



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

ผลกระทบของขนาดการผลิตในงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน

Effect of batch size in repetitive construction

ชยาภรณ์ ขุนชำนาญ และ สุเนรัตน์ กุศลาลัย*

Chayaporn Khunchumnan and Suneerat Kusalsai*

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900.

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 10900

Received October 2012

Accepted April 2013

บทคัดย่อ

จากการค้นคว้างานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำกันพบว่างานวิจัยเหล่านั้นมักกำหนดสมมติฐานให้ทุกกิจกรรมมีหน่วยก่อสร้างที่เหมือนกันแต่ในการทำงานจริงพบว่าแต่ละกิจกรรมอาจมีหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น งานก่อสร้างทาวเฮ้าส์หนึ่งแปลงประกอบด้วยบ้านหลายหลังที่มีโครงสร้างบางอย่างร่วมกันงานตอกเสาเข็มและงานโครงหลังคา มักถูกกำหนดให้ดำเนินการในคราวเดียวกันทั้งแปลงเนื่องจากเป็นอาคารติดกัน แต่งานทาสีและงานติดตั้งสุขภัณฑ์จะดำเนินงานทีละ 1 หลัง ดังนั้นผลที่ได้จากการวางแผนงานแบบเดิมจึงอาจไม่สอดคล้องกับการดำเนินงานจริง บทความนี้จะกล่าวถึงสถานการณ์งานก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของขนาดการผลิตที่มีต่อระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (Batch throughput time) ระยะเวลาโครงการ (Project duration) และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (Batch in production, BIP) เมื่อทุกกิจกรรมมีอัตราการผลิตเท่ากันและมีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบ Finish to start โดยอาศัยโครงข่ายสมมติซึ่งจะเปรียบเทียบ 2 กรณีคือ กรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากันและกรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า กรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน ขนาดการผลิตที่เล็กกว่ามีผลทำให้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน ระยะเวลาโครงการและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานลดลง เนื่องจากกระบวนการผลิตสามารถทำงานได้ถี่ขึ้น แต่กิจกรรมสามารถเริ่มต้นทำงานได้เร็วขึ้นและมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานเฉพาะปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตเท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ การลดขนาดการผลิตของบางกิจกรรมทำให้แต่ละกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากันซึ่งในกรณีนี้พบว่า ดัชนีชี้วัดทั้ง 3 ตัวขึ้นอยู่กับขนาดการผลิตและตำแหน่งของกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตลดลง โดยกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตลดลงจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ติดกันจึงจะมีผลทำให้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานและระยะเวลาโครงการสั้นลง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานในกรณีนี้เกิดทั้งปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่

*Corresponding author.-

Email address: fengsnw@ku.ac.th

ต่อเนื่องกัน ซึ่งปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันเกิดขึ้นเมื่อสองกิจกรรมที่ต่อเนื่องกันมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน นอกจากนี้งานวิจัยได้นำเสนอความสัมพันธ์ซึ่งผู้ประกอบการสามารถนำไปพยากรณ์หาทั้ง 3 ตัวชี้วัด และสามารถนำแนวความคิดไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกระบวนการทำงานเพื่อลดความสูญเสียเปล่าที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน

คำสำคัญ : ขนาดการผลิต งานก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำกัน อัตราการทำงาน ระยะเวลาโครงการ ความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทำงาน

Abstract

Most research related to repetitive construction assumes that all activities have an identical construction unit. But in reality, different activities may have different construction units, such as the construction of a block of townhouses consisting of several units sharing certain structures. The operations of pile driving and roof frame of all houses in a block are performed all together in one time whereas certain activities, i.e. painting and installing sanitary wares, are performed one house at a time. Therefore, construction plans derived from the traditional planning method may not be consistent with the actual operations. This article discussed the construction scenarios when different activities had different batch sizes. It emphasized the impacts of batch size of construction activity on batch throughput time, project duration, and batch in production, when all activities had same production rate and the relationships between activities were Finish-to-Start (FTS). Given an example network, two cases were compared, activities with an equal batch size and those with different batch sizes. The result showed that, in case of equal batch size, processes with smaller batch sizes had shorter batch throughput time, project duration, and batch in production. This is because, with smaller batch sizes, the cycle time of each operation reduced and activities could start their work earlier. In addition, batch in production (Or work in process) was found only processed time with no product waiting between processes. Reducing batch sizes of certain activities led to a process with different batch sizes. It was found that, in this case, batch throughput time, project duration, and batch in production were dependent on not only the batch size but also the position of activities of which batch sizes were reduced. That is, only the case where reducing the batch sizes of at least two consecutive activities would have beneficial result. Moreover, batch in production (Or work in process) was products in process and product waiting between processes, the later occurred when two consecutive activities had different batch sizes. Lastly, this paper proposed a method for estimating batch throughput time, project duration and batch in production, and this can be part of process design in reducing waste within construction operations.

Keywords : Batch size, Repetitive construction, Production rate, Project duration, Batch in production

1. บทนำ

โครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำกันจะแบ่งงานออกเป็นหน่วยก่อสร้างย่อยที่มีขั้นตอนการทำงานเหมือนกันหรือคล้ายกันและใช้ทรัพยากรในการทำงานเหมือนกันตั้งแต่หน่วยแรกจนถึงหน่วยสุดท้าย เช่น การก่อสร้างบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม งานถนน งานวางท่อ เป็นต้น โครงการในลักษณะนี้สามารถนำแนวความคิดของลีนมาประยุกต์ใช้เพื่อให้มีการทำงานที่ไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous flow) เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นโดยไม่หยุดชะงัก [1] ซึ่งการหยุดชะงักของคองงานและเครื่องจักรที่ทำให้เกิดการรอคอยรวมถึงการสะสมของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรม (Work in process) เกิดจากความไม่สมดุลของอัตราการการทำงานในช่วงวางแผนงานและความไม่แน่นอนของอัตราการการทำงานระหว่างการก่อสร้าง[2] ตามทฤษฎีของลีน อัตราการทำงานถูกกำหนดจากแทกต์ไทม์ (Takt time) ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานเพื่อตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแทกต์ไทม์สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของรอบเวลาที่ใช้ผลิตชิ้นงานและความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าซึ่งเป็นส่วนกลับของอัตราการการทำงาน [3] หากต้องการให้กระบวนการผลิตทำงานอย่างต่อเนื่องทุกกิจกรรมควรมีอัตราการผลิตเท่ากัน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า โครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำกันกรณีหน่วยก่อสร้างแบ่งได้อย่างชัดเจน (Discrete unit) เช่น งานก่อสร้างบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียมและอาคารสูง มักกำหนดให้แต่ละกิจกรรมดำเนินงานที่ละหน่วยก่อสร้างเช่น งานก่อสร้างบ้านจัดสรรอาจมีหน่วยการทำงานเป็นหลัง งานก่อสร้างคอนโดมีหน่วยการทำงานเป็นชั้น (2) แต่ในงานก่อสร้าง

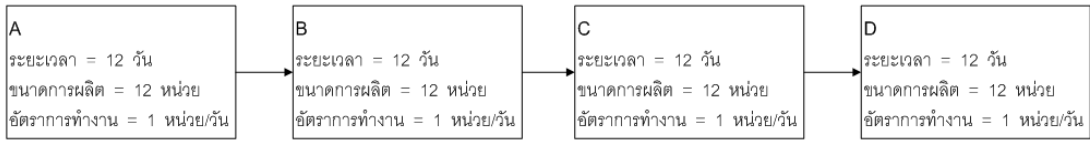
จริงพบว่ากิจกรรมก่อสร้างบางกิจกรรมมีขนาดการผลิต (Batch size) ที่แตกต่างกันตัวอย่างเช่น งานก่อสร้างทาวเฮ้าส์หนึ่งแปลงประกอบด้วยบ้านหลายหลังที่มีโครงสร้างบางอย่างร่วมกัน การดำเนินงานตอกเสาเข็ม งานเทพื้นงานประปา รวมทั้งงานโครงหลังคา มักดำเนินงานทั้งแปลงเนื่องจากเป็นอาคารที่ติดกัน ส่วนงานทาสี งานติดฝ้าจะดำเนินงานทีละ 1 หลัง ซึ่งการนำวิธีการบริหารจัดการตามสมมติฐานแบบเดิมมาประยุกต์ใช้กับโครงการที่มีการดำเนินงานลักษณะนี้ อาจทำให้ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับการดำเนินงานจริง

บทความนี้นำเสนอผลกระทบของขนาดการผลิตของกิจกรรมก่อสร้างที่มีต่อระยะเวลาโครงการ (Project duration) ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (Batch throughput time) และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (Batch in production, BIP) ในกรณีที่กิจกรรมมีอัตราการผลิตเท่ากันและมีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบ Finish to start

2. วิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของขนาดการผลิต

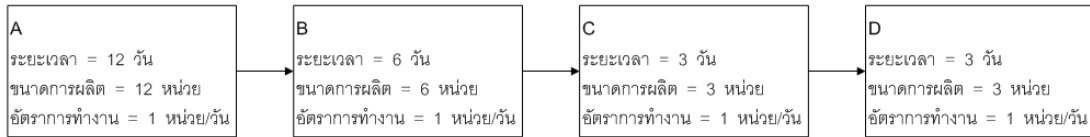
ในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของขนาดการผลิตงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์โดยอาศัยโครงข่ายสมมติที่ประกอบด้วย 24 หน่วยก่อสร้าง แต่แต่ละหน่วยก่อสร้างมีกิจกรรมทำงานจำนวน 4 กิจกรรม คือ A, B, C และ D ที่ต่อเนื่องกัน แต่ละกิจกรรมใช้ทรัพยากรในการทำงานเหมือนกันตั้งแต่หน่วยแรกไปยังหน่วยสุดท้ายได้จัดกลุ่มโครงข่ายสมมติที่มีรูปแบบการดำเนินงานซ้ำกันออกเป็น 2 กรณีคือ

- กรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากันแสดงตัวอย่างดังเช่น



รูปที่ 1 ตัวอย่างโครงข่ายสมมติกรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน

- กรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากันตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงข่ายสมมติกรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน

การวิเคราะห์ผลกระทบของแผนการทำงานในบทความนี้จะวิเคราะห์โดยใช้ตัวชี้วัดทั้งหมด 3 ตัวชี้วัดคือ

- ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (Batch throughput time, BT) เป็นระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละรอบการผลิตตั้งแต่กิจกรรมแรกจนเสร็จสิ้นกิจกรรมสุดท้าย หากมีระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานที่สั้น ผู้ผลิตสามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่แล้วเสร็จให้แก่ลูกค้าได้เร็วสามารถสร้างโอกาสทำกำไรได้สูงขึ้น

- ระยะเวลาโครงการ (Project duration, D) คือระยะเวลานับตั้งแต่กิจกรรมแรกของหน่วยก่อสร้างที่หนึ่งเริ่มต้นทำงานจนทุกกิจกรรมในทุกหน่วยก่อสร้างแล้วเสร็จ

- ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (Batch in production, BIP) เป็นผลคูณระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์ของการผลิตหนึ่งๆ และระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในกระบวนการผลิตนับตั้งแต่เริ่มกิจกรรมแรกจนถึงกิจกรรมสุดท้าย ซึ่งปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานนี้ประกอบด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิต (BIP in process) และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน (BIP waiting between processes) ซึ่งทั้งสองนับเป็นความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการทำงานมีความหมายคล้ายกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการผลิต (Work in process) ในกระบวนการผลิตทั่วไป

3. กรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน

ในกรณีที่กระบวนการผลิตประกอบด้วยกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตเท่ากัน เมื่ออัตราการทำงานของทุกกิจกรรมเท่ากัน ตัวอย่างของเส้นการทำงานของกิจกรรมแสดงดังรูปที่ 3 จากรูปเป็นกรณีที่ทุกกิจกรรมมีอัตราการทำงานเท่ากับ 2 หน่วยต่อวัน โดยรูปที่ 3(a) แสดงกรณีที่มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วยและรูปที่ 3(b) มีขนาดการผลิตเท่ากับ 6 หน่วย จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการทำงานเท่ากัน กราฟเส้นที่แสดงแผนการทำงานของแต่ละกิจกรรมขนานกัน โดยเส้นการทำงานของกิจกรรมจะแสดงปริมาณงานที่แล้วเสร็จ ณ เวลาใดๆ ตัวอย่างเช่นแผนการทำงานในรูปที่ 3(a) ทุกกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย ดังนั้นทุกกิจกรรมใช้เวลาในการทำงานในแต่ละรอบเท่ากับ 6 วัน เมื่อกิจกรรม A เริ่มต้นทำงานและใช้เวลาในการทำงาน 6 วันจึงเสร็จสิ้นรอบการทำงานที่ 1 ในวันที่ 6 กิจกรรม B สามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันทีหลังจากกิจกรรม A รอบการทำงานที่ 1 ทำงานแล้วเสร็จและใช้เวลาในการทำงาน 6 วัน

เช่นเดียวกัน เมื่อกิจกรรม B รอบการทำงานที่ 1 ทำงานเสร็จในวันที่ 12 กิจกรรม C สามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันที ในขณะที่เดียวกันเมื่อกิจกรรม A รอบการทำงานที่ 1 ทำงานเสร็จสิ้นรอบการทำงานถัดไปสามารถเริ่มทำงานได้อย่างต่อเนื่องทันทีโดยเป็นไปในลักษณะนี้ทุกกิจกรรมจนเสร็จสิ้นโครงการ

3.1 ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (BT)

จากรูปที่ 3 เมื่อกำหนดให้อัตราการทำงานและขนาดการผลิตเท่ากันทุกกิจกรรม ระยะเวลาการผลิตของทุกรอบการทำงานจะมีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณารอบการทำงานที่ 1 ในรูปที่ 3(a) จะมีระยะเวลานับตั้งแต่กิจกรรมแรกเริ่มต้นทำงานจนเสร็จสิ้นกิจกรรมสุดท้ายเท่ากับ 24 วัน ผู้วางแผนสามารถคำนวณหาระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานได้จากผลบวกของระยะเวลาการทำงานทุกกิจกรรมตั้งแต่กิจกรรมแรกจนถึงกิจกรรมสุดท้ายสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณได้ดังนี้

$$BT = \sum \frac{N_{batch\ size}}{PR} \tag{1}$$

เมื่อ BT = ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (วัน)

$N_{batch\ size}$ = ขนาดการผลิต (หน่วย)

PR = อัตราการทำงาน (หน่วย/วัน)

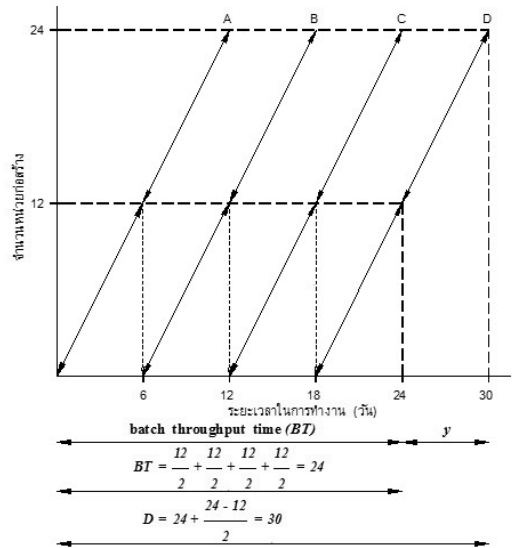
รูปที่ 3(a) เมื่อกำหนดให้ทุกกิจกรรมมีอัตราการทำงานเท่ากับ 2 หน่วย/วัน มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย ดังนั้นแต่ละกิจกรรมจะใช้เวลา 6 วันสำหรับ 1 รอบการทำงาน ($\frac{N_{batch\ size}}{PR} = 6$ วัน) แทนค่าในสมการ (1) จะ

ได้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานเท่ากับ

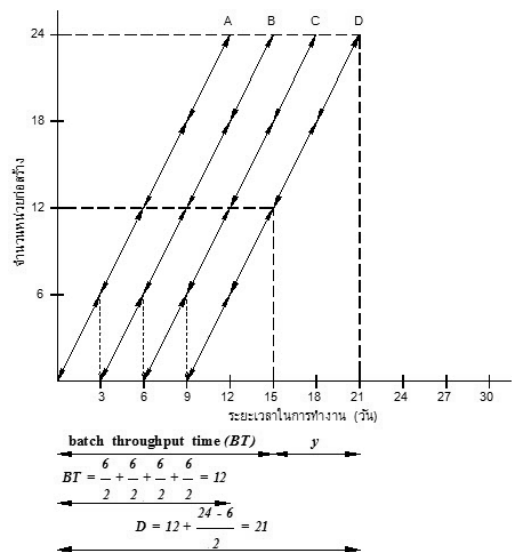
$$\frac{12}{2} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2} = 24 \text{ วัน}$$

หากลดขนาดการผลิตต่อรอบจาก 12 หน่วยเหลือ 6 หน่วยดังรูปที่ 3(b) จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการผลิตทุก 12 หน่วยก่อสร้างลดลงจาก 24 วันเป็น 15 วัน เนื่องจากเมื่อลดขนาดการผลิตลง

แต่ละกิจกรรมใช้เวลาทำงานในแต่ละรอบการทำงานลดลง ($\frac{N_{batch\ size}}{PR} = 3$ วัน) และทำให้กิจกรรมที่ตามมาเริ่มต้นทำงานได้เร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อลดขนาดการผลิตทำให้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานสั้นลง



(a)



(b)

รูปที่ 3 แผนการดำเนินงาน (a) ขนาดการผลิต 12 หน่วย (b) ขนาดการผลิต 6 หน่วย

3.2 ระยะเวลาโครงการ (D)

ระยะเวลาโครงการ คือระยะเวลาตั้งแต่วันแรกที่เริ่มต้นทำงานจนเสร็จสิ้นโครงการ ซึ่งเมื่อสังเกตจากรูปที่ 3 ระยะเวลาโครงการสามารถคำนวณได้จากระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานที่ 1 (BT) รวมกับระยะเวลาที่กิจกรรมสุดท้ายใช้ทำงานในรอบการทำงานถัดไปจนเสร็จสิ้นโครงการ (y) ดังนั้นระยะเวลาโครงการสามารถเขียนเป็นสูตรการคำนวณได้ดังนี้

$$D = BT + y$$

$$= \sum \frac{N_{batch\ size}}{PR} + \frac{(N - N_{batch\ size})}{PR} \quad (2)$$

- เมื่อ D = ระยะเวลาโครงการ (วัน)
- $N_{batch\ size}$ = ขนาดการผลิต (หน่วย)
- N = จำนวนหน่วยก่อสร้างทั้งหมด (หน่วย)
- PR = อัตราการทำงาน (หน่วย/วัน)

เมื่อนำข้อมูลจากรูปที่ 3(a) ที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งมีจำนวนหน่วยก่อสร้างทั้งหมด 24 หน่วย แทนค่าในสมการ (2) จะได้ระยะเวลาโครงการเท่ากับ $\left(\frac{12}{2} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2}\right) + \frac{(24-12)}{2} = 30$ วัน หากลดขนาดการผลิตจาก 12 หน่วยเหลือ 6 หน่วยในแต่ละรอบการทำงานทำให้มีระยะเวลาโครงการลดลงจาก 30 วัน เหลือ 21 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากแต่ละกิจกรรมใช้เวลาทำงานในแต่ละรอบการทำงานลดลงทำให้กิจกรรมที่ตามมาเริ่มต้นทำงานได้เร็วขึ้น ดังนั้นการลดขนาดการ

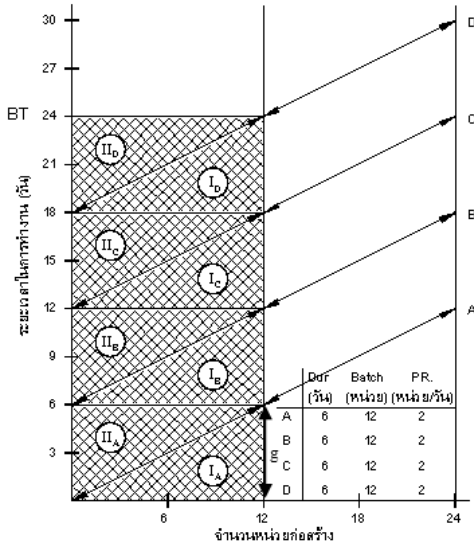
ผลิตทำให้ระยะเวลาโครงการสั้นลงเช่นเดียวกับระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน

3.3 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (BIP)

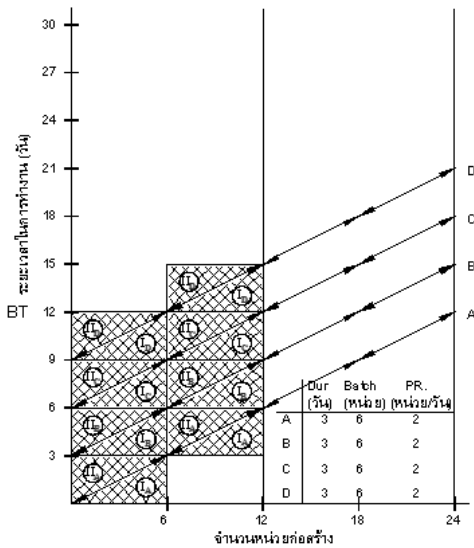
ในการพิจารณาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานสามารถพิจารณาจากสถานภาพของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างกระบวนการผลิตของรอบการทำงานในรูปที่ 4 จากรูปแสดงกระบวนการผลิตที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ A และ B เมื่อกำหนดให้ขนาดการผลิตมีค่าเท่ากับ 12 หน่วย ขณะที่กิจกรรม A ผลิตหน่วยที่ 9 ผลิตภัณฑ์หน่วยที่ 10-12 รอคอยในกระบะก่อนดำเนินการผลิตซึ่งจะเรียกปริมาณในช่วงนี้ว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยเพื่อดำเนินการผลิตดังกล่าว (I_A) เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการดำเนินการงานในกิจกรรม A จะถูกนำไปวางในกระบะเพื่อรอคอยจนผลิตครบ 12 ชิ้น ปริมาณที่รอคอยเพื่อให้กิจกรรม A ผลิตครบ 12 ชิ้น เรียกว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยเพื่อให้ครบขนาดการผลิตดังกล่าว (II_A) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ครบ 12 ชิ้นกระบะจะถูกส่งไปยังกิจกรรม B หากกิจกรรม B อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการผลิตก่อนหน้า กระบะดังกล่าวจะถูกนำไปพักไว้ในที่จัดเก็บเพื่อรอกิจกรรม B ดังตำแหน่ง (III_{AB}) ซึ่งจะเรียกปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยในช่วงนี้ว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน



รูปที่ 4 ตัวอย่างปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน



(a)



(b)

รูปที่ 5 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิต (a) ขนาดการผลิต 12 หน่วย (b) ขนาดการผลิต 6 หน่วย

รูปที่ 5 แสดงแผนการทำงานที่เกิดจากการสลับแกน X และ Y โดยแกน X เป็นจำนวนหน่วยก่อสร้าง ส่วนแกน Y เป็นระยะเวลาในการทำงาน (วัน) จากภาพ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยเพื่อดำเนินการผลิตในขั้นตอน A ของรอบการทำงานที่ 1 มีค่าเท่ากับพื้นที่สามเหลี่ยม I_A

จะเห็นได้ว่าหน่วยสุดท้ายมีระยะเวลารอคอยก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตเท่ากับระยะ g ในขณะเดียวกันเมื่อผลิตหน่วยที่ 1 เสร็จผลิตภัณฑ์จะต้องรอคอยเพื่อให้ขั้นตอน A ผลิตครบ 12 หน่วย ซึ่งปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยเพื่อให้ครบขนาดการผลิตแสดงในพื้นที่ II_A จะเห็นได้ว่าหน่วยที่ 1 ใช้ระยะเวลารอคอยขั้นตอน A ผลิตครบ 12 หน่วย เท่ากับระยะ g เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะเวลาที่กิจกรรม A ใช้ในการผลิตสำหรับ 1 รอบการทำงาน ($\frac{N_{batch\ size}}{PR} = 6$ วัน) ดังนั้นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตมีค่าเท่ากับพื้นที่ I_A รวมกับพื้นที่ II_A

จากรูปที่ 5 เมื่อกิจกรรม A ทำงานเสร็จสิ้นกิจกรรม B สามารถเริ่มทำงานได้ทันทีในกรณีนี้จึงไม่เกิดความสูญเสียเนื่องมาจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันแต่มีเพียงปริมาณผลิตภัณฑ์อยู่ในขั้นตอนการผลิต ซึ่งสามารถเขียนสูตรการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$BIP\ In\ Process = BT \times N_{batch\ size} \quad \text{หรือ}$$

$$= \sum_{j=1}^n \frac{N_{batch\ size}^2}{PR} \quad (3)$$

เมื่อ $BIP\ In\ Process$ = ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิต (หน่วย-วัน)

- $N_{batch\ size}$ = ขนาดการผลิต (หน่วย)
- PR = อัตราการทำงาน (หน่วย/วัน)
- j = กิจกรรมใดๆ
- n = จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

หากพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตที่มีการลดขนาดการผลิตจาก 12 หน่วย เหลือ 6 หน่วยปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของ 12 หน่วยมีค่าลดลงจาก $24 \times 12 = 288$ หน่วย-วันเหลือ $2 \times 12 \times 6 = 144$ หน่วย-วัน

4. กรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน

กรณีนี้ที่กระบวนการผลิตประกอบด้วยกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตไม่เท่ากันแต่มีอัตราการทำงานเท่ากัน เส้นการทำงานของกิจกรรมจะยังคงขนานกันแต่ระยะห่างระหว่างเส้นไม่เท่ากันดังแสดงในรูปที่ 6 รูปนี้แสดงตัวอย่างโครงการที่คล้ายกับตัวอย่างในกรณีก่อนหน้า (อัตราการทำงานเท่ากับ 2 หน่วย/วัน) ต่างกันที่แต่ละกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน รูปที่ 6(a) กิจกรรม A, B, C และ D มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12, 6, 6 และ 12 หน่วยตามลำดับ ส่วนรูปที่ 6(b) กิจกรรม A, B, C และ D มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12, 6, 12 และ 6 หน่วยตามลำดับ จากรูปที่ 6(a) พบว่าเมื่อกิจกรรม A (ขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย) ใช้เวลา 6 วันในการดำเนินการผลิตรอบที่ 1 กิจกรรม B ซึ่งมีขนาดการผลิตที่เล็กกว่าสามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันที และใช้เวลา 3 วันในการผลิตรอบที่ 1 (เสร็จวันที่ 9) กิจกรรม C ซึ่งมีขนาดการผลิตที่เท่ากับกิจกรรม B (ขนาดการผลิตเท่ากับ 6 หน่วย) สามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันที ส่วนกิจกรรม D ซึ่งมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย ไม่สามารถเริ่มต้นทำงานได้ทันทีที่กิจกรรม C เสร็จสิ้นการผลิตรอบที่ 1 เนื่องจากมีปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอที่จะเริ่มต้นการผลิตได้ จำเป็นต้องรอให้กิจกรรม C ดำเนินการผลิต 2 รอบการทำงาน ในขณะที่รูปที่ 6(b) เป็นการสลับขนาดการผลิตระหว่างกิจกรรม C และกิจกรรม D ทำให้กิจกรรม C (ขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย) จะเริ่มต้นทำงานได้เมื่อกิจกรรม B (ขนาดการผลิตเท่ากับ 6 หน่วย) ดำเนินการผลิตรอบที่ 2 เสร็จสิ้น กำหนดเวลาการเริ่มต้นของกิจกรรม C และ D ซ้ำกว่ารูปที่ 6(a) และมีระยะห่างของกำหนดเวลาการเริ่มต้นของกิจกรรม B และ C มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมใดๆ จะเริ่มต้นทำงานได้ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าทำงานเสร็จสิ้นและมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่แล้วเสร็จอย่างน้อยเท่ากับขนาดการผลิตของกิจกรรมนั้น ๆ

4.1 ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (BT)

จากรูปที่ 6 กำหนดเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมใดๆ ขึ้นอยู่กับขนาดการผลิตของกิจกรรมนั้นและกิจกรรมก่อนหน้าหรือกิจกรรมใดๆ จะเริ่มต้นทำงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าทำงานเสร็จสิ้นและมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่แล้วเสร็จอย่างน้อยเท่ากับขนาดการผลิตของกิจกรรมนั้นๆ จากรูปจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการผลิตของทุกรอบการทำงานมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถหาได้จากระยะเวลานับจากวันเริ่มต้นโครงการจนถึงกำหนดเวลาที่กิจกรรมสุดท้ายเริ่มต้นทำงาน (x) บวกด้วยระยะเวลาที่กิจกรรมสุดท้ายใช้ในการดำเนินงานสำหรับ 1 รอบ (w) โดยระยะ x สามารถวิเคราะห์ได้จากการเปรียบเทียบขนาดการผลิตที่มีค่ามากที่สุดระหว่างกิจกรรมที่พิจารณาและกิจกรรมก่อนหน้า ดังนั้นสูตรการคำนวณหาระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานสามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$BT = x + w = \sum_{j} \frac{\max(N_{batch\ size_i}, N_{batch\ size_j})}{PR} + \frac{\max(N_{batch\ size})}{PR} \quad (4)$$

- เมื่อ $N_{batch\ size_i}$ = ขนาดการผลิตของกิจกรรมก่อนหน้า (หน่วย)
- $N_{batch\ size_j}$ = ขนาดการผลิตของกิจกรรมที่พิจารณา (หน่วย)
- $N_{batch\ size}$ = ขนาดการผลิตของกิจกรรมใดๆ (หน่วย)
- j = กิจกรรมที่พิจารณา

จากข้อมูลโครงการในรูปที่ 6(a) ทุกกิจกรรมมีอัตราการทำงานเท่ากับ 2 หน่วย/วัน ขนาดการผลิตของกิจกรรม A, B, C และ D เท่ากับ 12, 6, 6 และ 12 หน่วยตามลำดับ แทนค่าในสมการ (4) จะได้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานเท่ากับ

$$\left(\frac{\max(12,6)}{2} + \frac{\max(6,6)}{2} + \frac{\max(6,12)}{2} \right) + \frac{12}{2} = 21$$

วัน ซึ่งมีระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานที่น้อยกว่ากรณีที่ทุกกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย (ตามรูปที่ 3(a)) เนื่องจากกิจกรรม B และ C ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ติดกันขนาดการผลิตเล็กลง หากจะพิจารณาตำแหน่งของกิจกรรมที่มีการลดขนาดการผลิตซึ่งรูปที่

6(a) มีการลดขนาดการผลิตในสองกิจกรรมที่ต่อเนื่องกัน ส่วนรูปที่ 6(b) เป็นการลดขนาดการผลิตในสองกิจกรรมที่ไม่ต่อเนื่องกัน ทำให้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานในรูปที่ 6(a) มีค่าเท่ากับ 21 วัน ในขณะที่ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานในรูปที่ 6(b) มีค่าเท่ากับ 24 วัน ซึ่งเท่ากับระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานเท่ากับกรณีที่ทุกกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย (รูปที่ 3(a)) ดังนั้นการลดขนาดการผลิตในบางกิจกรรมที่ไม่ต่อเนื่องกัน ไม่ทำให้ระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงานสั้นลง

4.2 ระยะเวลาโครงการ (D)

ระยะเวลาโครงการของกระบวนการผลิตที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากันนั้นไม่มีวิธีการวิเคราะห์คล้ายกับกรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน คือ ระยะเวลาโครงการเกิดจากระยะเวลาการผลิตของรอบการทำงาน (BT) รวมกับระยะเวลาที่กิจกรรมสุดท้ายใช้ทำงานในรอบการทำงานถัดไปจนเสร็จสิ้นโครงการ (y) โดยระยะ BT สามารถคำนวณได้จากสมการ (4) ส่วนระยะ y สามารถคำนวณเหมือนกรณีกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน ดังนั้นสูตรการคำนวณของระยะเวลาโครงการแสดงได้ดังนี้

$$D = BT + y$$

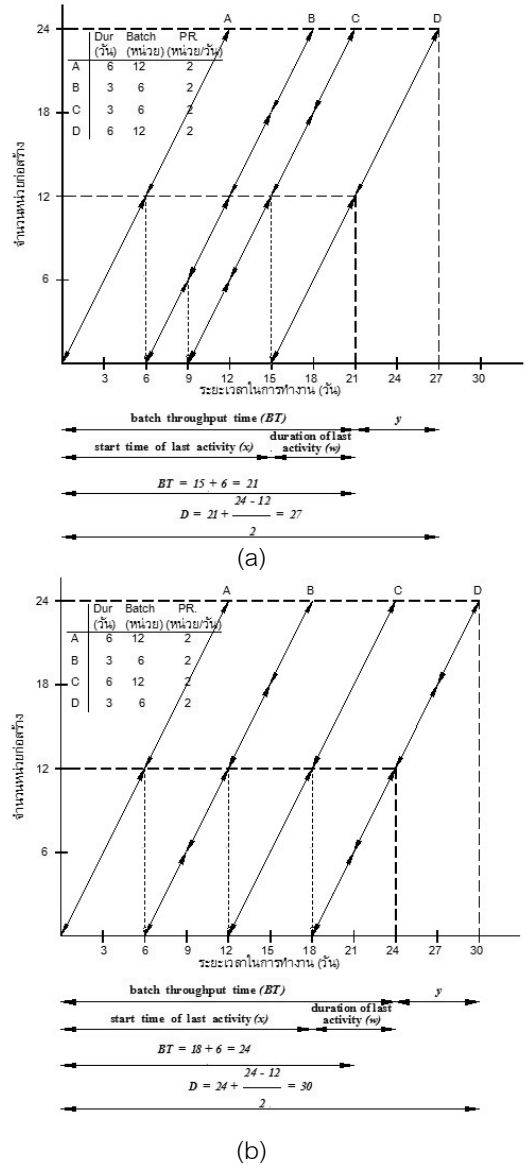
$$= \sum \frac{\max(N_{batch\ size_i}, N_{batch\ size_j})}{PR} + \frac{\max(N_{batch\ size})}{PR} + \frac{(N - \max(N_{batch\ size}))}{PR} \quad (5)$$

เมื่อนำข้อมูลโครงการในรูปที่ 6(a) มีจำนวนหน่วยก่อสร้างทั้งหมด 24 หน่วยแทนค่าในสมการ (5) จะได้ระยะเวลาโครงการเท่ากับ

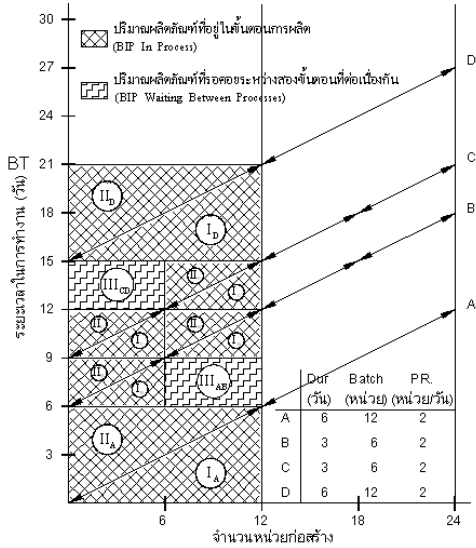
$$\left(\frac{\max(12,6)}{2} + \frac{\max(6,6)}{2} + \frac{\max(6,12)}{2} \right) + \frac{12}{2} + \frac{(24-12)}{2} =$$

27 วัน ซึ่งมีระยะเวลาโครงการน้อยกว่ากรณีที่ทุกกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย รูปที่ 6(a) และรูปที่ 6(b) แสดงการลดขนาดการผลิตในตำแหน่งที่แตกต่างกัน การลดขนาดการผลิตในกิจกรรม B และ D ซึ่งเป็นกิจกรรม

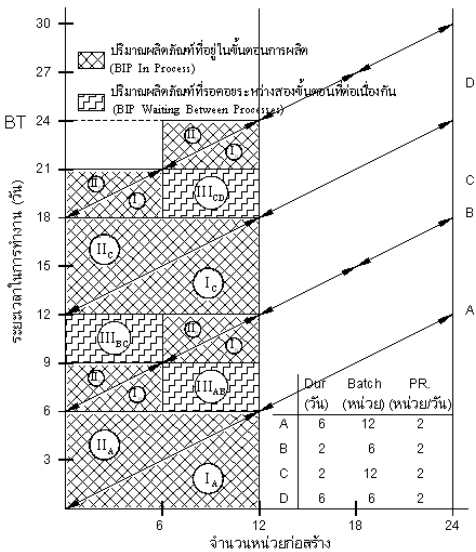
ที่ไม่ต่อเนื่องกันในรูปที่ 6(b) นั้นไม่ได้ทำให้ระยะเวลาโครงการลดลง



รูปที่ 6 แผนการดำเนินงานเมื่อแต่ละกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน (a) ขนาดการผลิตของกิจกรรม A, B, C และ D เท่ากับ 12, 6, 6 และ 12 หน่วยตามลำดับ (b) ขนาดการผลิตของกิจกรรม A, B, C และ D เท่ากับ 12, 6, 12 และ 6 หน่วยตามลำดับ



(a)



(b)

รูปที่ 7 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน เมื่อแต่ละกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน (a) กิจกรรม A, B, C และ D มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12, 6, 6 และ 12 หน่วยตามลำดับ (b) กิจกรรม A, B, C และ D มีขนาดการผลิตเท่ากับ 12, 6, 12 และ 6 หน่วยตามลำดับ

4.3 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (Batch in production: BIP)

ในกรณีก่อนหน้าที่ทุกกิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานจะเกิดเฉพาะปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิต ส่วนในกรณีที่แต่ละกิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงานประกอบด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันแสดงดังรูปที่ 7 โดยปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับกรณีก่อนหน้าดังสมการ (3) ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดการผลิตและอัตราการผลิตของกิจกรรมนั้นๆ ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างสองขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันจะเกิดขึ้นในตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดการผลิตระหว่าง 2 กิจกรรมที่ต่อเนื่องกัน รูปที่ 7 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของ 2 กรณีเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 6 จากรูปที่ 7(a) เมื่อกิจกรรม A ซึ่งมีขนาดการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย ดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น ในวันที่ 6 กิจกรรม B เริ่มดำเนินการหน่วยที่ 1-6 หน่วยที่ 7-12 ต้องรอให้หน่วยที่ 1-6 (รอบการทำงานที่ 1) แล้วเสร็จ (ในวันที่ 9) ซึ่งใช้ระยะเวลารอคอยเพื่อเริ่มต้นทำงานเท่ากับ 3 วัน ดังนั้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างกิจกรรม A-B (III_{AB}) เท่ากับระยะเวลารอคอย 3 วันคูณด้วยขนาดการผลิต 6 หน่วย จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 7(a) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างกิจกรรมเกิดขึ้นระหว่างกิจกรรม A-B(III_{AB}) และ C-D (III_{CD}) ส่วนรูปที่ 7(b) มีการเปลี่ยนแปลงขนาดการผลิต 3 ครั้งทำให้เกิดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่รอคอยระหว่างกิจกรรม A-B (III_{AB}) B-C (III_{BC}) และ C-D (III_{CD}) ตามลำดับ

5. สรุปผล

บทความนี้ได้นำเสนอผลกระทบของขนาดการผลิตในงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำกัน เมื่อทุกกิจกรรมมีอัตราการผลิตเท่ากัน โดยอาศัยโครงข่ายสมมติในการวิเคราะห์ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีคือกรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากันและกิจกรรมที่มีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน แต่ละกลุ่มโครงข่ายใช้ตัวชี้วัดช่วยในการวิเคราะห์ 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ระยะเวลาการผลิตต่อรอบการทำงาน (Batch throughput time, BT) ระยะเวลาโครงการ (Project duration) และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างดำเนินการผลิตของรอบการทำงาน (Batch in production, BIP) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า กรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตเท่ากัน กระบวนการที่มีขนาดการผลิตที่เล็กลงจะทำให้ทั้ง 3 ตัวชี้วัดมีค่าลดลงเนื่องจากแต่ละกิจกรรมเริ่มต้นทำงานได้เร็วขึ้น สำหรับกรณีที่กิจกรรมมีขนาดการผลิตไม่เท่ากัน พบว่าการลดขนาดการผลิตของบางกิจกรรมเพื่อเพิ่มความถี่ของรอบการทำงานจะเกิดผลดีเมื่อกิจกรรมเหล่านั้นอยู่ติดกัน เนื่องจากกิจกรรมใดๆ จะเริ่มต้นทำงานได้ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าทำงานเสร็จสิ้นและมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่แล้วเสร็จอย่างน้อยเท่ากับขนาดการผลิตของกิจกรรมนั้นๆ นอกจากนี้งานวิจัยได้นำเสนอความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาทั้ง 3 ตัวชี้วัด ผลจากงานวิจัยนี้ผู้ประกอบการสามารถนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปพยากรณ์หาทั้ง 3 ตัวชี้วัดและสามารถนำแนวความคิดไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกระบวนการทำงานเพื่อลดความสูญเสียเปล่าที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Al-Sudairi A, Diekmann JE, Songer AD, Brown HM. Simulation of Construction Processes : Traditional Practices Versus Lean Principles. The Proceedings the 7th International Group for Lean Construction; 1999 July 26-28; University of California Berkeley, California, USA; 1999. p. 39-50.
- [2] Yang I, Ioannou PG. Resource-Driven Scheduling for Repetitive Projects: A pull-system Approach. Proceedings the 9th International Group for Lean Construction; 2001 August 6-8; University of Singapore, Singapore; 2001.
- [3] Bailey BD, Cheng-Hsin Liu P. Electronics Manufacturing Company Hand Assembly Productivity Improvement. Journal of Industrial Technology. 15(1) November 1998-January 1999.