การพัฒนาวิธีการจัดลำดับงานด้วยเมตริกซ์สำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ

The Development of Matrix based Scheduling for Customized Product Development Project

ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง ปร.ด. (Nattawut Janthong, Ph.D.)[1]

บทคัดย่อ

จากสภาวะการณ์การแข่งขันทางการตลาดในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็ตาม ส่งผลให้ธุรกิจต้องเร่งปรับตัวและค้นหากลยุทธ์ใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ทั้งในด้านคุณภาพ ราคา ระยะเวลาการส่งมอบ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้า ซึ่งผลกระทบที่ตามมาคือ องค์กรมักประสบปัญหาในด้านการวางแผนและควบคุมระยะเวลาในการผลิต เนื่องจากต้องมีการปรับเปลี่ยนการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ทำให้เกิดผลกระทบทั้งในด้านต้นทุนการผลิต รวมถึงระยะเวลาในการส่งมอบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการและเครื่องมือช่วยในการบริหารโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะสนับสนุนให้องค์กรสามารถบริหารโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นได้ประยุกต์ทฤษฎี Axiomatic Design เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชิ้นส่วนและกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมภายในโครงการด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์และทำการจัดลำดับงานด้วยวิธี Reachability Matrix เพื่อลดจำนวนงานย้อนกลับ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลดความซับซ้อนของการจัดลำดับงานภายในโครงการ โดยลำดับงานที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ช่วงเวลาทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้าและช่วงเวลาเตรียมงานของกิจกรรมหลัง เพื่อร่นระยะเวลาระหว่างกิจกรรมและนำไปสู่การลดเวลาการทำงานรวมของโครงการ

คำสำคัญ : เมตริกซ์ความสัมพันธ์ การจัดลำดับงาน ผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ

Abstract

From the intensity of the competitiveness in current market situation, it forced enterprises to react and find a new operation strategy to deal with the high dynamic market in order to secure market shares and improve profits. In particular, the ability to respond to the continuous changes of customer's needs that increasing challenge in designing and producing products. Consequently the efficiency in production planning and controlling process was affected. Therefore, there was an emerging need to study the planning process of customized product development project in order to have the ability to manage company's resources effectively. Our main assumption was that, it was possible to develop a methodology and tool that leans on design theory and project management principle. The approach used was the Dependency Structure Matrix (DSM) as a core tool to organize the task sequence incorporate with the overlapping strategy in order to eliminate time delay between activities. As a result, the enterprises can reduce the project time frame and increase productivity.

Keywords: Dependence Structure Matrix, Project Scheduling, Customized Product

[1]อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

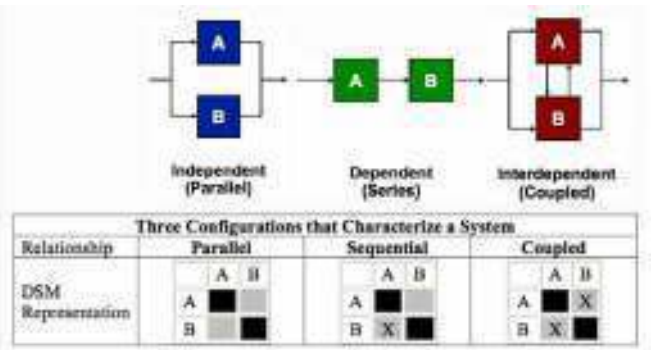
บทนำ

จากสภาวะการการแข่งขันทางการตลาดในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็ตาม ส่งผลให้ธุรกิจต้องเร่งปรับตัวและค้นหากลยุทธ์ใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ทั้งในด้านคุณภาพ ราคา ระยะเวลาการการส่งมอบ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้า ซึ่งมีลักษณะแบบโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ (Customize Product Project) สำหรับลูกค้าแต่ละราย โดยโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำดังกล่าวนั้นมีความซับซ้อนค่อนข้างมากซึ่งมีที่มาจากหลาย ๆ แหล่ง ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์อาจจะมีความซับซ้อนในทั้งด้านฟังก์ชั่นการทำงาน รูปแบบ การประกอบ และเทคโนโลยี ซึ่งต้องมีการปรับเปลี่ยนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (re-design) ตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ด้านกิจกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ่อยครั้งเกิดความซับซ้อนทั้งจากจำนวนกิจกรรม บุคลากร ทีมงาน และโครงสร้างการบริหารงาน ซึ่งองค์กรมักประสบปัญหาในด้านการวางแผนและควบคุมระยะเวลาในการผลิต เนื่องจากเกิดการรอคอยระหว่างกิจกรรมทำให้การทำงานไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และเมื่อกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งมีความล่าช้าก็มักจะส่งผลต่อกิจกรรมหลังเสมอ ทำให้เกิดผลกระทบทั้งในด้านต้นทุนการผลิต รวมถึงระยะเวลาในการส่งมอบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งเป็นปัญหาหลักขององค์กรและผู้จัดการโครงการที่ต้องหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อที่จะบริหารทีมงานและกำหนดงานได้อย่างสอดคล้องกับโครงการ ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการเพื่อเป็นแนวทางในการลดความซับซ้อนในการจัดลำดับงานสำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ จะเป็นส่วนสนับสนุนที่สำคัญที่ทำให้องค์กรสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบริหารโครงการโดยส่วนใหญ่มีการใช้เทคนิค PERT/CPM (Spinner, 1989) อย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นเทคนิคเชิงปริมาณด้านการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) แต่อย่างไรก็ตาม ข่ายงานของโครงการที่เกิดจากการจำลองด้วยเทคนิค PERT/CPM นั้นเป็นเพียงการพิจารณาเส้นทางการดำเนินกิจกรรมภายในโครงการเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น โดยไม่มีการพิจารณาการทำซ้ำ (Iterations) และการวนกลับของข้อมูลในแต่ละกิจกรรม (Feedback Loops) ซึ่งเป็นคุณลักษณะพื้นฐานของการทำงานภายในโครงการ และด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ PERT/CPM เป็นเพียงเครื่องมือในการติดตามและเร่งรัดงานวิกฤตภายในโครงการ (Yassine et. al., 1999) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าเพื่อพัฒนาวิธีการซึ่งนำไปสู่การบริหารโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการจัดลำดับงานภายในโครงการและการลดระยะเวลาดำเนินงานโดยรวมของโครงการ (Eppinger et. al., 1994) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Dependency Structure Matrix) ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทั้งในด้านการเชื่อมโยงการไหลของงานและการไหลของข้อมูลระหว่างกิจกรรมสำหรับการบริหารโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยภาพรวม โดยจัดเรียงลำดับงานใหม่เพื่อลดจำนวนกิจกรรมที่มีการวนกลับของข้อมูลซึ่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความซับซ้อนในการบริหารโครงการ (Chin et. al., 2002) ได้เสนอแนวทางการจัดลำดับงานโดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์เป็นเครื่องมือสำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ซึ่งต้องอาศัยการทำงานร่วมกันจากหลายหน่วยงาน (Collaborative) เพื่อลดการทำงานซ้ำซ้อนในหลายกิจกรรม (Maheswari & Varghese, 2005) พบว่า การขาดประสิทธิภาพในการบริหารโครงการเกิดจากการสูญเสียเวลาในการประสานงานและการสื่อสารระหว่างกิจกรรม ดังนั้นจึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์เพื่อจำลองลำดับการทำงานและเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม โดยการพิจารณามุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพของการสื่อสารระหว่างกิจกรรมเพื่อร่นระยะเวลาในการส่งงานระหว่างกิจกรรม

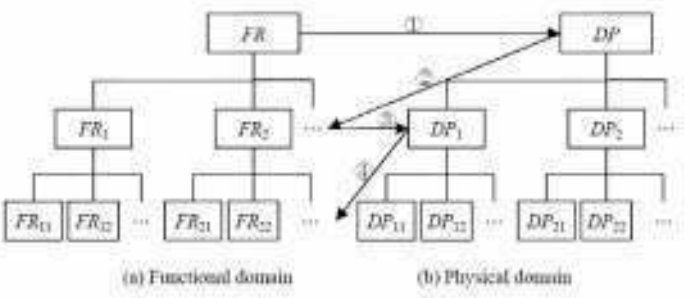
จากงานวิจัยหลายๆ งานดังที่กล่าวมาพบว่า เมตริกซ์ความสัมพันธ์เป็นเครื่องมือที่มีคุณลักษณะที่สามารถใช้ในการบริหารและจัดลำดับงานภายในโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Dependency Structure Matrix : DSM) มีรูปแบบเป็นเมริกซ์จัตุรัสที่ใช้ในการแสดงแทนระบบหรือโครงการ สามารถใช้ในการจำลอง (Model) ระบบที่มีความซับซ้อนในงานวิศวกรรม รวมถึงงานด้านการบริหารโครงการ ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการไหลของข้อมูลและการขึ้นต่อกันระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ภายในโครงการ (Steward, 1981) และเป็นรูปแบบการแสดงแทนระบบที่ไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับรูปแบบข่ายงาน (Network) ซึ่งลักษณะของทิศทางความสัมพันธ์แบ่งออกเป็นสองทิศทาง คือทิศทางไปข้างหน้า (Forward) เป็นความสัมพันธ์ที่อยู่ใต้แนวทแยงมุม (Diagonal) และทิศทางวนกลับ (Feedback) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่อยู่เหนือแนวทแยงมุม และกำหนดให้อิลิเม้นท์ (Element) ในคอลัมน์ (Column) เป็นอินพุต และอิลิเม้นท์ในแถวนอน (Row) เป็นเอาต์พุต โดย Yassine (2004) ได้อธิบาย ถึงการกำหนดค่าความสัมพันธ์โดยการกำหนดเครื่องหมาย “X” หรือ “1” แทนความสัมพันธ์ระหว่างสองอิลิเม้นท์ และ “0” หรือไม่ทำเครื่องหมายใด ๆ แทนความเป็นอิสระต่อกันระหว่างอิลิเม้นท์และอธิบายวิธีการแทนระบบด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ โดยใช้เทียบเคียงรูปแบบข่ายงาน โดยแบ่งลักษณะความสัมพันธ์ออกเป็น 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1 ประกอบด้วย (1) แบบเป็นอิสระจากกัน (Independent) ซึ่งเปรียบเสมือนกับการทำงานแบบคู่ขนานกัน (Parallel) (2) แบบความสัมพันธ์เชิงลำดับ (Sequential) ซึ่งเปรียบเสมือนการทำงานตามลำดับ (Series) โดยกิจกรรมหลังจะเริ่มได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าสิ้นสุดกระบวนการทำงาน และ (3) แบบขึ้นต่อกัน (Coupled) ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานที่เกิดการวนกลับระหว่างคู่กิจกรรมจนกระทั่งได้ค่าหรืองานที่เหมาะสมจึงจะส่งงานต่อไปยังกิจกรรมถัดไป โดยไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะใช้เวลานานเท่าไรจึงจะสิ้นสุดกระบวนการดังกล่าว ซึ่งเป็นรูปแบบที่จำเป็นต้องหลีกเลี่ยง



ภาพที่ 1 แสดงวิธีการแทนระบบด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์เทียบเคียงรูปแบบข่ายงาน
ที่มา : Yassine, 2004

อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในโครงการมักมีกิจกรรมแบบวนกลับเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการจัดลำดับงานของกิจกรรมใหม่เพื่อลดจำนวนงานที่มีการวนกลับเพื่อลดความล่าช้าในการบริหารโครงการ โดยการจัดลำดับงานในเมตริกซ์ความสัมพันธ์คือการจัดเรียงลำดับในแถวนอนและคอลัมน์ใหม่ เพื่อให้เกิดเป็นรูปแบบเมตริกซ์แบบ Triangular Matrix สำหรับวิธีการที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายเสนอโดย Warfield (1973) คือวิธี Reachability Matrix เป็นวิธีการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับสำหรับ Binary Matrix โดยการสลับตำแหน่งของแต่ละอิลิเม้นท์ในเมตริกซ์ ทำให้งานที่มีลักษณะแบบวนกลับถูกจัดลำดับใหม่จนกระทั่งได้เมตริกซ์แบบ Triangular Matrix ที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงลำดับและสามารถนำไปสู่การกำหนดแนวทางหรือกลยุทธ์เพื่อลดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการรวมได้อย่างถูกต้อง

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ (Customized Product Development Project) ซึ่งมีความจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนการออกแบบใหม่เมื่อมีคำสั่งซื้อใหม่เข้ามาโดยนักออกแบบจำเป็นต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ใช้สอยได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ด้วยการวิเคราะห์โครงสร้างหน้าที่การทำงานและนำไปสู่การออกแบบชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ทฤษฎี Axiomatic Design (Suh, 1990) ซึ่งพิจารณากระบวนการออกแบบว่าเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมุมมอง ประกอบด้วย ด้านความต้องการของลูกค้า ด้านหน้าที่การทำงาน ด้านการออกแบบ และด้านกระบวนการผลิต โดยนักออกแบบทำการแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ และทำการเชื่อมโยงหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ไปสู่แนวทางการออกแบบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ซึ่งโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จะถูกสร้างขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่างมุมมองดังกล่าวโดยวิธีการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองแบบคู่ขนานด้วยการสลับซ้าย-ขวา (Zig-Zagging Method) เพื่อให้เกิดการแบ่งโครงสร้างหน้าที่การทำงานและการออกแบบอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยกระบวนการเริ่มจากการกำหนดหน้าที่การทำงานระดับบนสุดในมุมมองหน้าที่การทำงานและสลับไปค้นหาหรือออกแบบแนวทางที่จะทำให้บรรลุหน้าที่ดังกล่าวในมุมมองการออกแบบและดำเนินการพิจารณาไล่ระดับลงมาจนถึงระดับต่ำสุด ผลจากวิธีการดังกล่าวนี้นักออกแบบและวิศวกรจะได้โครงสร้างผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านหน้าที่การทำงานและโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบอย่างครบถ้วน



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการพิจารณาความสัมพันธ์แบบคู่ขนานสลับซ้าย-ขวา
ที่มา : Park, 2007

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการจัดลำดับงานสำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำนั้นพบว่าเมตริกซ์ความสัมพันธ์เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ทั้งสองทิศทางคือแบบไปข้างหน้า (Forward) และ แบบวนกลับ (Feedback) ซึ่งกิจกรรมแบบวนกลับนี้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ซ่อนอยู่ในทุก ๆ โครงการ และสามารถจัดการได้โดยการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับงานใหม่ด้วยวิธี Reachability Matrix เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างโมเดลจำลองแบบข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ซึ่งไม่สามารถแสดงให้เห็นกิจกรรมดังกล่าวและไม่สามารถจัดการกับกิจกรรมแบบวนกลับนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำซึ่งมีความต้องการใหม่เข้ามาเสมอยังจำเป็นต้องเริ่มต้นสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละกิจกรรมด้วยการวิเคราะห์โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปสู่การจัดลำดับงาน ซึ่งยังไม่มีการกล่าวถึงในการประยุกต์ใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ในการบริหารโครงการ ด้วยเหตุนี้วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้จึงอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ทฤษฎี Axiomatic Design และ Dependency Structure Matrix เพื่อให้การวางกรอบการทำงานในการบริหารโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการจัดลำดับงานภายในโครงการพัฒนาสินค้าแบบสั่งทำด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์

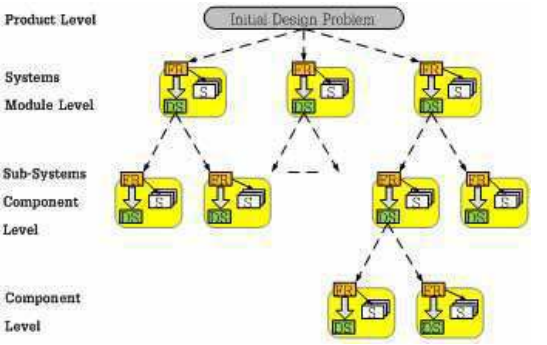
วิธีการในการสร้างลำดับงานผลิตด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์สำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักคือ (1) รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดของลูกค้า (2) วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ (4) สร้างลำดับการผลิต/ประกอบ (5) คำนวณหาเวลาเริ่มต้นของกิจกรรม และแสดงผลด้วยแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart)

รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดของลูกค้า

การศึกษาและทำความเข้าใจกับข้อกำหนดของลูกค้าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาพบว่าสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความต้องการของลูกค้าแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 1) ข้อกำหนดด้านมิติหรือขนาดของผลิตภัณฑ์ 2) ข้อกำหนดด้านสมรรถนะการใช้งาน 3) ข้อกำหนดด้านฟังก์ชันการใช้งาน 4) ข้อกำหนดด้านรูปลักษณ์ของตัวผลิตภัณฑ์ และ 5) ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย

วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการในการนำข้อกำหนดของลูกค้ามาทำการเปลี่ยนเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ และดำเนินการออกแบบหรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดดังกล่าว โดยวิธีการพิจารณาความสัมพันธ์แบบคู่ขนานสลับซ้าย-ขวา (Zig-Zagging Method) ซึ่งเป็นการแบ่งปัญหาโดยภาพรวมออกเป็นปัญหาย่อยหรือเป็นระบบย่อย (Design Decomposition) ไล่ระดับลงมาจากระดับบนสุดซึ่งเป็นระดับแนวคิดสู่ระดับล่างเพื่อดำเนินการออกแบบและเลือกรูปแบบที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ดังแสดงในภาพที่ 3 หน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ จะถูกแบ่งออกเป็นหลายหน้าที่การทำงานย่อย (Sub-Functions) ซึ่งทีมงานนักออกแบบสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานเพื่อค้นหาแนวทางการออกแบบอุปกรณ์ (Design Solutions : DS) ในแต่ละส่วนโดยสามารถทำงานคู่ขนานกัน ทำให้เกิดความรวดเร็วในกระบวนการออกแบบ



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการพัฒนาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ

กระบวนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ เป็นการศึกษาเพื่อสร้างลำดับการทำงานเบื้องต้นในการผลิตและลำดับการประกอบของแต่ละชิ้นส่วน โดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Dependency Structure Matrix : DSM) เป็นเครื่องมือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของลำดับการทำงานที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

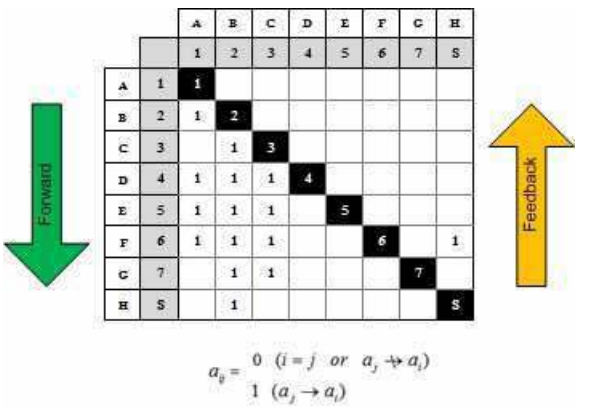
- ศึกษาความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อนำมากำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์ความสัมพันธ์

- สร้างเมตริกซ์จัตุรัส (Square Matrix) ขนาดเท่ากับจำนวนชิ้นส่วนประกอบ

- กำหนดรายชื่อชิ้นส่วนประกอบที่ต้องการวิเคราะห์ลงในแต่ละแถวและคอลัมน์

- กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชิ้นส่วนประกอบ โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์เป็น “1” เมื่อคู่ชิ้นส่วนที่พิจารณามีความสัมพันธ์กันและ “_“ เมื่อคู่ชิ้นส่วนที่พิจารณาไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตัวอย่างเช่น โครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวิเคราะห์ประกอบด้วยชิ้นส่วนทั้งสิ้นจำนวน 8 ชิ้นส่วน คือ A B C D E F G และ H ตามลำดับ โดยมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งจะใส่ค่าความสัมพันธ์ใต้แกนทแยงมุม (Diagonal) เมื่อชิ้นส่วนในแต่ละแถวต้องรับอินพุตจากชิ้นส่วนในแนวคอลัมน์ เช่น ชิ้นส่วน D E และ F รับอินพุตจาก ชิ้นส่วน A B และ C หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ จะเริ่มผลิตชิ้นส่วน D E และ F ได้ก็ต่อเมื่อผลิตชิ้นส่วน A B และ C เสร็จก่อน และใส่ค่าความสัมพันธ์เหนือแกนทแยงมุม เมื่อเอาต์พุตในแต่ละแถวมีการย้อนกลับ (Feedback) ไปสู่ชิ้นส่วนในแนวคอลัมน์ เช่น เอาต์พุตจากชิ้นส่วน F มีการย้อนกลับไปที่ชิ้นส่วน H หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เมื่อผลิตชิ้นส่วน F เสร็จแล้วจะส่งต่อไปเพื่อผลิตชิ้นส่วน H ดังนั้นชิ้นส่วน H จะผลิตเสร็จได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วน B และชิ้นส่วน F ต้องผลิตเสร็จก่อน



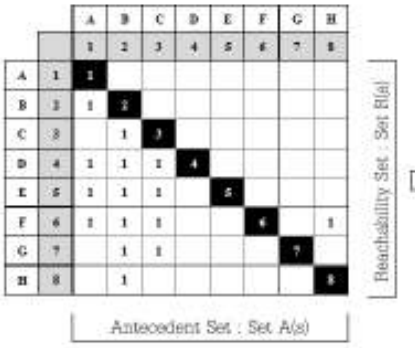
ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบของเมตริกซ์ความสัมพันธ์และการกำหนดค่าความสัมพันธ์ของ 8 ชิ้นส่วนประกอบ

กระบวนการสร้างลำดับงานเป็นการนำเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบมาใช้ในการหาลำดับงานที่เหมาะสมด้วยวิธี Reachability Matrix โดยวิธีการจัดลำดับจะจัดเรียงคู่อิลิเม้นท์ที่เป็นอิสระจากกันไว้ลำดับบนสุด และจัดเรียงคู่อิลิเม้นท์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงลำดับเป็นลำดับถัดมา โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างตารางตรวจสอบความสัมพันธ์มีจำนวนสี่คอลัมน์
   a. ในคอลัมน์ที่หนึ่ง ใส่รายการอิลิเม้นท์ทั้งหมดในเมตริกซ์
   b. ในคอลัมน์ที่สอง ใส่รายการอิลิเม้นท์ในคอลัมน์ทั้งหมดที่สัมพันธ์กับอิลิเม้นท์ในแต่ละแถว เรียกว่า Reachability Set : Set R(s)
   c. ในคอลัมน์ที่สาม ใส่รายการอิลิเม้นท์ในแถวทั้งหมดที่สัมพันธ์กับอิลิเม้นท์ในแต่ละคอลัมน์ เรียกว่า Antecedent Set : Set A(s)
   d. ในคอลัมน์ที่สี่ ใส่รายการที่มีสมาชิกร่วมกัน (Intersection)

2. ตรวจสอบรายการที่มีทุกสมาชิก Reachability Set ในคอลัมน์ที่สอง เป็นสมาชิกร่วมของ Antecedent Set ในคอลัมน์ที่สาม และนำไปจัดลำดับในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ พร้อมทั้งนำรายการดังกล่าวออกจากตารางตรวจสอบความสัมพันธ์ และทำซ้ำจนกระทั่งครบทุกรายการ

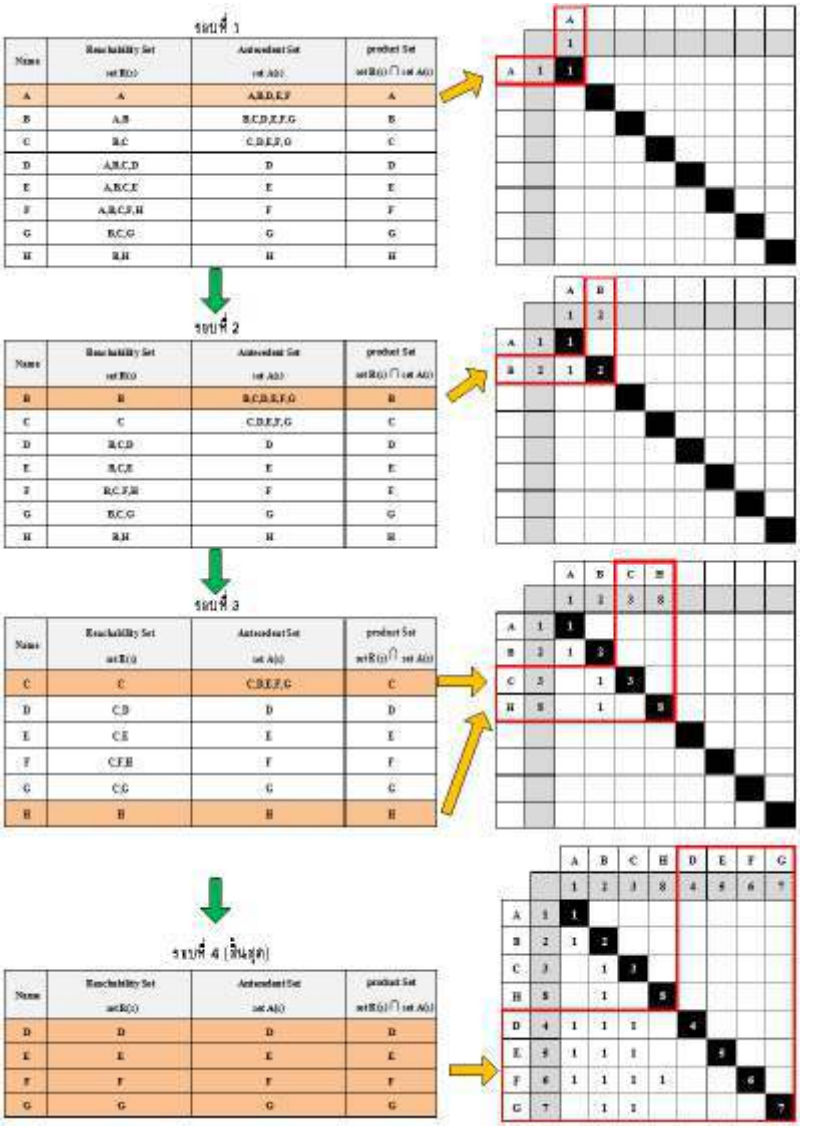
จากตัวอย่างเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของจำนวน 8 ชิ้นส่วนประกอบ สามารถนำมาพิจารณาเป็น Reachability Set สำหรับรายการอิลิเม้นท์ในคอลัมน์ทั้งหมดที่สัมพันธ์กับอิลิเม้นท์ในแต่ละแถว Antecedent Set สำหรับรายการอิลิเม้นท์ในแถวทั้งหมดที่สัมพันธ์กับอิลิเม้นท์ในแต่ละคอลัมน์ตรวจสอบรายการที่เป็นสมาชิกร่วม ได้ดังแสดงในภาพที่ 5



Name	Reachability Set set R(a)	Antecedent Set set A(a)	product Set set R(a) ∩ set A(a)
A	A	A,B,D,E,F	A
B	A,B	B,C,D,E,F,G	B
C	B,C	C,D,E,F,G	C
D	A,B,C,D	D	D
E	A,B,C,E	E	E
F	A,B,C,F,H	F	F
G	B,C,G	G	G
H	B,H	H	H

ภาพที่ 5 การสร้างตารางตรวจสอบความสัมพันธ์จากข้อมูลเมตริกซ์ความสัมพันธ์

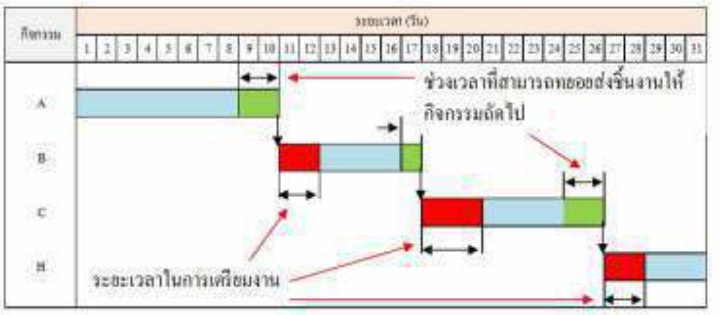
จากนั้นดำเนินการตรวจสอบว่ามีรายการใดบ้างที่มีทุกสมาชิกใน Reachability Set ในคอลัมน์ที่สอง เป็นสมาชิกร่วม (Intersection) ของ Antecedent Set ในคอลัมน์ที่สาม และนำไปจัดลำดับในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ พร้อมทั้งนำรายการดังกล่าวออกจากตาราง และทำซ้ำขั้นตอนนี้จนกระทั่งครบทุกรายการ ซึ่งจะได้ลำดับงานใหม่ที่ไม่มีงานที่เกิด การวนกลับ ซึ่งทำให้ลำดับงานเปลี่ยนจาก A-B-C-D-E-F-G-H เป็น A-B-C-H-D-E-F-G ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงการจัดลำดับงานใหม่ด้วยวิธี Reachability Matrix

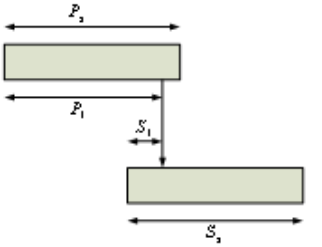
คำนวณหาเวลาเริ่มต้นของกิจกรรม

กระบวนการนี้เป็นการคำนวณเพื่อหาเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมจากลำดับงานใหม่ที่สร้างขึ้น เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาดำเนินงานรวมของโครงการ ซึ่งจากงานวิจัยของ (Maheswari & Varghese ,2005) ได้พิจารณาการร่นระยะเวลาของโครงการโดยการพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารระหว่างกิจกรรม โดยให้การสื่อสารระหว่างกิจกรรมเกิดขึ้นแบบซ้อนทับ (Overlap) ก่อนที่กิจกรรมก่อนหน้าจะสิ้นสุดงานและก่อนที่กิจกรรมหลังจะเริ่มงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์หลักการดังกล่าวโดยพิจารณา ว่าลักษณะงานโดยปกติสามารถดำเนินการแบบทยอยส่งเพื่อให้งานสามารถไหลได้อย่างต่อเนื่อง และแต่ละกิจกรรมสามารถดำเนินการจัดเตรียมงานก่อนที่จะมีใช้งานไหลเข้ามาในกระบวนการ ซึ่งจะทำให้สามารถลดระยะเวลารอคอยที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรม และนำไปสู่การร่นระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการได้ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการพิจารณาเวลาที่สามารถให้เกิดการซ้อนทับกันระหว่างกิจกรรม

โดย Maheswari & Varghese (2005) ได้นำเสนอแนวทางในการพิจารณาช่วงเวลาคาบเกี่ยวนี้โดยการคำนวณค่าแฟคเตอร์เวลา (Time Factor) ซึ่งเป็นอัตราส่วนเวลาที่เกิดจากความสัมพันธ์กันระหว่างกิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการพิจาณาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเพื่อคำนวณหาค่า Time Factor
ที่มา : Maheswari & Varghese (2005)

จากงานวิจัยดังกล่าวได้นำเสนอแนวทางในการคำนวณแฟคเตอร์เวลาจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมก่อนหน้าและกิจกรรมหลัง โดยแบ่งแฟคเตอร์เวลาเป็นสองแบบ คืออัตราส่วนเวลาที่กิจกรรมก่อนหน้าสามารถเริ่มให้เกิดการรันเวลา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือสามารถเริ่มทยอยส่งงานไปสู่ลำดับงานถัดไป ดังแสดงในสมการที่ (1) และอัตราส่วนเวลาที่กิจกรรมหลังสามารถเลื่อนเวลาเร็วขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือกิจกรรมหลังสามารถเตรียมงานเพื่อรอรับชิ้นงานจากกิจกรรมก่อนหน้า ดังในสมการที่ (2)

$$T_P = \frac{P_1}{P_2} \qquad (1)$$

$$T_S = \frac{S_1}{S_2} \qquad (2)$$

กำหนดให้

T_P = แฟคเตอร์เวลาที่กิจกรรมก่อนหน้าสามารถทยอยส่งชิ้นงานให้กระบวนการถัดไป

T_S = แฟคเตอร์เวลาในการเตรียมงานของกิจกรรมถัดไป

P_1 = ระยะเวลาที่สามารถทยอยส่งงานได้

P_2 = ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมแรก

S_1 = ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมเตรียมงาน

S_2 = ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมถัดไป

ซึ่งเมื่อนำมาใช้วิเคราะห์ร่วมกับเมตริกซ์ความสัมพันธ์เพื่อนำมาจัดทำแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ของโครงการ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เมตริกซ์ เคือ เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมก่อนหน้า ซึ่งนำค่า T_P ที่คำนวณได้แทนค่าความสัมพันธ์ กำหนดให้เป็นเมตริกซ์ B และเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมถัดไป ซึ่งนำค่า T_S ที่คำนวณได้แทนค่าความสัมพันธ์ กำหนดให้เป็นเมตริกซ์ C ซึ่งทั้งสองเมตริกซ์ดังกล่าวจะแทนค่าระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมในแกนทแยงมุม ดังแสดงในภาพที่ 9 ตัวอย่างการแทนค่า T_P และ T_S ลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ที่ผ่านการจัดลำดับงานใหม่เพื่อนำไปสู่การจัดทำแผนภูมิแกนต์ของโครงการ และสามารถคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมได้จากสมการที่ (3)

$$ES_j = Max[ES_i + (B_{ji} \times B_{ii}) - (C_{ji} \times C_{ji})] \quad (3)$$

กำหนดให้

ES_j = ระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมที่เร็วที่สุดของกิจกรรมที่พิจารณา

ES_i = ระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมที่เร็วที่สุดของกิจกรรมก่อนหน้า

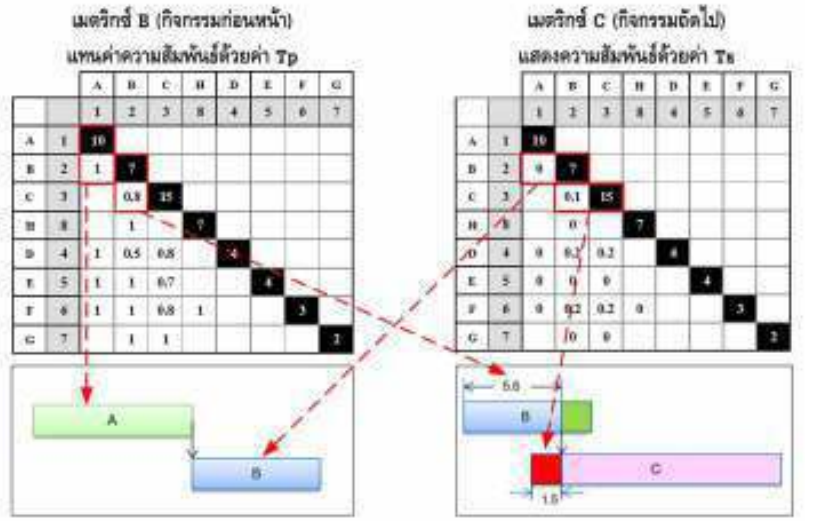
B_{ji} = ค่า T_P ของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ B

B_{ii} = ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ B

C_{ji} = ค่า T_S ของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ C

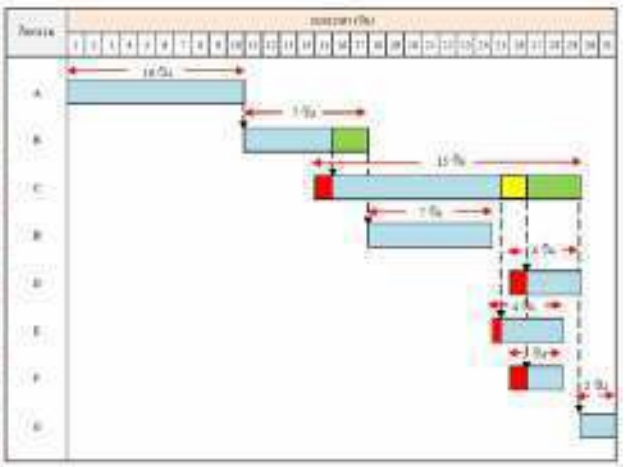
C_{ii} = ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ C

จากตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น สามารถคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำเป็นแผนภูมิแกนต์ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 แสดงการแทนค่าความสัมพันธ์ด้วยค่า T_P และ T_S

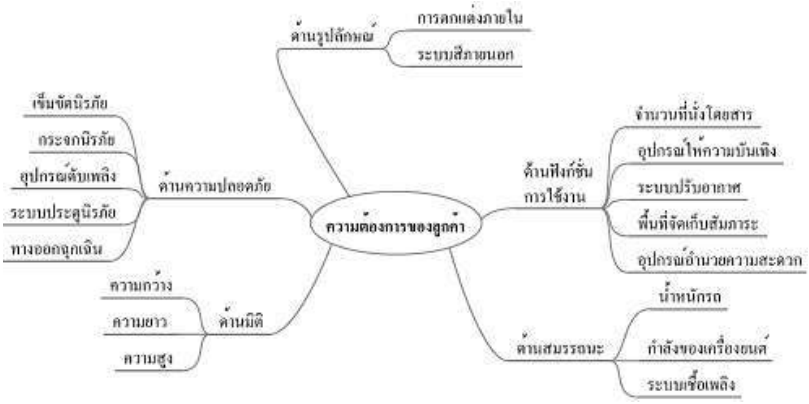
Name	Predecessor	$(ES)_i$	B_{ij}	B_{kj}	C_{ij}	C_{kj}	$(ES)_j$
A	–	–	–	–	–	10	0
B	A	0	1	10	0	7	10
C	B	10	0.8	7	0.1	15	14.1
H	B	10	1	7	0	7	17
D	A	0	1	10	0	4	10
	B	10	0.5	7	0.2	4	12.7
	C	14.1	0.8	15	0.2	4	25.3
E	A	0	1	10	0	4	10
	B	10	1	7	0	4	17
	C	14.1	0.7	15	0	4	24.6
F	A	0	1	10	0	3	10
	B	10	1	7	0.2	3	16.4
	C	14.1	0.8	15	0.2	3	25.5
	H	17	1	7	0	3	24
G	B	10	1	7	0	2	17
	C	14.1	1	15	0	2	29.1



ภาพที่ 10 แสดงการจัดแผนงานโครงการด้วยแผนภูมิแกนต์จากการพิจารณาค่า T_F และ T_S

การจัดลำดับงานสำหรับโครงการพัฒนาสินค้าแบบสั่งทำ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมต่อตัวถังรถโดยสาร

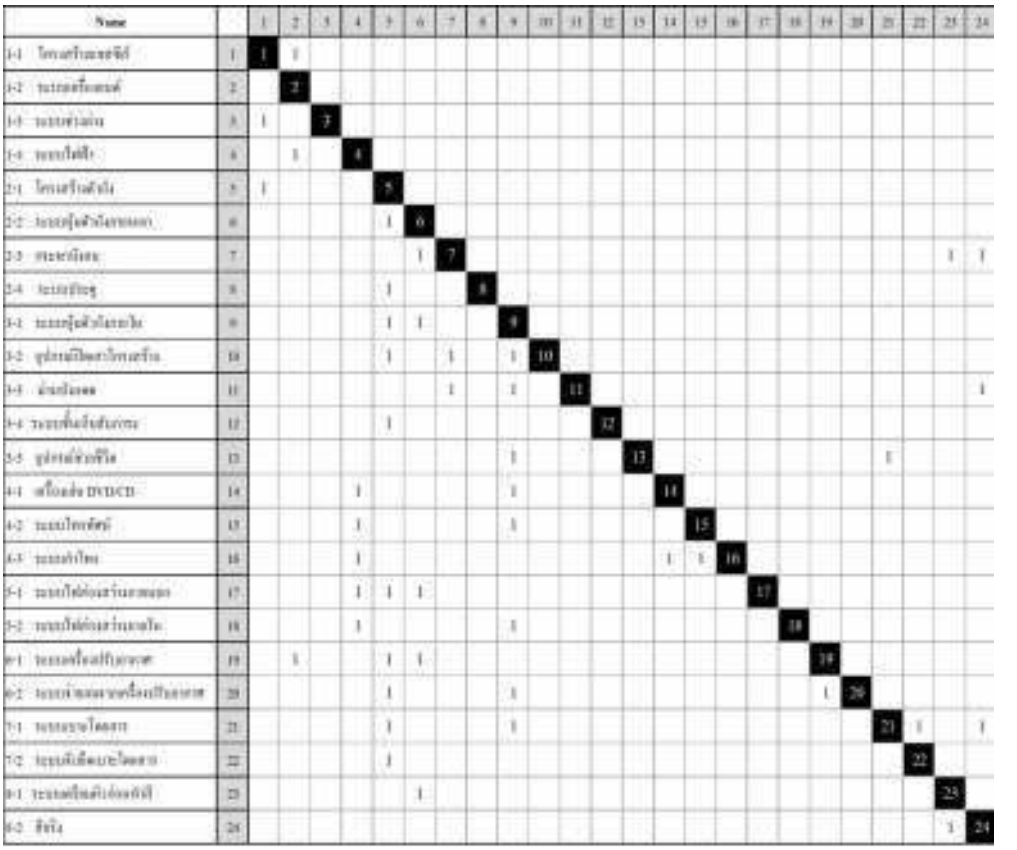
เนื่องจากอุตสาหกรรมต่อตัวถังรถโดยสารมีลักษณะการรับงานตามสั่งตามข้อกำหนดของลูกค้า และมีระยะเวลาในการผลิตรวมไม่น้อยกว่า 90 วัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาทำการทวนสอบวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น จากการศึกษาพบว่ารูปแบบหลัก ๆ ที่ลูกค้ามีการปรับเปลี่ยนประกอบด้วย รุ่นของเครื่องยนต์ที่มีกำลังที่แตกต่างกัน มิติของตัวรถ จำนวนที่นั่งโดยสาร ลักษณะการตกแต่งภายใน สีและลวดลายของตัวรถ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนภาพแสดงกลุ่มข้อกำหนดของลูกค้าที่มีการปรับเปลี่ยน

จากการศึกษาโครงสร้างหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ สามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ประกอบด้วย แชสซีส์ ตัวถัง ระบบตกแต่งภายใน ระบบเครื่องเสียงและโทรทัศน์ ระบบไฟส่องสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบที่นั่งโดยสาร และระบบสี เนื่องจากในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยรายการชิ้นส่วนจำนวนมาก และเพื่อลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบในระบบโมดูลหลักในระดับที่ 2 ของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ซึ่งมีจำนวนโมดูลทั้งสิ้น 24 โมดูล สามารถสรุปเป็นเมตริกซ์ความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยการจัดเรียงลำดับลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์

เป็นการจัดเรียงลำดับตามลักษณะของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ จากเมตริกซ์ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูล เช่น โครงสร้างตัวถัง (2-1) เป็นตัวกำหนดสเปคต่อกระบวนการผลิต/ประกอบ ระบบหุ้มตัวถังภายนอก (2-2) ระบบประตู (2-4) ระบบหุ้มตัวถังภายใน (3-1) อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง (3-2) ชั้นเก็บสัมภาระ (3-4) ระบบไฟส่องสว่างภายนอก (5-1) ระบบปรับอากาศ (6-1) ระบบเบาะโดยสาร (7-1) และระบบจับยึดเบาะโดยสาร (7-2) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือจะดำเนินการติดตั้งได้หลังจากกระบวนการผลิตโครงสร้างตัวถังผลิตเสร็จ และระบบเบาะโดยสาร (7-1) อาจส่งผลให้เกิดการวนกลับ (Feedback) หรือมีการทำซ้ำเกิดขึ้น ในการทำระบบจับยึดเบาะโดยสาร (7-2) และการทำสีจริง (8-2) เป็นต้น



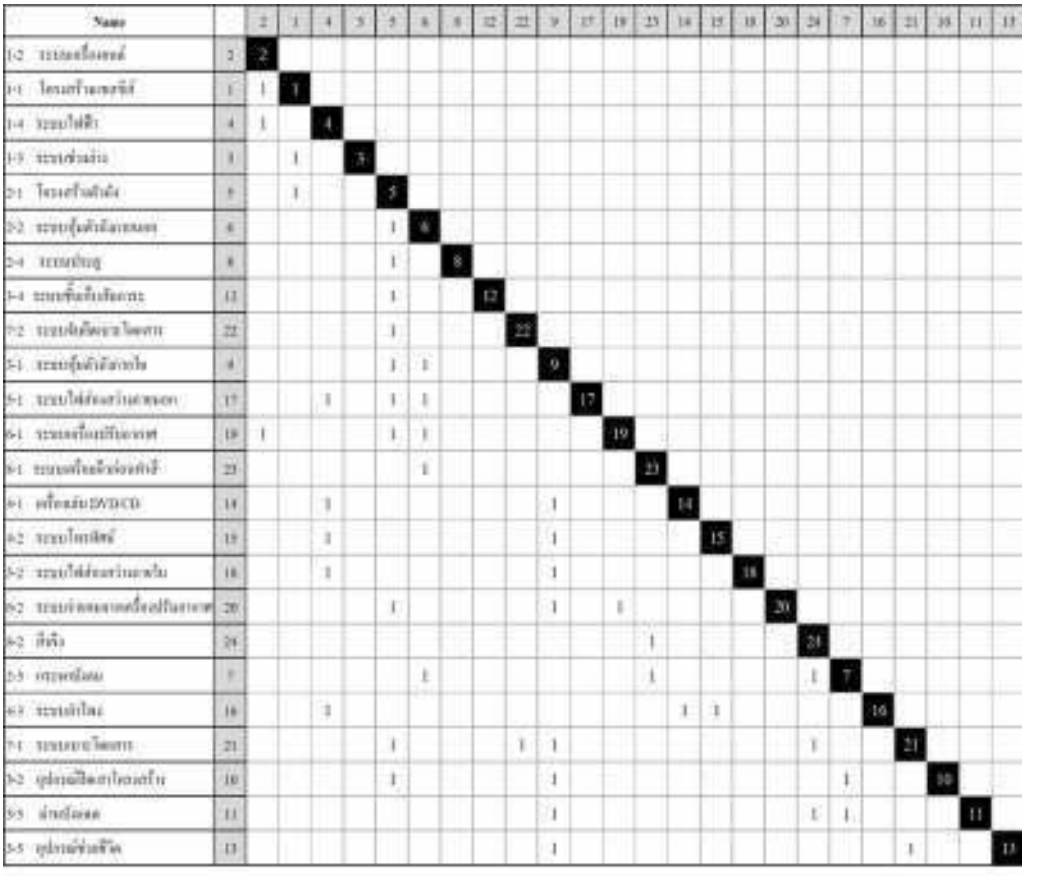
ภาพที่ 12 เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบในระดับโมดูลหลัก

จากนั้นดำเนินการจัดลำดับงานในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการ Reachability Matrix เพื่อให้ได้ลำดับงานใหม่ที่ไม่มีการวนกลับหรือส่งผลให้กิจกรรมอื่นต้องทำงานซ้ำ (Rework) โดยการสร้างตารางตรวจสอบความสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 1 และดำเนินการตรวจสอบรายการที่มีทุกสมาชิก Reachability Set ในคอลัมน์ที่สอง เป็นสมาชิกร่วม (Intersection) ของ Antecedent Set ในคอลัมน์ที่สาม และนำไปจัดลำดับในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ภาพที่ 13 แสดงผลลัพธ์จากการจัดลำดับงานใหม่ด้วยวิธี Reachability Matrix ซึ่งลำดับในเมตริกซ์ได้มีการปรับปรุงเพื่อไม่ให้มีกิจกรรมของชิ้นส่วนแบบวนกลับหรือมีความสัมพันธ์เหนือเส้นทแยงมุม โดยมีการเรียงลำดับจาก ระบบเครื่องยนต์ (1-2) โครงสร้างแชสซีส์ (1-1) ระบบไฟฟ้า (1-4) ระบบช่วงล่าง (1-3) โครงสร้างตัวถัง (2-1) ระบบหุ้มตัวถังภายนอก (2-2) ระบบประตู (2-4) ระบบชั้นเก็บสัมภาระ (3-4)

ระบบจับยึดเบาะโดยสาร (7-2) ระบบหุ้มตัวถังภายใน (3-1) ระบบไฟส่องสว่างภายนอก (5-1) ระบบเครื่องปรับอากาศ (6-1) ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี (8-1) เครื่องเล่น DVD/CD (4-1) ระบบโทรทัศน์ (4-2) ระบบไฟส่องสว่างภายใน (5-2) ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ (6-2) สีจริง (8-2) กระจกบังลม (2-3) ระบบลำโพง (4-3) ระบบเบาะโดยสาร (7-1) อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง (3-2) ม่านบังแดด (3-3) และอุปกรณ์ช่วยชีวิต (3-5) ตามลำดับ

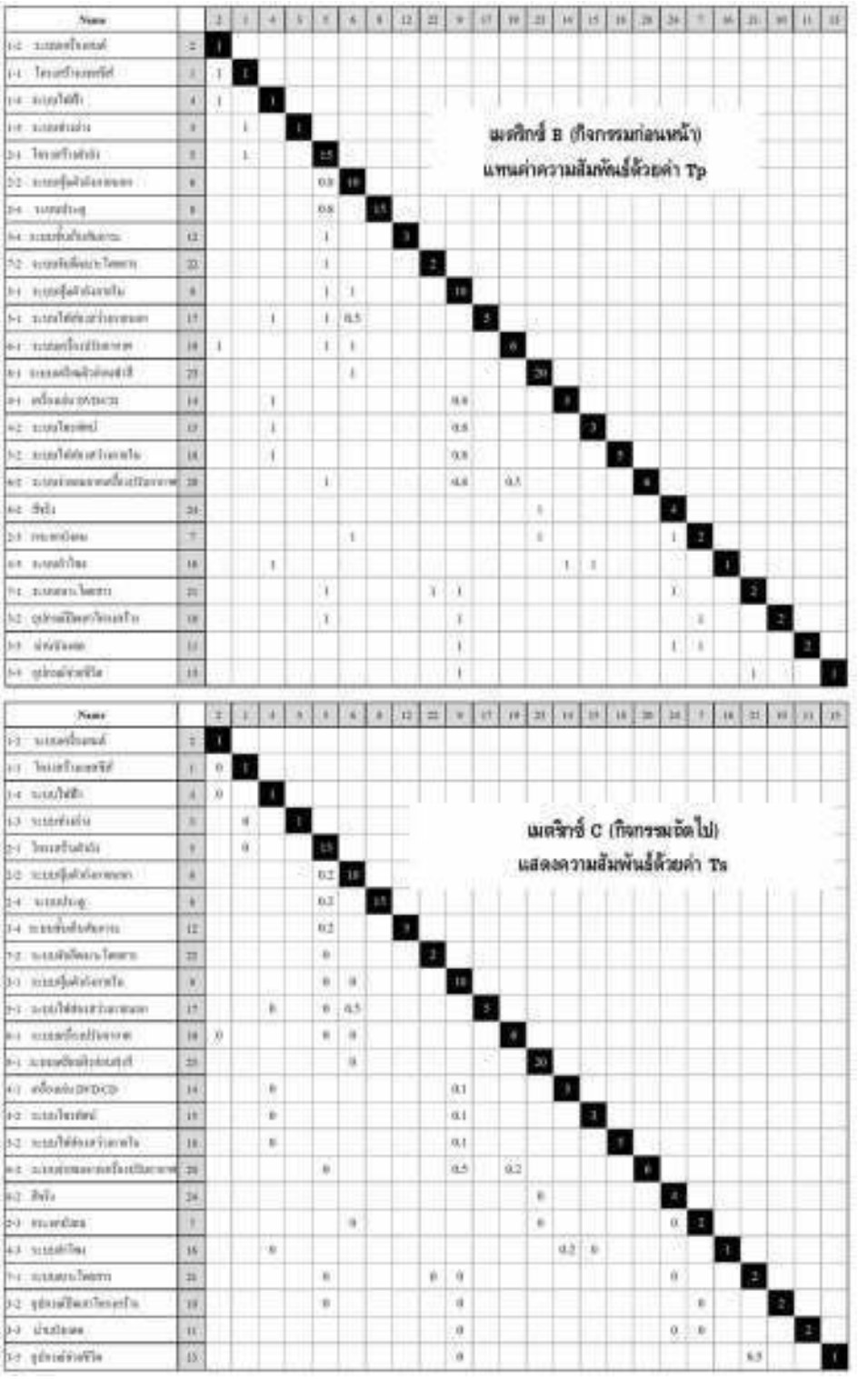
ตารางที่ 1 ตารางตรวจสอบความสัมพันธ์

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ⋂ set A(s)
1-1 โครงสร้างแชสซีส์	1	{1,2}	{1,3,5}	{1}
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2	{2}	{1,2,4,19}	{2}
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	{1,3}	{3}	{3}
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	{2,4}	{4,14,15,16,17,18}	{4}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	{1,5}	{5,6,8,9,10,12,17,19,20,21,22}	{5}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	{5,6}	{6,7,9,17,19,23}	{6}
2-3 กระจกบังลม	7	{6,7,23,24}	{7,10,11}	{7}
2-4 ระบบประตู	8	{5,8}	{8}	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{5,6,9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{5,7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	{5,12}	{12}	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{4,9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{4,9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{4,14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{4,5,6,17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{4,9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{2,5,6,19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{5,9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{5,9,21,22,24}	{13,21}	{21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	{5,22}	{21,22}	{22}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี	23	{6,23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สีจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}



ภาพที่ 13 แสดงผลลัพธ์การจัดสลับลำดับในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี Reachability Matrix

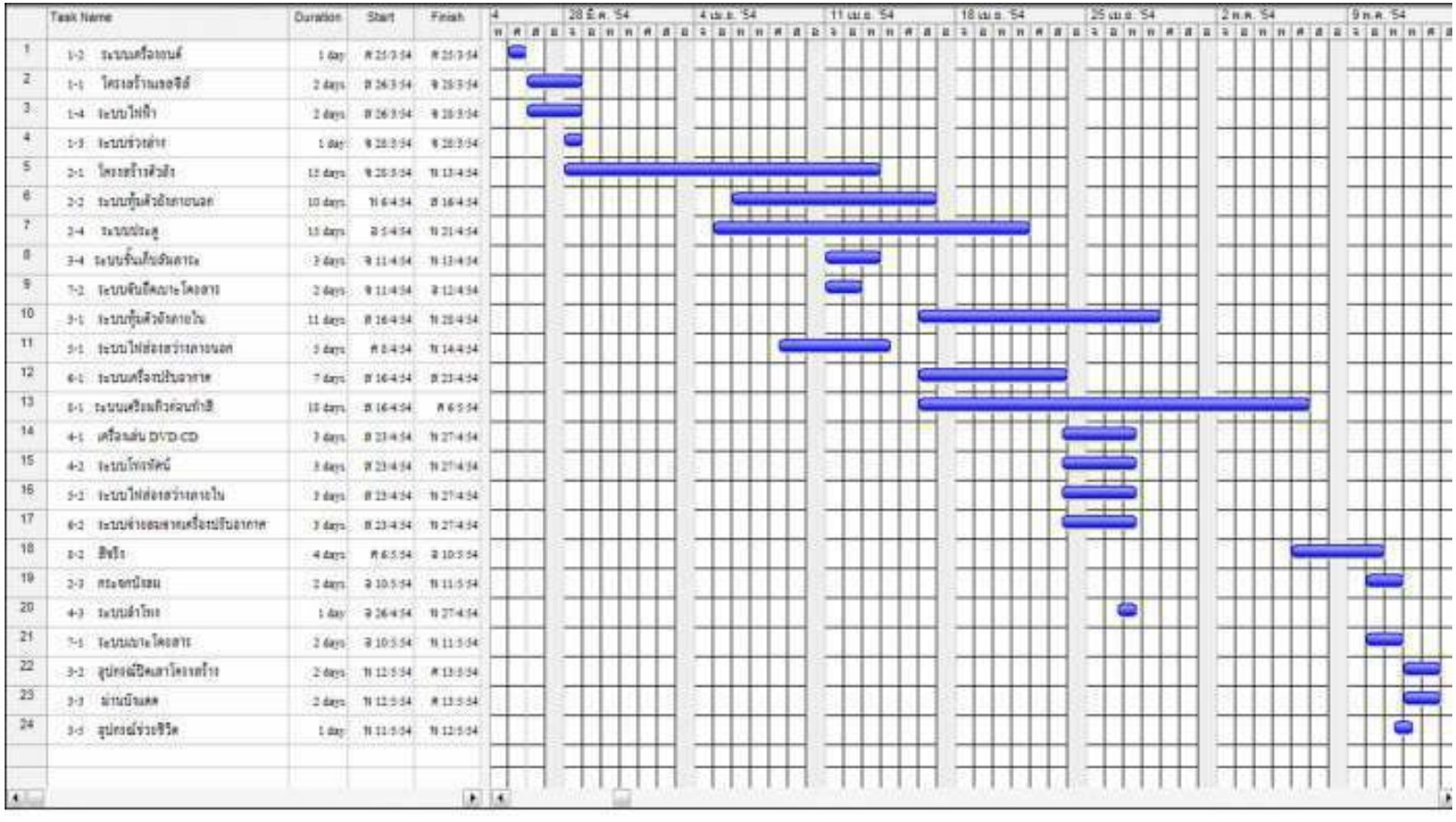
จากนั้นดำเนินการคำนวณเพื่อหาเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม โดยการศึกษาเก็บข้อมูลเวลาการผลิตจากโครงการในอดีต เพื่อนำมาคำนวณค่า Time Factor ที่กิจกรรมก่อนหน้าสามารถทยอยส่งชิ้นงานให้แก่กระบวนการถัดไป (T_F) และแทนค่า T_F **ลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ เมตริกซ์ B และคำนวณค่า** Time Factor (T_S) โดยพิจารณาความสามารถในการเตรียมงานของกิจกรรมถัดไป และแทนค่า T_S ลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ เมตริกซ์ C ดังแสดงในภาพที่ 14 และนำค่า T_F และ T_S ไปคำนวณเพื่อหาค่าเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปจัดทำเป็นแผนการดำเนินงานของโครงการ ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 14 แสดงผลลัพธ์การแทนค่า Time Factor T_p และ T_s

ตารางที่ 2 แสดงค่าตัวแปรจาก time factor สำหรับคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรม และผลจากการคำนวณ

Name	predecessor	$(ES)_i$	B_{ij}	B_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	$(ES)_j$
1-2 ระบบเครื่องแต่	-	-	-	-	-	-	0
1-1 โครงสร้างเหล็ก	1-2 ระบบเครื่องแต่	0	1	1	0	1	1
1-4 ระบบไฟฟ้า	1-2 ระบบเครื่องแต่	0	1	1	0	1	1
1-3 ระบบห่วงล่าง	1-1 โครงสร้างเหล็ก	1	1	1	0	1	2
2-1 โครงสร้างตัวถัง	1-1 โครงสร้างเหล็ก	1	1	1	0	15	2
2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	0.8	15	0.2	10	12
2-4 ระบบกันชน	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	0.8	15	0.2	15	15
2-5 ระบบขึ้นรูปตัวถัง	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0.2	3	16.4
2-2 ระบบจัดพิมพ์และไดอาน	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	2	17
3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	10	17
	2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	12	1	10	0	10	22
3-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	3	17
	2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	12	0.5	10	0.5	3	14.5
3-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	1-2 ระบบเครื่องแต่	0	1	1	0	0	1
	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	0	17
	2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	12	1	10	0	0	22
3-1 ระบบเครื่องดักต่อต่ำที่	2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	12	1	10	0	20	22
3-1 เครื่องเล่น DVD/CD	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	0.9	10	0.1	3	29.7
3-2 ระบบโทรศัพท์	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	0.9	10	0.1	3	29.7
3-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
3-2 ระบบผ่อนคลายเครื่องปรับอากาศ	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	0	17
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
	3-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	22	0.5	6	0.2	0	23.8
3-2 สีพ่น	3-1 ระบบเครื่องดักต่อต่ำที่	22	1	20	0	1	42
3-3 กระจกข้าง	2-2 ระบบขับตัวถังภายนอก	12	1	10	0	2	22
	4-1 ระบบเครื่องดักต่อต่ำที่		1	20	0	2	20
	3-2 สีพ่น	42	1	6	0	2	48
4-1 ระบบล้อ	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	1	2
	4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	29.7	1	3	0.2	1	32.5
	4-2 ระบบโทรศัพท์	29.7	1	3	0	1	32.7
7-1 ระบบระไดอาน	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	2	17
	7-2 ระบบจัดพิมพ์และไดอาน	17	1	2	0	2	19
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	1	10	0	2	32
	3-2 สีพ่น	42	1	6	0	2	48
3-2 ชุดยกเปิดกระโปรงท้าย	2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	1	15	0	2	17
	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	1	10	0	2	41
	3-3 กระจกข้าง	46	1	2	0	2	48
3-3 ล้อมล้อหลัง	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	1	10	0	2	32
	3-2 สีพ่น	42	1	6	0	2	48
	3-3 กระจกข้าง	46	1	2	0	2	48
3-5 ชุดยกมือจับใน	3-1 ระบบขับตัวถังภายใน	22	1	10	0	1	32
	7-1 ระบบระไดอาน	46	1	2	0.5	1	47.5



ภาพที่ 15 แผนภูมิแกนต์แสดงระยะเวลาการผลิต/ประกอบรถยนต์โดยสาร

จากผลทดลองข้างต้นซึ่งเป็นการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้น มาทำการวิคราะห์กระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสารด้วยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน/โมดูลของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ พบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยให้การวิเคราะห์จัดลำดับกระบวนการผลิต/ประกอบตัวถังรถยนต์โดยสารได้อย่างเหมาะสม มากไปกว่านั้นยังพบว่าเวลาที่สูญเสียไปในการดำเนินงานนั้น เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมงานของแต่ละกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมโดยใช้ time factor ที่พิจารณาระยะเวลาในการทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้า และระยะเวลาในการเตรียมงานเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ สามารถช่วยให้ลดรอบเวลาในการประมาณการผลิตโดยรวมได้ ซึ่งเห็นได้จากการที่สามารถลดรอบเวลาในการประมาณการผลิตโดยรวมจากเดิม 90 วัน เหลือเพียง 50 วัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการจัดลำดับงานด้วยเมตริกซ์สำหรับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบสั่งทำ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดของลูกค้า 2) วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน 4) สร้างลำดับการผลิต/ประกอบ 5) คำนวณหาเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมและแสดงผลด้วย แผนภูมิแกนต์ โดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์เมตริกซ์ในการจัดเรียงลำดับกิจกรรมเพื่อลดจำนวนงานย้อนกลับ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลดความซับซ้อนของการจัดลำดับงานภายในโครงการ สำหรับเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของลำดับงานที่ได้ยังสามารถนำมาวิเคราะห์ช่วงเวลาทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้าและช่วงเวลาเตรียมงานของกิจกรรมหลัง เพื่อคำนวณหาเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมและร่นระยะเวลาระหว่างกิจกรรม และนำไปสู่การลดเวลาการทำงานรวมของโครงการ จากการนำวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษากระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสาร พบว่าการวางแผนการดำเนินการผลิตในปัจจุบันได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานหลัก ออกเป็น 9 กลุ่มขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย 1) ประกอบโครงสร้างหลัก 2) หุ้มตัวถังภายนอก 3) ติดตั้งโครงสร้างบนแชสซีส์ 4) ตกแต่งภายใน 5) ทำสี 6) ติดตั้งระบบไฟฟ้า 7) ติดตั้งระบบปรับอากาศ 8) ติดตั้งกระจก 9) ติดตั้งระบบเบาะโดยสาร ซึ่งมีระยะเวลาในการดำเนินโครงการโดยเฉลี่ย 90 วัน จากข้อมูลการดำเนินงานในอดีต หลังจากนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นมาช่วยในการจัดทำแผนการดำเนินงานโครงการพบว่าสามารถจัดกลุ่มงานย่อยออกเป็น 24 กลุ่มขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินโครงการเหลือเพียง 50 วัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่จะสนับสนุนให้องค์กรสามารถจัดเรียงลำดับงานเพื่อบริหารโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในระหว่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และควรมีการแบ่งมุมมองให้ชัดเจนในระหว่างการวิเคราะห์ได้แก่ ความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ ความสัมพันธ์ด้านวัสดุ ความสัมพันธ์ด้านพลังงาน และความสัมพันธ์ด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูล นอกจากนั้นเมื่อจำนวนชิ้นส่วนประกอบมีเป็นจำนวนมากจะทำให้เมตริกซ์มีขนาดใหญ่ อาจส่งผลให้เกิดความยุ่งยากและเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในการวิเคราะห์เมตริกซ์เพื่อจัดลำดับงาน ดังนั้นการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อช่วยในการประมวลผลจะสามารถช่วยลดความผิดพลาดดังกล่าว และเป็นเครื่องมือที่จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้จริงในภาคอุตสาหกรรม

รายการอ้างอิง

Chin, C.H., Ling, S.F., and Chen, W. (2002). Project Scheduling for Collaborative Product Development Using DSM. **International Journal of Project Mangement, 21**, 291 – 299.

Eppinger, S.D., Whitney, D.E, Smith, R.P. & Gebla, D. (1994). A model Based Method for Organizing tasks in Product Development. **Research in Engineering Design, 6**(1), 1-13.

Hashemian, M. (2005). **Design for Adaptability.** PhD Dissertation, Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

Maheswari, J.U., Varghese, K. (2005). Project Scheduling Using Dependency Structure Matrix. **International Journal of Project Management, 23**, 223-230.

Park, P.J. (2007). **Analytic Methods for Design Practice.** Germany : Spinger-Verlag.

Spinner M. (1989). **Improving Project Management Skills and Techniques, Englewood Cliffs.** NJ: Prentice Hall.

Steward, D.V. (1981). The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. **IEEE Transactions on Engineering Management, 28**, 71 – 74.

Suh N.P. (1990). **The Principles of Design.** New York: Oxford University Press.

Warfield, J.N. (1973). Binary Matrices in System Modeling. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 3**(5), 441 – 449.

Yassine, A, Falkenburg, D., and Chelst, K. (1999). Engineering Design Management: an Information Structure Approach. **International Journal Production Research, 37**(13), 2957 - 2975.

Yassine, A. (2004). **An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method.** Product Development Research Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign.