หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีสำคัญ

2.1 การสำรวจงานวิจัย

เรื่อง job shop เป็นปัญหาที่รู้จักกันดีโดยมีจุดเริ่มต้นเรียกกันมาจากคำว่า "jobbing shops" คือเป็นร้านที่ถูกตั้งขึ้นเพื่อรับงานหลาย ๆ ชนิด ซึ่งในงานแต่ละงานจะมีลักษณะงานที่แตกต่างกันในตัวเองรวมถึงเครื่องจักรที่ใช้และเวลาการทำงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะแตกต่างกัน

ปัญหาของการจัดงานในระบบ job shop ส่วนใหญ่มักจะพบเกี่ยวกับ ระบบการไหลของงานที่ไม่เป็นขั้นตอนและไม่ต่อเนื่อง รวมถึงการคำนวณหาลำดับการจัดงานของเครื่องจักรให้เสร็จเร็วที่สุด แต่ยังมิได้มีผู้ใดหาวิธีการวางแผนการผลิตแบบรวม โดยคำนึงถึงความสามารถการผลิต และปริมาณงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอให้สามารถเสร็จทันกำหนดเวลาที่ได้วางไว้ ส่วนปัญหาการจัดงานจำนวนหลายชนิด เข้าทำงานบนกลุ่มของเครื่องจักร มิได้เป็นปัญหาใหญ่ แต่เป็นปัญหาที่มักพบอยู่ทั่วไป ตัวอย่างที่มักพบในอดีต มักจะเป็นปัญหาการจัดลำดับงาน n ชนิด กับเครื่องจักร m ชนิด โดยที่งานแต่ละงานเป็นอิสระแก่กัน ซึ่งปัญหาการจัดลำดับงานให้เครื่องจักรนั้นมักจะมีการพิมพ์อยู่ในรายงานชื่อ "Scientific Management" เป็นรายงานที่มีชื่อเสียงของ "Efficiency Experts" และอีกแห่งหนึ่งที่มักพบอยู่เสมอก็คือในวารสาร "Management Science" รวมทั้งวารสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดำเนินงาน

จะพบว่าปัญหาการจัดงานส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ การจัดตารางกำหนดเวลาการทำงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์อยู่ที่การจัดสรรจำนวนทรัพยากรให้เหมาะสมแก่ความต้องการในช่วงเวลาที่ถูกต้อง การประยุกต์ใช้งานในครั้งแรกของการจัดตารางเวลา (Schedualing) ได้ถูกพัฒนาโดย SALVESON (1) เพื่อใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการประกอบ (ASSEMBLY) ในปัญหาการจัดสมดุลย์ในงานประกอบ (Assembly Line Balancing) ต่อมา

JAKSON ได้พัฒนาเทคนิคการหาผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ (Optumuing technique) เพื่อแก้ปัญหาการจัดงานเข้าทำบนเครื่องจักรเพื่อใช้ประโยชน์สูงสุด (Optimum machine loding) ซึ่งเป็นกรณีพิเศษของปัญหาการจัดตารางเวลาทำงานทั่วไป ภายใต้การนำของศูนย์ควบคุมวัสดุทางอากาศ กองทัพอากาศสหรัฐ (Air Material command US Air Force) ในปี ค.ศ. 1958 ระบบของ WSPACS ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยระบบ WSPACS (Weapon Systems Programming and COntrol SYstem) มีวิธีการอยู่บนพื้นฐานของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการจัดสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสม ซึ่งได้นำมาแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบอาวุธซึ่งมีอยู่หลายชนิด ในปี 1958 MALCOLM ได้พัฒนาระบบที่เรียกว่า PERT (Program Evaluation and Reporting Technique) และในปีนี้เอง MAUCHLY ได้พัฒนาวิธี CPM (Critical Path Method) ทั้งสองวิธีมีวิธีการคล้าย ๆ กับระบบการป้อนกลับที่ใช้ระบบของ WSPACS ทั้ง PERT และ CPM จะแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมทั้งหมด และจะแสดงให้เห็นถึงจุดวิกฤติของความก้าวหน้าในโครงการและค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องแก้ไขและตัดสินใจ (จะกล่าวถึงในช่วงหลังของการสำรวจงานวิจัย)

ROWE (2) ได้สร้าง GE-IBM เป็นตัวสร้างแบบจำลองสำหรับงานสั่งทำ (job shop simulator) ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นจะต้องใช้สำหรับทดสอบทางเลือกที่จะใช้ในการตัดสินใจ หรือเพื่อให้เห็นตัวกำหนดลำดับความสำคัญ สำหรับระบบที่มีรายการที่จะต้องควบคุมอยู่หลายรายการ

GIFFLER (3) ได้พัฒนาระบบจัดตารางเวลาสำหรับ IBM วิธีอื่น ๆ ขึ้นมาอีก ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ได้ดัดแปลงเพื่อความเหมาะสมกับการที่จะเครื่องมือประกอบการตัดสินใจขั้นเบื้องต้น สำหรับการบริหาร ผลของการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้นำไปสู่การพัฒนาวิธีการที่ดีกว่าสำหรับระบบปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (dynamic system) ระบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้นที่ไม่สามารถแก้ได้โดยตรงจะสามารถแก้ได้โดยการสร้างแบบจำลอง แล้วให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณหาผลลัพธ์

NAYLORDL (4) ได้เขียนหนังสือชื่อ "Computer Simulation Techniques" ซึ่งได้แสดงถึงวิธีการสร้างแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์และทางกายภาพขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหา ซึ่งวิธีการทางคณิตศาสตร์ธรรมดาไม่สามารถแก้ได้ เนื่องจากเหตุผลต่าง ๆ ดังนี้

1. อาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายหรือไม่สามารถทำได้ สำหรับการหาข้อมูลในความเป็นจริง

2. ในระบบที่ซับซ้อนมากจะไม่สามารถอธิบายถึงลักษณะของระบบทั้งหมดได้โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

3. ถึงแม้ว่าจะสามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาได้ แต่การคำนวณเพื่อหาคำตอบจากสมการทำได้ยาก

TAN (5) ได้กล่าวข้อดีของการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิต (Production System) ด้วยคอมพิวเตอร์ว่า

1. แบบจำลองสามารถนำมาใช้เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในระบบของปัญหา
2. สามารถทำการทดสอบนโยบายแล้วดูผลลัพธ์ โดยการใช้รูปแบบการจำลอง
3. แผนการต่าง ๆ สามารถนำมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกันได้
4. การคิดคำนวณตามปกติจะลดน้อยลง
5. การตัดสินใจทำได้เร็วขึ้น
6. ความถูกต้องแม่นยำของแผนการสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้
7. แผนการที่คัดเลือกไว้แล้วจะถูกนำมาทดสอบเพื่อหาแผนที่ดีที่สุด

FORRESTER (6) ได้พัฒนาวิธีการที่มีชื่อว่า "Industrial Dynamics" ซึ่งเป็นวิธีการเพื่อใช้ศึกษาพฤติกรรมของระบบอุตสาหกรรม โดยจะแสดงให้เห็นว่านโยบายการตัดสินใจ โครงสร้างและความล่าช้าของงาน เหล่านี้มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างไรและมีผลต่อเสถียรภาพและความก้าวหน้าของงานอย่างไร วิธีการนี้ได้พัฒนารวมไปถึงทางด้านการบริหารและการตลาด การลงทุน การวิจัย การบริหารบุคคล การบัญชีและการเงิน

ที่มาของทฤษฎีปัญหาการจัดตารางกำหนดเวลางาน

S.E. ELMAGHABY (7) ได้เริ่มต้นจากระบบของการกำหนดตารางเวลาไปยัง Single processor และ Multiple process โดยเฉพาะการจัดลำดับในปัญหาเครื่องจักร 1 เครื่อง ซึ่งดูเหมือนว่าจะเป็นสิ่งแรกสำหรับในทางปฏิบัติ แต่ก็เป็นสิ่งที่ไม่แน่เสมอไป

DANTZIG (8) ได้ชี้ให้เห็นถึงแฟคเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อปัญหาการจัดลำดับ (A sequencing problem) ซึ่งแต่ละแฟคเตอร์ของปัญหาคือค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของการบรรลุค่าที่เหมาะสมในทางอุดมคติ (ideal optimal) แฟคเตอร์ต่าง ๆ นี้ จะมีรายละเอียดดังนี้

- ความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสะดวก (รวมถึงคนด้วย) ได้แก่ กำลังการผลิตในอุดมคติ ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้ง (set up cost) ผลผลิต การขนย้ายผลิตภัณฑ์ กำลังการผลิตสำรอง เครื่องอำนวยความสะดวก

- ความสัมพันธ์เกี่ยวกับการผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การรอคอย พัสดุคงคลัง การกำหนดเวลา ความต้องการทางเทคโนโลยี พัสดุคงคลังของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์รวมถึงการสูญเสียเนื่องจากการล้าสมัยเพราะการเสื่อมลง

R. BELLMAN and S. M. JOHNSON (9) ได้แก่ปัญหา nx2 (งาน n ชิ้น 2 เครื่องจักร) โดยมีสมมุติฐานงานทั้งสองสามารถทำบนเครื่องจักรทั้งสอง อาจพูดได้ว่า สมมุติฐานนี้สามารถใช้ได้กับวิธีการแก้ปัญหาของ Johnson ในปัญหาที่ nx3

L. G. MITTEN (10) ได้แก้ปัญหาทั่วไป ของปัญหา Bellman Johnson's (nx2) ซึ่งมีสมมุติฐานที่ว่า ไม่มีเครื่องจักรใดสามารถรับงานได้มากกว่า 7 ชนิด โดยมีเงื่อนไขว่า เครื่องจักรจะมีขีดจำกัดสูงสุด ของระยะเวลาสำหรับแต่ละชนิดของงานจะถูกเริ่มต้นจากเครื่องจักรตัวแรก จนกระทั่งได้สิ้นสุดเครื่องจักรตัวที่สอง

ในปี 1976 ได้มีการทำวิจัยเรื่อง Optimal Production Scheduting for Iron Foundary Plant โดยคุณอุดม ภูสรรกุนสิทธิ นักศึกษาจากสถาบัน AIT โดยเขาได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาของการจัดตารางการผลิตของโรงหล่อ "CHONBURI CASTING AND MACHINE WORK COMPANY" โดยได้ประยุกต์วิธีการของการจำลองรูปแบบงานมาใช้เพื่อทดลองหาผลตอบแทนที่จะเป็นไปได้ โดยมีค่า Parametor สามค่า ได้แก่ การเลือกใช้เตาหลอมโลหะ การจัดคนงานที่จะใช้ในการทำ Mold ในระบบอัตโนมัติและระบบธรรมดา การวิจัยในครั้งนี้จะไม่คำนึงถึงตัวประกอบในการผลิตสามประการ คือ วัตถุดิบ วัสดุคงคลัง และการจ้างทำงานนอกเวลา ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยปรากฏว่าควรมีการปรับปรุงจัดลำดับ กำหนดการของการหล่อโลหะและควรมีการเปลี่ยนเตาหลอมใหม่

และในปีเดียวกัน คุณยืน ภู่วรวรรณ ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Case Study on nxm job Shop Scheduling Problem Using Heuristic Approach" โดยการวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าจะมีจำนวนของวัสดุไม่จำกัดและไม่มีวัสดุคงคลัง ไม่มีกำหนดของวันที่จะส่งมอบงานในแต่ละงาน และงานแต่ละงานจะต้องทำบนสายการผลิตของเครื่องจักรโดยไม่มีเครื่องจักรใดทำแทนเครื่องจักรอื่น ซึ่งการวิจัยของเขาได้พัฒนามาจากวิธีการของการจัดลำดับงานแบบ nx2 (n job = machine seheduling) ที่ใช้สำหรับในการประเมินการแก้ปัญหาที่ใกล้ความเหมาะสมสูงสุดของปัญหาการจัดลำดับงานแบบ

สำหรับในส่วนของการวางแผนควบคุมงานนั้นก็ได้มีการพัฒนากันมาเป็นลำดับดังนี้

ในช่วงแรก ๆ นั้นได้อาศัยความนึกคิดและความจำของนักบริหาร ซึ่งจะประกอบด้วยการอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่ใช้แสดงถึงงานที่จะเริ่มต้นจนถึงการสิ้นสุดของงาน แต่ทว่าการใช้ความนึกคิดและความจำนั้นอาจจะมีข้อบกพร่อง ที่ไม่สามารถใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนได้ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาจากแนวความคิดดังกล่าวมาบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร โดยคำนึงถึงงานหลักก่อนและหลัง จากนั้นจึงค่อยแจกแจงงานหลักให้เป็นงานย่อย เรียกการวางแผนแบบนี้ว่า "Checklist" แต่ถึงอย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ เป็นต้นว่า

(1) ไม่สามารถใช้กับงานใหญ่ ๆ ที่มีความสลับซับซ้อนได้ เพราะจะทำให้มีรายละเอียดมากมายหลายหน้ากระดาษ

(2) การหาความสัมพันธ์ของการทำงานแต่ละอย่างดูได้ยาก

(3) ช่วงเวลาที่ให้เป็นระยะเวลาที่ทราบเพียงหยาบ ๆ ไม่สามารถตรวจสอบความก้าวหน้าได้ชัดเจน

(4) ต้องทำการควบคุมงานทุก ๆ การกระทำ ซึ่งไม่สามารถควบคุมงานในสายใดสายหนึ่งได้

ต่อมาในตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 19 นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ชื่อ Henry L. Gantt ได้พัฒนา checklist ให้อยู่ในรูปของแผนภูมิแบบแท่ง (Barchart) โดยให้ความยาวของแท่ง (Bar) ซึ่งอยู่ในแนวนอนนั้นแทนระยะเวลาของการทำงานหนึ่ง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ที่อ่านได้ง่ายกว่าการใช้ checklist ซึ่งต่อมาเรียกแผนภูมิแบบแท่งนี้ว่า แผนภูมิของแกนท์ (Gantt Chart) โดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายทาง แม้กระทั่งงานใหญ่ ๆ ที่มีความสลับซับซ้อน เช่น การต่อเรือ การสร้างเขื่อน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามแผนภูมิของแกนท์ก็ยังมีข้อบกพร่องของการนำไปใช้งานอยู่บ้าง เช่น ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของงานย่อย ๆ ของโครงการได้ และถ้าหากงานมีความสลับซับซ้อนมากแล้ว การใช้แผนภูมิของแกนท์ในการควบคุมโครงการก็ไม่ง่ายนัก

ดังนั้น ในหัวข้อต่อไปนี้จึงขอเสนอถึงรายงานการวิจัยต่อการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ ต่อการควบคุมและวางแผนโครงการ ดังนี้

Operations Research Section of Central ELectric Generating Boards ของสหราชอาณาจักร (1,50) ได้เริ่มค้นหาวิธีซ่อมโรงงานกำเนิดไฟฟ้าที่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยได้ตั้งชื่อโอรงการนี้ว่า "Longest Irreducible Sequence of Events" ซึ่งในระยะแรก ๆ สามารถลดเวลาการทำงานลงได้ 40 % และต่อมาในปี 1960 ได้ทำการปรับปรุงวิธีการอีกครั้ง ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า "Major Sequence" โดยสามารถลดเวลาการทำงานลงได้อีก 32 % (11)

E. I. Dv Pont de Nemours & Company และ UNIVAC Applications Research Center of Remington Rand (1956) ได้ศึกษาถึงวิธีการวางแผนและควบคุมโครงการแบบใหม่ ซึ่งเรียกชื่อภายหลังว่า "วิธีการของเส้นทางวิกฤต หรือ ซีพีเอ็ม" (Critical Path Method or CPM) อันเป็นวิธีการที่สามารถใช้วางแผน วางกำหนดการและควบคุมโครงการต่าง ๆ ได้ดี (11), 23 หน้า 360)

U. S. Navy (1958) ได้ร่วมมือกับ Missile System Division ของบริษัท Lockheed Aircraft Coporations ซึ่งเป็นผู้รับเหมารายใหญ่ของโครงการ Polaris Fleet Balistic Missile ซึ่งเป็นงานใหญ่ที่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก โดยในโครงการมีคู่สัญญา (Contractor) อยู่ถึง 3,000 ราย โดยในระยะแรก ๆ นั้นจะต้องใช้เวลาในการก่อสร้างจรวดนานถึง 3 ปี 8 เดือน ต่อมาได้ทำภารพัฒนาวิธี "Program Evalvation Research Task" ซึ่งภายหลังเรียกว่า "Program Evaluation and Review Technique หรือ DERT" แล้ว ทำให้สามารถลดเวลาการทำงานให้เหลือเพียง 1 ปี 8 เดือน ลดลงไปกว่า 55 % ของเวลาการทำงานเดิม ซึ่งวิธีการ PERT นี้จะแตกต่างกับ CPM ในแง่ที่ว่า เวลาการทำงานของโครงการอยู่ในรูปใด โดยที่ CPM มีเวลาในการทำงานที่กำหนดได้แน่นอน (Determmistic Duration Time) ในขณะที่ PERT มีเวลาในการทำงานอยู่ในรูปของความน่าจะเป็น (Probabilivtic Duration Time) (11; 23)

สำหรับในประเทศไทย (12) ก็ได้มีการนำเอาเทคนิคของ PERT/CPM มาใช้ในธุรกิจงานก่อสร้างของเอกชน และในราชการทหารของรัฐ ซึ่งมีทั้งประสพผลสำเร็จและไม่ประสพผลสำเร็จ ส่วนงานต่าง ๆ ของทางราชการทหาร ที่ได้นำเอาเทคนิคนี้ไปใช้ในการควบคุมงาน ได้แก่

กองต่อเรือเหล็ก กรมอู่ทหารเรือ กองบัญชาการทหารเรือ ได้ทำการต่อเรือ ต. 92 โดยใช้ CPM แต่ปรากฏว่าไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากขาดการเตรียมการที่ดีพอ

กรมช่างอากาศ กองบัญชาการทหารอากาศ ได้ใช้เทคนิค CPM สำหรับการควบคุมโครงการสร้างเครื่องบิน แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากขาดการเตรียมการที่ดีพอเช่นกัน

กองบัญชาการทหารสูงสุด (ส่วนหน้า) ได้นำวิธีการ CPM นี้มาใช้ในโครงการเกี่ยวกับสุนัขทหาร ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2511 ถึง 1 ตุลาคม 2616 ซึ่งมีทั้งการอบรมเจ้าหน้าที่ให้เป็นเจ้าหน้าที่ผู้บังคับสุนัข การติดต่อของบประมาณการก่อสร้างอาคาร รวมถึงการฝึกสุนัขให้ทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น เป็นชุดสุนัขลาดตระเวณ ชุดสุนัขตรวจค้นทุ่นระเบิด ชุดสุนัขสำหรับอารักขาบุคคลสำคัญ ๆ รวมทั้งชุดสุนัขสำหรับเวรยาม โดยตลอดระยะเวลา 63 เดือนนี้ ได้มีการปรับแผนโครงการตามกิจกรรมต่าง ๆ และกำกับดูแลอย่างใกล้ชิด สามารถลดระยะเวลาลงเหลือ 61 เดือน อันเป็นการประหยัดงบประมาณไปได้ 2 ล้านบาทเศษ กล่าวคือ เมื่อเริ่มโครงการได้ประมาณค่าใช้จ่ายอยู่ในวงเงิน 38.15 ล้านบาท แต่หลังจากเสร็จสิ้นโครงการไปแล้ว ปรากฏว่าสามารถควบคุมเหลือค่าใช้จ่ายเพียง 35.92 ล้านบาท

นอกจากนี้ ในปี 2521 ก็ได้มีการวิจัยโดยเอาเทคนิคนี้ไปใช้ควบคุมเพื่อวางแผนการซ่อมเรือกวาดทุ่นระเบิดชายฝั่งของกองทัพเรือ ซึ่งผลจากการวิจัยที่ได้สามารถเร่งงานได้อย่างถูกต้อง ทำให้ระยะเวลาของโครงการลดลงจากเดิมที่วางไว้ 92.75 วัน เหลือเพียง 35.44 วันต่อลำ

ทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบด้วย ทฤษฎีที่ว่าด้วยการวางแผนควบคุมงานผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง ทฤษฎีของการวิเคราะห์โครงข่าย PERT และ CPM โดยมีทรัพยากรและการจัดลำดับงานเพื่อจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ให้กับกิจกรรม ซึ่งจะเป็นวิธีการเหมาะสมอย่างมากกับการวิเคราะห์ในด้านการปฏิบัติงานจริง โดยคำนึงถึงสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานนั้น ๆ

ในการดำเนินธุรกิจต่าง ๆ นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารจะต้องมีการวางแผนและควบคุมการดำเนินงานอย่างใกล้ชิด ทั้งนี้เพื่อให้การปฏิบัติงานนั้นดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้มีการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ น้อยที่สุด ซึ่งในแต่ละโครงการ (Project) หรืองานหนึ่ง ๆ นั้น จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆ และหลายกิจกรรมที่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์การทำงานตามลำดับก่อนหลังไม่เหมือนกัน ใช้เวลาไม่เท่ากัน และแรงงานที่ใช้ก็จะแตกต่างกันออกไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานที่ทำการผลิตตามใบสั่งงาน จะมีปัญหาซับซ้อนมากเพราะงานในแต่ละใบสั่งมักจะเป็นงานพิเศษซึ่งไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าคุณลักษณะของงานประเภทนี้จึงก่อให้เกิดปัญหาแก่การวางแผน และการติดตาม

การผลิตตามใบสั่งงาน เป็นการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Operations) ผลิตตามคำสั่งของลูกค้า ซึ่งมีปริมาณไม่มาก และมักจะมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละใบสั่ง เช่น งานประกอบชิ้นส่วนโลหะ การต่อเรือ หรือการประกอบตัวถังรถจำนวนไม่มาก การออกแบบตกแต่งสร้างบ้าน บริการรถแท็กซี่ รถทัศนาจร ฉะนั้นการวางแผนและควบคุมการผลิตจะต้องปรับตัวอยู่ตลอดเวลาให้เข้ากับความต้องการของลูกค้า แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงใบสั่งอยู่เสมอ ส่วนเครื่องมือที่ใช้โดยมากจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ได้กับงานทั่วไป สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางกับระบบการผลิต งานที่มีขนาดใหญ่เช่น การประกอบติดตั้ง โดยทั่วไปแล้วมักจะอาศัยกำลังคนเป็นส่วนใหญ่ ในบางกรณีอาจจะมีการเข้าใจผิดเกี่ยวกับลักษณะงานที่ทำตามใบสั่ง (Job Order) กับงานที่ผลิตเป็นรุ่น ๆ (Batch Production) แท้ที่จริงแล้วระบบการผลิต และคุณลักษณะของงานทั้งสองนี้เป็นประเภทการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะมีข้อสังเกตและการแยกประเภทงานทั้งสองนี้โดยดูได้จากคุณลักษณะของการผลิตดังนี้

2.2 คุณลักษณะของการผลิตแบบเป็นรุ่น ๆ (Characteristics of Batch Production)

การผลิตเป็นรุ่น ๆ จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ผลิตผลที่ผลิตจะเป็นแบบธรรมดา

2. จะผลิตเป็นรุ่น ๆ หรือเป็นหมวดหมู่ ตามใบสั่งผลิต

3. ตัวอย่างของการผลิตประเภทนี้ได้แก่ ยา เสื้อผ้า สี และการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร

4. สามารถแบ่งแยกประเภทของแรงงานได้ กล่าวคือ แรงงานสามารถจัดให้ทำงานเฉพาะประเภทได้

5. การไหลของวัตถุดิบจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

6. การวางตัวโรงงาน จะอยู่ในลักษณะกระบวนการผลิต

7. อาจมีการใช้ระบบขนถ่ายลำเลียงวัตถุดิบในระบบอัตโนมัติ

8. มีความจำเป็นที่จะต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ

9. การวางแผนการผลิต จะถูกวางแผนเป็นกลุ่ม ๆ

10. จำเป็นต้องมีการแก้ไข และปรับปรุงให้ถูกต้องตลอดเวลา

11. ระบบการควบคุมการผลิตจำเป็นต้องมีการพัฒนาอยู่เสมอ

2.3 คุณลักษณะของงานการปฏิบัติงานประเภทผลิตตามใบสั่งงาน (Job order)

การปฏิบัติงานจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. การไหล (flow) ของวัสดุหรือชิ้นส่วนที่จะใช้ในการผลิต จะมีการไหลจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยไม่ต่อเนื่อง

012940

2. การใช้เครื่องจักรและแรงงาน มักจะถูกใช้อย่างไม่ถูกตามหลักเศรษฐศาสตร์ (Economial)

3. งานในแต่ละใบสั่งผลิต จะมีความแตกต่างกันออกไปทั้งปริมาณ รูปร่าง ข้อกำหนดของงาน และอื่น ๆ รวมถึงระดับคุณภาพที่ไม่เท่ากันในแต่ละใบสั่ง

4. ในบางครั้งจะมีงานที่ต้องการให้มีการออกแบบในแต่ละส่วนงาน ซึ่งทำให้จำเป็นต้องใช้เวลาในการผลิตมาก

5. การจัดวางแผนการผลิตให้มีลำดับก่อนหลังของแต่ละใบสั่ง (order) กลับเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก

6. มีความลำบากในการกำหนดระยะเวลาเริ่มต้น และเสร็จสิ้นของการประกอบในแต่ละชิ้นส่วน

7. เครื่องจักรที่ใช้ส่วนมากจะปฏิบัติงานได้ทั่วไป มิใช่เป็นเครื่องมือพิเศษที่ใช้เฉพาะงาน และมีเครื่องจักรจำนวนไม่มาก

8. การวางผัง (Layout) ของพื้นที่มักจะเป็นแบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพงาน

9. จำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ และสามารถปฏิบัติงานได้หลายหน้าที่หรือหลายประเภท รวมทั้งปริมาณช่างหรือแรงงานที่ใช้จะใช้เป็นจำนวนมากหรือน้อยไม่แน่นอน แต่ส่วนใหญ่จะใช้คนงานเป็นจำนวนมาก

10. การติดตามและควบคุม จำเป็นอย่างมากในงานผลิตประเภททำตามใบสั่งงาน (job order)

11. งานที่ได้รับตามใบสั่งนั้นมักจะเป็นประเภทงานแปลก ๆ หรืองานพิเศษ

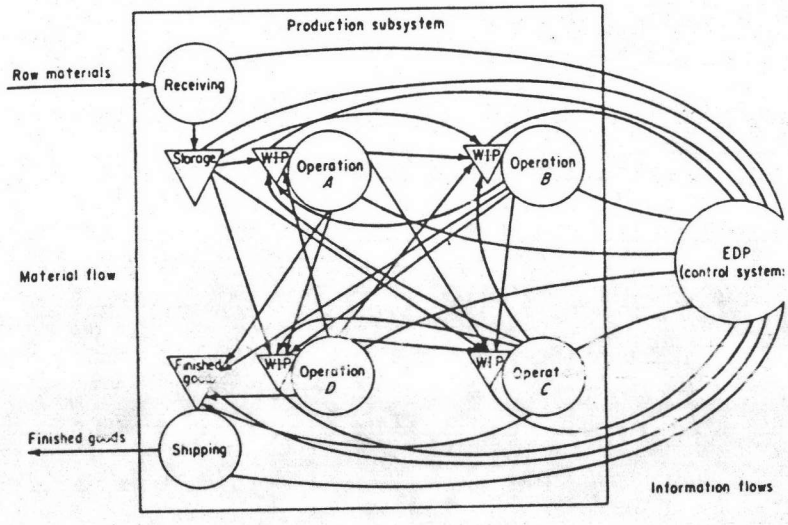
12. จำนวนของการผลิตในแต่ละใบสั่งงาน จะมีจำนวนน้อยมากหรือบางครั้งอาจมีเพียงชิ้นเดียว

จากคุณลักษณะของการผลิตทั้ง 2 แบบ สามารถเปรียบเทียบถึงความแตกต่างกันได้ ดังนี้

	Job order	Batch order
1. ขนาดของการผลิต	งานชิ้นเดียว ปริมาณน้อย	ปริมาณน้อย - จำนวนมาก
2. เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต	สามารถใช้ได้กับงานทั่วไป บางครั้งอาจมีเครื่องจักรพิเศษ	ใช้เครื่องจักรทั่วไปแต่มีการทำงานในระบบอัตโนมัติ และมีประสิทธิภาพสูง โดยใช้ไฮโดรลิคหรือลมควบคุม
3. การวางผังเครื่องจักรหรือพื้นที่โรงงาน	จะมีการจัดพื้นที่การประกอบงานไว้เป็นหลักใหญ่ รองลงมาจะเป็นพื้นที่วางเครื่องจักร เพราะถือว่าพื้นที่การประกอบงานมีความสำคัญมากที่สุด	มีการจัดวางผังในลักษณะการผลิตและมีการวางตำแหน่งเครื่องจักรเป็นกลุ่ม ๆ
4. ทักษะของแรงงาน	คนงานต้องมีทักษะสูง	ต้องการคนงานทักษะสูงถึงปานกลาง เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร
5. จำนวนแรงงาน	ต้องการใช้มาก	ส่วนมากใช้เครื่องจักร
6. ประสิทธิภาพของการใช้งานของเครื่องจักรให้เกิดประโยชน์	ต่ำ	ต่ำ - ปานกลาง

2.4 ระบบการไหลของวัตถุดิบในการผลิตตามใบสั่ง

จากลักษณะการผลิตทั้งแบบ job order และ batch order โรงงานที่รับการผลิตของทั้ง 2 ประเภทนี้จะเป็นโรงงานที่ทำตามใบสั่งงาน (job shop) ซึ่งมีความยุ่งยากและซับซ้อน ทั้งในระบบการผลิตและควบคุม ดังในภาพที่แสดงนี้



จากภาพที่แสดงจะเห็นว่าในระบบการผลิต และการควบคุมจะเริ่มต้นจากวัตถุดิบถูกส่งเข้ามายังโรงงาน หลังจากตรวจรับวัตถุดิบแล้วก็จะส่งไปเก็บยังคลังวัสดุ (storage) แล้ววัตถุดิบก็จะส่งเข้าไปยังการผลิต โดยการผลิตนี้อาจจะผ่านขบวนการผลิต A, B, C, D หรืออาจผ่านเพียงจุดเดียว ก็เป็นวัตถุสำเร็จรูป (เป็นชิ้นงานที่ได้) หลังจากได้ชิ้นงานแล้วก็จะถูกส่งไปยังฝ่าย Shipping แล้วส่งออกจำหน่ายหรือส่งมอบงาน ส่วนระบบการควบคุมของข้อมูลต่าง ๆ จะถูกทำพร้อมไปกับการผลิต กล่าวคือ ขณะที่มีการจัดส่งวัตถุดิบเข้ามาก็จะมีการส่งใบตรวจรับวัตถุดิบส่งมายังส่วนกลาง เมื่อตรวจรับจำนวนส่งเข้าคลังวัสดุแล้วก็จะมีการจดบันทึกรายการวัสดุไปยังส่วนกลาง เมื่อมีการเบิกวัสดุไปจากคลังวัสดุเพื่อเข้า

สายงานผลิตใด ๆ ก็จะมีการจัดทำใบเบิกวัสดุว่านำไปใช้ในการผลิตส่วนใด และมีการส่งวัตถุดิบไปตามจุดใดบ้าง โดยการควบคุมระบบข้อมูลทั้งหมดจะต้องทำการติดตามตลอดเวลาจนถึงชิ้นงานสำเร็จรูป และถูกส่งออกไปจำหน่ายหรือส่งมอบงานจากภาพที่แสดงนั้นจะเป็นส่วนงานที่ควบคุมระบบข้อมูล แต่เมื่อดูถึงระบบการควบคุมงานแล้ว เราจะเห็นว่าในการผลิตตามใบสั่งงานจะมีการควบคุมกิจกรรมกันโดยอิสระของแต่ละกิจกรรม ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะของงานที่เปลี่ยนไปนั่นเอง ดังนั้นแผนงานการควบคุมจึงใช้วิธีการหาข่ายงานวิกฤตเข้ามาช่วยควบคุม

2.5 การวางแผนและควบคุมงานผลิตตามใบสั่ง

ในการดำเนินงานใด ๆ ขององค์การต่าง ๆ งานหลักของฝ่ายจัดการที่สำคัญคือ งานวางแผนและควบคุมการดำเนินงาน การกำหนดวิธีการเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผน และการควบคุมจึงมีประโยชน์ต่องานด้านบริหารอย่างมาก ในปัจจุบันเมื่อโครงงานต่าง ๆ ประกอบด้วยงานหลายแบบ ซึ่งจะต้องดำเนินไปให้เสร็จสิ้นทุกงาน โดยที่งานต่าง ๆ เหล่านี้มีความผูกพันธ์กัน ความล่าช้าของงานส่วนหนึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนถึงโครงงานทั้งสิ้นด้วย การวางแผนสำหรับโครงงานจึงเป็นส่วนที่จะช่วยให้การดำเนินงานของโครงงานเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผนยิ่งขึ้น

โครงงานประกอบด้วยงานหลาย ๆ ด้าน ที่มีลำดับการดำเนินงาน ซึ่งจะต้องเสร็จสิ้นไปตามลำดับก่อนหลังงานแต่ละงานจะต้องใช้เวลาดำเนินการ และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานของโครงงานไม่จำเป็นต้องหมายถึงเวลารวมทั้งสิ้นของแต่ละงาน เพราะว่างานหลาย ๆ งานอาจจะทำไปพร้อมกันก็ได้ ในขณะที่โครงงานมีส่วนประกอบซึ่งเป็นงานชนิดต่าง ๆ มาก ๆ และมีความซับซ้อนมากขึ้น การเตรียมงานและการจัดรูปของโครงงานให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นจะช่วยให้สามารถวางแผน และควบคุมโครงงานนั้น ๆ สามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลของการจัดงานก่อนหลังเพื่อทำการผลิต โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของงาน และปัจจัยต่าง ๆ ในการปฏิบัติ ดังนั้นวิธีการที่จะนำมาใช้ในการวางแผนงานได้แก่ PERT/CPM และการประยุกต์ของทั้ง 2 วิธี โดยใช้หลักการของบลุด (Brooks Algorlthm)

ซึ่งจะคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ของการผลิตเป็นเงื่อนไขขอบข่ายของการจัดลำดับการผลิต จากเทคนิคนี้เองจะนำมาใช้ในการควบคุมการผลิต และประยุกต์วิธีการเหล่านี้มาใช้ควบคุมงานผลิตทั้งในแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง

2.5.1 การจัดลำดับกิจกรรมโดยมีทรัพยากรจำกัด

ในโครงการต่าง ๆ อาจมีการนำเอาเทคนิคของ PERT และ CPM มาใช้วางแผนงาน ซึ่งหมายความว่าจะต้องมีทรัพยากรที่จะใช้ในโครงการนั้น ๆ อย่างสมบูรณ์ จึงจะเป็นผลสำเร็จตามแผนงานที่ได้วางไว้ด้วย PERT และ CPM เมื่อพิจารณาให้ดีจะพบว่า ไม่ว่าโครงการใดก็ตามจะมีขอบเขตของปริมาณทรัพยากรในแต่ละชนิดทั้งสิ้น จากเหตุผลนี้เองที่เป็นเหตุให้การวางแผนงานด้วย PERT และ CPM มักไม่ประสบความสำเร็จ

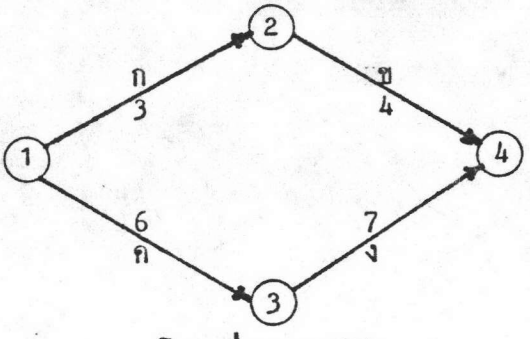
ในทางปฏิบัติจะมีทรัพยากรอยู่หลายชนิดที่มีอยู่ในปริมาณจำกัด แต่ในทางทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดวางตารางกำหนดเวลาการจัดลำดับงาน (Schedule) จะครอบคลุมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบที่จะต้องใช้ในการผลิต เช่น การสั่งซื้อ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการผลิต อันได้แก่ กำลังคน ซึ่งในการผลิตจะถูกแบ่งออกเป็นระดับของความสามารถและความชำนาญ ตลอดจนพื้นที่ว่างสำหรับวางผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร หรือขนาดของคลังเก็บวัสดุ รวมถึงความสามารถการผลิตของเครื่องจักร และอื่น ๆ ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตจึงต้องพิจารณาถึงขอบเขตของทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อจะทำให้เทคนิคนี้สามารถวางแผนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีวิธีการของการจัดลำดับงานอยู่หลายวิธี แต่เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ นั้น ไม่สามารถครอบคลุมถึงปัญหาที่มีการจัดสรรทรัพยากรอันจำกัด ตัวอย่างเช่นเทคนิคของ PERT และ CPM ได้สมมุติว่าปริมาณของทรัพยากรที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด เพื่อจะมาใช้ในการออกแบบจัดสรรให้แก่การจัดตารางกำหนดลำดับของงานในกิจกรรมต่าง ๆ กรณีที่ว่านี้ในความเป็นจริงทางปฏิบัติแล้วนาน ๆ อาจจะพบได้สักครั้งหนึ่ง หรืออาจจะไม่พบเลย แต่ถ้ามีปริมาณของทรัพยากรอย่างเพียงพอก็จะพบว่ามีทฤษฎีอย่างมากมายในการจัดลำดับงาน แต่จะทำอย่างไรกับการจัดลำดับเวลาของงานที่มีปริมาณของทรัพยากรอยู่จำกัด และมีผลกระทบต่อการจัดลำดับงาน ทั้งทางด้านค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นและเวลาการทำงานและการส่งมอบงาน ปัญหาเหล่านี้มักจะเกิดกับโรงงานที่ผลิตตามใบสั่ง (job-shop)

เพราะโรงงานประเภทนี้จะมีทรัพยากรต่าง ๆ จำกัดอยู่หลายประการ ทั้งทางด้านกำลังคน เครื่องจักร วัตถุดิบ และการเงิน

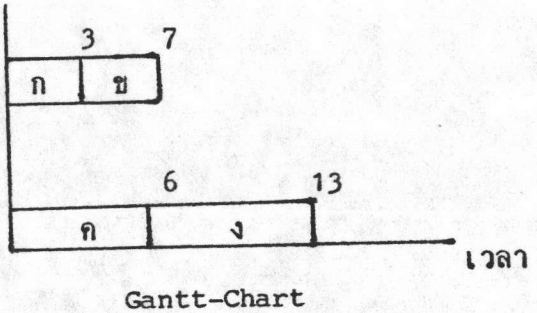
จากความจำเป็นทางด้านทรัพยากรที่มีอยู่นี้เอง เป็นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาดังตัวอย่างที่ยกมา โดยให้พิจารณาถึงโครงข่ายของกิจกรรม และตารางเวลางานควบคู่กันไป ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.1 สมมุติให้มีกิจกรรมอยู่ 4 อย่าง ต้องการใช้แรงงานโดยที่แรงงานเหล่านั้นจะต้องทำงานอยู่กับกิจกรรมนั้น ๆ ให้เสร็จก่อน จึงจะไปทำในกิจกรรมอื่นได้ แรงงานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมมีดังนี้

กิจกรรม	แรงงานที่ต้องการใช้
ก	2
ข	2
ค	3
ง	2

แรงงานคนทั้งหมดมี 4 คน ที่สามารถจัดกรรใช้ได้ใน เวลาหนึ่ง ๆ ซึ่งจะเกินไม่ได้ ถ้าโครงการนี้มีการจัดตารางการทำงานดังโครงข่ายในรูปที่ 2.1



โครงข่ายของงาน

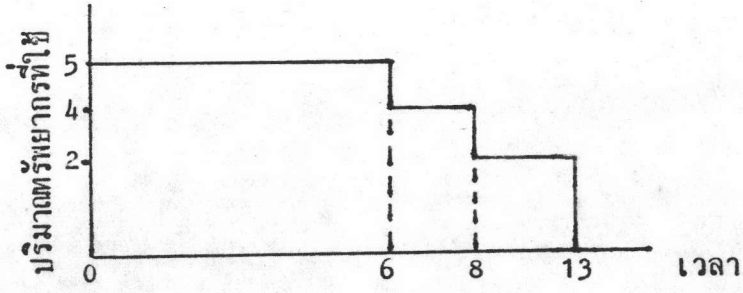


Gantt-Chart

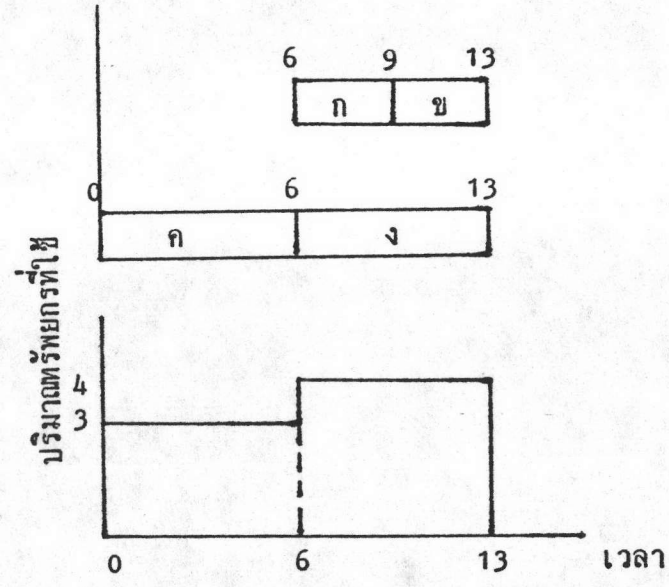
รูปที่ 2.1 โครงข่ายงานและการจัดตารางเวลาทำงานด้วย Gantt-chart

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการกำหนดลำดับเวลาการทำงานในรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ผลรวมของแรงงานหรือทรัพยากรที่ต้องการจัดสรรให้แก่กิจกรรมต่าง ๆ มีมากกว่าปริมาณที่มีอยู่จริง แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 จะพบว่าที่เวลาตั้งแต่ศูนย์ถึงหกหน่วย จะต้องการใช้แรงงานรวมทั้งสิ้น 5 คน ตามโครงข่ายซึ่งสร้างไว้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว การจัดลำดับเวลาการทำงานอย่างนี้ ไม่อาจเกิดขึ้นได้เพราะแรงงานในความเป็นจริงมีอยู่เพียง 4 คน เท่านั้นที่จะจัดสรรให้กิจกรรมต่าง ๆ ถ้าเลื่อนกิจกรรม ก และ ข ออกไปเริ่มทำที่เวลา 6 หน่วย จะทำให้งานนี้สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ และสามารถทำให้เวลาของโครงการเสร็จภายในเวลา 13 วันเท่าเดิม ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.3 ตามขั้นตอนนี้จะเรียกว่าเป็นปัญหาการจัดสรรทรัพยากร ในที่นี้จะเป็นการกล่าวถึงปัญหาการจัดสรรทรัพยากรอันจำกัดให้แก่กิจกรรม และการจัดสมดุลย์ของทรัพยากรให้ได้ผลดีที่สุด เมื่อกิจกรรมต่าง ๆ มีมาก



รูปที่ 2.2 แสดงปริมาณการใช้ของโครงข่าย



รูปที่ 2.3 แสดงการปรับลำดับการจัดตารางเวลางานและทรัพยากรที่ใช้ของโครงข่าย

2.5.2 วิธีการจัดสรรทรัพยากร หนึ่งชนิดให้แก่โครงการ

โครงการที่มีการใช้หรือการจัดสรรทรัพยากร เพียงชนิดเดียวก็จะไม่มีความยุ่งยาก ในทางปฏิบัติแล้วโครงการแต่ละโรงงาน จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรหลาย ๆ ชนิด จึงเป็นการยากต่อการพิจารณาจัดสรรทรัพยากรแต่ละชนิดที่มีอยู่ ให้กับกิจกรรมต่าง ๆ ของโครงการได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นวิธีการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรหนึ่งชนิด จึงได้ถูกประยุกต์ขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรหลาย ๆ ชนิด

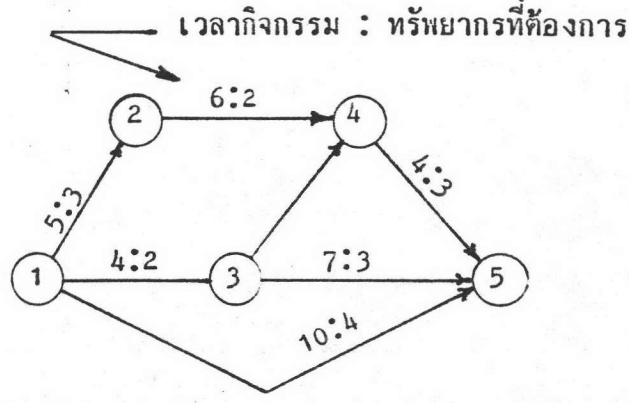
ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีขีดจำกัดเพื่อให้แก่โครงการซึ่งเขียนออกในรูปของโครงข่ายงาน (network-project) ลักษณะสำคัญที่พบมากก็คือการพยายามที่จะกำหนดลำดับตารางเวลางานของกิจกรรมต่าง ๆ ตามเส้นทางวิกฤติ และวิธีการทั่วไป และอีกวิธีการหนึ่งก็คือ การหาเวลาช้าที่สุดที่กิจกรรมนั้น ๆ สามารถเริ่มต้นทำโดยที่ไม่กระทบต่อเวลาฉิกฤต จากนั้นก็กำหนดตารางเวลางานตามลำดับ วิธีการกำหนดเวลาเริ่มกิจกรรมช้าสุดนี้ได้ถูกพัฒนาโดย Lang ซึ่งเป็นวิธีการของเหตุและผล และมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดลำดับกิจกรรมตามเวลาที่สามารถเริ่มต้นช้าสุดก่อน
2. ในกรณีที่กิจกรรมสามารถเริ่มต้นได้พร้อมกัน ให้พิจารณาตามลำดับความสำคัญดังนี้
   - ก. กิจกรรมที่มี float น้อยที่สุด
   - ข. กิจกรรมที่ต้องใช้เวลาทำงานยาวที่สุด
   - ค. กิจกรรมที่ต้องการใช้ทรัพยากรมากที่สุด

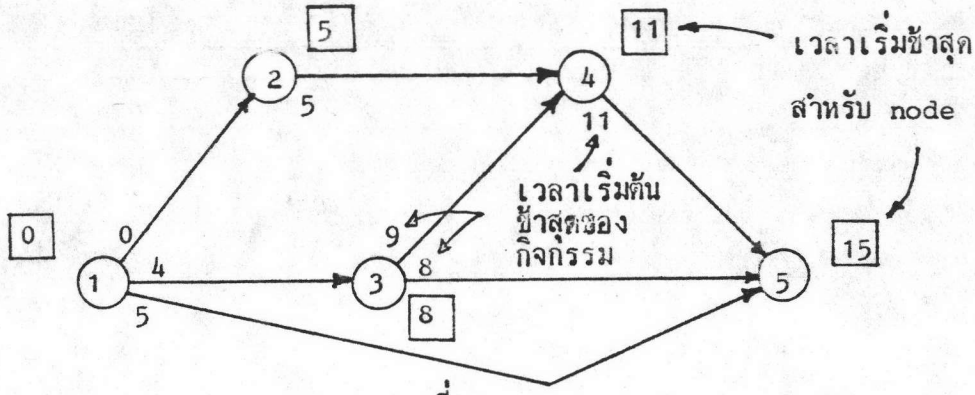
ตัวอย่างโครงย่อที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาทำงานของกิจกรรม และปริมาณทรัพยากรที่กิจกรรมนั้น ๆ ต้องการ ดูได้จากรูปที่ 2.4 ในขั้นแรกจะต้องทำการหาเวลาเริ่มต้นช้าสุดของแต่ละกิจกรรมด้วยวิธีการของ CPM ซึ่งหาได้ด้วยวิธีย้อนกลับ โดยลบช่วงเวลาของตัวมันเองออกจากเวลาช้าสุดของกิจกรรมสุดท้าย เวลาต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5

กิจกรรม 1-3, 1-5 และ 3-4 แสดงให้เห็นว่าผิดจากหลักการของสมมุติฐานที่ว่า เวลาช้าสุดของกิจกรรมที่เริ่มต้นกิจกรรมหนึ่งนั้น ควรจะเป็นเวลาช้าสุดมากกว่ากิจกรรมหนึ่งที่จะเริ่ม ระยะเวลาเริ่มต้นช้าสุดในแต่ละกิจกรรมจะเป็นดังนี้

กิจกรรม	เวลาเริ่มต้นช้าสุด	
1-2	0	
1-3	4	
2-4	5	Float = 0
1-5	5	Float = 0
3-5	8	
3-4	9	
4-5	11	



รูปที่ 2.4



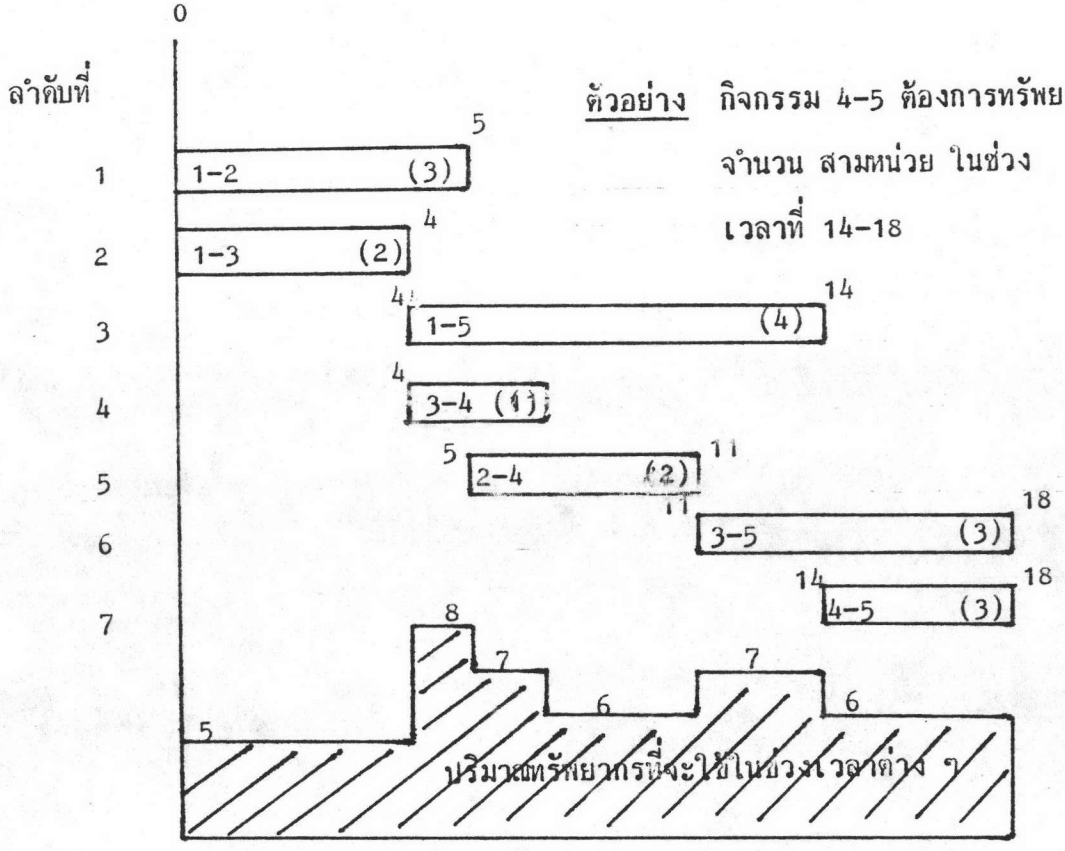
รูปที่ 2.5

รูปที่ 2.4, 2.5 แสดงกิจกรรมต่าง ๆ และเวลาเริ่มต้นช้าสุด

2.4 แสดงถึงโครงข่ายและปริมาณทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

2.5 แสดงถึงเวลาเริ่มต้นช้าสุดของกิจกรรมและที่ nole

การจัดกิจกรรมที่แสดงในรูปที่ 2.6 นี้ เป็นการจัดลำดับการปฏิบัติงานของกิจกรรมตามหลักการของ Lang โดยมีทรัพยากรอยู่หนึ่งชนิด จำนวน 8 หน่วย ที่จะสามารถจัดสรรให้ได้ในเวลาหนึ่ง ๆ ถ้าโดยหลักการจัดกิจกรรมตาม PERT หรือ CPM อย่างเดียวไม่สามารถจะทำได้ ทั้งนี้เพราะมีปริมาณของทรัพยากรที่จะใช้ในแต่ละช่วงเวลามาเป็นข้อกำหนดหรือบังคับ กิจกรรมต่าง ๆ ที่จะต้องทำต่อมาทั้งหมดของโครงข่าย จะถูกพิจารณาตามลำดับจนถึงกิจกรรมสุดท้ายที่จะต้องทำ ซึ่งการพิจารณาจะกระทำดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงการจัดลำดับการทำงานของกิจกรรมตามหลักการของ Lang

จากรูปที่ 2.6 กิจกรรมที่ 1-2 และกิจกรรมที่ 1-3 จะถูกจัดให้เริ่มทำงานที่จุดเริ่มต้น (เวลาที่ศูนย์) หลังจากนั้นกิจกรรม 1-5 และ 3-4 จะถูกจัดลำดับให้เริ่มทำในช่วงเวลาที่ 4 หน่วย ก่อนที่กิจกรรม 2-4 จะทำ ทั้งนี้เพราะกิจกรรม 2-4 ต้องค่อยให้กิจกรรม 1-2 เสร็จก่อนจึงจะมีปริมาณทรัพยากรเพียงพอแก่การทำงานของ 2-4 จะพบว่ากิจกรรม 3-4 ถูกจัดลำดับการทำในช่วงเวลาที่ 4 หน่วย แทนกิจกรรม 3-5 ซึ่งกิจกรรม 3-5 จะถูกจัดให้

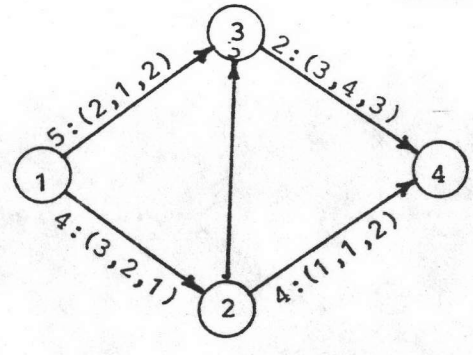
ทำในช่วงเวลาใด ๆ ซึ่งต้องใช้ทรัพยากรรวมไม่เกิน 8 หน่วย โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ของเวลาโครงการจะเท่ากับ 18 ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมและการจัดทรัพยากรไม่เกิดปัญหา

2.5.3 การจัดสรรทรัพยากรหลาย ๆ ชนิดให้แก่โครงการ

ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรหลาย ๆ ชนิด เป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนมากกว่าปัญหาการจัดสรรทรัพยากรชนิดเดียว โดยพิจารณาถึงระดับความแตกต่างด้านความสามารถของคนงาน และชนิดของเครื่องมือเครื่องจักรที่จะต้องใช้ในกิจกรรม จากวิธีการซึ่งใช้กับการจัดสรรทรัพยากรชนิดเดียว จึงนำมาทำการประยุกต์ใช้กับทรัพยากรหลาย ๆ ชนิด ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 สำหรับโครงข่ายของกิจกรรมได้แสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งมีวิธีการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบว่าจำนวนของทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละกิจกรรมจะต้องมีเท่ากันหรือน้อยกว่าปริมาณของทรัพยากรทั้งหมดที่มี จึงจะสามารถจัดสรรทรัพยากรให้แก่แต่ละกิจกรรมได้ ขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นว่า ถ้ากิจกรรมใด ๆ มีความต้องการทรัพยากรมากกว่าปริมาณทรัพยากรทั้งหมดที่มีอยู่ จะเป็นไปไม่ได้ที่จะสามารถวัดลำดับงานของกิจกรรมนั้น ๆ ปัญหาในตัวอย่างนี้มีทรัพยากร $R_1 = 5$ หน่วย $R_2 = 4$ หน่วย และ $R_3 = 4$ หน่วย เพราะฉะนั้นกิจกรรมใด ๆ ที่มีความต้องการทรัพยากรมากกว่าระดับสูงสุดของทรัพยากรเหล่านี้ในแต่ละชนิด จะไม่สามารถจัดตารางเวลางานได้

กิจกรรม	เวลางาน	ปริมาณทรัพยากรที่ต้องการแต่ละชนิด (R_1, R_2, R_3)
1-2	9	
1-3	7	
2-3	5	
2-4	4	
3-4	2	



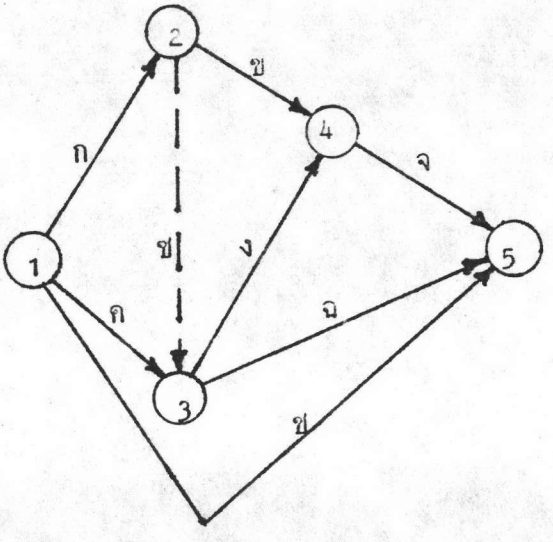
รูปที่ 2.7 แสดงโครงข่ายกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากร 3 ชนิด

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการของ Lang เป็นวิธีการของเหตุและผล ซึ่งจะไม่รับรองได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะดีที่สุด แต่จะเป็นวิธีการหนึ่งในการจัดสรรทรัพยากรและการกำหนดลำดับงานของกิจกรรมในโครงข่าย

หลักการของบลุค (Brooks Algorithm) (13)

วิธีการของบลุคเป็นวิธีการหนึ่งในหลายวิธีซึ่งน่าสนใจ ซึ่งวิธีการนี้สามารถจำลองปัญหาด้วยการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบ เป็นการจัดสมดุลย์ที่เหมาะสมเพื่อหาว่ากิจกรรมใดควรจะได้รับการจัดสรรทรัพยากรก่อนการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากเทคนิค ของการมองไปข้างหน้าว่าเมื่อไรจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการณ์ของทรัพยากรในทุก ๆ ช่วงเวลาของแต่ละขั้นตอน

วิธีการหรือขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรตามหลักการของบลุคด้วยทรัพยากรชนิดเดียวจะมีดังนี้



กิจกรรม	เวลาของกิจกรรม	จำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้
ก	5	1
ข	4	1
ค	5	1
ง	7	1
จ	4	1
ฉ	8	1
ช	16	1
ซ	-	-

รูปที่ 2.8 แสดงถึงโครงข่ายเวลาและทรัพยากรที่ต้องการของแต่ละกิจกรรม โดยมีทรัพยากรหนึ่งชนิดในปริมาณ 3 หน่วยที่จะจัดสรรให้ได้ในเวลาหนึ่ง ๆ

ข้อมูลของกิจกรรม	กิจกรรม	ช	ก	ค	ง	ข	ฉ	จ	
	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม	16	5	5	7	4	8	4	
	ACTIM	16	16	16	11	8	8	4	
	ปริมาณทรัพยากรที่ต้องการ	1	1	1	1	1	1	1	
	TEARL	0	0	0	5	5	5	12	
	TSTART	0	0	0	5	5	9	12	
	TFIN	16	5	5	12	9	(17)	16	ระยะเวลาของโครงการเสร็จสิ้นสมบูรณ์
ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน	TNOW	0		5		9		12	
	ปริมาณทรัพยากรที่มีให้จัดสรร	~~3 2 1~~ 0		~~2 1~~ 0		~~1~~ 0		~~1~~ 0	
	AC T. ALLOW	~~ช ก ค~~		~~ง ช ฉ~~		~~ฉ~~		~~จ~~	
	ขั้นตอนที่	1		2		3		4	

ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของปัญหาโครงข่ายซึ่งมีทรัพยากรที่สามารถจัดสรรให้สามหน่วยโดยหลักการหาผลลัพธ์ของบลุค

<u>วิธีการของบลุคย์ในการหาผลลัพธ์ของโครงข่ายซึ่งมีทรัพยากรหนึ่งชนิดแต่มีจำนวน 3 หน่วย สำหรับจัดสรร จะดำเนินตามลำดับดังนี้</u>

1. สร้างโครงข่ายของกิจกรรมด้วยหลักการของ CPM แล้วกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมในโครงข่ายนั้น ๆ

2. หาระยะเวลาสูงสุด (เวลาวิกฤต) ของกิจกรรมแต่ละเส้นทางซึ่งหาได้โดยการคำนวณเวลาของเส้นทางวิกฤติตลอดโครงข่าย โดยสมมุติว่าโนด (Node) เริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมที่ถูกวิเคราะห์เป็นโนด (Node) เริ่มต้นของการวิเคราะห์โครงข่าย ดังนั้นกิจกรรมที่เป็นตัวควบคุมเวลาจะถูกกำหนดให้เป็น Activity Control Time (ACTIM) เพื่อให้ง่ายขึ้น

<u>หมายเหตุ</u> ACTIM = Activity Control Time.

3. ช่วงเวลาของ ACTIM เหล่านี้จะถูกจัดลำดับอย่างอิสระ โดยแสดงในตารางที่ 2.1 (ข, ก, ค และอื่น ๆ) จะถูกพิจารณาตามลำดับด้วยกฎข้อที่สองของ "Lang's earlier" ACTIM ของกิจกรรม ก. หาได้จากผลรวมของเวลาของกิจกรรม ก, ค และ จ ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นเวลา 16 วัน เนื่องจากโครงข่ายและปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด สำหรับค่า TEARL, TSTART, TFIN และ TNON จะอธิบายได้ดังนี้

ก. TEARL คือ เวลาที่สามารถเริ่มต้นได้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เนื่องจากเป็นลำดับที่ต้องทำก่อน และมีขีดจำกัดของเวลาในการจัดลำดับของแต่ละกิจกรรม เวลาที่เกิดขึ้นจริงนี้จะเท่ากับหรือน้อยกว่าเวลาของ TEARL โดย TEARL จะเท่ากับเวลาของ TFIN ที่น้อยที่สุดสำหรับกิจกรรมก่อน ๆ ที่เร่งด่วนทั้งหมด

ข. TSTART เป็นเวลาที่เริ่มต้นทำจริงของกิจกรรม กรณีถ้ามีทรัพยากรอย่างไม่จำกัดจำนวนแล้ว TSTART จะเท่ากับ TEARL

ค. TFIN เป็นระยะเวลาการปฏิบัติงานเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ของแต่ละกิจกรรม ซึ่ง TFIN จะเท่ากับ TSTART บวกกับเวลาของกิจกรรมนั้น ๆ

ง. TNOW เป็นเวลาที่จะพิจารณาเพื่อจัดสรรทรัพยากร ซึ่ง TNOW ในตอนเริ่มต้นพิจารณาจะมีค่าที่ศูนย์ แต่เมื่อเวลาต่อมา ๆ จะมีค่าเท่ากับเวลาของ TFIN ที่ต่ำสุด ของกิจกรรมทั้งหมดที่ได้ทำมาแล้ว

4. ช่วงนี้จะเป็นการจัดลำดับของกิจกรรม โดยมีปริมาณทรัพยากรเป็นขอบข่ายในช่วงแรกกำหนดให้ TNOW มีค่าเท่ากับศูนย์ โดยจัดในแถวของการเรียงลำดับกิจกรรม (ACT. ALLOW) เริ่มต้นลดลำดับ ACTIM ในตัวอย่างนี้ กิจกรรม ข, ก และ ค ทั้งหมดมี ACTIM เท่ากัน ดังนั้นการพิจารณาจัดลำดับที่ TNOW เป็นศูนย์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จะมีเวลาเริ่มต้น CPM เป็นศูนย์ จึงจะพิจารณา ข, ก ด้วยกฎข้อที่สองของ Lang's สำหรับในตัวอย่างนี้จะเลือกกฎที่ว่ามีช่วงเวลามากที่สุดมาจัดก่อน โดยจะได้ ข เป็นลำดับแรก ส่วนกฎอีกข้อหนึ่งสำหรับ ก และ ค ซึ่งทั้งสองกิจกรรมมีทุกอย่างเท่ากันหมด กฎข้อนี้จะเป็นการเรียงลำดับตามอักษร เช่น ก ต้องมาก่อน ค เป็นต้น ในแถวของทรัพยากร ทรัพยากรเริ่มต้นจะมี 3 หน่วย เต็มเท่าที่มีอยู่เดิม

5. กำหนดให้หากิจกรรมแรก ในแถวของ ACT. ALLOW โดยที่ ช. เป็นกิจกรรมที่สามารถกำหนดได้ก่อน ซึ่งทรัพยากรทั้งหมดมี 3 หน่วย แต่ ช. ต้องการใช้เพียง 1 หน่วยเท่านั้น ดังนั้นทรัพยากรจำนวน 1 หน่วย จึงถูกจ่ายมาให้ ช โดยจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่จะลดลงไป 1 หน่วย เหลือ 2 หน่วย ดังนั้น TSTART ของกิจกรรม ช จะถูกกำหนดให้เริ่มต้นที่ TNOW และ TFIN จะเป็น TSTART บวกกับระยะเวลาของกิจกรรม ช ซึ่งเป็นเวลาที่ต้องทำการหาเพราะว่าเวลา TFIN นี้ จะเป็นเวลาที่กิจกรรมอื่น ๆ จะต้องเริ่มกระทำต่อไป กิจกรรม ช จะไม่ยอมให้กิจกรรมอื่นทำต่อไปก็ต่อเมื่อ ช เป็นกิจกรรมวิกฤต (Critical path) วิธีการเดียวกันนี้จะถูกกระทำซ้ำ ๆ กันกลับไปมาจนกระทั่งทรัพยากรที่มีอยู่นั้นหมดไป ในกรณีนี้กิจกรรม ช, ก และ ค จึงถูกกำหนดให้ TSTAR เท่ากับศูนย์ จากโครงข่ายในรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าการจัดลำดับ ก นั้นจะถูกกิจกรรม ข มาตั้งเป็นลำดับที่เวลา 5 หน่วยต่อมา เช่นเดียวกับกิจกรรม ง และ ฉ ก็สามารถจัดลำดับต่อจากเวลา TFIN ก และ ค

6. TNOW จะเกิดขึ้นหลังจากเวลา TFIN ต่อไป ซึ่งเกิดขึ้นที่เวลา 5 หน่วย อันเป็นระยะเวลาเสร็จสิ้นของกิจกรรม ก และ ค ทรัพยากรที่มีอยู่ที่เวลา TNOW นี้ (คือที่เวลา 5 หน่วย) จะเท่ากับทรัพยากรที่เวลา ที่ TNOW เท่ากับศูนย์ (มีอยู่ 0 หน่วย) บวกกับจำนวนของทรัพยากรซึ่งกลับมาใหม่เนื่องจากการสิ้นสุดของกิจกรรม ก, ค ที่ TNOW ใหม่ (กรณีนี้เท่ากับ 2) แล้วพิจารณากิจกรรมอื่นที่จะทำต่อไปอันได้แก่ จ, ข และ ฉ

7. ปฏิบัติตามวิธีการข้างต้นซ้ำไปมา จนกระทั่งสามารถจัดกิจกรรมทั้งหมดได้ครบ ค่า TFIN ล่าสุดในช่วงเวลาของโครงการนี้จะเท่ากับ 17 หน่วย ซึ่งมากกว่าเวลาที่วิกฤตที่หาโดยไม่มีขีดจำกัดของทรัพยากรอยู่ 1 หน่วย

จากโครงข่ายในรูปที่ 2.8 ถ้ามีปริมาณของทรัพยากรที่สามารถจัดสรรได้เพียง 2 หน่วย จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2.2 นี้

	กิจกรรม	ช่	ก	ค	ง	ข	ฉ	จ	
ข้อมูลของกิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม	16	5	5	7	4	8	4	
	ACTIM	16	16	16	11	8	8	4	
	ปริมาณทรัพยากรที่ต้องการ	1	1	1	1	1	1	1	
	TEART	0	0	0	10	5	10	20	
	TSART	0	0	5	10	16	17	20	
	TFIN	16	5	10	17	20	(25)	24	→ ระยะเวลาของโครงการเสร็จสิ้นสมบูรณ์
ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน	TNOW	0		5		10	16	17	20
	ปริมาณทรัพยากรที่มีให้จัดสรร	1		0		0	1	0	0
	ACT. ALLOW	ช		ค		ข	ช	ค	จ
	ขั้นตอนที่	1		2		3	4	5	6

ตารางที่ 2.2 แสดงการหาผลลัพธ์ด้วยหลักการของบลุค โดยมีทรัพยากรที่จะจัดสรรอยู่ 2 หน่วย

ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับ 25 วัน ซึ่งนานกว่าผลลัพธ์ซึ่งได้จากการจัดสรรทรัพยากร 3 หน่วย ถึง 8 วัน ซึ่งเป็นข้อที่จะชี้ให้เห็นว่าควรจัดหาทรัพยากรเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับเวลาและงานนั้น ๆ และยังเป็นส่วนซึ่งชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณของทรัพยากรนั้นจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง มิฉะนั้นอาจทำให้การดำเนินงานล่าช้าลงไปได้มาก

ลำดับเวลา	กิจกรรม	เวลาทำงานแต่ละกิจกรรม	เวลาเริ่มต้น	เวลาเสร็จ	ทรัพยากรที่ต้องการ R1	R2	R3	กิจกรรมที่จัดได้ ACTIM-Ranked (Left to Right) Allowable	Activities
0	—	—	—	—	5	4	4	1-2	1-3
0	1-2	4	0	4	2	2	3		
0	1-3	5	0	5	0	1	1		
4	1-2	—	—	—	3	3	2	2-3	2-4
4	2-4	4	4	8	2	2	0		
5	1-3	—	—	—	4	3	2	2-3	
8	2-4	—	—	—	5	4	4	2-3	
8	2-3	3	8	11	4	3	1		
11	2-3	—	—	—	5	4	4	3-4	
11	3-4	2	11	13	2	0	1		
13	3-4	—	—	—	5	4	4	Project complete	

ตารางที่ 2.3 แสดงการจัดตารางเวลางานของการจัดสรรทรัพยากร 3 ชนิด

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณหาค่า ACTIM และค่าตัวแปรของการตัดสินใจอื่น ๆ ในแต่ละกิจกรรม แล้วทำการหาค่าย้อนกลับจาก node สุดท้ายของโครงข่ายงาน ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดที่แน่นอน กระทำเช่นเดียวกับการหาค่าต่าง ๆ แบบการจัดสรรทรัพยากรชนิดเดียว

ขั้นตอนที่ 3 ระดับของกิจกรรมซึ่งจัดตาม ACTIM ได้แสดงในรูปที่ 2.8

ขั้นตอนที่ 4 สร้างตารางและทำการหาผลลัพธ์ โดยตรวจแสดงค่าของกิจกรรมต่าง ๆ แต่จะไม่รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ผลลัพธ์จะแสดงในตารางซึ่งเป็นไปตามลำดับของเวลา จนกระทั่งได้ผลลัพธ์สุดท้าย และเป็นเวลาสิ้นที่สุดของโครงการ ตารางผลลัพธ์นี้แสดงอยู่ในตารางที่ 2.3 โดยรายละเอียดด้านล่างนี้เป็นการอธิบายผลลัพธ์ที่มีความสัมพันธ์กับแถวแนวตั้งของเวลาของตาราง

ที่เวลา 0 หน่วย เป็นสภาวะเริ่มต้น กำหนดให้เส้นทางแรกเป็นกิจกรรม 1-2 และ 1-3 สามารถที่จะตารางเวลางาน (Schedule) ได้ในช่วงเวลานี้

ที่เวลา 4 หน่วย เส้นทางแรกเป็นสภาวะเริ่มต้นของทรัพยากรหลังจากกิจกรรม 1-2 เสร็จสิ้นลง กิจกรรม 2-3 เป็นลำดับ ACTIM ถัดไป ซึ่งไม่สามารถจะจัด

ตารางกำหนดเวลางานได้ เนื่องจากว่ามีทรัพยากรเหลืออยู่ไม่เพียงพอ แต่กิจกรรม 2-4 สามารถที่จะจัดตารางกำหนดเวลางานได้

ที่เวลา 5 หน่วย หลังจากที่กิจกรรม 1-3 เสร็จสิ้นลงไป ปริมาณของทรัพยากรก็ยังไม่สามารถที่จะจัดสรรให้แก่กิจกรรมอื่น ๆ ได้ เพราะว่ามีระดับของทรัพยากรต่ำเกินไป

ที่เวลา 8 หน่วย กิจกรรม 2-4 เสร็จสิ้นลง จึงจะทำให้ทรัพยากรมีปริมาณเพียงพอ สามารถจัดให้แก่กิจกรรม 2-3 ได้

ดำเนินวิธีการนี้ต่อไปจนกระทั่งกิจกรรมทั้งหมดได้ถูกจัดลงตารางเวลางานหมดแล้ว สำหรับช่วงเวลาจริงของโครงการที่จะเสร็จสิ้นนั้นจะใช้เวลา 13 หน่วยเวลา ซึ่งจะมากกว่าเวลาของการคำนวณหาเส้นทางวิกฤติโดย CPM ซึ่งจะใช้เวลา 1 หน่วยเวลา

2.5.4 การจัดสมดุลย์ทรัพยากร (RESUURCE BALANCING)

ปัญหาอย่างหนึ่งในการจัดสรรทรัพยากรก็คือ การจัดสมดุลย์ทรัพยากรภายใต้กำหนดเวลาที่โครงการนั้นต้องการ และหาว่าจำนวนของทรัพยากรที่ต้องการน้อยที่สุดในเวลานั้น ๆ มีจำนวนเท่าไร ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งของปัญหาการจัดสมดุลย์ ว่าควรจะทำอย่างไรกับจำนวนหน่วยของทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดที่จะทำให้เวลาของโครงการเสร็จสิ้นเร็วที่สุด

ขั้นตอนของการจัดสรรทรัพยากรที่จะทำให้เกิดความสมดุลย์มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าว่ากิจกรรมใดมีความต้องการพรัพยากรมากที่สุด (ใช้ทรัพยากรสูงสุด) ซึ่งจะกำหนดให้เป็นระดับของการเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ใช้วิธีการจัดสรร กำหนดหาเวลาต่ำสุดของโครงการด้วยระดับทรัพยากรเท่านี้ ถ้าเวลาที่ได้เท่ากันหรือน้อยกว่าเวลาที่ต้องการของโครงการแสดงว่าผลลัพธ์นั้นสมบูรณ์ แต่ถ้าไม่เท่ากันหรือน้อยกว่า ก็ให้ไปทำที่ขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 เพิ่มจำนวนของทรัพยากรที่สามารถจัดสรรให้ได้อีกหนึ่งหน่วย แล้วกลับไปที่ขั้นตอนที่ 2 กระทำเช่นนี้ซ้ำกลับไปมาจนกระทั่งได้เวลาที่ต้องการ

ในวิธีการนี้จะให้ผลลัพธ์ เป็นที่น่าพอใจสำหรับการจัดสมดุลย์ทรัพยากรหนึ่งชนิด แต่ถ้าเป็นทรัพยากรหลายชนิด แล้วจะเกิดความยุ่งยากมาก เนื่องจากต้องทำการหาค่าว่าทรัพยากรชนิดใดที่จะต้องมีระดับเพิ่มขึ้น ตามเหตุผลแล้ว จะไม่มีทรัพยากรชนิดใดที่จะมีระดับเพิ่มขึ้นในแต่ละขั้นตอนของผลลัพธ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ซึ่งจะเป็นการจัดสรรทรัพยากรชนิดเดียวซึ่งแสดงในตารางที่ 2.4 โดยการใช้ ACTIM ช่วงเวลาที่เกิดขึ้นจริงจะเท่ากับ 18 หน่วย สมมุติว่าเส้นทางวิกฤติของโครงการนั้นได้เท่ากับ 15 หน่วย เนื่องจากเกิดปัญหาด้านค่าใช้จ่าย ดังนั้นจะต้องหาว่าควรมีทรัพยากรจำนวนเท่าใด จึงจะเพียงพอสำหรับการทำงานให้เสร็จตามกำหนดเวลา

ก. ทรัพยากรมีอยู่ทั้งหมด 8 หน่วย

กิจกรรม	1-2	1-3	1-5	2-4	3-5	3-4	4-5	
เวลาทำงานแต่ละกิจกรรม	5	4	10	6	7	2	4	
ACTIM	15	11	10	10	7	6	4	
ทรัพยากรที่ต้องการ	3	2	4	2	3	1	3	
TEARL	0	0	0	5	4	4	11	Project
TSTART	0	0	4	5	11	4	14	Completion
TFIN	5	4	14	11	(18)	6	(18)	Time

TNOW	0			5	6	11	14
ทรัพยากรที่สามารถจัดสรรได้	8,8,3		5,1,0	3,1	2	4,1	8,2
ACT. ALLOW	~~1-2~~;~~1-3~~;1-5		~~1-5~~;3-5;~~3-4~~	~~2-4~~;3-5	3-5	~~3-5~~;4-5	~~4-5~~
Iteration no.	1		2	3	4	5	6

ข. ทรัพยากรมีอยู่ทั้งหมด 9 หน่วย

Activity	1-2	1-3	1-5	2-4	3-5	3-4	4-5	
Duration	5	4	10	6	7	2	4	
ACTIM	15	11	10	10	7	6	4	
ทรัพยากรที่ต้องการ	3	2	4	2	3	1	3	
TEARL	0	0	0	5	4	4	11	Project
TSTART	0	0	0	5	6	4	11	Completion
TFIN	5	4	10	11	13	6	15	Time

TNOW	0	4	5	6	10	11
ทรัพยากรที่จัดสรรได้	9,6,4,0	2,1	4,2	3,0	4	6,3
ACT. ALLOW	1-2;~~1-3~~;1-5	3-5;~~3-4~~	~~2-4~~;3-5	~~3-5~~	-	~~4-5~~
Iteration no.	1	2	3	4	5	6

ตารางที่ 2.4 แสดงผลลัพธ์ 2 ขั้นตอนของการจัดสมดุลย์

I10295963

จากตัวอย่างในขั้นตอนแรกนี้จะเริ่มต้นด้วยการมีทรัพยากรอยู่ 4 หน่วย ซึ่งในกรณีนี้ จำนวนทรัพยากรที่ต้องการสูงสุดได้แก่ กิจกรรม 1-5 โดยต้องการ 4 หน่วย สำหรับในขั้นตอนนี้ยังไม่มีความสำคัญเท่าใดนัก ซึ่งเราพบว่าในตารางที่ 2.4 นั้นมีระดับของทรัพยากรอยู่จริง 8 หน่วย ของการจัดลำดับในเวลา 18 หน่วย โดยเริ่มต้นด้วยระดับของทรัพยากรเท่ากับ 8 หน่วย ซึ่งได้ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนออกมาในตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนจำนวนทรัพยากรจะเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเป็น 1 หน่วย จึงจะทำให้งานเสร็จได้ในเวลาเท่ากับเวลาของเส้นทางวิกฤต ซึ่งจุดนี้เองที่ถือว่าเป็นจุดที่สำคัญ แต่ถ้าเริ่มต้นด้วยปริมาณของทรัพยากรที่ 4 หน่วยแล้ว จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

จำนวนทรัพยากร	4	5	6	7	8	9
เวลาการทำโครงการ	32	26	25	18	18	15