุนในพัสดุคงคลังต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงด้วย

2.2.7 การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning, MRP)

การวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) เป็นเทคนิคในการจัดการเกี่ยวกับความต้องการวัตถุดิบ ชิ้นส่วนประกอบและวัสดุอื่นๆ เพื่อให้สามารถรู้ถึงปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลาและสามารถจัดหาได้อย่างเพียงพอและทันเวลากับความต้องการในทุกๆ ขั้นตอนการผลิต

2.2.8 การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning, CRP)

การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (CRP) เป็นการจัดทำแผนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกำลังการผลิตที่จำเป็นสำหรับแต่ละสถานีงาน (Working Station)

2.3 ทฤษฎีการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงาน โดยมีเงื่อนไขของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีเป้าหมายเพื่อให้มีการตอบสนองต่อวัตถุประสงค์

หนึ่งหรือหลายๆวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด โดยที่ พิภพ ลลิตาภรณ์ (2546) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต 3 วัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์แรก ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ เพิ่มประโยชน์การใช้หน่วยงาน วัตถุประสงค์ที่สองคือ ลดจำนวนงานโดยเฉลี่ยที่คอยอยู่ในแถวคอย วัตถุประสงค์สุดท้ายคือ ลดจำนวนงานที่เสร็จช้ากว่ากำหนดหรือพยายามทำให้งานทุกงานเสร็จในระยะเวลาที่กำหนด

2.3.1 คำจำกัดความต่างๆในการจัดตารางการผลิต

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2546) ได้แสดงคำศัพท์ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตซึ่งได้อธิบายความหมายในตัวมันเองอยู่แล้วเฉพาะไม่กี่คำที่จำเป็นจะต้องอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งได้แก่คำดังต่อไปนี้

2.3.1.1 เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time)

เป็นการพยากรณ์โดยประมาณว่าในการทำงานหนึ่งๆให้เสร็จต้องใช้เวลาเท่าไร

2.3.1.2 เวลากำหนดส่งงาน (Due Date)

เป็นการนำกำหนดวันสุดท้ายของการกำหนดการส่งงาน หรือเป็นการกำหนดว่างานต้องเสร็จในช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าหากงานแล้วเสร็จเกินจากช่วงเวลาดังกล่าว ถูกพิจารณาว่าส่งงานไม่ทันกำหนด

2.3.1.3 เวลาเบี่ยงเบน (Lateness)

เป็นการคำนวณหาความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจากเวลาแล้วเสร็จของงานว่ามีการเบี่ยงเบนไปจากเวลากำหนดส่งอย่างไร ถ้างานนั้นเสร็จก่อนเวลากำหนดส่ง เวลาเบี่ยงเบนมีค่าเป็นค่าลบ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้างานนั้นเสร็จหลังเวลากำหนดส่งงาน เวลาเบี่ยงเบนเป็นบวก

2.3.1.4 เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness)

เวลาของงานคำนวณได้จากเวลาเบี่ยงเบนโดยงานที่มีความล่าช้าของงานที่เสร็จหลังจากเวลาที่กำหนด ซึ่งเวลาล่าช้าของงานมีค่าเท่ากับเวลาเบี่ยงเบนที่มีค่าเป็นบวก แต่ถ้างานเสร็จก่อนกำหนดส่ง ค่าเวลาเบี่ยงเบนมีค่าเป็นลบ

2.3.1.5 เวลาเพียงพอ (Slack)

เป็นการวัดความแตกต่างระหว่างเวลาที่เหลืออยู่นับถึงวันกำหนดส่งของงานนั้นกับเวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิตของงานนั้น

2.3.1.6 เวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time)

เป็นช่วงกว้างของเวลาระหว่างเริ่มดำเนินการงานแรกได้เริ่มต้น ซึ่งเวลาที่งานแรกเริ่มต้นนี้ถูกกำหนดเป็นศูนย์

2.3.1.7 เวลาปรับตั้งเครื่อง (Setup Time)

เป็นเวลาที่ใช้ในการเตรียมงานก่อนทำการผลิต

2.3.1.8 รุ่นการผลิต (Batch)

จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตบนหน่วยผลิตใดหน่วยหนึ่ง หลังจากที่ผลิตภัณฑ์รุ่นใดรุ่นหนึ่งได้ทำการผลิตบนหน่วยผลิตใดๆจนเสร็จสิ้นแล้ว ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นก็ถูกนำมาผลิตบนหน่วยผลิตหน่วยนั้นตามขนาดของรุ่นที่กำหนด

2.3.2 แบบจำลองการจัดตารางการผลิต

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2546) ได้อธิบายว่า แบบจำลองการจัดตารางการผลิตสามารถแยกตามลักษณะการจัดเรียงของเครื่องจักรและการไหลของชิ้นงานในระบบออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

2.3.2.1 แบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว (Single machine)

ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวโดยทุกงานที่เข้ามาในระบบต้องทำงานกับเครื่องจักรนี้ แต่ละงานมีเวลาปฏิบัติบนหน่วยผลิตและเวลากำหนดส่ง วัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิตโดยทั่วไปคือ จัดเรียงลำดับงานให้เครื่องจักรเพื่อให้มีค่าปรับของงานล่าช้าน้อยที่สุด

2.3.2.2 แบบจำลองเครื่องจักรขนาน (Parallel machine)

ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง ซึ่งสามารถทำงานที่เหมือนกันได้และมีการจัดวางแบบขนานกัน งานที่เข้ามาในระบบสามารถที่จะเลือกทำได้ที่เครื่องจักรใดก็ได้ใน m เครื่องเหล่านั้น แบบจำลองเครื่องจักรแบบขนานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือเครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน(Identical parallel

machines), เครื่องจักรขนานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตต่างกัน (Uniform parallel machines) และเครื่องจักรขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน (Unrelated parallel machines)

2.3.2.3 แบบจำลองการผลิตแบบไหล (Flow shop)

ระบบประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวน m เครื่องที่แตกต่างกันวางต่อกันแบบอนุกรม งานทั้งหมดจะมีเส้นทางการไหลของงานไปในทิศทางเดียวกัน (Unidirectional flow) ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ระบบการผลิตแบบไหลบริสุทธิ์ (Pure flow shop) และระบบการผลิตแบบไหลทั่วไป (General flow shop)

2.3.2.4 แบบจำลองการผลิตแบบตามสั่ง (Job shop)

ระบบประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง ในแต่ละหน่วยงานจะมีเส้นทางการไหลของงานเฉพาะของตนเอง ตามที่ผู้วางแผนกระบวนการกำหนดให้เท่านั้น ทิศทางการไหลของงานมีได้หลายทิศทาง (Non-unidirectional flow) แต่ละงานสามารถที่จะดำเนินงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางงานของตนได้เพียง 1 ครั้งเท่านั้น

2.3.2.5 แบบจำลองการผลิตแบบเปิด (Open shop)

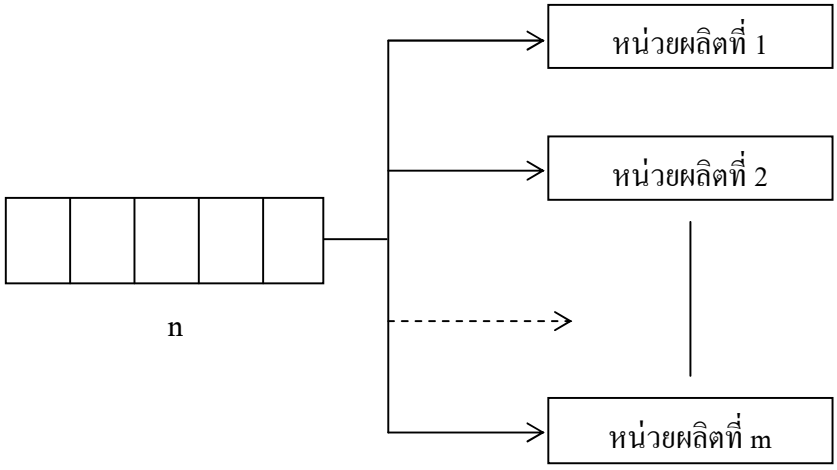
ระบบการผลิตแบบเปิดจะคล้ายกับระบบการผลิตแบบตามสั่งยกเว้นงานจะมีการดำเนินงานแบบเวียนซ้ำที่เครื่องจักรใดๆ ก็ได้ขึ้นกับเส้นทางงานของงานนั้นๆ

2.3.3 การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน

การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน พิภพ ลลิตาภรณ์ (2546) ได้อธิบายความหมายของการจัดลำดับงานบนหน่วยผลิตแบบขนานดังนี้ เรามีหน่วยผลิต 2 หน่วยขึ้นไปที่เหมือนกันและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละหน่วยงานเท่ากัน เมื่อมีงานหลายงานที่เข้ามาในระบบ เราจะเลือกหน่วยผลิตทุกหน่วยมาใช้แล้วทำการจัดลำดับงานบนหน่วยผลิตแต่ละหน่วย งานแต่ละงานนั้นไม่ว่าจะถูกจัดให้ทำงานบนหน่วยผลิตใดก็จะใช้เวลาเท่ากัน ดังรูปที่ 2.2 การจัดตารางการผลิตบนหน่วยผลิตแบบขนาน m หน่วย

ในการจัดตารางการผลิตซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักใช้วิธีการง่ายๆ คือ ทำงานตามลำดับงานที่เข้ามาโดยไม่คำนึงถึงผลประโยชน์สูงสุดของการจัดตาราง ดังนั้นการจัดลำดับงานให้ได้ผลดีจึงไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายนัก เนื่องจากงานต่างๆนั้นมีหลายขั้นตอนที่ต้องทำไปตามลำดับ การใช้เวลาตั้งเครื่อง (Setup Time) ก็เข้า

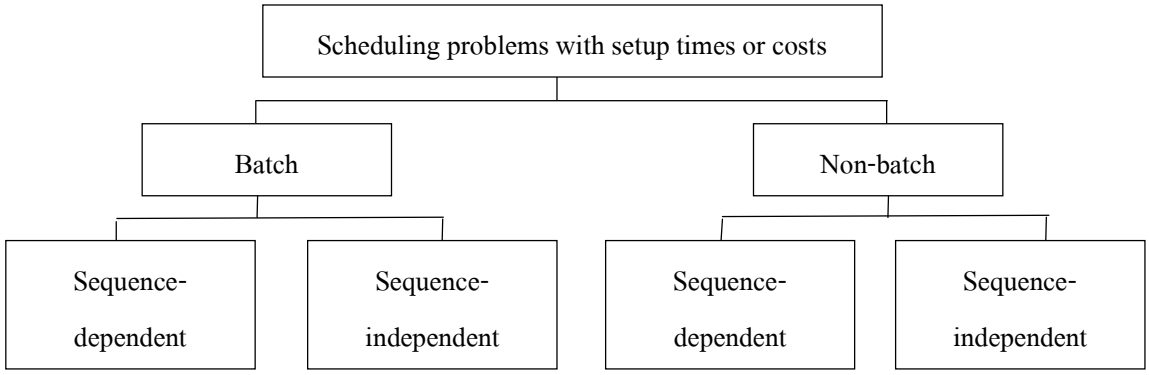
มาเกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน นอกจากนั้นอุปกรณ์ที่มีใช้ในแต่ละหน่วยอาจมีกำลังการผลิตที่แตกต่างกันเราจึงต้องมีการจัดตารางการผลิต



รูปที่ 2.2 การจัดตารางการผลิตบนหน่วยผลิตแบบขนาน m หน่วย

Allahvardi และคณะ (2008) ได้ทำการแบ่งประเภทของปัญหาการจัดตารางการผลิตเกี่ยวกับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) ดังรูปที่ 2.3 ปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบรุ่นการผลิต (Batch) และแบบไม่เป็นรุ่นการผลิต (Non-batch) เวลาการปรับตั้งรุ่นการผลิตเกิดขึ้นเมื่องาน เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องจักร ผลิตเป็นรุ่นการผลิต มีการใช้เวลาและต้นทุนที่แน่นอนในการผลิตแต่ละรุ่นการผลิตซึ่งรุ่นการผลิตคือเซตของงานที่อยู่ในแฟมิลี (Family) เดียวกัน และแต่ละแฟมิลีไม่สามารถแยกผลิตได้หากให้ความหมายตามกลุ่มเทคโนโลยี (Group Technology) อีกความหมายหนึ่งรุ่นการผลิตหรือ Batch คือ จำนวนของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนรายการใดรายการหนึ่งได้ทำการผลิตบนหน่วยผลิตหน่วยใดๆ หรือชุดใดๆจนเสร็จสิ้นแล้ว ผลิตภัณฑ์อื่นก็จะถูกนำมาผลิตบนหน่วยการผลิตนั้นตามขนาดของรุ่นที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการผลิตเป็นแบบไม่เป็นรุ่นการผลิต (Non-batch) เวลาหรือต้นทุนในการจัดตารางการผลิตจะขึ้นอยู่กับกระบวนการทำงานของแต่ละงานที่มอบหมาย การผลิตแบบไม่เป็นรุ่นการผลิตนี้จะสามารถมองให้เป็นตัวแบบแบบการผลิตเป็นรุ่นการผลิตเดียวก็ได้ โดยที่แต่ละรุ่นการผลิตหรือแฟมิลีนั้นจะมีประกอบด้วยงานเพียงงานเดียวเท่านั้น เวลาหรือต้นทุนการปรับตั้งเครื่องจักรนั้นอาจจะขึ้นกับเครื่องจักร (Machine-dependent) หรือขึ้นกับลำดับของงาน (Sequence-dependent) ซึ่งจะมีลักษณะการจัดตารางการผลิตโดยขึ้นกับลำดับของงาน หรือ Sequence-dependent เมื่อเวลาหรือต้นทุนนั้นขึ้นกับรุ่นการผลิตที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันและรุ่นการผลิตที่ผลิตก่อนหน้า แต่การจัดตารางการผลิตโดยไม่

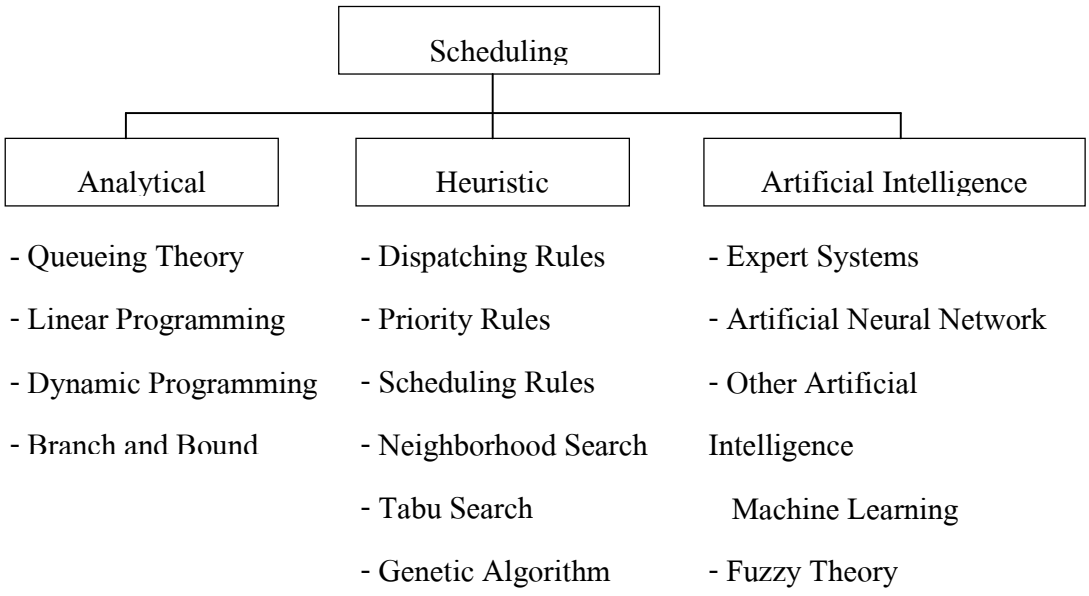
ขึ้นกับลำดับของงาน หรือ Sequence-Independent เวลาหรือต้นทุนนั้นขึ้นกับรุ่นการผลิตที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันเท่านั้น



รูปที่ 2.3 ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Allahvardi และคณะ 2008)

2.3.4 วิธีที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

ในปัจจุบันมีวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่ง Gerik และ Cedimouglu (1999)ได้จำแนกวิธีการที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตออกเป็น 3 วิธีการใหญ่ๆ โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.4 วิธีการจัดตารางการผลิต



รูปที่ 2.4 วิธีการจัดตารางการผลิต (Gerik and Cedimouglu,1999)

2.4 ทฤษฎีการจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Baker และ Trietsch (2009) กล่าวว่าทฤษฎีการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ส่วนมากจะให้ความสำคัญกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดลำดับงาน การพัฒนาตัวแบบที่มีประโยชน์ จะนำไปสู่เทคนิคการหาคำตอบและความเข้าใจเพื่อการประยุกต์ใช้ ภาพรวมทางทฤษฎีส่วนใหญ่เป็นวิธีการทางปริมาณ กล่าวคือ การพยายามที่จะเปลี่ยนโครงสร้างของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีการทางปริมาณเริ่มต้นจากการอธิบายทรัพยากรและงาน และการแปลงเป้าหมายในการตัดสินใจ (Decision-making goals) ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)ที่ชัดเจน

ในทางอุดมคติ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ควรจะประกอบด้วยต้นทุน(Cost) ทั้งหมดซึ่งขึ้นกับแนวทางการตัดสินใจในการจัดลำดับงาน แต่ในทางปฏิบัติต้นทุนบางครั้งยากที่จะวัดค่าได้ หรือยากที่จะบ่งชี้ได้อย่างสมบูรณ์ ต้นทุนในการดำเนินการส่วนใหญ่ หรือต้นทุนที่สามารถกำหนดได้อย่างง่ายจะถูกกำหนดโดยฟังก์ชั่นการวางแผนในขณะที่ต้นทุนเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตยากที่จะแยกออกมาและบ่อยครั้งมีจะแนวโน้มที่ยากจะแก้ได้

เป้าหมายในการตัดสินใจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน คือ
1. ตัววัดเวลาที่ใช้ในการปิดงาน (Turnaround)
2. ตัววัดเวลาที่สอดคล้องเสร็จงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาที่กำหนด (Timeliness)
3. ตัววัดจำนวนงานที่สำเร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ (Throughput)

ซึ่งเป้าหมายของตัววัดสองตัวแรกนั้นซับซ้อน เนื่องจากต้องอาศัยตัววัดการดำเนินการสำหรับงานที่รับเข้ามา เวลาที่ใช้ในการปิดงานและตัววัดเวลาที่เสร็จสำหรับงานที่กำหนดไว้ ในทางกลับกัน ตัววัดจำนวนงานที่สำเร็จตามเวลาที่กำหนดไว้สามารถทำไปใช้ได้ง่ายกว่า

2.4.1 กระบวนการในการตัดสินในโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นภดล ร่มโพธิ์ (2554) ได้อธิบายไว้ว่า ในการตัดสินใจโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องผ่านกระบวนการ 5 กระบวนการ ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากหากไม่สามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องแล้วการแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองย่อมทำไม่ได้หรือหากทำไปก็ไม่มีประโยชน์เพราะก็ไม่ทราบว่าคำตอบที่ได้จากแบบจำลองนั้น จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องใด อย่างไร

2.4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากมีความต้องการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งช่วยในการคิดคำนวณ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องแปลงปัญหาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งแยกให้ชัดเจนว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามคืออะไร มีความสัมพันธ์กันอย่างไรซึ่งถ้าหากเราแปลงปัญหาเหล่านี้ได้ผิดพลาดแล้ว แบบจำลองที่สร้างขึ้นก็ให้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาดตามไปด้วย

2.4.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แบบจำลอง

ขั้นตอนในการใช้แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น เพื่อค้นหาคำตอบที่ต้องการ ขั้นตอนนี้บางครั้งต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อทำการทดลองหาคำตอบหรือต้องหาหนทางในการหาแนวทางหาคำตอบที่ดีที่สุดในกรณีที่คำตอบมีได้หลายค่า

2.4.1.4 ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบ

ผลลัพธ์ขั้นตอนนี้มีความสำคัญเช่นกัน แต่หลายครั้งเป็นขั้นตอนที่ผู้ใช้แบบจำลองละเลย เพราะคิดไปเองว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีความถูกต้อง ในบางครั้งอาจพบว่าคำตอบที่ได้มาจากการวิเคราะห์แบบจำลองเป็นคำตอบที่มีความผิดปกติหรือเป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ยกตัวอย่างเช่น หากทำการคำนวณเวลาออกมาแล้วได้ค่าที่ติดลบหรือคำนวณจำนวนคนได้ค่าที่ติดลบก็ทราบทันทีว่าแบบจำลองนั้นมีความผิดพลาด แต่หลายครั้งคำตอบที่ได้อยู่ในช่วงที่เป็นไปได้ เช่น คำนวณค่าเวลาหรือจำนวนคนออกมาเป็นค่าบวกในกรณีนี้เราจะทราบได้อย่างไรว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้อง สิ่งที่ผู้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการตัดสินใจสมควรต้องทำก็คือทดสอบระบบที่สร้างขึ้นกับสิ่งที่ทราบคำตอบอยู่แล้ว เช่นหากทราบอยู่แล้วว่าคำตอบของปัญหาในเรื่องนี้คืออะไร ก็นำเอาแบบจำลองนี้ไปทดสอบว่าได้ค่าที่ถูกต้องหรือไม่ในกรณีที่ทราบว่าแบบจำลองนั้นมีความผิดพลาด สิ่งที่ต้องทำคือ ต้องย้อนกลับไปพิจารณากระบวนการก่อนหน้านี้ว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น เกิดขึ้นที่ไหนซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าผิดตั้งแต่ขั้นตอนในการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบจำลอง หรือผิดในขั้นตอนการวิเคราะห์แบบจำลอง เมื่อทราบว่าผิดที่ใดแล้ว ก็ควร

ทำการแก้ไขให้ถูกต้องและทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้ง จนกระทั่งแน่ใจว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้องก่อนนำไปใช้ต่อไป

2.4.1.5 ขั้นตอนที่ 5 การนำเอาผลที่ได้จากแบบจำลองไปช่วยในการตัดสินใจ

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนั้นเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการตัดสินใจ

2.4.2 เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) ด้วยกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming: LP) (Ragsdale,1998)

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า กำหนดการเชิงเส้น ซึ่งเป็นวิธีที่รู้จักกันดีในชุดเครื่องมือในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เรียกว่า การโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) สามารถนำโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้งานร่วมกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้ โดยสามารถใช้งานได้ง่ายบนโปรแกรมกระดาษคำนวณทั่วไป เช่น Microsoft Excel

คุณลักษณะของโปรแกรมเชิงเส้น

1. ใช้จัดสรรทรัพยากรต่างๆที่มีปริมาณจำกัดได้เหมาะสมและตรงตามเป้าหมายมากที่สุด
2. มีการกำหนดแหล่งทรัพยากรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตใดๆ
3. ในการจัดทรัพยากรโดยทั่วไป มักประกอบด้วยข้อจำกัด เงื่อนไขข้อบังคับต่างๆ ซึ่งเรียกว่า “Constraint”
4. ในการจัดสรรทรัพยากรต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการแก้ไขปัญหา ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการที่เรียกว่า “Objective Function” หรือ สมการวัตถุประสงค์
5. ต้องมีการกำหนดให้สมการวัตถุประสงค์มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุด ในการแก้ไขปัญหา

กำหนดการเชิงเส้นเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยลักษณะเฉพาะของกำหนดการเชิงเส้นคือฟังก์ชันที่แทนเป้าหมายและข้อจำกัดต่างๆเป็นแบบเชิงเส้นทั้งสิ้น หรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆเป็นแบบเชิงเส้นทั้งสิ้น โดยมีสิ่งที่ต้องรู้จักในการโปรแกรมเชิงเส้นได้แก่

1) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) หมายถึง ค่าที่ต้องการทราบ
2) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ได้แก่ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัดสินใจและวัตถุประสงค์ ใช้ในการพิจารณาว่าผลที่ได้เหมาะสมที่สุดหรือไม่

3) สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function Coefficients) ค่าสัมประสิทธิ์ ได้แก่ กำไรหรือค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของตัวแปรตัดสินใจหนึ่งหน่วย
4) ข้อจำกัด (Constraints) อสมการหรือสมการเชิงเส้น ที่จำกัดทรัพยากร หรือความต้องการ
5) ความสามารถ (Capabilities) บอกข้อจำกัดสูงสุดหรือต่ำสุดของข้อจำกัดและตัวแปร
6) สัมประสิทธิ์ของข้อมูลเข้า-ออก (Input-Output Coefficients) แสดงการใช้ทรัพยากรของตัวแปรตัดสินใจหนึ่งๆ

โครงสร้างของปัญหากำหนดการเชิงเส้น

โปรแกรมเชิงเส้นมีลักษณะการหาค่ามากที่สุด (Maximization) หรือน้อยที่สุด (Minimization) โดยกำหนดสมการเป้าหมาย (Z) ในรูป

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + ... + C_nX_n \quad (2.1)$$

ภายใต้ข้อจำกัด (Subject to Constraints)

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1n}x_n \leq, =, \geq b_1 \quad (2.2)$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + ... + a_{in}x_n \leq, =, \geq b_i \quad (2.3)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mn}x_n \leq, =, \geq b_m \quad (2.4)$$

และอยู่ภายใต้เงื่อนไข Non-Negativity Restriction

$$X_j \geq 0 \qquad j = 1,2,..., n \quad (2.5)$$

โดยเขียนแบบย่อได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$MaxZ = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \quad (2.6)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum a_{ij}x_j \leq, =, \geq b_i \qquad for\ i = 1, 2, ..., m \quad (2.7)$$

และ $x_j \geq 0$ $\qquad j = 1, 2, ..., n$ (2.8)

โดยให้

c_j , a_{ij} , และ b_i เป็นค่าคงที่

x_j เป็นระดับของกิจกรรมหรือจำนวนที่ต้องการผลิตสินค้า j

a_{ij} เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ซึ่งจำนวนทรัพยากรที่ I ที่จะใช้ในการผลิตสินค้า j หน่วย

b_i เป็นจำนวนของทรัพยากร I ที่มีอยู่ขณะนั้น ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้รวมทั้งหมด

c_j เป็นกำไรต่อหน่วยหรือต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า j ที่ผลิตออกมา

m เป็นจำนวนทรัพยากร

n เป็นจำนวนสินค้าที่ต้องการผลิต

การใช้โปรแกรมเชิงเส้น ในการหาค่าความเหมาะสมของปัญหาที่เราสนใจ ถ้าลักษณะของปัญหานั้นง่าย อาจใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ทั่วไปหาคำตอบได้ แต่ถ้าลักษณะของปัญหานั้นมีขนาดใหญ่หรือมีสมการเข้ามาเกี่ยวข้องมากก็จำเป็นต้องใช้วิธีการอื่นช่วยในการหาคำตอบรวมถึงการจัดโครงสร้างของปัญหาเพื่อให้ง่ายต่อการหาคำตอบที่ต้องการ

วิธีการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบของโปรแกรมเชิงเส้น

การวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบของโปรแกรมเชิงเส้นสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. วิธีกราฟ เป็นการเขียนเส้นตรงเพื่อหาคำตอบ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายแต่มีข้อจำกัดในการใช้ คือ หาคำตอบที่แน่นอนไม่ได้ และใช้ในกรณีที่มีตัวแปรในปัญหาไม่เกิน 2 ตัว
2. วิธีจำกัดขอบข่ายคำตอบ วิธีนี้ใช้ในกรณีที่สมการมีตัวแปรเพียง 2 ตัว
3. วิธีพีชคณิต เป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบในกรณีที่มีตัวแปร 3 ตัว หรือมากกว่า แต่เป็นวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อนมาก
4. วิธีซิมเพล็กซ์ เป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบในกรณีที่มีตัวแปรจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันนับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และเป็นที่นิยมใช้กันมาก แต่อย่างไรก็ตามถ้าตัวแปรในสมการหรือสมการมีจำนวนมากๆ ได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ ทำให้การหาคำตอบของโปรแกรมเชิงเส้นสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมด้วยโปรแกรมเชิงเส้นมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆสาขาวิชาชีพ ไม่ว่าจะเป็นทั้งด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรมและด้านทรัพยากรน้ำ เป็นต้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางกับปัญหาหลายๆด้าน มีซอฟท์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหาได้ทันที และผลลัพธ์ที่ได้ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดที่สร้างขึ้นถูกต้องจะได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ

โปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

เป็นโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่มีข้อจำกัดของตัวแปรว่าจะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มที่ไม่มีค่าเป็นลบ นั่นคือ $x_j = 0,1,2,\ldots$ ทุกค่า j

Integer Programmingเป็นปัญหาแบบ NP-hard ในกรณีที่ตัวแปรมีค่าได้ 2 ค่า คือ 0 กับ 1 เท่านั้น จะเรียกว่า Binary

ปัญหาโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มที่สำคัญ ได้แก่ ปัญหาการขนส่ง ปัญหาการมอบหมายงาน ปัญหาการจัดสรรงบประมาณ ปัญหาการจัดลำดับงาน เป็นต้น เทคนิคที่ใช้ในการหาคำตอบต่อปัญหาเหล่านี้ ไม่มีเทคนิคที่จัดว่าเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะ แต่มีเทคนิคหลายแบบ แต่ละแบบเหมาะสมกับลักษณะของปัญหาหนึ่ง เช่น ใช้วิธีการขนส่ง (Transportation Method) กับปัญหาการขนส่ง หรือใช้วิธีการแจงนับ (Implicit Enumeration) กับปัญหาการเลือกโครงการที่ลงทุน เป็นต้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมยา และการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ

2.5.1 การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมยา

Stefansson และคณะ (2011) กล่าวว่า ระบบการตัดสินใจของโรงงานยาในปัจจุบันใช้การคำนวณมือเกือบทั้งหมด ขาดการหาจุดที่เหมาะสมหรือ Optimization หรือการใช้เครื่องมืออัตโนมัติมาช่วยสนับสนุน และมักประสบกับการขัดจังหวะเนื่องจากเครื่องจักรเสีย คุณภาพมีปัญหา และการแทรกงานสำหรับลูกค้าที่มีความสำคัญ ดังนั้นการหาจุดที่เหมาะสมสามารถลดเวลาในการจัดตารางการผลิตได้อย่างมาก

Vanditti และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการบรรจุยาของโรงงานผลิตยาในประเทศอิตาลี ลักษณะเครื่องจักรเป็นแบบใช้ได้หลากหลายกับชนิดของยา (Multi-purpose machine) โดยเครื่องจักรบรรจุแบบบลิสเตอร์ (Blister) มีทั้งหมด 3 เครื่อง ซึ่งการบรรจุยาลงบลิสเตอร์และการบรรจุยาลงกล่องพิมพ์ ทั้งสองกระบวนการนี้ทำงานต่อเนื่องกันคล้ายกับเป็นเครื่องจักรเดี่ยว (Single machine)ดดยมีข้อจำกัดในการปรับตั้งเครื่อง การเปลี่ยนยาวันที่รับจากแผนกก่อนหน้าและวันที่กำหนดส่ง และข้อจำกัดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมของชุดเครื่องมือและพนักงาน โดยเป้าหมายคือการลดเวลาในการปิดงาน (Minimization of makespan) และความล่าช้ามากสุด (MaximumTardiness) โดยการเรียงลำดับแบบพจนานุกรมหรือ Lexicographic order และใช้อัลกอริทึม Tabu search ในการหาคำตอบ ซึ่งการศึกษาค่อนข้างซับซ้อนและยากต่อการใช้งาน

2.5.2 การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ

การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมยามีการศึกษาอยู่ค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ Allahvardi (2008) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตในรูปแบบต่างๆ โดยเน้นศึกษาในด้านต้นทุนและเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร(Setup time) ซึ่งพบว่ามีการศึกษาเป็นที่ได้รับความสนใจเป็นจำนวนมาก ทั้งแบบที่เป็นการผลิตเป็นรุ่นการผลิต (Batch) และไม่ใช่รุ่นการผลิต การผลิตที่ขึ้นอยู่กับลำดับ (Sequence dependent) และไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องจักร (Sequence independent) Vallada (2011)ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน (Unrelated parallel machine) ซึ่งตั้งค่าเครื่องขึ้นกับลำดับงาน (Sequence dependent setup time)ซึ่ง Valladaก็ได้กล่าวไว้ว่า การศึกษาของการจัดตารางในรูปแบบนี้ก็มีน้อย มีเพียงไม่กี่การศึกษาเท่านั้น ทั้งนี้ Vallada ทำการศึกษาโดยใช้ Mixed integer Programming และ Genetic algorithm ในการแก้ปัญหา โดยเป้าหมายคือให้เวลาในการปิดงานของเครื่องที่มากที่สุดให้น้อยที่สุด (Minimize makespan) การศึกษาที่ใกล้เคียงกันจัดทำโดย Damadaran (2004) ได้ทำการศึกษา Minimize makespanโดยใช้ Mixed integer Programming โดยศึกษาแบบ Flow shop2 เครื่องจักรและเป็นการผลิตเป็นแบบรุ่นการผลิต และมีการกำหนดให้ความสามารถของบัฟเฟอร์ (Buffer) ไม่จำกัดหรือเท่ากับ 0 ซึ่งให้ผลออกมาดี Obeid (2014) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบงานที่มีความสัมพันธ์กัน (Job family) บนเครื่องจักรเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่เหมือนกัน (Non-identical parallel machines) ด้วยข้อจำกัดเรื่องเวลาการทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Qualification) เพื่อหา Minimize makespan และจำนวนเครื่องจักรที่ขาด Qualification ควบคู่กัน โดยใช้ Mixed integer liner programming และการแก้ปัญหาด้วยวิธีการ Heuristics ซึ่งก็สามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี ส่วน Borissova (2008) ได้ประยุกต์ใช้ MS Excel Solver ในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรจากเหล็กซึ่งมีข้อจำกัดของเครื่องจักรและเวลาการผลิต ซึ่งสามารถจัดการการผลิตลดเวลาในการล่าช้าได้ดี นอกจากนั้นอภิชาติ สอนกลิ่น (2551) ได้ทำการจัดตารางการผลิตสำหรับสายการผลิตพลาสติกขึ้นรูป โดยลักษณะเครื่องจักรที่ศึกษาเป็นแบบเครื่องจักรแบบขนานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตต่างกัน ซึ่งใช้วิธีการ Branch and bound ในการจัดตารางการผลิตซึ่งสามารถลดจำนวนและค่าใช้จ่ายที่สินค้าต้องเลื่อนส่งได้มาก