การประเมินเวลาที่เหมาะสมด้วยเทคนิคเพิร์ท/วิธีสายงานวิกฤตในการบริหารโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า แบบกังหันก๊าซ รุ่น SGT5-4000F กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา

นายพงศธร ฐานิตสรณ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช
พ.ศ. 2559

Analysis of Estimated Time by PERT and CPM Techniques for Maintenance Program of Siemens Gas Turbine Model SGT5 4000F in Chana Power Plant at Songkhla Province

Mr.Pongsathorn Tannisorm

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Business Administration

School of Management Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2016

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การประเมินเวลาที่เหมาะสมด้วยเทคนิคเพิร์ท/วิธีสายงานวิกฤต ในการบริหารโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า แบบกังหันก๊าซ รุ่น SGT5-4000F กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา
ชื่อและนามสกุล	นายพงศธร ฐานิตสรณ์
แขนงวิชา	บริหารธุรกิจ
สาขาวิชา	วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จีราภรณ์ สุธัมมสภา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2560

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จีราภรณ์ สุธัมมสภา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นราธิป ศรีราม)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การประเมินเวลาที่เหมาะสมด้วยเทคนิคเพิร์ท/วิธีสายงานวิกฤตในการบริหารโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า แบบกังหันก๊าซ รุ่น SGT5-4000F กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา

ผู้ศึกษา นายพงศธร ฐานิตสรณ์ **รหัสนักศึกษา** 2583003922 **ปริญญา** บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์จีราภรณ์ สุธัมมสภา **ปีการศึกษา** 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินเวลามาตรฐานที่เหมาะสมของโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ที่ข้อมูลของเวลาแล้วเสร็จในแต่ละกิจกรรมย่อยภายในโครงการมีจำนวนน้อยด้วยเทคนิคเพิร์ท และเทคนิควิธีสายงานวิกฤต

วิธีการศึกษาประกอบด้วย ขั้นที่หนึ่ง ศึกษาแต่ละขั้นตอนการทำงานของงานบำรุงรักษาที่ได้ดำเนินการมาแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2559 เพื่อทำการแบ่งแยก และจัดกลุ่มกิจกรรม ให้เป็นกลุ่มกิจกรรมที่อิสระต่อกัน ขั้นที่สอง ทำการคำนวณหาเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมอิสระ ด้วยเทคนิคเพิร์ท ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบบีต้า พร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูล ด้วยการทดสอบสมมุติฐานตามวิธีการแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่น ภายใต้สมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ ขั้นที่สาม วิเคราะห์หาผังข่ายงาน และสายงานวิกฤติ แล้วคำนวณหาเวลาแล้วเสร็จของทั้งโครงการ ด้วยเทคนิควิธีสายงานวิกฤต

ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมของโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F คือ 850.6 ชั่วโมง หรือ 35.5 วัน ภายหลังการปรับปรุงเวลาแล้วเสร็จของโครงการใหม่ ทำให้ระยะเวลาสูงสุดของโครงลดลง 9.5 วัน ซึ่งสามารถลดค่าเสียโอกาสสูงสุดจากหยุดเดินเครื่องเพื่อผลิตและขายกระแสไฟฟ้า คิดเป็นมูลค่า 28.5 ล้านบาท ต่อปีต่อโครงการ นอกจากนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับสายงานวิกฤติ และระยะเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม ยังเป็นประโยชน์ต่อการติดตามความก้าวหน้าของแต่ละกิจกรรม และภาพรวมของทั้งโครงการ เพื่อให้แล้วเสร็จตามแผนที่ได้วางไว้

คำสำคัญ การประเมินเวลาเทคนิค เพิร์ท และเทคนิควิธีสายงานวิกฤต โครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซ รุ่น SGT5-4000F จังหวัดสงขลา

Independent Study title: Analysis of Estimated Time by PERT and CPM Techniques for Maintenance Program of Siemens Gas Turbine Model SGT5 4000F in Chana Power Plant at Songkhla Province
Author: Mr. Pongsathorn Tannisorn; **ID:** 2583003922;
Degree: Master of Business Administration
Independent Study advisor: Jeeraporn Suthummasapa, Associate Professor;
Academic year: 2016

Abstract

This independent study attempts to apply the PERT - Program Evaluation and Review Technique, CPM - Critical Path Management Technique and relevant project management to suggest the recommendation for new standard time durations, and the guidance for appropriate project scheduling.

This study starts from work-breakdown the work instruction as specified in the standard manual of maintenance program. Then, all detailed activities are classified and sequenced into independent activities. While, for data collection, the actual durations are from Major Overhaul projects as recorded in the official Maintenance Report between 2010 and 2016. The data, under the assumption of beta distribution by using PERT, are validated with normal distribution by Anderson-Darling Normality Test. Finally, the collective date are analyzed by CPM to reveal the Network, Critical Path, and calculated durations of each activity and overall project.

The research recommended the duration of overall project at 850.6 hours or 35.5 days. This could reduce the maximum duration by 9.5 days from 45 days, or at 28.5 million Thai Baht per year per project for opportunity cost to stop the electricity generation for maintenance. These findings could provide beneficial guidance for monitoring the progressive of each activity and overall project to achieve the target as planned.

Keywords: Estimated project duration, PERT / CPM, Gas Turbine Maintenance Project, Songkhla Province

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากท่านรองศาสตราจารย์จีราภรณ์ สุธัมมสภา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อย่างใกล้ชิดนับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คุณนรากร วิสุทธิกาญจน์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลสำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการศึกษาอิสระครั้งนี้ทุกท่าน

ขอขอบคุณ คุณสุทธิสา รัตนธารี ที่ให้คำแนะนำ กำลังใจตลอดระยะเวลาของการทำการศึกษาอิสระครั้งนี้ ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอน แนะนำ ช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อีกทั้งยังเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดแก่ผู้ศึกษาวิจัย ซึ่งมีส่วนช่วยให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พงศธร ฐานิตสรณ์

สิงหาคม 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทที่ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8
ประเด็นปัญหางานวิจัย 8
สมมุติฐานงานวิจัยและกรอบแนวคิดงานวิจัย 8
ขอบเขตของการศึกษา 10
นิยามคำศัพท์เฉพาะ 10
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 12
แนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 21
ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย 21
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 22
การวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมข้อมูล 24
บทที่ 4 การคำนวณ และวิเคราะห์ผล 28
ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล 28
การคำนวณเวลาเสร็จของกิจกรรม ด้วยเทคนิค PERT 31
การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล 33
การคำนวณสายงานวิกฤติ และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ด้วยเทคนิค CPM 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 51
สรุปผลการศึกษา 51
อภิปลายผลการศึกษาและการนำผลการศึกษาไปใช้ 51
ข้อจำกัดของการศึกษา 52
ข้อเสนอแนะ 54
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก 62
ก ตารางพื้นที่ใต้กราฟโค้งมาตรฐานปกติ 63
ข แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ 65
ค การวิเคราะห์หาประมาณเวลาเสร็จของกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT 78
ประวัติผู้ศึกษา 80

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลางานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซในแต่ละรุ่นของ กฟผ. 7
ตารางที่ 2.1 สรุปแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคนิค CPM และ PERT 17
ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มเก็บรวบรวมเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่อง กังหันก๊าซ 26
ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มเก็บรวบรวมเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่อง กังหันก๊าซ 27
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ 29
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ 30
ตารางที่ 4.3 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่อง กังหันก๊าซ ตามเทคนิค PERT 32
ตารางที่ 4.4 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่อง เครื่องกังหันก๊าซ ตามเทคนิค PERT 32
ตารางที่ 4.5 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่อง กังหันก๊าซ ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ 34
ตารางที่ 4.6 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วน เครื่องกังหันก๊าซ ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ 36
ตารางที่ 4.7 ปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S 37
ตารางที่ 4.8 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนของกิจกรรม J1 และ S1 ตามสมมุติฐานการ กระจายข้อมูลแบบปกติ ภายหลังปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S 37
ตารางที่ 4.9 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนของกิจกรรม J1 และ S1 ด้วยเทคนิค PERT ภายหลังปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S 37

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ระหว่างเทคนิค PERT และตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ 38
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ระหว่างเทคนิค PERT และตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ 38
ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ข่ายงาน เพื่อหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในโครงการ 41
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์หาสายงานวิกฤต และประมาณการเวลาแล้วเสร็จของโครงการตามเทคนิค CPM 46
ตารางที่ 14.4 ระยะเวลามาตรฐานของแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมในโครงการ 48

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้าของประเทศไทย 2
ภาพที่ 1.2 ข้อมูลสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าประเทศไทย ปี 2559 2
ภาพที่ 1.3 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – 2559 3
ภาพที่ 1.4 ข้อมูลสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ตั้งแต่ปี 2552 – 2559 4
ภาพที่ 1.5 ข้อมูลสัดส่วนโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ปี 2559 5
ภาพที่ 1.6 กรอบแนวคิดของงานวิจัย 9
ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Gantt Chart ในการบริหารโครงการ 13
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างการเขียนข่ายงานของเทคนิค CPM 18
ภาพที่ 2.3 ความน่าจะเป็นของเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมตามเทคนิค PERT 19
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 23
ภาพที่ 3.2 การแบ่งงานและจัดกลุ่มกิจกรรมอิสระ 25
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในแต่ละกิจกรรม 33
ภาพที่ 4.2 ผังข่ายงาน แสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในงานถอดชิ้นส่วน เครื่องกังหันก๊าซ 42
ภาพที่ 4.3 ผังข่ายงาน แสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในงานประกอบชิ้นส่วน เครื่องกังหันก๊าซ 42
ภาพที่ 4.4 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ด้วยเทคนิค PERT และ CPM โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Excel 43
ภาพที่ 4.5 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในส่วนงานถอดชิ้นส่วน เครื่องกังหันก๊าซ ตามเทคนิค CPM 44
ภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในส่วนของงานประกอบชิ้นส่วน เครื่องกังหันก๊าซ ตามเทคนิค CPM 45
ภาพที่ 4.7 ผังข่ายงาน และเส้นทางวิกฤติในงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ 47
ภาพที่ 4.8 ผังข่ายงาน และเส้นทางวิกฤติในงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ 47
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จที่ ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการระหว่าง 35 – 45 วัน 49

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

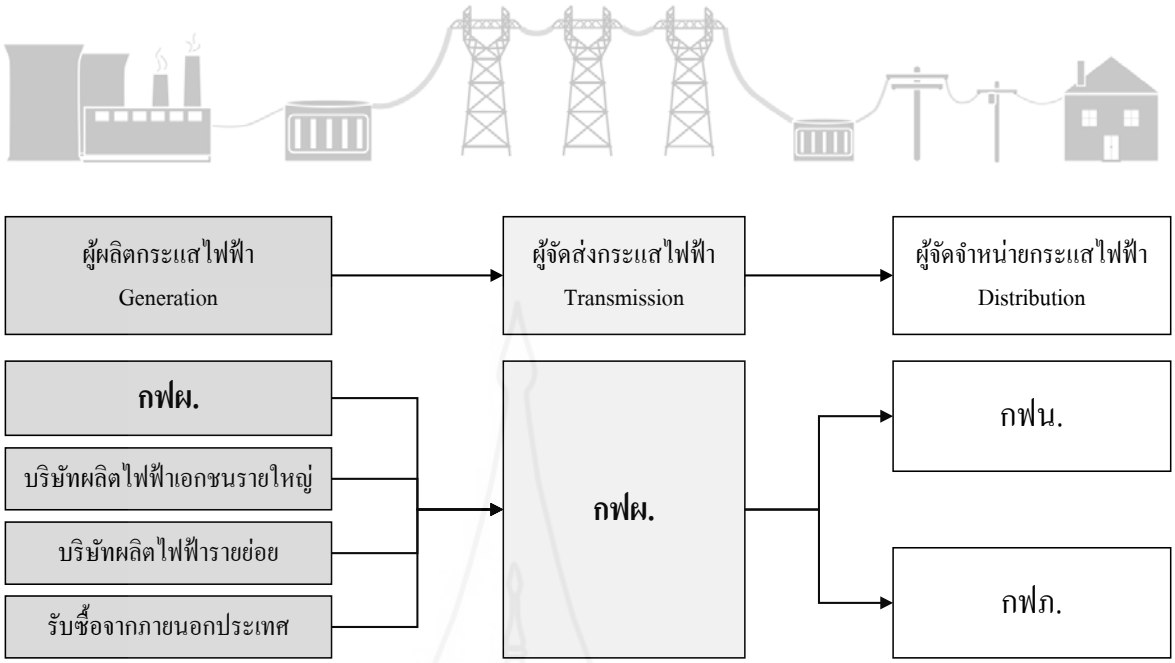
พลังงานไฟฟ้า เป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย ผลการสำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศ ตั้งแต่ปี 2552 - 2559 (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2559) ชี้ให้เห็นว่า ความต้องการใช้ไฟฟ้า ขยายตัวอย่างต่อเนื่องทุกปี สอดคล้องกับผลการศึกษาของสำนักนโยบายและแผน กระทรวงพลังงาน ("กระทรวงพลังงานสานต่อผลงาน ลดใช้ไฟฟ้า", 2559) ที่เปิดเผยว่า แนวโน้มความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าในประเทศไทยปรับตัวสูงขึ้น เฉลี่ยที่ประมาณ 7.9% หรือ 1,000 เมกะวัตต์ต่อปี โดยมีสาเหตุหลัก 2 ประการ ดังนี้

ประการแรก คือ สภาพอากาศที่ร้อนขึ้นทุกปี อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เอลนีโย่ และ

ประการที่สอง คือ ผลจากมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจของรัฐบาล

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการสร้างโรงไฟฟ้า เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงที่หลากหลาย เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กท้ายเขื่อนต่าง ๆ (Small Hydro Power Plant) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant) และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) เป็นต้น เพื่อลดความเสี่ยงในการพึ่งพาเชื้อเพลิงเพียงประเภทเดียว ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

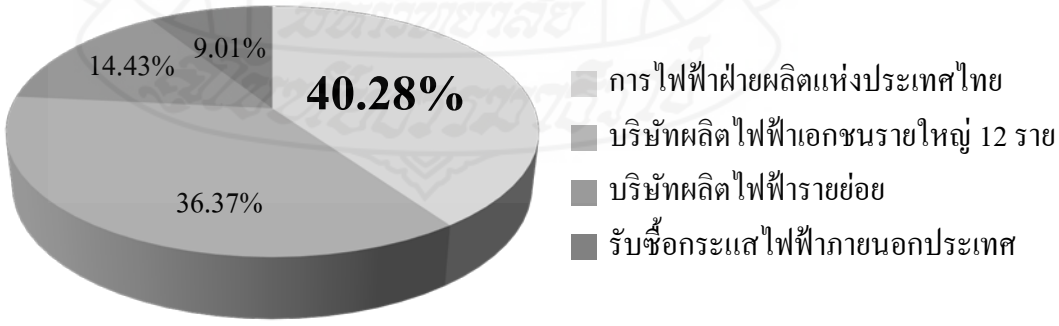
สำหรับประเทศไทยนั้น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิต และจัดหากระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกประเทศ เพื่อจำหน่ายให้แก่ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑล และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) สำหรับจังหวัดอื่น ๆ ในประเทศ ให้เพียงพอต่อความต้องการ (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2559) ตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้าของประเทศไทย

ที่มา: คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) (2559)

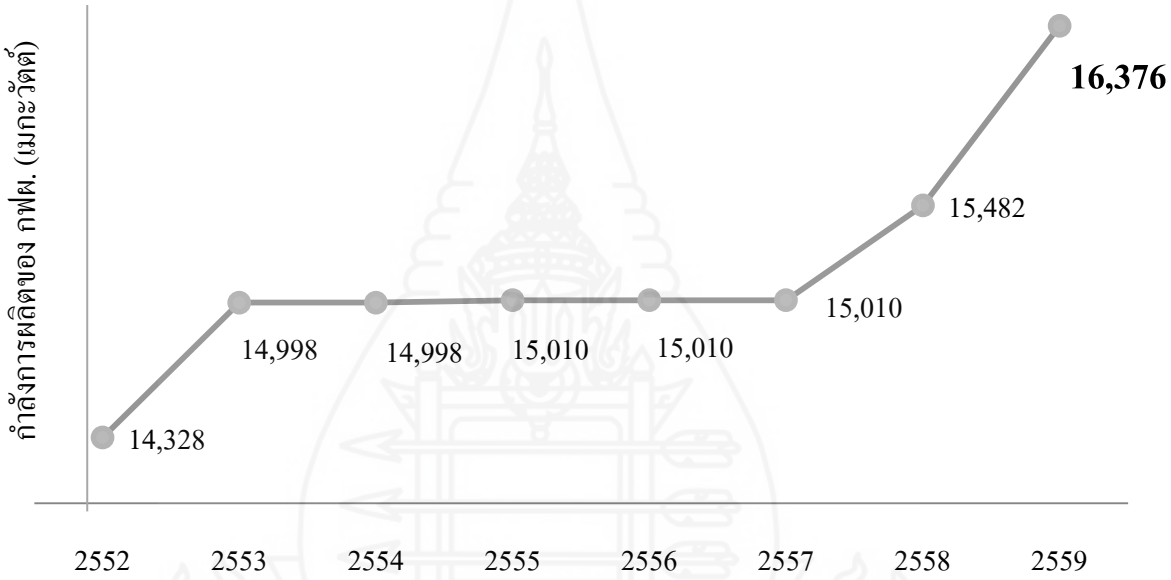
ข้อมูลของฝ่ายสื่อสารองค์กร กฟผ. (2559ก) ตามภาพที่ 1.2 ชี้ให้เห็น สัดส่วนกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยในปี 2559 โดย กฟผ. เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดในธุรกิจนี้ ที่สัดส่วน 40.28% อันดับสอง คือ บริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่จำนวนทั้งสิ้น 12 ราย ที่ 36.37% อันดับสาม คือ บริษัทผลิตไฟฟ้ารายย่อยที่ 14.43% และสุดท้าย คือ การรับซื้อกระแสไฟฟ้าภายนอกประเทศที่ 9.01%



ภาพที่ 1.2 ข้อมูลสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าประเทศไทย ปี 2559

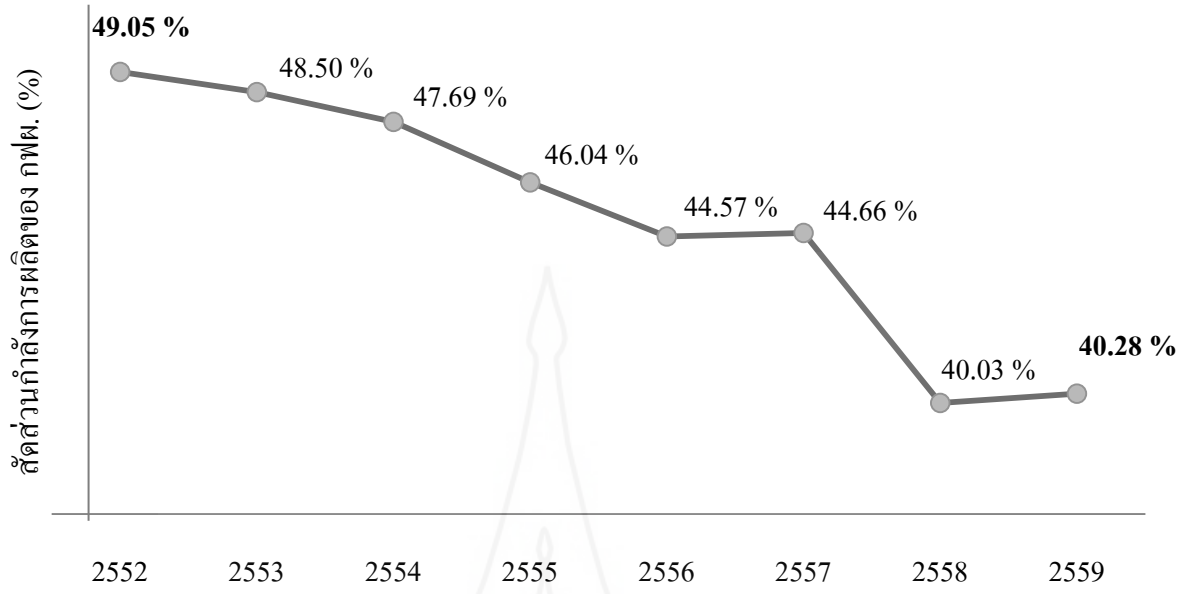
ที่มา: ฝ่ายสื่อสารองค์กร กฟผ. (2559ก)

แม้ว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าจะขยายตัวอย่างต่อเนื่องทุกปี ส่งผลให้กำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของ กฟผ. ทั้งหมดขยายตัวตามไปด้วย ตามภาพที่ 1.3 แต่จากข้อมูลสัดส่วนกำลังการผลิต ตั้งแต่ปี 2552 -2559 พบว่า สัดส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าของ กฟผ. ลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 49.05% ในปี 2552 เหลือเพียง 40.28% ในปี 2559 ดังแสดงในภาพที่ 1.4 อันเป็นผลมาจากต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยของ กฟผ. ที่สูงกว่าคู่แข่งในธุรกิจ (กฟผ., 2559ก) เนื่องจาก การผลิตกระแสไฟฟ้าจะเลือกตามลำดับ จากโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดก่อน (ศูนย์ควบคุมไฟฟ้าแห่งชาติ กฟผ., 2559) ดังนั้น เพื่อรักษาสัดส่วนกำลังการผลิตและความสามารถในการแข่งขันในธุรกิจนี้ กฟผ. จึงจำเป็นต้องปรับตัวในทุกด้านต่อสภาวะการณ์นี้



ภาพที่ 1.3 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 – 2559

ที่มา: คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) (2559)

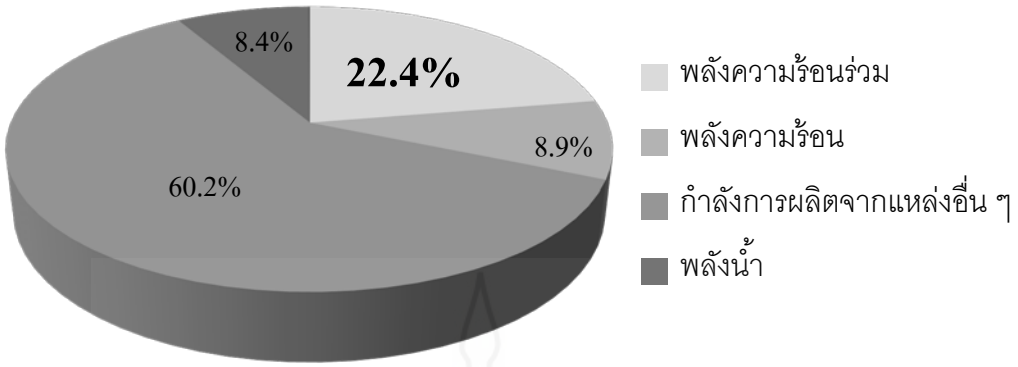


ภาพที่ 1.4 ข้อมูลสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ตั้งแต่ปี 2552 – 2559

ที่มา: คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) (2559)

กฟผ. มีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการแข่งขันทางธุรกิจ โดยใช้กลยุทธ์ในการสร้างความแตกต่าง (Differentiation) ด้วยนวัตกรรม และแนวคิดการบริหารจัดการสมัยใหม่ มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจ โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ การเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็น 50% ภายในปี 2579 ซึ่งแนวคิดนี้ จะถูกนำมาปรับใช้กับทุกภาคส่วนใน กฟผ. ตามแผนการพัฒนาธุรกิจประจำปี 2560 (กฟผ., 2559ข)

ข้อมูลสัดส่วนประเภทโรงไฟฟ้าที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า จากฝ่ายสื่อสารองค์กร กฟผ. (2559ข) แสดงสัดส่วนกำลังการผลิตจากแหล่งอื่น ๆ ที่ 60.2% โดยเป็นกำลังการผลิตจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ และรายย่อยทั้งภายในและนอกประเทศ ซึ่ง กฟผ. ไม่มีอำนาจบริหารจัดการด้านต้นทุนได้ แต่ส่วนที่เกี่ยวข้องกับ กฟผ. โดยตรง คือ กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ซึ่งมีสัดส่วนสูงรองลงมาที่ 22.4% ตามภาพที่ 1.5 ดังนั้น หากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และควบคุมต้นทุนการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมได้ ก็น่าจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ กฟผ. สามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งในธุรกิจนี้ได้



หมายเหตุ: กำลังการผลิตจากแหล่งอื่น ๆ คือ กำลังการผลิตที่ กฟผ. ซื้อทั้งจากภายใน และ ต่างประเทศ

ภาพที่ 1.5 ข้อมูลสัดส่วนโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ปี 2559

ที่มา: ฝ่ายสื่อสารองค์กร กฟผ. (2559ค)

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมนั้น มีเครื่องกังหันก๊าซ เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการผลิต ข้อมูลจากนิตยสาร Gas Turbine World (Isles, 2013) แสดงให้เห็นว่า เครื่องกังหันก๊าซ สำหรับงานอุตสาหกรรมหนัก (Heavy Duty Type) ที่มีใช้ในปัจจุบัน ถูกผลิตขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิตเพียง 4 ราย ได้แก่ บริษัท Mitsubishi ผลิตรุ่น M701F, บริษัท General Electric ผลิตรุ่น 9FA, บริษัท Ansaldo Energia ผลิตรุ่น GT26 และบริษัท Siemens ผลิตรุ่น SGT5-4000F จากจุดเด่นที่สามารถตอบสนองความต้องการไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของวันได้อย่างรวดเร็ว ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ ทำให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในธุรกิจผลิตกระแสไฟฟ้า

แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องกังหันก๊าซก็มีจุดด้อยที่สำคัญ คือ จำเป็นต้องหยุดเดินเครื่องเพื่อบำรุงรักษาเป็นประจำทุกปี (Jamison, 2015) ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากต่อการเพิ่มประสิทธิภาพและควบคุมต้นทุนการผลิต เพราะหากระยะเวลางานบำรุงรักษาตรงกับช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าสูง อาจจำเป็นต้องผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ ซึ่งมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า ในทางตรงข้าม หากไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการ อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม อันนำไปสู่ความเสียหายต่อเศรษฐกิจของประเทศได้

ในส่วนของงานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ เมื่อพิจารณาข้อมูลระยะเวลางานของเครื่องกังหันก๊าซในแต่ละรุ่น ที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.1 พบว่าระยะเวลาของแต่ละรุ่นนั้น มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ตามความซับซ้อนของเครื่องยนต์ที่แตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากขั้นตอนการทำงาน และชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ทั้งในด้านจำนวน และความซับซ้อน ตามที่แสดงในคู่มือการบำรุงรักษาของเครื่องกังหันก๊าซในแต่ละรุ่น (e.g. Siemens AG Energy Sector, 2012; General Energy, 2013; Mitsubishi-Hitachi Power System, 2014; Ansaldo Energia, 2015) โดยปกติ การกำหนดระยะเวลาของโครงการบำรุงรักษาของ กฟผ. ส่วนใหญ่ถูกกำหนดจากระยะเวลาทำงานเฉลี่ยของงานที่เคยปฏิบัติมา ได้แก่ เครื่องกังหันก๊าซ Mitsubishi รุ่น M701F, General Electric รุ่น 9FA และ Ansaldo Energia รุ่น GT26

แต่ในกรณี งานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซรุ่นใหม่ ได้แก่ เครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F เวลาของโครงการบำรุงรักษาจะถูกกำหนด โดยผู้ควบคุมโครงการที่มีความชำนาญแต่ด้วยประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง และการตัดสินใจที่แตกต่างกัน ทำให้การกำหนดระยะเวลาของการทำงาน ในแต่ละกิจกรรมย่อยแตกต่างกันไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1.1 โดยเฉพาะในงานตรวจสอบตามเส้นทางก๊าซร้อน (Hot Gas Path Inspection) และงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ที่ไม่สามารถประมาณเวลาแล้วเสร็จอย่างแม่นยำได้ ทำให้มีค่าความแตกต่างของระยะเวลาสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่ 7 และ 10 วัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่างานบำรุงรักษาอื่น ๆ ที่มีค่าอยู่ที่ 1 - 2 วันเท่านั้น โดยคิดเป็นค่าสูญเสียโอกาสในการเดินเครื่องเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า คิดเป็นมูลค่า 3 ล้านบาทต่อวัน (ฝ่ายประสิทธิภาพ กฟผ., 2559)

จากปัญหาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึง ความสำคัญและประโยชน์ของการนำหลักวิชาการ ด้านการบริหารงานโครงการมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และประมาณการเวลามาตรฐานของโครงการบำรุงรักษาที่เหมาะสม อันจะเป็นประโยชน์ต่อการติดตาม และเร่งรัดงานบำรุงรักษาต่อไป

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลางานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซในแต่ละรุ่นของ กฟผ.

บริษัทผู้ผลิต – รุ่น	**Mitsubishi**	**General Electric**	**Ansaldo Energia**	**Siemens AG**
โครงการ	รุ่น M701F	รุ่น 9FA	รุ่น GT26	รุ่น SGT5-4000F
งานบำรุงรักษาห้องเผาไหม้ (Combustion Inspection)	10-11 วัน (1 วัน)*	8-10 วัน (2 วัน)*	3-5 วัน (2 วัน)*	5-7 วัน (2 วัน)*
งานตรวจสอบตามเส้นทางก๊าซร้อน (Hot Gas Path Inspection)	24-25 วัน (1 วัน)*	26-27 วัน (1 วัน)*	ไม่มี	22-29 วัน (7 วัน)*
งานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพ (Major Overhaul)	33-35 วัน (2 วัน)*	43-44 วัน (1 วัน)*	28-30 วัน (2 วัน)*	35-45 วัน (10 วัน)*
โรงไฟฟ้าความร้อนร่วม (จำนวนเครื่องกังหันก๊าซ)	โรงไฟฟ้าอุทัย (4 เครื่อง) โรงไฟฟ้าวังน้อย (6 เครื่อง) โรงไฟฟ้าหนองแซง (4 เครื่อง) โรงไฟฟ้าอาร์พีซีแอล (4 เครื่อง) โรงไฟฟ้าพระนครใต้ (2 เครื่อง) โรงไฟฟ้าขนอม (2 เครื่อง)	โรงไฟฟ้าราชบุรี (6 เครื่อง) โรงพระนครใต้ (2 เครื่อง) โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ (2 เครื่อง)	โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ (2 เครื่อง)	โรงไฟฟ้าจะนะ (4 เครื่อง) โรงไฟฟ้าวังน้อย (2 เครื่อง) โรงไฟฟ้าบางปะกง (2 เครื่อง)
จำนวนเครื่องทั้งหมด.	**22 เครื่อง**	**10 เครื่อง**	**2 เครื่อง**	**8 เครื่อง**

หมายเหตุ: (วัน)* คือ ความแตกต่างของระยะเวลาสูงสุด และต่ำสุดที่ใช้ในแต่ละงานบำรุงรักษา ตามที่ผู้ควบคุมโครงการได้ประเมินไว้

ที่มา: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล กฟผ. (2557)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินเวลามาตรฐานที่เหมาะสมของโครงการบำรุงรักษาเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแบบกังหันก๊าซ รุ่น SGT5-4000F ที่ข้อมูลของเวลาแล้วเสร็จในแต่ละกิจกรรมย่อยภายในโครงการมีจำนวนน้อย ด้วยเทคนิค Program Evaluation Review Technique (PERT) และ Critical Path Management (CPM)

3. ประเด็นปัญหางานวิจัย

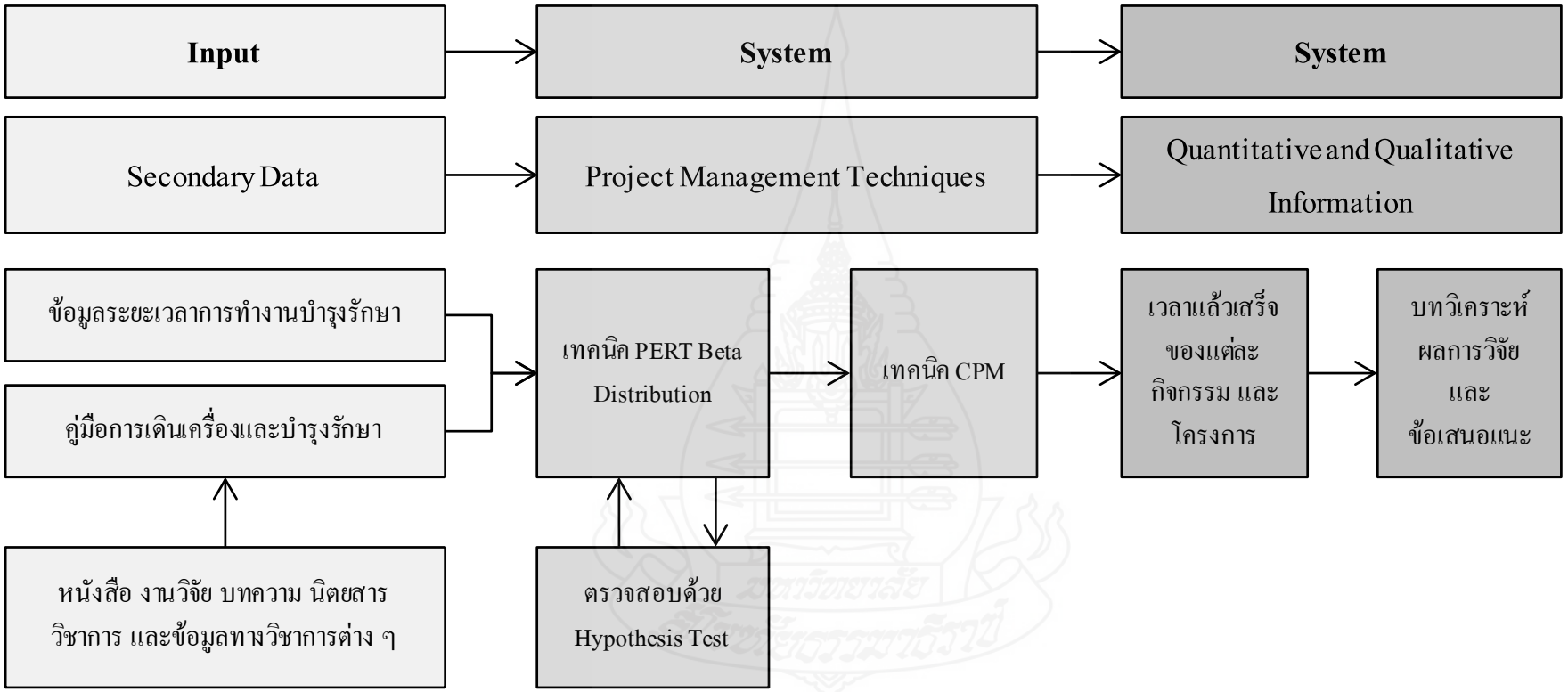
เนื่องจากเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000 เป็นเครื่องรุ่นใหม่ของ กฟผ. ทำให้ขาดข้อมูลในการกำหนดระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการได้อย่างแม่นยำ การวิจัยนี้ จึงทำการศึกษางานบำรุงรักษา เพื่อนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการประมาณเวลาแล้วเสร็จ รวมทั้งการบริหารและเร่งรัดโครงการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. สมมุติฐานงานวิจัย และกรอบแนวคิดงานวิจัย

4.1 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ มีการกระจายตัวแบบบีตา (Beta Distribution) และแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์หาค่าเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมได้

4.2 กิจกรรมแต่ละกิจกรรมสามารถแยกเป็นกิจกรรมที่อิสระต่อกัน และสามารถใช้เทคนิค CPM และเทคนิค PERT สำหรับวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการได้

โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

5. ขอบเขตของการศึกษา

สำหรับงานวิจัยนี้ กำหนดขอบเขตการศึกษาที่ข้อมูลโครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) เฉพาะงานถอด และประกอบชิ้นส่วนตามขอบเขตงานมาตรฐานของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000 ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ในระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2559

6. นิยามคำศัพท์เฉพาะ

6.1 โครงการ หมายถึง โครงการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ในขอบเขตงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลาเท่านั้น

6.2 ผู้ควบคุมโครงการ หมายถึง ผู้ที่มีหน้าที่ควบคุม และจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งในส่วนของ ค่าใช้จ่าย กำลังคน เครื่องจักร เครื่องมือ เครื่องใช้ และยานพาหนะต่าง ๆ ในโครงการให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะในกรณีที่ทรัพยากรจำกัด จำเป็นต้องพิจารณาความเร่งด่วนและความสำคัญของกิจกรรม เพื่อตัดสินใจลงมือทำงานตามความเหมาะสม

6.3 เครื่องกังหันก๊าซ หมายถึง เครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลาเท่านั้น

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 สามารถนำข้อมูลและผลจากการศึกษานี้ไปใช้ เพื่อปรับปรุงเวลามาตรฐานของงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ในโครงการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000 ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา อันจะเป็นประโยชน์ในการเร่งรัดโครงการ รวมทั้ง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผน และบริหารโครงการในอนาคต

7.2 สามารถนำผลการศึกษา ข้อมูลทางสถิติ และการวิเคราะห์ไปใช้อ้างอิง เพื่อประยุกต์ใช้ในการคำนวณ และปรับปรุงเวลามาตรฐานของโครงการบำรุงรักษาอื่น ๆ เช่น โครงการบำรุงรักษาใบพัดเทอร์ไบน์ (Hot Gas Path Inspection) ทั้งของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา และโรงไฟฟ้าอื่น ๆ ทั้งในส่วนของ กฟผ. เอง และภาคเอกชน

7.3 สามารถนำงานศึกษานี้ เป็นข้อมูลอ้างอิงตามหลักวิชาการ ในการประยุกต์ใช้เทคนิคเกี่ยวกับการบริหารโครงการ โดยเฉพาะเทคนิค CPM และเทคนิค PERT ในโครงการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจที่ต้องการทำการศึกษาเพิ่มเติม หรือทำการวิจัยต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

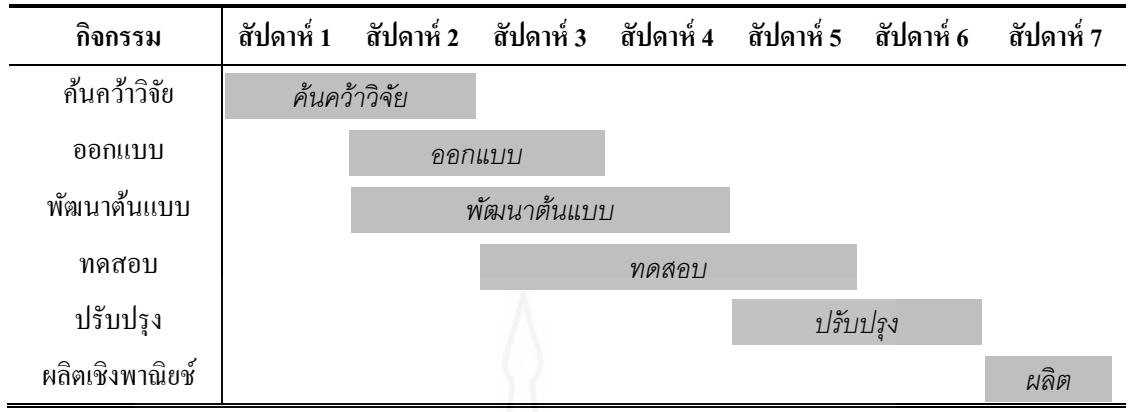
1. แนวคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทางด้านการบริหารโครงการนั้น มีการพัฒนามาอย่างยาวนาน นับตั้งแต่การบริหารโครงการก่อสร้างอาคารในยุคแรก แนวคิดลำดับต้นของการบริหารโครงการ คือ การประยุกต์ใช้เทคนิคแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) มาช่วยในการบริหารงานโครงการก่อสร้างในปีพ.ศ. 2460 (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2544) และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามลำดับ จนถึงแนวคิดการบริหารโครงการ ด้วยการพิจารณาทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นตลอดทั้งโครงการ โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ข่ายงานด้วยสายงานวิกฤต หรือเทคนิค CPM (Critical Path Management) (e.g. Kelly and Walker, 1959; Shankar and Saradhi, 2011; Samman and Brahemi, 2014; Yakhchai, 2008)

สำหรับเทคนิค CPM นั้น เมื่อนำมาใช้ในการบริหารงานโครงการแล้ว ก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยขยายจากโครงการก่อสร้างไปสู่โครงการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มีระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อย ๆ ไม่แน่นอน (Moder and Philips, 1983)

แนวคิดการบริหารโครงการในยุคแรก เริ่มต้นจาก Henry L. Gantt (พิภพ ลลิตานนท์, 2544) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคที่เรียกว่า แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) มาใช้ในการบริหารเวลาแต่ละกิจกรรมย่อย ๆ ในโครงการ โดยใช้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนแต่ละกิจกรรม ที่เริ่มต้นและสิ้นสุดที่เวลาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ข้อดีของการใช้เทคนิคแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) คือ ทำให้ผู้ควบคุมโครงการทราบว่ามีกิจกรรมใดบ้าง ที่สามารถทำไปพร้อมกันได้ และทราบระยะเวลาสิ้นสุดของโครงการได้อย่างชัดเจน (e.g. Grover, 2002, Jeffrey, 2010; Couture, 2013) แต่เทคนิคนี้ มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ไม่ได้แสดงให้เห็นว่า แต่ละกิจกรรมในโครงการ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร เมื่อเกิดความล่าช้าที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง ไม่สามารถแสดงให้เห็นว่า ความล่าช้าดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมอื่น ๆ หรือไม่ อย่างไร จึงไม่สามารถนำวิธีนี้มาใช้หาเวลามาตรฐาน และเร่งรัดโครงการได้ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะสมกับโครงการขนาดใหญ่ ที่มีกิจกรรมจำนวนมาก เพราะจะทำให้แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) ซับซ้อนและยากแก่การนำไปวิเคราะห์ หรือบริหารโครงการ (e.g. Couture, 2013; Project - Management.com, 2016)



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ในการบริหารโครงการ

ที่มา: พิภพ ลลิตาภรณ์ (2544)

จากพื้นฐานแนวคิดของเทคนิคแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2554) ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองบนโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อแก้ไขปัญหาการบริหารโครงการที่ซับซ้อน ที่เรียกว่า ICRPSP-Integrated Common Resource Project Scheduling Problem ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบจีเนติกอัลกอลิทึม (Genetic Algorithms) และนำไปทดลองใช้ในการวางแผนควบคุมงานก่อสร้าง ซึ่งโปรแกรมแบบจำลองนี้ สามารถช่วยในการประเมินค่าของจำนวนทรัพยากรหลักต่าง ๆ และหาจำนวนที่เหมาะสมเท่าที่จำเป็น โดยโปรแกรมชี้ให้เห็นว่าการวางแผนการใช้ทรัพยากรหลักเฉพาะกิจกรรมคู่ใดคู่หนึ่ง และละเลยผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรในกิจกรรมอื่น ๆ นั้น จะทำให้แผนงานที่ได้ไม่สมเหตุสมผล และไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการบริหารโครงการที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมองภาพรวมกิจกรรมที่สัมพันธ์กันทั้งหมดของโครงการด้วย

Kelly and Walker (1959) ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิค CPM ในโครงการก่อสร้าง และงานบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงงานเคมีของบริษัทดูปองต์ (DuPont) โดยเน้นการวางแผนด้านการควบคุมเวลา และค่าใช้จ่ายตลอดทั้งโครงการ ซึ่งเทคนิค CPM ที่นำมาใช้ ยังมีข้อจำกัดในการกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อยที่ต้องได้จากการประเมินของผู้ชำนาญการ ดังนั้น ความเชี่ยวชาญหรือประสบการณ์ส่วนบุคคล ย่อมส่งผลต่อความแม่นยำ และมีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถบริหารโครงการได้จริง ตามแผนที่วางไว้

Shankar and Saradhi (2011) และ Samman and Brahemi (2014) ได้ศึกษา และนำเสนอวิธีการจัดตารางกิจกรรมในโครงการที่มีสภาวะไม่แน่นอน (Fuzzy) โดยพิจารณาระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมเป็นแบบช่วงเวลา และค่าของตัวแปรแต่ละค่าที่เกี่ยวข้อง นำมาคำนวณในรูปแบบของช่วงเวลา ตามพื้นฐานของทฤษฎีแบบฟัซซี่ (Fuzzy Theory) เพื่อคำนวณหาเวลาซ้อนทับ (Slack time) ของแต่ละกิจกรรม และนำมาพิจารณาหาสายงานวิกฤต ตามระดับความสำคัญแต่ละกิจกรรม (Criticality Degree) โดยจุดเด่นของงานวิจัยนี้ คือ ค่าที่ได้จากคำนวณตามหลักการของฟัซซี่ (Fuzzy Principle) มีความหมายทางกายภาพ แต่การคำนวณดังกล่าว มีความยุ่งยาก และซับซ้อนกว่าการใช้เทคนิค CPM แบบเดิมมาก

Shankar et al. (2012) ได้ศึกษา และประยุกต์การใช้เทคนิค CPM ในการบริหารงานโครงการ พบว่าเทคนิค CPM เป็นเครื่องมือสำคัญ สำหรับการวางแผนโครงการที่ซับซ้อน และปัจจัยสำคัญที่ทำให้โครงการสำเร็จตามแผน คือ จะต้องสามารถกำหนดระยะเวลาที่ชัดเจนในแต่ละกิจกรรมย่อยได้ แม้ว่าในทางปฏิบัติ การควบคุมเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อยให้ได้ตามแผนนั้น จะเป็นไปได้ยาก เพราะมีทั้งปัจจัยภายใน และภายนอก หรือปัจจัยแทรกซ้อนที่เหนือการควบคุมเข้ามาเป็นตัวแปรด้วย

ดังนั้น งานวิจัยของ Shankar et al. จึงได้นำเสนอวิธีการคำนวณ เพื่อหาสายงานวิกฤติ โดยใช้วิธีการแบบเมตริกซ์แสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ (Metric Distance Ranking) โดยใช้พื้นฐานของการคำนวณด้วยฟัซซี่นัมเบอร์ (Fuzzy Numbers) เพื่อกำหนดช่วงระยะเวลาแต่ละกิจกรรม จากนั้น จึงคำนวณหาเวลาซ้อนทับ (Slack time) และเวลาลอย (Float time) ของแต่ละกิจกรรม เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยสายงานที่มีค่าเมตริกซ์แสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบ (Metric Distance Rank) น้อยที่สุด คือ สายงานวิกฤติของโครงการ

อย่างไรก็ตาม แม้จะสามารถกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อยเป็นช่วงได้ ก็ยังไม่สามารถนำเทคนิคนี้ ไปประยุกต์ใช้กับโครงการที่แต่ละกิจกรรมย่อยไม่มีข้อมูลจริงมาคำนวณได้ เช่น งานวิจัย หรืองานที่ไม่เคยทำมาก่อน เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวของเทคนิค CPM จึงมีการพัฒนาวิธีการใหม่ที่เหมาะสม และแม่นยำกว่า ในการประมาณเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อย ด้วยหลักการ

ทางสถิติคู่ขนานกับการพัฒนาเทคนิค CPM เช่น เทคนิค PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Booz-Allen and Hamilton (1967) (cited in Yakhchai, 2008) นำเสนอเทคนิค PERT โดยการทำวิจัยร่วมกับกองทัพเรือสหรัฐ และบริษัทล็อกฮีด แอร์คราฟท์ (Lockheed Aircraft) เพื่อประมาณระยะเวลาแต่ละกิจกรรมย่อยในโครงการที่ไม่สามารถกำหนดเวลาแน่นอนได้ เช่น โครงการวิจัยและพัฒนา หรือโครงการที่ไม่เคยทำมาก่อน โดยอาศัยหลักการทางสถิติ เรื่องความน่าจะเป็น และการกระจายข้อมูลแบบบีตา (Beta Distribution)ในการประมาณเวลาของกิจกรรมย่อย และมีการใช้ครั้งแรก ในการบริหารโครงการพัฒนาขีปนาวุธโพลาริส (Polaris) ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ อันประกอบด้วยผู้รับเหมาช่วง (Subcontractor) มากกว่า 9,000 ราย

Koteswara et al. (2008) นำเสนองานวิจัย เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับเทคนิค PERT สำหรับวางแผนเวลาการทำงาน ในแต่ละกิจกรรมของโครงการขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน เพื่อวางแผนด้านเวลา กำลังคน และค่าใช้จ่ายในแต่ละกิจกรรมของโครงการ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิคนี้ ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากการวางแผนการใช้ทรัพยากรทีละกิจกรรม โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรในกิจกรรมอื่น ๆ จะทำให้แผนงานไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2554) ที่ใช้เทคนิคแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) เพื่อแก้ไขปัญหาการบริหารโครงการที่ซับซ้อน โดยวางแผนการใช้ทรัพยากรหลักเฉพาะกิจกรรมคู่ใดคู่หนึ่ง

จากผลการทบทวนงานวิจัย และการพัฒนาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า การบริหารโครงการที่มีประสิทธิภาพ จะต้องพิจารณาภาพรวมกิจกรรมที่สัมพันธ์กันทั้งหมดของโครงการ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Toor and Ogunlana (2008) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลให้โครงการไม่ประสบความสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ พบว่า มีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ ประการแรก คือ การวางแผนโดยไม่คำนึงถึงความเชื่อมโยงของกิจกรรม (Planning and Scheduling Deficiencies) และประการที่สอง คือ ความไม่สมเหตุสมผลของระยะเวลาทำงานที่ประเมินไว้ (Unrealistic Project Schedule) ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคนิค PERT เพื่อประมาณระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมย่อยในโครงการ ร่วมกับเทคนิค CPM จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณและวิเคราะห์ เพื่อให้โครงการเสร็จสิ้นตามแผนที่กำหนดไว้ (Nazrul et al., 2001)

สำหรับแนวคิดในการเร่งรัดโครงการโดยทั่วไป เริ่มจากการประมาณเวลาของกิจกรรมที่ลดลง ภายใต้ทรัพยากรที่ใช้เพิ่มมากขึ้น เช่น แรงงาน และเงินทุน ในกรณีที่ต้องการเร่งรัดให้โครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้น เนื่องจากเหตุผลต่าง ๆ เช่น ค่าปรับจากความล่าช้าของโครงการ อาจทำได้โดยการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น ซึ่งย่อมมีค่าใช้จ่ายจากทรัพยากรที่ใช้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับการเร่งรัดโครงการ เช่น งานวิจัยของ Omar (2011) ที่นำเทคนิค CPM มาใช้ในโครงการติดตั้งหม้อไอน้ำใหม่ เริ่มจากการแยกงานทั้งโครงการออกเป็นกิจกรรมย่อย พร้อมวิเคราะห์หาสายงานวิกฤต ด้วยโปรแกรมประยุกต์พื้นฐาน คือ Microsoft Office และ Project เพื่อนำสายงานวิกฤตที่ได้ไปวิเคราะห์การเร่งรัดโครงการ เปรียบเทียบค่าใช่จ่ายที่เพิ่มขึ้นในแต่ละกิจกรรม ภายใต้สมมุติฐานความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่แล้วเสร็จเร็วขึ้น และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Programming) ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ ความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ เพื่อพิจารณา และตัดสินใจหาความเหมาะสมในการเร่งรัดโครงการให้ระยะเวลาแล้วเสร็จที่สั้นลง ภายใต้การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายที่ยอมรับได้

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนแนวคิดการประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และเทคนิค CPM มาใช้ในการควบคุมและจัดการโครงการ ทั้งโครงการควบคุมการผลิต และโครงการก่อสร้าง เช่น

สุรพงศ์ บางพาน และคณะ (2557) นำเสนองานวิจัยที่ประยุกต์กับกระบวนการผลิตชุดกระพ้อลำเลียงข้าว โดยกำหนดขั้นตอน และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งคำนวณหาความน่าจะเป็น และระยะเวลาที่คาดว่าโครงการจะแล้วเสร็จ เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดของเสีย และลดเวลาการผลิตให้น้อยลง

อาจอง สุขประเสริฐ (2559) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าว ในการบริหารจัดการงานก่อสร้างบ้านจัดสรร ด้วยการรวบรวมข้อมูล กำหนดลำดับกิจกรรม และประมาณระยะเวลาในแต่ละกิจกรรม จากนั้น จึงจัดเป็นโครงสร้างการแบ่งงาน เพื่อประเมินเวลาและความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ รวมถึงแนวทางและความคุ้มค่าในการเร่งรัดโครงการ จนถึงการจัดทำมาตรฐานในการทำงาน (Work Package)

นันทวุฒิ ศรีปัดถา และ สิรางค์ กลั่นคำสอน (2559) นำเสนองานวิจัย เรื่องการบริหารโครงการปรับปรุงและบำรุงรักษาท่อน้ำประปา เพื่อลดการสูญเสียน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค โดยงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากแบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Programming) ในการหาสายงานวิกฤต ด้วยเทคนิค CPM และโปรแกรม Premium Solver (Gurobi) เพื่อหาระยะเวลาของโครงการที่ต่ำที่สุด และลดการสูญเสียน้ำประปาที่เกิดระหว่างโครงการ งานวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่ งานวางแผน งานวิศวกรรมโครงการ งานออกแบบพื้นที่จ่ายน้ำประปาย่อย หรือระบบ DMA (District Metering Area Design) งานซ่อมและปรับปรุงท่อ งานคืนผิวจราจร และงานตรวจรับงานจ้าง ผลจากแบบจำลองพบว่า สามารถลดระยะเวลาโครงการลงจาก 44 วันเหลือ 32 วัน โดยมีต้นทุนเพิ่มขึ้น 133,848 บาท พร้อมทั้งข้อเสนอแนะ สำหรับตัดสินใจเพื่อเร่งรัดโครงการ

จากบทความ และผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปลำดับขั้นของการพัฒนาแนวคิดในด้านการบริหารโครงการได้ ดังตารางที่ 2.1

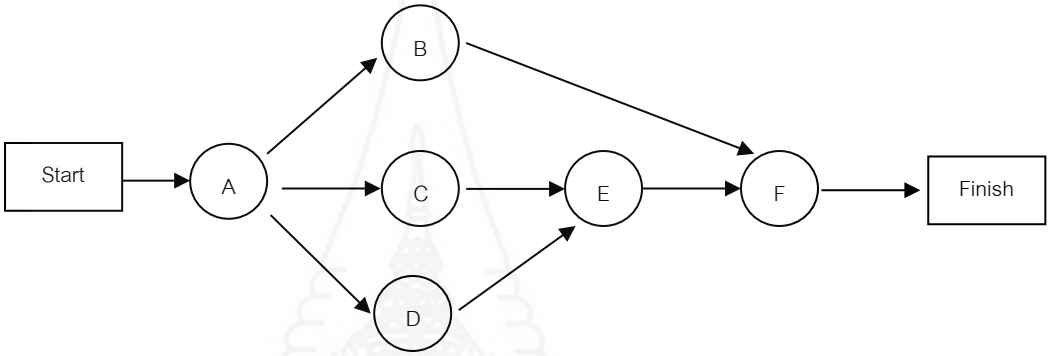
ตารางที่ 2.1 สรุปแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคนิค CPM และ PERT

ปี	ผู้เสนอ	แนวคิด	ลักษณะโครงการ	จุดเด่น	จุดด้อย
2460	Gantt	ประยุกต์เทคนิคแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ในการบริหารโครงการ	โครงการควบคุมงานก่อสร้าง	ช่วยประเมินเวลาของทั้งโครงการและแต่ละกิจกรรมย่อย	ไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ ของแต่ละกิจกรรมในโครงการ
2502	Kelly and Walker	นำเสนอเทคนิค CPM ในการวางแผนแต่ละกิจกรรม เพื่อควบคุมเวลา และค่าใช้จ่ายตลอดทั้งโครงการ	โครงการก่อสร้างและซ่อมบำรุงเครื่องจักร	คำนึงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม และใช้กับงานบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นครั้งแรก	เวลาแต่ละกิจกรรม มาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จึงอาจไม่แม่นยำ
2510	Booz-Allen and Hamilton	นำเสนอเทคนิค PERT ในการประมาณเวลาของกิจกรรม โดยนำหลักความน่าจะเป็น มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิค CPM	โครงการวิจัย หรืองานที่ไม่เคยทำก่อน	ช่วยให้ประเมินเวลาของกิจกรรมที่ไม่เคยทำได้	ต้องใช้ข้อมูลเวลาจริงของแต่ละกิจกรรมมาคำนวณ
2554	วชรภูมิ	พัฒนาแบบโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการบริหารทรัพยากรในแต่ละกิจกรรม สำหรับแก้ปัญหาการบริหารงานที่ซับซ้อน	โครงการควบคุมงานก่อสร้าง	ใช้งานง่าย เหมาะสำหรับการหาทรัพยากรที่เหมาะสมในแต่ละกิจกรรม	ไม่ได้มองการบริหารทรัพยากรในภาพรวม และไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม
2554	Shankar and Saradhi	นำเสนอวิธีการจัดตารางงาน โดยให้เวลาแต่ละกิจกรรมเป็นช่วงเวลา ตามทฤษฎีของฟิซซี่ (Fuzzy) มาประยุกต์ใช้กับเทคนิค CPM	โครงการที่มีเวลาแต่ละกิจกรรมไม่แน่นอน	ประยุกต์ใช้แนวคิด CPM กับโครงการที่มีช่วงเวลาแต่ละกิจกรรมไม่แน่นอนได้	มีความยุ่งยากและซับซ้อนในการคำนวณ
2555	Shankar	นำเสนอการคำนวณเพื่อหาสายงานวิกฤติ โดยใช้วิธีการแบบเมตริกซ์แสดงระยะห่างระหว่างองค์ประกอบจากพื้นฐานทฤษฎีของฟิซซี่ (Fuzzy)	โครงการที่มีเวลาแต่ละกิจกรรมไม่แน่นอน	ลดความซับซ้อนในการคำนวณหาสายงานวิกฤติ ที่มีช่วงเวลาของแต่ละกิจกรรมไม่แน่นอน	ต้องกำหนดเวลาแน่นอนได้ จึงไม่สามารถใช้กับงานที่ไม่เคยทำมาก่อน เช่น งานวิจัย

2. หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิควิเคราะห์ข่ายงานด้วยสายงานวิกฤต หรือเทคนิค CPM คือ การวิเคราะห์ข่ายงานของทุกกิจกรรมย่อยในโครงการ ด้วยสายงานวิกฤต เพื่อหาเวลาแล้วสร็จของโครงการ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2554)

ขั้นตอนแรก คือ การสร้างข่ายงานจากความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างการเขียนข่ายงานของกิจกรรม A, B, C, D, E และ F ด้วยเทคนิค CPM
ที่มา: ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2554)

ขั้นตอนที่สอง คือ การคำนวณหาสายงานวิกฤต ซึ่งจะทำให้ทราบ เวลาแล้วเสร็จของโครงการ และกิจกรรมในสายงานวิกฤต ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ เพื่อวางแผนเร่งรัดโครงการ โดยจะต้องทราบถึงนิยามคำศัพท์ ดังนี้

1) เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start; ES) คือ เวลาที่เร็วสุดที่กิจกรรมเริ่มต้น

2) เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Earliest Finish; EF) คือ เวลาที่เร็วสุดที่กิจกรรมแล้วเสร็จ

3) เวลาเริ่มต้นช้าที่สุด (Latest Start; LS) คือ เวลาที่ช้าสุดที่กิจกรรมเริ่มต้นโดยไม่ทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการล่าช้าไป

4) เวลาแล้วเสร็จช้าที่สุด (Latest Finish; LF) คือ เวลาที่ช้าสุดที่กิจกรรมแล้วเสร็จโดยไม่ทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการล่าช้าไป

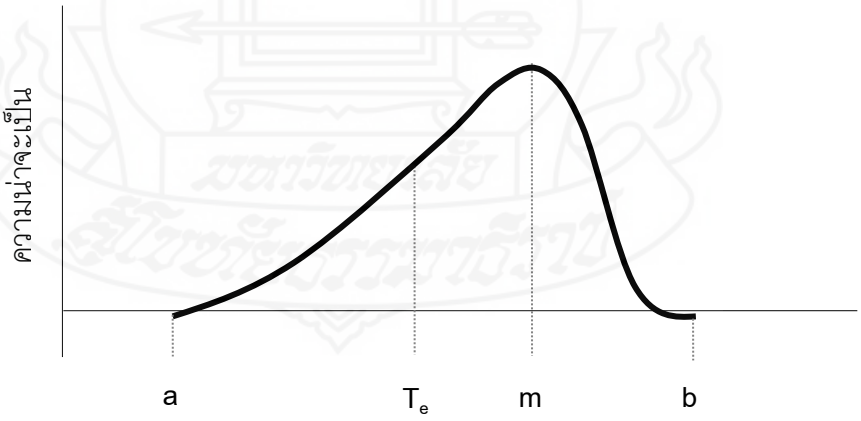
5) เวลาลอยตัวอิสระ (Free Float; FF) คือ เวลาที่กิจกรรมสามารถเลื่อนเวลาเริ่มต้นหรือทำช้าออกไป โดยไม่มีผลกระทบที่จะทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการเสร็จล่าช้า และไม่มีผลทำให้เวลาเริ่มต้นของกิจกรรมอื่นที่ตามมาต้องเลื่อนออกไป

6) เวลาลอยตัวรวม (Total Float; TF) คือ เวลาที่กิจกรรมสามารถเลื่อนเวลาเริ่มต้นหรือล่าช้าออกไป โดยไม่มีผลกระทบที่จะทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการเสร็จล่าช้า แต่อาจทำให้เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมที่ตามหลังเลื่อนตามไปด้วย

โดยที่เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม (EF) มีค่าเท่ากับเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (ES) บวกกับเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้น (T_e) (สมเกียรติ จงประสิทธิ์, 2534) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$EF = ES + T_e$$ เมื่อ T_e เป็นเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

2.2 เทคนิคประมาณเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรม ด้วยเทคนิค Program Evaluation and Review Technique หรือเทคนิค PERT คือ วิธีการประมาณเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรม (Expected Time; T_e) โดยปกติเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรมจะมีเพียงค่าเดียว โดยการประมาณจากผู้เชี่ยวชาญ ด้วยสมมุติฐานว่า เวลานี้มีความเป็นไปได้มากที่สุด แต่การใช้เทคนิคนี้ เป็นวิธีที่ใช้หลักการทางสถิติ ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบบีตา (Beta Distribution) เพื่อหาค่าประมาณเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรม (e.g. Archibald and Villoria, 1976; Luttman and Laffel, 1995; Gerald and Frederick, 2000; Olivier, 2003; Pradeesh, 2011) ดังภาพที่ 2.3 เทคนิคนี้ จึงมีความเที่ยงตรงมากกว่า โดยปราศจากอคติ และความคลาดเคลื่อนจากความชำนาญ หรือประสบการณ์ส่วนบุคคลของแต่ละผู้ทำการประมาณค่า



ภาพที่ 2.3 ความน่าจะเป็นของเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมตามเทคนิค PERT

ที่มา: Olivier (2003)

เมื่อ a = เวลาเร็วที่สุด ที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จ (Optimistic Time)

b = เวลาช้าที่สุด ที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จ (Pessimistic Time)

m = เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด ที่แต่ละกิจกรรมแล้วเสร็จ (Most Likely Time)

T_e = เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตามเทคนิค PERT (Expected Time)

σ^2 = ความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรม ตามเทคนิค PERT (Variance)

สามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตามเทคนิค PERT (T_e) ได้จากสมการที่ 3.1 (e.g. Olivier, 2003; Pradeesh, 2011) ดังนี้

$$Te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \text{..... สมการที่ 3.1}$$

สามารถคำนวณความแปรปรวนของเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรม เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ ภายในเวลาที่กำหนด ได้จากสมการ 3.2 (e.g. Olivier, 2003; Pradeesh, 2011) ดังนี้

$$\sigma^2 = \left[\frac{b - a}{6}\right]^2 \quad \text{..... สมการที่ 3.2}$$

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ระยะเวลามาตราฐานงานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซถูกต้องแม่นยำ และเป็นไปตามหลักวิชาการ งานวิจัยนี้ จึงมีการดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
3. การวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลโดยตรง และข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลที่มีผู้เก็บรวบรวมไว้แล้ว มักเป็นข้อมูลในอดีต และผ่านการวิเคราะห์เบื้องต้นแล้ว (เช่น สมคิด รังกูร, 2538; สุรินทร์ นิยมางกูร 2548; Ashley 2017; Management Study Guide.com, 2017)

เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาในการดำเนินการวิจัย และการเข้าถึงข้อมูลแบบปฐมภูมิ สำหรับงานวิจัยนี้ จะใช้เฉพาะข้อมูลทุติยภูมิเท่านั้น โดยมีแหล่งข้อมูลหลัก มาจาก

1.1 ข้อมูลของระยะเวลาการทำงานบำรุงรักษาในแต่ละกิจกรรม ตามที่บันทึกไว้ในรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษา (Maintenance Report) ของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2559 จำนวน 6 โครงการ ได้แก่

1.1.1 โครงการที่ 1 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2553

1.1.2 โครงการที่ 2 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2553

1.1.3 โครงการที่ 3 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2555

1.1.4 โครงการที่ 4 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2555

1.1.5 โครงการที่ 5 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2559

1.1.6 โครงการที่ 6 คือ โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2559

1.2 เอกสารคู่มือการเดินเครื่องและบำรุงรักษา ในงานถอดและประกอบชิ้นส่วนของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F

1.3 หนังสือ วารสารวิชาการ งานวิจัย บทความ และข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับการบริหารโครงการและแนวคิด หรือเทคนิคที่เกี่ยวข้อง เช่น เทคนิค CPM และเทคนิค PERT

1.4 หนังสือ ตำรา และข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับสถิติ ความน่าจะเป็นและการประยุกต์ใช้

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 เครื่องมือหลักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

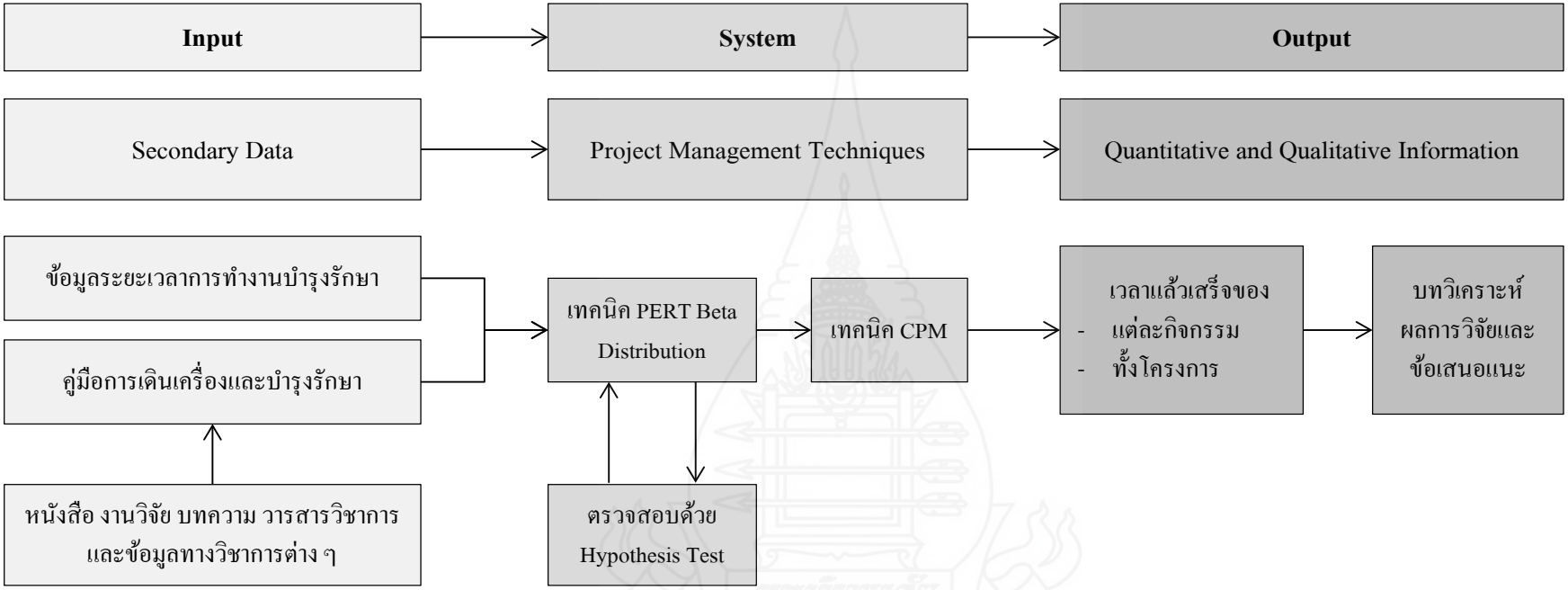
1.2.1 แนวคิด ทฤษฎี และเทคนิคทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารโครงการ เช่น เทคนิค CPM และเทคนิค PERT

1.2.2 เอกสารคู่มือการเดินเครื่องและบำรุงรักษาของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F สำหรับใช้แยกแยะและจัดกลุ่มงานย่อย ๆ ในการถอดและประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อสรุปกิจกรรมอิสระ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

1.2.3 โปรแกรมสำเร็จรูป และเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ เช่น โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม Minitab (โปรแกรม Minitab 18 Statistic Software เวอร์ชั่นทดลองใช้งาน โดยมีระยะเวลาทดลองใช้งาน 30 วัน ดาวน์โหลดจาก http://www.minitab/com/en- us/products/ minitab/free-trial/ เมื่อวันที่ 30 เมษายน 2560)

1.2.4 แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับสถิติ ความน่าจะเป็น และการประยุกต์ใช้

โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3. การวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยนี้ เริ่มจากศึกษาข้อมูลแต่ละขั้นตอนการทำงานของงานถอด และประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ เพื่อทำการแบ่งแยก และจัดกลุ่มกิจกรรมงานบำรุงรักษา ให้เป็นกิจกรรมย่อยที่อิสระต่อกัน จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากทั้ง 6 โครงการ ไปคำนวณและวิเคราะห์ เพื่อนำเสนอเวลาแล้วเสร็จของโครงการ พร้อมบทวิเคราะห์ ในการพิจารณาปรับปรุงช่วงเวลามาตรฐานของงานบำรุงรักษา

3.1 การจัดกลุ่มขั้นตอนต่าง ๆ ของงานบำรุงรักษา จากข้อมูลที่บันทึกไว้ในรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษา (Maintenance Report) ให้เป็นกิจกรรมย่อยที่อิสระต่อกัน คือ ขั้นตอนการทำงานย่อยที่จำเป็นต้องทำตามลำดับ จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มกิจกรรมย่อยเดียวกัน ดังภาพที่ 3.2 โดยการจัดกลุ่มดังกล่าว อ้างอิงจาก เอกสารคู่มือการเดินเครื่องและบำรุงรักษา และในกิจกรรมหนึ่งอาจประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานมากกว่า 1 ขั้นตอน

สำหรับงานวิจัยนี้ แบ่งขั้นตอนการทำงานทั้งหมดออกเป็น 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่

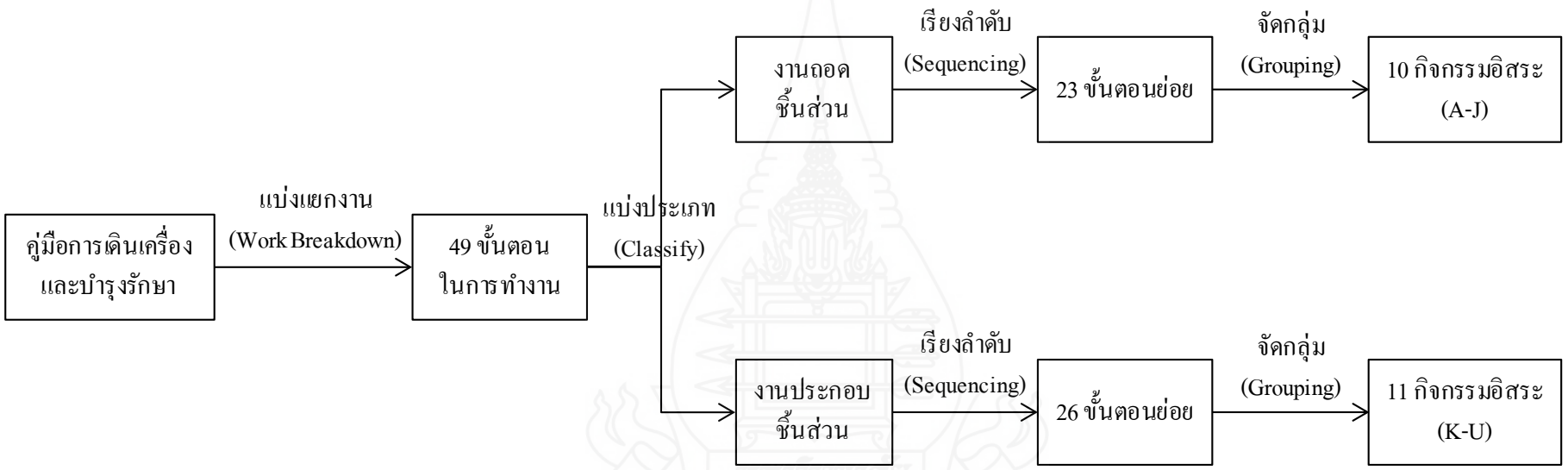
3.1.1 กิจกรรมงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ (Disassembly Activities)

3.1.2 ประกอบด้วย 23 ขั้นตอนย่อยในการทำงาน สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 10 กิจกรรมที่อิสระต่อกัน (A-J) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

3.1.3 กิจกรรมงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ (Assembly Activities)

3.1.4 ประกอบด้วย 26 ขั้นตอนย่อยในการทำงาน สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 11 กิจกรรมที่อิสระต่อกัน (L-U) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้จากเวลาการทำของแต่ละขั้นตอนการทำงาน ตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษา (Maintenance Report) ของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - 2559 ทั้งหมด 6 โครงการ จากนั้น ทำการบันทึกเวลาของแต่ละกิจกรรมอิสระ ลงในตารางที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 โดยเวลาของกิจกรรม คือ เวลารวมทั้งหมดของขั้นตอนย่อยในกิจกรรมอิสระนั้น ๆ



ภาพที่ 3.2 การแบ่งงานและจัดกลุ่มกิจกรรมอิสระ

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

ขั้นตอนย่อย	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม (ชั่วโมง)					
		โครงการที่					
		1	2	3	4	5	6
1) ถอดหลังคาและฉนวนความร้อน	A						
2) ถอดท่อระบบเชื้อเพลิง							
3) ถอดท่อระบบระบายความร้อน	B						
4) ถอดหัวฉีดเชื้อเพลิงทั้ง 24 หัว							
5) ถอดท่อระบบน้ำมันหล่อลื่น	C						
6) ถอดท่อและ Turning Gear Cover							
7) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 2	D						
8) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 3							
9) คลาย Bolt และถอด Inlet Casing							
10) คลาย Bolt และถอด Compressor Bearing	E						
11) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 1							
12) คลาย Bolt และถอด Turbine Carrier							
13) คลาย Bolt และถอด Outer Shell							
14) คลาย Bolt และถอด Compressor Carrier	F						
15) เก็บค่า Tip Blade Clearance							
16) ถอดยก Rotor ออกจากเครื่อง	G						
17) ถอด Turbine Bearing Housing	H						
18) ยก Rotor ขึ้นแนวดิ่ง เพื่อถอดชิ้นส่วน							
19) คลาย Tie Rod Nut และถอดแยก Rotor Disk ออกจาก Tie Rod	I						
20) ตรวจสอบสภาพ Damping Cone							
21) ตรวจสอบสภาพ Intermediate Ring							
22) ตรวจสอบสภาพ Rotor Disk	J						
23) ตรวจสอบสภาพ Compressor Blade							

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

ขั้นตอนย่อย	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม (ชั่วโมง)					
		โครงการที่					
		1	2	3	4	5	6
1) ประกอบ Rotor Disk กับ Tie Rod							
2) ขัน Tie Rod Nut	K						
3) วาง Rotor ลงในแนวราบ							
4) ประกอบ Turbine Bearing Housing เข้ากับ Rotor	L						
5) วาง Rotor ลงในเครื่อง	M						
6) เก็บค่า Tip Blade Clearance							
7) ประกอบ Turbine Carrier	N						
8) ประกอบ Outer Shell							
9) ประกอบ Compressor Carrier							
10) ประกอบ Casing ที่ 2 และขัน Bolts							
11) ประกอบ Casing ที่ 3 และขัน Bolts	O						
12) ปรับระดับ Comp Carrier ครั้งที่ 1							
13) ปรับระดับ Turbine Carrier ครั้งที่ 1							
14) ประกอบ Casing ที่ 1 และขัน Bolts							
15) ปรับระดับ Comp Carrier ครั้งที่ 2	P						
16) ปรับระดับ Turbine Carrier ครั้งที่ 2							
17) ประกอบ Compressor Bearing							
18) ทดสอบระบบ HCO	Q						
19) ประกอบ Inlet Casing							
20) ประกอบหัวฉีดเชื้อเพลิงทั้ง 24 หัว							
21) ประกอบท่อระบบเชื้อเพลิง	R						
22) ประกอบท่อระบบระบายความร้อน							
23) ปรับค่า Alignment เครื่อง	S						
24) ประกอบชุด Turning Gear Cover	T						
25) ประกอบท่อระบบน้ำมันหล่อลื่น							
26) ประกอบหลังคาและฉนวน	U						

บทที่ 4
การคำนวณ และวิเคราะห์ผล

การคำนวณ และวิเคราะห์หาระยะเวลามาตรฐานงานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซที่เหมาะสม ในการศึกษานี้ มีการกำหนดลำดับขั้นตอนเป็นไปตามหลักวิชาการ เพื่อความถูกต้อง แม่นยำของผลการศึกษา ดังนี้

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. การคำนวณเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรม ด้วยเทคนิค PERT
3. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
4. การคำนวณสายงานวิกฤติ และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ด้วยเทคนิค CPM

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เวลา แต่ละกิจกรรมของงานถอด และประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ตามตารางที่ 4.1 และ 4.2 ทั้งสิ้น 21 กิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรม A ถึง U พบว่าในกิจกรรมเดียวกันของแต่ละโครงการ มีระยะเวลาดำเนินกิจกรรมแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้สามารถใช้เทคนิค CPM ได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติ ในการหาตัวแทนเพียงค่าเดียวจากข้อมูลทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

ขั้นตอนย่อย	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม (ชั่วโมง)					
		โครงการที่					
		1	2	3	4	5	6
1) ถอดหลังคาและฉนวนความร้อน	A	28.5	22.5	25.0	24.0	23.0	24.0
2) ถอดท่อระบบเชื้อเพลิง							
3) ถอดท่อระบบระบายความร้อน	B	87.5	90.0	92.0	90.0	88.0	91.5
4) ถอดหัวฉีดเชื้อเพลิงทั้ง 24 หัว							
5) ถอดท่อระบบน้ำมันหล่อลื่น	C	15.0	15.0	20.0	18.0	16.0	12.0
6) ถอดท่อและ Turning Gear Cover							
7) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 2	D	80.5	82.0	90.0	82.0	86.0	87.0
8) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 3							
9) คลาย Bolt และถอด Inlet Casing							
10) คลาย Bolt และถอด Compressor Bearing	E	79.0	69.0	63.0	64.0	70.0	72.0
11) คลาย Bolt และถอด Casing ที่ 1							
12) คลาย Bolt และถอด Turbine Carrier							
13) คลาย Bolt และถอด Outer Shell							
14) คลาย Bolt และถอด Compressor Carrier	F	44.0	48.0	40.0	45.0	45.0	42.5
15) เก็บค่า Tip Blade Clearance							
16) ถอดยก Rotor ออกจากเครื่อง	G	10.0	9.0	14.0	11.0	10.0	13.0
17) ถอด Turbine Bearing Housing	H	30.0	38.0	40.0	41.0	38.5	45.5
18) ยก Rotor ขึ้นแนวดิ่ง เพื่อถอดชิ้นส่วน							
19) คลาย Tie Rod Nut และถอดแยก Rotor Disk ออกจาก Tie Rod	I	36.0	48.0	40.0	39.0	62.0	42.0
20) ตรวจสอบสภาพ Damping Cone							
21) ตรวจสอบสภาพ Intermediate Ring							
22) ตรวจสอบสภาพ Rotor Disk	J	156.0	148.0	150.0	152.0	245.5	140.0
23) ตรวจสอบสภาพ Compressor Blade							

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเวลาแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

ขั้นตอนย่อย	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม (ชั่วโมง)					
		โครงการที่					
		1	2	3	4	5	6
1) ประกอบ Rotor Disk กับ Tie Rod 2) ขัน Tie Rod Nut 3) วาง Rotor ลงในแนวราบ	K	48.0	37.0	48.0	44.0	58.0	52.0
4) ประกอบ Turbine Bearing Housing เข้ากับ Rotor	L	30.0	41.0	29.0	42.0	37.0	35.0
5) วาง Rotor ลงในเครื่อง	M	12.0	9.0	10.0	13.0	9.5	12.0
6) เก็บค่า Tip Blade Clearance 7) ประกอบ Turbine Carrier 8) ประกอบ Outer Shell 9) ประกอบ Compressor Carrier	N	72.0	60.0	80.0	69.0	67.0	70.5
10) ประกอบ Casing ที่ 2 และขัน Bolts 11) ประกอบ Casing ที่ 3 และขัน Bolts 12) ปรับระดับ Comp Carrier ครั้งที่ 1 13) ปรับระดับ Turbine Carrier ครั้งที่ 1	O	70.0	62.0	76.0	70.0	68.5	72.0
14) ประกอบ Casing ที่ 1 และขัน Bolts 15) ปรับระดับ Comp Carrier ครั้งที่ 2 16) ปรับระดับ Turbine Carrier ครั้งที่ 2 17) ประกอบ Compressor Bearing	P	50.0	36.0	44.0	40.0	40.0	47.0
18) ทดสอบระบบ HCO 19) ประกอบ Inlet Casing 20) ประกอบหัวฉีดเชื้อเพลิงทั้ง 24 หัว 21) ประกอบท่อระบบเชื้อเพลิง 22) ประกอบท่อระบบระบายความร้อน	Q	48.0	40.0	55.0	42.0	54.0	53.5
23) ปรับค่า Alignment เครื่อง	R	70.0	62.0	76.0	70.0	68.5	74.0
24) ประกอบชุด Turning Gear Cover 25) ประกอบท่อระบบน้ำมันหล่อลื่น	S	48.0	12.0	44.5	15.0	46.0	48.0
26) ประกอบหลังคาและฉนวน	T	30.0	35.0	31.5	35.0	34.0	32.0
	U	20.0	17.0	18.0	17.0	18.0	19.0

2. การคำนวณเวลาเสร็จของกิจกรรม ด้วยเทคนิค PERT

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และ 4.2 นั้น สามารถหาตัวแทนค่าของเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบบีตา (Beta Distribution) ด้วยสมการที่ 4.1 และ 4.2 (Luttman and Laffel, 1995) ดังนี้

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6} \qquad \text{..... สมการที่ 4.1}$$

$$\sigma^2 = \left[\frac{b - a}{6}\right]^2 \qquad \text{..... สมการที่ 4.2}$$

เมื่อ T_e = เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตามเทคนิค PERT (Expected Time)

σ^2 = ความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรม ตามเทคนิค PERT (Variance)

a = เวลาเร็วที่สุด ที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จ (Optimistic Time)

b = เวลาช้าที่สุด ที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จ (Pessimistic Time)

m = เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด ที่แต่ละกิจกรรมแล้วเสร็จ (Most Likely Time)

เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม และความแปรปรวนจากเทคนิค PERT ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 โดยที่ Optimistic Time *(a)* คือ เวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดในการทำกิจกรรม และ Pessimistic Time *(b)* คือ เวลาแล้วเสร็จที่ช้าที่สุดในการทำกิจกรรม สำหรับ Most Likely Time *(m)* คือ เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดที่จะทำให้กิจกรรมแล้วเสร็จ ซึ่งในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นค่าฐานนิยม (Mode) สำหรับกิจกรรมที่สามารถหาค่าฐานนิยมได้ แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าฐานนิยมได้ จะเลือกใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด 3 โครงการ

ตารางที่ 4.3 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรมของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซตามเทคนิค PERT

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษา (ชั่วโมง)				ความแปรปรวน
	a	b	m	T_e	σ^2
A	22.5	28.5	24.0	24.5	1.00
B	87.5	92.0	90.0	89.9	0.56
C	12.0	20.0	15.0	15.3	1.78
D	80.5	90.0	82.0	83.1	2.51
E	63.0	79.0	70.3	70.6	7.11
F	40.0	48.0	45.0	44.7	1.78
G	9.0	14.0	10.0	10.5	0.69
H	30.0	45.5	39.8	39.1	6.67
I	36.0	62.0	40.3	43.2	18.78
J	140.0	245.5	150.0	164.3	309.17

ตารางที่ 4.4 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรมของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซตามเทคนิค PERT

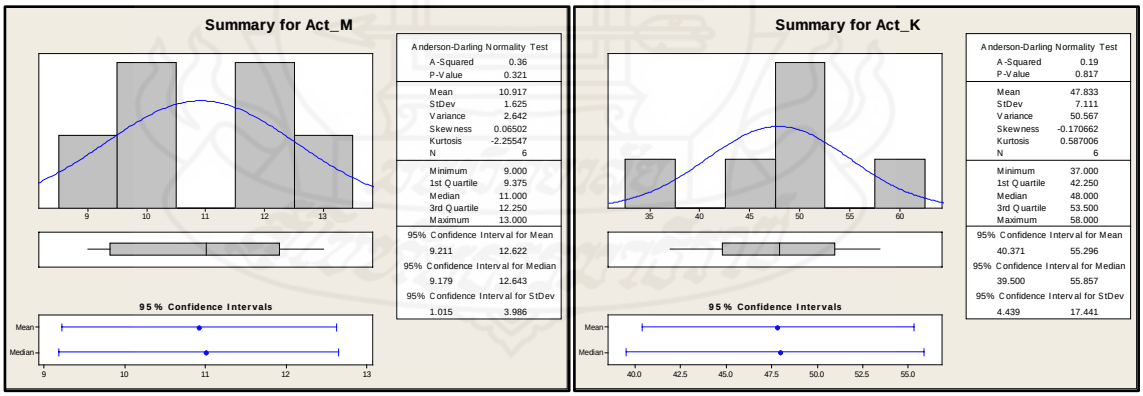
กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษา (ชั่วโมง)				ความแปรปรวน
	a	b	m	T_e	σ^2
K	37.0	58.0	48.0	47.8	12.25
L	29.0	42.0	37.7	36.9	4.69
M	9.0	13.0	12.0	11.7	0.44
N	60.0	80.0	68.8	69.2	11.11
O	62.0	76.0	70.0	69.7	5.44
P	36.0	50.0	40.0	41.0	5.44
Q	40.0	55.0	51.8	50.4	6.25

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษา (ชั่วโมง)				ความแปรปรวน
	a	b	m	T_e	σ^2
R	62.0	76.0	70.0	69.7	5.44
S	12.0	48.0	48.0	42.0	36.00
T	30.0	35.0	35.0	34.2	0.69
U	17.0	20.0	17.0	17.5	0.25

3. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ด้วยเทคนิค PERT ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 นั้น สามารถตรวจสอบความเที่ยงตรงของข้อมูลได้ โดยเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ที่เปอร์เซนต์ความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม Minitab ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ และคำนวณ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในแต่ละกิจกรรม

จากการทดสอบสมมุติฐานหลัก (Hypothesis Test) ด้วยวิธีการทดสอบการกระจายข้อมูลแบบปกติของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่น (Anderson-Darling Normality Test) เมื่อค่า P-Value มีค่ามากกว่าค่า α (ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% จะสามารถคำนวณค่า $\alpha = 1.00 - 0.95 = 0.05$) แสดงถึงการยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_o) ว่าข้อมูลของกิจกรรมนั้น มีการกระจายตัวแบบปกติ

ในทางตรงข้าม หากค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่า α จะเป็นการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก แสดงว่า เวลาที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ไม่มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ ทำให้ไม่สามารถนำค่าเวลา และความแปรปรวนของกิจกรรมดังกล่าว มาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากเทคนิค PERT ได้

เมื่อพิจารณาทั้ง 21 กิจกรรม ตั้งแต่กิจกรรม A ถึง U จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าทุกกิจกรรม ยกเว้นกิจกรรม J และ S มีค่า P-Value ที่มีค่ามากกว่าค่า α แสดงว่ามีการกระจายข้อมูลแบบปกติ และสามารถใช้ค่าเฉลี่ย เป็นตัวแทนค่าของเวลาในแต่ละกิจกรรมในการคำนวณ และวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

สำหรับกิจกรรม J และ S นั้น พบว่า ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.005 และ 0.012 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่า α แสดงว่า ไม่ใช่การกระจายข้อมูลแบบปกติ ทำให้ไม่สามารถนำเวลาที่ใช้ และความแปรปรวนของกิจกรรม J และ S มาเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยเทคนิค PERT ได้ ผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบรายละเอียดของขั้นตอนย่อยในกิจกรรม โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของขั้นตอนย่อย และขอบเขตงานที่เกิดขึ้นจริง จากรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษาของแต่ละโครงการเพื่อหาสาเหตุ และพิจารณาเลือกใช้ตัวแทนค่าระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ

กิจกรรม	เวลาเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ความแปรปรวน	ความน่าจะเป็น
	Mean; μ	Variance; σ^2	P-Value; P
A	24.5	4.60	0.138
B	89.8	3.27	0.502
C	16.0	7.60	0.731
D	84.6	13.44	0.430

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

กิจกรรม	เวลาเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ความแปรปรวน	ความน่าจะเป็น
	Mean; μ	Variance; σ^2	P-Value; P
E	69.5	33.90	0.608
F	44.1	7.24	0.717
G	11.2	3.77	0.380
H	38.8	25.87	0.343
I	44.5	89.50	0.124
J	165.3	1573.78	0.005

พิจารณาที่กิจกรรม J จากข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J ตามตารางที่ 4.1 พบว่า โครงการที่ 5 มีค่าเท่ากับ 245.5 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากเวลาของโครงการที่ 1 ถึง 4 และ 6 ที่มีค่าระหว่าง 140.0 ถึง 156.0 ชั่วโมง

ผลการตรวจสอบขั้นตอนย่อยในโครงการที่ 5 พบว่า ในงานตรวจสอบสภาพใบพัดของเครื่องอัดอากาศ (Compressor Blade and Vane Inspection) เกิดความเสียหายของใบพัดของเครื่องอัดอากาศ (Compressor Blade and Vane) ที่ Stage 6 ถึง 15 ทำให้ต้องขยายขอบเขตงานออกไปเพื่อตรวจสอบ ถอดเปลี่ยนและซ่อมแซมส่วนที่เสียหายทั้งหมด ทำให้เวลาที่ใช้มีค่ามากกว่าโครงการอื่น ๆ มาก

อ้างอิงตามการปฏิบัติงานมาตรฐาน การศึกษานี้ จึงเลือกศึกษาเฉพาะข้อมูลเวลาจากโครงการที่ 1 ถึง 4 และ 6 ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งจะได้ ค่า P-Value ใหม่ มีค่าเท่ากับ 0.611 และมีค่ามากกว่าค่า α ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ

ตารางที่ 4.6 เวลาที่ใช้และความแปรปรวนแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ

กิจกรรม	เวลาเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ความแปรปรวน	ความน่าจะเป็น
	Mean; μ	**Variance; σ^2**	**P-Value; P**
K	47.8	50.57	0.817
L	35.7	29.47	0.554
M	10.9	2.64	0.321
N	69.8	42.78	0.648
O	69.8	21.18	0.433
P	42.8	26.57	0.770
Q	48.8	42.38	0.205
R	70.1	23.64	0.515
S	**35.6**	**295.24**	**0.012**
T	32.9	4.24	0.415
U	18.2	1.37	0.428

พิจารณาที่กิจกรรม S จากข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม S ตามตารางที่ 4.2 พบว่า ข้อมูลเวลามีการกระจายตัวแบ่งเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มแรก มีค่าระหว่าง 12.0 - 15.0 ชั่วโมง ได้แก่ โครงการที่ 2 และ 4 ส่วนกลุ่มที่สอง มีค่าระหว่าง 44.5 - 48.0 ชั่วโมง ได้แก่ โครงการที่ 1, 3, 5 และ 6 แสดงว่าไม่ใช่การกระจายข้อมูลแบบปกติ

ผลการตรวจสอบขั้นตอนย่อย พบว่า กลุ่มแรกมีเฉพาะการตรวจวัดค่า Alignment โดยที่ไม่ต้องมีการปรับ Alignment เนื่องจากอยู่ในค่าที่ยอมรับให้สามารถใช้งานได้เลย ส่วนกลุ่มที่สองมีทั้งการตรวจสอบและปรับค่า Alignment ทำให้ใช้เวลาของกลุ่มที่สองมากกว่ากลุ่มแรกอย่างชัดเจน

อ้างอิงตามการปฏิบัติงานมาตรฐาน งานวิจัยนี้ จึงเลือกศึกษาเฉพาะกลุ่มที่สอง คือ โครงการที่มีงานทั้งการตรวจสอบและปรับค่า Alignment ดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 โดยพบว่าค่า P-Value ใหม่ มีค่าเท่ากับ 0.254 และมีค่ามากกว่าค่า α ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ

ตารางที่ 4.7 ปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S ใหม่

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของโครงการ (ชั่วโมง)					
	โครงการที่					
	1	2	3	4	5	6
J1	156.0	148.0	150.0	152.0	~~245.5~~	140.0
S1	48.0	~~12.0~~	44.5	~~15.0~~	46.0	48.0

ตารางที่ 4.8 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนของกิจกรรม J1 และ S1 ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ ภายหลังปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S

กิจกรรม	เวลาเฉลี่ย (ชั่วโมง)	ความแปรปรวน	ความน่าจะเป็น
	Mean; μ	Variance; σ^2	P-Value; P
J1	149.2	35.2	0.611
S1	46.6	2.89	0.254

ตารางที่ 4.9 เวลาที่ใช้ และความแปรปรวนของกิจกรรม J1 และ S1 ด้วยเทคนิค PERT ภายหลังปรับปรุงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรม J และ S

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษา (ชั่วโมง)				ความแปรปรวน
	a	b	m	T_e	σ^2
J1	140.0	156.0	150	149.3	7.11
S1	44.5	48.0	48.0	47.4	0.34

ดังนั้น สามารถเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูล โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT กับเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ ทั้งในงานถอด และประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ดังตารางที่ 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ของงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ระหว่างเทคนิค PERT และตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ

กิจกรรม	เทคนิค PERT		การกระจายข้อมูลแบบปกติ		ความแตกต่าง	
	T_e (ชั่วโมง)	σ^2	μ (ชั่วโมง)	σ^2	%	ชั่วโมง
A	24.5	1.00	24.5	4.60	0.00	0.0
B	89.9	0.56	89.8	3.27	0.11	0.0
C	15.3	1.78	16.0	7.60	4.58	0.7
D	83.1	2.51	84.6	13.44	1.81	1.5
E	70.6	7.11	69.5	33.90	1.56	1.1
F	44.7	1.78	44.1	7.24	1.34	0.5
G	10.5	0.69	11.2	3.77	6.67	0.7
H	39.1	6.67	38.8	25.87	0.77	0.3
I	43.2	18.78	44.5	89.50	3.01	1.3
J1	149.3	7.11	149.2	35.2	0.07	0.1

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ของงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ระหว่างเทคนิค PERT และตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ

กิจกรรม	เทคนิค PERT		การกระจายข้อมูลแบบปกติ		ความแตกต่าง	
	T_e (ชั่วโมง)	σ^2	μ (ชั่วโมง)	σ^2	%	ชั่วโมง
K	47.8	12.25	47.8	50.57	0.00	0.0
L	36.9	4.69	35.7	29.47	3.25	1.1
M	11.7	0.44	10.9	2.64	6.84	0.8
N	69.2	11.11	69.8	42.78	0.87	0.6
O	69.7	5.44	69.8	21.18	0.14	0.1
P	41.0	5.44	42.8	26.57	4.39	1.8
Q	50.4	6.25	48.8	42.38	3.17	1.6
R	69.7	5.44	70.1	23.64	0.57	0.4

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

กิจกรรม	เทคนิค PERT		การกระจายข้อมูลแบบปกติ		ความแตกต่าง	
	T_e (ชั่วโมง)	σ^2	μ (ชั่วโมง)	σ^2	%	ชั่วโมง
S1	47.4	0.34	46.6	2.896	1.69	0.8
T	34.2	0.69	32.9	4.24	3.80	1.3
U	17.5	0.25	18.2	1.37	4.00	0.7

ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ระหว่างสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบบีตา และแบบปกติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย พบว่า

1) สำหรับกิจกรรม M มีค่าความแตกต่างกันในหน่วยเปอร์เซ็นต์มากที่สุด เท่ากับ 6.84% แต่เมื่อพิจารณาในหน่วยชั่วโมง พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าไม่มากนัก เมื่อเทียบกับจำนวนชั่วโมงรวมทั้งหมดของโครงการ

2) สำหรับกิจกรรม P มีค่าความแตกต่างกันในหน่วยชั่วโมงมากที่สุดเท่ากับ 1.8 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาในหน่วยเปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.39% ซึ่งเป็นค่าไม่มากนัก

โดยงานวิจัยนี้ เลือกใช้ข้อมูลจาก การกระจายข้อมูลแบบบีตา ตามเทคนิค PERT เป็นตัวแทนของค่าระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม เนื่องจาก สามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมได้โดยง่าย และขั้นตอนการคำนวณมีความซับซ้อนน้อยกว่าวิธีการคำนวณตามสมมุติฐานการกระจายข้อมูลแบบปกติ

4. การคำนวณสายงานวิกฤติ และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ด้วยเทคนิค CPM

การคำนวณสายงานวิกฤติ และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ เริ่มจากกระบวนการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) เพื่อให้ได้ผังข่ายงานของกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ จากนั้น จึงนำตัวแทนค่าเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมที่คำนวณได้จากเทคนิค PERT มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CPM โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Excel ทำให้ทราบเส้นทางวิกฤต และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ พร้อมทั้งค่าความน่าจะเป็น

การวิเคราะห์ข่ายงาน โดยการศึกษาและอ้างอิงจาก รายงานสรุปโครงการบำรุงรักษา (Maintenance Report) ทำให้ทราบว่า กิจกรรมทั้งหมดของโครงการ ตั้งแต่กิจกรรม A ถึง U มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และมีลำดับขั้นตอน ในการทำกิจกรรมใดก่อนหลัง ตามตารางที่ 4.12 จากนั้น จึงสามารถนำมาเขียนเป็น ผังข่ายงานที่แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมย่อย ดังภาพที่ 4.2 และ 4.3

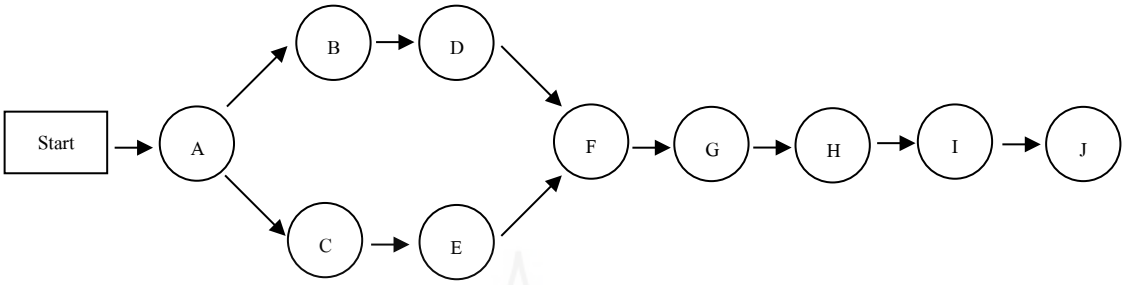
เมื่อนำข้อมูลค่าประมาณเวลาของแต่ละกิจกรรมที่คำนวณได้ จากเทคนิค PERT ตามตารางที่ 4.10 และ 4.11 และผลการวิเคราะห์ข่ายงานในโครงการบำรุงรักษามาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CPM โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Excel ดังภาพที่ 4.4 เพื่อทำการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้แก่

1) เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start; ES)
2) เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Earliest Finish; EF)
3) เวลาเริ่มต้นช้าที่สุด (Latest Start; LS)
4) เวลาแล้วเสร็จช้าที่สุด (Latest Finish; LF)
5) เวลาลอยตัวอิสระ (Free Float; FF)
6) เวลาลอยตัวรวม (Total Float; TF)

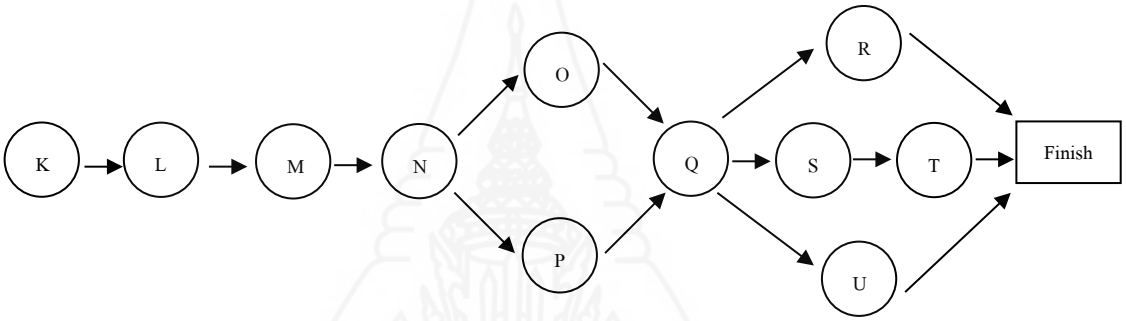
จากการคำนวณ ทำให้ทราบว่ากิจกรรมใด เป็นกิจกรรมในสายงานวิกฤต (Critical Path) ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาแล้วเสร็จของโครงการ รวมทั้งหมด 16 กิจกรรม คือ A -- B -- D -- F -- G -- H -- I -- J1 -- K -- L -- M -- N -- O -- Q -- S1 -- T

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ข่ายงาน เพื่อหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในโครงการ

กิจกรรม	**กิจกรรมก่อนที่แล้วเสร็จ (Predecessors)**
A	-
B	A
C	A
D	B
E	C
F	E และ D
G	F
H	G
I	H
J1	I
K	J1
L	K
M	L
N	M
O	N
P	N
Q	O และ P
R	Q
S1	Q
T	S1
U	Q

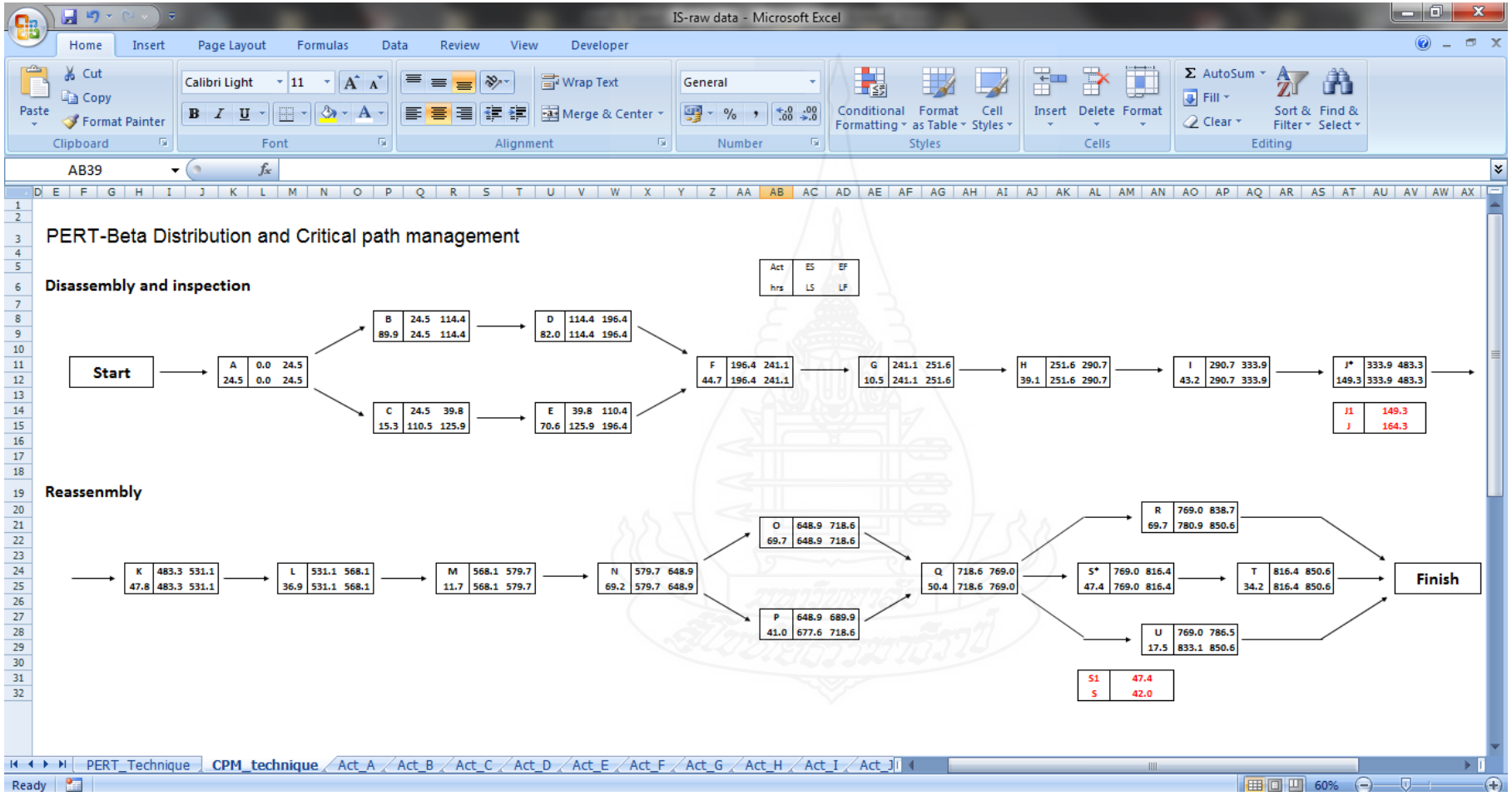


ภาพที่ 4.2 ผังข่ายงาน แสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

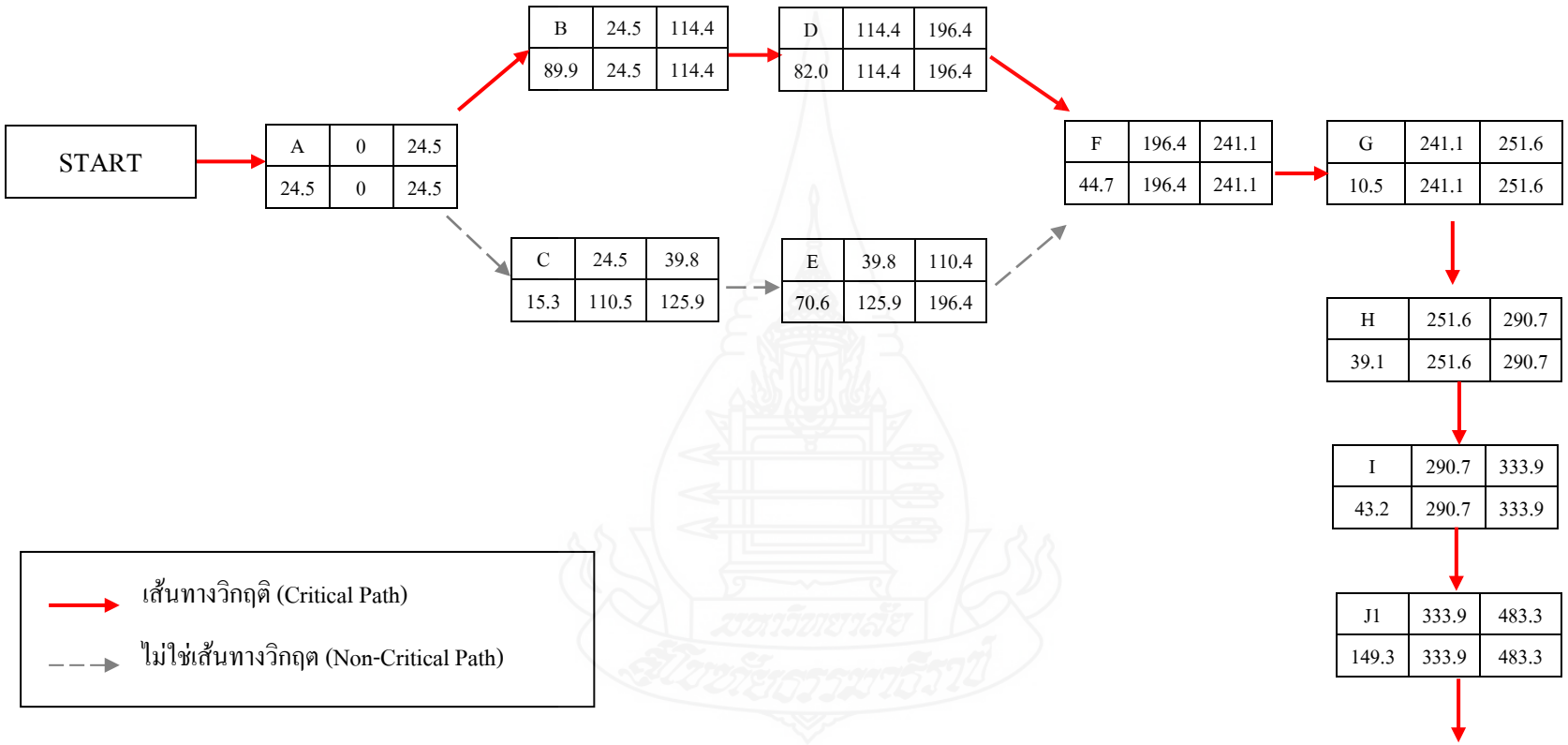


ภาพที่ 4.3 ผังข่ายงาน แสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

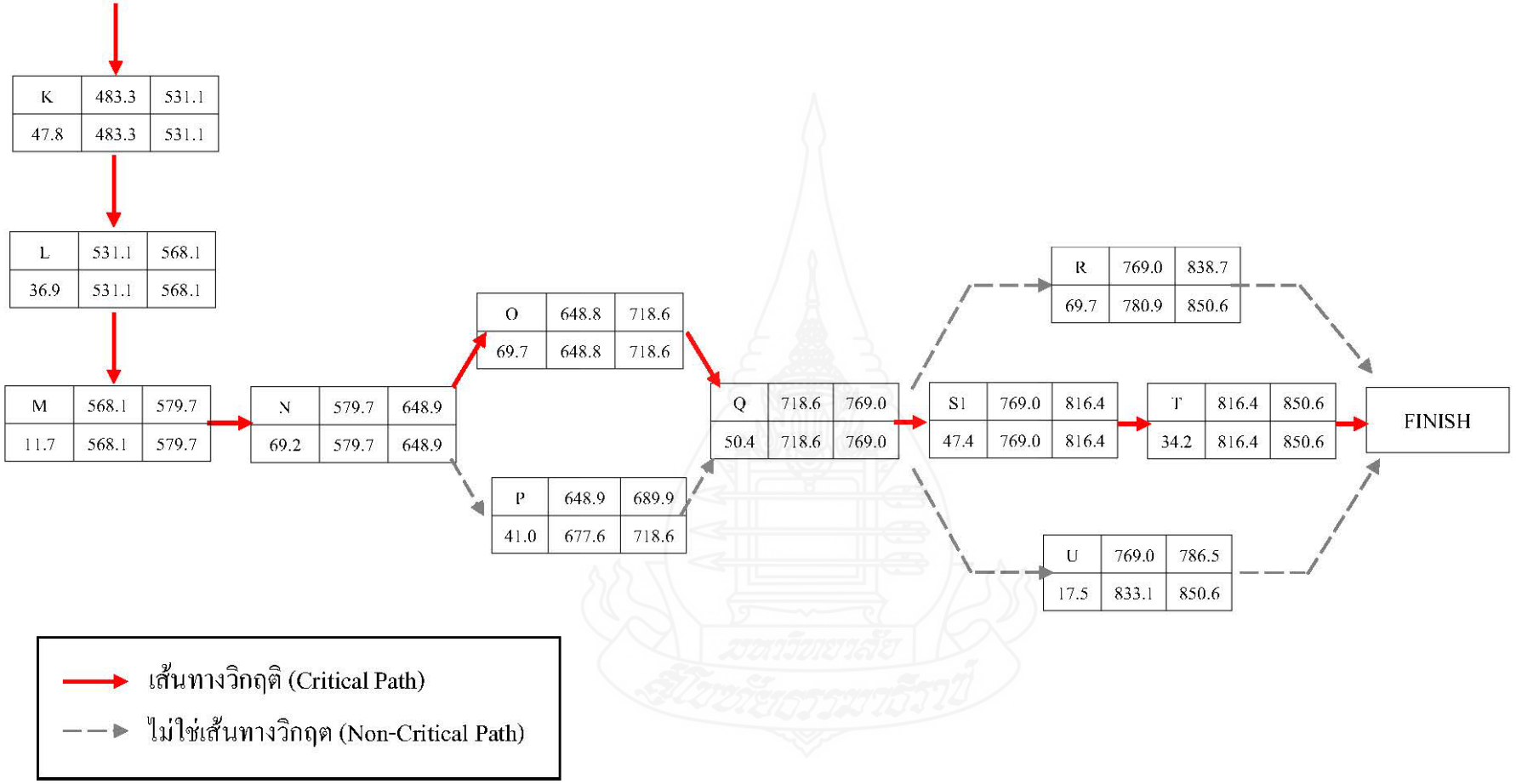
จากข้อมูลค่าประมาณเวลาของแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT ที่คำนวณได้ ภายใต้การกระจายตัวแบบบีตา และการวิเคราะห์ข่ายงานในโครงการบำรุงรักษามาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CPM ดังภาพที่ 4.3 ทำให้ทราบเส้นทางวิกฤติที่มีผลต่อระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังภาพที่ 4.4, 4.5 และตารางที่ 4.13



ภาพที่ 4.4 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการด้วยเทคนิค PERT และ CPM โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Excel



ภาพที่ 4.5 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในส่วนงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ตามเทคนิค CPM



ภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์หาเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในส่วนงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ ตามเทคนิค CPM

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สายงานวิกฤติ และประมาณเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ตามเทคนิค CPM

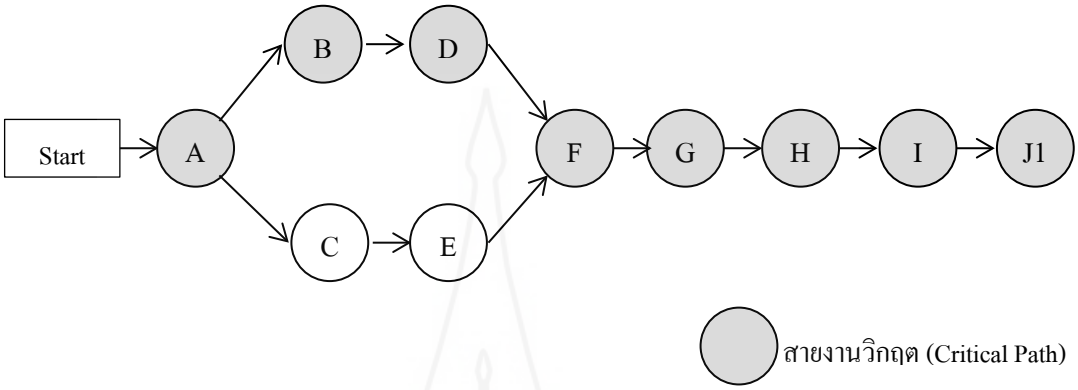
กิจกรรม	Earliest Start (ES)	Latest Start (LS)	Earliest Finish (EF)	Latest Finish (LF)	Stack Time (LS-ES)	สายงานวิกฤติ
A	0.0	0.0	24.5	24.5	0.0	ใช่
B	24.5	24.5	114.4	114.4	0.0	ใช่
C	24.5	110.5	39.8	125.9	86.0	ไม่ใช่
D	114.4	114.4	196.4	196.4	0.0	ใช่
E	39.8	125.9	110.4	196.4	86.0	ไม่ใช่
F	196.4	196.4	241.1	241.1	0.0	ใช่
G	241.1	241.1	251.6	251.6	0.0	ใช่
H	251.6	251.6	290.7	290.7	0.0	ใช่
I	290.7	290.7	333.9	333.9	0.0	ใช่
J1	333.9	333.9	483.3	483.3	0.0	ใช่
K	483.3	483.3	531.1	531.1	0.0	ใช่
L	531.1	531.1	568.1	568.1	0.0	ใช่
M	568.1	568.1	579.7	579.7	0.0	ใช่
N	579.7	579.7	648.9	648.9	0.0	ใช่
O	648.9	648.9	718.6	718.6	0.0	ใช่
P	648.9	677.6	689.9	718.6	28.7	ไม่ใช่
Q	718.6	718.6	769.0	769.0	0.0	ใช่
R	769.0	780.9	838.7	850.6	11.9	ไม่ใช่
S1	769.0	769.0	816.4	816.4	0.0	ใช่
T	816.4	816.4	850.6	850.6	0.0	ใช่
U	769.0	833.1	786.5	850.6	64.1	ไม่ใช่

จากผลการประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และเทคนิค CPM กับโครงการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ พบว่า มีกิจกรรมที่อยู่บนเส้นทางวิกฤติ จำนวนทั้งสิ้น 16 กิจกรรม ดังผังข่ายงานที่แสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8 แบ่งเป็น

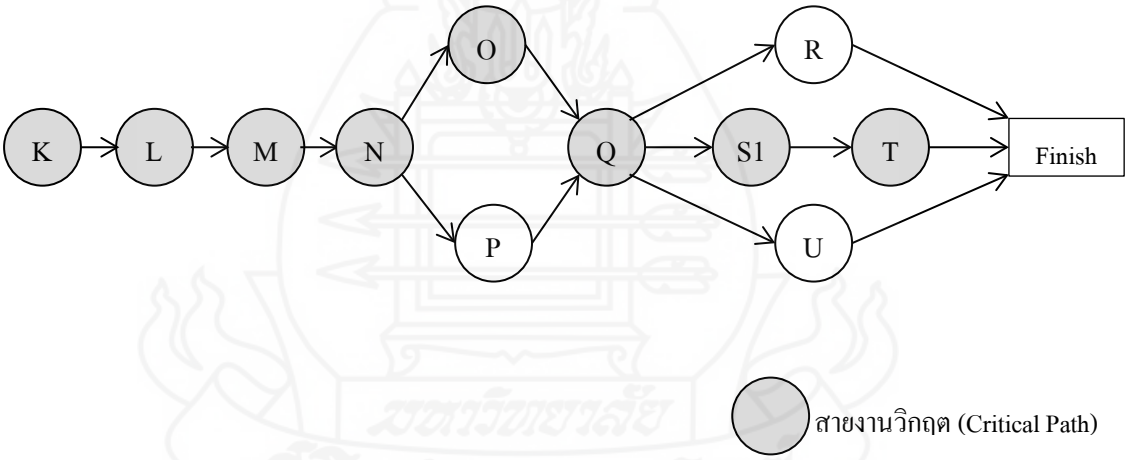
1) เส้นทางวิกฤติในงานถอดชิ้นส่วน จำนวน 8 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรม A -- B -- D -- F -- G -- H -- I -- J1 ตามลำดับ

2) เส้นทางวิกฤติในงานประกอบชิ้นส่วน 8 จำนวน กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรม K -- L -- M -- N -- O -- Q -- S1 – T ตามลำดับ

3)



ภาพที่ 4.7 ผังข่ายงาน และเส้นทางวิกฤติในงานถอดชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ



ภาพที่ 4.8 ผังข่ายงาน และเส้นทางวิกฤติในงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องกังหันก๊าซ

ตารางที่ 4.14 ระยะเวลามาตรฐานของแต่ละกิจกรรมที่เหมาะสมในโครงการ

กิจกรรม	เวลามาตรฐาน (ชั่วโมง)	เวลามาตรฐานของกิจกรรมในสายงานวิกฤติ (ชั่วโมง)
A	24.5	24.5
B	89.9	89.9
C	15.3	ไม่ใช่กิจกรรมในสายงานวิกฤติ
D	83.1	83.1
E	70.6	ไม่ใช่กิจกรรมในสายงานวิกฤติ
F	44.7	44.7
G	10.5	10.5
H	39.1	39.1
I	43.2	43.2
J1	149.3	149.3
K	47.8	47.8
L	36.9	36.9
M	11.7	11.7
N	69.2	69.2
O	69.7	69.7
P	41.0	ไม่ใช่กิจกรรมในสายงานวิกฤติ
Q	50.4	50.4
R	69.7	ไม่ใช่กิจกรรมในสายงานวิกฤตb
S1	47.4	47.4
T	34.2	34.2
U	17.5	ไม่ใช่กิจกรรมในสายงานวิกฤติ
เวลามาตรฐานของโครงการที่เหมาะสม คือ		**850.6**

จากตารางที่ 4.14 เวลาแล้วเสร็จ หรือเวลามาตรฐานของโครงการที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 850.6 ชั่วโมง หรือประมาณ 35.5 วัน เมื่อคำนวณจากเวลาทำงานที่ 24 ชั่วโมง ต่อวัน

โดยสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่โครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ของ Siemens รุ่น SGT5-4000F จะแล้วเสร็จตามระยะเวลาในตารางที่ 1.1 ได้จากสมการที่ 4.3 (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2559)

$$Zi = \frac{Xi^{CP} - T_e}{\sigma} \quad \text{.....} \quad \text{สมการที่ 4.3}$$

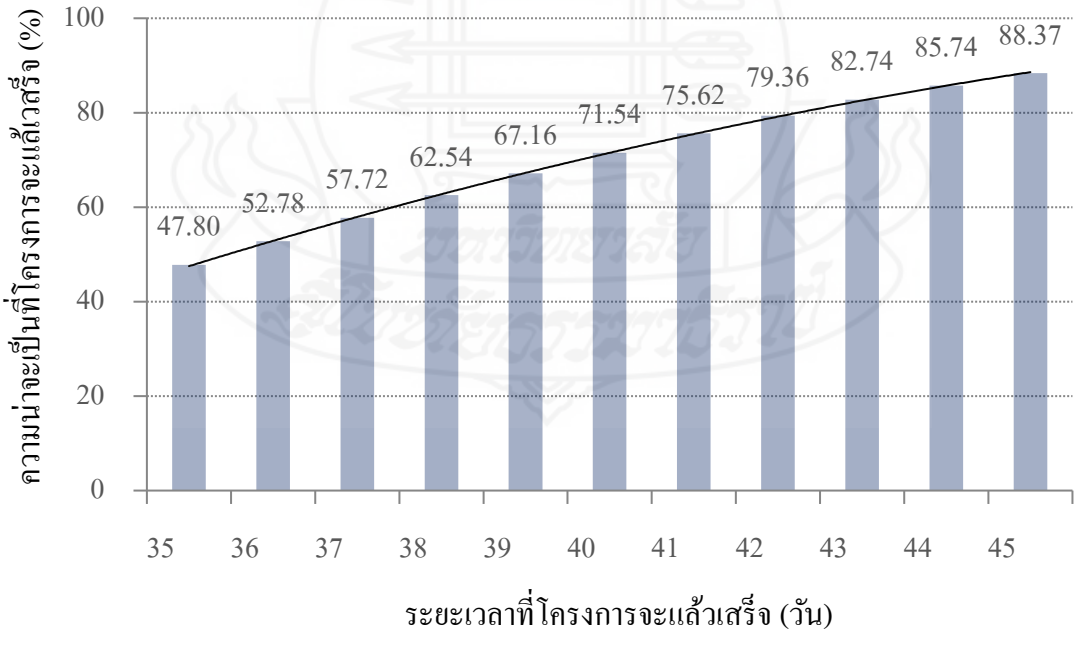
เมื่อ Zi = พื้นที่ใต้กราฟของเส้นโค้งการแจกแจงแบบปกติสะสม

$T_e{}^2$ = ประมาณการเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม

σ = ความแปรปรวนของรวมของกิจกรรมวิกฤตของโครงการ

Xi^{CP} = ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการที่จะคำนวณหาความน่าจะเป็น

เมื่อนำค่า Zi ที่คำนวณได้ ไปหาค่าพื้นที่ใต้กราฟของเส้นโค้งการแจกแจงแบบปกติสะสม (Normal Distribution) จากตารางในภาคผนวก ก จะสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จได้ในระยะเวลา 35 - 45 วันได้ดังภาพที่ 4.6 คือ ระหว่าง 47.8 - 88.37 % ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จที่ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการระหว่าง 35 - 45 วัน

ในการวางแผนโครงการ จำเป็นต้องมีการประมาณระยะเวลาของโครงการที่เหมาะสม คือ สามารถปฏิบัติงานได้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ หากกำหนดระยะเวลาเพิ่มขึ้น จะทำให้มีโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จตามกำหนดมากขึ้นตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จกับระยะเวลาต่าง ๆ ในภาพที่ 4.9 ทำให้เสี่ยงต่อการถูกปรับเนื่องจากความล่าช้าของโครงการน้อยลง แต่อย่างไรก็ตาม การหยุดเดินเครื่องเพื่อทำการบำรุงรักษา ทำให้สูญเสียโอกาสในการผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้า คิดเป็นมูลค่า 3 ล้านบาทต่อวัน (ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต, 2559) ดังนั้น ผู้วางแผนจึงควรพิจารณา และตัดสินใจอย่างรอบคอบภายใต้เงื่อนไขและความจำเป็นในแต่ละกรณี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาระยะเวลาการทำกิจกรรมของโครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่อง (Major Overhaul) ของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F โรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา จำนวน 6 โครงการ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค PERT, เทคนิค CPM รวมทั้งหลักการทางสถิติและการประยุกต์ ทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูล เพื่อกำหนดระยะเวลามาตรฐานในแต่ละกิจกรรม และภาพรวมของทั้งโครงการ พร้อมทั้งความน่าจะเป็น จากการวิเคราะห์และคำนวณเส้นทางวิกฤติได้

2. อภิปรายผลศึกษา และการนำผลการศึกษาไปใช้

จากการค้นคว้า พบว่า มีการประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และเทคนิค CPM ในหลายงานวิจัย ซึ่งทำการศึกษาในหลากหลายโครงการที่แตกต่างกัน เช่น โครงการก่อสร้าง โครงการทางการเกษตร รวมถึงโครงการบำรุงรักษาเครื่องจักร สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซในโรงไฟฟ้า ซึ่งยังไม่พบว่ามีผลการวิจัยเฉพาะในขอบเขตดังกล่าวมาก่อน

นอกจากนี้ การศึกษานี้ ยังมีการตรวจสอบความถูกต้อง และแม่นยำของข้อมูลก่อนที่จะนำไปคำนวณและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยนำหลักการทางสถิติมาประยุกต์ใช้ คือ วิธีการทดสอบการกระจายข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากเทคนิค PERT และเมื่อพบความผิดปกติของข้อมูล จะมีการตรวจสอบในรายละเอียด เพื่อปรับแก้ให้เหมาะสม ทั้งนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูล และผลการศึกษามีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ

ผลการศึกษา คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในแต่ละกิจกรรม และผลรวมของทั้งโครงการสำหรับงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่อง (Major Overhaul) ของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F สามารถกำหนดเป็นระยะเวลาแล้วเสร็จ หรือเป้าหมายของโครงการ โดยการควบคุมระยะเวลาการทำงานในแต่ละกิจกรรมตามผลการศึกษา ซึ่งสามารถนำค่าที่คำนวณได้ไปใช้

ในการดำเนินการจริง สำหรับโครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา ในระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2561 นอกจากนี้ ยังสามารถนำวิธีการคำนวณ และวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้กับโครงการบำรุงรักษาของโรงไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น งานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพของโรงไฟฟ้าบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 งานตรวจสอบตามเส้นทางก๊าซร้อนของโรงไฟฟ้าวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการวิจัย ทั้งในส่วนการคำนวณ และวิเคราะห์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโครงการบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซในโรงไฟฟ้าได้โดยตรง คือ สามารถกำหนดระยะเวลามาตรฐานในแต่ละกิจกรรม และภาพรวมของทั้งโครงการ จากนั้นจึงใช้เวลามาตรฐานดังกล่าวในการติดตาม บริหารและควบคุมการปฏิบัติงานจริง เพื่อให้มั่นใจได้ว่าโครงการจะแล้วเสร็จตามแผนที่วางไว้ เป็นการลดค่าเสียโอกาสจากการหยุดเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทำการซ่อมบำรุง และลดความเสี่ยงที่จะต้องเสียค่าปรับกรณีที่ล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งการผลประกอบการ ประสิทธิภาพการทำงาน รวมถึงการบริหารโครงการ และทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอย่างจำกัดของหน่วยงาน

3. ข้อจำกัดของการศึกษา

3.1 ข้อจำกัดด้านแหล่งข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มาจากข้อมูลทุติยภูมิที่บันทึกไว้ในรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษา (Maintenance report) ซึ่งเป็นข้อมูลเพียงแหล่งเดียว ส่งผลให้ไม่สามารถเปรียบเทียบ เพื่อยืนยันความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์

3.2 ข้อจำกัดด้านจำนวนข้อมูล ที่มีจำกัดเพียง 6 โครงการ ตามขอบเขตของการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ เนื่องด้วยจำนวนของข้อมูล และระยะเวลาของการศึกษาที่จำกัด หากได้มีการขยายขอบเขตการศึกษาและมีเก็บรวบข้อมูลที่มากขึ้น ทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลทุติยภูมิ หรือข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการเก็บข้อมูลเอง เช่น การเพิ่มจำนวนโรงไฟฟ้า ขยายเวลา หรือศึกษาโรงไฟฟ้าที่บริหารโดยภาคเอกชนอื่น ๆ จะทำให้ผลการศึกษาที่ได้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3.3 ข้อมูลที่นำมาใช้ใช้การศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่บันทึกไว้ ในระยะเวลา 10 ปี คือ ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2559 ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากผลกระทบของสภาวะแวดล้อม หรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา เช่น อุปกรณ์เครื่องมือและนวัตกรรมใหม่ที่ช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการทำงาน ลักษณะการปฏิบัติงาน ทักษะและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน อาจมีผลให้ข้อมูลที่นำมาคำนวณ หรือวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไป สำหรับแต่ละช่วงเวลา

3.4 ข้อจำกัดด้านขอบเขตงาน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ เลือกเฉพาะข้อมูลจากโครงการมีรายละเอียดของงาน (Work Scope) ตามขอบเขตงานมาตรฐานเท่านั้น หากนำผลการศึกษานี้ไปเปรียบเทียบกับโครงการบำรุงรักษาอื่น ๆ ที่มีรายละเอียดของงานแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีเฉพาะงานตรวจวัดค่า alignment โดยที่ไม่ต้องมีงานปรับ alignment จะพบว่า เวลาที่ใช้ในกิจกรรมจริงนั้น มีน้อยกว่ามาก และทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการคลาดเคลื่อนตามไปด้วย อันเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานจริงตามขอบเขตงานที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังได้ละเลยความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้รายละเอียดของงานแตกต่างกัน ทั้งโอกาสที่จำเป็นต้องเพิ่ม หรือสามารถลดระยะเวลาในการทำกิจกรรม เช่น ในกรณีที่เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ จำเป็นต้องมีการถอดเปลี่ยนและซ่อมแซม หรือในกรณีที่การวัดค่าได้ผลตามมาตรฐานแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีงานปรับค่าในขั้นตอนต่อไปอีก

3.5 ข้อจำกัดในกรณีที่ตรวจพบความผิดปกติของข้อมูล จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยเทคนิค PERT และวิธีการทดสอบการกระจายข้อมูลแบบปกติของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิ่น (Anderson-Darling Normality Test) จะมีการตรวจสอบรายละเอียดของขั้นตอนย่อยในกิจกรรม โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของขั้นตอนย่อย และขอบเขตงานที่เกิดขึ้นจริง จากรายงานสรุปโครงการบำรุงรักษาของแต่ละโครงการ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ หรือมีประสบการณ์ด้านงานบำรุงรักษาเพื่อหาสาเหตุ และพิจารณาเลือกใช้ตัวแทนค่าระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมตามขอบเขตงานมาตรฐาน

3.6 งานวิจัยนี้ได้ละเลยผลจากปัจจัยภายนอก หรือปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะมีผลต่อการปฏิบัติงาน และเวลาแล้วเสร็จของโครงการ เช่น เวลารอคอยอะไหล่ (Waiting Time for Spare Part) และทักษะความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน เป็นต้น เพื่อลดความซับซ้อนของการวิจัย

4. ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะ สำหรับการนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ หรือทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจทั่วไป ดังนี้

4.1 สำหรับหน่วยงานควบคุมการผลิต และวิศวกรรมบำรุงรักษาของโรงไฟฟ้าจะนะ จังหวัดสงขลา

4.1.1 สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ ได้แก่ เวลาแล้วเสร็จของโครงการ ไปใช้ เพื่อพิจารณาปรับปรุงช่วงเวลามาตรฐานของงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ของเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F ให้ถูกต้อง และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4.1.1 สามารถนำงานวิจัยนี้เป็นต้นแบบ เพื่อปรับปรุงเวลามาตรฐานของงานบำรุงรักษาอื่น ๆ เช่น งานตรวจสอบห้องเผาไหม้ (Combustion Inspection) และงานตรวจสอบตามเส้นทางแก๊สร้อน (Hot Gas Path Inspection) เป็นต้น

4.2 สำหรับโรงไฟฟ้าอื่น ๆ ของ กฟผ. และและภาคเอกชนอื่น ๆ สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบ เพื่อทำการปรับปรุงเวลามาตรฐานของงานบำรุงรักษา หรืองานวิศวกรรมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ทั้งในส่วนของการวางแผนและการควบคุมการปฏิบัติงาน ควรมีการเก็บบันทึกข้อมูลในส่วนของการปฏิบัติงานทุกครั้งตามความเป็นจริง โดยเฉพาะรายละเอียดของการปฏิบัติงานในกรณีพิเศษต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการนำไปศึกษา เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ในอนาคต

4.3 สำหรับการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาเฉพาะงานบำรุงรักษาและปรับปรุงสภาพเครื่องกังหันก๊าซ (Major Overhaul) ดังนั้น หากมีการศึกษา หรือการวิจัยเพิ่มเติมในงานบำรุงรักษาอื่น ๆ เช่น งานตรวจสอบห้องเผาไหม้ (Combustion Inspection) และงานตรวจสอบตามเส้นทางแก๊สร้อน (Hot Gas Path Inspection) ของโรงไฟฟ้าจะนะ หรืองานบำรุงรักษาในโรงไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น โรงไฟฟ้าบางปะกง โรงไฟฟ้าวังน้อย หรือโรงไฟฟ้าของบริษัทเอกชนต่าง ๆ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องกังหันก๊าซยี่ห้ออื่น หรือรุ่นอื่น หรือแม้กระทั่งเครื่องยนต์เครื่องจักรอื่น ๆ นอกจากนี้ วิธีการ และขั้นตอนในการศึกษานี้ ยังสามารถนำไปปรับปรุงใช้กับงานวิศวกรรมอื่น ๆ ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2559ก, 19 พฤศจิกายน). *รายงานประจำปี 2559.* สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=165&Itemid=146.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2559, 30 มิถุนายน). *เปิดวิสัยทัศน์และนโยบาย ผู้ว่าการ กฟผ. คนที่ 13.* สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1549:press-20160630-02&catid=31&Itemid=208.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2553). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2553.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2553). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2553.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2555). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2555.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2555). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2555.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2559). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 1 ประจำปี 2559.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กองกังหันก๊าซและดีเซล. (2559). *รายงานผลการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ Siemens รุ่น SGT5-4000F งาน Major Ovarhaul โรงไฟฟ้าจะนะชุดที่ 1 เครื่องที่ 2 ประจำปี 2559.* (ซีดีรอม). นนทบุรี: ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2559). 9 ปี กกพ. 9 ปีความสำเร็จ คนกำกับ. *วารสารกระทรวงพลังงาน.* 28(101), 2-4.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2554). *สถิติวิศวกรรม*. (พิมพ์ครั้งที่ 3) กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล. (2557). *เอกสารรายงานการประชุมกำหนดมาตราฐานระยะเวลางานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ: เรื่องสรุประยะเวลางานบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซในแต่ละรุ่นของกฟผ. ครั้งที่ 1 / 2557 ลงวันที่ 19 มิถุนายน 2557*. นนทบุรี: สำนักงานศูนย์บำรุงรักษาไทรน้อย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องกล. (2559, 10 ธันวาคม). *ระยะเวลามาตรฐานของโครงการบำรุงรักษาเครื่องกังหันก๊าซ ปรับปรุงปี 2559*. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=GTmaintenace.pdf.

ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต. (2559, 11 กรกฎาคม). *ผลการดำเนินงานของสายงานโรงไฟฟ้า (รวฟ.) ประจำปี 2559*. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=efficiencyito.

ฝ่ายสื่อสารองค์กร. (2559ก, 19 พฤศจิกายน). *การดำเนินงานด้านการผลิตไฟฟ้า งปี 2550 – 2559*. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1184&Itemid=132.

ฝ่ายสื่อสารองค์กร. (2559ข, 19 พฤศจิกายน). *ข้อมูลโรงไฟฟ้าและเขื่อนประจำปี 2559*. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1184&Itemid=132.

ฝ่ายสื่อสารองค์กร. (2559ค, 19 พฤศจิกายน). *สถิติและกราฟกำลังการผลิตไฟฟ้า ปี 2550 – 2559*. นนทบุรี: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=116.

พงษ์พิพัฒน์ ขำละม้าย. (2554). *การนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องดื่มตัวอย่าง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2544). *เทคนิคการบริหารโครงการ*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

นันทวุฒิ ศรีปัดถา และสิรางค์ กลั่นคำสอน. (2559). *การบริหารโครงการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ไม่ปรากฏผู้แต่ง. (2559, 20 มกราคม). กระทรวงพลังงานเตรียมสารต่อผลงาน เน้นการลดใช้พลังงานไฟฟ้า. *ผู้จัดการออนไลค์*. สืบค้นจาก http://www.manager.co.th/Home/ViewNews. Aspx?NewsID=9600000006745.

วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2554). *การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้างด้วยการกำหนดเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม* (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). สาขาวิศวกรรมการจัดการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์ควบคุมไฟฟ้าแห่งชาติ. (2559). รายการการใช้ไฟฟ้าของประเทศ ประจำปี 2559. *วารสารคนปั่นไฟ*. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 12(1).

สุทธิมา ชำนาญเวช. (2559). การจัดการเชิงปริมาณ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน* (หน่วยที่ 4, น. 89-90). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

สำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน. (2559). *การใช้ไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าของประเทศ*. สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/power/power2554.pdf.

สมเกียรติ จงประสิทธิ์. (2534). PERT / CPM กับการวางแผนและควบคุมงานโครงการ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 2(2), 13-19.

สมคิด รังกูร. (2538). *การบริหารโครงการสมัยใหม่*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป.

สุรินทร์ นิยมางกูร. (2548). *สถิติวิจัย*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรพงศ์ บางพาน, พีรพันธ์ บางพาน และ วิบูลลักษณ์ บางพาน. (2557). การบริหารโครงการด้วยการสร้างข่ายงานกิจกรรมในกระบวนการผลิตชุดกระพ้อลำเลียงข้าว. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์*. มหาวิทยาลัยบูรพา, 7(1), 1-11.

อาจอง สุขประเสริฐ. (2559). *การประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และ CPM ใช้ในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

Ansaldo Energia. (2015). *North Bangkok Combined Cycle Power Plant Block_2 Operation and Maintenance Manuals*. [CD-ROM]. Italy.

Archibald and Villoria. (1967). *Network-Based Management Systems (PERT/CPM)*. London: John Wiley & Son Publication.

Ashley Crossman. (2017). *Pros and Cons of Secondary Data Analysis.* Retrieved from https://www.thoughtco.com/secondary-data-analysis-3026536.

Erik Couture. (2013). *Bridging the Gantt: Integrating Project Management and Task Management*. Retrieved from https://www.sans.org/reading-room/whitepapers /leadership/bridging-gantt.

General Energy. (2013). *North Bangkok Combined Cycle Power Plant Block_1 Operation and Maintenance Manuals*. [CD-ROM]. US.

Gerald J. Lieberman and Frederick S. Hillier. (2000). *Introduction to Operations Research.* McGrew-Hill. Retrieved from http://www.math.upatras.gr/~tsantas/ DownLoadFiles/Hillier&Lieberman_7th-edition_Chapter10.pdf.

James E. Kelley and Morgan R. Walker. (1959). Critical-Path Panning and Scheduling. In *1959 Proceedings of Eastern Computer Conference.* March 20-22, 1959. pp 160-173.

Jamison Janawitz, James Masso and Christopher Childs. (2015). *Heavy-Duty Gas Turbine Operation and Maintenance GER-3620 (02/15).* Retrieved from https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/technical/ger/ger-3620m-hdgt-operating-maintenance-considerations.pdf.

Jeffrey W. Herrmann. (2010). The Perspective of Taylor, Gantt and Johnson: How to Improve Production Scheduling In *International Journal of Engineering Management (IJQM).* September, 2010 Organized by School of Engineering, University of Mayland, USA. pp. 243 – 254.

Junior Isles. (2013). *Technology Evolustion of the Proven Gas Turbine Mode Gas Turbine World.* (January-February) 43, pp. 18-25.

Koteswara Rao, T.V. Madhusudhana Rao, P. Veerabhadra Rao, Dr. Gsvp Raju and Sumender Roy. (2008). Optimal Selection of PERT for large complex and distribution projects In *IJCSNS international Journal of Computer Science and Network Securuty,* pp. 8 -18.

Luttman, R.J., Laffel G.L. and Person, S.D. (1995). *Using PERT/CPM to Design and Manage Clinical Processes* Quality Management in Health Care 3, pp. 1-12.

Management Study Guide.com. (2017). *Primary and Secondary Data*. Retrieved from https:// managementstudyguide.com/secondary_data.htm.

Mitsubishi-Hitachi Power System. (2014). *South Bangkok Combine Cycle Power Plant Block_3 Operation and Maintenance Manuals*. [CD-ROM]. Japan.

Moder and Philips. (1983). *Project Management with CPM, PERT and Precedence Programming.* McGrew-Hill.

M. Omar. (2011). A Linear Programming Technique for the Optimization of the Activities in Maintenance Project In *International Journal of Engineering & Technology*. IJET-IJENS 11(1), pp. 24-29.

Olivier de Weck. (2003). *Network Planning Techniques: CPM-PERT.* Retrieved from https://www.southampton.ac.uk/~jps7/Aircraft%20Design%20Resources/project%20 management/MIT%20lecture%20notes.pdf.

Nazrul Islam, Eugen Draghici and Sharif Uddn. (2001). Project Completion Probability after crashing PERT/CPM network In *International Journal of Practise Management. (Vol. 19,* pp. 181-188).

N. Ravi Shankar and B. Pardha Saradhi. (2011). Fuzzy Critical Path Method in Interval Valued Activity In *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology.* pp. 72-79.

N. Ravi Shankar , V. Sireesha, K. Srinivasa Rao and N. Vani. (2012). Fuzzy Critical Path Method Based on Metric Distance Ranking of Fuzzy Numbers In *International Journal of Mathematic Analysis.* pp. 995-1006.

Project-Management.com. (2016). *Advantages and Disadvantages of Gantt Charts*. Retrieved from https://project-management.com/advantage-and-disadvantages-of-gantt-charts.

Rajiv D. Grover. (2002). *Graphical Project Planning Techniques: An Overview of Gantt, PERT, and CPM Charts.* Retrieved from http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/ capstone/ganttv1.pdf.

Simark Haji Yakhchai. (2008). Program Evaluation and Review Technique In *Engeering Letter.* pp. 25-26.

S. Toor and S. Ogunlana. (2008). Critical COMs of Success in Large Scale Construction Projects : Evidence from Thailand Construction Industry *In International Journal of Project Management 26*. pp. 420-430.

Siemens AG Energy Sector. (2012). *Bang Pakong Combine Cycle Power Plant Block_5 Operation and Maintenance Manuals*. [CD-ROM] Berlin.

Sri. Pradeesh. N.M. (2011). *Operation Management.* School of distance education. University of Calicut, India. Retrieved from http://www.universityofcalicut.info/ SDE/Operations_Management.pdf.

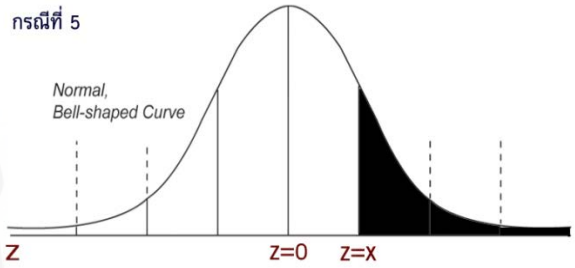
Thaeir Ahmed Saadeen Al Samman and Ramadan M. Ramo Al Brahemi Assist. (2014). Fuzzy PERT for Project Management In *International Journal of Advance in Engineering and Technology.* Organized by College of Administration and Economics Management Information System Department. University of Mosul, Iraq. pp. 1150-1160.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางพื้นที่ใต้กราฟโค้งมาตรฐานปกติ

ตารางพื้นที่ใต้กราฟโค้งมาตรฐานปกติ Z (Area under the Normal Distribution)



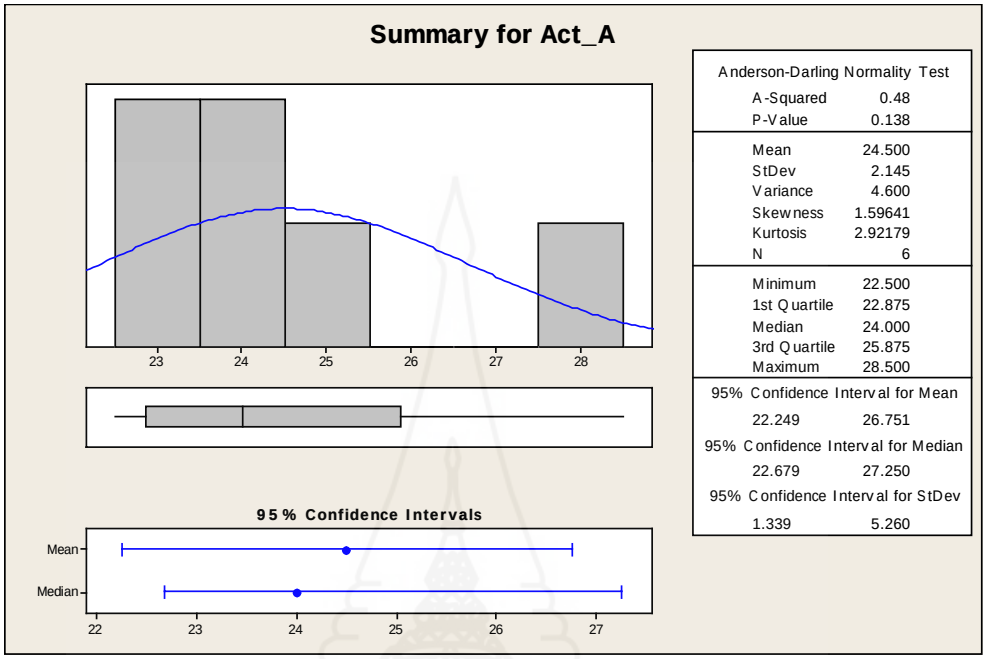
Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0639	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0823	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1700	0.1772	0.1808	0.1844	0.1876
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2190	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4625	0.4535	0.4546
1.7	0.4554	0.4573	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4803	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4948	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

ที่มา: สุทธิมา ชำนาญเวช (2559)

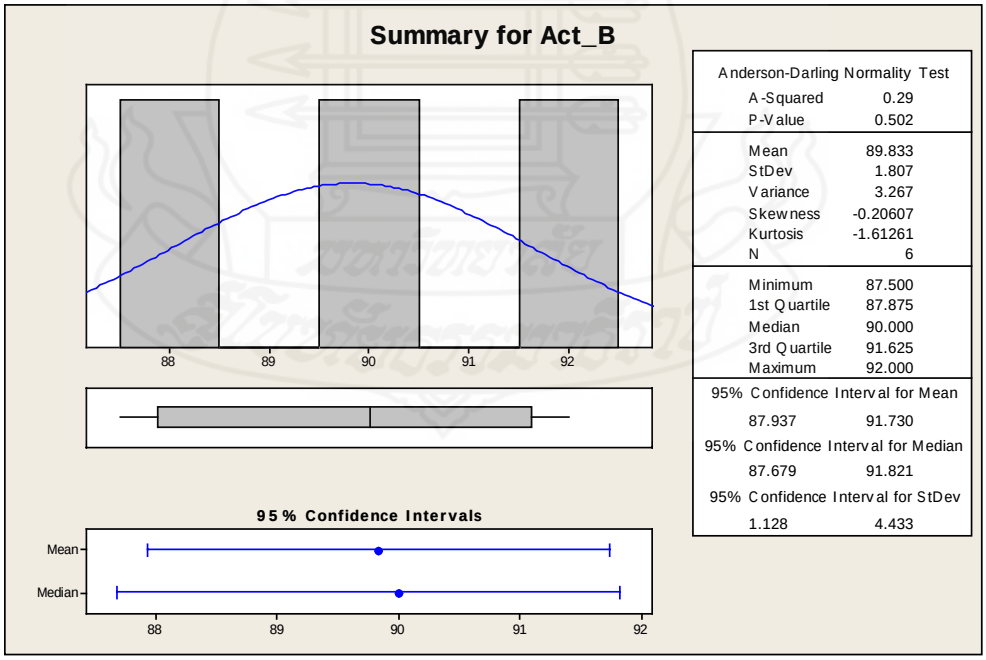
ภาคผนวก ข

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

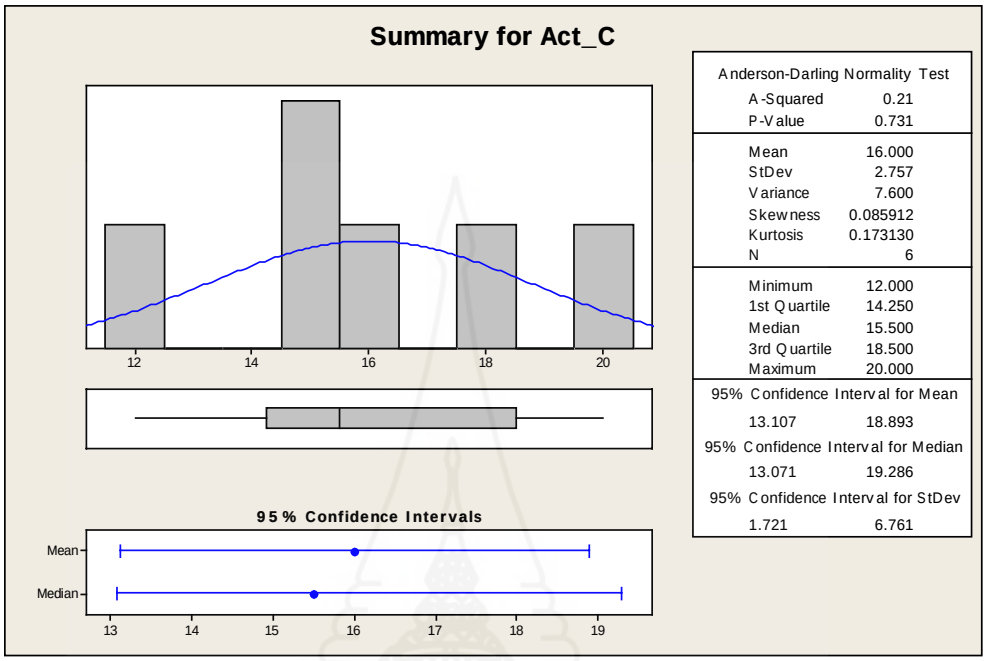


ผนวก ข (1) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

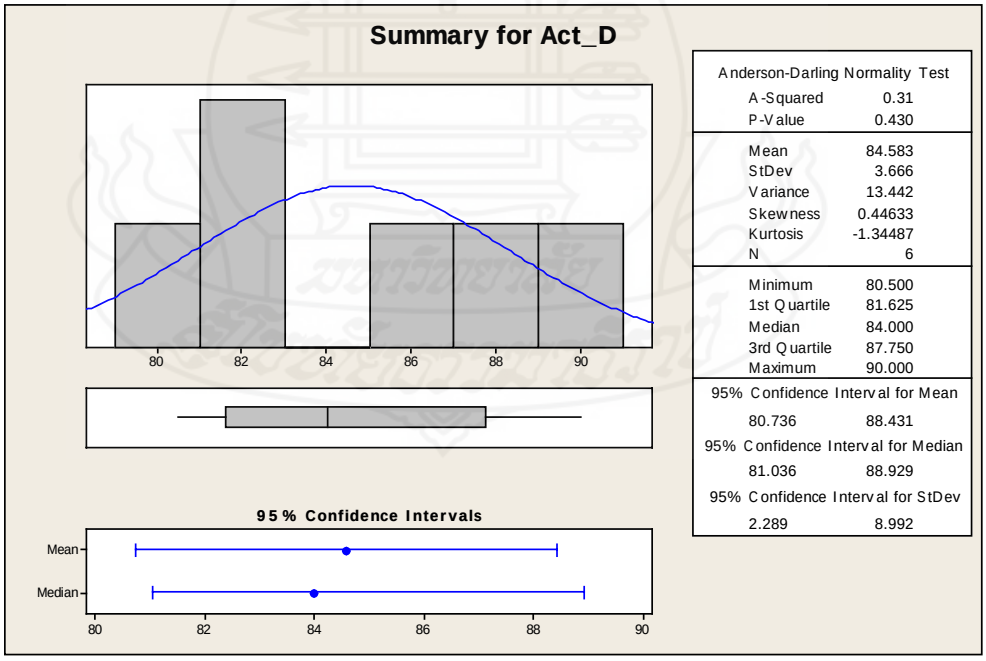


ผนวก ข (2) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม B ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

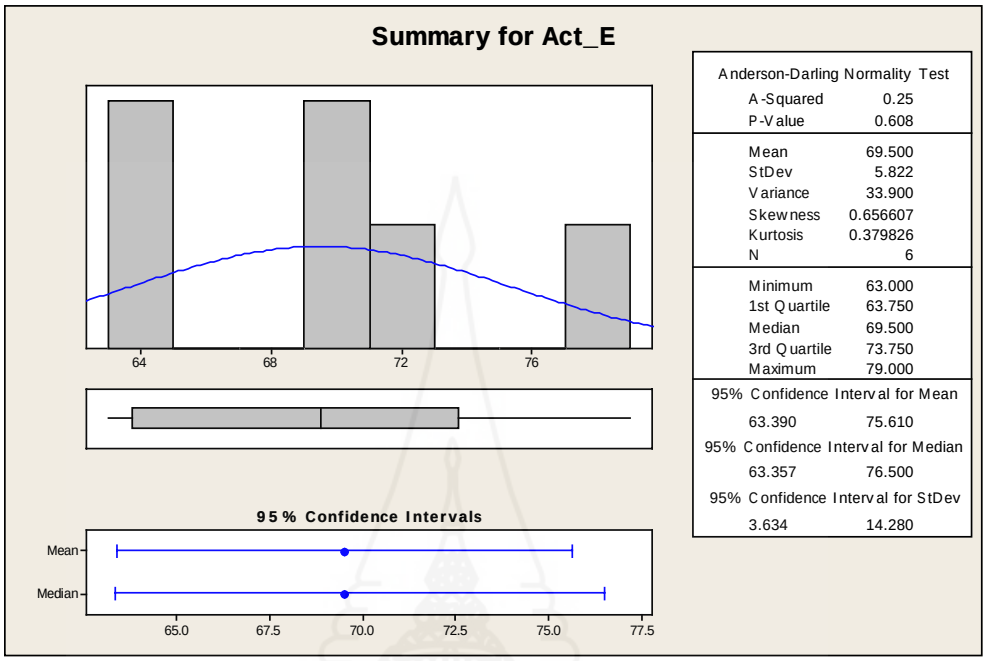


ผนวก ข (3) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม C ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

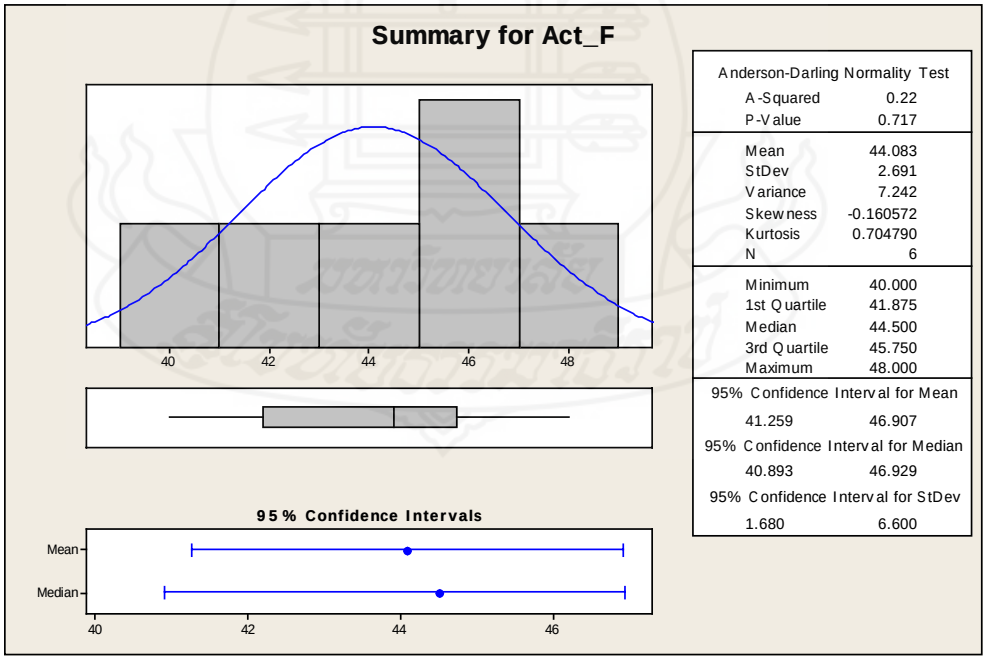


ผนวก ข (4) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม D ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

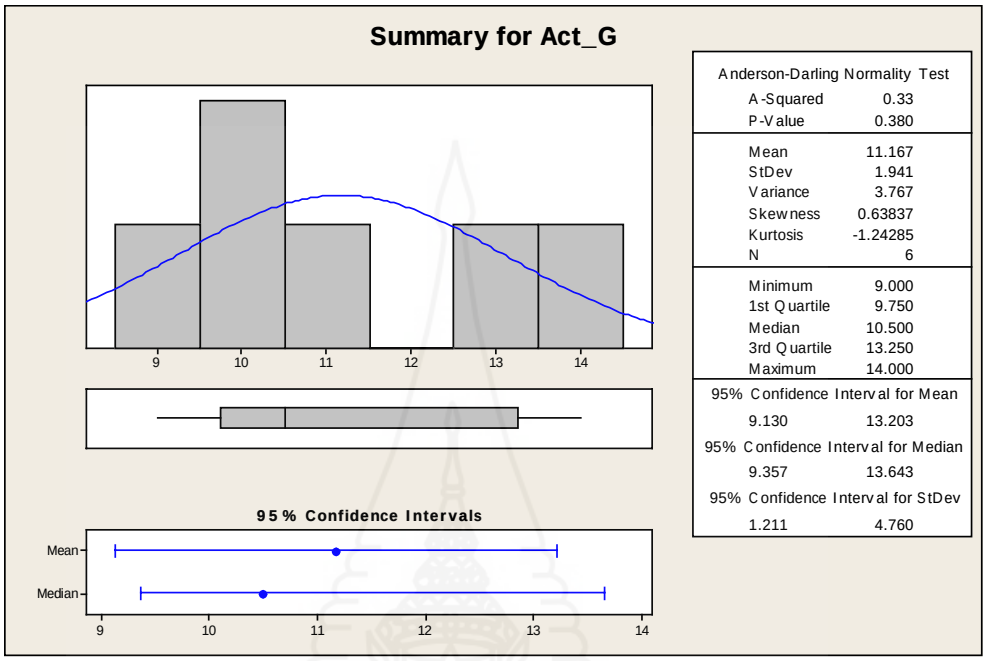


ผนวก ข (5) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม E ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

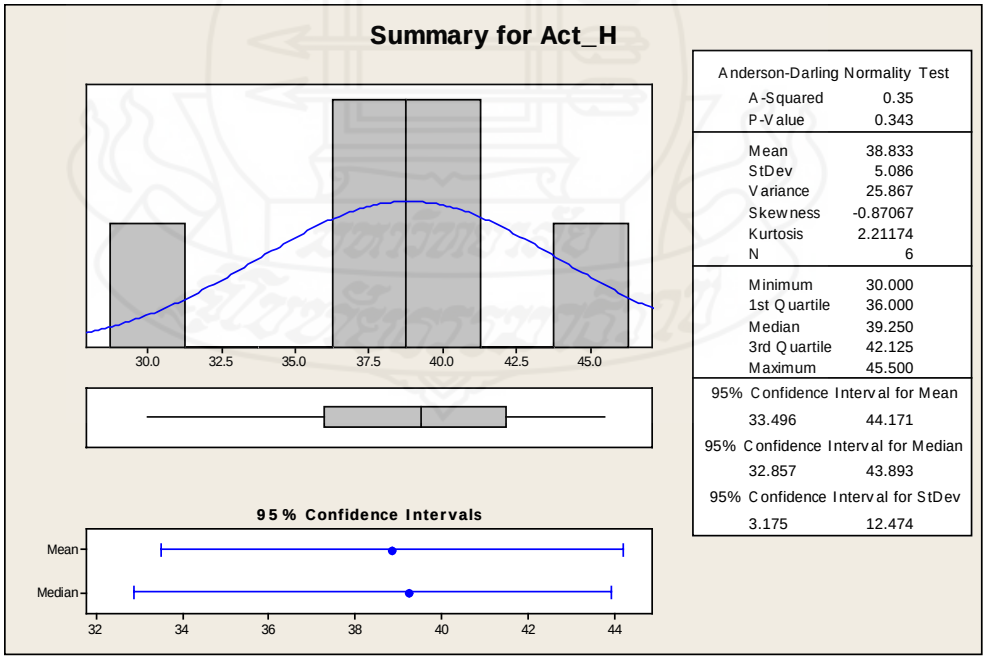


ผนวก ข (6) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม F ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

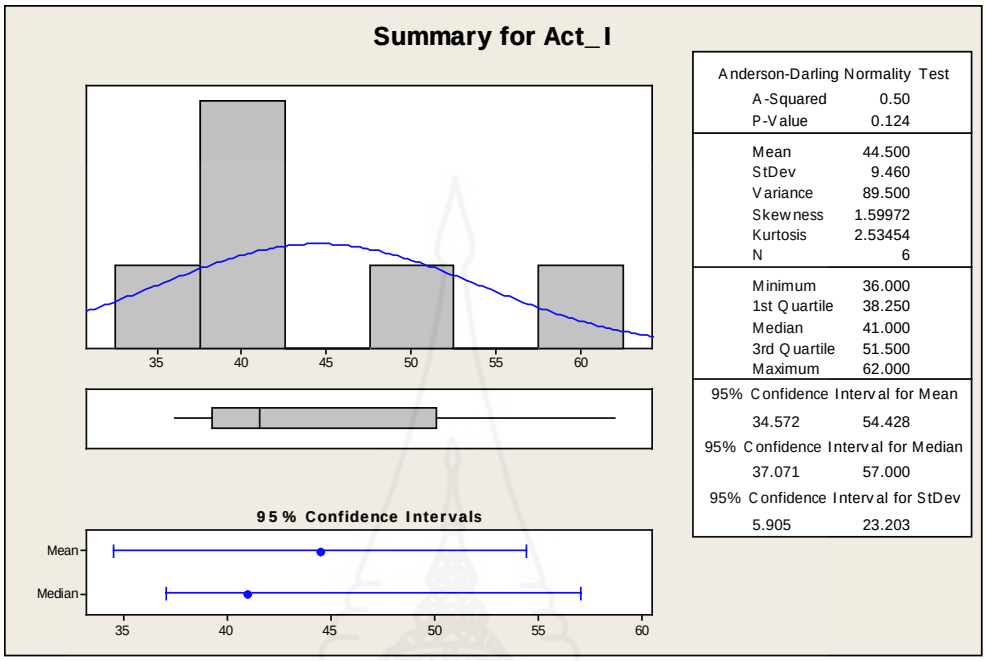


ผนวก ข (7) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม G ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

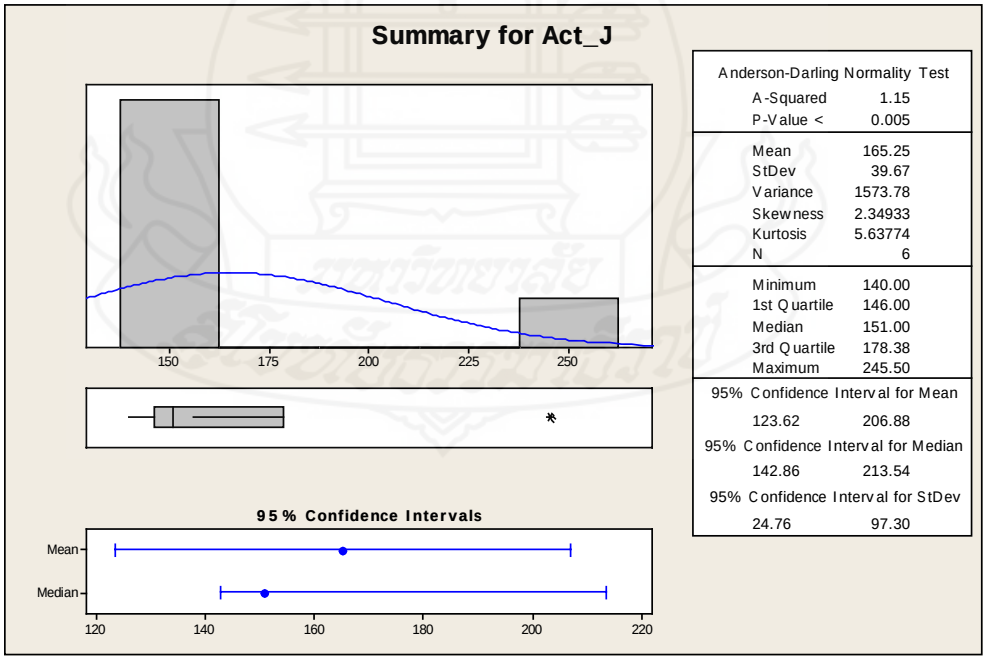


ผนวก ข (8) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม H ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

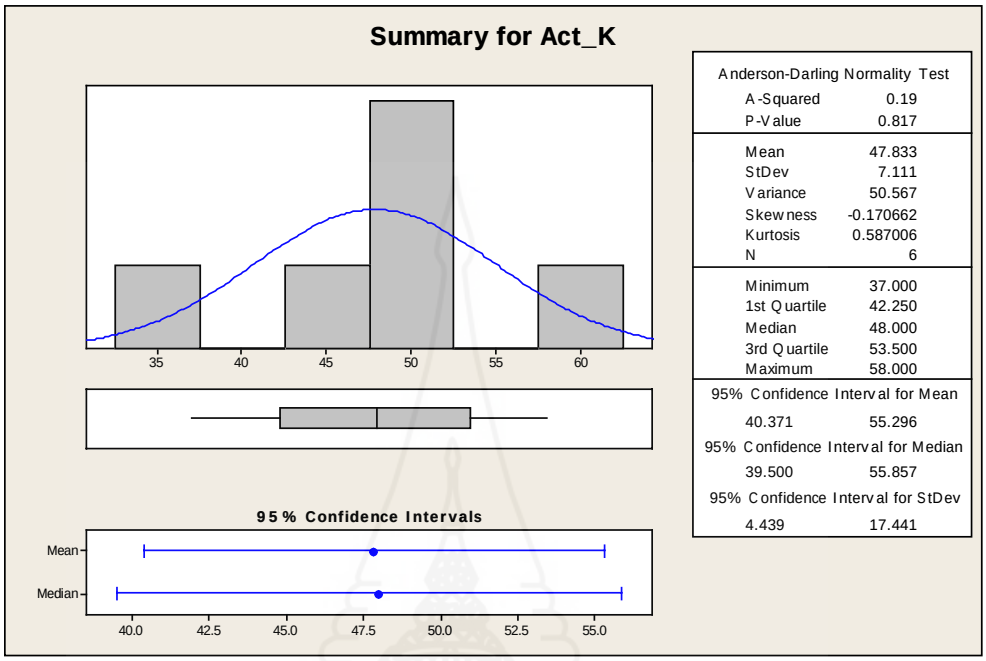


ผนวก ข (9) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม I ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

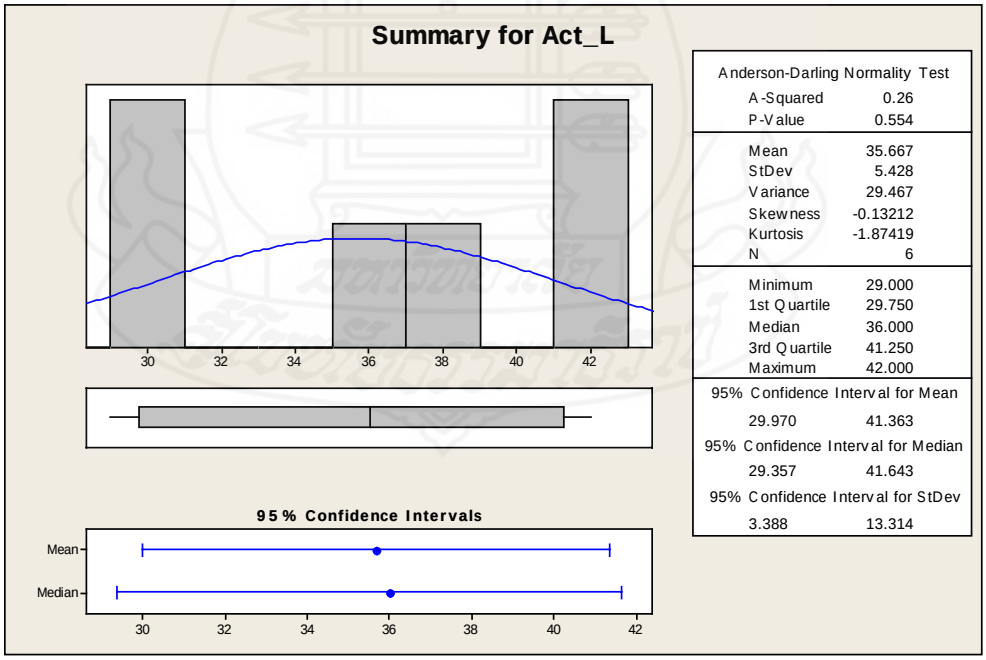


ผนวก ข (10) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม J ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

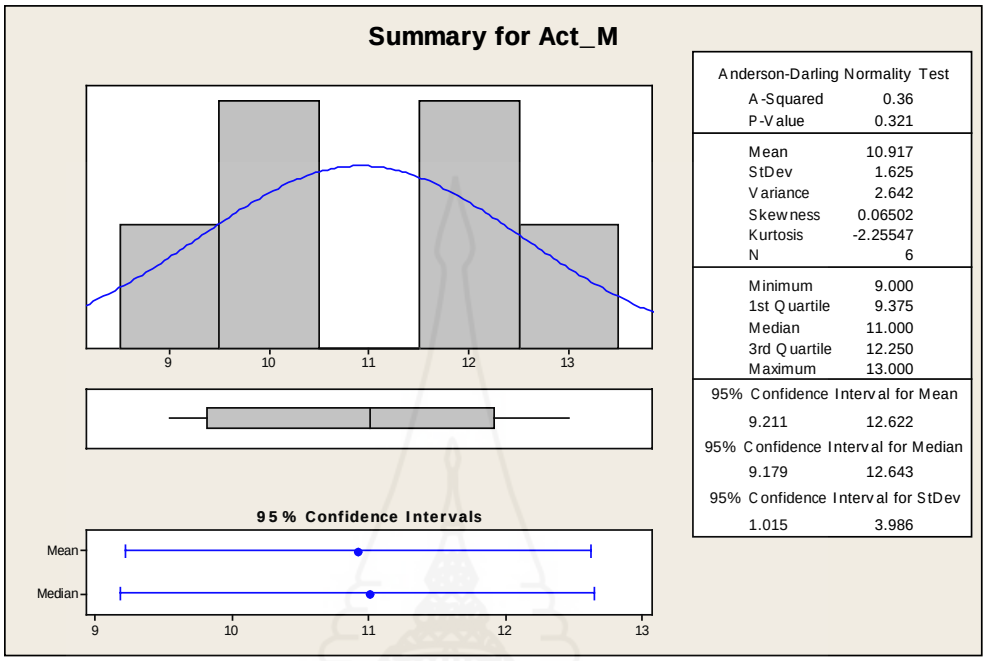


ผนวก ข (11) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม K ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

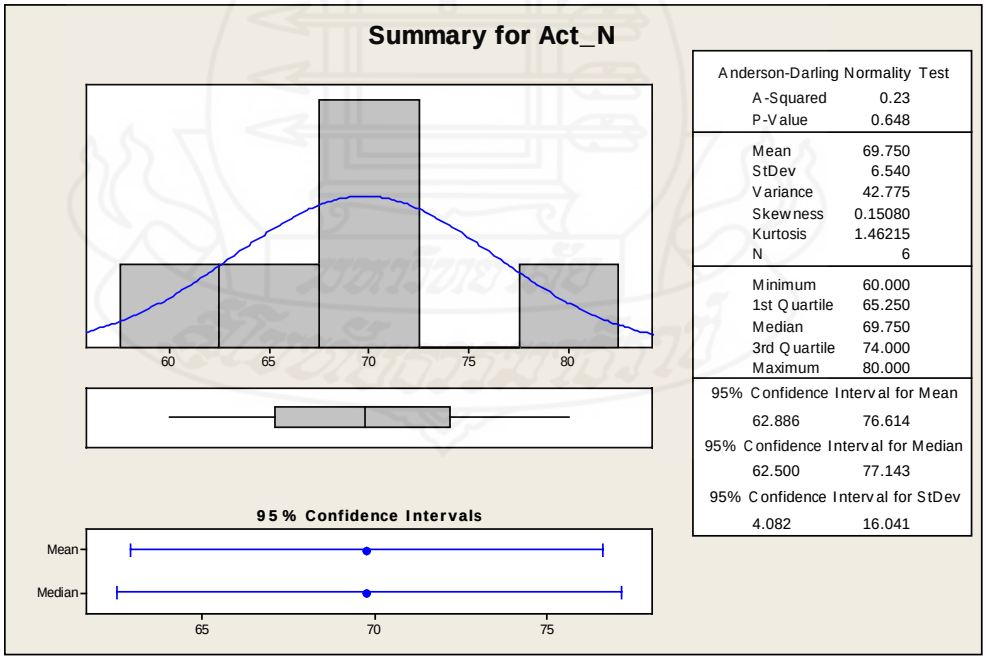


ผนวก ข (12) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม L ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

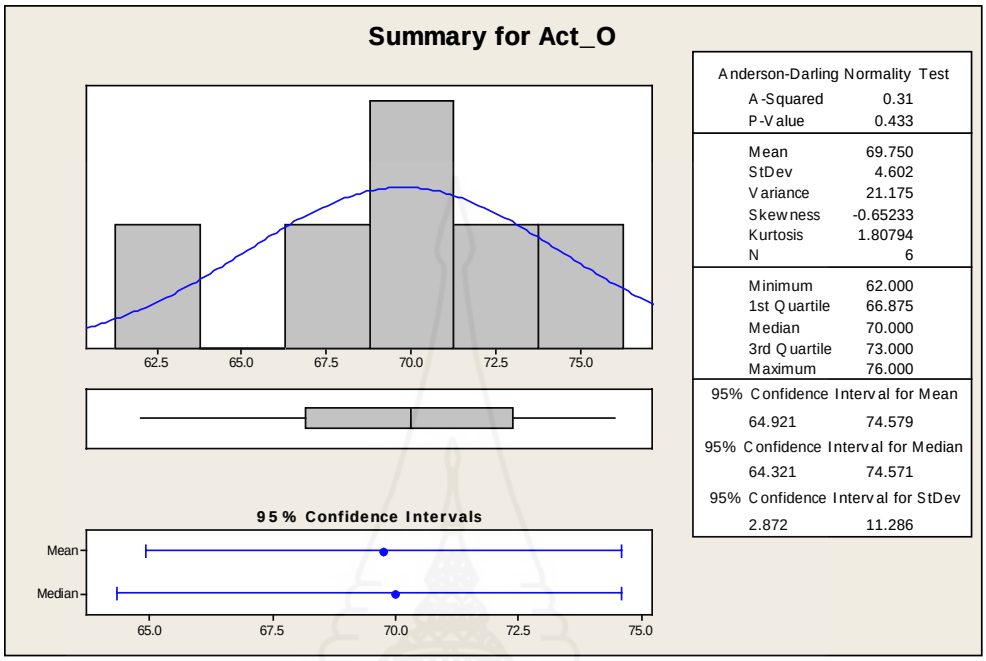


ผนวก ข (13) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม M ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

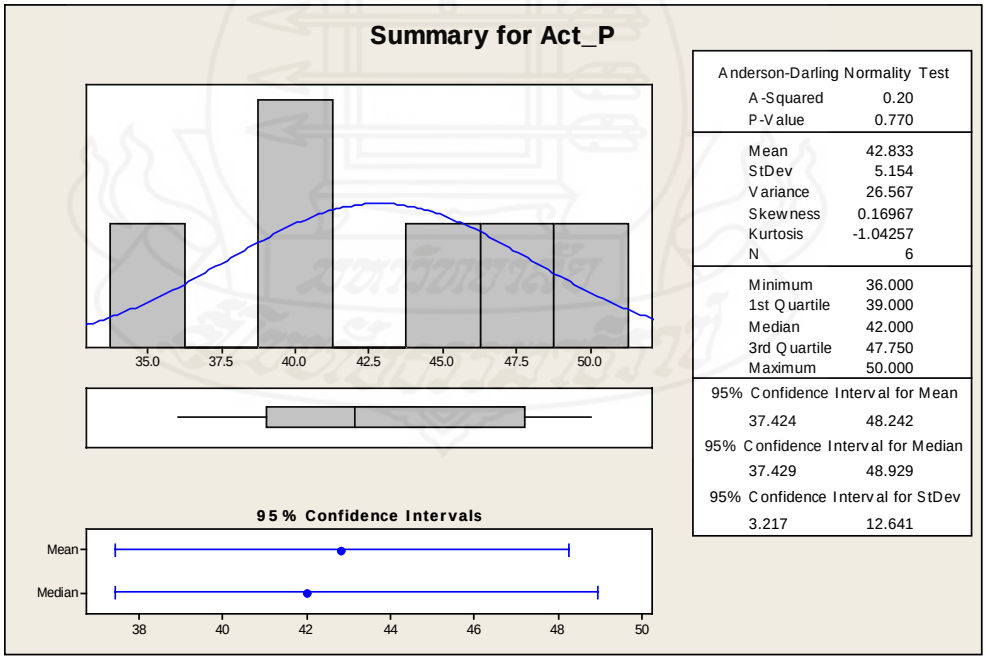


ผนวก ข (14) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม N ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

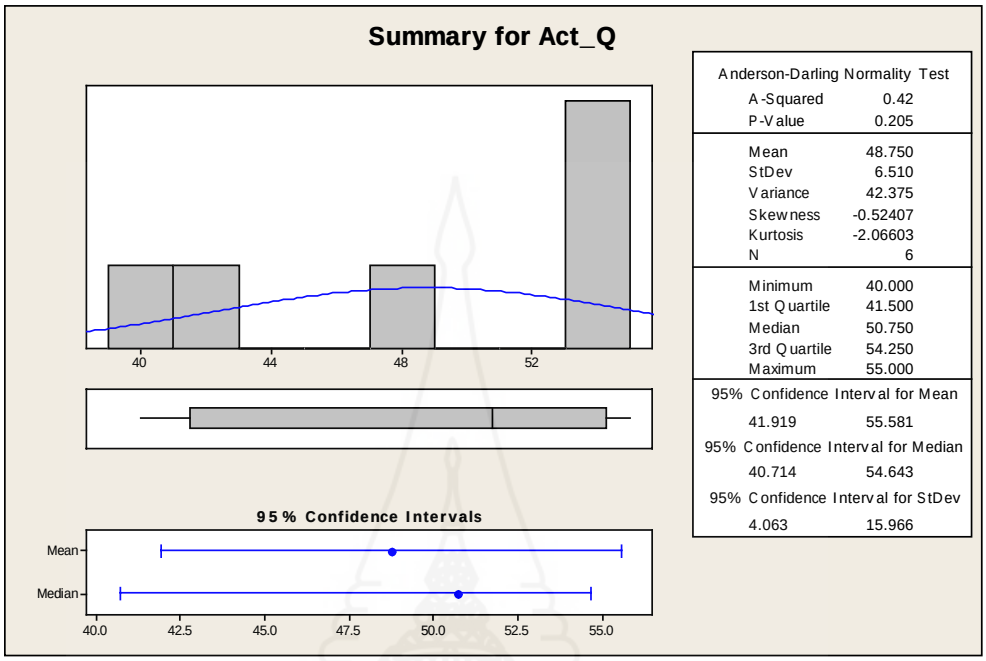


ผนวก ข (15) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม O ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

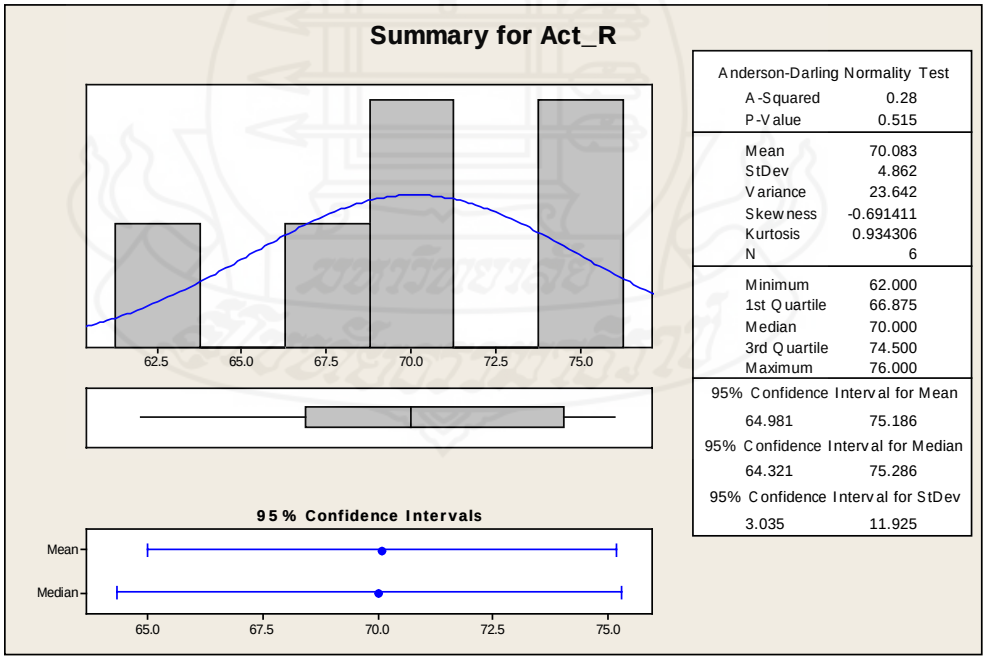


ผนวก ข (16) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม P ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

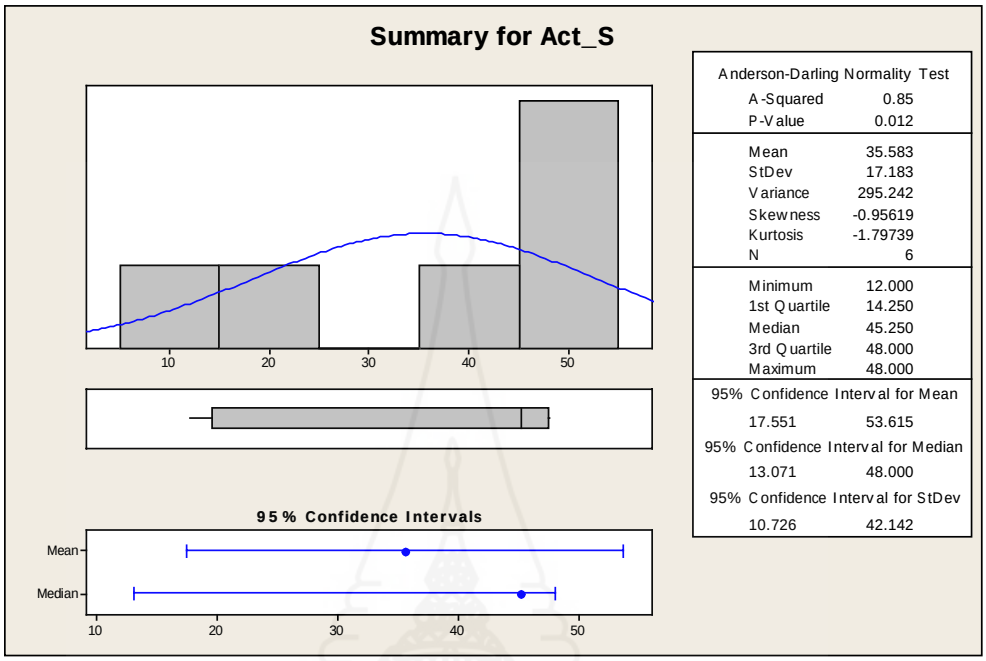


ผนวก ข (17) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม Q ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

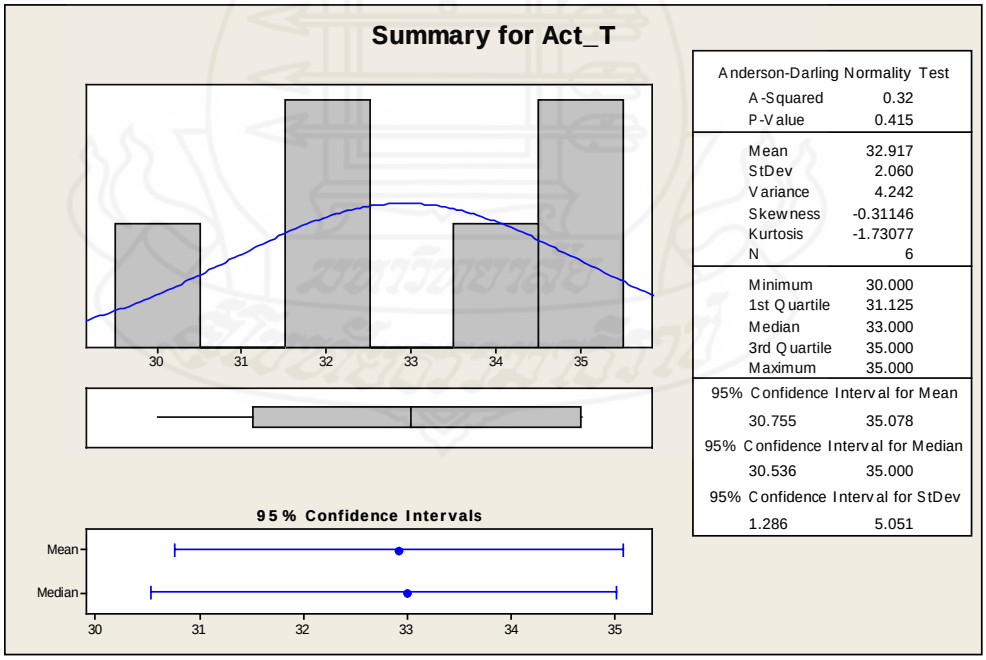


ผนวก ข (18) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม R ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

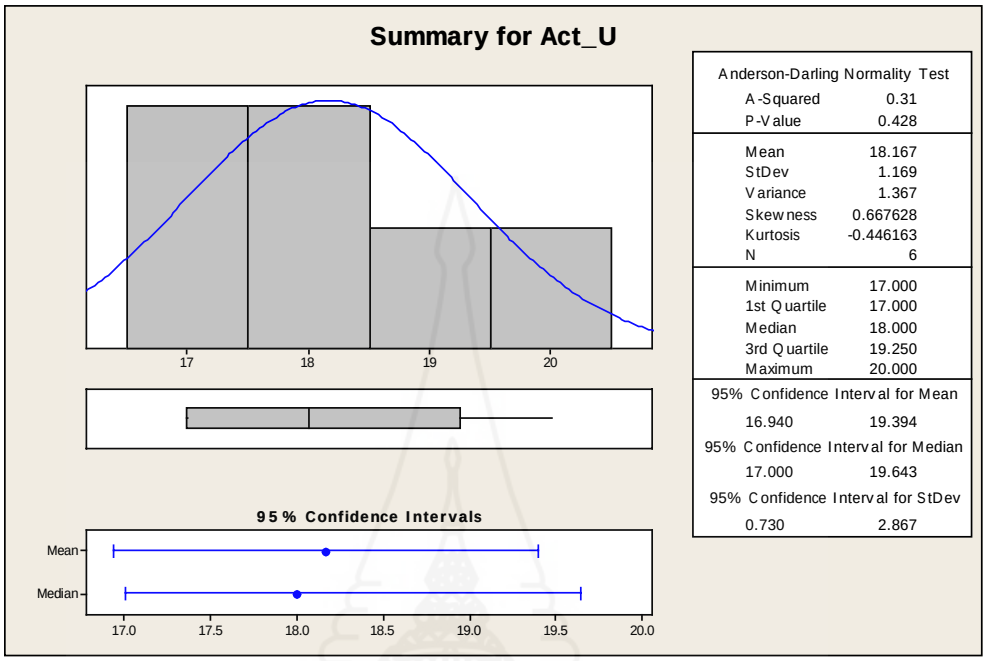


ผนวก ข (19) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม S ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

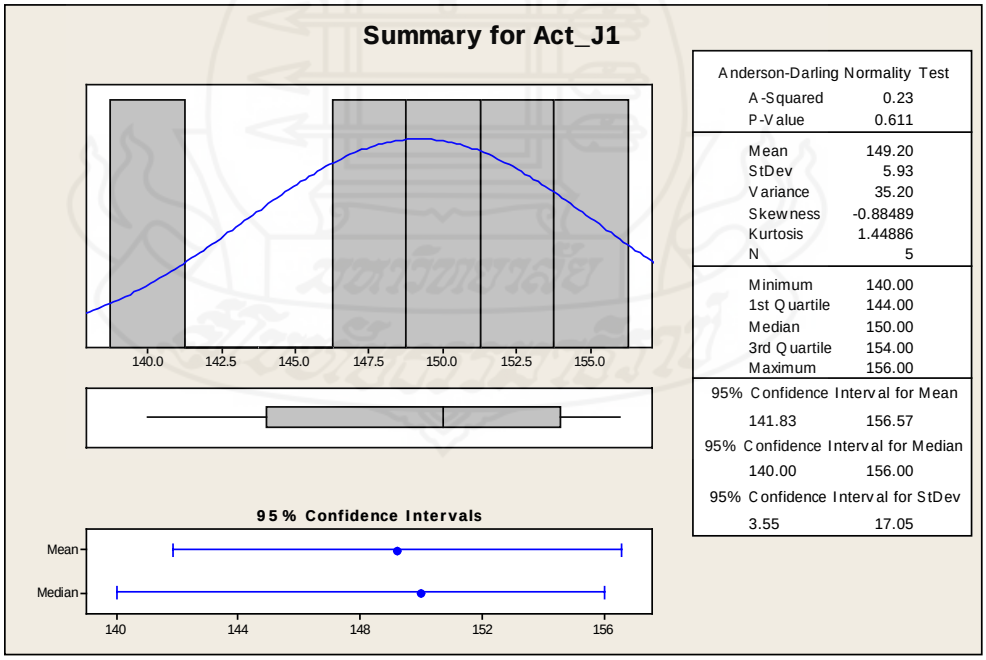


ผนวก ข (20) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม T ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)

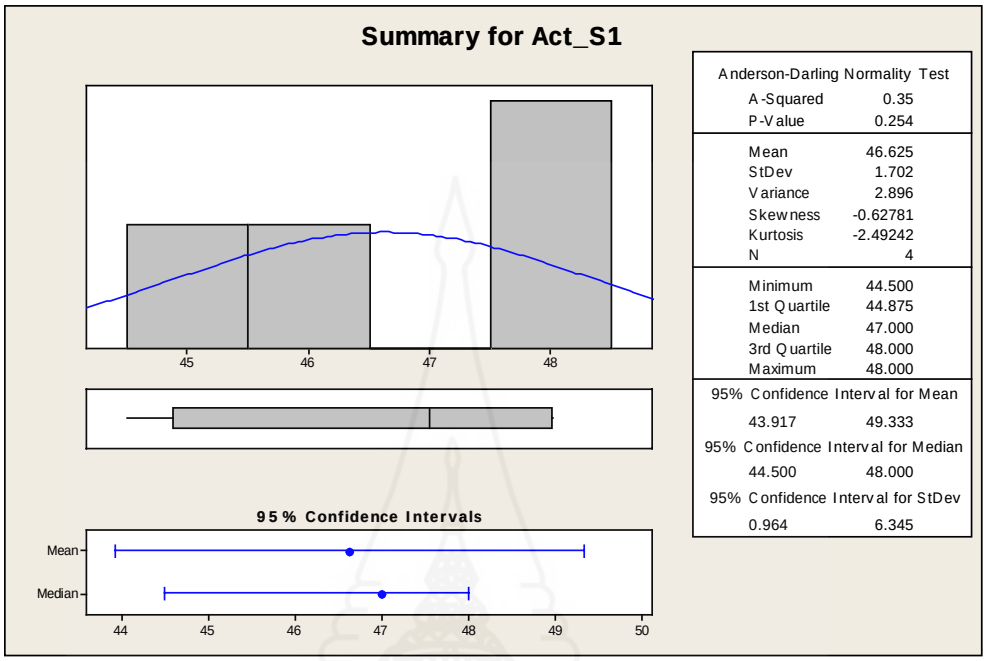


ผนวก ข (21) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ



ผนวก ข (22) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม J1 ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

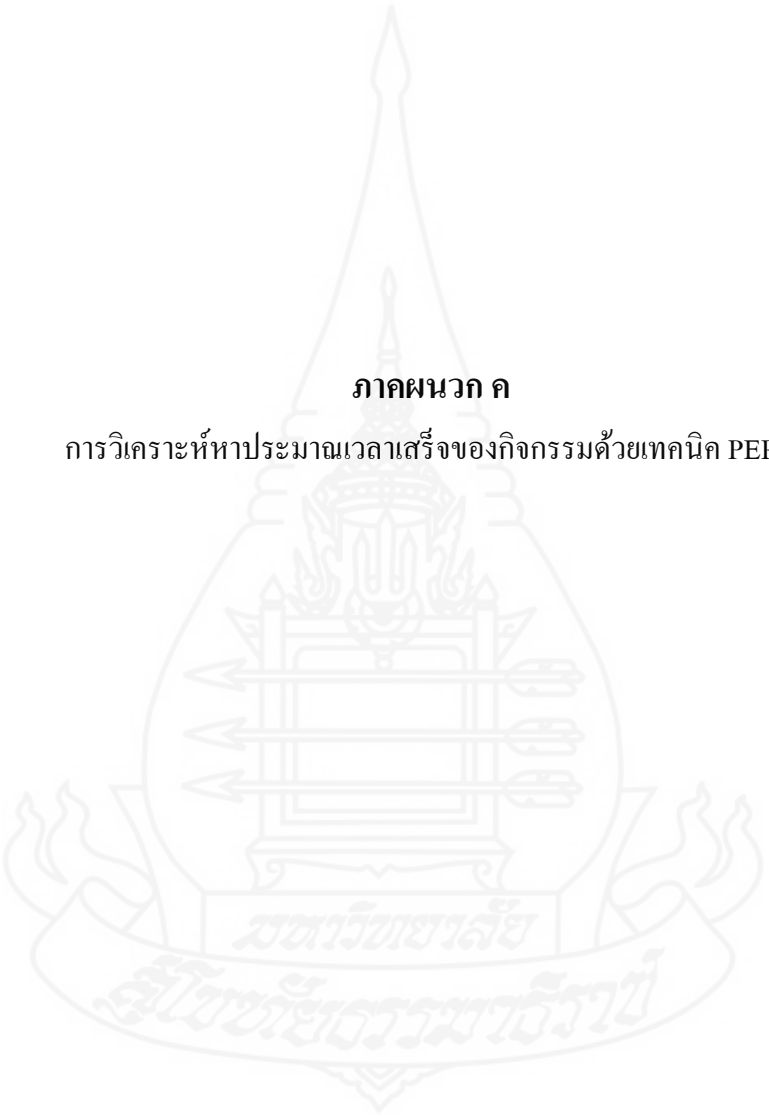
แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม A ถึง U ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ (ต่อ)



ผนวก ข (21) แผนภาพฮีสโตแกรมของกิจกรรม S1 ที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาประมาณเวลาเสร็จของกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT



การวิเคราะห์หาประมาณเวลาเสร็จของกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT

ค่าเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT ซึ่งมีสมมุติฐานว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบเบต้า (Beta Distribution) ด้วยสมการที่ ค (1) และ ค (2) ดังนี้

$$Te = \frac{a + 4m + b}{6} \qquad \text{.....} \qquad \text{สมการที่ ค (1)}$$

$$\sigma^2 = \left[\frac{b - a}{6}\right]^2 \qquad \text{.....} \qquad \text{สมการที่ ค (2)}$$

เมื่อ Te = Expected Time (เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิค PERT)

σ^2 = Variance (ความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิต PERT)

a = Optimistic Time (เวลาที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จเร็วที่สุด)

b = Pessimistic Time (เวลาที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จช้าที่สุด)

m = Most Likely Time (เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดที่ทำกิจกรรมแล้วเสร็จ)

ซึ่งจะได้เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม และความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรมด้วยเทคนิต PERT-Beta Distribution ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 โดยที่ Optimistic Time *(a)* คือ เวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดในการทำกิจกรรม และ Pessimistic Time *(b)* คือ เวลาแล้วเสร็จที่ช้าที่สุดในการทำกิจกรรม สำหรับในส่วนของ Most Likely Time *(m)* คือ เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดที่จะทำให้กิจกรรมแล้วเสร็จ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นค่าฐานนิยม (Mode) สำหรับกิจกรรมที่สามารถหาค่าฐานนิยมได้ ตัวอย่างเช่น กิจกรรม A มีเวลาที่ใช้ในกิจกรรม A จากทั้ง 6 โครงการ เรียงลำดับน้อยที่สุดไปมากที่สุด ดังนี้ 22.5, 23.0, 24.0, 24.0, 25.0 และ 28.5 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า Optimistic Time *(a)* คือ 22.5 ชั่วโมง และ Pessimistic Time *(b)* คือ 25.0 ชั่วโมง ในส่วนของ Most Likely time *(m)* คือ ค่าฐานนิยม (mode) เท่ากับ 24.0 ชั่วโมง แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าฐานนิยมได้นั้น จะเลือกใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด 3 โครงการ ตัวอย่างเช่น กิจกรรม E มีเวลาที่ใช้ในกิจกรรม E จากทั้ง 6 โครงการ เรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด ดังนี้ 63.0, 64.0, 69.0, 70.0, 72.0 และ 79.0 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า Optimistic Time *(a)* คือ 63.0 ชั่วโมง และ Pessimistic Time *(b)* คือ 79.0 ชั่วโมง ในส่วนของ Most Likely Time *(m)* คือ ค่าเฉลี่ยของ 69.0, 70.0 และ 72.0 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับ 70.3 ชั่วโมง

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายพงศธร ฐานิตสรณ์
วัน เดือน ปี	19 พฤศจิกายน 2529
สถานที่เกิด	เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2552
สถานที่ทำงาน	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี
ตำแหน่ง	วิศวกร ระดับ 6