

## การประมาณระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงานสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ด้วยวิธี PERT/CPM Estimated Operating Time for Large Construction Projects by PERT/CPM methods.

วศิน นันตสุข<sup>1\*</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัทกาญจน์ ประเสริฐสังข์<sup>2</sup> และ ดร.พิทักษ์ ปักษานนท์<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ภาควิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี, คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

\*Corresponding author; E-mail address: wasin.na@ku.th

### บทคัดย่อ

สำหรับกรอบระยะเวลาในโครงการก่อสร้าง มักเป็นปัญหาให้กับทีมบริหารโครงการเสมอ โครงการก่อสร้างทั่วไปที่มีระยะเวลาในการดำเนินงานมากเกินไปจนเกินความเป็นจริง ซึ่งขาดการบริหารจัดการโครงการที่ดีนั้น ทำให้ส่งผลเสียต่อเจ้าของโครงการ จากการที่ จำเป็นจะต้องใช้สิ่งปลูกสร้างเหล่านั้นหาผลประโยชน์ ทำให้สูญเสียรายได้ในส่วนที่จะต้องได้จากส่วนระยะเวลาที่ใช้เกินความเป็นจริงในการก่อสร้าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เทคนิควิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข ( Project Evaluation and Review Technique ; PERT ) และ วิธีเส้นทางวิกฤติ ( Critical Path Method ; CPM ) ศึกษาวิธีการวางแผนงานก่อสร้าง และ เปรียบเทียบระยะเวลาในการดำเนินงานที่เหมาะสม จากโครงการตัวอย่างจำนวน 5 โครงการ ที่มีประเภทของงานก่อสร้างในลักษณะงานที่ต่างกัน จากผลการศึกษาโดยการจำลองแผนการดำเนินงานที่อ้างอิงจากแผนการดำเนินงานจริง พบว่า ทั้ง 5 โครงการ จากความน่าจะเป็นที่งานจะแล้วเสร็จคือ 50% , 70% และ 90% ได้ระยะเวลาในการดำเนินงานที่เหมาะสมเฉลี่ยจากระยะเวลาที่กำหนดตามสัญญา คือ 73.99% , 82.19% และ 89.52% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เทคนิควิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข, วิธีเส้นทางวิกฤติ, แผนงานก่อสร้าง

### Abstract

Project management teams are always challenged by the timeframe on construction projects. General construction projects with excessive operating time with inefficient project management have a negative impact on the project owner from the need to use those buildings for profit, resulting in the loss of income in the part that must be gained from the excessive time spent on the construction. The objective of this research was to apply the Project Evaluation and Review Technique ( PERT ) and Critical Path Method ( CPM ) to study construction planning methods and compare to find the

appropriate implementation timeframe from 5 sample projects with different types of construction works in different nature of work. From the results of the study by simulating the operation plan based on the actual operation plan, it was found that all 5 projects had a probability that the work would be completed, ie 50% , 70% and 90% . The average suitable operating time from the contract period was 73.99% , 82.19% and 89.52% respectively.

Keywords: Project Evaluation and Review Technique, Critical Path Method, Construction Planning

### 1. บทนำ

ปัจจุบันสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีอยู่ในประเทศไทย โดยส่วนมากจะกำหนดระยะเวลาไม่สัมพันธ์กันกับกิจกรรม ซึ่งเจ้าของโครงการจะเป็นผู้กำหนดโดยไม่ใช้วิชาการเข้ามาช่วยในการพิจารณาระยะเวลาในการก่อสร้าง จึงทำให้บางโครงการมีระยะเวลาในการก่อสร้างมากเกินไปจนเกินความจริง ถ้าเป็นโครงการภาครัฐอาจทำให้ภาครัฐเสียผลประโยชน์และผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ จากระยะเวลาในการดำเนินงานมากเกินไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้หลักของวิชาการเป็นตัวกำหนดและประมาณการระยะเวลาที่เหมาะสมให้กับโครงการก่อสร้าง โดยใช้การวางแผนงานจากเทคนิควิธี PERT และ CPM ซึ่งวิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (Program Evaluation and Review Technique ; PERT) และ วิธีหาเส้นทางวิกฤติ (Critical Path Method ; CPM) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด สามารถช่วยให้ผู้บริหารที่รับผิดชอบโครงการสามารถวางแผนงาน การตรวจสอบ และควบคุมงานต่าง ๆ โครงการใหญ่ๆ และยุ่งยากให้เสร็จเร็วคล่อง

ในการวางแผนงานที่ดีจะเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานโดยรวม ทำงานไปในทิศทางเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นเทคนิคการบริหารที่ดีจะต้องสามารถยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง และจะช่วยกำหนดขั้นตอนการทำงานก่อนหรือหลังและงานที่เป็นอิสระก็สามารถดำเนินการได้ ตลอดจนระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการแต่ละกิจกรรมให้เหมาะสมกับทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น บุคลากรและเครื่องจักรที่

จำเป็นต้องใช้ รวมถึงการจัดกิจกรรมที่สามารถทำไปพร้อมกันได้ เพื่อให้แรงงานของผู้ประกอบการได้ทำงานอย่างเต็มที่ ส่งผลต่อปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น เร็วขึ้น ประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานลงจากการทำงานซ้ำซ้อน และยังทำให้งานก่อสร้างดำเนินไปด้วยความราบรื่นไม่ติดขัดลดปัญหาหลงใต้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเขียนแผนงานโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ด้วยเทคนิควิธี PERT/CPM เพื่อประมาณการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงานเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาตามกำหนดหรือตามสัญญาจ้าง โดยมีเงื่อนไขในการวิจัยคือใช้ทรัพยากรอย่างเต็มที่และไม่มีอุปสรรคในการดำเนินงาน ซึ่งโครงการที่ได้นำมาเป็นตัวอย่งจะมีลักษณะงานที่แตกต่างกันไป เช่น งานอาคารสำนักงาน งานเขื่อน งานอาคารสูง งานถนน งานทางด่วน เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาจากโครงการก่อสร้างที่หลากหลาย สำหรับผู้ที่ต้องการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สามารถที่จะนำเปอร์เซ็นต์ร้อยละจากผลการวิจัยคุณระยะเวลาตามสัญญาของโครงการในลักษณะอื่นหรือลักษณะเดียวกันได้

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1. เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงานก่อสร้าง

2.2. เพื่อศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างสำหรับโครงการขนาดใหญ่ด้วยวิธี PERT/CPM

## 3. ขอบเขตงานวิจัย

3.1. การวิเคราะห์หาระยะเวลาดำเนินงานที่เหมาะสมจะใช้เทคนิควิธี PERT/CPM

3.2 โครงการก่อสร้างภายในประเทศไทย ที่ได้ดำเนินการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว จำนวน 5 โครงการ ดังนี้

3.2.1 โครงการก่อสร้างอาคารอาคารสำนักงานเทศบาล สกลนคร 5 ชั้น มีระยะเวลาการดำเนินงานก่อสร้างตามสัญญาคือ 704 วัน งบประมาณ 108,510,000 บาท

3.2.2 โครงการก่อสร้างประตูระบายน้ำ น้ำอูน จังหวัดนครพนม มีระยะเวลาการดำเนินงานก่อสร้างตามสัญญาคือ 1,080 วัน งบประมาณ 165,000,000 บาท

3.2.3 โครงการก่อสร้างฐานรากและเสาตอม่อ (ทิศตะวันตก) จำนวน 8 ฐาน ของทางยกระดับอุตราภิมุขและทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร มีระยะเวลาการดำเนินงานก่อสร้างตามสัญญาคือ 360 วัน งบประมาณ 163,400,000 บาท

3.2.4 โครงการก่อสร้างอาคารสูง 26 ชั้น ชื่อ เอส ศรีราชา โฮเทล แอนด์ เรสซิเดนซ์ มีระยะเวลาการดำเนินงานก่อสร้างตามสัญญาคือ 515 วัน งบประมาณ 443,925,233 บาท

3.2.5 โครงการก่อสร้างถนนสาย บ.ศาลาด่าน-สังกาอู้อ.เกาะลันตา จ.กระบี่ มีระยะทาง 21.7 กิโลเมตร มีระยะเวลาการดำเนินงานก่อสร้างตามสัญญาคือ 780 วัน งบประมาณ 450,000,000 บาท

## 4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 4.1. แผนงานโครงการและกำหนดการ

การวางแผนโครงการหมายถึง ความสำคัญของการสร้างโครงสร้างโดยละเอียดของขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับขั้นตอนการนำไปใช้งาน รวมถึง การแบ่งงาน การจัดการทรัพยากรและการจัดลำดับกิจกรรม ในทางกลับกัน การจัดการตารางเวลาโดยทั่วไป หมายถึง การกำหนดเวลาในการทำงานที่เฉพาะเจาะจงและโครงสร้างที่พึ่งพาซึ่งกันและกัน เช่น เส้นทางวิกฤตและแผนภูมิแกนต์หรือแผนภูมิแท่ง ในการกำหนดควมระบอบการวัดผลที่น่าพอใจ เพื่อใช้ในการตัดสินใจผลงานจริงเทียบกับงบประมาณและเวลา ผู้จัดการโครงการจำเป็นต้องระบุทักษะของบุคลากรที่สำคัญและที่จำเป็น สำหรับการดำเนินโครงการให้สำเร็จและจัดทำแผนฉุกเฉิน ในกรณีที่เกิดโครงการไม่อยู่ในเวลาที่กำหนด[1]

### 4.2. การจัดการโครงการ โดยใช้เทคนิควิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (PERT) และ วิถีหาเส้นทางวิกฤต (CPM)

โครงการใหญ่ต่าง ๆ ในการดำเนินการมีปัญหาที่ยากต่อการแก้ไขและมีความเสี่ยงสูงมาก เช่น ค่าก่อสร้างสูงกว่าที่ได้ประมาณการไว้ เนื่องจากการวางแผนงานบริหารโครงการไม่มีประสิทธิภาพและในส่วนของงานล่าช้ากว่าที่กำหนดเป็นเพราะเนื่องจากผู้บริหารโครงการหรือผู้เขียนแผนงานโครงการไม่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติจริง จากปัญหาดังกล่าวนี้ สามารถที่จะได้รับการแก้ไขและป้องกันจากการวางแผนงานโครงการที่ดี

วิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (Program Evaluation and Review Technique ; PERT) และ วิถีหาเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method ; CPM) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้บริหารที่รับผิดชอบโครงการสามารถวางแผนงาน การตรวจสอบ และควบคุมงานต่าง ๆ โครงการใหญ่ ๆ และยุ่งยากให้เสร็จเร็วแล้ว ดังนั้น PERT/ CPM จึงถูกพัฒนาดังกล่าว

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการควบคุมโครงการคือต้องหา Critical Path ให้ได้ ถ้า Activity ใด ๆ บน Critical Path ล่าช้า ก็จะมีผลทำให้งานทั้งโครงการล่าช้าไปด้วย ผู้บริหารโครงการสามารถปรับงานบน Non Critical Path ได้ โดยสามารถจัดอัตรากำลังที่มีอยู่ให้เหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับอัตรากำลังและการเงิน[2]

### 4.3. วิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (PERT)

ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการวางแผนงานและการประเมินงานของโครงการวิจัยใหม่ ๆ ซึ่งผู้วางแผนไม่มีประสบการณ์ในงานนั้น ๆ มาก่อน และระหว่างการพัฒนาปฏิบัติงานมักจะมีมีการเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดของงานบ่อย ๆ และต้องการเน้นความสำคัญที่เหตุการณ์ไม่ใช่ทำงาน

เทคนิควิธีประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการจัดการที่ช่วยในการวางแผนและควบคุมงานของฝ่ายบริหารเพื่อจะพิจารณาได้ว่า ในแต่ละจุดของโครงการที่ทำอยู่นั้นมีภาวะอย่างไร มีข้อยุ่งยากหรือเกิดความคับขันขึ้น ณ จุดใด คุณค่าของเทคนิควิธีประเมินผล

งานและปรับปรุงแก้ไข ก็คือช่วยจัดปัญหาของงานแต่ละอย่างซึ่งจะมีผลกระทบต่อแผนงาน การกำหนดเวลา งาน หรืองบประมาณ เป็นต้น นับว่ามีประโยชน์อย่างมาก เพราะทำให้โครงการมีลักษณะใกล้เคียงความจริง สามารถดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ได้[2]

#### 4.3.1. การประมาณเวลาโดยใช้ PERT

PERT ใช้ประโยชน์จากหลักการทางสถิติมาช่วยในการประเมินเวลาที่ใช้ดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งพบว่า เป็นวิธีการที่เหมาะสม สำหรับการคาดคะเนเวลาที่จะใช้ดำเนินการและค่าแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการตามแบบจำลองในรูปที่ 1

โดยค่า Expected Activity Time ;  $t$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

$a$  คือ เวลาที่ใช้ในการดำเนินการเสร็จ เมื่อไม่มีอุปสรรคและมีสิ่งที่ทำให้งานราบรื่นดำเนินไปได้ดี ,  $b$  คือ เวลาที่ใช้ดำเนินการ เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีอุปสรรคต่องาน ทำให้งานล่าช้า ,  $m$  คือ เวลาที่ใช้ดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด ในการทำการให้แล้วเสร็จ [2]



รูปที่1 Beta probability distribution PERT with three-time estimates[3]

ค่าการกระจายหรือความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ (Variance of activity completion time) สามารถคำนวณได้จากสมการที่(2)

$$Variance = \left[ \frac{b-a}{6} \right]^2 \quad (2)$$

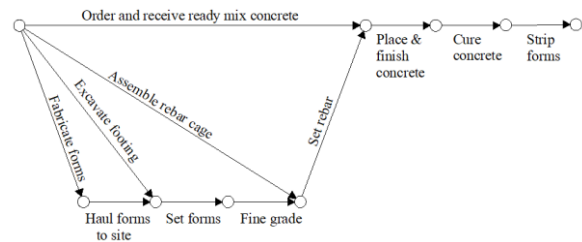
#### 4.4. วิธีเส้นทางวิกฤต (CPM)

CPM เป็นการมุ่งเน้นกำหนดระยะเวลาของโครงการ โครงการมีช่วงเวลาที่ยากัดและควรประกอบด้วยกิจกรรมหรือกิจกรรมที่กำหนดไว้ในรูปแบบแผนผังลูกศร (Arrow Diagram) ของ CPM จะมีเส้นกำกับที่เรียกว่าลูกศรแสดงถึงกิจกรรม ทิศทางของลูกศรบ่งบอกทิศทางของความคืบหน้า ที่ถูกวางไว้ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของลูกศรแต่ละอันและป้ายกำกับตัวอักษรหรือตัวเลขจะถูกกำหนดให้กับแต่ละข่ายงานลูกศร เพื่อระบุกิจกรรมในเชิงสัญลักษณ์

##### 4.4.1. โครงข่ายงานลูกศร (Arrow Network)

โครงข่ายงานลูกศรเป็นวิธีการหาเส้นทางวิกฤต(Critical Path Method ; CPM) เพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมใดบ้างที่ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานมากที่สุดนั่นหมายถึง Critical Path เป็นระยะเวลาในการ

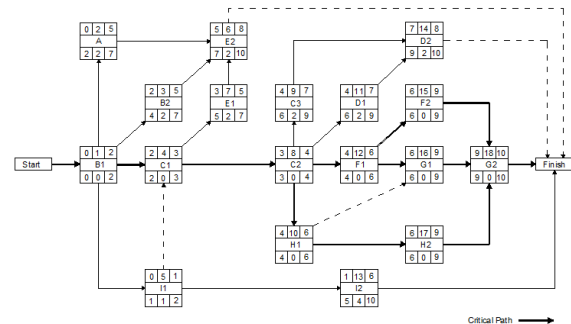
ดำเนินงานของโครงการทั้งโครงการ โดยเป็นการสร้างแผนภาพลูกศรของแต่ละกิจกรรมตามแบบจำลองของรูปที่2



รูปที่2 แบบจำลองโครงข่ายงานลูกศร [4]

#### 4.5. แผนภาพลำดับความสำคัญ (Precedence Diagram Method)

PDM เป็นเทคนิคการแสดงผลภาพที่แสดงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เป็นวิธีการสร้างแผนภาพเครือข่ายกำหนดการของโครงการที่ใช้ในลักษณะกล่องตามสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ เพื่อแสดงระยะเวลาการเริ่มงานและเสร็จงานของกิจกรรมและเชื่อมต่อกับลูกศรกับกิจกรรมถัดไปเป็นโครงข่ายหน้าตาของ PDM คือช่วยให้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ได้แม่นยำยิ่งขึ้น [5] โดยมีแบบจำลองการวาดตามรูปที่3



รูปที่3 แบบจำลองแผนภาพลำดับความสำคัญ(Precedence Diagram Method)

#### 4.6. แผนดำเนินงาน (Gantt Chart)

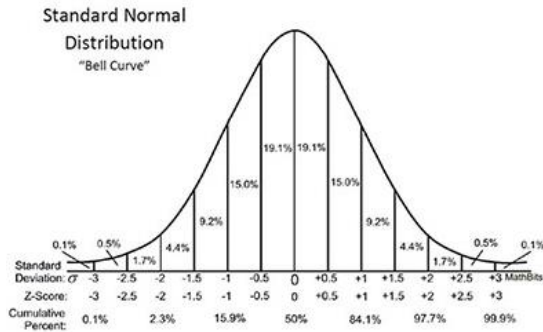
แผนภูมิแท่ง (Bar Charts) หรือแผนภูมิแกนต์ที่พัฒนาโดย Henry L Gantt โดยทั่วไปแผนภูมิแท่งจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน ซึ่งแผนภูมิแท่งจะถูกจัดระเบียบให้กิจกรรมทั้งหมดแสดงรายการในคอลัมน์ทางด้านซ้ายของแผนภาพ ในส่วนของระยะในแนวราบจะแสดงถึงระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมดูได้จากแบบจำลองแผนภูมิแกนต์รูปที่4

Item No.	Description	First Year												Second Year											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M-10	Mobilization	[Gantt bar]																							
E-10	Foundation excavation	[Gantt bar]																							
D-10	Diversation stage -1	[Gantt bar]																							
D-20	Diversation stage -2	[Gantt bar]																							
G-40	Foundation grouting	[Gantt bar]																							
C-10	Dams concrete	[Gantt bar]																							
I-20	Install outlet gates	[Gantt bar]																							
I-30	Install trash racks	[Gantt bar]																							
P-10	Prestress	[Gantt bar]																							
R-80	Radial gates	[Gantt bar]																							
S-50	Spillway bidge	[Gantt bar]																							
G-60	Curman grout	[Gantt bar]																							
L-90	Dismantle plant, clean up	[Gantt bar]																							

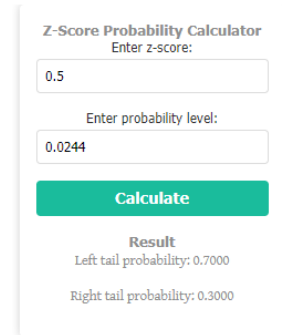
รูปที่4 แบบจำลองแผนภูมิแกนต์หรือแผนกำหนดเวลางาน [6]

#### 4.7. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

คะแนน z ซึ่งเรียกอีกอย่างว่าคะแนนมาตรฐาน คือจำนวนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูล ในกรณีที่คุณกำลังมองหาค่าจำกัดความทางเทคนิคเพิ่มเติม เราสามารถพูดได้ว่าคะแนน z เป็นการวัดจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอยู่ซึ่งสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยประชากร



รูปที่ 5 กราฟการหาค่าความน่าจะเป็น Z [7]



Z-Score Probability Calculator  
Enter z-score: 0.5  
Enter probability level: 0.0244  
Calculate  
Result  
Left tail probability: 0.7000  
Right tail probability: 0.3000

รูปที่ 7 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับหาค่า Z-Score [9]

#### 4.8. การวางแผนทางเลือกและเครื่องมือควบคุม

เครื่องมือวิเคราะห์และเทคนิคแต่ละอย่าง ควรได้รับการประเมินตามความเหมาะสมในการจัดทำเอกสารของโครงการก่อสร้างที่ได้วางแผนไว้ คือความรู้และระดับความซับซ้อนของผู้ที่คาดว่าจะใช้งาน รวมถึงรายละเอียดที่ต้องการและวิธีการที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ ซึ่งไม่ควรทิ้งเครื่องมือที่ง่ายกว่าในทันที เมื่อมีเครื่องมือที่ดีหรือดูน่าสนใจกว่า เช่น แผนภูมิแกนต์และเส้นโค้งความคืบหน้า เป็นต้น เพราะมักจะเป็นความเรียบง่ายของเครื่องมือ ที่จะทำให้เครื่องมือเหล่านี้มีประสิทธิผลมากขึ้นในการสื่อสารสำหรับผู้นำไปใช้งาน[8]

### 5. วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 5.1. การวิเคราะห์และประมาณระยะเวลาที่เหมาะสม

การวิเคราะห์หาระยะเวลาที่ใช้ดำเนินกิจกรรมที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม MS Excel เข้ามาช่วยในการคำนวณและประมวลผลวิเคราะห์หาผลลัพธ์จากหลักการทฤษฎีที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า Z ที่ความน่าจะเป็น 50%, 70% และ 90% จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติและจากโปรแกรมการคำนวณค่า Z-Score จากทางเว็บไซต์ z-table.com โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลลงในตารางที่ 1



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7359	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7641	.7671	.7700	.7724	.7744	.7764	.7784	.7804

รูปที่ 6 วิธีการอ่านค่า Z จากตาราง z-table

ตารางที่ 1 ค่า Z ที่ค่าความน่าจะเป็น 50%, 70% และ 90%

ค่าความน่าจะเป็น	Z
50 %	0
70 %	0.5244
90 %	1.2817

ผู้วิจัยได้กำหนดและเลือกค่าความน่าจะเป็นที่ 50%, 70% และ 90% ในงานวิจัยเล่มนี้ สำหรับผู้ที่สนใจในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมกับโอกาสที่งานจะแล้วเสร็จนั้น สามารถปรับเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นได้ตามที่ต้องการ โดยอาจจะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่ 50%, 65%, 80% เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าความแปรปรวนของโครงการ จากสมการที่(3) และสมการที่(4) แทนค่าหาความแปรปรวนของโครงการได้จากความน่าจะเป็นของงานที่จะแล้วเสร็จ ; 50%, 70%, 90% โดยระยะเวลาที่เหมาะสมของความน่าจะเป็นที่ 50% ผู้วิจัยเลือกใช้ 85% ของระยะเวลาที่คาดหวัง

$$Z = \frac{\text{Due date} - \text{Expected date of completion}}{\sigma} \quad (3)$$

$\sigma$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการ **Due date** คือ วันที่ครบกำหนด , **Expected date of completion** คือ วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ ได้มาจากการคาดคะเนของผู้วิจัยและการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

$$\text{Project Standard Deviation}(s) = \sqrt{\text{Project Variance}} \quad (4)$$

**Project variance** คือ ค่าความแปรปรวนของโครงการ

ค่าความแปรปรวนของทั้งโครงการคือผลรวมค่าความแปรปรวนของกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤต (Critical Path) ในสมการที่(5)

$$\text{Project variance} = \sum \text{Variance of Activities on Critical Path} \quad (5)$$

**Variance of Activity on Critical Path** คือ ค่าความแปรปรวนของกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤต

ตัวอย่างการคำนวณ Variance of Activity on Critical Path จากตาราง z-table ค่าความน่าจะเป็นที่ 70% จะได้ค่า Z เท่ากับ 0.5244 เมื่อวันที่ครบกำหนดคือ 21.988 เดือน (ได้มาจากร้อยละของระยะเวลาที่คาดหวังเทียบตามเปอร์เซ็นต์) และวันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จคือ 21 เดือน

แทนค่าลงในสมการที่(3) จะได้  $\sigma$

$$\sigma = \frac{21.988 - 21}{0.5244} = 1.884$$

แทนค่าลงในสมการที่(4)

$$\begin{aligned} \text{Project Variance} &= \sigma^2 \\ \text{Project Variance} &= 1.884^2 \\ &= 3.5496 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างการคำนวณผู้วิจัยได้สรุปผลลัพธ์ของแต่ละโครงการสำหรับค่าความแปรปรวนที่กำหนดค่าความน่าจะเป็น 50% , 70% และ 90% ที่ได้ค่า Z จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ ตามตารางที่ 2

ตารางที่2 ค่าความแปรปรวนของโครงการ ( Project Variance )

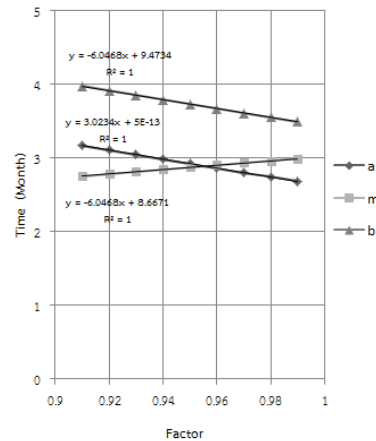
โครงการ	ค่าความน่าจะเป็น ; Z		
	50%	70%	90%
1	0	3.5496	2.3768
2	0	28.5095	19.0899
3	0	2.3273	1.5583
4	0	0.7964	0.5333
5	0	5.2364	3.5063

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ประมาณการหาระยะเวลาที่เหมาะสม โดยทำการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมสำเร็จรูป MS Excel ซึ่งเป็นการแก้สมการมาจากสมการที่(1) และ (2) เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลา a กับ b ที่สัมพันธ์กันกับค่าความแปรปรวนของสายงานวิกฤต

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ คือในการตรวจสอบผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม MS Excel ที่ได้คำนวณขึ้นมา นั้น ตามหลักของ PERT คือ  $a < m < b$  ซึ่งอาจจะมีบางกิจกรรมที่ไม่เป็นไปตามหลักการ ทำให้ต้องหาค่า Factor ตัวคูณปรับแก้ระยะเวลา m ใหม่เพื่อให้ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนที่5

ขั้นตอนที่ 5 ปรับแก้ระยะเวลา a , m , b ที่โปรแกรมได้ประมวลผลมา โดยนำค่า Expected time และ Variance ในกิจกรรมวิกฤตมาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อหา Factor ตัวคูณปรับแก้ระยะเวลาให้ใกล้เคียงมากที่สุด จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา a , m , b กับระยะเวลาที่คาดหวังและค่าความแปรปรวนของกิจกรรมนั้น

โดยค่าความแปรปรวนของโครงการจะแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ปริมาณงานของแต่ละกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤตตามอัตราส่วนและค่าปรับแก้ระยะเวลาที่คาดหวังก็เช่นกัน ซึ่งการประมาณระยะเวลาที่คาดหวังจะเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของค่าความน่าจะเป็น เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วได้กราฟตามรูปที่ 6 ทำให้ทราบถึงจุดที่ Factor มีค่าต่ำสุดที่จะทำให้เกิดเหตุเป็นจริง และดำเนินการปรับแก้ค่าให้เหมาะสมจากสมการที่6



รูปที่6 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา a , m , b ของกิจกรรม

จากรูปที่6 จะเห็นได้ว่าจุดตัดของกราฟเส้นระหว่าง a และ m ที่ทำให้เวลา a มีระยะเวลาที่มากกว่า m ซึ่งในทางทฤษฎีเป็นไปได้ จึงหาค่า Factor จะอยู่ทางด้านขวาของจุดตัดแต่จะมีค่าไม่เกิน 1 จากการวิเคราะห์จึงเลือกใช้ค่า Factor ที่ จุดกึ่งกลางระหว่างจุดตัดกราฟกับค่า Factor เท่ากับ 1 หาได้จากสมการที่(6)

$$\text{Factor} = \frac{1-x}{2} + x \quad (6)$$

เมื่อ x คือ Factor ณ จุดตัดของกราฟ หาได้จากสมการเส้นตรงตามรูปที่6

จากรูปที่6 จากกราฟพบว่าจุดตัดของกราฟระหว่างค่า a และ m คือ 0.956 หากจากสมการเส้นตรงที่แก้สมการจาก  $y_m = y_a$  จะได้ค่า x หรือ Factor ที่ทำให้ระยะเวลา a และ m เท่ากัน และนำค่า x แทนค่าลงในสมการที่(6) เพื่อหา Factor ตัวคูณระยะเวลา m ที่เหมาะสม

ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาของกิจกรรม จากรูปที่6 ได้สมการที่(7) และสมการที่(8)

$$y_m = 6.0468x + 8.6671 \quad (7)$$

$$y_a = 3.0234x \quad (8)$$

แทนค่าลงในสมการ  $y_m = y_a$

$$6.0468x + 8.6671 = 3.0234x$$

$$x = 9.07$$

แทนค่าลงในสมการที่(6)

$$\text{Factor} = \left[ \frac{1-9.07}{2} \right] + 9.07$$

$$\text{Factor} = 0.956$$

นำ Factor คูณกับ Expected time ที่ปรับแก้แล้ว จะได้ระยะเวลาที่เหมาะสม (Most Likely Time; m) ของกิจกรรมนั้น

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการหาระยะเวลาที่เหมาะสมโดยการเลือกสายงานวิกฤต(Critical Path) ที่มีระยะเวลามากสุดภายหลังการปรับแก้ระยะเวลาจากขั้นตอนที่5



ตัวอย่างการประมาณระยะเวลาที่เหมาะสมของโครงการที่ 2 ที่ Z เท่ากับ 70% จากการเขียนแผนภาพโครงข่ายงานลูกศร (Arrow Network) พบว่ามีสายงานวิกฤตทั้งหมด 2 เส้นทาง โดยมีระยะเวลาที่มากที่สุดอยู่ 1 เส้นทางคือ C1-B2-F มีระยะเวลาในการดำเนินงานทั้งสิ้น 847 วัน

Activity	Project %	Time (month)			Expected time (month)	ปรับแก้ critical path	Variance	70%	
		a	m	b				b - a	a + b
		A	0.351	3.60				2.7	3.60
B1	3.605	12.00	0	12.00	4		0	24	
B2	74.2	1.74	17.00	32.26	17	19.54069	25.8693	30.51712	33.99839
B3	10.51	3.60	7	3.60	3		0	7.2	
C1	0.813	2.88	3.762	6.07	4	4.027838	0.283447	3.194382	8.951997
C2	1.04	4.80	3.6	4.80	4		0	9.6	
D1	1.61	13.20	9.9	13.20	11		0	26.4	
D2	0.141	1.20	0.9	1.20	1		0	2.4	
E	0.97	4.80	3.6	4.80	4		0	9.6	
F	6.76	4.46	7.466	13.67	8	8.23147	2.356826	9.211174	18.13623
Total	100.00				29	31.80	28.50957		
Total Network	81.773		28.228			31.8			

รูปที่ 7 ตารางคำนวณระยะเวลาที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม MS Excel

## 5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เหมาะสมหรือระยะเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด (Most Likely Time) ของทั้ง 5 โครงการ

โครงการ	ระยะเวลาตามกำหนด (วัน)	ระยะเวลาที่เหมาะสม (วัน)		
		ค่าความน่าจะเป็น ; Z		
		50%	70%	90%
1	704	536	560	608
2	1,080	740	847	951
3	360	255	273	308
4	515	408	481	502
5	780	587	653	703

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 5 โครงการจะเห็นว่าโอกาสที่งานจะแล้วเสร็จตามค่าความน่าจะเป็นมีระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ของความน่าจะเป็นที่งานจะแล้วเสร็จ

## 6. สรุปผล

จากผลสรุปการประมาณระยะเวลาที่เหมาะสมของโครงการด้วยวิธี PERT/CPM พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เหมาะสมของโครงการมีระยะเวลาน้อยกว่าระยะเวลาตามกำหนด เมื่อโครงการมีค่าความน่าจะเป็นที่ 50% ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมเฉลี่ยคือ 73.99% และค่าความน่าจะเป็นที่ 70% ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมเฉลี่ยคือ 82.19% และที่ค่าความน่าจะเป็น 90% ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมเฉลี่ยคือ 89.52% ตามตารางที่ 4

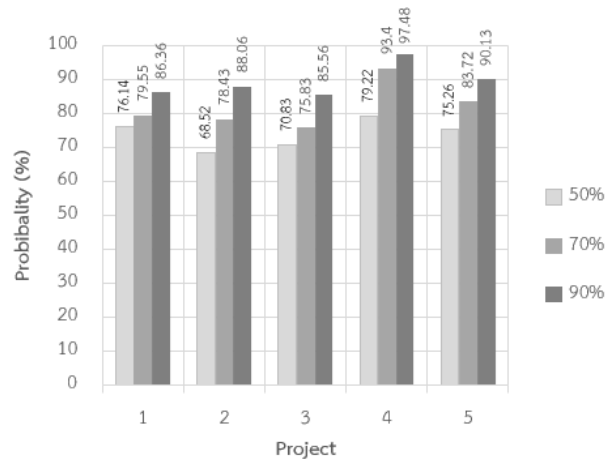
การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้นำระยะเวลาที่เหมาะสม m จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ครบกำหนดในแต่ละโครงการแล้วจึงหาค่าเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์

รวมทั้ง 5 โครงการของแต่ละค่าความน่าจะเป็น จึงได้ผลลัพธ์สรุปตามตารางที่ 4

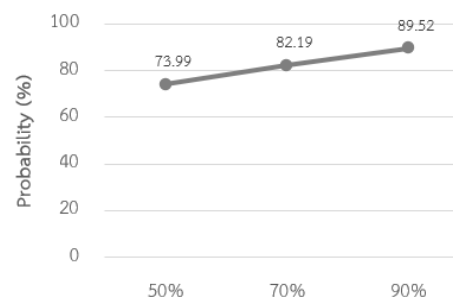
ตารางที่ 4 สรุปเปอร์เซ็นต์ร้อยละของระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับค่าความน่าจะเป็นที่ 50% , 70% และ 90% ของแต่ละโครงการ

โครงการ	ระยะเวลาตามกำหนด (วัน)	ร้อยละเปรียบเทียบระยะเวลาตามกำหนดกับระยะเวลาที่คาดหวัง (%)		
		ค่าความน่าจะเป็น		
		50%	70%	90%
1	108.51	76.14	79.55	86.36
2	165	68.52	78.43	88.06
3	163.4	70.83	75.83	85.56
4	443.93	79.22	93.40	97.48
5	450	75.26	83.72	90.13
ค่าเฉลี่ย		73.99 %	82.19 %	89.52 %

จากข้อมูลของระยะเวลาของโครงการตัวอย่างทั้ง 5 โครงการ เมื่อนำข้อมูลมาเฉลี่ยและวิเคราะห์จากแผนภูมิในรูปที่ 8 และรูปภาพที่ 9 สามารถคาดคะเนและประมาณการหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการดำเนินงานก่อสร้างได้ ตามโอกาสที่งานจะแล้วเสร็จ จากการนำทฤษฎี PERT และ CPM มาใช้ในการวางแผนงาน



รูปที่ 8 แผนภูมิเปรียบเทียบระยะเวลาที่เหมาะสมของค่าความน่าจะเป็นที่ 50%, 70% และ 90%



รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละของระยะเวลาที่เหมาะสมทั้ง 5 โครงการ

## ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิควิธี PERT/CPM จากข้อมูลจริง ช่วยในการวางแผนงานก่อสร้าง เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาที่เหมาะสมกับปริมาณงานและลักษณะงานนั้น สำหรับเจ้าของโครงการที่จำเป็นจะต้องกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานก่อสร้าง และสำหรับผู้รับจ้างที่ต้องการทราบถึงกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤตที่อาจจะทำให้งานนั้นล่าช้าหรือเสร็จก่อนกำหนดได้

ในการนำผลวิจัยไปใช้กับโครงการก่อสร้างลักษณะอื่นหรือโครงการที่มีลักษณะเดียวกัน สามารถนำระยะเวลาที่ครบกําหนดตามสัญญาคุณด้วยจำนวนร้อยละของค่าความน่าจะเป็นที่ 50% , 70% และ 90% จะได้ระยะเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดหรือระยะเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินงาน ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นการคาดคะเนและประมาณการระยะเวลาจากข้อมูลจริง ที่มีโอกาสที่จะเป็นไปได้จากโครงการตัวอย่างคือ 5 โครงการ หากผู้ที่สนใจในการพัฒนาต่อ อาจเพิ่มจำนวนของโครงการและลักษณะงานที่หลากหลายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความละเอียดของข้อมูลให้กับงานวิจัยซึ่งจะเพิ่มโอกาสความถูกต้องและค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากกว่าเดิม

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.พิทักษ์ ปักษานนท์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลของโครงการและความรู้ด้านการบริหารงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณพี่ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการทุกคนที่ได้ให้ข้อมูลต่างๆในงานวิศวกรรมและขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทกาญจน์ ประเสริฐสังข์ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจและที่ต้องการพัฒนาต่อในสาขาการบริหารงานก่อสร้าง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Barrie, D.S. and B.C. Paulson, (1992). *The Elements of Project Success*, in *Professional Construction Management*, D.S. Barrie and B.C. Paulson, Editors. , McGraw-Hill. p. 24-26.
- [2] Barrie, D.S. and B.C. Paulson, (1992). *Tools to Achieve On-Time Performance*, in *Professional Construction Management*, D.S. Barrie and B.C. Paulson, Editors. , McGraw-Hill. p. 119-121
- [3] Heizer, J., Render, B., Munson, C. (2017) *Operation Management; Sustainability and Supply Chain Management*. Twelfth Edition. USA; Texas Lutheran College, Rollins College, Washington State University. Pearson Education.

- [4] Barrie, D.S. and B.C. Paulson, (1992). *Planning and Control of Operations and Resources*, in *Professional Construction Management*, D.S. Barrie and B.C. Paulson, E, McGraw-Hill. p. 252-306.
- [5] Defense System Management College “*Scheduling Guide for Program Managers*”, Editors. (2001).
- [6] Gantt, H.L., (1992) *Planning and Control of Operations and Resources*, in *Professional Construction Management*, D.S. Barrie and B.C. Paulson, McGraw-Hill. p. 254-255.
- [7] Z Table (Normal Distribution Table). <https://z-scoretable.com>
- [8] Barrie, D.S. and B.C. Paulson, (1992). *Planning and Control of Operations and Resources*, in *Professional Construction Management*, D.S. Barrie and B.C. Paulson, E, McGraw-Hill. p. 253
- [9] Z Score Probability Calculator. <https://www.z-table.com>