วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลากิจกรรมในเทคนิคการประเมินค่าและควบคุมโครงการ

ณัลทวัฒน์ มะหา และ กัลยา บุญหล้า*

ภาควิชาคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร
* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: kanlayab@nu.ac.th

วันที่รับบทความ: 1 มีนาคม 2565; วันที่ทบทวนบทความ: 12 กรกฎาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 18 สิงหาคม 2565
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 16 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรม ด้วยเทคนิคการประมาณค่า 7 วิธี ได้แก่ วิธีประมาณแบบ PERT วิธีประมาณโดยการแจกแจงปรกติ วิธีประมาณโดยการแจกแจงล็อกนอร์มัล วิธีประมาณ PERT แบบปรับปรุง วิธีประมาณของ Ginzburg วิธีประมาณของ Shankar และ Sireesha และวิธีประมาณโดยการแจกแจงไวบูล โดยเกณฑ์ในการเปรียบเทียบคือค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรม จำนวนงานวิกฤตที่ใช้ในการศึกษาเท่ากับ 5, 10, 20, ..., 90 และ 100 กิจกรรม ทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลทำซ้ำ 1,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่า ทุกวิธีการประมาณค่าให้งานวิกฤติเหมือนกัน วิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมน้อยที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อจำนวนงานวิกฤตเพิ่มขึ้น และการพิจารณาในทุกวิธีการประมาณวิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลและสถานการณ์ที่ได้ทำการศึกษามากที่สุด

คำสำคัญ: งานวิกฤต; เวลาเฉลี่ยกิจกรรม; ความแปรปรวนของกิจกรรม; เทคนิคการประเมินค่าและควบคุมโครงการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

บทความวิจัย

A Comparison of Activity Time Estimates Methods in PERT

Nanthawat Maha and Kanlaya Boonlha*

Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University

* Corresponding author, E-mail: kanlayab@nu.ac.th

Received: 1 March 2022; Revised: 12 July 2022; Accepted: 18 August 2022
Online Published: 16 December 2022

Abstract: The objective of this research was to study and compare methods for estimating the mean and variance of activity time with 7 approximation techniques, including the program evaluation and review technique (PERT) approximation method, the Normal distribution approximation method, the Lognormal distribution approximation method, the modified PERT approximation method, the Ginzburg's approximation method, the Shankar and Sireesha approximation method and the Weibull distribution approximation method. The criterion for comparison is the percentage error in estimating the mean and variance of activity time. The number of critical activities used in the study was 5, 10, 20, ..., 90, and 100 activities. The simulations were performed with the Monte Carlo technique 1,000 times for each situation. The results of this research showed that all approximation methods had the same critical activity. The modified PERT approximation method was the lowest percentage error in estimating the mean and variance of activity time and then decreases as the number of critical activities increased. Considering all methods, the modified PERT approximation method is the most appropriate for the data and situation studied.

Keywords: Critical activity; The activity mean; The activity variance; PERT

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

1. บทนำ

ในปัจจุบันการบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพจัดเป็นเรื่องสำคัญ โดยเฉพาะโครงการที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยงานย่อยหรือกิจกรรมต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยงานย่อยแต่ละงานต้องใช้ทรัพยากร เช่น เวลา เงินทุน วัตถุดิบ แรงงาน ฯลฯ และมีความยากง่ายแตกต่างกัน การบริหารโครงการจำเป็นจะต้องมีการวางแผนหรือกำหนดขั้นตอนและเวลาในการปฏิบัติงานย่อยแต่ละงาน ซึ่งบางงานอาจจะต้องมีการเรียงลำดับการดำเนินการ เช่น ต้องทำงาน A เสร็จก่อนจึงจะสามารถเริ่มต้นปฏิบัติงาน B ได้ ในขณะเดียวกันก็อาจมีงานที่สามารถดำเนินงานไปได้พร้อม ๆ กัน [1] นอกจากประสบการณ์ของผู้บริหารแล้ว ยังต้องอาศัยเครื่องมือที่ดีที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนและควบคุมงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รัดกุม รอบคอบทุกขั้นตอน มองเห็นภาพการดำเนินงานได้อย่างชัดเจน [2] ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการบริหารโครงการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ระเบียบวิธีวิกฤต (Critical Method: CPM) และเทคนิคการประเมินค่าและควบคุมโครงการ (Program Evaluation and Review Technique: PERT) ในการนำมาช่วยบริหารโครงการ เทคนิค PERT เน้นความสำคัญที่เหตุการณ์ไม่ใช่ที่งาน และงานแต่ละงานจะมีเวลาที่จะต้องอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการคำนวณเวลาด้วย สำหรับการประมาณเวลาของแต่ละงานจะต้องใช้ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เกิดขึ้น โดยรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่สอดคล้องกับข้อมูลคือ การแจกแจงบีตา (Beta Distribution) ซึ่งการประมาณเวลาการทำงานของแต่ละงานประกอบด้วยข้อมูลเวลา 3 ค่า คือ ระยะเวลาที่คาดว่าจะทำงานเสร็จได้เร็วที่สุด (Optimistic Time: a) ระยะเวลาที่คาดว่าจะทำงานเสร็จได้ช้าที่สุด (Pessimistic Time: b) และระยะเวลาที่สามารถทำงานเสร็จได้โดยส่วนมาก (Most Likely Time: m) ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของโครงการได้จากการนำค่าประมาณข้อมูลเวลาทั้ง 3 ค่า

จากการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าและความแปรปรวนของเวลาในการทำกิจกรรมภายในโครงการ [3-4] เปรียบเทียบวิธีการประมาณของ Farnum วิธีการประมาณของ Ginzburg วิธีการประมาณแบบ PERT วิธีการประมาณของ Premachandra วิธีประมาณโดยใช้การแจกแจงปรกติ วิธีประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล โดยใช้เกณฑ์ร้อยละความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในการพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละวิธี ซึ่งการประยุกต์ใช้การประมาณค่าเวลาและความแปรปรวนภายในโครงการถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Edward และคณะ [5] ได้นำเสนอสูตรในการประมาณค่าของเวลาโดยใช้การแจกแจงไวบูล (Weibull Distribution) ในการประยุกต์การประมาณค่าเวลาในการดำเนินโครงการกับเวลาการเดินทางของรถบรรทุก [6] การประยุกต์ใช้กับโครงการออกแบบและก่อสร้างเรือของประเทศอังกฤษ [7] และได้มีการนำเสนอวิธีประมาณค่าที่นำมาใช้กับข้อมูลลักษณะเบ้ขวาอีกด้วย [8]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่าวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมหลายวิธีการประมาณที่ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอยู่มาก ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนเหล่านี้จะส่งผลต่อการหากิจกรรมวิกฤต

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

ของโครงการ ทำให้การบริหารจัดการโครงการนั้นเกิดข้อผิดพลาดและมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจในศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมเพื่อหาวิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด โดยวิธีการประมาณที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบ ได้แก่ เทคนิคการประมาณแบบ PERT วิธีประมาณการแจกแจงปรกติ วิธีประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล วิธีประมาณ PERT แบบปรับปรุง วิธีประมาณของ Ginzburg วิธีประมาณของ Shankar และ Sireesha และวิธีประมาณการแจกแจงไวบูล และในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาภายใต้สถานการณ์ที่ข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ซึ่งลักษณะของการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่โค้งด้านซ้ายหรือด้านขวา โดยหางของเส้นโค้งไปทางด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้าน ในกรณีที่การแจกแจงของตัวแปรสุ่มเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวาลักษณะของเส้นโค้งด้านขวามีหางยางกว่าด้านซ้าย การแจกแจงแบบนั้นมีค่าฐานนิยมน้อยที่สุดตามด้วยค่ามัธยฐาน และค่าเฉลี่ย สำหรับการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ลักษณะของเส้นโค้งด้านซ้ายมีหางยาวกว่าด้านขวา การแจกแจงแบบนั้นจะมีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดตามด้วยค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยมจะมีค่ามากที่สุด เนื่องบางครั้งพบว่าเวลาของกิจกรรมมีลักษณะการแจกแจงแบบไม่ปกติ เป็นลักษณะการกระจายหางยาวด้านขวา การกระจายของข้อมูลกระจุกตัวอยู่ทางด้านซ้าย เช่น ระยะเวลาที่สามารถทำงานเสร็จได้โดยส่วนมาก นอกจากนี้ผู้วิจัยนำการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมประยุกต์ใช้กับข้อมูลของโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานยานยนต์แห่งหนึ่ง [9] ซึ่งระบบปรับอากาศของห้องสะอาดเป็นส่วนสำคัญในการช่วยรักษาความสะอาดของอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน นำไปสู่การเพิ่มคุณภาพทางการผลิต การวางแผนและควบคุมด้วยการจัดตารางเวลางานก่อสร้างถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการบริหารโครงการให้ประสบผลสำเร็จตามระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการที่กำหนดและใช้ต้นทุนที่น้อยที่สุด

2. วิธีในการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในเทคนิคการประเมินค่าและควบคุมโครงการ

2.1 วิธีการประมาณแบบ PERT

เทคนิค PERT ถูกพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ.1959 [10] โดยความร่วมมือของเจ้าหน้าที่โครงการพิเศษจากกองทัพเรือสหรัฐและบริษัท Lockheed และบริษัท Booz-Allen and Hemiltion เป็นเทคนิคเชิงปริมาณด้านการวิเคราะห์ข่ายงานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนและควบคุมงานที่มีลักษณะเป็นงานโครงการ ซึ่งสูตรในการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำโครงการของเทคนิคการประมาณแบบ PERT โดยใช้การประมาณเวลาทั้ง 3 ค่า คือ

$$\hat{\mu}_1 = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

$$\hat{\sigma}_1{}^2 = \frac{(b-a)^2}{6^2} \quad (2)$$

2.2 วิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุง

ในปี ค.ศ. 2000 David Vose [11] นำเสนอเทคนิค PERT แบบปรับปรุงซึ่งได้รับการยอมรับอย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความเสถียรและยืดหยุ่นมากกว่าเทคนิค PERT สูตรในการประมาณค่าเฉลี่ย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

ของเวลาในการทำโครงการของเทคนิคการประมาณแบบ PERT แบบปรับปรุง คือ

$$\hat{\mu}_2 = \frac{a + \gamma m + b}{\gamma + 2} \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_2{}^2 = \frac{(\hat{\mu}_2 - a)(b - \hat{\mu}_2)}{\gamma + 3} \quad (4)$$

โดยที่ γ แทน พารามิเตอร์ขนาด ซึ่งใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์

2.3 วิธีการประมาณการแจกแจงปรกติ

ในปี ค.ศ. 1999 Cottrell [12] ได้มีการนำเสนอวิธีในการประมาณค่าเวลากิจกรรมโดยใช้การแจกแจงแบบปรกติมาพัฒนาให้มีสูตรการคำนวณมีความซับซ้อนน้อยลง โดยใช้การประมาณเวลาทั้ง 2 ค่า กรณีประมาณเวลา a และ m โดยที่ $z^* = 3.44$ สูตรในการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำโครงการของเทคนิควิธีการประมาณการแจกแจงปรกติ คือ

$$\hat{\mu}_3 = m \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_3{}^2 = \left(\frac{m - a}{z^*}\right)^2 \quad (6)$$

กรณีประมาณเวลา b และ m โดยที่ $z^* = 3.44$ สูตรในการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำโครงการของเทคนิควิธีการประมาณการแจกแจงปรกติ คือ

$$\hat{\mu}_4 = m \quad (7)$$

$$\hat{\sigma}_4{}^2 = \left(\frac{b - m}{z^*}\right)^2 \quad (8)$$

2.4 วิธีการประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล

ในปี ค.ศ. 2007 S. Mohan และคณะ [8] ได้มีการนำเสนอวิธีในการประมาณค่าเวลากิจกรรมโดยใช้การแจกแจงแบบล็อกนอร์มัล กรณีประมาณเวลา a และ m โดยที่ $z = 3$ สูตรในการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำโครงการของเทคนิควิธีการประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล คือ

$$\hat{\mu}_5 = log(a) + z\hat{\sigma}_5 \quad (9)$$

$$\hat{\sigma}_5{}^2 = \left(\frac{z}{2} - \left[\frac{z^2}{4} + log\left(\frac{a}{m}\right)\right]^{\frac{1}{2}}\right)^2 \quad (10)$$

กรณีประมาณเวลา b และ m โดยที่ $z = 3$ สูตรในการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำโครงการของเทคนิควิธีการประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล คือ

$$\hat{\mu}_6 = log(b) - z\hat{\sigma}_6 \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}_6{}^2 = \left(-\frac{z}{2} + \left[\frac{z^2}{4} + log\left(\frac{b}{m}\right)\right]^{\frac{1}{2}}\right)^2 \quad (12)$$

2.5 วิธีการประมาณการแจกแจงไวบูล

ในปี ค.ศ. 2009 L. Edward [5] ได้มีกานำเสนอวิธีในการประมาณค่าเวลากิจกรรมโดยใช้การแจกแจงแบบไวบูล ดังนี้

$$\hat{\mu}_7 = a + \theta^* \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta^*}\right) \quad (13)$$

$$\hat{\sigma}_7{}^2 = \theta^{*2}\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta^*}\right) - \left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta^*}\right)\right)^2\right] \quad (14)$$

โดยที่ θ^* แทน พารามิเตอร์ขนาด และ β^*แทน พารามิเตอร์รูปร่างของการแจกแจงไวบูล ซึ่งใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

2.6 วิธีการประมาณของ Ginzburg

ในปี ค.ศ. 1988 Ginzburg [13] ได้มีการนำเสนอวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาและความแปรปรวน ดังนี้

$$\hat{\mu}_8 = \frac{2a + 9m + 2b}{1268} \quad (15)$$

$$\hat{\sigma}_8{}^2 = \frac{(b-a)^2}{1268}\left[22 + 81\left(\frac{m-a}{b-a}\right) - 81\left(\frac{m-a}{b-a}\right)^2\right] \quad (16)$$

2.7 วิธีการประมาณของ Shankar และ Sireesha

ในปี ค.ศ. 2009 Shankar และ Sireesha [4]ได้มีการนำเสนอวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของเวลาและความแปรปรวน ดังนี้

$$\hat{\mu}_9 = \frac{5a + 17m + 5b}{27} \quad (17)$$

$$\hat{\sigma}_9{}^2 = \frac{(b-a)^2}{35} \quad (18)$$

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ในการสร้างข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเอกรูป โดยใช้โปรแกรม R ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ ผู้วิจัยมีการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

1. กำหนดจำนวนกิจกรรมวิกฤต (r) ให้มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่จำนวนกิจกรรมวิกฤตน้อย ๆ ไปจนถึงจำนวนกิจกรรมวิกฤตมาก ๆ โดยในที่นี้ผู้วิจัยกำหนดเท่ากับ 5, 10, 20, …, 80, 90, 100
2. การสร้างข้อมูลในกิจกรรมวิกฤติโดยจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเอกรูป โดยกำหนดให้

a แทน ขอบเขตล่างของเวลาที่เป็นไปได้ มีการแจกแจงเอกรูป (1,4)

b แทน ขอบเขตบนของเวลาที่เป็นไปได้ มีการแจกแจงเอกรูป (8,12)

α แทน พารามิเตอร์ที่แสดงรูปร่างของการแจกแจงบีตา มีการแจกแจงเอกรูป (1,5)

k แทน พารามิเตอร์ที่กำหนดช่วงของ m มีการแจกแจงเอกรูป (1,2)

3. คำนวณคำนวณค่าของตัวแปรระยะเวลาที่สามารถทำงานเสร็จได้โดยส่วนมาก (m) และพารามิเตอร์รูปร่างของการแจกแจงบีตาจากสมการ

$$m = \frac{b + ak}{k + 1} \quad (19)$$

$$\beta = \left(\frac{(b-a)(\alpha-1)}{m-a}\right) - (\alpha - 2) \quad (20)$$

4. ประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดและพารามิเตอร์รูปร่างของเทคนิควิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงและวิธีการประมาณแบบไวบูล โดยใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
5. คำนวณค่าจริงของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรม จากสูตร

$$\mu = a + (b-a)\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right) \quad (21)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{(b-a)}{(\alpha+\beta)}\sqrt{\frac{\alpha\beta}{\alpha+\beta+1}}\right)^2 \quad (22)$$

6. คำนวณค่าประมาณของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมด้วยเทคนิคการประมาณค่า 7 วิธี ได้แก่ วิธีการประมาณแบบ PERT (PT) วิธีประมาณโดยการแจก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

แจงปรกติ (NA) ที่ใช้ค่าประมาณเวลา a และ m วิธีประมาณโดยการแจกแจงปรกติ (NB) ที่ใช้ค่าประมาณเวลา b และ m วิธีประมาณโดยการแจกแจงล็อกนอร์มัล (LA) ใช้ค่าประมาณเวลา a และ m วิธีประมาณโดยการแจกแจงล็อกนอร์มัล (LB) ใช้ค่าประมาณเวลา b และ m วิธีประมาณ PERT แบบปรับปรุง (MP) วิธีประมาณของ Ginzburg (GB) วิธีประมาณของ Shankar และ Sireesha (RS) และวิธีประมาณโดยการแจกแจงไวบูล (WB) ตามสมการที่ (1) – (18)

7. นำค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในแต่ละวิธีการประมาณเปรียบเทียบกับค่าจริง โดยใช้เกณฑ์ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าเฉลี่ย

$$\sum_{i=1}^{1,000} \frac{|\hat{\mu}_i - \mu_i|}{\mu_i} \times 100 \qquad (23)$$

โดยที่ μ_i คือ ค่าเฉลี่ยของเวลากิจกรรมในรอบที่ i

$\hat{\mu}_i$ คือ ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยของเวลากิจกรรมในรอบที่ i

และเกณฑ์ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าเฉลี่ย

$$\sum_{i=1}^{1,000} \frac{|\hat{\sigma}_i^2 - \sigma_i^2|}{\sigma_i^2} \times 100 \qquad (25)$$

โดยที่ σ_i^2 คือ ค่าเฉลี่ยของเวลากิจกรรมในรอบที่ i

$\hat{\sigma}_i^2$คือ ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยของเวลากิจกรรมในรอบที่ i

8. ทำซ้ำจำนวน 1,000 รอบ
9. คำนวณร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแต่ละกรณี

4. ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเวลากิจกรรมมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีการประมาณค่าเป็นดังนี้

วิธี PT มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนกิจกรรมวิกฤตเพิ่มมากขึ้น

วิธี MP มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนกิจกรรมวิกฤตเพิ่มมากขึ้น แต่มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เท่ากันเมื่อ r = 70, 80, 90 หลังจากนั้นมีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ r = 100

วิธี NA และ วิธี NB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมที่เท่ากันในทุกจำนวนกิจกรรมวิกฤตและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อจำนวนกิจกรรมวิกฤตเพิ่มมากขึ้นและมีค่าที่เท่ากันในกรณีของ r = 60 และ r = 70 กับกรณีที่ r = 90 และ r = 100

วิธี LA มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มไม่คงที่ วิธี LB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลง เมื่อ r= 5, 10, …, 40, 50 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง r= 60, 70, 80, 90, 100

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

วิธี WB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลง เมื่อ r= 5, 10, ..., 60, 70 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง r= 80, 90, 100

วิธี GB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีมีแนวโน้มไม่คงที่

วิธี RS มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลง เมื่อ r= 5, 10, ..., 60, 70 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ r = 80 หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงเมื่อ r = 90, 100

เมื่อเปรียบเทียบทุกวิธีการประมาณ พบว่า วิธี MP มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรมน้อยที่สุดและรองลงมาเป็นวิธี PT ดังรูปที่ 1

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมของแต่ละวิธีการประมาณค่า พบว่า

วิธี PT มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อ r = 5, 10 มีค่าน้อยที่สุดเมื่อ r = 10 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงของ r = 20, 30, 40 หลังจากนั้นเมื่อ r = 50, 100 มีค่าที่ลดลงจากค่าของจำนวนกิจกรรมวิกฤตก่อนหน้าและเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงของ r = 60, 70, 80, 90

วิธี MP มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของ ค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมที่มากที่สุด เมื่อ r = 5 หลังจากนั้นมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อ r = 10, 20, ..., 80, 90

วิธี NA มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มไม่คงที่ วิธี NB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อ r = 5, 10, 20 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ r = 30 หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงจากค่าของจำนวนกิจกรรมวิกฤตก่อนหน้าเมื่อ r = 40, 50, 100 และมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าของจำนวนกิจกรรมวิกฤตก่อนหน้าเมื่อ r = 60, 70, 80, 90

วิธี LA และ LB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มไม่คงที่

วิธี WB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อ r = 5, 10, ..., 60, 70 และมีค่าลดลงเมื่อ r = 80 หลังจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น อีกครั้งจากค่าของจำนวนกิจกรรมวิกฤตก่อนหน้าเมื่อ r = 90 และมีค่าลดลงเมื่อ r = 100 ซึ่งมีกรณีที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เท่ากัน คือ r = 30, 40

วิธี GB มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อ r = 5, 10, ..., 80, 90 และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ r = 100

วิธี RS มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าความแปรปรวนของเวลากิจกรรมมีแนวโน้มลดลงเมื่อ r = 5, 10 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงของ r = 20, 30, 40 และเมื่อเปรียบเทียบทุกวิธีการประมาณ พบว่า วิธี MP เป็นวิธีที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนในการประมาณค่าน้อยที่สุดและรองลงมาเป็นวิธี GB ดังรูปที่ 2

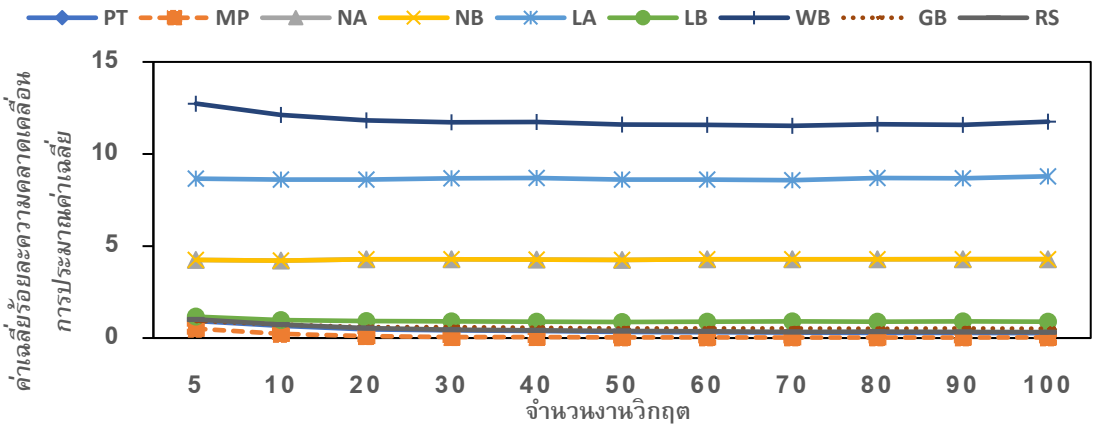
ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กับข้อมูลของโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานยานยนต์แห่งหนึ่ง [9] ระยะเวลากิจกรรมต่าง ๆ ภายในโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานยานยนต์ เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

และความแปรปรวนของเวลาในกิจกรรมตามวิธีการของ PERT สมการที่ (1) และ (2) ดังตารางที่ 3 พบว่าเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับ 27.33 วัน และความแปรปรวนเท่ากับ 5.56 วัน^2 และกิจกรรมวิกฤตของโครงการนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรม B, D, I, M, N, O และ P ดังรูปที่ 1 เมื่อทำการประมาณค่าด้วยเทคนิคการประมาณค่า 7 วิธี พบว่า ทุก ๆ วิธีการประมาณมีกิจกรรมวิกฤตของโครงการเช่นเดียวกับรูปที่ 3 และจากตารางที่ 4 พบว่า วิธี MP มีค่าเฉลี่ยร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมภายในโครงการน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรม

r	PT	MP	NA	NB	LA	LB	WB	GB	RS
5	0.924	**0.509**	4.235	4.235	8.653	1.162	12.737	0.939	1.016
10	0.668	**0.233**	4.205	4.205	8.615	0.976	12.118	0.727	0.736
20	0.474	**0.101**	4.278	4.278	8.613	0.920	11.825	0.597	0.535
30	0.425	**0.062**	4.273	4.273	8.669	0.912	11.714	0.584	0.462
40	0.383	**0.047**	4.263	4.263	8.688	0.887	11.740	0.550	0.423
50	0.333	**0.034**	4.249	4.249	8.613	0.872	11.590	0.516	0.390
60	0.316	**0.031**	4.277	4.277	8.600	0.892	11.587	0.517	0.370
70	0.294	**0.028**	4.277	4.277	8.574	0.897	11.528	0.519	0.340
80	0.286	**0.028**	4.271	4.271	8.691	0.884	11.610	0.513	0.345
90	0.279	**0.028**	4.284	4.284	8.669	0.897	11.579	0.517	0.323
100	0.264	**0.030**	4.284	4.284	8.786	0.885	11.748	0.507	0.322

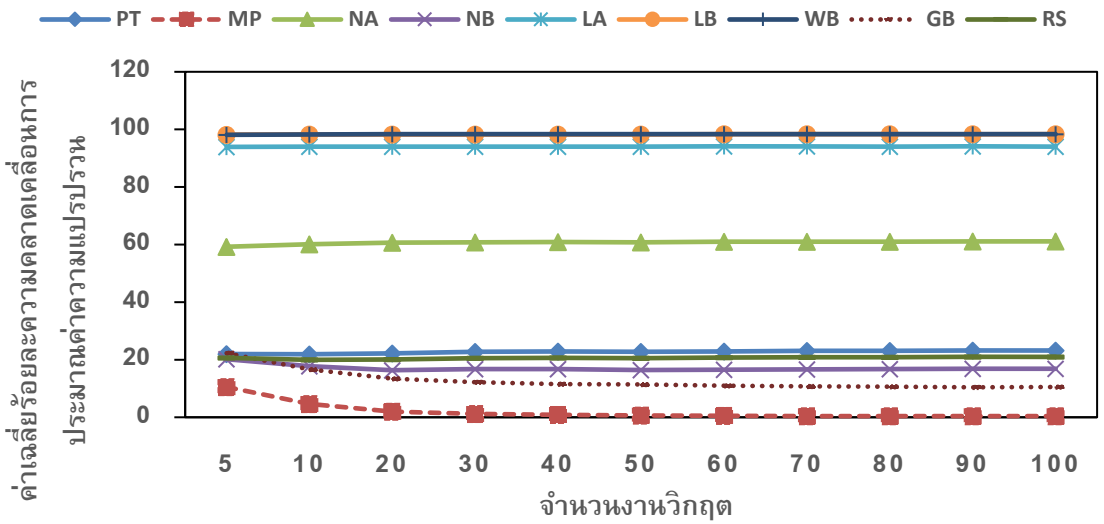


รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยเวลากิจกรรม

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนเวลากิจกรรม

r	PT	MP	NA	NB	LA	LB	WB	GB	RS
5	21.943	**10.517**	59.238	20.174	93.923	98.178	98.117	22.257	20.598
10	21.900	**4.673**	60.079	17.780	94.018	98.248	98.242	16.664	19.961
20	22.232	**1.926**	60.689	16.354	94.043	98.273	98.304	13.408	20.082
30	22.741	**1.149**	60.779	16.732	94.052	98.290	98.325	12.162	20.555
40	22.861	**0.823**	60.857	16.701	94.046	98.288	98.325	11.522	20.666
50	22.754	**0.594**	60.806	16.474	94.059	98.288	98.337	11.399	20.547
60	22.919	**0.516**	60.984	16.522	94.079	98.292	98.342	11.002	20.717
70	23.056	**0.435**	61.015	16.690	94.082	98.294	98.348	10.731	20.858
80	23.092	**0.427**	61.001	16.782	94.056	98.297	98.345	10.684	20.895
90	23.207	**0.419**	61.085	16.852	94.071	98.299	98.349	10.420	21.013
100	23.181	**0.456**	61.063	16.846	94.035	98.298	98.337	10.488	20.986



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนเวลากิจกรรม

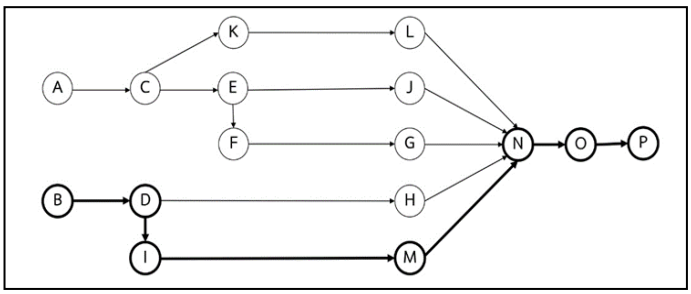
ตารางที่ 3 ข้อมูลโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

กิจกรรม	ชื่อกิจกรรม	เวลากิจกรรม (วัน)	μ	σ^2

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

		a	m	b		
A	การออกแบบสร้างทางวิศวกรรม	1	2	3	2.00	0.67
B	**การรวมกลุ่มดำเนินการของบุคลากร**	**2**	**3**	**4**	**3.00**	**0.67**
C	สร้างแผงรั้วชั่วคราวและสำนักงานก่อสร้าง	2	3	4	3.00	0.67
D	**งานการรื้อถอนและแก้ไขปรับปรุง**	**2**	**3**	**4**	**3.00**	**0.67**
E	การสร้างพื้นของสำนักงานชั้นที่สอง	3	4	5	4.00	0.67
F	การติดตั้งโครงสร้างของเหล็ก	3	4	5	4.00	0.67
G	การติดตั้ง Pank 50 mm	1	2	3	2.00	0.67
H	การติดตั้งระบบไฟฟ้าหลัก	9	10	12	10.33	1.56
I	**ก่อสร้างผนังและเพดานของห้อง**	**7**	**8**	**10**	**8.33**	**1.56**
J	การติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในห้อง	6	7	9	7.33	1.56
K	สร้างฐานของเครื่องปรับอากาศ	3	4	5	4.00	0.67
L	ติดตั้งระบบเครื่องปรับอากาศ	7	8	10	8.33	1.56
M	**ติดตั้งม่านอากาศและประตูเหล็กม้วน**	**3**	**4**	**5**	**4.00**	**0.67**
N	**ทดสอบทั้งระบบ**	**4**	**5**	**6**	**5.00**	**0.67**
O	**ตรวจสอบความปลอดภัย**	**1**	**2**	**3**	**2.00**	**0.67**
P	**จัดส่งแบบแปลนที่ก่อสร้างจริง**	**1**	**2**	**3**	**2.00**	**0.67**
	ผลรวมของกิจกรรมวิกฤต				27.33	5.56

หมายเหตุ อักษรหนาแทนกิจกรรมวิกฤตภายในโครงการ



รูปที่ 3 ข่ายงานและเส้นทางวิกฤตของโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของโครงการก่อสร้างห้องสะอาดของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

วิธีการประมาณ	PT	MP	NA	NB	LA	LB	WB	GB	RS
ค่าเฉลี่ย	0.61	**0.30***	1.22	1.22	0.50	0.48	2.27	0.66	0.54
ความแปรปรวน	83.48	**65.45***	89.14	85.06	88.54	67.84	89.01	80.44	83.01

หมายเหตุ อักษรหนาแทนค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

5. บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมในโครงการ โดยใช้ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ เมื่อกำหนดจำนวนกิจกรรมวิกฤตเท่ากับ 5, 10, 20, ..., 80, 90 และ 100 กิจกรรม ทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลทำซ้ำจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้ วิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทุกวิธีการประมาณค่า และมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนกิจกรรมวิกฤต (r) เพิ่มขึ้นในช่วง 5 ถึง 50 กิจกรรม แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนกิจกรรมวิกฤต (r) อยู่ในช่วงมากกว่า 50 กิจกรรมขึ้นไป วิธีการประมาณแบบปรกติ (a, m) และ (b, m) มีค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่เท่ากันในทุกกรณีเนื่องจากมีสูตรในการประมาณค่าที่เหมือนกัน วิธีการประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล (a, m) จะมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่คงที่ การเพิ่มขึ้นของจำนวนกิจกรรมวิกฤต (r) ไม่ส่งผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของโครงการ เช่นเดียวกับ วิธีการประมาณการแจกแจงล็อกนอร์มัล (b, m) วิธีประมาณของ Ginzburg วิธีประมาณของ Shankar และ Sireesha จะมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่คงที่

โดยการใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า วิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงเป็นวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลากิจกรรมภายในโครงการได้ดีที่สุดสำหรับการทดลองในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษาและรวมถึงข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Paulo [14] ที่นำเสนอไว้ว่าวิธีการประมาณ PERT แบบปรับปรุงเป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้ในการประมาณค่าของโครงการมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการประมาณที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยสุด

จากการศึกษาครั้งนี้ควรมีการการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมาณค่าที่ได้จากการแจกแจงอื่น ๆ เช่น การแจกแจงแกมมา การแจกแจงเออแลง เนื่องจากเป็นการแจกแจงที่ลักษณะเบ้ขวาซึ่งอาจจะทำให้มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าเวลากิจกรรมในข้อมูลที่มีลักษณะเบ้ขวาได้ดี เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการศึกษาในข้อมูลที่มีลักษณะเบ้ซ้าย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Vanichbuncha, Quantitative analysis, 1st Ed., Faculty of commerce and accountancy, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2010. (in Thai)

[2] P. Lalitaporn, Critical path national geographic national method and PERT program evaluation and review technique, 5th Ed., Technology Promotion Association (Thailand-Japan), Bangkok, Thailand, 1998. (in Thai)

[3] I.M. Premachandra, An approximation of the activity duration distribution in PERT, Computers and Operations Research, 2001, 28(5), 443-452.

[4] N.R. Shankar and V. Sireesha, An approximation for the activity duration distribution supporting original PERT, Applied Mathematical Sciences, 2009, 3(57), 2823-2834.

[5] E.L. McCombs, M.E. Elam and D.B. Pratt Estimating task duration in PERT using the weibull probability distribution, Journal of Modern Applied Statistical Methods, 2009, 8(1), 282-288.

[6] J. Fente, C. Schexnayder and K. Knutson, Defining a probability distribution function for construction simulation, Journal of Construction Engineering and Management, 2000, 126(3), 234-241.

[7] V. Sireesha and N.R. Shankar, Analysis of time estimates on right skewed distribution of activity times in PERT, Journal of Statistics and Mathematics, 2011, 2(1), 15-22.

[8] S. Mohan, M. Gopalakrishnan, H. Balasubramanian and A. Chandrashekar, A lognormal approximation of activity duration in PERT using two time estimates, Journal of the Operational Research Society, 2007, 58(6), 827-831.

[9] B. Nadondu and N. Sriputtha, Study on cleanroom construction project by applying the techniques of program evaluation and review (PERT)/critical path method (CPM): A case study of automotive assembly plant, The 5th Rajamangala Manufacturing and Management Technology Conference 2020 (RMTC 2020), Proceeding, 2020, 227-233 (in Thai)

[10] D.G. Malcolm, J.H. Roseboom, C.E. Clark and W. Fazar, Application of a technique for research and development program evaluation, Operations Research, 1959, 7(5), 646-669.

[11] D. Vose, Risk analysis - A quantitative guide, 2nd Ed., John Wiley and Sons, Chichester, US, 2000.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2022.12.005

[12] W.D. Cottrell, Simplified program evaluation and review technique (PERT), Journal of Construction Engineering and Management, 1999, 15(1), 16-22.

[13] D.G. Ginzburg, On the distribution of activity time in PERT, Journal of the Operational Research Society, 1988, 39(8), 767–771.

[14] P. Buchsbaum, Modified pert simulation, http://greatsolutions.com.br/images/betaeng.pdf (Accessed on 16 December 2022)