Engng.J.CMU.(2014) 21 (3), 47-55

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

# การบริหารโครงการโดยการสร้างข่ายงานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้

# The Project Management of Constructions Activity Network in Production Process Wood Split Machine

**สุรพงศ์ บางพาน* และ พีรพันธ์ บางพาน**

**Surapong Bangphan* and Phiraphan Bangphan**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ 128 หมู่ 1 ถ.ห้วยแก้ว

ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai Campus, Chiang Mai, 50300, Thailand
E-mail : pong_pang49@yahoo.com*

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพิจารณาบริหารโครงการด้วยการสร้างข่ายงานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้โดยใช้กิจกรรมบนลูกศร กิจกรรมบน node ของข่ายงานและประกอบด้วยข้อมูลลำดับของความแตกต่างสำหรับปัญหาตารางกิจกรรมของโครงการ วัตถุประสงค์เพื่อสร้างข่ายงานอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาความพึงพอใจในการผลิตด้วยวิธีการทำงานมีการควบคุมทุกขั้นตอนการผลิตเป็นกรณีศึกษา วิธีการทำงานซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตข่ายงานและความสัมพันธ์ของแหล่งวิธีการทำงานสำหรับการดำเนินโครงการนี้ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอกิจกรรมที่สามารถดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย ข่ายงานของ PERT &CPM โดยใช้กิจกรรมบนลูกศรและกิจกรรมบน node เป็นหลักสำคัญ และการควบคุมโดยใช้ข่ายงาน PERT &CPM กิจกรรมบนลูกศร และกิจกรรมบน node ในเครื่องย่อยกิ่งไม้พบว่าความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ 50 วัน มีค่าเท่ากับ 99.63% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการอยู่ที่ 1.863

**คำสำคัญ**: เครื่องย่อยกิ่งไม้ การบริหารโครงการ ข่ายงานกิจกรรม เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ เส้นทางวิกฤต

## ABSTRACT

This research consider The project management of constructions activities network in production process of wood split machine by activity on arrow (AOA), activity on node (AON) networks and accompanying data for different ordered of project scheduling problems the objective is to construct suitable networks which desirability products of the works methods used to control the production of a case study. The works methods which are related to the network production process and resource-related works methods are implemented. The proposed activities can be implemented efficiently and integrated with the traditional main focus of PERT &CPM by AOA and AON respectively. Therefore we could conclude that the controlling of production using PERT &CPM by AOA and AON in wood split machine, The probability finish of project is 50 day, equal value to 99.63 % and standard deviation of project is 1.863.



Received 10 October 2013
Accepted 6 January 2014

**KEYWORDS :** Wood Split Machine, Activity Network, Project Management, Program Evaluation and Review Technique (PERT), Critical Path Method (CPM)

## 1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศร้อนชื้น ดังนั้นจึงมีพืชพรรณขึ้นมากมายหลายชนิดในหน้าฝนพืชพรรณเหล่านี้อาจดูสวยงามเมื่อได้รับน้ำที่อุดมสมบูรณ์แต่ทว่าในหน้าร้อนพืชพรรณเหล่านี้กลับสลัดใบทิ้งทำให้ความสวยงามนั้นหมดไปกิ่งและใบที่แห้งเหี่ยวเหล่านั้นก็ร่วงหล่นลงสู่พื้นดินทำให้กลายเป็นขยะมูลฝอยพอนานเข้าจะกลายเป็นปุ๋ยต่อไป สิ่งเหล่านี้ คือ ความสมดุลของธรรมชาติ แต่พืชพรรณที่อยู่ในเมืองใหญ่เมื่อสลัดใบทิ้งเสร็จแล้วจะกลายเป็นขยะมูลฝอยเช่นกัน แต่ขยะเหล่านี้ไม่ได้มีเวลาในการย่อยสลายเหมือนอยู่ตามธรรมชาติ เพราะความเร่งรีบของเมืองใหญ่ วิธีเดียวที่จะกำจัดให้ขยะเหล่านี้หายไปอย่างรวดเร็วนั่นคือ การเผา ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหามลพิษตามมาภายหลังในความเป็นจริงแล้วยังมีวิธีอื่นในการกำจัดขยะเหล่านี้ซึ่งจะช่วยให้ความสมดุลของธรรมชาตินั้น การสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ เพื่อต้องการช่วยขจัดขยะมูลฝอยโดยเฉพาะเศษใบไม้ต่างๆ แปรสภาพเป็นปุ๋ยหมักหรือนำกลับไปใช้งานในรูปพลังทดแทน ต่อไป เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความคิดที่จะดำเนินโครงการสร้างข่ายงานกิจกรรมการผลิตในเครื่องย่อยกิ่งไม้โดยใช้เครือข่ายกิจกรรมด้วย PERT & CPM โดยใช้ AOA, AON และคำนวณหาเส้นทางวิกฤต (critical path) ช่วยในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 1.1 ความเป็นมาของ PERT และ CPM

PERT พัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2501 โดยกองทัพเรือสหรัฐร่วมกับ บูซ แอลเลน และ แฮมิลตัน (Booz Allen and Hamilton) และ ล็อกฮีด แอร์คราฟต์ (Lockheed Aircraft) เพื่อใช้ในการบริหารโครงการขีปนาวุธโพลาริส (Polaris) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ ประกอบด้วยผู้รับเหมาช่วง (subcontractor) มากกว่า 9,000 ราย ลักษณะของโครงการเป็นการวิจัยและพัฒนา และมีการผลิตส่วนประกอบใหม่ๆ ซึ่งไม่เคยมีผู้ใดผลิตมาก่อน ดังนั้นการประมาณระยะเวลาในการดำเนินการต่างๆ ในโครงการ จึงไม่สามารถกำหนดลงไปได้แน่นอน ตายตัว จำเป็นต้องนำเอาแนวความคิดของความน่าจะเป็น (probability concept) เข้ามาประกอบด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า จุดเด่นของ PERT คือ การสามารถนำไปใช้กับโครงการที่มีเวลาดำเนินงานไม่แน่นอน ส่วน CPM พัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2500 โดย เจ.อี. เคลลี (J.E. Kelly) แห่งบริษัทเรมิงตัน แรนด์ (Remington Rand) ร่วมกับ เอ็ม. อาร์. วอล์กเกอร์ (M.R. Walker) แห่งบริษัทดูปองต์ (DuPont) เพื่อใช้ในโครงการก่อสร้างและซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงานเคมี โดยเน้นในด้านการวางแผนและควบคุมเวลา ตลอดจนค่าใช้จ่ายโครงการ CPM มักจะนำไปใช้กับโครงการที่ผู้บริหารเคยมีประสบการณ์มาก่อน และสามารถประมาณเวลารวมทั้งค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการได้แน่นอน [1]

**ความแตกต่างระหว่าง PERT และ CPM** ข้อแตกต่างชัดเจนระหว่าง PERT และ CPM คือ เวลาในการทำกิจกรรม กล่าวคือ เวลาในการทำกิจกรรมของ PERT จะเป็นเวลาโดยประมาณซึ่งคำนวณได้ด้วยการใช้ความน่าจะเป็น PERT จึงใช้กับโครงการที่ไม่เคยทำมาก่อน หรือโครงการซึ่งไม่สามารถเก็บรวบรวมเวลาของการทำกิจกรรมได้ เช่น โครงการพัฒนาวิจัย ส่วน CPM นั้นเวลาที่ใช้ในกิจกรรมจะเป็นเวลาที่แน่นอน ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลที่เคยทำมาก่อน เช่น อัตราการทำงานของงานแต่ละประเภท อัตราการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น CPM จึงใช้กับโครงการที่เคยทำมาก่อน ซึ่งมีความชำนาญแล้ว เช่น งานก่อสร้าง ชิ้นส่วนประกอบเครื่องจักรกลการเกษตร ส่วนประกอบเครื่องย่อยกิ่งไม้ [1]

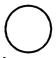
### 1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างข่ายงาน

การสร้างข่ายงาน (network)

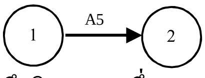
ข่ายงาน (network) คือ แผนภูมิหรือไดอะแกรมที่เขียนขึ้นแทนกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องทำในโครงการ โดย

แสดงรายละเอียดกิจกรรมในโครงการและลำดับการทำงานของกิจกรรมหรืองานย่อยๆ ตามลำดับก่อนหลังของกิจกรรม ทำให้ได้ภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น การสร้างข่ายงานมี 2 แบบ คือ

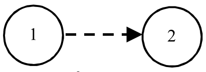
1. กิจกรรมบนจุดเชื่อมแบบ activity on arrow (AOA) เป็นการเขียนข่ายงานโดยใช้เส้นเชื่อม arrow แทนกิจกรรม โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ดังนี้


แทน จุดเชื่อมต่อกับ node แสดงถึงเหตุการณ์เริ่มต้นหรือสิ้นสุดของกิจกรรมซึ่งวงกลมจะมีตัวเลขกำกับ โดยเริ่มจากเลขน้อยอยู่ทางซ้ายของข่ายงาน และเลขมากอยู่ทางขวาของข่ายงาน

แทน กิจกรรมที่ต้องทำ โดยมีหัวลูกศรแสดงถึงการสิ้นสุดของกิจกรรมนั้นๆ กิจกรรม 1 กิจกรรมจะเขียนแทนด้วยลูกศร 1 อัน ซึ่งมักเป็นเส้นตรง

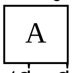


เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเชื่อมแสดงถึงกิจกรรม ซึ่งสามารถตั้งชื่อว่า A มีเวลาเท่ากับ 5 ส่วนหมายเลข 1 และ 2 หมายถึงเลขกำกับ node สำหรับของกิจกรรม A

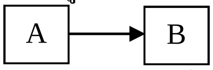


เส้นประที่เชื่อมระหว่างจุดเชื่อมแสดงถึงกิจกรรมสมมติ (dummy activity) คือเป็นกิจกรรมที่ไม่มีตัวตนจริงๆ ในโครงการ แต่นำมาใส่ในข่ายงานเพื่อช่วยในการแสดงขั้นตอนการดำเนินงานของกิจกรรมบางกิจกรรมให้ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงส่วนหมายเลข 1 และ 2 หมายถึงเลขกำกับ node

2. กิจกรรมบนจุดเชื่อมแบบ activity on node (AON) เป็นการเขียนข่ายงานโดยใช้จุดเชื่อมแทนกิจกรรม มีสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้



จุดเชื่อม แสดงกิจกรรม A จุดเชื่อมอาจใช้รูปสี่เหลี่ยม หรือวงกลมก็ได้



เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมหรือลำดับการทำงาน เช่น ตามตัวอย่างเมื่อทำกิจกรรม A เสร็จแล้วจึงทำกิจกรรม B ได้ อย่างไรก็ตาม เราจะใช้การเขียนข่ายงานแบบที่ 2 เนื่องจากเขียนได้ง่ายกว่า และยังไม่จำเป็นต้องใช้งานสมมติเข้ามาช่วยด้วย และจะใช้รูปสี่เหลี่ยมเป็นจุดเชื่อมเนื่องจากแสดงข้อมูลได้มากกว่า (บางครั้งต้องใส่ระยะเวลาลงไปด้วย)

**หลักในการเขียนข่ายงาน** มีดังนี้

1. จุดเริ่มต้นหรือเหตุการณ์เริ่มต้นของโครงข่ายงานต้องมีเพียง 1 จุด และจุดสิ้นสุดโครงข่ายงานต้องมีเพียงจุดเดียวหรือเหตุการณ์เดียวเท่านั้น

2. นิยมเขียนข่ายงานไปทางแนวนอน กล่าวคือ จุดเริ่มต้นของโครงการอยู่ทางซ้ายมือ และจุดสิ้นสุดของโครงการอยู่ทางขวามือ (ไม่นิยมเขียนจากบนลงล่าง)

3. ในการเขียนโครงข่ายงานหรือผังลูกศรจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

3.1 ขณะที่กำลังเขียนงานนี้อยู่ มีงานใดต้องทำก่อนบ้าง

3.2 ขณะที่กำลังเขียนงานนี้อยู่ มีงานใดต้องทำหลังจากงานนี้บ้าง

3.3 ขณะที่กำลังเขียนงานนี้อยู่ มีงานใดต้องทำไปพร้อมๆ กับงานนี้บ้าง

4. พยายามหลีกเลี่ยงลูกศรตัดกัน [1]

**1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อสร้างข่ายงานกิจกรรมในกระบวนการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้

2. เพื่อหาข่ายงานกิจกรรมข่ายงานที่เหมาะสมและดีที่สุดในกระบวนการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้

**1.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวกับงานวิจัย**

การใช้ข่ายงานเพื่อทำการวิเคราะห์โครงการโดยทำการหาเส้นทางวิถีวิกฤตซึ่งนำมาเพื่อทำการปรับปรุงโครงการให้เหมาะสมและดีที่สุด จากการสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังเช่น Frank [3] ได้ศึกษาข่ายงานแบบสุ่มของ Markov คือรูปแบบสำหรับรอยต่อการกระจายความน่าจะเป็นโดยตัวแปรสุ่มสามารถที่จะประยุกต์ระหว่างการเชื่อมกับส่วนหนึ่งของ node นั้นๆ รูปแบบจำลองนี้เป็นรูปแบบจำลองที่ไม่ต้องแสดงโดยรูปภาพสอดคล้องกับข่ายงานของ Bayesian ส่วน Lazega [4] ได้เสนอ ข่ายงานแบบสุ่มของ Markov มีการขยายข่ายงานในรูปแบบจำลองแต่ละชนิด หุ่นจำลอง

ประกอบด้วยหุ่นจำลองแบบ Hierarchical ส่วน T Zhao และ C-L Tseng [5] ได้ศึกษาการบันทึกกิจกรรมลอยตัวในข่ายงานกิจกรรมบนลูกศร พบว่าในตารางเวลาของโครงการ มีเวลาลอยตัวอิสระสำหรับแทนด้วยกิจกรรมการลอยตัวของตารางเวลาของกิจกรรมภายนอกมีผลกระทบต่อกิจกรรมส่วนย่อยตามลำดับ สำหรับตัวอย่างข่ายงานกิจกรรมบนลูกศร activity-on-arrow (AOA) ดังเช่น Erik Demeulemeester, Mario Vanhoucke, และ Willy Herroelen [6] ได้ศึกษาการกำเนิดข่ายงานแบบสุ่มสำหรับข่ายงานกิจกรรมบน node: RanGen การกำเนิดข่ายงานกิจกรรมบน node และข้อมูลที่ร่วมกันสำหรับความแตกต่างของลำดับชั้นโดยปัญหาตารางเวลาหลักของโครงการ วัตถุประสงค์คือ การสร้างข่ายงานแบบสุ่ม ทั้งนี้เพื่อปรับค่าใหม่ในการใช้ค่าพารามิเตอร์มาควบคุมตัวอย่างของปัญหา ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองที่มีความสัมพันธ์เป็นแบบข่ายงานรูปทรงเรขาคณิตและแหล่งที่มาที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์คือการดำเนินงาน การกำเนิดข่ายงานอาจพบกับความล้มเหลวที่เกิดจากข่ายงานกิจกรรมก่อนหน้า เนื่องจากข่ายงานการจ้างงานมีขอบเขตที่กว้างสำหรับความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ซึ่งอาจจะมีการแสดงการทำนายความเป็นไปได้สำหรับปัญหาความแตกต่างตารางเวลาหลักของค่าพารามิเตอร์ในโครงการ บางส่วนของข่ายงานอาจมีการดำเนินงานในการกำเนิดข่ายงานก่อนหน้าหรืออาจจะไม่มีก็เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าการนำเทคนิคข่ายงานมาบริหารโครงการจึงมีความจำเป็นต่อกระบวนการผลิต การนำเทคนิคข่ายงานมาควบคุมโครงการสามารถทราบปัญหาของสายงานใน network การผลิต ว่าควรจะกำหนดเวลาช้าสุด และเร็วสุด เมื่อใด ซึ่งสามารถช่วยให้ประหยัดเวลาในการผลิต งบประมาณ ตลอดจนการว่าจ้างงาน คุ้มค่ากับการลงทุนในกิจการนั้นๆ การบริหารโครงการเชิงวิศวกรรมต้องพิจารณา 4 m เช่น คน (man) เครื่องจักร (machine) วัสดุ (material) และวิธีการทำงาน (method) นอกจากนี้แล้วต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ความเสี่ยง และคุณภาพของโครงการ ตลอดจนระยะเวลาในการบริหารโครงการหรือการออกแบบในการสร้างโครงการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้วางแผนไว้ [2]

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 ศึกษารายละเอียดของชิ้นส่วนประกอบเครื่องย่อยกิ่งไม้

ศึกษารายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้ และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข่ายงาน ส่วนกรรมวิธีการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้เริ่มต้นที่กิจกรรม A กล่าวคือสร้างและประกอบแผ่นประคองด้านข้างทั้งสองซึ่งเป็นฐานหลักโดยใช้เวลาดำเนินงานประมาณ 5 วัน เป็นกิจกรรมเริ่มต้นของการสร้างข่ายงานส่วนรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมและจำนวนวันทำการผลิต และประกอบ แสดงดังตารางที่ 1

### 2.2 วิธีการวิจัย

หลังจากศึกษารายละเอียด วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตและประกอบ ทำการวิเคราะห์ข่ายงานเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ข่ายงานที่สร้างขึ้น เพื่อหาเส้นทางวิกฤติ (critical path) ซึ่งประกอบด้วยงานต่างๆ ที่มีความสำคัญ หรือ กิจกรรมวิกฤติ (critical activity) ซึ่งนับเป็นงานที่กำหนดและควบคุมการแล้วเสร็จของโครงการ เนื่องจากหากงานเหล่านี้ล่าช้าไปจะทำให้โครงการเสร็จช้าไปด้วย ส่วนกิจกรรมที่ไม่วิกฤติ (non-critical activity) เป็นงานที่อาจล่าช้ากว่าที่กำหนดไว้ได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยไม่กระทบกระเทือนต่อเวลาเสร็จสิ้นโครงการ เส้นทางวิกฤตินี้จะเป็นเส้นทางที่มีระยะเวลายาวนานที่สุดของโครงการ ซึ่งระยะเวลาการดำเนินของเส้นทางวิกฤติ เรียกว่า ระยะเวลาวิกฤติ (critical time) [2-3]

**ตารางที่ 1** ชิ้นส่วนประกอบเครื่องย่อยกิ่งไม้

| ลำดับที่ | กิจกรรม | รายละเอียด | กิจกรรมก่อนหน้า | เวลางาน (วัน) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | A | แผ่นด้านข้างทั้งสอง | - | 5 |
| 2 | B | แผ่นกลาง | A | 2 |
| 3 | C | แกนเพลา | B | 1 |
| 4 | D | ชุดย่อยใบไม้ | C | 3 |
| 5 | E | ชุดตีกิ่งไม้ | C | 2 |
| 6 | F | แผ่นประคองชุดตีกิ่งไม้ | C | 1 |
| 7 | G | โครงเหล็กประคองบน | D,E,F | 3 |
| 8 | H | โครงเหล็กประคองกลาง | G | 1 |
| 9 | I | โครงเหล็กประคองล่าง | H | 2 |
| 10 | J | ตะแกรงรอง | I | 2 |
| 11 | K | ประกอบชุดทั้งสอง | G,J | 3 |
| 12 | L | ประกอบแบริ่ง | J | 2 |
| 13 | M | ประกอบชุดใบตี | J,K | 3 |
| 14 | N | ประกอบโครงกลาง | M | 4 |
| 15 | O | ประกอบโครงล่าง | M | 5 |
| 16 | P | ประกอบแผ่นกั้นกลาง | M | 5 |
| 17 | Q | ประกอบแผ่นกั้นด้านข้าง | M | 4 |
| 18 | R | ติดตั้ง pulley และ belts | N,O,P,Q | 2 |
| 19 | S | ประกอบชุดใส่ใบไม้ | R | 3 |
| 20 | T | ประกอบแผ่นกั้นด้านหน้า-หลัง | S | 2 |
| 21 | U | ประกอบชุดทางลงเศษใบไม้ | S | 1 |
| 22 | V | ประกอบตัวรองฐานเครื่อง | T,U | 2 |
| 23 | W | ประกอบฐานมอเตอร์ | V | 2 |
| 24 | X | ติดตั้งมอเตอร์และชุดควบคุม | W | 1 |

### 2.2.1 การคำนวณหาเส้นทางวิกฤติ (critical path)

การหาเวลาเร็วที่สุด ช้าที่สุดและเวลาล่าช้าของกิจกรรมนั้นๆ หาได้ดังนี้

ES = เวลาเร็วที่สุดที่จะเริ่มต้นของกิจกรรม

EF = เวลาเสร็จสิ้นอย่างเร็วที่สุดของแต่ละกิจกรรม

duration = ช่วงระยะเวลาของกิจกรรม [1-2]

เมื่อ EF = ES + duration (1)

ถ้ามีหลายกิจกรรมเลือกค่า ES ของกิจกรรมนั้นเท่ากับ EF ที่สูงที่สุดของกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องทำเสร็จ

LS = เวลาช้าที่สุดที่จะเริ่มต้นกิจกรรมนั้นๆ โดยไม่ทำให้เวลาของโครงการเปลี่ยนไป

LF = เวลาเสร็จสิ้นอย่างช้าที่สุดของแต่ละกิจกรรม โดยไม่ทำให้เวลาของโครงการเปลี่ยนไป

การคำนวณหาเวลา LS และ LF คำนวณเริ่มจากจุดสิ้นสุดโครงการย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้นโครงการ โดยกำหนดให้งานที่จุดสิ้นสุดของโครงการมีค่า LF เท่ากับระยะเวลาในการทำโครงการ หรือ EF = LF และสามารถคำนวณกำหนดเวลาเริ่มต้นอย่างช้าที่สุดได้จากสูตร [1-2]

$$LS = LF - duration \quad (2)$$

การคำนวณหาเวลาที่เหลือหรือเวลาที่ยืดหยุ่นได้ (slack time) เวลาที่เหลือ หรือเวลาที่ยืดหยุ่นได้ (slack: SL) คือ จำนวนเวลาที่งานต่างๆ จะล่าช้าได้ โดยไม่กระทบกำหนดเวลาเสร็จสิ้นของโครงการ มีสูตรในการหา ดังนี้

$$SL = LS - ES\ ,\ SL = LF - EF \quad (3)$$

คำนวณหาความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ

**2.2.2 การคำนวณเวลาของงาน**

การคำนวณเวลาที่คาดหวังไว้ของงานและเวลาที่คาดหวังไว้สำหรับข่ายงานทั้งหมดหาได้จาก [1-2]

$$\exp ected\ value(t_e) = \frac{a+4m+b}{6} \quad (4)$$

เมื่อ a = ค่าคาดหวังเวลาในแง่ดี (optimistic time estimate)

m = ค่าคาดหวังที่น่าจะเกิดขึ้นมากที่สุด (most likely time estimate)

b = ค่าคาดหวังที่มองในแง่ร้าย (pessimistic time estimate) [1-2]

การประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลากิจกรรมหาได้จาก

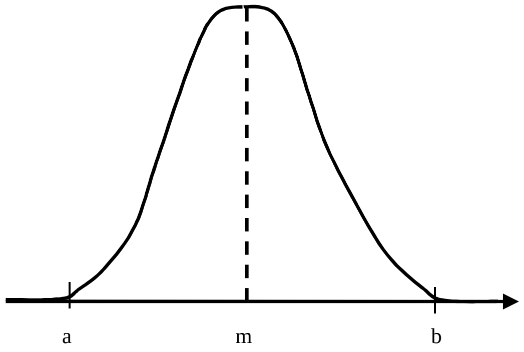
$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (5)$$

โอกาสความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จของเวลากิจกรรมนั้นๆ คือความแปรปรวนแบบสุ่มที่แสดงเป็นนัยสำคัญของเวลาเสร็จสิ้นสำหรับโครงการเป็นความ

แปรปรวนแบบสุ่มด้วยเช่นกัน เวลาของกิจกรรมนั้นคือศักยภาพความแปรปรวนในเวลาเสร็จสิ้นทั้งหมด [2] ความแปรปรวนของเวลาที่เสร็จสิ้นของโครงการ $\sigma^2$ สอดคล้องกับสมการที่ 5 ดังนั้นค่าคาดหวังเวลาจะแล้วเสร็จของโครงการ $\mu_p$ ได้มาจากความแปรปรวนของเวลาแล้วเสร็จ $\sigma_p$ หาได้จาก [2]

$$\mu_p \quad \max(EF) = \max(LF) \qquad (6)$$

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้าประกอบด้วยค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดและค่าความหวังของโครงการที่คาดว่าจะแล้วเสร็จของกิจกรรม แสดงความแตกต่างการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติกับลำดับที่ไม่มีขอบเขตของค่าใดๆ การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้าสามารถใช้กับชนิดต่างๆของรูปแบบของข้อมูล ชนิดของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้าแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงโอกาสความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ



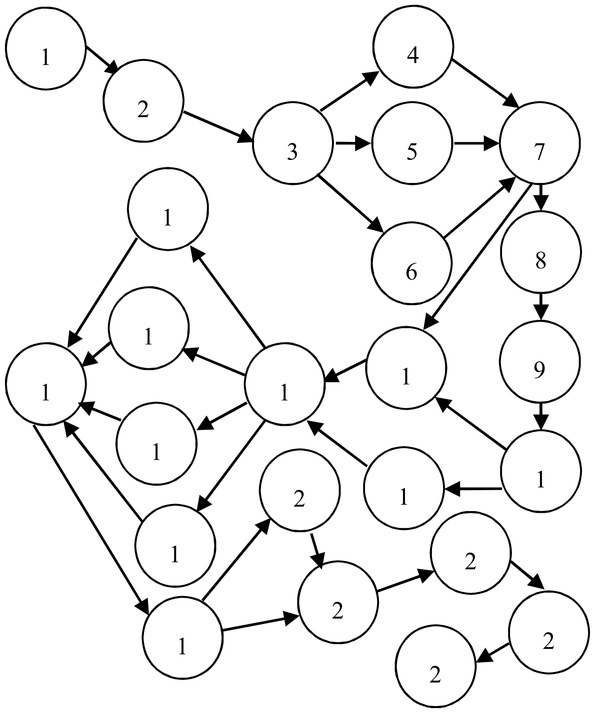

**รูปที่ 1** การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้า

ความแปรปรวนในเวลาที่แล้วเสร็จของโครงการหาได้จาก

$$\sigma_p = \sqrt{\begin{matrix} sum\ of\ the\ variance\ of\ the\ duration \\ for\ the\ activities\ in\ the\ critical\ path \end{matrix}} \qquad (7)$$

### 3. ผลการวิจัย

การคำนวณจากค่าตารางที่ 1 ได้ค่าแสดงดังตารางที่ 2 โดยที่กิจกรรม A เริ่มต้นทำได้ทันที ดังนั้นค่า ES ของกิจกรรม A = 0 คำนวณกำหนดเวลาเสร็จอย่างเร็วที่สุดของกิจกรรม A ได้ EF = 0 + 5 = 5 วัน การคำนวณกิจกรรม X เป็นกิจกรรมสุดท้ายของโครงการ ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรม X มีค่าเท่ากับ 45 กิจกรรม X ใช้เวลาดำเนินงาน 1 วัน คำนวณค่า LS ของกิจกรรม X = 45 - 1 = 44 และการคำนวณค่า slack เช่นกิจกรรม A=LF=EF = 5-5 = 0 วัน การคำนวณกิจกรรม G ต่อจากกิจกรรมมี 3 กิจกรรม คือ D, E, F เลือกค่ามากสุดได้ คือ D = 13 (EF) เพราะฉะนั้น ค่า EF=ES+D = 13+3 =6 วัน ค่า K ต่อจาก G, J เลือกค่ามากสุดได้เท่ากับค่า EF ของ J (22) ดังนั้นค่า EF=ES+D = 22+3 = 25 วัน ค่า M ต่อจาก K, L เลือกค่ามากสุดได้ คือ K = 25 (EF) เพราะฉะนั้น ค่า EF=ES+D = 25+3 =28 วัน ค่า R ต่อจาก N, O, P, Q เลือกค่ามากสุดได้ คือ O, P = 33 (EF) เพราะฉะนั้น ค่า EF=ES+D= 33+2=35 วัน และส่วนค่าที่เหลือในการหาค่า ES,EF,LS,LF และ slack แสดงดังตารางที่ 2 รูปที่ 2 และ 3 ส่วนตารางที่ 3 เวลาคาดหวังของกิจกรรมและความแปรปรวนสำหรับโครงการนี้



**รูปที่ 2** กิจกรรมบนลูกศรของการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้

**ตารางที่ 2** ค่าที่ได้จากการคำนวณ

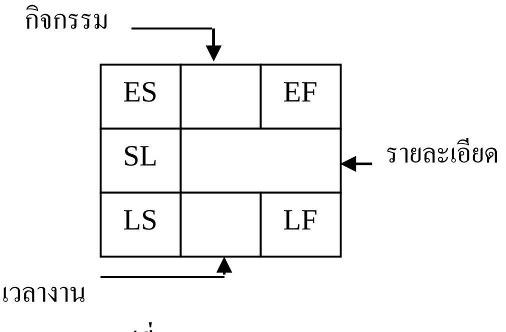
| ลำดับที่ | กิจกรรม | กิจกรรมก่อนหน้า | เวลางาน (วัน) | ES | EF | LS | LF | SL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | - | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| 2 | B | A | 2 | 5 | 7 | 6 | 8 | 1 |
| 3 | C | B | 1 | 8 | 9 | 8 | 9 | 0 |
| 4 | D | C | 3 | 10 | 13 | 10 | 13 | 0 |
| 5 | E | C | 2 | 10 | 12 | 11 | 13 | 1 |
| 6 | F | C | 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 2 |
| 7 | G | D,E,F | 3 | 13 | 16 | 13 | 16 | 0 |
| 8 | H | G | 1 | 16 | 17 | 17 | 18 | 1 |
| 9 | I | H | 2 | 18 | 20 | 18 | 20 | 0 |
| 10 | J | I | 2 | 20 | 22 | 20 | 22 | 0 |
| 11 | K | G,J | 3 | 22 | 25 | 22 | 25 | 0 |
| 12 | L | J | 2 | 22 | 24 | 23 | 25 | 1 |
| 13 | M | K,L | 3 | 25 | 28 | 25 | 28 | 0 |
| 14 | N | M | 4 | 28 | 32 | 29 | 33 | 1 |
| 15 | O | M | 5 | 28 | 33 | 28 | 33 | 0 |
| 16 | P | M | 5 | 28 | 33 | 28 | 33 | 0 |
| 17 | Q | M | 4 | 28 | 32 | 29 | 33 | 1 |
| 18 | R | N,O,P,Q | 2 | 33 | 35 | 33 | 35 | 0 |
| 19 | S | R | 3 | 35 | 38 | 35 | 38 | 0 |
| 20 | T | S | 2 | 38 | 40 | 38 | 40 | 0 |
| 21 | U | S | 1 | 38 | 39 | 39 | 40 | 1 |
| 22 | V | T,U | 2 | 40 | 42 | 40 | 42 | 0 |
| 23 | W | V | 2 | 42 | 44 | 42 | 44 | 0 |
| 24 | X | W | 1 | 44 | 45 | 44 | 45 | 0 |

ความแปรปรวนในเวลาที่แล้วเสร็จของโครงการ หาได้จากเส้นทางวิกฤตของโครงการ

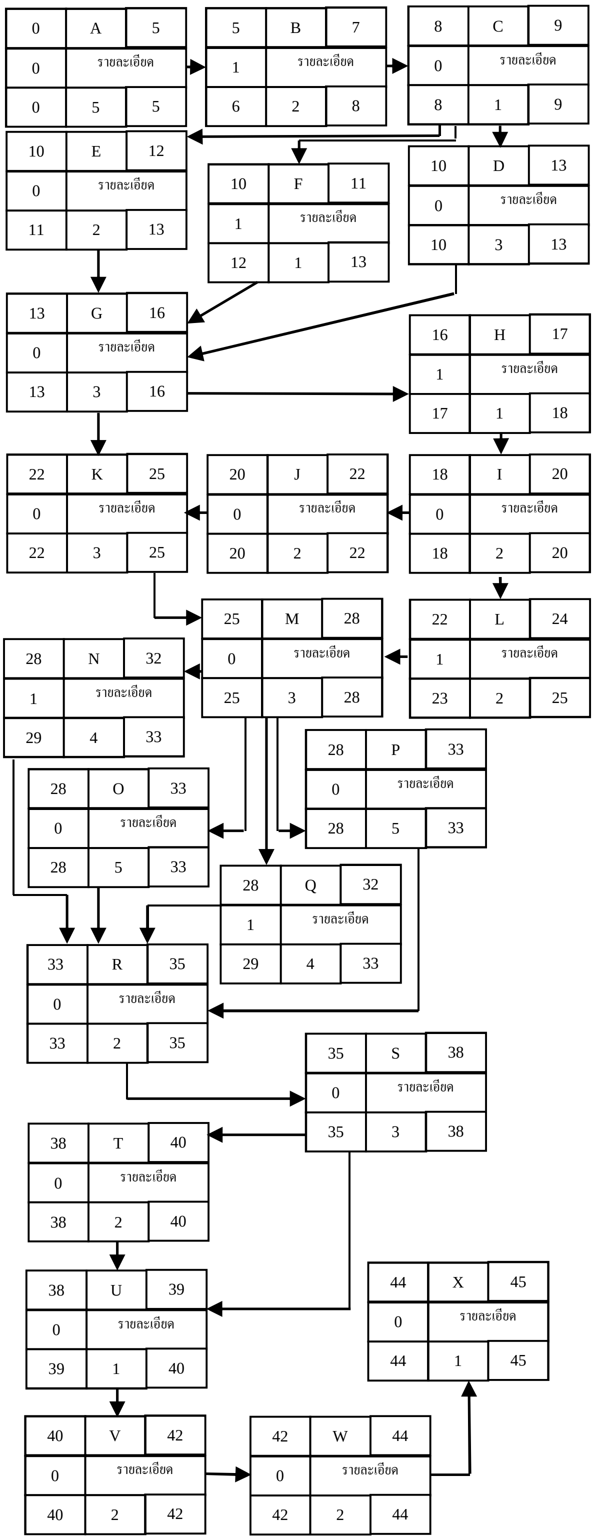
เส้นทางวิกฤตของการสร้างข่ายงานกิจกรรมกระบวนการผลิตในเครื่องย่อยกิ่งไม้คือ

A→B→C→D→G→H→I→J→K→M→N→O→R→S→T→U→V→W→X

ความหมายของกิจกรรม รายละเอียดและการหา ES, EF, LS, LF และค่า SL แสดงดังรูปที่ 3




**รูปที่ 3** node diagram




**รูปที่ 4** กิจกรรมบน node ของการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้

จากข้อมูลตารางที่ 3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการคือ

$$\sigma_p = \sqrt{\begin{array}{l}\mathrm{var}(A)+\mathrm{var}(B)+\mathrm{var}(C)+\mathrm{var}(D)+\mathrm{var}(G)+\mathrm{var}(H)\\ +\mathrm{var}(I)+\mathrm{var}(J)+\mathrm{var}(K)+\mathrm{var}(M)+\mathrm{var}(N)+\mathrm{var}(O)\\ +\mathrm{var}(R)+\mathrm{var}(S)+\mathrm{var}(T)+\mathrm{var}(U)+\mathrm{var}(V)+\mathrm{var}(W)\\ +\mathrm{var}(X)\end{array}}$$

**หมายเหตุ**

var (A, B, .., X) = variance (ความแปรปรวนของกิจกรรม A, B, .., X)

$$\sigma_p = \sqrt{\begin{array}{l}0.250+0.250+0.111+0.111+0.250+0.250+0.250\\ +0.111+0.111+0.444+0.444+0.111+0.111+0.111\\ +0.111+0.111+0.111+0.111+0.111\end{array}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{3.47} \quad = 1.863$$

**ตารางที่ 3** ค่าความคาดหวังที่คำนวณได้

| act | a | m | b | te | $\sigma^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 5 | 6 | 8 | 6.167 | 0.250 |
| B | 2 | 3 | 5 | 3.167 | 0.250 |
| C | 1 | 2 | 3 | 2.000 | 0.111 |
| D | 3 | 4 | 5 | 4.000 | 0.111 |
| E | 2 | 3 | 6 | 3.333 | 0.444 |
| F | 1 | 3 | 5 | 3.000 | 0.444 |
| G | 3 | 4 | 6 | 4.167 | 0.250 |
| H | 1 | 2 | 4 | 2.167 | 0.250 |
| I | 2 | 3 | 5 | 3.167 | 0.250 |
| J | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.111 |
| K | 3 | 4 | 5 | 4.000 | 0.111 |
| L | 2 | 4 | 6 | 4.000 | 0.444 |
| M | 3 | 5 | 7 | 5.000 | 0.444 |
| N | 4 | 6 | 8 | 6.000 | 0.444 |
| O | 5 | 5 | 7 | 5.333 | 0.111 |
| P | 5 | 7 | 9 | 7.000 | 0.444 |
| Q | 4 | 6 | 8 | 6.000 | 0.444 |
| R | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.111 |
| S | 3 | 4 | 5 | 4.000 | 0.111 |
| T | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.111 |
| U | 1 | 2 | 3 | 2.000 | 0.111 |
| V | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.111 |
| W | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.111 |
| X | 1 | 2 | 3 | 2.000 | 0.111 |

โครงการนี้จะแล้วเสร็จภายใน 50 วัน ดังนั้นโอกาสที่โครงการจะทำเสร็จหาได้จาก

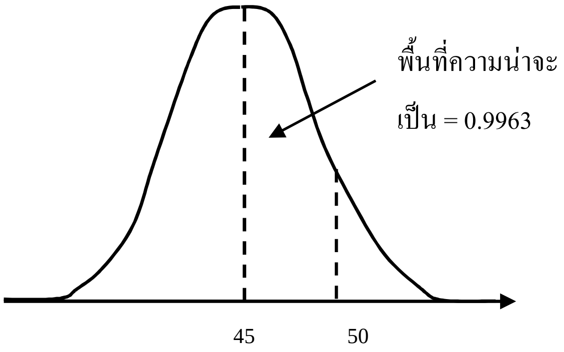
$$z = \frac{X - \mu_p}{\sigma_p} \qquad (8)$$

X คือ เวลาที่ต้องการให้โครงการแล้วเสร็จ

ดังนั้นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติจะเท่ากับ

$$z = \frac{50-45}{1.863} = 2.68$$

เปิดตารางค่า Z = 0.9963 ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จในวันที่ 50 เท่ากับ 99.63% หรือพื้นที่ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จแสดงดังรูปที่ 5




**รูปที่ 5** พื้นที่ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ

**3.1 การผลิตส่วนประกอบของเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ได้จากการสร้างข่ายงานและเส้นทางวิกฤต**

ในการผลิตส่วนประกอบของเครื่องย่อยกิ่งไม้ที่ได้จากการคำนวณและขั้นตอนการผลิตแสดงดังตารางที่ 2 และแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งมีส่วนประกอบและรายละเอียดค่อนข้างมาก บางครั้งกิจกรรมที่กำหนดใน ตารางที่ 1 และได้ผลลัพธ์ตารางที่ 2 แต่ละกิจกรรมต้องมีการ merge กันบ้าง แต่ละกิจกรรมที่ทำเสร็จก่อนจำเป็นต้องรอกิจกรรมถัดไป บางกิจกรรมมีการข้ามขั้นตอนของกิจกรรม เพราะว่าในช่วงเวลาที่ทำการผลิตไม่เป็นไปตามแผนโครงการที่วางไว้ กล่าวคือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต มีจำนวนผู้ใช้มาก เพราะว่าเป็นเครื่องจักรและอุปกรณ์ของสถานศึกษา ในการศึกษาวิจัยนี้กำหนดให้เวลามากสุดเท่ากับ 50 วัน เส้นทางวิกฤตหรือเวลาลอยตัวอิสระที่ได้เท่ากับ 45 วัน

ดังนั้น เส้นทางวิกฤตสำหรับการสร้างข่ายงานกิจกรรมกระบวนการผลิตเครื่องย่อยกิ่งไม้มีค่าเท่ากับ

A→B→C→D→G→H→I→J→K→M→N→O→R→S→T→U→V→W→X

การประมาณค่าช่วงระยะเวลาของโครงการ = 45 วัน

และความแปรปรวนในเวลาที่แล้วเสร็จของโครงการหาได้จากเส้นทางวิธีวิกฤตของโครงการแสดงดังตารางที่ 2 คือค่า ES, EF, LS, LF และค่า SL ที่ได้จากการคำนวณ และค่าความคาดหวังที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

เพราะฉะนั้นค่าความน่าจะเป็นของโครงการคือ 50 วัน มีค่าเท่ากับ 99.63% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการเท่ากับ 1.863

## 4. สรุปผลการวิจัย

การบริหารโครงการโดยใช้ข่ายงานกิจกรรมมาควบคุมกระบวนการผลิตในเครื่องย่อยกิ่งไม้ ทำให้ทราบผลดำเนินงานเป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ มีขั้นตอนในการทำแต่ละกิจกรรม (บางช่วงเวลาของแต่ละกิจกรรมไม่เป็นไปตามแผนงาน) ซึ่งแต่ละกิจกรรมเชื่อมโยงสัมพันธ์กิจกรรมทั้งหมด โดยใช้เวลาน้อยในการสร้างเครื่อง เป้าหมายของโครงการไม่เกิน 50 วัน ในโครงการนี้สามารถทำงานได้ประมาณ 45 วัน ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จใน 50 วัน เท่ากับ 99.63% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการอยู่ที่ 1.863 ส่วนขั้นตอนประกอบแต่ละชิ้นส่วนเข้าด้วยกันมีความยุ่งยากจำเป็นต้องอาศัยนักศึกษาที่มีประสบการณ์ และความชำนาญในการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโครงการนี้ การใช้ข่ายงานมาวิเคราะห์ ทำให้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดของเสีย (ของเสียมีน้อย) ใช้เวลาในการผลิตน้อยลง และได้เครื่องที่มีคุณภาพเทียบเคียงกับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตในเชิงพาณิชย์

## 5. ข้อเสนอแนะ

การบริหารโครงการโดยการสร้างข่ายงานกิจกรรมกระบวนการผลิตในเครื่องย่อยกิ่งไม้ใช้เวลาในการผลิตและประกอบ 45 วัน ซึ่งสามารถเร่งโครงการได้แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการผลิต เช่นอาจทำงานล่วงเวลา หรืออาจจำเป็นต้องเพิ่มพนักงาน (นักศึกษา) ทำให้สามารถใช้เวลาได้น้อยลงกว่าเดิม แต่เพิ่มค่าใช้จ่าย เป็นต้น

การเร่งโครงการสามารถทำได้ทันทีแต่ต้องเสียค่าใช้เพิ่มดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ลดเวลาในการผลิตน้อยลงกว่าเดิม แต่ถ้าเป็นอุตสาหกรรมการผลิต ควรจะเร่งโครงการดีกว่า ในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องเพื่อทดสอบโดยใช้การวางแผนโครงการข่ายงานกิจกรรม ดังนั้นระยะเวลาของโครงการ 45 วัน ใช้เวลาน้อยสำหรับการสร้างและประกอบเครื่อง และความต้องของโครงการให้แล้วเสร็จที่ 50 วัน (เป้าหมายของโครงการ) สามารถเร่งงานได้ไม่เกิน 5 วัน กิจกรรมที่เร่งได้คือ กิจกรรม G เร่งได้ 2 วัน กิจกรรม M, R, และ S เร่งได้อย่างละ 1 วัน เพราะกิจกรรมทั้งสาม ส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นส่วนย่อยนำมาประกอบเข้าร่วมกัน จึงต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ให้การสนับสนุนทุนการนำเสนอผลงานในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] [Online], available : www.scaat.in.th/Bachelor/new/1_2552/010.

[2] สุรพงศ์ บางพาน (2556). การบริหารโครงการเชิงวิศวกรรม. *เอกสารประกอบการสอน*, แปลและเรียบเรียง, เชียงใหม่.

[3] Frank, O., and Strauss, D. Markov graphs. *Journal of the American Statistical Association*, 1986; 81: 832-842.

[4] Lazega, E. and Pattison, P. Multiplexity, generalized exchange and cooperation in organizations. *Social Networks*, 1999; 21, 67-90.

[5] Zhao, T. and Tseng, C-L. A note on activity floats in activity-on-arrow Networks. *Journal of the Operational Research Society*, 2003; 54: 1296–1299.

[6] Demeulemester, E., Vanhoucke, M., and Herroelen, W. RanGen: A Random network generator for Activity on node networks. *Journal of scheduling*, 2003; 6: 17-38.