ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมโยธา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน: กรณีงานก่อสร้างถนนลาดยาง

Simulating Resource Arrangement Patterns for Repetitive Construction: A Case of Roadway Construction

นามผู้วิจัย นายอัครวิทย์ สุวรรณจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ก่อโชค จันทวรางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน: กรณีงานก่อสร้างถนนลาดยาง

Simulating Resource Arrangement Patterns for Repetitive Construction: A Case of Roadway Construction

โดย

นายอัครวิทย์ สุวรรณจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัครวิทย์ สุวรรณจันทร์ 2554: การจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน: กรณีงานก่อสร้างถนนลาดยาง ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D. 80 หน้า

การบริหารจัดการโครงการก่อสร้างเป็นงานที่ซับซ้อน โดยเฉพาะงานก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานซ้ำกัน การวางแผนงานและการจัดสรรทรัพยากรเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้การทำงานเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งในด้านการควบคุมระยะเวลาก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามกำหนด และการควบคุมค่าใช้จ่ายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การวางแผนงานและการจัดสรรทรัพยากรมีหลายวิธี ซึ่งการเลือกใช้แต่ละวิธีวิศวกรควรคำนึงผลที่อาจเกิดต่อระยะเวลาและต้นทุนของโครงการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรระหว่าง การกำหนดกลุ่มทรัพยากรเฉพาะในแต่ละกิจกรรม และการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างกิจกรรม โดยมีโครงการก่อสร้างถนนลาดยางเป็นกรณีศึกษา การวิจัยเริ่มจากการสัมภาษณ์ข้อมูลขั้นตอนการก่อสร้าง ระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรม ประเภทและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้แต่ละกิจกรรม จากนั้นทำการจำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง กรณีการจัดสรรทรัพยากรแบบที่มีการกำหนดกลุ่มทรัพยากรเฉพาะในแต่ละกิจกรรมและการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างกิจกรรม โดยที่ระยะเวลาการทำงานมีทั้งคงที่และกระจายตัว จากผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อไม่คำนึงถึงผลของการเรียนรู้และประสบการณ์ที่เกิดจากการทำงานซ้ำกันหลายครั้ง การจัดสรรทรัพยากรแบบใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างกิจกรรมให้ระยะเวลาก่อสร้างแล้วเสร็จที่สั้นและมีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรที่น้อยกว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบกำหนดกลุ่มทรัพยากรเฉพาะในแต่ละกิจกรรม นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองเหตุการณ์เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรแต่ละประเภทที่เหมาะสมเมื่อมีการใช้ทรัพยากรร่วมกันสำหรับโครงการก่อสร้างเดียวกันนี้ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรที่น้อยที่สุด และ/หรือระยะเวลาก่อสร้างโครงการที่สั้นที่สุด

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Akarawit Suvannajan 2011: Simulating Resource Arrangement Patterns for Repetitive Construction: A Case of Roadway Construction. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Suneerat Kusalasai, Ph.D. 80 pages.

Managing a construction project is complicated, especially a project with repetitive activities. Work scheduling and resource arrangement are crucial steps leading to project success, project finishing in time and cost under budget. Today there are various scheduling and resource arrangement methods available. In choosing one, an engineer must consider how the result would affect project duration and project cost.

This research aims to apply a simulation model, STROBOSCOPE, to compare two resource arrangement patterns, Dedicated Resource Assignment and Pooled Resource Assignment, having the construction of asphalt concrete roadway as a case study. The research begins with interviewing engineers at site regarding construction processes, activity durations, and types and the number of machines used in each activity. Then, given the numbers of machines from the interviews, the construction operations are modeled with two different resource arrangement patterns, Dedicated Resource Assignment and Pooled Resource Assignment. The result shows that, without the consideration of learning effect, Pooled Resource Assignment provides shorter project durations and lower machine costs than those with Dedicated Resource Assignment. Moreover, the study shows that simulation can be used to find an appropriate set of machines that result in shortest project time and/or cost.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุนีรัตน์ กุศลาศัย เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยอย่างดียิ่ง พร้อมทั้งสอนให้ความรู้ ให้แนวคิด ตลอดทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณกรมทางหลวงชนบทและบริษัทเอกชนที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการให้สัมภาษณ์และคำแนะนำข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดที่ข้าพเจ้าได้เรียนมา

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อจรัส สุวรรณจันทร์ และคุณแม่วรพรรณ สุวรรณจันทร์ ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจอันดียิ่งเสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการศึกษาวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อัครวิทย์ สุวรรณจันทร์

มีนาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	24
สรุปและข้อเสนอแนะ	73
สรุป	73
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาทำงานและปริมาณงานในแต่ละหน่วยของทุกกิจกรรม	14
2	ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป	16
3	กิจกรรมที่ใช้ในการก่อสร้างแต่ละ Section	33
4	เครื่องจักรในงานก่อสร้างถนนลาดยาง	33
5	จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม	34
6	ค่าเช่าเครื่องจักรรายวัน	35
7	ระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรม สำหรับงานก่อสร้างถนนระยะทาง 600 เมตร	38
8	การกระจายตัวของระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม สำหรับงานก่อสร้างถนนระยะทาง 600 เมตร	40
9	ระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเมื่อใช้จำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน กรณีระยะเวลาทำงานกิจกรรมคงที่	54
10	ลำดับการจัดสรรจำนวนเครื่องจักร เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเครื่องจักร	63
11	ระยะเวลาก่อสร้างเมื่อใช้จำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน กรณีระยะเวลาทำงานกิจกรรมมีการกระจายตัว	67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงข่ายการดำเนินงานขนส่งดิน	10
2	งานระบบการวางท่อ	11
3	กระบวนการทำงานของผู้รับเหมางานท่อ	12
4	ตัวอย่างการหาเวลาเริ่มต้นกิจกรรม	13
5	ขั้นตอนการทำงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูปที่ทำจากเหล็ก	15
6	เส้นกราฟแสดงแผนการทำงาน ในโปรแกรม RP2	17
7	งานเทคอนกรีต	18
8	ระยะเวลาแต่ละกิจกรรมแสดงผังวงจรแบบ PDM	19
9	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	23
10	ขั้นตอนการทำงาน 1 หน่วยก่อสร้าง โครงการ H	24
11	รูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment โครงการ H	25
12	รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานจำนวน 4 คน โครงการ H	26
13	รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานจำนวน 3 คน โครงการ H	27
14	ขั้นตอนการทำงาน 1 หน่วยก่อสร้าง โครงการ R	27
15	รูปแบบการวางแผนงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำๆ กัน โครงการ R	28
16	รูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment โครงการ R	29
17	รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment โครงการ R	30
18	โครงสร้างถนนลาดยาง	32
19	โครงข่ายความสัมพันธ์ของกิจกรรม	38
20	กราฟการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานกิจกรรม	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment	42
22	แผนการทำงานรูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่	44
23	แผนการทำงานรูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment เลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทาง	45
24	การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment	46
25	แผนการทำงานรูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่	47
26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรและ จำนวนการใช้เครื่องจักรกล	60
27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาก่อสร้างและ จำนวนการใช้เครื่องจักรกล	61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากร สำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน: กรณีงานก่อสร้างถนนลาดยาง

Simulating Resource Arrangement Patterns for Repetitive Construction: A Case of Roadway Construction

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างได้นำเอาเทคนิคการบริหารจัดการกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้มากขึ้น โดยเฉพาะงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำกัน เป็นลำดับขั้นตอนที่เน้นความต่อเนื่องและผลิตภาพของการทำงาน โดยโครงการที่มีลักษณะดังกล่าวจะสามารถแบ่งเนื้องานออกเป็นหลายหน่วยก่อสร้างที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานที่คล้ายกัน ตัวอย่างโครงการก่อสร้างรูปแบบดังกล่าวประกอบด้วย โครงการบ้านจัดสรร งานอาคารสูง และงานวางท่อ

เนื่องจากงานก่อสร้างมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน การที่จะทำงานให้บรรลุเป้าหมายนั้นจึงจำเป็นจะต้องอาศัยการบริหารจัดการระบบการทำงานที่ดี การวางแผนงานเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้การทำงานเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งในด้านการควบคุมระยะเวลาการก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามกำหนด และการควบคุมค่าใช้จ่ายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การวางแผนงานและการจัดทรัพยากรมีหลายรูปแบบและหลายวิธี ซึ่งการเลือกใช้แต่ละวิธีขึ้นกับรูปแบบการทำงาน การเลือกใช้วิธีการวางแผนที่เหมาะสมจะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถกำหนดการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทรัพยากรในงานก่อสร้าง มีหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นช่างฝีมือ กรรมกร อุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องมือ เป็นต้น กิจกรรมหนึ่งอาจมีความต้องการใช้ทรัพยากรมากกว่าหนึ่งอย่างขึ้นอยู่กับงานในแต่ละกิจกรรม เช่น กิจกรรมงานคอนกรีตอาจมีความต้องการใช้ทรัพยากร ช่างเหล็ก ช่างปูน ช่างไม้ และกรรมกร เป็นต้น ในการจัดทำกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมจำเป็นต้องพิจารณาลำดับขั้นตอนตามกระบวนการก่อสร้างหรือความสัมพันธ์ทางเทคนิค (Technical Relationships) และ จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ (Resource Availability) ในกรณีกิจกรรมก่อสร้างหลายกิจกรรมมีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Resource Sharing) เมื่อกิจกรรมหนึ่งถูกกำหนดให้เริ่มต้นงาน ทรัพยากรที่จำเป็นต่อการทำงานในกิจกรรมนั้นจะถูกดึงนำไปใช้ ซึ่งอาจทำให้ทรัพยากรที่เหลืออยู่ไม่เพียง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พอที่จะเริ่มทำงานในกิจกรรมอื่นๆได้ในเวลาเดียวกันได้ การจัดทรัพยากรและการวางแผนงานก่อสร้างในลักษณะนี้อาจพิจารณาเสมือนว่า ทรัพยากรถูกรวบรวมไว้ที่ส่วนกลาง และเรียกใช้โดยการดึงจากส่วนกลางเพื่อทำงานแต่ละกิจกรรม (Pooled Resource Assignment) เมื่อมีกิจกรรมมากกว่าหนึ่งกิจกรรมต้องการเริ่มงานแต่มีทรัพยากรไม่เพียงพอ กิจกรรมที่วิกฤติจะถูกกำหนดให้เริ่มทำงานก่อน รูปแบบการจัดทรัพยากรนี้มักใช้ร่วมกับการวางแผนงานวิธีเส้นทางวิกฤติ (Critical Path Method, CPM) ซึ่งวิธีนี้จะถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบหาวันเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมตามความสัมพันธ์ทางเทคนิคหรือลำดับก่อนหลัง จากนั้นจึงใช้ทฤษฎีการจัดทรัพยากรเพื่อตรวจสอบความพร้อมของทรัพยากรและความเหมาะสมของการใช้ทรัพยากรในการกำหนดเวลาของกิจกรรมที่แน่นอน

อีกรูปแบบหนึ่งของการทำงานที่พบคือ การจัดสรรทรัพยากรที่มีการกำหนดกลุ่มทรัพยากรเฉพาะในแต่ละกิจกรรม (Dedicated Resource Assignment) หรือ รูปแบบการทำงานที่ไม่มีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน (Separate Resource) มักพบในการทำงานที่มีลักษณะซ้ำกัน การจัดทรัพยากรรูปแบบนี้จะคล้ายระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม คือหนึ่งกิจกรรมใช้ทรัพยากรหนึ่งกลุ่ม ซึ่งมีข้อดีคือ กลุ่มคนงานจะมีความเชี่ยวชาญในงานของกิจกรรมตนเอง ทำให้ผลิตภาพการทำงานเพิ่มสูงขึ้น การจัดทรัพยากรแบบนี้จะเน้นความต่อเนื่องของการทำงานของแต่ละกลุ่มคนงานและจำเป็นต้องอาศัยวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน เช่น วิธีการวางแผนแบบ Line of Balance(LOB) และ วิธีการวางแผนแบบ Repetitive Scheduling Method (RSM) เป็นต้น

สำหรับงานก่อสร้างถนนนับเป็นงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำกัน โดยในแต่ละหน่วยก่อสร้างหรือช่วงความยาวก่อสร้าง (section) จะมีกิจกรรมการทำงานที่เหมือนกันทุกขั้นตอน และในแต่ละกิจกรรมจะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน เช่น งานถมดิน งานเกลี่ยดิน งานบดอัดดิน เป็นต้น ลักษณะการทำงานที่คล้ายกันนี้ทำให้การใช้เครื่องจักรในการทำงานแต่ละกิจกรรมจึงเหมือนกันหรือคล้ายกัน ทำให้แต่ละกิจกรรมสามารถใช้เครื่องจักรร่วมกันได้ ดังนั้น การวางแผนงานและการจัดสรรทรัพยากรจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อ ระยะเวลาการก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายของโครงการ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าเมื่อไม่คำนึงถึงระดับการใช้ทรัพยากร รูปแบบการจัดทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment มีแนวโน้มที่จะทำให้ระยะเวลาโครงการที่ยาวกว่า แต่ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมซึ่งหมายถึงจำนวนวันจ้างงานที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการวางแผนงานที่กำหนดให้กิจกรรมเริ่มต้นได้เร็วที่สุด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อจะเปรียบเทียบการจัดทรัพยากรทั้ง 2 รูปแบบ สำหรับกรณีทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์กับโครงการก่อสร้างถนนลาดยาง ผลที่ได้จะเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกวิธีการวางแผนและการจัดทรัพยากรสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างโครงการและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ระหว่าง การจัดสรรทรัพยากรที่มีการกำหนดกลุ่มทรัพยากรเฉพาะในแต่ละกิจกรรม และการจัดสรรทรัพยากรแบบใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างกิจกรรม กรณีทรัพยากรมีจำนวนจำกัด สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำกัน กรณีงานก่อสร้างถนนลาดยาง

ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้พิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรใช้รูปแบบของค่าเช่า โดยใช้โปรแกรม STROBOSCOPE เพื่อจำลองสถานการณ์การใช้ทรัพยากรกับโครงการตัวอย่าง โดยพิจารณาเฉพาะงานก่อสร้างถนนตั้งแต่งานรองพื้นทาง พื้นทาง และงานผิวทาง ซึ่งการวิเคราะห์ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างไม่ได้รวมผลของการเรียนรู้ที่ได้จากการทำงานที่ซ้ำกัน (Learning curve effect)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ความหมายของการจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลอง (Simulation Modeling) คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) และเป็นเทคนิคการเลียนแบบกระบวนการหรือระบบการทำงานจริง (Real system) โดยการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Modeling) เป็นวิธีการใช้ซอฟท์แวร์ในการออกแบบเพื่อเลียนแบบวิธีหรือคุณลักษณะของระบบ เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของกระบวนการและเพื่อประเมินผลของการประยุกต์ใช้วิธีการ (Strategies) ต่างๆในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

การสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาถึงปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นประเภทของแบบจำลองที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานหลากหลายประเภท เช่นปัญหาทางด้านวิศวกรรม โดยในการทำงานจะเกี่ยวของกับการคำนวณข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งในการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการทางสถิติ

ระบบ

ระบบ หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (elements) ที่มีความสัมพันธ์กัน ในการศึกษาระบบงานใด ๆ เพื่อกำหนดเป็นลักษณะของระบบงานนั้นจะใช้วิธีการกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) ประกอบด้วย

1. การกำหนดองค์ประกอบของระบบ โดยมีสิ่งที่ต้องพิจารณา ประกอบด้วยลักษณะเฉพาะตัว (Attributes), กิจกรรม (Activities) และ สถานภาพของระบบ (System Status) ภายหลังจากการทำกิจกรรม

2. การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3. การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเภทของระบบ การจำแนกประเภทของระบบ สามารถทำได้หลายวิธีขึ้นกับการนำไปใช้งาน สำหรับการจำลอง จะจำแนกประเภทตามลักษณะการเปลี่ยนสถานภาพ โดยสามารถจำแนกประเภทได้ 2 ลักษณะ ประกอบด้วย

1. จำแนกตามพฤติกรรมในการเปลี่ยนสถานภาพเทียบกับเวลา

1.1 ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) ระบบมีการเปลี่ยนสถานภาพไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง

1.2 ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) ระบบมีการเปลี่ยนสถานภาพในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

2. จำแนกตามสถานภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

2.1 ระบบตายตัว (Deterministic Systems) ระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานภาพที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานภาพและกิจกรรมของระบบที่ระดับก่อนหน้าได้

2.2 ระบบไม่แน่นอน (Stochastic Systems) ระบบซึ่งการเปลี่ยนสถานภาพเป็นแบบสุ่ม โดยใช้หลักการของความน่าจะเป็นในการทำนายสถานภาพที่ระดับใหม่

แบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลอง (Classification of Simulation Models) สามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงานที่แบบจำลองเป็นตัวแทน หรือจำแนกตามลักษณะพิเศษ ดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) แบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกับระบบงานจริง โดยอาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) อาจเป็นแบบจำลองในมิติใดมิติหนึ่งหรือ 3 มิติ เช่น แบบจำลองผังโรงงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) แบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือระบบงานจริง แต่อาจมีรูปลักษณะไม่เหมือนกับระบบงานจริง เช่น แผนภูมิการจัดองค์กร

3. เกมการบริหาร (Management Games) แบบจำลองการตัดสินใจในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ การลงทุน สงคราม ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลเปรียบเทียบเมื่อมีการตัดสินในแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) แบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาจเป็นแบบจำลองที่แปลงมาจากแบบจำลองประเภทอื่นๆ

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) แบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบจริง เช่น X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต และแทนค่าลงในสูตรการคำนวณต่างๆ

งานก่อสร้างถนน

งานก่อสร้างถนนนับเป็นงานที่สำคัญอย่างหนึ่งในงานวิศวกรรมการทาง งานก่อสร้างถนนประกอบด้วยกระบวนการก่อสร้างปลีกย่อยต่าง ๆ ได้แก่ การขุด การบรรทุก การเทวัสดุ การบดอัด และอื่น ๆ ดังนั้น เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการก่อสร้างจึงประกอบด้วยเครื่องจักรหลายชนิด การทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของเครื่องจักรเหล่านี้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายรวมถึงระยะเวลาก่อสร้าง

เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของงาน เช่น งานดิน งานลูกรัง งานพื้นทาง งานผิวทาง งานสะพาน งานตัดหินแข็ง หรือแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น ที่ราบลุ่มดินอ่อน ที่ราบธรรมดา ลูกเนิน ภูเขา เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องจักรกลตามประเภทชนิด ขนาด ให้เหมาะสมกับงานที่จะก่อสร้างจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้งานก่อสร้างถนนนั้น ๆ สามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนงานก่อสร้างถนนแอสฟัลท์คอนกรีต

1. งานถางป่าขุดต่อ (Clearing and Grubbing) ในงานก่อสร้างถนน เมื่อวางเขตทางและกำหนดระดับความสูงไว้เรียบร้อยแล้วงานต่อไปคือการถางป่าขุดตอเป็นการกำจัดต้นไม้ พุ่มไม้ ตอไม้ ไม้ผุ วัชพืช และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่างๆ ภายในเขตทาง เช่น โครงสร้างหรือสิ่งปลูกสร้างที่กีดขวางการก่อสร้างที่อาจส่งผลเสียหายให้แก่ความมั่นคงแข็งแรงของคันทางที่จะก่อสร้าง ทั้งนี้งานถางป่าขุดต่อให้หมายรวมถึงงานทำการเกลี่ย ปาด แต่ง และบดอัดให้ได้ความแน่นในสนามตามแบบก่อสร้างกำหนด เครื่องจักรกลที่นำมาใช้สำหรับงานถางป่าขุดต่อคือ รถบูลโดเซอร์ (Bulldozer) รถขุดตัก (Hydraulic Excavator) เป็นต้น

2. งานตัดคันทาง (Roadway Excavation) หมายถึง การขุดแต่งคันทางภายในเขตทางให้มีรูปร่างและระดับตามรูปตัดและข้อกำหนดตามแบบ รวมทั้งการนำวัสดุที่ขุดแล้วไปใช้ต่อ และนำวัสดุที่ไม่ต้องการไปทิ้งด้วย วัสดุที่ใช้ในงานตัดคันทาง จำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ งานตัดชนิดที่ไม่ระบุประเภทวัสดุ (Unclassified Excavation) และงานตัดชนิดระบุประเภทวัสดุ (Classified Excavation) เครื่องจักรกลที่นำมาใช้สำหรับงานตัดคันทางคือ รถบูลโดเซอร์ (Bulldozer) รถขุดตัก (Hydraulic Excavator) เป็นต้น

3. งานดินคันทาง (Embankment) คือชั้นดินเดิมในบริเวณที่ถนนวางพาดผ่านไป ทำหน้าที่รับน้ำหนักที่ถ่ายจากชั้นรองพื้นทาง การทำดินคันทางเป็นการถมและบดทับวัสดุที่ได้มาจากถนนเดิม บ่อยืมวัสดุ (Borrow Pit) หรือวัสดุทำทาง การถมต้องให้ได้ระดับตามที่กำหนดตามแบบและทุก ๆ ชั้นต้องบดทับให้ได้ความแน่นโดยในขณะที่บดทับแต่ละชั้นต้องพรมน้ำให้เหมาะสม เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานดินคันทางได้แก่ รถขุดตัก รถบรรทุกเทท้าย รถแทรกเตอร์ รถน้ำ รถบดชนิดล้อเหล็ก (Steel Rollers Compactors) รถบดชนิดตีนแกะ (Sheepfoot Compactors) รถเกลี่ย (Graders) เป็นต้น

4. งานชั้นรองพื้นทาง (Sub base) ใช้ในบริเวณงานก่อสร้างที่ดินคันทางมีคุณภาพไม่ดี เช่น ดินเหนียวหรือในบริเวณที่มีแหล่งวัสดุสำหรับทำชั้นรองพื้นทางหาได้ง่ายและมีราคาถูก การออกแบบจึงช่วยลดความหนาของชั้นพื้นทางและใช้วัสดุทดแทนที่มีคุณภาพด้อยกว่ากว่าแต่ราคาถูก งานรองพื้นทางจะก่อสร้างด้วยลูกรัง (Soil Aggregate) โดยนำวัสดุมาเกลี่ยแผ่โดยใช้รถเกลี่ย เกลี่ยเป็นชั้น ๆ แล้วจึงใช้รถบดทับแต่ละชั้นให้ได้ความแน่นตามมาตรฐาน ชั้นรองพื้นทางแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นรองพื้นทางล่าง (Lower Subbase) และชั้นรองพื้นทางชั้นบน (Upper Subbase)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานชั้นรองพื้นทางได้แก่ รถขุดตัก รถบรรทุกเททท้าย รถแทรกเตอร์ รถน้ำ รถบดชนิดล้อเหล็ก รถบดชนิดตีนแกะ รถเกลี่ย เป็นต้น

5. งานชั้นพื้นทาง (Base) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากผิวทางแล้วถ่ายสู่ชั้นรองพื้นทางและชั้นดินคันทาง วัสดุที่ใช้ในชั้นนี้ต้องมีความแข็งแกร่งทนทานรับน้ำหนักสูง ๆ ได้ดี งานชั้นรองพื้นทางมักจะใช้วัสดุจำพวกหินโม่ (Crushed Rock) เช่น หินคลุกซึ่งมีขนาดคละ (Gradation) ที่สม่ำเสมอจากใหญ่มาหาเล็กบดอัดแน่นบนชั้นรองพื้นทางตามที่กำหนดไว้ในแบบ ทำการบดอัดทันทีภายหลังเกลี่ยวัสดุได้ที่แล้ว การบดอัดต้องบดอัดให้เต็มผิวหน้าและเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตรงตามมาตรฐานที่กำหนด เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานชั้นพื้นทางได้แก่ รถบรรทุกเททท้าย รถแทรกเตอร์ รถน้ำ รถเกลี่ย รถบดชนิดล้อเหล็ก รถบดล้อเหล็กเรียบชนิด 3 ล้อ (Three-wheel tandem Rollers) เป็นต้น

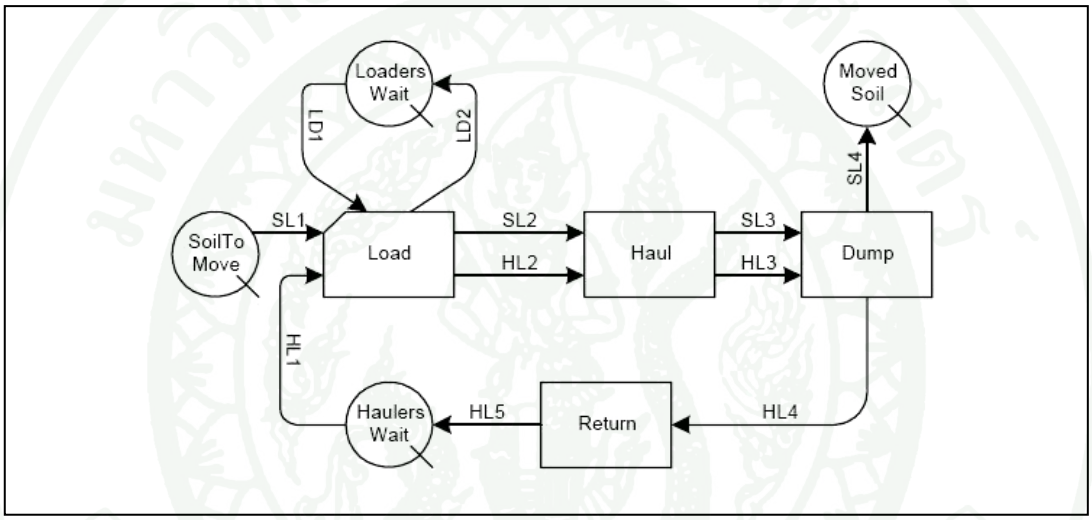
6. งานผิวทาง (Surface Treatment) ก่อนที่จะเริ่มปูผิวทางต้องตรวจสอบพื้นทางที่จะปูต้องสะอาดโดยมีการพ่นยาง (Prime Coat) ลงบนชั้นพื้นทางก่อน ในการขนส่งยางแอสฟัลท์เพื่อนำมาปูที่หน้างานต้องไม่ให้อุณหภูมิต่ำกว่า 270 F เมื่อปูแอสฟัลท์แล้วให้บดอัดครั้งแรกด้วยรถบดล้อเหล็กเรียบชนิด 2 ล้อ (Tandem Steel Wheel Rollers) หรือรถบดล้อเหล็กเรียบชนิด 3 ล้อ ที่มีน้ำหนัก 8 – 10 ตัน ด้วยความเร็ว 5 kph ประมาณ 2 เที่ยว ให้บดอัดตามด้วยรถบดล้อยาง (Tires Rollers Compactors) เมื่อความแน่นได้แล้วให้บดอัดครั้งสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็กเรียบ ทำการปิดการจราจรไว้อย่างน้อย 16 ชั่วโมง เครื่องจักรกลที่ใช้ในงานผิวทางได้แก่ รถตัก รถบดล้อเหล็กเรียบ รถบดล้อยาง รถบรรทุกแอสฟัลท์ผสมร้อน รถรีดยาง (Asphalt Paver) เป็นต้น

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อศึกษากระบวนการทำงาน

แบบจำลอง State and Resource Base Simulation of Construction Processes (STROBOSCOPE) เป็นแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งคิดค้นโดย Julio C. Martinez ใน ค.ศ. 1996 เป็นแบบจำลองสถานการณ์ ที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการก่อสร้าง ประกอบด้วยชุดของโปรแกรมที่สามารถสร้างโครงข่ายความสัมพันธ์ในแต่ละรูปแบบของงาน โดย STROBOSCOPE สามารถที่จะนำความไม่แน่นอนเข้าไปสู่สภาพการทำงานในแบบจำลอง รวมถึงสัดส่วนของทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ลักษณะการทำงานของแบบจำลอง STROBOSCOPE เป็นการจำลองสภาพการทำงานที่เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างการวิเคราะห์สภาพการทำงานประกอบด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน ลำดับการทำงานของกิจกรรมและจำนวนของทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละสายงาน เป็นต้น ในคู่มือการใช้งานแสดงตัวอย่างการใช้ STROBOSCOPE ในการจำลองเหตุการณ์การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนย้ายดิน โดยการกำหนดจำนวนใช้รถตักดิน (Loader) รถบรรทุกดิน (Hauler) และปริมาณดินที่ต้องการขนส่ง โดยการสร้างโครงข่ายดังแสดงในภาพที่ 1 จากการจำลองเหตุการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด และหลังจากการทำซ้ำหลายๆครั้งสามารถรู้ผลการดำเนินงานได้เช่น ระยะเวลาขนย้ายดินในแต่ละรอบตั้งแต่กิจกรรมตักดินจนถึงกิจกรรมรถขนดินวิ่งกลับ ระยะเวลารอคอยของรถตักดินรวมถึงรถบรรทุก เป็นต้น โดยแบบจำลอง STROBOSCOPE สามารถวิเคราะห์การดำเนินงานได้หลากหลายประเภท ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ที่ต้องนำมาปรับให้เข้ากับระบบการทำงานที่กำลังศึกษา รวมถึงข้อมูลที่ต้องการจากแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพการทำงานได้



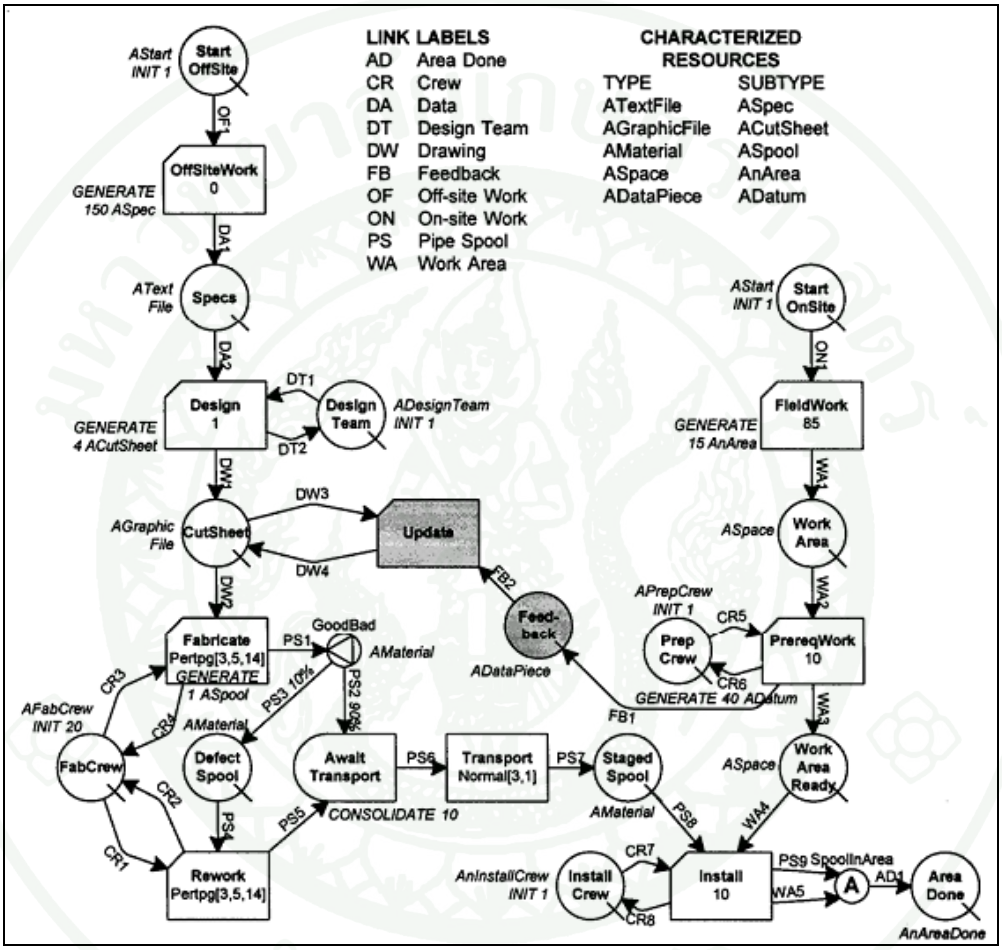
ภาพที่ 1 โครงข่ายการดำเนินงานขนส่งดิน

ที่มา: Martinez (1996)

Tommelein *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาวิธีการวางแผนงานในระบบงานวางท่อโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจำลองสถานการณ์ดังแสดงในภาพที่ 2 งานวิจัยได้เปรียบเทียบวิธีการวางแผน 3 วิธี คือ 1) การวางแผนแบบ Random Sequencing คือ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมงานส่วน Offsite และงานส่วน Onsite ไม่สอดคล้องกัน ไม่มีการจัดลำดับขั้นตอนในการผลิตท่อให้สอดคล้องกับการเตรียมพื้นที่ การผลิตท่อและการเตรียมพื้นที่ใช้วิธีการสุ่มลำดับ 2) การวางแผนแบบ Coordinated Sequencing คือ การจัดลำดับความ สัมพันธ์ระหว่างงานส่วน Offsite และงานส่วน Onsite สอดคล้องกัน โดยจัดลำดับขั้นตอนในการผลิตท่อให้สอดคล้องกับการเตรียมพื้นที่ตามลำดับ การผลิตท่อและการเตรียมพื้นที่ใช้วิธีการเรียงตามลำดับ และ 3) การวางแผนแบบ Pull-driven Sequencing คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานส่วน Offsite ขึ้นกับงานส่วน Onsite การเตรียมพื้นที่ใช้วิธีทำงานแบบสุ่ม เมื่องานเตรียมพื้นที่เสร็จจะมีคำสั่งให้มีการผลิตท่อ โดยจะผลิตท่อตามลักษณะตรงกับพื้นที่ก่อน และจะหยุดการผลิตท่อลักษณะอื่นไว้ จากผลการศึกษาการวางแผนแบบ Coordinated Sequencing มี Buffer น้อยที่สุด และมีระยะเวลาโครงการน้อยที่สุด

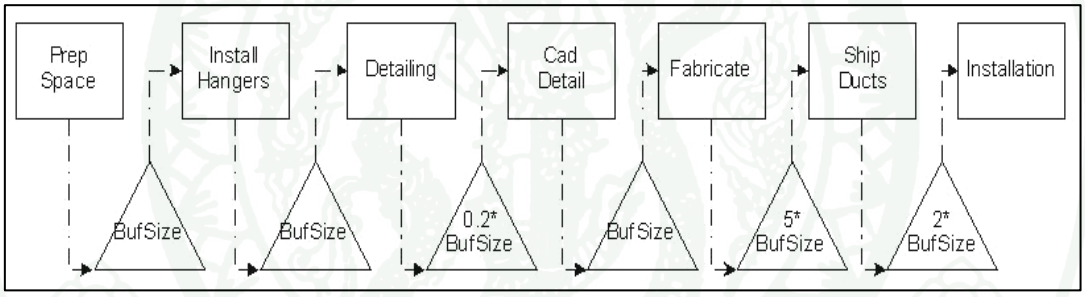


ภาพที่ 2 งานระบบการวางท่อ

ที่มา: Tommelein *et al.* (1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Alves and Tommelein (2004) ได้ทำการศึกษาการดำเนินงานของผู้รับเหมางานวางท่อ โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE จำลองกระบวนการทำงานของผู้รับเหมางานวางท่อ ซึ่งเป็นทำการศึกษาเรื่องขนาดของ Buffer ในงานระบบการวางท่อ เพื่อลดเวลาการรอคอยของกลุ่มคนงาน โดยให้การทำงานมีความต่อเนื่องมากที่สุด และศึกษาพฤติกรรมอัตราการผลิตในแต่กิจกรรม โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE การจำลองงานระบบวางท่อ ประกอบด้วย 6 กิจกรรม คือ 1) Install Hangers 2) Detailing 3) Cad Detail 4) Fabricate 5) Ship Ducts และ 6) Installation ตามลำดับ โดยมีการกำหนดขนาด Buffer ขึ้นระหว่างการทำงานในแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 3 Buffer ระหว่างแต่ละกิจกรรมจะมีแถวคอยในการเก็บ Buffer ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้แบบจำลองการมีติดตั้งท่อจำนวน 500 ชิ้น มีขนาด Buffer ที่แตกต่างกันตั้งแต่ 20 , 50 และ 100 ชิ้นจากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า เมื่อขนาดของ Buffer ในการประมวลผลแต่ละครั้งมีจำนวนเพิ่มขึ้น ระยะเวลาของโครงการมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของ Buffer เพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานจะมีความต่อเนื่องมากที่สุด



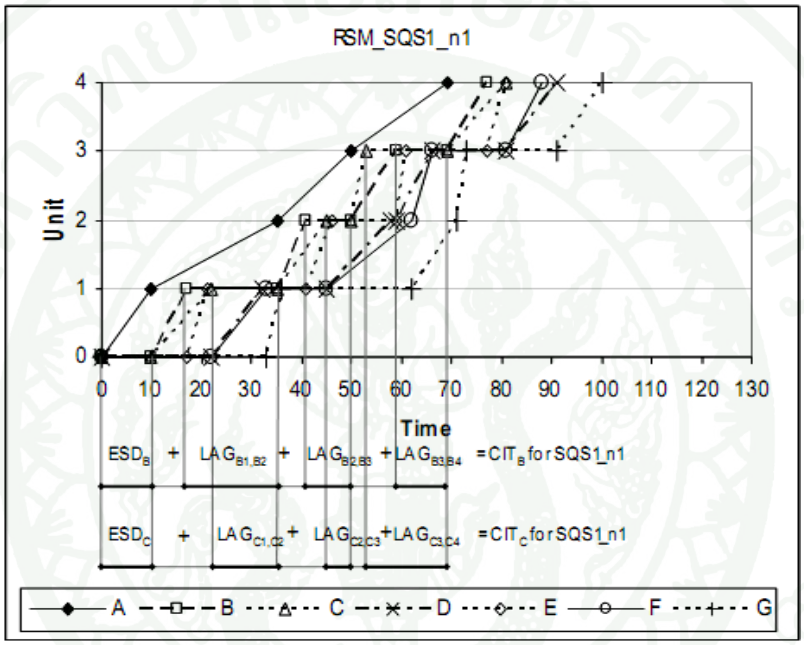
ภาพที่ 3 กระบวนการทำงานของผู้รับเหมางานท่อ

ที่มา: Alves and Tommelein (2004)

Ioannou and Srisuwanrat (2006) ได้ทำการศึกษาเพื่อลดระยะเวลาว่างงานของกลุ่มคนงาน โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการวิเคราะห์หาวันเริ่มต้นการทำงานในแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การทำงานของกลุ่มคนงานมีความต่อเนื่อง สำหรับงานก่อสร้างที่มีรูปแบบทำงานซ้ำกัน ตัวอย่างแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ มีหน่วยก่อสร้างทั้งหมด 4 หน่วย ในแต่ละหน่วยจะมีกิจกรรมก่อสร้างที่เหมือนกัน 7 กิจกรรม ปริมาณงานก่อสร้างของแต่ละหน่วยจะมีค่าไม่เท่ากัน การจัดทรัพยากรจัดแบบแต่ละกิจกรรมใช้คนงาน 1 กลุ่มเฉพาะงาน โดยมีอัตราการทำงานที่มีความแปรปรวน การวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยจะวิเคราะห์ทีละลำดับ (sequence) ขั้นตอนที่ 1 จะทำการหา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาว่างงานเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรมในแต่ละ sequence และระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการก่อสร้าง ขั้นตอนที่ 2 จะทำการปรับวันเริ่มของกิจกรรม โดยสามารถเลือกจากเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจของระยะเวลาว่างงานทั้งกิจกรรมรวมกับระยะเวลาเริ่มต้นได้เร็วสุด ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อปรับวันเริ่มของกิจกรรมใน sequence นั้นแล้ว จะทำการประมวลผลหาวันเริ่มของกิจกรรมใน sequence ลำดับต่อไป เมื่อทำจนครบทุก sequence ผลที่ได้คือจะได้วันเริ่มการทำงานของทุกกิจกรรมที่ทำให้การทำงานมีความต่อเนื่องโดยระยะเวลาของโครงการเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการหาเวลาเริ่มต้นกิจกรรม

ที่มา: Ioannou and Srisuwanrat (2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

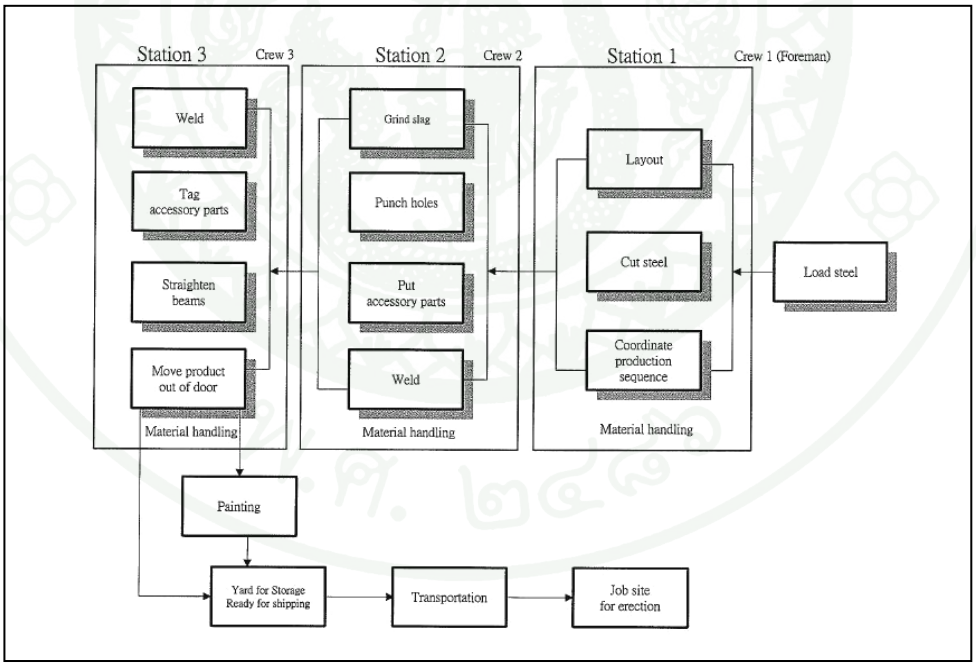
Srisuwanrat and Ioannou (2007) ได้ทำการศึกษา การใช้ Lead Time Buffer เพื่อกำหนดวันเริ่มต้นทำงานแต่ละกิจกรรมเพื่อไม่ให้งานหยุดชะงักในงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำๆ โดยการหา Lead Time Buffer ใช้วิธีการ 2 วิธีคือ Sequence Step Algorithm (SQS-AL) และ Completed Unit Algorithm (CU-AL) โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE และใช้หลักการของ Genetic Algorithms ความแตกต่างทั้ง 2 วิธีคือ วิธี SQS-AL การหา Lead Time Buffer ได้จากการรวม ระยะเวลาว่างงาน (Idle time) ของแต่ละกิจกรรมในแต่ละ Sequence ส่วนวิธี CU-AL การหา Lead Time Buffer จากจำนวนวันกิจกรรมก่อนหน้าที่ทำงานเสร็จโดย Lead Time Buffer ของกิจกรรมที่ตามหลังจะเท่ากับวันเสร็จงานของกิจกรรมก่อนหน้า ตัวอย่างการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 กิจกรรมเรียงกันตามลำดับก่อสร้างจำนวน 10 หน่วย ระยะเวลาและปริมาณงานแต่ละกิจกรรมแสดงในตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าการใช้ Lead Time Buffer เพื่อกำหนดวันเริ่มต้นทำงานแต่กิจกรรมด้วยวิธี SQS-AL ใช้ระยะเวลาโครงการน้อยกว่าและให้ผลกำไรสูงกว่า วิธี CU-AL

ตารางที่ 1 ระยะเวลาทำงานและปริมาณงานในแต่ละหน่วยของทุกกิจกรรม

กิจกรรม	ระยะเวลา		หน่วยที่									
	Mean	**SD**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
			ปริมาณงาน									
A	10	1.0	300	250	150	200	200	250	200	250	300	150
B	20	2.0	150	100	200	150	150	200	100	150	200	200
C	15	1.5	200	150	50	200	50	100	200	200	150	100
D	15	1.5	150	200	100	150	150	150	150	100	100	150
E	25	2.5	100	150	50	100	200	150	150	50	100	200

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Huang *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูปที่ทำจากเหล็ก เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Time Study) และสร้างโครงข่ายความสัมพันธ์ของงานโดยใช้แบบจำลอง Arena โรงงานจะประกอบด้วยสถานีการผลิตทั้งหมด 3 สถานี โดยที่ในแต่ละสถานีจะประกอบด้วยกิจกรรมย่อยๆ 16 กิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยที่กิจกรรมดังกล่าวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตคานที่มีการกระจายตัวในรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลจากการจำลองเหตุการณ์ ทำให้ทราบถึงอัตราการผลิต (Productivity) สูงสุดที่ได้จากการกำหนดจำนวนคาน (Batch size) ขนาดต่างๆที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแต่ละสถานี จากนั้นนักวิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการดำเนินการติดตั้งโครงสร้างเหล็ก โดยมีข้อแตกต่างในด้านรูปแบบของสัญญาระหว่าง ออกแบบ/ทำสัญญา/ก่อสร้าง (Design/Bid/Build) และ ออกแบบ/ก่อสร้าง (Design/Build) โดยใช้แบบจำลอง CYCLONE ในการจำลองการดำเนินงานติดตั้ง เสา (Column), คาน (Beam) และพื้น (Deck) โดยการทำงานประกอบด้วยเครื่องจักร 1) crane 2) forklift 3) groundman 4) ironworkers และ 5) space ผลที่ได้จากแบบจำลอง สามารถบอกได้ถึงอัตราการผลิต รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในดำเนินงานในแต่ละงาน



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูปที่ทำจากเหล็ก

ที่มา: Huang *et al*. (2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

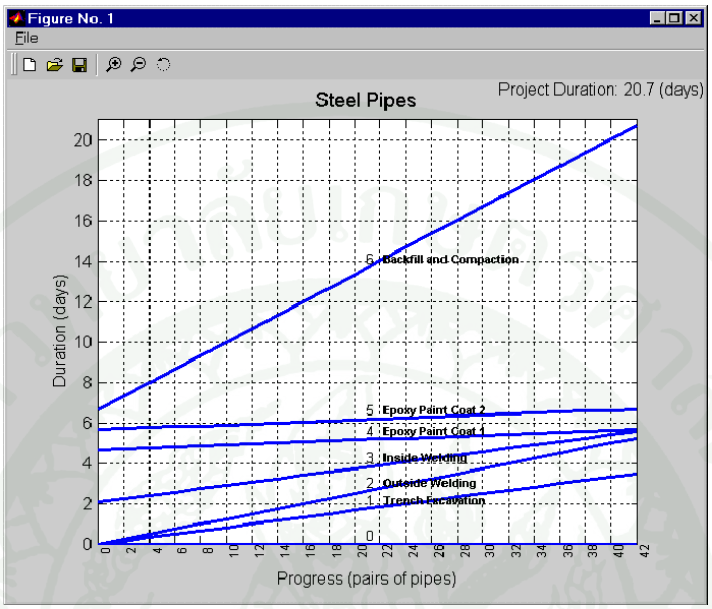
ตารางที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (นาที)			ชนิด	สมการ
		เฉลี่ย	SD	CV		
1	Load steel	1.55	0.403	26.01%	Exponential	EXPO(1.55)
	Layout	6.27	1.524	24.31%	Exponential	EXPO(6.27)
	Cut/Cope	4.36	3.115	71.52	Exponential	EXPO(4.36)
	Coordinate	1.03	1.470	143.43	Exponential	EXPO(1.03)
2	Grid slag	1.62	0.818	50.48	Normal	NORM(1.62,0.803)
	Punch holes	1.65	4.162	252.99%	Beta	1+13+BETA(0.498,1.25)
	Put Accessory	0.21	0.099	48.46	Determinitic	0.21
3	Weld(S2)	3.41	1.238	36.30	Triangular	TRIA(2,3.74,6.78)
	Weld(S3)	2.20	1.904	86.76	Erlang	ERLA(0.955,3)
	Tack weld	1.29	0.614	47.52	Lognormal	0.33+LOGN(0.949,0.525)
	Straighten	3.64	2.205	60.54	Exponential	EXPO(3.64)
	Move out	5.36	2.065	38.52	Exponential	EXPO(5.36/8)
4	Material banding	0.88	0.695	78.69	Lognormal	LOGN(0.9,0.855)
	Material transport	1.24	0.562	45.25	Exponential	0.41+EXPO(0.703)

I-Tung Yang and Ioannou (2001) ได้เสนอโปรแกรมการวางแผนชื่อว่า Repetitive Project Planner (RP2) เพื่อให้กลุ่มคนงานและเครื่องจักรทำงานมีความต่อเนื่องมากที่สุดในโครงการก่อสร้างที่งานซ้ำกัน การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษากรณีตัวอย่างของงานระบบวางท่อเหล็กที่ใช้ส่งน้ำ โดยท่อมีความยาว 12 เมตร ไปยังสถานีส่งน้ำ ระยะทาง 1000 เมตร มีกิจกรรมประกอบด้วย 1) Open trench การขุดดินมีอัตราการทำงานขุดยาว 288 เมตรต่อวัน หรือ ขุดตามความยาวท่อได้ 12 คู่ 2) Installed เมื่อขุดดินเสร็จสามารถติดตั้งท่อได้เลย 3) Welding มีการเชื่อมภายในท่อด้วยอัตรา 8 คู่ต่อวัน การเชื่อมภายนอกท่อด้วยอัตรา 12 คู่ต่อวัน โดยจะทำการเชื่อมภายนอกท่อก่อน 4) Epoxy paint การทาสีจะทำการทาสองรอบโดยห่างกันหนึ่งวัน 5) Backfill and Compaction อัตราการทำงาน 3 คู่ต่อวัน การจัดทรัพยากรจัดแบบกำหนดทรัพยากรเฉพาะในการทำงานแต่ละกิจกรรมจากการศึกษาพบว่า โปรแกรม RP2 ให้แผนงานที่มีความต่อเนื่อง โดยมีการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Inside-welding และ Painting Crews เวลาโครงการเฉลี่ยเท่ากับ 20.7 วัน ภาพที่ 6 แสดงเส้นกราฟแผนการทำงานของโครงการซึ่งใช้แกน X เป็นจำนวนท่อ (คู่) แกน Y เป็นระยะเวลาทำงาน (วัน)



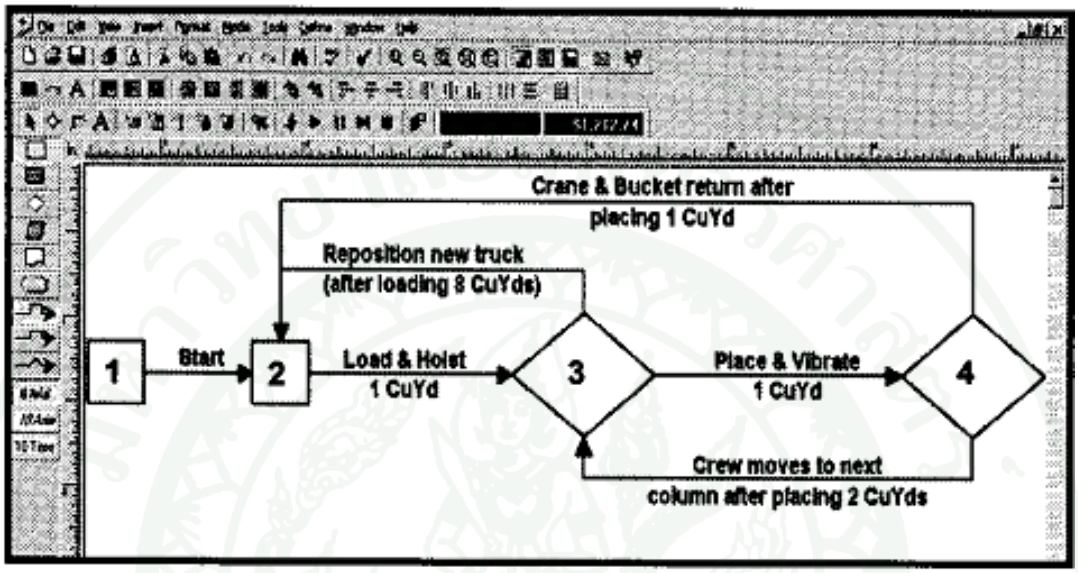
ภาพที่ 6 เส้นกราฟแสดงแผนการทำงาน ในโปรแกรม RP2

ที่มา: Yang and Ioannou (2001)

Hegazy and Kassab (2003) ได้ทำการศึกษาวิธีหาจำนวนคนงานที่เหมาะสมสำหรับโครงการที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์และใช้หลักการของ Genetic Algorithms ขั้นตอนการใช้สำหรับแบบจำลองสถานการณ์มี 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) Defining a solution representation คือ กำหนด ค่าตัวแปรที่ใช้หา เช่น จำนวนคนงาน จำนวนกลุ่มคนงาน 2) Setting the variables, Objective function, Constrains คือ การให้ค่าจำนวนคนงานลงในตัวแปร กำหนดวัตถุประสงค์ในการหาค่าตัวแปร เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดและอัตราค่าใช้จ่ายต่อจำนวนที่ผลิตน้อยที่สุด และการกำหนดค่าตัวแปรที่คงที่ 3) Generating initial population of solution เริ่มการประมวลผลในแบบจำลองสถานการณ์ 4) Evaluating the population ทำการวิเคราะห์ผล 5) Evolution Cycles ทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรเพื่อทำการประมวลผลและทำการวิเคราะห์ของแต่ละตัวแปร ตัวอย่างการศึกษาได้จำลองสถานการณ์การเทคอนกรีต เพื่อหาจำนวนรถเครน,รถบรรทุก,คนงาน ที่เหมาะสมสำหรับโครงการ กิจกรรมการเทคอนกรีตประกอบด้วยกิจกรรม Load & Hoist ซึ่งต้องใช้เครื่องมือ รถเครน และ รถบรรทุก กิจกรรม Place & Vibrate ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้องใช้เครื่องมือ รถเครน และ คนงาน ดังแสดงในภาพที่ 7 ผลการศึกษาจากการใช้วิธี Genetic Algorithms และแบบจำลองสถานการณ์ จำนวนคนงานและเครื่องจักรที่เหมาะสม คือ รถเครน 1 คัน, รถบรรทุก 1 คัน, คนงาน 3 คน



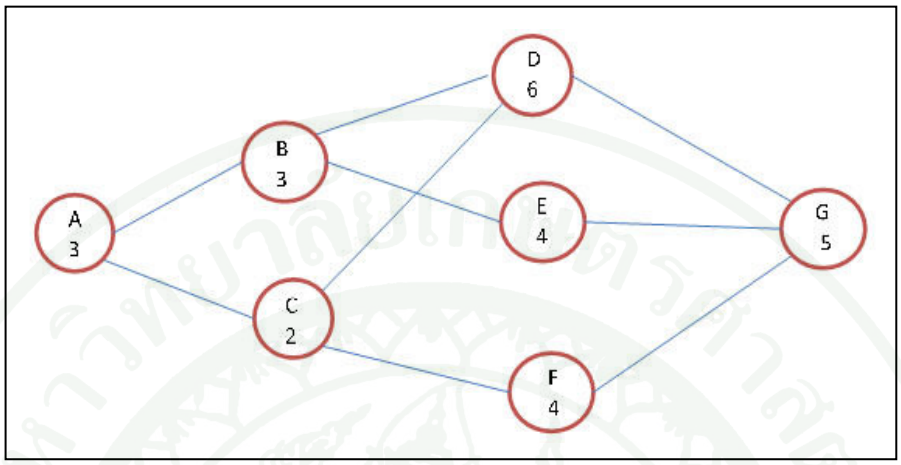
ภาพที่ 7 งานเทคอนกรีต

ที่มา: Hegazy and Kassab (2003)

ชัยยศ และ สุนีรัตน์ (2553) วิเคราะห์หาผลกระทบของการเลือกรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันระหว่างวิธีการวางแผนแบบ CPM สำหรับรูปแบบการเริ่มงานได้เร็วสุดและ RSM สำหรับกรณีการเน้นความต่อเนื่องของการทำงาน สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานแบบซ้ำๆกัน การจำลองสถานการณ์ก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาโครงการก่อสร้าง (Project duration) และระยะเวลาการจ้างงาน (Paid days) ของโครงการก่อสร้างที่มีจำนวนหน่วยก่อสร้างที่แตกต่างกัน โดยตัวอย่างการศึกษาครั้งนี้ให้หนึ่งหน่วยการก่อสร้างประกอบด้วย 7 กิจกรรม ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมแบบ FTS และระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 8 ผลการศึกษาพบว่าวิธีการวางแผนแบบ RSM จะใช้ระยะเวลาโครงการมากกว่าวิธีการวางแผนแบบ CPM เนื่องจากวิธีการวางแบบ RSM จะเลื่อนวันเริ่มต้นทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อเน้นให้การทำงานมีความต่อเนื่อง ผลของจำนวนหน่วยก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระยะเวลาโครงการที่วางแผนด้วย RSM จะยาวนานกว่าการวางแผนด้วยวิธี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

CPM และวิธีการวางแผนแบบ CPM มีค่าใช้จ่ายค่าแรงมากกว่าวิธีการวางแผนแบบ RSM เนื่องจากวิธีการวางงานแบบ CPM ไม่เน้นความต่อเนื่องของการทำงาน



ภาพที่ 8 ระยะเวลาแต่ละกิจกรรมแสดงผังวงจรแบบ PDM

ที่มา: ชัยยศ และ สุนีรัตน์ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP
3. โปรแกรม Microsoft Office Visio 2007
4. โปรแกรมแบบจำลอง STROBOSCOPE
5. โปรแกรม Microsoft Office Excel
6. โปรแกรม Microsoft Office World
7. เครื่องพิมพ์

วิธีการ

วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น 11 ขั้นตอนในการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 9 สามารถอธิบายรายละเอียดในขั้นตอนต่างๆได้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและรวบรวมทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหรือขั้นตอนในการวางแผนการทำงาน รูปแบบการจัดสรรทรัพยากร พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

2. ศึกษาผลกระทบของ ระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมต่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากร โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

    2.1 การจัดสรรทรัพยากรกรณีอัตราการทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่ามากกว่า

    2.2 การจัดสรรทรัพยากรกรณีอัตราการทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่าน้อยกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ศึกษาและเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างถนนลาดยาง โดยการศึกษาและเก็บข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 ศึกษาแผนการทำงานและขั้นตอนงานก่อสร้างถนนลาดยางของโครงการตัวอย่าง

3.2 เก็บข้อมูลงานก่อสร้างถนนลาดยางโดยการสัมภาษณ์ ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย

3.2.1 ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม

3.2.2 ประเภทและจำนวนของทรัพยากรเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

4. วิเคราะห์ข้อมูลการทำงานก่อสร้างถนนลาดยาง

4.1 สร้างโครงข่ายการทำงานตามขั้นตอนวิธีการก่อสร้างถนนลาดยางที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์

4.2 วิเคราะห์ระยะเวลาทำงาน ประเภทและจำนวนของทรัพยากรเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

5. พัฒนาโครงข่ายงานก่อสร้างถนนลาดยางโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE โดยใช้รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment

6. ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล กรณี Dedicated Resource Assignment ดังนี้

6.1 ระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ (Project Duration)

6.2 ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร (Costs)

7. พัฒนาโครงข่ายงานก่อสร้างถนนลาดยางโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE โดยใช้รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment โดยปรับข้อกำหนดเพิ่มดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1 กำหนดจำนวนและประเภทของทรัพยากรให้อยู่ในส่วนกลาง

7.2 จัดลำดับความสำคัญ (Priority) ตามระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรม โดยระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมที่ยาวกว่าจะได้ใช้ทรัพยากรก่อน

8. ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล กรณี Pooled Resource Assignment ดังนี้

8.1 ระยะเวลาก่อสร้างของโครงการ

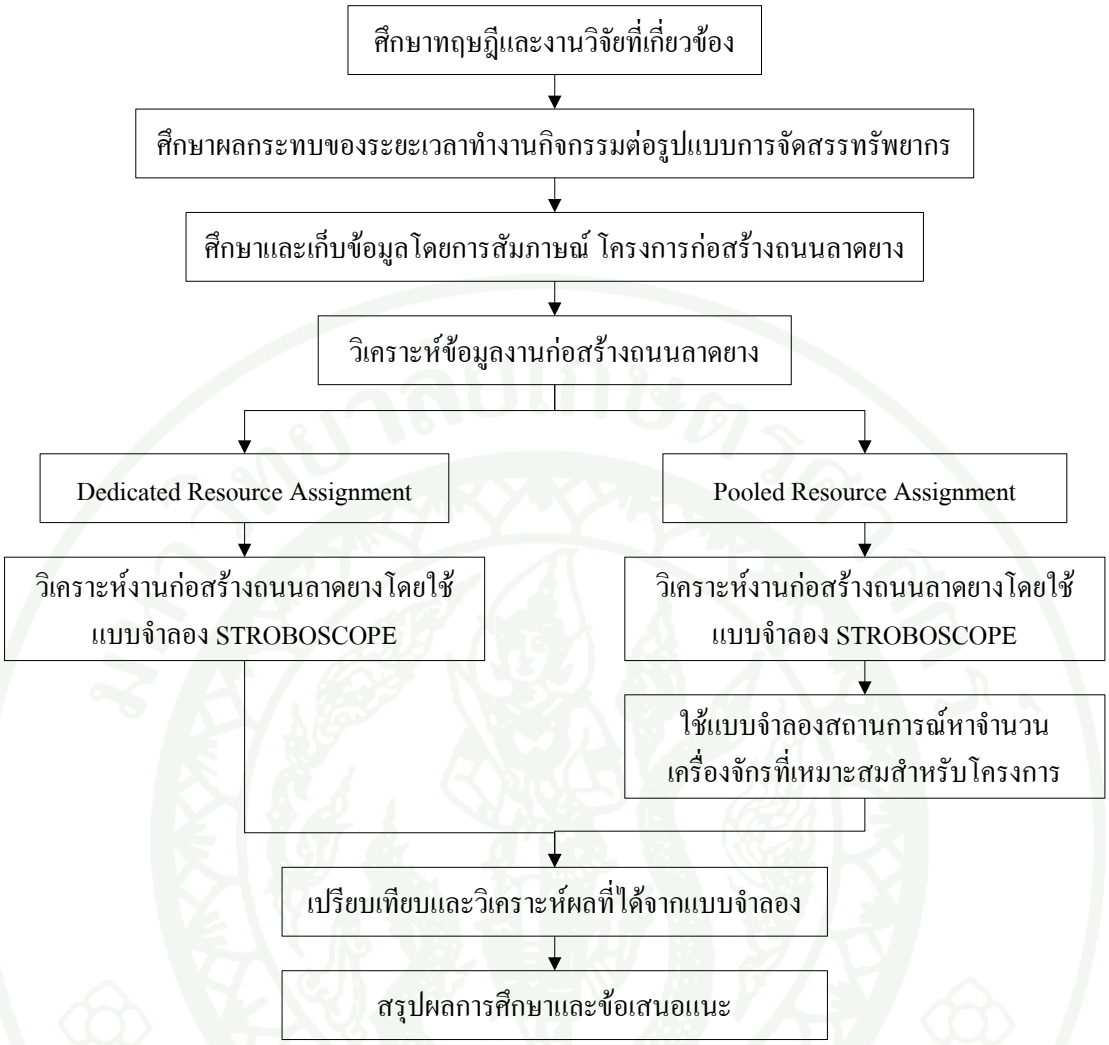
8.2 ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร

9. พัฒนาโครงข่ายงานก่อสร้างถนนลาดยางโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อหาจำนวนของทรัพยากรแต่ละประเภทในส่วนกลาง ที่ทำให้ได้ระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรมีค่าที่เหมาะสม

10. เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองแต่ละรูปแบบจากการจัดสรรทรัพยากร

11. สรุปและข้อเสนอแนะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

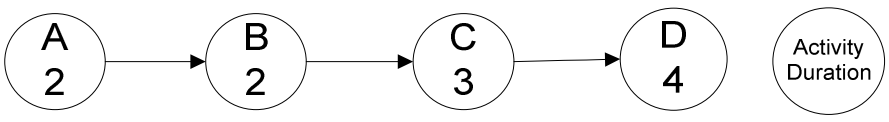
การรายงานผลจากการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการแสดงผลการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาทำงานของกิจกรรมต่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากร ส่วนที่สองเป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์และการวิเคราะห์ข้อมูลงานก่อสร้างถนนลาดยาง ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรในงานก่อสร้างถนนลาดยาง โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE และการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม

1. ผลกระทบของระยะเวลาทำงานของกิจกรรมต่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากร

จากการศึกษางานก่อสร้างที่ซ้ำกันหลายๆหน่วยหรือการผลิตที่ต่อเนื่อง ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมหรืออัตราการทำงานของกิจกรรมเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร ในกรณีที่กิจกรรมมีระยะเวลาทำงานที่ไม่เท่ากันหรืออัตราการทำงานขาดความสมดุล วิธีการวางแผนและรูปแบบการจัดทรัพยากรจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาโครงการ อัตราการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน ระยะเวลาว่างงาน รวมถึงผลิตภัณฑ์ระหว่างการก่อสร้าง

1.1 การจัดสรรทรัพยากรกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่ามากกว่า

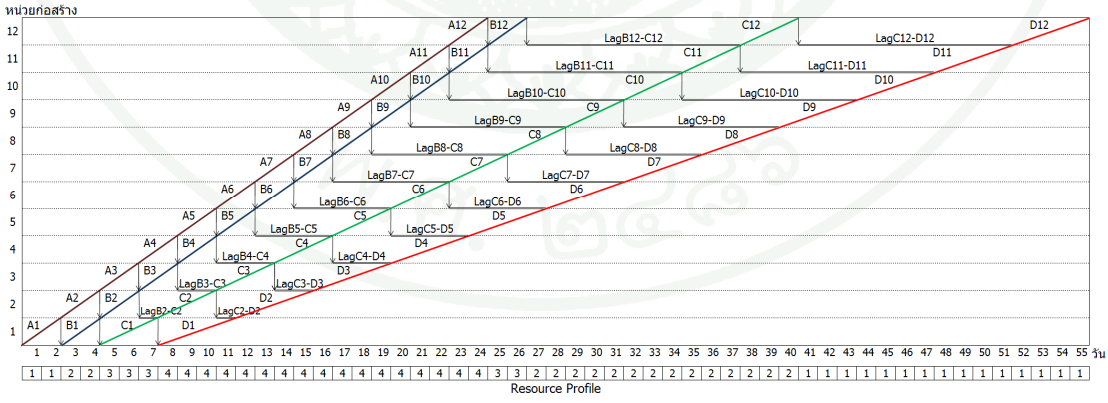
ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงผลกระทบของการจัดสรรทรัพยากรกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่ามากกว่า โครงการ H ประกอบด้วยงานก่อสร้างซ้ำๆ กัน จำนวน 12 หน่วย แต่ละหน่วยประกอบด้วย 4 กิจกรรม คือ A, B, C และ D ซึ่งมีระยะเวลาทำงานต่อหน่วยเป็น 2, 2, 3 และ 4 วัน ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมเป็นแบบ Finish to Start (FTS) แผนภาพขั้นตอนการทำงานของแต่ละหน่วยก่อสร้างดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการทำงาน 1 หน่วยก่อสร้าง โครงการ H

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment งานก่อสร้างจำนวน 12 หน่วยดังแสดงในภาพที่ 11 ได้ระยะเวลาโครงการเท่ากับ 55 วัน ซึ่งการวางแผนด้วยวิธีการวางแผนงานที่ซ้ำๆกัน และการวางแผนวิธี CPM กรณี Early Start Schedule จะให้กำหนดเวลาที่เหมือนกัน เนื่องจาก กิจกรรม C และกิจกรรม D มีระยะเวลาการทำงานต่อหน่วยที่นานกว่ากิจกรรมก่อนหน้า วันเริ่มงานของกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้างจึงถูกกำหนดโดยวันเสร็จสิ้นของกิจกรรมตัวเองในหน่วยก่อนหน้า และด้วยระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่ามากกว่าจึงเกิดระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิตขึ้น (Lag time between adjacent processes) ตัวอย่างเช่น ในแต่ละหน่วยก่อสร้างตั้งแต่หน่วยที่ 2 เป็นต้นไป เมื่อกิจกรรม B แล้วเสร็จกิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มต้นได้ทันทีเนื่องจากต้องรอคนงานที่ทำงานกิจกรรม C ในหน่วยก่อนหน้าแล้วเสร็จ ระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรม B และ C ของหน่วยที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1 วัน (LagB2-C2=1) ของหน่วยที่ 3 มีค่าเท่ากับ 2 วัน (LagB3-C3=2) และมากขึ้นตามลำดับ ระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรม B และ C ของ 12 หน่วยก่อสร้างเท่ากับ 66 วัน และเช่นเดียวกันเกิดระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรม C และ D เท่ากับ 66 วัน ดังนั้นระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งโครงการเท่ากับ 132 วัน และระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนหน่วยก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงอัตราการผลิต (Throughput Rate) ของการจัดสรรทรัพยากรรูปแบบนี้จะเห็นได้ว่าถ้าให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง อัตราการผลิตจะถูกกำหนดจากกิจกรรมที่มีระยะเวลาทำงานมากที่สุดนั้นคือ กิจกรรม D ซึ่งมีอัตราการผลิต เท่ากับ 1/4 หรือ 0.25 หน่วยต่อวัน

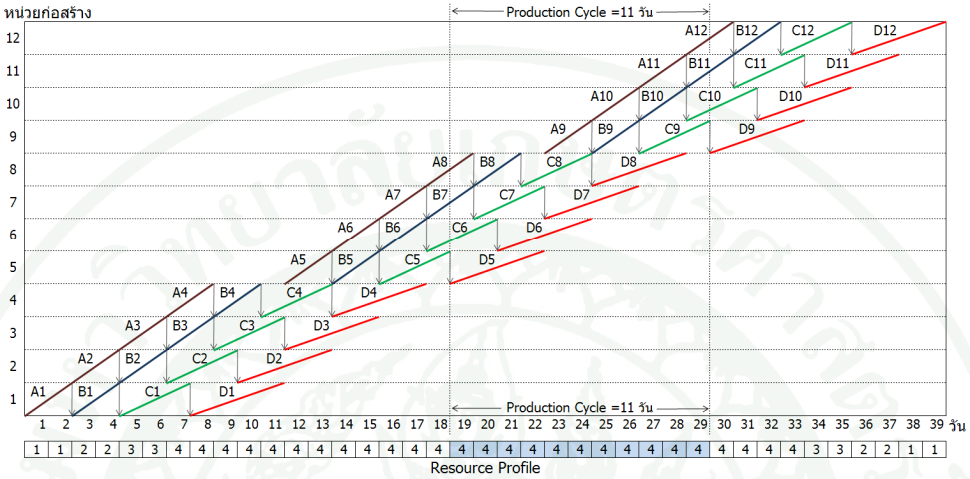


ภาพที่ 11 รูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment โครงการ H

จากตัวอย่างข้างต้น ถ้าเปลี่ยนรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรเป็นแบบ Pooled Resource Assignment คนงานที่เคยทำงานเฉพาะกิจกรรมตามแบบ Dedicated Resource Assignment จะถูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

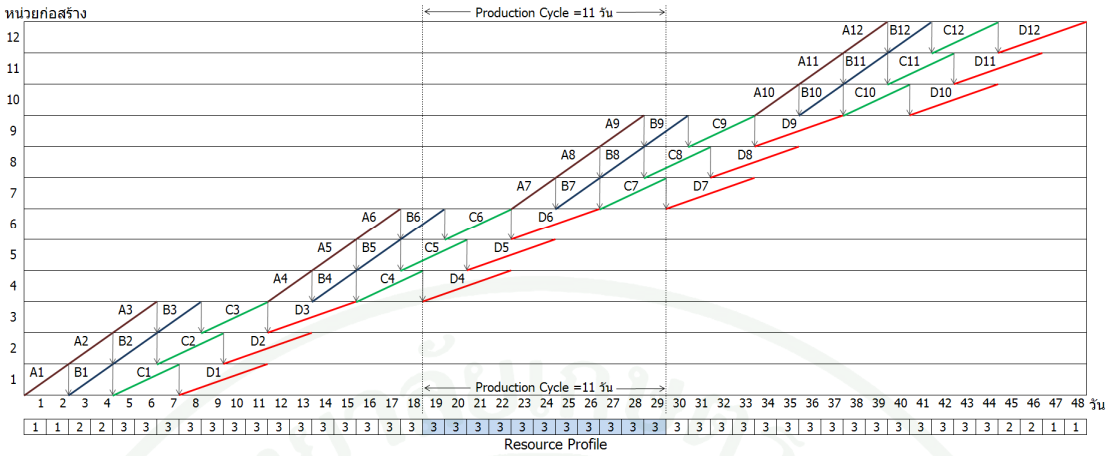
รวบรวมไว้ที่ส่วนกลาง ถ้าสมมติให้แต่ละกิจกรรมใช้คนงานหนึ่งคน ดังนั้นจำนวนคนงานรวมเท่ากับ 4 คน แผนการทำงานเมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานจำนวน 4 คน โครงการ H

จากภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่าเมื่อยกเลิกข้อกำหนดที่ให้คนงานทำงานเฉพาะของแต่ละกิจกรรมการใช้ทรัพยากรจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังสังเกตได้จากระยะเวลาโครงการที่ลดลง เนื่องจากคนงานกิจกรรม A และ B ซึ่งมีระยะเวลาทำงานที่สั้นกว่าสามารถทำงานกิจกรรม C และ D ได้ นอกจากนี้ถ้าการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง อัตราการผลิตของการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานเท่ากับ 4 คน พิจารณาจากระยะเวลาของรอบการผลิต (Production Cycle Time) จากรูปมีค่าเท่ากับ 11 วัน ต่อการก่อสร้าง 4 หน่วย คิดเป็น 0.3636 หน่วยต่อวัน จากนั้นเมื่อทดลองลดจำนวนคนงานให้เหลือ 3 คน แผนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 13 จากภาพเห็นได้ว่า ระยะเวลาของรอบการผลิตมีค่าเท่ากับ 11 วัน ต่อการก่อสร้าง 3 หน่วย คิดเป็น 0.2727 หน่วยต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

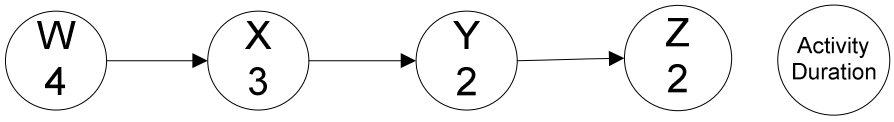


ภาพที่ 13 รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานจำนวน 3 คน โครงการ H

จากภาพที่ 11, 12 และ 13 จะเห็นได้ว่า ถ้าการก่อสร้างเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (Resource Utilization) มีค่า 100% ซึ่งสังเกตได้จากจำนวนคนงานที่ถูกกำหนดให้ทำงานในแต่ละวันมีค่าเท่ากับจำนวนคนงานทั้งหมดนั่นคือ ระยะเวลารอคอยของคนงาน มีค่าเท่ากับศูนย์ และเมื่อพิจารณาระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์จากภาพที่ 12 และ 13 จะเห็นได้ว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรมมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน

1.2 การจัดสรรทรัพยากรกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่าน้อยกว่า

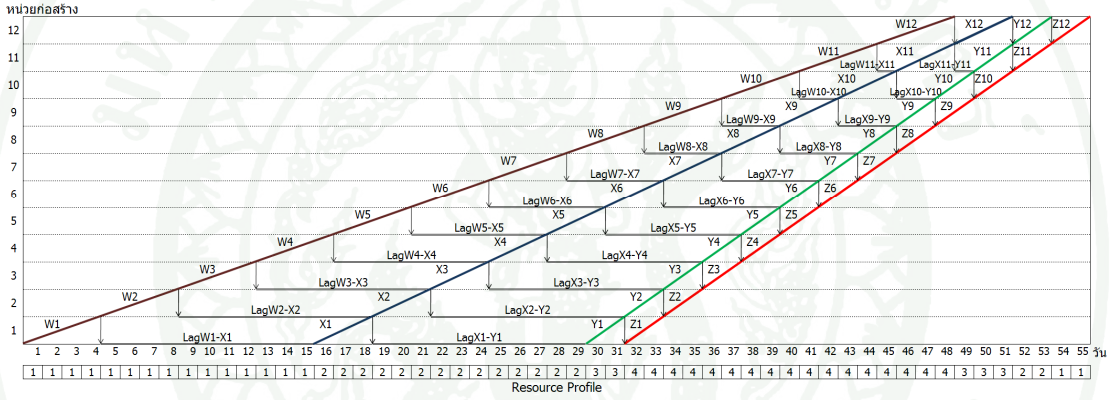
ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงผลกระทบของการจัดสรรทรัพยากรกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่าน้อยกว่า โครงการ R ประกอบด้วยงานก่อสร้างซ้ำๆ กัน จำนวน 12 หน่วย แต่ละหน่วยประกอบด้วย 4 กิจกรรม คือ W, X, Y และ Z ซึ่งมีระยะเวลาทำงานต่อหน่วยเป็น 4, 3, 2 และ 2 วัน ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมเป็นแบบ Finish to Start (FTS) แผนภาพขั้นตอนการทำงานของแต่ละหน่วยก่อสร้างดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการทำงาน 1 หน่วยก่อสร้าง โครงการ R

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อกำหนดให้กลุ่มคนงานทำงานเฉพาะสำหรับแต่ละกิจกรรม (Dedicated Resource Assignment) และใช้วิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำๆ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของการทำงาน แผนการทำงานของ 12 หน่วย ดังแสดงในภาพที่ 15 จากภาพที่ 15 พบว่า เมื่อมีการวางแผนด้วยวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่ซ้ำๆกัน เมื่อระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่าน้อยกว่า วันเริ่มต้นงานของกิจกรรมเหล่านั้นจึงถูกเลื่อนออกไปเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง งานก่อสร้างจำนวน 12 หน่วย มีระยะเวลาโครงการเท่ากับ 55 วัน ระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรมเท่ากับศูนย์ และระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งโครงการเท่ากับ 132 วัน กรณีนี้ระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างกิจกรรมจะมากที่สุดในหน่วยแรกและลดลงเรื่อยๆจนมีค่าเท่ากับศูนย์ในหน่วยสุดท้าย

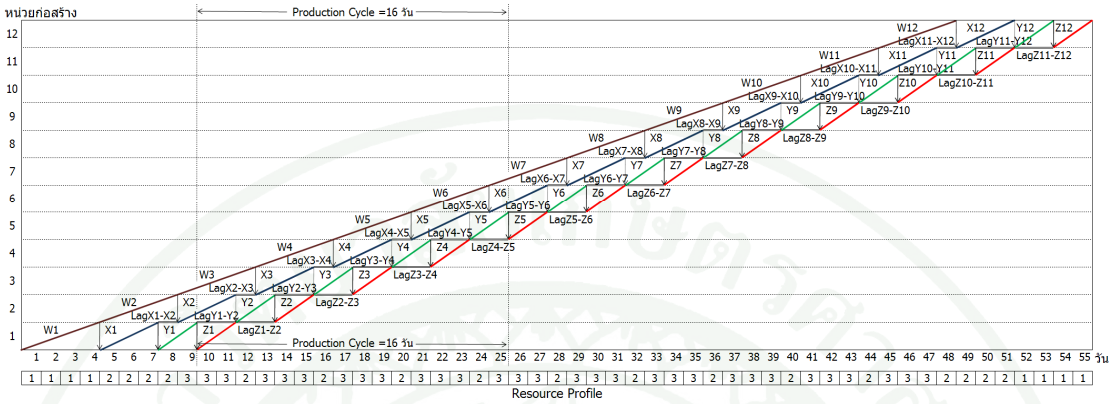


ภาพที่ 15 รูปแบบการวางแผนงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานที่ซ้ำๆ กัน โครงการ R

จากตัวอย่างข้างต้น ถ้าแผนการทำงานกำหนดจากวันเริ่มต้นที่เร็วที่สุด โดยไม่คำนึงถึงความต่อเนื่องของการทำงาน แผนการทำงานเมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment ดังแสดงในภาพที่ 16 จากภาพจะเห็นได้ว่า กิจกรรม X, Y และ Z มีระยะเวลาการทำงานต่อหน่วยที่น้อยกว่ากิจกรรมก่อนหน้า การเริ่มต้นของกิจกรรมแต่ละหน่วยก่อสร้างถูกกำหนดโดยวันเสร็จของกิจกรรมก่อนหน้าในหน่วยเดียวกัน ทำให้การทำงานของกลุ่มคนงานในแต่ละกิจกรรมขาดความต่อเนื่อง จากภาพที่ 16 งานก่อสร้างจำนวน 12 หน่วย มีระยะเวลาโครงการเท่ากับ 55 วัน ระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ระหว่างก่อสร้างเท่ากับศูนย์ และระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรมของกิจกรรม X ระหว่างหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 เท่ากับ 1 วัน (LagX1-X2=1) กิจกรรม X ระหว่างหน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 เท่ากับ 1 วัน (LagX2-X3=1) ซึ่งมีค่าเท่ากันทุกหน่วย ดังนั้นระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรม X ทั้งโครงการเท่ากับ 11 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

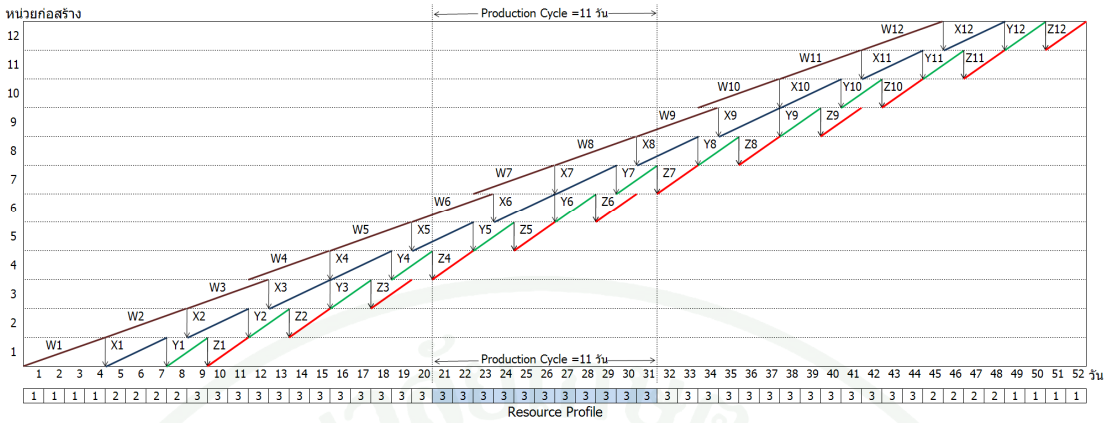
และเช่นเดียวกันเกิดระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรมของ Y และ Z เท่ากับ 22 และ 22 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 16 รูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment โครงการ R

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาอัตราการผลิต สำหรับการจัดสรรทรัพยากรรูปแบบนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อสมมติให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องทุก 4 วัน ได้ผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย คิดเป็นอัตราการผลิตเท่ากับ 0.25 หน่วยต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรเกิดขึ้นไม่เต็มที่ สังเกตจากจำนวนคนงานที่ใช้ในแต่ละวันมีค่าน้อยกว่าจำนวนคนงานที่มีอยู่ ซึ่งมีการใช้คนงานสูงสุดเพียง 3 คน เท่านั้น ในตัวอย่างข้างต้นถ้าเปลี่ยนรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment และลดจำนวนคนงานรวมเหลือ 3 คน แผนภาพการทำงานของแต่ละหน่วยก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 17 จากภาพแสดงให้เห็นว่าเมื่อยกเลิกข้อกำหนดที่ให้คนงานทำงานเฉพาะของแต่ละกิจกรรม การใช้ทรัพยากรจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากอัตราการใช้คนงานที่มีค่าเท่ากับ 3 คน และมีระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรมเท่ากับศูนย์ และระยะเวลารอคอยรวมของผลิตภัณฑ์ระหว่างก่อสร้างเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาอัตราการผลิตจะเห็นว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment เมื่อมีคนงานเท่ากั บ 3 คน และการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลาของรอบการผลิตมีค่าเท่ากับ 11 วัน ต่อการก่อสร้าง 3 หน่วย คิดเป็น 0.2727 หลังต่อวัน เท่ากับกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมที่ตามมามีค่ามาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 รูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment โครงการ R

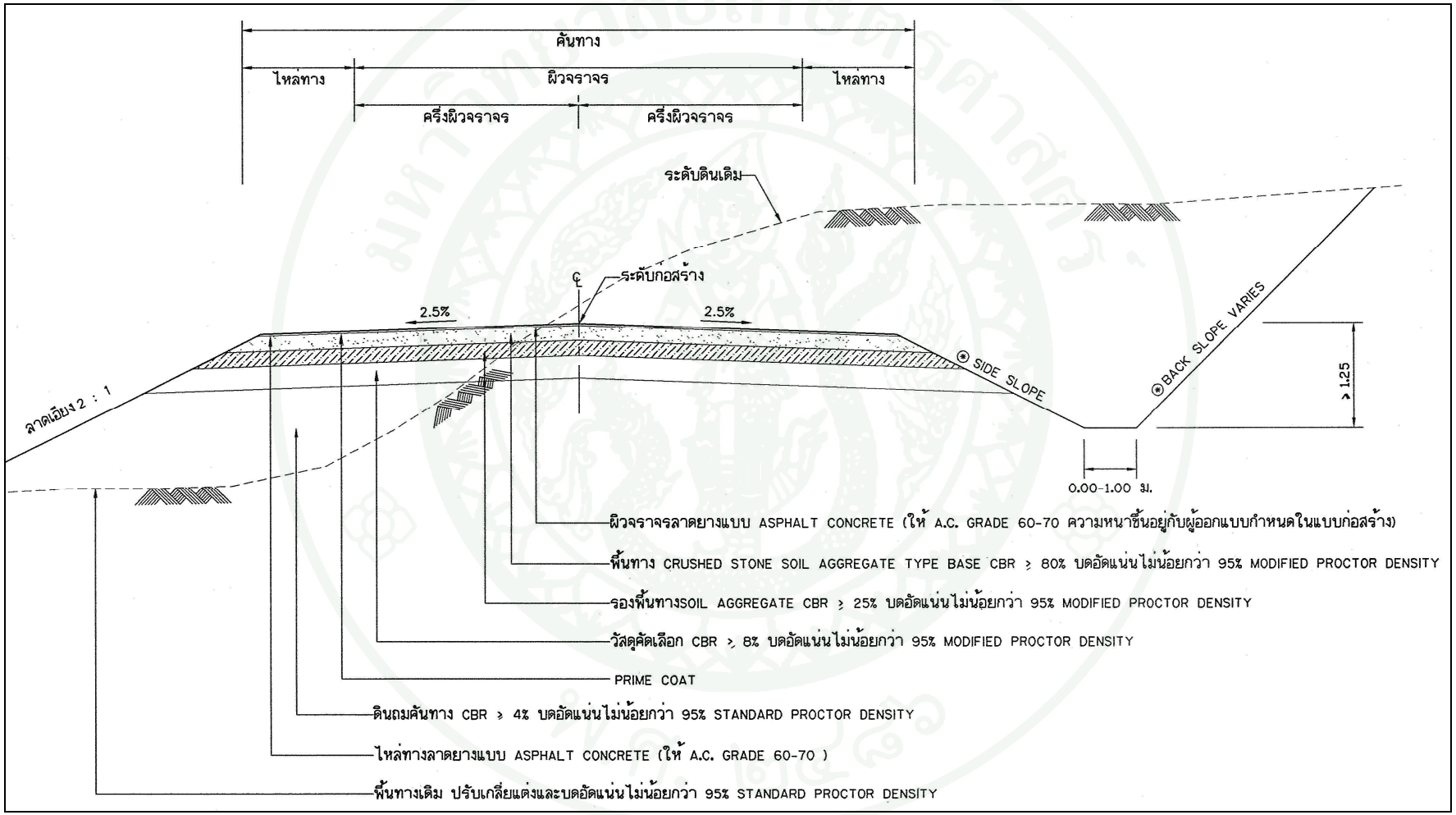
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการก่อสร้างถนนลาดยาง

โครงการตัวอย่างเป็นโครงการก่อสร้างถนนลาดยาง Asphaltic Concrete โดยโครงการดังกล่าวก่อสร้างผิวจราจรและไหล่ทางลาดยางแบบแอสฟัลติกคอนกรีต กว้าง 6.00 เมตร ไหล่ทางข้างละ 1.00 เมตร ระยะทาง 7.80 กิโลเมตร ใช้แบบก่อสร้างตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท ดังแสดงในภาพที่ 18 ลักษณะการทำงานของผู้ประกอบการจะแบ่งระยะทางการงานก่อสร้างออกเป็นหน่วย (section) โดยแต่ละ section มีความยาว 600 เมตร ซึ่งโครงการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 13 section โดยที่ทุกหน่วยจะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 5 กิจกรรม ที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกันทุกหน่วย ดังแสดงในตารางที่ 3 และประเภทเครื่องจักรที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนดังแสดงในตารางที่ 4 จากการทำงานของผู้ประกอบการ การใช้จำนวนเครื่องจักรในแต่ละกิจกรรมก่อสร้างงานถนนลาดยางดังแสดงในตารางที่ 5 และการทำงานของผู้ประกอบการจะดำเนินการก่อสร้างทุกวัน (วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์) ส่วนวิธีการวางแผนงานผู้ประกอบการเลือกใช้การวางแผนแบบเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) กรณีเริ่มงานเร็วสุด (Early Start, ES)

เพื่อศึกษารูปแบบการจัดสรรทรัพยากร ตัวอย่างโครงการนี้กำหนดให้รูปแบบการเช่าเครื่องจักรเป็นรูปแบบการเช่าเครื่องจักรรายวัน โดยที่ค่าเช่าเครื่องจักรใช่ค่าเช่าอ้างอิงจาก บริษัท ไทยเทคเร้นท์ทัล จำกัด ปี 2553 บริษัท ว.อมรชัยวิศวกรรม จำกัด ปี 2553 และหจก. สุขสมบัติขอนแก่น ปี 2553 โดยที่การคำนวณคิดค่าเช่าเครื่องจักรใช้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 โครงสร้างถนนลาดยาง

ตารางที่ 3 กิจกรรมที่ใช้ในการก่อสร้างแต่ละ section

ลำดับ	กิจกรรม	
1	งานถางป่าขุดตอ	(Clearing and Grubbing)
2	งานคันทาง	(Embankment)
3	งานรองพื้นทาง	(Sub Base)
4	งานพื้นทาง	(Base)
5	งานผิวทาง	(Surface)

ตารางที่ 4 เครื่องจักรในงานก่อสร้างถนนลาดยาง

ลำดับ	เครื่องจักร	
1	รถแทรกเตอร์	(Tractor)
2	รถขุดตัก	(Backhoe)
3	รถเกลี่ย	(Grader)
4	รถพรมน้ำ	(Water Tank Truck)
5	รถบดชนิดตีนแกะ	(Sheepfoot Compactor)
6	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(Steel Roller Compactor)
7	รถบดชนิดล้อยาง	(Tires Roller Compactor)
8	รถบดชนิด 3 ล้อ	(Three Wheel Tandem Roller)
9	เครื่องรีดยาง	(Asphalt Paver)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	เครื่องจักร	จำนวน
งานถางป่าขุดตอ	Tractor	1
	Backhoe	1
งานคันทาง	Water Tank Truck	1
	Grader	1
	Sheepfoot Compactor	1
	Steel Roller Compactor	1
งานรองพื้นทาง	Water Tank Truck	1
	Grader	1
	Sheepfoot Compactor	1
	Steel Roller Compactor	1
งานพื้นทาง	Water Tank Truck	1
	Grader	1
	Three Wheel Tandem Roller	1
	Steel Roller Compactor	1
งานผิวทาง	Asphalt Paver	1
	Three Wheel Tandem Roller	1
	Tires Roller Compactor	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าเช่าเครื่องจักรรายวัน

ลำดับ	เครื่องจักร	ค่าเช่ารายวัน (บาท)			
		บริษัท ไทยเทคเร้นท์ทัล	บริษัท ว.อมรชัยวิศวกรรม	หจก. สุขสมบัติ ขอนแก่น	เฉลี่ย
1	รถแทรกเตอร์	6,500	7,000	6,500	6,667
2	รถขุดตัก	5,000	5,000	5,000	5,000
3	รถเกลี่ย	9,000	10,000	11,000	10,000
4	รถพรมน้ำ	4,500	5,000	5,000	4,833
5	รถบดชนิดตีนแกะ	5,000	6,000	6,000	5,667
6	รถบดชนิดล้อเหล็ก	5,000	7,000	6,000	6,000
7	รถบดชนิดล้อยาง	3,000	5,000	4,000	4,000
8	รถบดชนิดสามล้อ	4,000	4,500	4,000	4,167
9	เครื่องรีดยาง	8,000	8,000	8,000	8,000

ที่มา: บริษัท ไทยเทคเร้นท์ทัล จำกัด (2553) www.thaitec.co.th

บริษัท ว.อมรชัยวิศวกรรม จำกัด (2553) www.vamonchai.com

หจก. สุขสมบัติ ขอนแก่น (2553) www.suksombat.com

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ สามารถนำมาวิเคราะห์ตามแนวทางการศึกษา ดังนี้

1. ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างถนนและโครงข่าย

จากการศึกษาแผนการดำเนินงานก่อสร้างถนนลาดยางแอสฟัลติกคอนกรีต จากผู้ประกอบการพบว่าอัตราการทำงานแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 7 และสามารถเขียนโครงข่ายความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมตามแผน ดังแสดงในภาพที่ 19 โดยขั้นตอนวิธีการก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมอธิบายดังนี้

1. งานถางป่าขุดต่อ (Clearing and Grubbing) การถางป่าขุดตอ ให้ทำภายในเขตทางหรือตามที่กำหนดไว้ตามแบบ การขุดเพื่อก่อสร้างงานโครงสร้าง ให้ขุด ตอ ราก สิ่งสกปรก ออกต่ำกว่าระดับดินเดิมไม่น้อยกว่า 30 ซม. ต้นไม้ที่อยู่นอกเขตคันทางหรือนอกเชิงลาดดินตัดให้คงไว้ ทั้งนี้ให้ขึ้นอยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ก่อนส่งงวดงานให้เกลี่ย ปาด แต่ง และกำจัดเศษวัสดุให้เรียบร้อย

2. งานตัดคันทาง (Roadway Excavation) ก่อจะเริ่มงานถมคันทาง ถ้ามีโพรงหรือหลุมจะต้องใช้วัสดุที่เหมาะสมกลบ แล้วบดทับให้แน่นและเรียบ การถมคันทางจะต้องสร้างให้ได้แนว ระดับ ลาด ขนาด และรูปตัดตามที่แสดงไว้ในแบบ วัสดุที่จะทำการบดอัดแต่ละชั้น ต้องผ่านการผสมให้เข้ากัน โดยใช้ใบมีดรถเกลี่ย เกลี่ยกลับไปกลับมาจนเป็นเนื้อเดียวกัน พรมน้ำแล้วใช้รถเกลี่ยปาด เกลี่ยให้วัสดุมีความชื้นสม่ำเสมอทั่วกัน ก่อนทำการบดทับให้แน่นและมีความชื้นสม่ำเสมอ การถมคันทางจะต้องก่อสร้างเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 20 ซม. ทุกๆชั้นจะต้องบดทับให้แน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐาน

3. งานชั้นรองพื้นทาง (Sub Base) ก่อนลงกองวัสดุพื้นคันทางจะต้องราดน้ำให้เปียกโดยตลอดแล้วตกแต่งและบดทับเพื่อให้พื้นคันทางรองรับวัสดุรองพื้นทางได้ วัสดุที่นำมาใช้เป็นชั้นรองพื้นทางต้องถูกคลุกเคล้า ให้สม่ำเสมอแล้วกองไว้เป็น Stockpile เพื่อการตรวจสอบเสียก่อน เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้วนำวัสดุมาเกลี่ยแผ่ไปบนคันทางทำการบดทับให้แน่นและมีความชื้นสม่ำเสมอ โดยแต่ละชั้นหนาไม่เกิน 20 ซม. ทุกๆชั้นจะต้องบดทับให้แน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของความแน่นมาตรฐาน ระดับชั้นรองพื้นทางจะต้องไม่สูงหรือไม่ต่ำกว่าระดับตามแบบก่อสร้าง เกิน 1.5 ซม. แปลงใดที่ผิดไปจากแบบให้ทำการรื้อแล้วทำการบดทับให้แน่นและได้ระดับสม่ำเสมอ

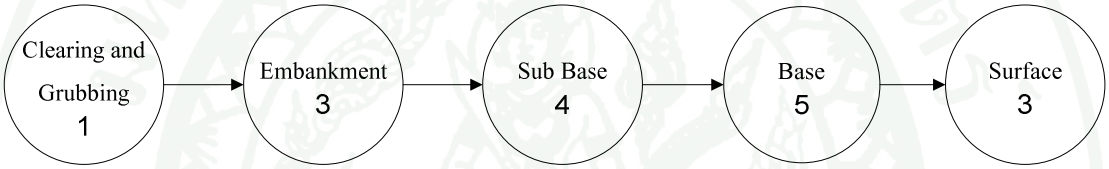
4. งานชั้นพื้นทาง (Base) ก่อนก่อสร้างชั้นพื้นทางให้ตรวจสอบระดับและความเรียบร้อยต่างๆ ของชั้นรองพื้นทางหรือชั้นคันทางให้ถูกต้องก่อน จากนั้นทำการเกลี่ยวัสดุพื้นทางให้สม่ำเสมอตลอดทั่วผิวหน้า และราดน้ำให้มีความชื้นให้ทั่วสม่ำเสมอ ทำการบดทับให้แน่นและมีความชื้นสม่ำเสมอ การบดทับให้ทำทันทีหลังจากเกลี่ยวัสดุได้แล้ว ทำการบดให้แน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐาน

5. งานผิวทาง (Surface Treatment) ก่อนที่จะเริ่มปูผิวทางต้องตรวจสอบพื้นทางที่จะปูต้องสะอาดโดยมีการพ่นยาง (Prime Coat) ลงบนชั้นพื้นทางก่อน ในการขนส่งยางแอสฟัลท์เพื่อนำมาปูที่หน้างานต้องไม่ให้อุณหภูมิต่ำกว่า 270 F เมื่อปูแอสฟัลท์แล้วให้บดอัดครั้งแรกด้วยรถบดล้อเหล็กเรียบชนิด 2 ล้อ (Tandem Steel Wheel Rollers) หรือรถบดล้อเหล็กเรียบชนิด 3 ล้อ ที่มีน้ำหนัก 8 – 10 ตัน ด้วยความเร็ว 5 kph ประมาณ 2 เที่ยว ให้บดอัดตามด้วยรถบดล้อยาง (Tires Rollers Compactors) เมื่อความแน่นได้แล้วให้บดอัดครั้งสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็กเรียบ ทำการปิดการจราจรไว้อย่างน้อย 16 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรม สำหรับงานก่อสร้างถนนระยะทาง 600 เมตร

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะการทำงาน (วัน)
1	งานถางป่าขุดตอ	1
2	งานคันทาง	3
3	งานรองพื้นทาง	4
4	งานพื้นทาง	5
5	งานผิวทาง	3



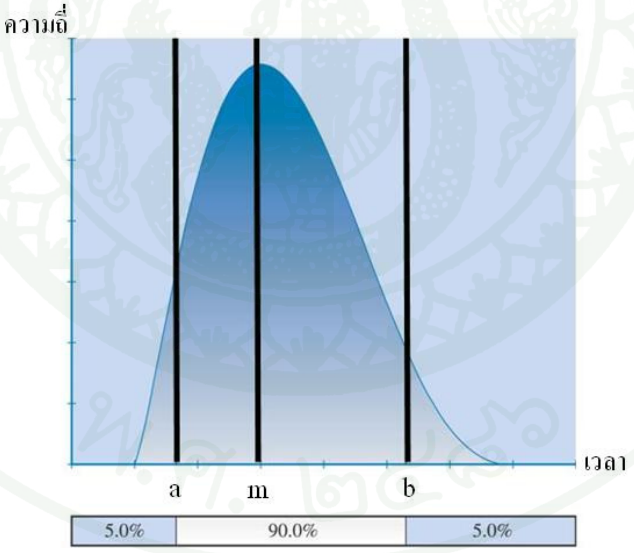
ภาพที่ 19 โครงข่ายความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การกระจายตัวของระยะเวลาทำงานกิจกรรม

จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์พบว่าระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมอาจเกิดการผันแปรหรือมีความไม่แน่นอน จึงให้ผู้ประกอบการก่อสร้างทำการประมาณค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าที่พบบ่อย ของระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรม เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์หาสมการการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานในแต่ละกิจกรรม โดยใช้สมการการกระจายตัวแบบ PERT ซึ่งสมการการกระจายตัวแสดงในตารางที่ 8

เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (Program Evaluation and Review Technique, PERT) เป็นการทำกำหนดเวลาแบบโครงข่ายคล้ายกับวิธีเส้นทางวิกฤติแต่จะใช้หลักสถิติในการคำนวณความน่าจะเป็นของการทำงานแต่ละกิจกรรม และความเป็นไปได้ที่โครงการจะเสร็จตามที่กำหนด โดยสมมุติให้ข้อมูลของระยะเวลาทำงานของกิจกรรมกระจายตัวแบบเบต้า (Beta Distribution) ตัวอย่างกราฟการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานกิจกรรมแสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 กราฟการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานกิจกรรม

สมการ PERT คือ PERT[a, m, b] โดยที่

a หมายถึง optimistic estimate (ค่าประมาณการณ์ของระยะเวลาที่สั้นที่สุด)

m หมายถึง most likely estimate (ค่าประมาณการณ์ของระยะเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด)

b หมายถึง pessimistic estimate (ค่าประมาณการณ์ของระยะเวลาที่ช้าที่สุด)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมในเทคนิค PERT ซึ่งมีค่าไม่แน่นอน สามารถคำนวณหาระยะเวลาคาดการณ์ (Expected Time, Te), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S) และค่าความแปรปรวน (Variance, V) ได้จากสมการดังนี้

$$Te = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

$$S = \frac{(b - a)}{6}$$

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

ตารางที่ 8 การกระจายตัวของระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม สำหรับงานก่อสร้างถนน ระยะทาง 600 เมตร

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะการทำงาน (วัน)			สมการ
		a	*m*	*b*	
1	งานถางป่าขุดตอ	0.5	1	1.5	PERT[0.5,1,1.5]
2	งานเกลี่ยดิน	0.92	1	1.08	PERT[0.92,1,1.08]
3	งานคันทาง	1.5	2	3	PERT[1.5,2,3]
4	งานรองพื้นทาง	2.5	3	4	PERT[2.5,3,4]
5	งานพื้นทาง	3.5	4	5	PERT[3.5,4,5]
6	งานผิวทาง	2.5	3	4	PERT[2.5,3,4]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การวิเคราะห์กระบวนก่อสร้างถนนลาดยางโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE

จากการศึกษาในส่วนการตรวจเอกสารพบว่าการนำแบบจำลองเข้ามาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์การดำเนินงานก่อสร้าง เพื่อที่เรียนรู้พฤติกรรมของกระบวนการทำงานซับซ้อนได้ ดังนั้น แบบจำลอง STROBOSCOPE คือแบบจำลองสถานการณ์ทั่วไปที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้าง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการทำงานจริงที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการเก็บข้อมูล อาทิเช่น กิจกรรมที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้าง ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน และปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานของแต่ละกิจกรรมหยุดชะงัก เป็นต้น เพื่อศึกษารูปแบบการจัดทรัพยากรแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาการจำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรระหว่าง Dedicated Resource Assignment และ Pooled Resource Assignment ส่วนที่สองเป็นการศึกษาการใช้แบบจำลองเหตุการณ์ เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับโครงการ

จากการสร้างโครงข่ายลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมลงในแบบจำลอง STROBOSCOPE โดยกำหนดระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม กำหนดประเภทและจำนวนทรัพยากรแต่ละกิจกรรม ทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE จำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง ระยะทาง 7.80 กิโลเมตร โดยแบ่งระยะทางก่อสร้างเป็น section ที่มีความยาว 600 เมตร ซึ่งโครงการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 13 section โดยที่ทุกแปลงก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 5 กิจกรรม ประกอบด้วย งานถางป่าขุดตอ งานคันทาง งานรองพื้นทาง งานพื้นทาง และงานผิวทาง โดยกำหนดให้ทุกกิจกรรมเริ่มต้นงานได้เร็วที่สุด (Early Start) ตามความสัมพันธ์ทางเทคนิค (Technical Relationships) และจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ (Resource Availability) แต่สำหรับกิจกรรมงานผิวทางสามารถเริ่มต้นงานได้เร็วที่สุดแต่ต้องมีความต่อเนื่องของการทำงานด้วย และกำหนดให้เมื่อมีจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment กิจกรรมงานผิวทางเริ่มต้นงานได้เมื่อกิจกรรมก่อนหน้าในทุก section แล้วเสร็จ

1. จำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากร

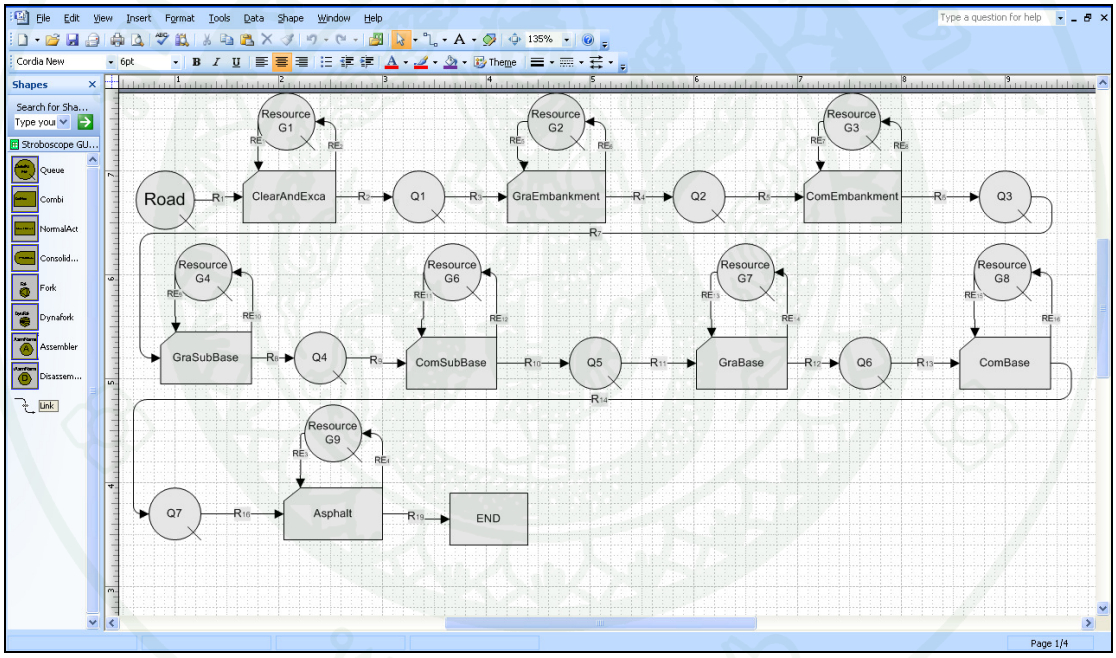
การศึกษาการจำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรระหว่าง Dedicated Resource Assignment และ Pooled Resource Assignment

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ 1) กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่ 2) กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมมีการกระจายตัว ผลจากการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่

จำลองเหตุการณ์เมื่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment โดยจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 5 ค่าเช่าเครื่องจักรเป็นไปตามตารางที่ 6 และระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 7 การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรดังแสดงในภาพที่ 21



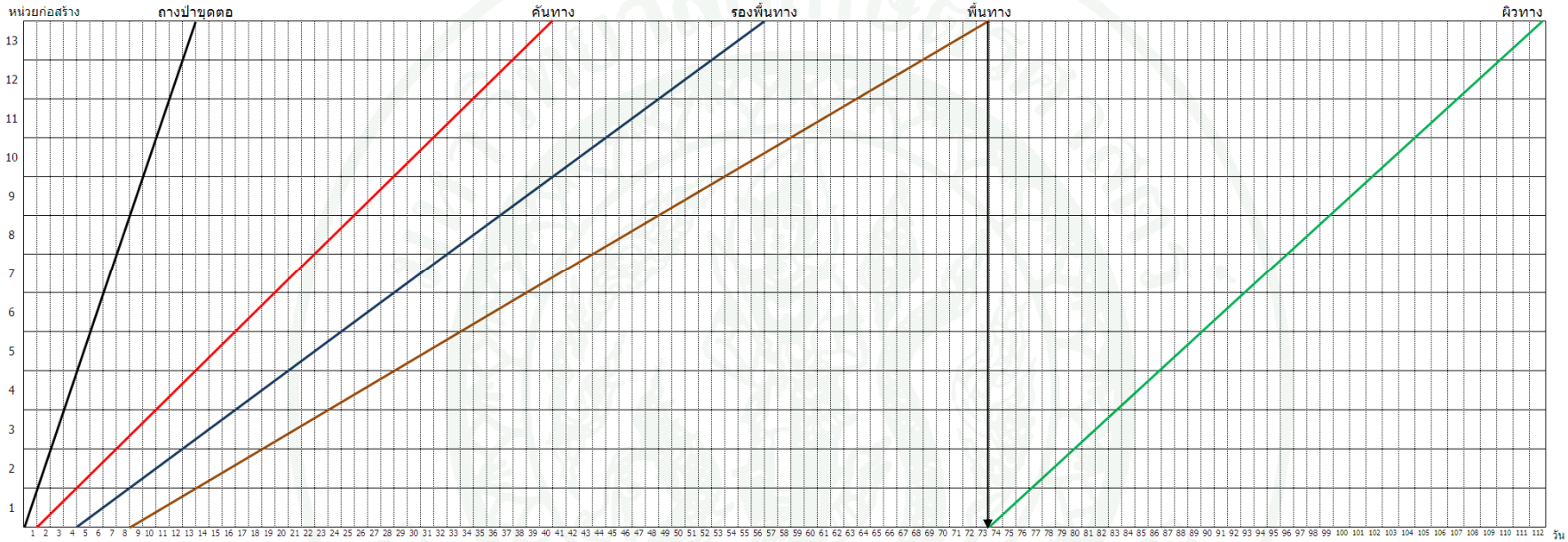
ภาพที่ 21 การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

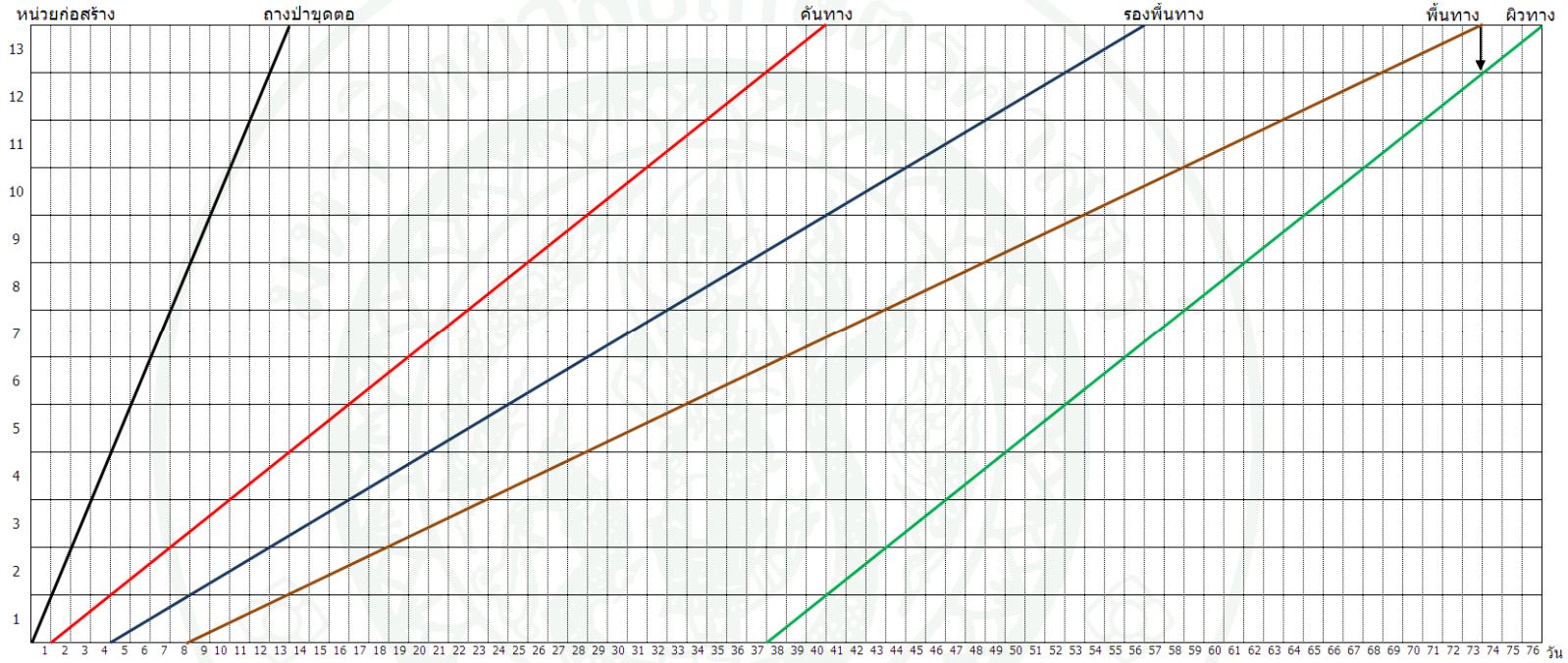
ผลจากการจำลองเหตุการณ์พบว่า เมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment ให้แผนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 22 จากภาพเห็นได้ว่ากิจกรรมงานผิวทางใน หน่วยแรกจะเริ่มต้นงานได้เมื่อกิจกรรมงานพื้นทางซึ่งเป็นกิจกรรมก่อนหน้าในทุก section แล้วเสร็จก่อน ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 112 วัน มีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเท่ากับ 4,841,187 บาท

ในกรณีข้างต้น กำหนดให้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่ ผู้ก่อสร้างอาจลดระยะเวลาการก่อสร้างลง โดยการเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทาง วันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทางที่เร็วที่สุดที่ทำให้การทำงานของกิจกรรมผิวทางมีความต่อเนื่อง คือวันที่ 37 ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 76 วัน มีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเท่ากับ 4,841,187 บาท โดยแผนงานก่อสร้างดังแสดงในภาพที่ 23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

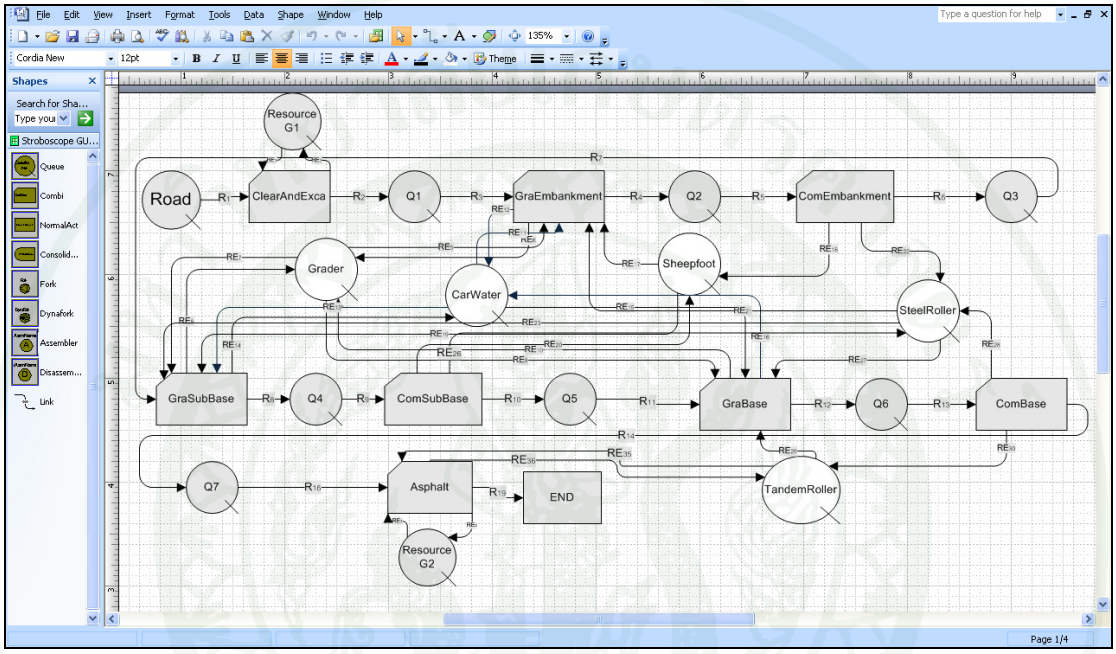


ภาพที่ 22 แผนการทำงานรูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่



ภาพที่ 23 แผนการทำงานรูปแบบการจัด Dedicated Resource Assignment เลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทาง

เมื่อจำลองเหตุการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment โดยที่จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 5 ค่าเช่าเครื่องจักรเป็นไปตามตารางที่ 6 และระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 7 การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรดังแสดงในภาพที่ 24

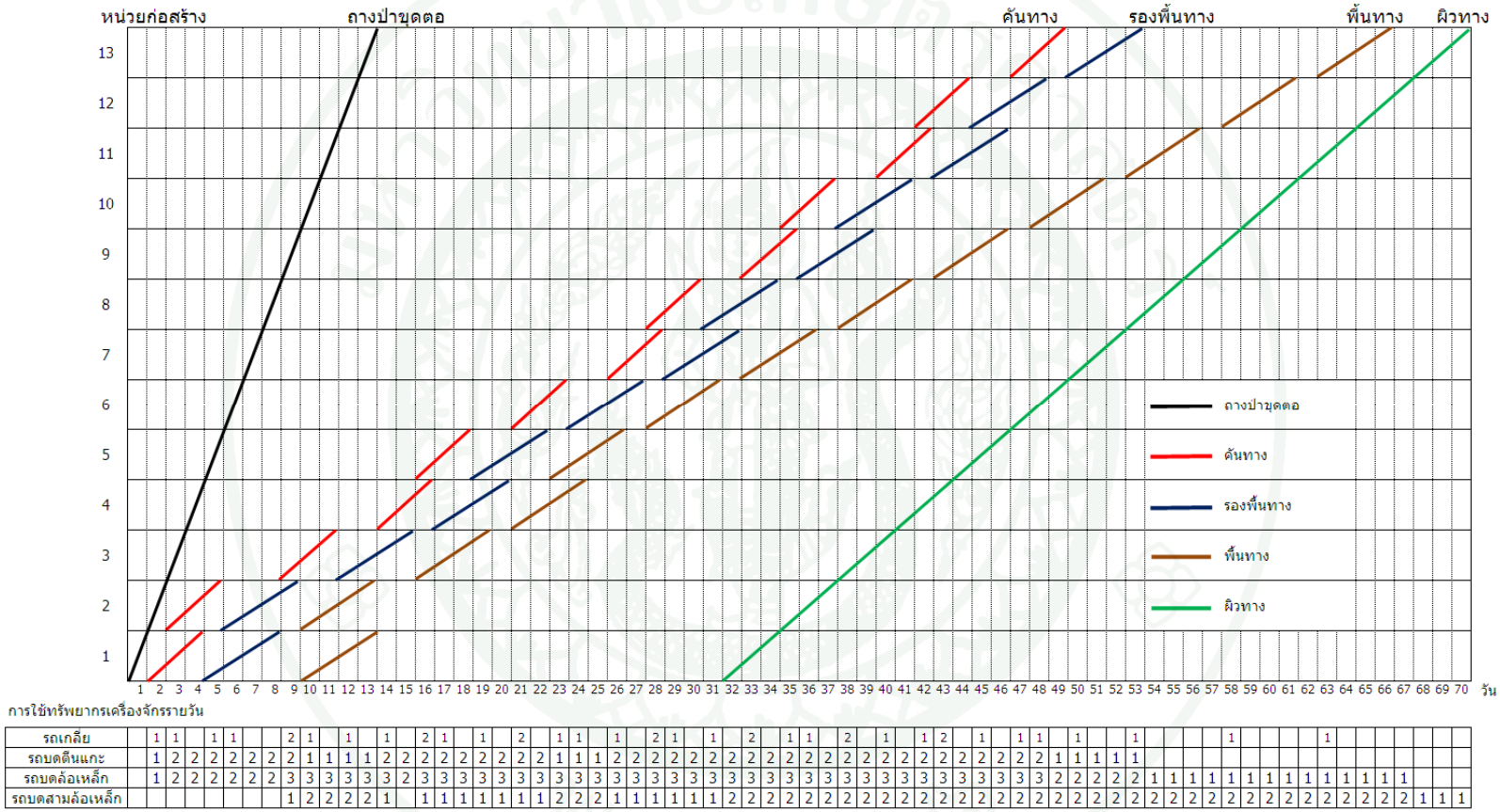


ภาพที่ 24 การใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment

ผลจากการจำลองเหตุการณ์พบว่า เมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ให้แผนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 25 จากภาพเห็นได้ว่าเมื่อร่วมทรัพยากรเครื่องจักรไว้ที่ส่วนกลาง ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 70 วัน มีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเท่ากับ 4,211,878 บาท

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่ รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ให้ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้นกว่าและมีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรที่ดีกว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 แผนการทำงานรูปแบบการจัด Pooled Resource Assignment กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมคงที่

ตัวอย่างการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายเครื่องจักร โดยใช้ค่าเช่าเครื่องจักรตามตารางที่ 6 เมื่อจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment จากภาพที่ 22 สามารถอธิบายวิธีคิดคำนวณ ดังนี้

งานถางป่าขุดตอ เริ่มต้นงานกิจกรรมใน section 1 วันที่ 1 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 13 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 13 วัน งานงานถางป่าขุดตอประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเครื่องจักรดังนี้ รถแทรกเตอร์ 1 คัน ค่าเช่า 6,667 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 86,671 บาท รถขุดตัก 1 คัน ค่าเช่า 5,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 65,000 บาท

งานคันทาง เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 2 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 40 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 39 วัน งานคันทางประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเครื่องจักรดังนี้ รถบดตีนแกะ 1 คัน ค่าเช่า 5,667 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 221,013 บาท รถบดล้อเหล็ก 1 คัน ค่าเช่า 6,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 234,000 บาท รถเกลี่ย 1 คัน ค่าเช่า 10,000 บาทต่อวัน และรถพรมน้ำ 1 คัน ค่าเช่า 4,833 บาทต่อวัน เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 2 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 38 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 37 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 548,821 บาท

งานรองพื้นทาง เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 5 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 56 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 52 วัน งานรองพื้นทางประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเครื่องจักรดังนี้ รถบดตีนแกะ 1 คัน ค่าเช่า 5,667 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 294,684 บาท รถบดล้อเหล็ก 1 คัน ค่าเช่า 6,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 312,000 บาท รถเกลี่ย 1 คัน ค่าเช่า 10,000 บาทต่อวัน และรถพรมน้ำ 1 คัน ค่าเช่า 4,833 บาทต่อวัน เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 5 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 53 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 49 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 726,817 บาท

งานพื้นทาง เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 9 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 73 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 65 วัน งานพื้นทางประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเครื่องจักรดังนี้ รถบดสามล้อเหล็ก 1 คัน ค่าเช่า 4,167 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 270,855 บาท รถบดล้อเหล็ก 1 คัน ค่าเช่า 6,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 390,000 บาท รถเกลี่ย 1 คัน ค่าเช่า 10,000 บาทต่อวัน และรถพรมน้ำ 1 คัน ค่าเช่า 4,833 บาทต่อวัน เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 9 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 69 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 61 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 904,813 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานผิวทาง เริ่มต้นงานใน section 1 วันที่ 74 และงานแล้วเสร็จใน section 13 วันที่ 112 ดังนั้นใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 39 วัน งานผิวทางประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเครื่องจักรดังนี้ รถบดสามล้อเหล็ก 1 คัน ค่าเช่า 4,167 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 162,513 บาท รถบดล้อยาง 2 คัน ค่าเช่า 4,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 312,000 บาท เครื่องรีดยาง 1 คัน ค่าเช่า 8,000 บาทต่อวัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 312,000 บาท

ดังนั้นค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเมื่อมีรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment เท่ากับ 4,841,187 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอย่างการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายเครื่องจักร โดยใช้ค่าเช่าเครื่องจักรตามตารางที่ 6 เมื่อจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment จากภาพที่ 25 สามารถอธิบายวิธีคิดคำนวณ ดังนี้

รถแทรกเตอร์ คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 1 และแล้วเสร็จวันที่ 13 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 13 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 86,671 บาท

รถขุดตัก คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 1 และแล้วเสร็จวันที่ 13 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 13 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 65,000 บาท

รถเกลี่ย และรถพรมน้ำ อย่างละคัน กลุ่มที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 2 และแล้วเสร็จวันที่ 63 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 62 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 919,646 บาท

รถเกลี่ย และรถพรมน้ำ อย่างละคัน กลุ่มที่ 2 เริ่มต้นงานวันที่ 9 และแล้วเสร็จวันที่ 43 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 35 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 519,155 บาท

รถบดตีนแกะ คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 2 และแล้วเสร็จวันที่ 53 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 52 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 294,684 บาท

รถบดตีนแกะ คันที่ 2 เริ่มต้นงานวันที่ 3 และแล้วเสร็จวันที่ 48 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 46 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 260,682 บาท

รถบดล้อเหล็ก คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 2 และแล้วเสร็จวันที่ 67 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 66 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 396,000 บาท

รถบดล้อเหล็ก คันที่ 2 เริ่มต้นงานวันที่ 3 และแล้วเสร็จวันที่ 53 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 51 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 306,000 บาท

รถบดล้อเหล็ก คันที่ 3 เริ่มต้นงานวันที่ 9 และแล้วเสร็จวันที่ 48 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 40 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 240,000 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รถบดสามล้อเหล็ก คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 9 และแล้วเสร็จวันที่ 70 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 62 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 258,354 บาท

รถบดสามล้อเหล็ก คันที่ 2 เริ่มต้นงานวันที่ 10 และแล้วเสร็จวันที่ 67 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 58 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 241,686 บาท

รถบดล้อยาง คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 32 และแล้วเสร็จวันที่ 70 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 39 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 156,000 บาท

รถบดล้อยาง คันที่ 2 เริ่มต้นงานวันที่ 32 และแล้วเสร็จวันที่ 70 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 39 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 156,000 บาท

เครื่องรีดยาง คันที่ 1 เริ่มต้นงานวันที่ 32 และแล้วเสร็จวันที่ 70 ระยะเวลาทำงานเท่ากับ 39 วัน ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 312,000 บาท

ดังนั้นค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเมื่อมีรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment เท่ากับ 4,211,878 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมมีการกระจายตัว

จำลองเหตุการณ์เมื่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment โดยจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 5 ค่าเช่าเครื่องจักรเป็นไปตามตารางที่ 6 และระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 8 กำหนดรอบในการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำเท่ากับ 1,000 รอบ

ผลจากการจำลองเหตุการณ์พบว่า เมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment เห็นได้ว่ากิจกรรมงานผิวทางใน section หน่วยแรกจะเริ่มต้นงานได้เมื่อกิจกรรมงานพื้นทางซึ่งเป็นกิจกรรมก่อนหน้าในทุก section แล้วเสร็จก่อน ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 114.9 วัน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.32 วัน

ในกรณีข้างต้น กำหนดให้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมมีการกระจายตัว ผู้ก่อสร้างอาจลดระยะเวลาการก่อสร้างลง โดยการเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทาง วันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมผิวทางที่เร็วที่สุดที่ทำให้การทำงานของกิจกรรมผิวทางมีความต่อเนื่อง คือวันที่ 37.88 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14 วัน ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 78.21 วัน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.79 วัน

จำลองเหตุการณ์เมื่อรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment โดยจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 5 ค่าเช่าเครื่องจักรเป็นไปตามตารางที่ 6 และระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 8 กำหนดรอบในการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำเท่ากับ 1,000 รอบ

ผลจากการจำลองเหตุการณ์พบว่า เมื่อมีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ได้รวมทรัพยากรเครื่องจักรไว้ที่ส่วนกลางวัน ผลจากการจำลองเหตุการณ์ให้ระยะเวลาการก่อสร้างเท่ากับ 90.97 วัน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.19 วัน

ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาทำงานของกิจกรรมมีการกระจายตัว รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ให้ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้นกว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. จำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม

จากโครงการก่อสร้างถนนลาดยาง ระยะทาง 7.80 กิโลเมตร การหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในงานก่อสร้างถนนลาดยางที่มีรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment จะพิจารณาเฉพาะเครื่องจักรที่มีการใช้ร่วมกันระหว่างกิจกรรมก่อสร้างซึ่งได้แก่ รถเกลี่ย รถพรมน้ำ รถบดชนิดตีนแกะ รถบดชนิดล้อเหล็ก และรถบดชนิดสามล้อ โดยกำหนดให้รถเกลี่ยและรถพรมน้ำทำงานพร้อมกัน กำหนดให้จำนวนเครื่องจักรที่ใช้สำหรับโครงการ ดังนี้ รถเกลี่ย และรถพรมน้ำมีจำนวนอย่างละ 1 ถึง 2 คัน รถบดชนิดตีนแกะ มีจำนวน 1 ถึง 3 คัน รถบดชนิดสามล้อ มีจำนวน 1 ถึง 3 คัน และรถบดชนิดล้อเหล็ก มีจำนวน 1 ถึง 4 คัน และเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 5 ค่าเช่าเครื่องจักรเป็นไปตามตารางที่ 6 และระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรมเป็นไปตามตารางที่ 7

การจำลองเหตุการณ์การจัดสรรทรัพยากรเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างถนนลาดยางจะมีการจัดสรรสัดส่วนทรัพยากรเครื่องจักรในแต่ละเหตุการณ์มีความแตกต่างกัน โดยขึ้นกับจำนวนเครื่องจักรที่มีการกำหนดไว้ให้ในแต่ละเหตุการณ์ รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรเครื่องจักรนี้สามารถจัดสรรเครื่องจักรออกได้ทั้งหมด 72 กรณีหรือรูปแบบการจัดสรร

ระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรจากการจำลองเหตุการณ์ทั้ง 72 กรณี แสดงในตารางที่ 9 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานดังแสดงในภาพที่ 26 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาก่อสร้างและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานดังแสดงในภาพที่ 27

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรเมื่อใช้จำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน กรณีระยะเวลาทำงานกิจกรรมคงที่

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
1	1	1	1	1	196	5,605,400
2	1	1	1	2	148	4,685,384
3*	1	1	1	3	148	4,685,384
4*	1	1	1	4	148	4,685,384
5*	1	1	2	1	196	5,605,400
6	1	1	2	2	127	4,342,733
7	1	1	2	3	112	3,972,389
8*	1	1	2	4	112	3,972,389
9*	1	1	3	1	196	5,605,400
10*	1	1	3	2	127	4,342,733
11	1	1	3	3	112	3,926,054
12	1	1	3	4	112	3,919,721
13*	2	1	1	1	196	5,605,400

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
14	2	1	1	2	136	5,354,354
15*	2	1	1	3	136	5,354,354
16*	2	1	1	4	136	5,354,354
17*	2	1	2	1	196	5,605,400
18	2	1	2	2	122	4,869,547
19	2	1	2	3	112	4,245,038
20*	2	1	2	4	112	4,245,038
21*	2	1	3	1	196	5,605,400
22*	2	1	3	2	122	4,869,547
23	2	1	3	3	112	4,055,038
24	2	1	3	4	112	3,906,708
25	1	2	1	1	160	5,576,231
26	1	2	1	2	112	4,727,054

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
27*	1	2	1	3	112	4,727,054
28*	1	2	1	4	112	4,727,054
29*	1	2	2	1	160	5,576,231
30	1	2	2	2	88	4,283,407
31	1	2	2	3	75	4,153,234
32	1	2	2	4	73	4,051,562
33*	1	2	3	1	160	5,576,231
34*	1	2	3	2	88	4,283,407
35	1	2	3	3	71	4,013,565
36	1	2	3	4	67	3,913,898
37*	2	2	1	1	160	5,576,231
38	2	2	1	2	100	5,414,354
39*	2	2	1	3	100	5,414,354

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
40*	2	2	1	4	100	5,414,354
41*	2	2	2	1	160	5,576,231
42	2	2	2	2	88	4,267,573
43	2	2	2	3	70	4,205,878
44	2	2	2	4	67	4,166,209
45*	2	2	3	1	160	5,576,231
46*	2	2	3	2	88	4,267,573
47	2	2	3	3	68	4,105,879
48	2	2	3	4	65	3,939,215
49*	1	3	1	1	160	5,576,231
50*	1	3	1	2	112	4,727,054
51*	1	3	1	3	112	4,727,054
52*	1	3	1	4	112	4,727,054

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
53*	1	3	2	1	160	5,576,231
54	1	3	2	2	88	4,370,078
55*	1	3	2	3	75	4,153,234
56	1	3	2	4	70	4,169,735
57*	1	3	3	1	160	5,576,231
58*	1	3	3	2	88	4,370,078
59	1	3	3	3	65	3,915,243
60	1	3	3	4	58	3,919,577
61*	2	3	1	1	160	5,576,231
62*	2	3	1	2	100	5,414,354
63*	2	3	1	3	100	5,414,354
64*	2	3	1	4	100	5,414,354
65*	2	3	2	1	160	5,576,231

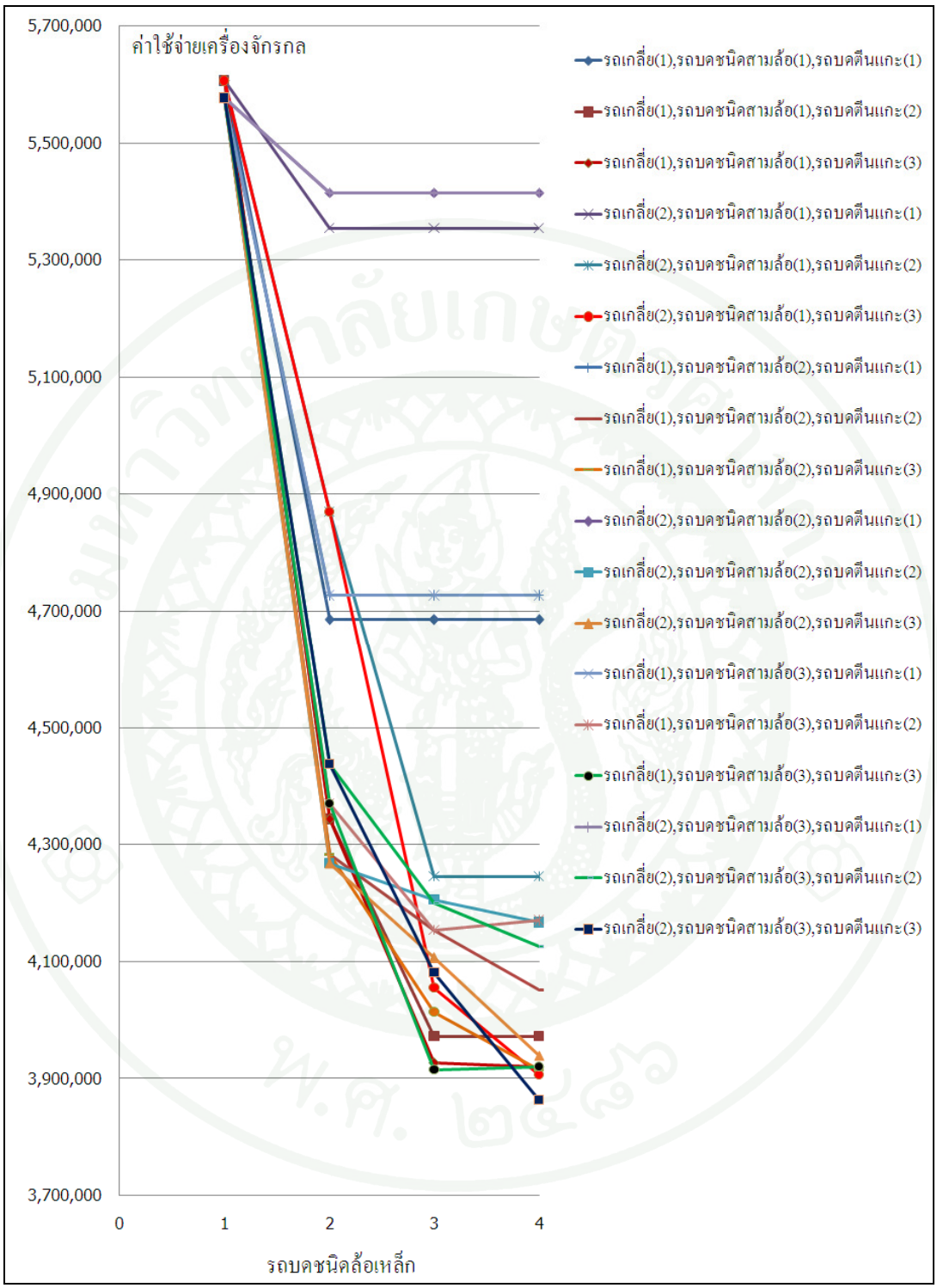
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	(วัน)	(บาท)
66	2	3	2	2	88	4,436,750
67	2	3	2	3	64	4,199,049
68	2	3	2	4	58	4,125,881
69*	2	3	3	1	160	5,576,231
70*	2	3	3	2	88	4,436,750
71	2	3	3	3	64	4,081,407
72	2	3	3	4	52	3,862,390

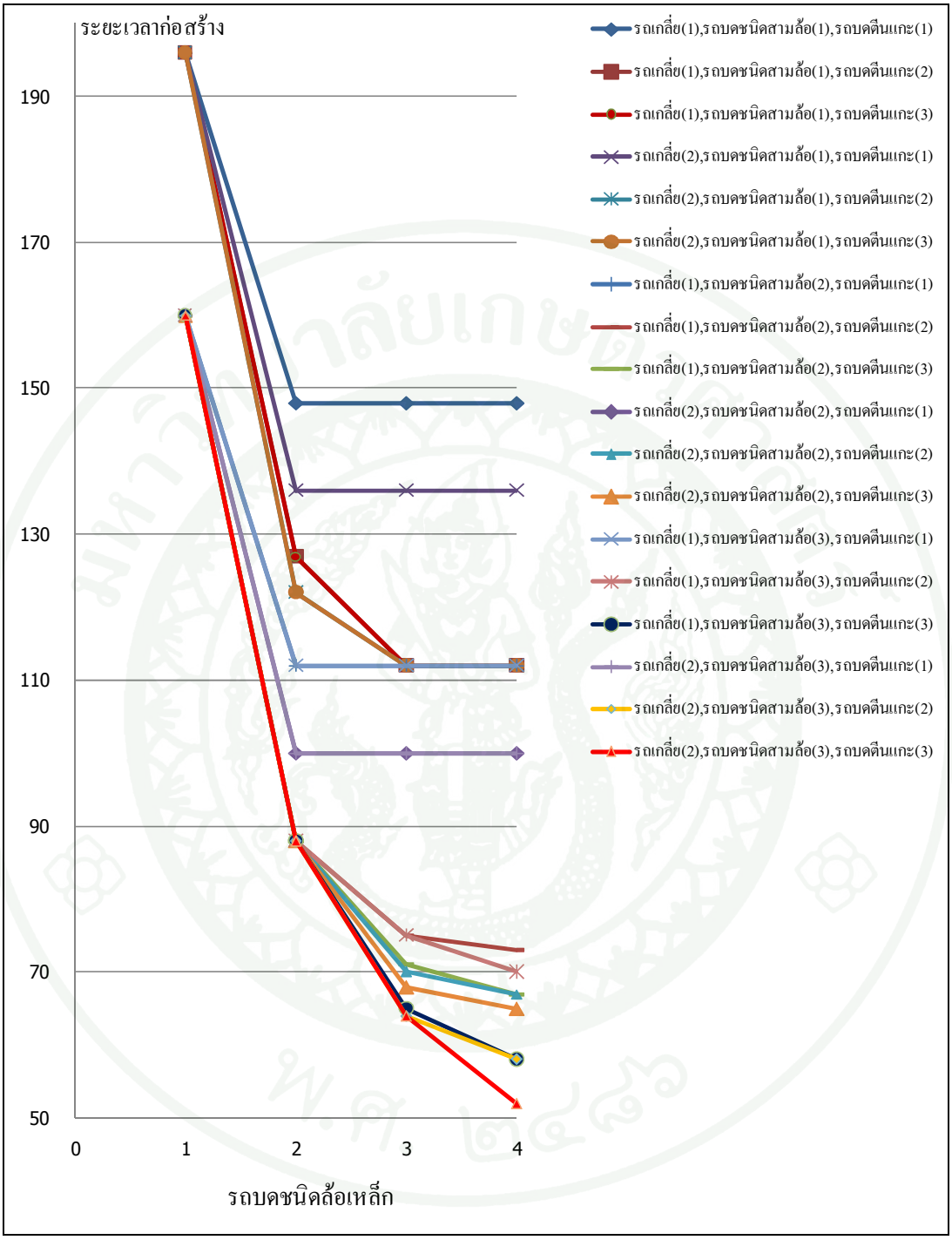
หมายเหตุ * รูปแบบการจัดสรรเครื่องจักรที่ไม่ควรจัดสำหรับโครงการนี้ เนื่องจากจำนวนเครื่องจักรที่กำหนดให้มีจำนวนเกินความต้องการในการใช้งานจริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรและจำนวนการใช้เครื่องจักรกล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาก่อสร้างและจำนวนการใช้เครื่องจักรกล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์แต่ละกรณีหรือเหตุการณ์ตามตารางที่ 9 พบว่ามี 39 กรณีที่การจัดสรรทรัพยากรไม่เกิดประสิทธิภาพ เนื่องจากจำนวนเครื่องจักรที่กำหนดไว้ให้มีจำนวนเกินความต้องการในการใช้งานจริง เมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีหรือรูปแบบการจัดสรรเครื่องจักรที่มีการใช้เครื่องจักรเต็มจำนวนตามที่กำหนดไว้ให้มีทั้งหมด 33 กรณี พบว่าค่าใช้จ่ายเครื่องจักรแต่ละรูปแบบการจัดสรรสามารถนำมาจัดเรียงค่าจากน้อยไปมากได้ดังตารางที่ 10

จากตารางที่ 10 เห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาทั้งค่าใช้จ่ายเครื่องจักรและระยะเวลาก่อสร้าง รูปแบบการจัดสรรเครื่องจักรที่มีจำนวน รถเกลี่ยและรถพรมน้ำจำนวนอย่างละ 2 คัน รถบดชนิดตีนแกะจำนวน 3 คัน รถบดชนิดสามล้อจำนวน 3 คัน และรถบดชนิดล้อเหล็กจำนวน 4 คัน ให้ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรที่น้อยเท่ากับ 3,862,390 บาท และให้ระยะเวลาก่อสร้างที่สั้นที่สุดเท่ากับ 52 วัน

จากการวิเคราะห์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรเครื่องจักรโครงการก่อสร้างถนนลาดยางโครงการนี้ เห็นได้ว่า รถบดชนิดสามล้อมีผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้าง เห็นได้จากเมื่อแนวโน้มของจำนวนรถบดชนิดสามล้อมีจำนวนเพิ่มขึ้นระยะเวลาก่อสร้างจะลดลง และรถบดชนิดล้อเหล็ก รถบดชนิดตีนแกะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลและระยะเวลาก่อสร้าง เห็นได้จากเมื่อแนวโน้มของจำนวนรถบดชนิดล้อเหล็กและรถบดชนิดตีนแกะมีจำนวนเพิ่มขึ้นระยะเวลาก่อสร้างจะลดลงและมีค่าใช้จ่ายเครื่องจักรที่ลดลงเพราะระยะเวลาการเช่าเครื่องจักรลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ลำดับการจัดสรรจำนวนเครื่องจักร เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเครื่องจักร

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร (บาท)
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก		
1	2	3	3	4	52	3,862,390
2	2	1	3	4	112	3,906,708
3	1	2	3	4	67	3,913,898
4	1	3	3	3	65	3,915,243
5	1	3	3	4	58	3,919,577
6	1	1	3	4	112	3,919,721
7	1	1	3	3	112	3,926,054
8	2	2	3	4	65	3,939,215
9	1	1	2	3	112	3,972,389
10	1	2	3	3	71	4,013,565
11	1	2	2	4	73	4,051,562
12	2	1	3	3	112	4,055,038
13	2	3	3	3	64	4,081,407

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร (บาท)
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก		
14	2	2	3	3	68	4,105,879
15	2	3	2	4	58	4,125,881
16	1	2	2	3	75	4,153,234
17	2	2	2	4	67	4,166,209
18	1	3	2	4	70	4,169,735
19	2	3	2	3	64	4,199,049
20	2	2	2	3	70	4,205,878
21	2	1	2	3	112	4,245,038
22	2	2	2	2	88	4,267,573
23	1	2	2	2	88	4,283,407
24	1	1	2	2	127	4,342,733
25	1	3	2	2	88	4,370,078
26	2	3	2	2	88	4,436,750

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักร (บาท)
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก		
27	1	1	1	2	148	4,685,384
28	1	2	1	2	112	4,727,054
29	2	1	2	2	122	4,869,547
30	2	1	1	2	136	5,354,354
31	2	2	1	2	100	5,414,354
32	1	2	1	1	160	5,576,231
33	1	1	1	1	196	5,605,400

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตัวอย่างโครงการข้างต้นถ้าระยะเวลาการทำงานมีการกระจายตัวตามตารางที่ 8 ผลจากการจำลองเหตุการณ์ทั้ง 72 กรณี พบว่าระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 11 และเมื่อเปรียบเทียบกับผลในตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาการทำงานมีการกระจายตัว ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละกรณีมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาก่อสร้างที่จัดสรรทรัพยากรเครื่องจักรกรณีระยะเวลาการทำงานคงที่ และรูปแบบการจัดสรรเครื่องจักรที่มี รถเกลี่ยจำนวน 2 คัน รถพรมน้ำจำนวน 2 คัน รถบดชนิดตีนแกะจำนวน 3 คัน รถบดชนิดสามล้อจำนวน 3 คัน และรถบดชนิดล้อเหล็กจำนวน 4 คัน ให้ระยะเวลาก่อสร้างที่สั้นที่สุดเท่ากับ 53.64 วัน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.91 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ระยะเวลาก่อสร้างเมื่อใช้จำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน กรณีระยะเวลาทำงานกิจกรรมมีการกระจายตัว

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	1	1	1	1	200.37	1.87
2	1	1	1	2	151.37	1.61
3	1	1	1	3	151.37	1.61
4	1	1	1	4	151.37	1.61
5	1	1	2	1	200.37	1.87
6	1	1	2	2	125.87	1.26
7	1	1	2	3	116.68	1.67
8	1	1	2	4	116.68	1.67
9	1	1	3	1	200.37	1.87
10	1	1	3	2	125.87	1.26
11	1	1	3	3	116.63	1.58
12	1	1	3	4	116.20	1.63
13	2	1	1	1	200.37	1.87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
14	2	1	1	2	139.36	1.61
15	2	1	1	3	139.36	1.61
16	2	1	1	4	139.36	1.61
17	2	1	2	1	200.37	1.87
18	2	1	2	2	124.33	1.31
19	2	1	2	3	114.49	1.34
20	2	1	2	4	114.49	1.34
21	2	1	3	1	200.37	1.87
22	2	1	3	2	124.33	1.31
23	2	1	3	3	114.45	1.34
24	2	1	3	4	114.59	1.39
25	1	2	1	1	165.16	0.97
26	1	2	1	2	116.16	0.86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
27	1	2	1	3	116.16	0.86
28	1	2	1	4	116.16	0.86
29	1	2	2	1	165.16	0.97
30	1	2	2	2	91.91	0.94
31	1	2	2	3	93.72	1.46
32	1	2	2	4	93.53	0.91
33	1	2	3	1	165.16	0.97
34	1	2	3	2	91.91	0.94
35	1	2	3	3	95.36	1.65
36	1	2	3	4	90.26	1.37
37	2	2	1	1	165.86	0.920
38	2	2	1	2	104.98	0.91
39	2	2	1	3	104.98	0.91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
40	2	2	1	4	104.98	0.91
41	2	2	2	1	165.86	0.920
42	2	2	2	2	89.95	1.15
43	2	2	2	3	90.87	1.20
44	2	2	2	4	89.25	1.20
45	2	2	3	1	165.86	0.920
46	2	2	3	2	89.95	1.15
47	2	2	3	3	91.95	1.32
48	2	2	3	4	82.90	1.37
49	1	3	1	1	166.10	0.88
50	1	3	1	2	116.93	0.88
51	1	3	1	3	116.93	0.88
52	1	3	1	4	116.93	0.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
53	1	3	2	1	166.10	0.88
54	1	3	2	2	91.29	0.84
55	1	3	2	3	75.11	0.89
56	1	3	2	4	68.94	0.97
57	1	3	3	1	166.10	0.88
58	1	3	3	2	91.29	0.84
59	1	3	3	3	67.16	0.86
60	1	3	3	4	59.11	0.87
61	2	3	1	1	166.10	0.88
62	2	3	1	2	104.03	0.88
63	2	3	1	3	104.03	0.88
64	2	3	1	4	104.03	0.88
65	2	3	2	1	166.10	0.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนเครื่องจักร (คัน)				ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)	
	รถเกลี่ย	รถบดชนิดสามล้อ	รถบดชนิดตีนแกะ	รถบดชนิดล้อเหล็ก	ระยะเวลาเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
66	2	3	2	2	90.85	0.86
67	2	3	2	3	66.97	0.85
68	2	3	2	4	60.39	0.78
69	2	3	3	1	166.10	0.88
70	2	3	3	2	90.85	0.86
71	2	3	3	3	65.82	0.95
72	2	3	3	4	53.64	0.91

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรระหว่าง Dedicated Resource Assignment และ Pooled Resource Assignment โดยมีโครงการก่อสร้างถนนลาดยางเป็นกรณีศึกษา การวิจัยเริ่มจากการสัมภาษณ์ข้อมูลขั้นตอนการก่อสร้าง ระยะเวลาทำงานแต่ละกิจกรรม ประเภทและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้แต่ละกิจกรรม จากการวิเคราะห์พบว่า กิจกรรมในงานก่อสร้างถนนลาดยาง จะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน เช่น งานถมดิน งานเกลี่ยดิน งานบดอัดดิน เป็นต้น ลักษณะการทำงานที่คล้ายกันนี้ทำให้มีการใช้เครื่องจักรในการทำงานแต่ละกิจกรรมจึงเหมือนกันหรือคล้ายกัน ทำให้แต่ละกิจกรรมสามารถใช้เครื่องจักรร่วมกันได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์การจำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง กรณีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment และ Pooled Resource Assignment จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อมีจำนวนทรัพยากรเท่ากันการการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ให้ระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรที่น้อยกว่าการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment จากนั้นได้ทำการจำลองเหตุการณ์เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรแต่ละประเภท เมื่อมีการใช้เครื่องจักรร่วมกันระหว่างกิจกรรมสำหรับโครงการก่อสร้างถนนลาดยางตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่าการจำลองเหตุการณ์สามารถวิเคราะห์หาระยะเวลาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเครื่องจักรตามแต่ละรูปแบบการจัดสรรเครื่องจักรในแต่ละประเภท ซึ่งช่วยผู้ประการในการตัดสินใจในการเลือกใช้จำนวนเครื่องจักรแต่ละประเภทได้ นอกจากนี้ได้ทำการจำลองเหตุการณ์งานก่อสร้างถนนลาดยาง กรณีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment กรณีระยะเวลาทำงานกิจกรรมมีการกระจายตัว พบว่าระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละกรณีมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาก่อสร้างที่จัดสรรทรัพยากรเครื่องจักรกรณีระยะเวลาการทำงานกิจกรรมคงที่

จากการศึกษาข้างต้นพบว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์กระบวนการทำงานของงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน เพื่อคาดการณ์ถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพการทำงานต่างๆ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการหาแนวทางการวางแผนและการจัดสรรทรัพยากรเพื่อการทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดสรรทรัพยากร ในการจำลองสถานการณ์รูปแบบการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment กรณีที่จำนวนทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัดอาจมีการพิจารณาถึงผลกระทบของการเรียนรู้ (Learning Effect) เนื่องจากการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment เมื่อการทำงานที่มีลักษณะซ้ำกัน กลุ่มคนงานจะเกิดการเรียนรู้และเกิดความชำนาญในงานที่ทำ ส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานแล้วเสร็จของหน่วยหลังลดลงได้

นอกจากนี้การจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ในการใช้ทรัพยากรของกิจกรรม อาจเพิ่มการพิจารณาปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อการวางแผนและการจัดสรรทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชัยยศ ลักษณะวิลัย และ สุนีรัตน์ กุศลาศัย. 2553. ผลกระทบของการเลือกใช้วิธี CPM และ RSM ในการวางแผน. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา** 21 (2): 35-42.

Alves, T.C.L. and I.D. Tommelein. 2003. Simulation of buffering and batching practices in the interface detailing fabrication-installation of HVAC ductwork. **Reader for the CE – OE 290N at University of California at Berkeley** : 432-444.

Hegazy, T and M. Kassab. 2003. Resource optimization using combined simulation and genetic algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management, ASCE**

Huang, C.N., Y.J. Seong and J.S. Russll. 2004. Time study on two-echelon supply chain for steel framing construction by using networking simulation model. **Journal of civil and environmental engineering university of wisconins** (2): 1-12.

Ioannou, P.G. and C. Srisuwanrat. 2006. Sequence Step Algorithm for Continuous Resource Utilization in Probabilistic Repetitive Project. In **Proceeding of the 2006 Winter Simulation Conference, Civil and Environmental Engineering Department,** University of Michigan : 354-362.

I-Tung Yang and P G. Ioannou. 2001. Resource-Driven Scheduling for Repetitive Project : A Pull-System Approach. **The 9th International Group for Lean Construction Conference in Singapore 6-8 August 2001 National,** University of Singapore**.**

Srisuwanrat, C and P.G. Ioannou. 2007. The Investigation of Lead-Time Buffering Under Uncertainty Using Simulation and Cost Optimization. **In Proceedings of the 15th International Group of Lean Construction, Civil and Environmental Engineering Department,** University of Michigan.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Martinez, J.C. 1996. **STROBOSCOPE State and Resource Based Simulation of Construction Processes**. Ph.D**.** Thesis **,** University of Michigan.

Martinez, J.C. and P.G. Ioannou. 1996. State-based probabilistic scheduling using STROBOSCOPE's cpm add-on. **ASCE, Journal of Construction Engineering and Management** (4): 279-288.

Tommelein, I.D. 1998. Pull-driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. **ASCE, Civil and Environmental Engineering Department,** University of Michigan.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับ	ลักษณะงาน	หน่วย	อัตราทำงานต่อวัน
1	งานถางป่าขุดตอ		
	ขนาดเบา	ตร.ม.	10,500
	ขนาดกลาง	ตร.ม.	10,500
	ขนาดหนัก	ตร.ม.	7,000
2	งานตัดคันทาง		
	ดิน	ลบม.ธรรมชาติ	520
	หินผุ	ลบม.ธรรมชาติ	1,050
	หินแข็ง	ลบม.ธรรมชาติ	286
3	งานดินถมคันทาง	ลบม.แน่น	600
4	งานวัสดุคัดเลือก รองพื้นทางลูกรัง	ลบม.แน่น	460
5	งานพื้นทาง หินคลุก	ลบม.แน่น	265
6	งานไหล่ทาง ลูกรัง หินคลุก	ลบม.แน่น	280
7	งานลาดยางไพรม์โค้ท	ตร.ม.	5,000
8	งานลาดยางแทคโค้ท	ตร.ม.	3,400
9	งานประซ่อมหลุมบ่อ (Skin Patch)	ตร.ม.	3,400
10	งานขุดซ่อมหลุมบ่อ (Deep Patch)	ตร.ม.	120
11	งานผิวทางแบบบาง		
	ชั้นเดียว	ตร.ม.	4,945
	สองชั้น	ตร.ม.	2,730
12	งานสเลอรี่ซิล	ตร.ม.	5,000
13	งานผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต		
	เครื่องผสมแอสฟัลติก	ตัน	410
	ปูผิวแอสฟัลติกหนา 5 ซม.	ตร.ม.	3,400
14	งานพื้นทางวัสดุผสม Stabilized base	ลบม.แน่น	300
15	งานผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็ก		
	เครื่องผสมคอนกรีต	ลบ.ม.	175
	ปูผิวคอนกรีตหนา 25 ซม.	ลบ.ม.	700
16	งานกวาดเกลี่ยและบดอัดผิวทางลูกรัง	ตร.ม.	24,000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นายอัครวิทย์ สุวรรณจันทร์

เกิดวันที่ 8 กันยายน 2527

สถานที่เกิด จังหวัดลำปาง

ประวัติการศึกษา วศ.บ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่งปัจจุบัน -

สถานที่ทำงานปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์