



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา

วิศวกรรมโยธา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบกลวิธีลำดับความสำคัญแบบฮิวริสติกสำหรับการทำกำหนดเวลาภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด

Comparison of Heuristic-based Priority Rules for Resource-Constrained Scheduling

นามผู้วิจัย นายจักรกฤษณ์ ประจุมูล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกฤติ มาลัยกฤษณะชลี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยนุช เวทย์วิวัฒน์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบกฎลำดับความสำคัญแบบฮิวริสติกสำหรับการทำกำหนดเวลาภายใต้ทรัพยากรที่

จำกัด

Comparison of Heuristic-based Priority Rules for Resource-Constrained Scheduling

โดย

นายจักรกฤษณ์ ประจงมูล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จักรกฤษณ์ ประจุมูล 2556: การเปรียบเทียบกลุ่ลำดับความสำคัญแบบฮิวริสติกสำหรับการ
การกำหนดเวลาภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกฤติ มาลัยกฤษณะชลิ, Ph.D 249 หน้า

เนื่องจากการวางแผนโครงการก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขทรัพยากรที่มีจำกัดมีความซับซ้อน
ในการคำนวณสูงซึ่งถ้าใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization Technique) จะต้องใช้
ระยะเวลาในการคำนวณที่ยาวนานทำให้วิธีการแบบฮิวริสติกมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับการ
วางแผนโครงการภายใต้เงื่อนไขทรัพยากรที่มีจำกัดในการดำเนินงานจริง งานวิจัยนี้นำเสนอ 10
กรณีศึกษาสำหรับการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวและการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ โดยใช้
วิธีการแบบฮิวริสติก 25 วิธี เพื่อที่จะเปรียบเทียบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของการวางแผนแต่ละวิธี
โดยกำหนดให้ทรัพยากรแต่ละประเภทของแต่ละกรณีศึกษามีจำนวนคงที่ทุกวัน ไม่มีการทำงาน
ล่วงเวลา และไม่มีการนำทรัพยากรจากภายนอกเข้ามาใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าวิธี Worst Case
Slack Time Rule (WCS), Latest Finishing Time (LFT) และ Improved Resource Scheduling
Method (IRSM) ให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับการวางแผนการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว ในขณะที่ วิธี
TIMROS และ TIMRES เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการวางแผนการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ
โดยผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการคัดเลือกวิธีการวางแผนโครงการภายใต้เงื่อนไขของ
ทรัพยากรที่มีจำกัด

Jukkrit Prajongmoon 2013: Comparison of Heuristic-based Priority Rules for Resource-Constrained Scheduling. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Suphawut Malaikrisanachalee, Ph.D. 249 pages.

Since the resource-constrained scheduling is an NP-hard problem, which often yields large computational time for optimization models, using heuristic approach for resource-constrained scheduling seems more practical for day-to-day operation. This research presents ten case studies of single-skilled and multi-skilled resource-constrained scheduling using twenty five heuristic-based approaches in order to compare project costs and durations from different approaches. Provided that the number of each resource is fixed for each case study while working overtime and external resources are not allowed, the results show that the Worst Case Slack Time Rule (WCS), Latest Finishing Time (LFT) and Improved Resource Scheduling Method (IRSM) approaches consistently yield better results for single-skilled resource-constrained scheduling while the TIMROS and TIMRES approaches seem to be good alternatives for multi-skilled resource-constrained scheduling. The results offer useful information for selection of heuristic-based approaches for project scheduling.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยอย่างยิ่ง พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ปิยนุช เวทย์วิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำในขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ ความรู้ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เพิ่มเติม จนสำเร็จด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ครู และอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ จนทำให้ผู้เขียนประสบความสำเร็จในการศึกษาจนถึงปัจจุบัน และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ได้ด้วยดี

จักรกฤษณ์ ประจงมูล
เมษายน 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	182
อุปกรณ์	182
วิธีการ	182
ผลและวิจารณ์	184
สรุปและข้อเสนอแนะ	234
สรุป	234
ข้อเสนอแนะ	235
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	236
ภาคผนวก	239
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	249

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปสมการวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม	9
2	ข้อมูลโครงการจำลองที่ 1	12
3	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี SPT	14
4	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี SPT	18
5	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี MIS	20
6	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี MIS	24
7	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี MTS	26
8	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี MTS	29
9	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี GRPW	32
10	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี GRPW	35
11	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี GRPW*	37
12	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี GRPW*	41
13	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี EST	44
14	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี EST	47
15	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี EFT	49
16	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี EFT	53
17	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี ESTD	55
18	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี ESTD	59
19	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี EFTD	62
20	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี EFTD	65
21	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี LST	67
22	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี LST	71
23	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี LFT	73
24	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี LFT	77
25	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี MSL	80
26	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะโดยใช้วิธี MSL	83
27	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี MSLD	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MSLD	89
29	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRD	92
30	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRD	95
31	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WRUP	98
32	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WRUP	101
33	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACROS	105
34	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACROS	108
35	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACTRES	111
36	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACTRES	114
37	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMROS	117
38	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMROS	120
39	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMRES	122
40	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMRES	125
41	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ B ในวันที่ 1 ($ES_B^1(PS, A)$)	128
42	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ C ในวันที่ 1 ($ES_C^1(PS, A)$)	129
43	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ D ในวันที่ 1 ($ES_D^1(PS, A)$)	129
44	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี IRSM	131
45	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี IRSM	134
46	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม B และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^1(PS, B)$)	136
47	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^1(PS, C)$)	137
48	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม D และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^1(PS, D)$)	137
49	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCS	139
50	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCS	142
51	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACS	145
52	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACS	148
53	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม B และ A ในวันที่ 1 ($LS_A^1(PS, B)$)	150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
54	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 1 (LS_A^{PS} (PS, C))	150
55	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม D และ A ในวันที่ 1 (LS_A^{PS} (PS, D))	151
56	การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 3 (LS_A^{PS} (PS, C))	152
57	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCLS	153
58	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCLS	156
59	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี RAND	158
60	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี RAND	162
61	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained	167
62	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained	172
63	ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained	176
64	ระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	186
65	ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	188
66	ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 6 ระหว่างวิธี WCS กับ GRPW	191
67	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง X กับ X_{min} ของการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	192
68	ความถี่วิธีการจัดลำดับความสำคัญแบบทักษะเดียว	194
69	ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี MTS, LFT และ WCS	196
70	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาและค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	197
71	ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 9 ระหว่างวิธี WCS กับ WCLS	198
72	ระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	201
73	ตารางการเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี TIMROS กับ GRD	203
74	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง X กับ X_{min} ของการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	204
75	ความถี่ด้านระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	206

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
76	ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 6 ระหว่างวิธี TIMROS และ WCS	207
77	ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี TIMROS และ WCS	208
78	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	209
79	ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ (กรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม)	212
80	ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ (กรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม)	215
81	ความถี่ด้านค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	218
82	ค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	220
83	ตัวแปรที่ใช้สำหรับการคำนวณวิธีการแบบฮิวริสติก	222
84	ตารางเปรียบเทียบการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะ	224
85	ข้อดี-ข้อเสียวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม	226
ตารางผนวกที่		
1	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 2	240
2	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 3	241
3	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 4	242
4	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 5	243
5	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 6	244
6	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 7	245
7	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 8	246
8	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 9	247
9	ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 10	248

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วิธีวิถีวิกฤต (Critical Path Method)	5
2	ความต้องการทรัพยากรสะสมที่เวลาเริ่มเร็วสุด และเวลาเริ่มช้าสุด	5
3	การวางแผนกำหนดเวลาเริ่มต้น	6
4	การจัดสรรทรัพยากรที่มีเวลาขยายออกไป	6
5	การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ	7
6	วิธี CPM ของโครงการจำลองที่ 1	13
7	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว	16
8	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ	19
9	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MIS ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว	22
10	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MIS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ 1.3 Most Total Successors (MTS)	25
11	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว	27
12	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ	30
13	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว	33
14	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ	36
15	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว	39
16	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะ	42

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	45
18	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	48
19	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	51
20	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	54
21	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	57
22	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	60
23	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	63
24	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	66
25	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	69
26	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	72
27	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	75
28	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	78
29	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSL ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	81

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSL ในการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ	84
31	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	87
32	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	90
33	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะ เดียว	93
34	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ	96
35	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	99
36	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	102
37	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	106
38	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	109
39	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	112
40	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	115
41	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	118
42	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	121

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	123
44	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	126
45	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	132
46	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ	135
47	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะ เดียว	140
48	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ	143
49	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะ เดียว	146
50	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ	149
51	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	154
52	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	157
53	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบ ทักษะเดียว	160
54	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ	163
55	ทิศทางการจัดทรัพยากรในแนวตั้ง	164
56	ทิศทางการจัดทรัพยากรในแนวนอน	165

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	170
58	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	174
59	Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	178
60	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	199
61	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว	199
62	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	210
63	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม	221
64	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม	221
ภาพผนวกที่		
1	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 2	240
2	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 3	241
3	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 4	242
4	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 5	243
5	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 6	244
6	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 7	245
7	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 8	246
8	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 9	247
9	วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 10	248

การเปรียบเทียบกฎลำดับความสำคัญแบบฮิวริสติกสำหรับการทำกำหนดเวลาภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด

Comparison of Heuristic-based Priority Rules for Resource-Constrained Scheduling

คำนำ

การจัดสรรทรัพยากรในการวางแผนโครงการก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขทรัพยากรที่มีจำกัด (Resource-Constrained Project Scheduling) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในการคำนวณสูง ในปัจจุบันวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม (Priority-Rule Based Heuristic) สำหรับใช้แก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพราะเป็นวิธีการที่คำนวณได้ง่ายและใช้เวลาน้อยในการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับวิธีการหาค่าเหมาะที่สุด (Optimization Technique) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแบบฮิวริสติกในการพิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรมเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปัญหาในการเลือกใช้วิธีการแบบฮิวริสติกในการวางแผนโครงการภายใต้เงื่อนไขทรัพยากรที่มีจำกัด

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม 25 วิธี กับโครงการจำลอง 10 โครงการ โดยใช้การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว (Single Skill Resource Scheduling) และการจัดทรัพยากรทรัพยากรแบบหลายทักษะ (Multi Skills Resource Scheduling) เพื่อหาวิธีการแบบฮิวริสติกที่ให้คำตอบใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์ คือ การหาระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการที่น้อยที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบบฮิวริสติกที่ให้ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายโครงการน้อยที่สุด โดยการจัดทรัพยากรมี 2 ลักษณะ คือ

1. การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว (Single Skill Resource Scheduling)
2. การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ (Multi Skills Resource Scheduling)

ขอบเขตการศึกษา

1. วิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม 25 วิธีโดยใช้โครงการจำลอง 10 โครงการ วิธีการแบบฮิวริสติกนี้ คือ

- 1.1 Shortest Processing Time (SPT)
- 1.2 Most Immediate Successors (MIS)
- 1.3 Most Total Successors (MTS)
- 1.4 Greatest Rank Positional Weight (GRPW)
- 1.5 Greatest Rank Positional Weight all (GRPW*)
- 1.6 Earliest Starting Time (EST)
- 1.7 Earliest Finishing Time (EFT)
- 1.8 Earliest Starting Time (Dynamically) (ESTD)
- 1.9 Earliest Finishing Time (Dynamically) (EFTD)
- 1.10 Latest Starting Time (LST)
- 1.11 Latest Finishing Time (LFT)
- 1.12 Minimum Slack Time (MSL)
- 1.13 Minimum Slack Time (Dynamically) (MSLD)
- 1.14 Greatest Resource Demand (GRD)
- 1.15 Weighted Resource Utilization and Precedence (WRUP)
- 1.16 ACROS

1.17 ACTRES

1.18 TIMROS

1.19 TIMRES

1.20 Improved Resource Scheduling Method (IRSM)

1.21 Worst Case Slack Time Rule (WCS)

1.22 Average Case Slack Time Rule (ACS)

1.23 Worst Case Latest Starting Time (WCLS)

1.24 Random (RAND)

1.25 AHAMRS

2. ทรัพยากรที่ใช้ คือ คนงาน และเครื่องจักร โดยทรัพยากรแต่ละประเภทมีจำนวนจำกัด และอยู่บนเงื่อนไขของการไม่ใช้ทรัพยากรทำงานล่วงเวลา และไม่มีการใช้ทรัพยากรจากภายนอก (External Resource)

3. ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากร คือ ทำได้ง่าย ไม่ทำไม่จ่าย ตัวอย่างเช่น มีคนงานทั้งหมด 10 คน แต่วันนี้ใช้คนงานเพียง 4 คน เพราะฉะนั้นจ่ายค่าจ้างให้คนงานแค่ 4 คน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการ หลักการการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว และแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม

2. ทราบถึงประสิทธิภาพของวิธีการแบบฮิวริสติกว่าวิธีใดให้ระยเวลาน้อยที่สุด หรือ ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการกำหนดเวลาโครงการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด

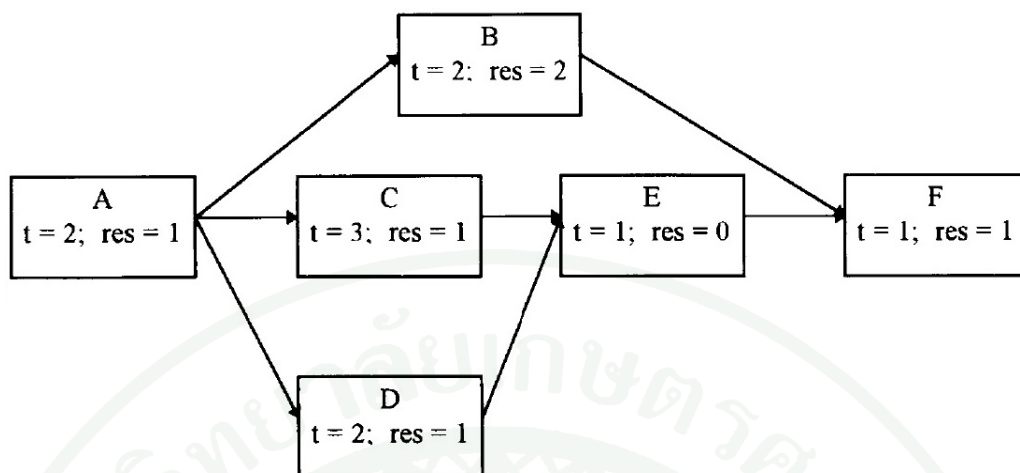
การตรวจเอกสาร

หลักการพื้นฐานในการจัดการทรัพยากร

โครงการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมหรือกลุ่มกิจกรรมที่ต้องทำให้บรรลุเป้าหมายภายในเวลาที่กำหนด แต่ละกิจกรรมต้องมีการใช้ทรัพยากร เช่น แรงงาน วัสดุ และเครื่องจักร เป็นต้นเพื่อดำเนินงานที่ได้รับมอบหมาย อย่างไรก็ตามทรัพยากรเหล่านี้อาจมีไม่เพียงพอต่อความต้องการเนื่องจากทรัพยากรมีจำกัด ถ้าบางกิจกรรมไม่สามารถใช้ทรัพยากรได้ตามที่กำหนดอาจก่อให้เกิดความล่าช้าของระยะเวลาโครงการ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการวางแผนการใช้ทรัพยากรเพื่อให้โครงการก่อสร้างประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพ (Kim *et al.*, 2005) หลักพื้นฐานในการทำกำหนดเวลาการใช้ทรัพยากร ได้แก่ การรวมทรัพยากร (Resource Aggregation) การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) และการจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ (Resource Leveling)

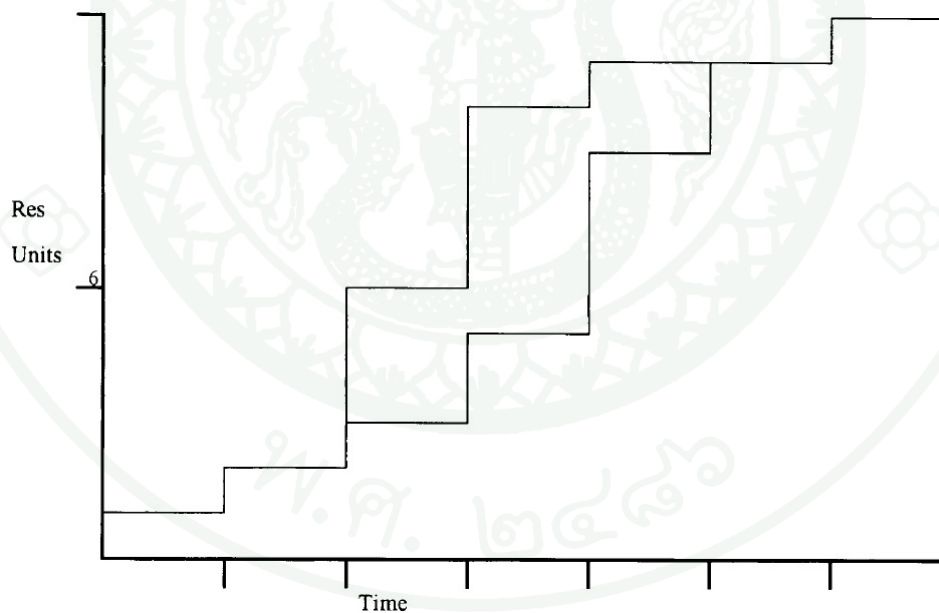
การรวมทรัพยากร (Resource Aggregation)

การรวมทรัพยากร คือ การคำนวณความต้องการทรัพยากรทั้งหมดให้กับกิจกรรมตลอดช่วงเวลาของโครงการ หน่วยเวลาที่มักใช้กัน คือ หน่วยวัน ตัวอย่างเช่นภาพที่ 1 แสดงวิธีวิถีวิกฤต (Critical Path Method, CPM) ประกอบไปด้วยกิจกรรมทั้งหมด 6 กิจกรรม และทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นคำนวณความต้องการทรัพยากรที่เวลาเริ่มเร็วสุด (Early Start) และเวลาเริ่มช้าสุด (Late Start) โดยการคำนวณไปข้างหน้า (Forward Pass) และการคำนวณย้อนกลับ (Backward Pass) ตามลำดับ แล้วหาผลรวมทรัพยากรสะสม ภาพที่ 2 แสดงความต้องการใช้ทรัพยากรสะสมที่เวลาเริ่มเร็วสุด และเวลาเริ่มช้าสุด



ภาพที่ 1 วิธีวิถึวิกฤต (Critical Path Method)

ที่มา: Gordon and Tulip (1997)

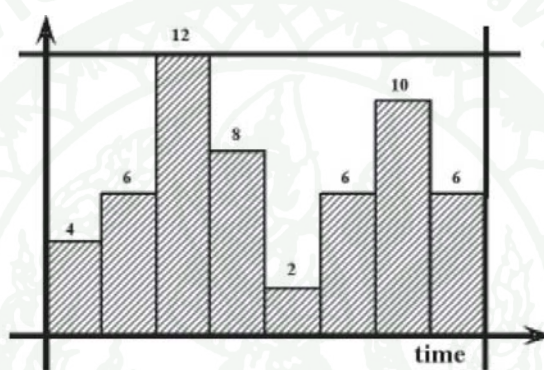


ภาพที่ 2 ความต้องการทรัพยากรสะสมที่เวลาเริ่มเร็วสุด และเวลาเริ่มช้าสุด

ที่มา: Gordon and Tulip (1997)

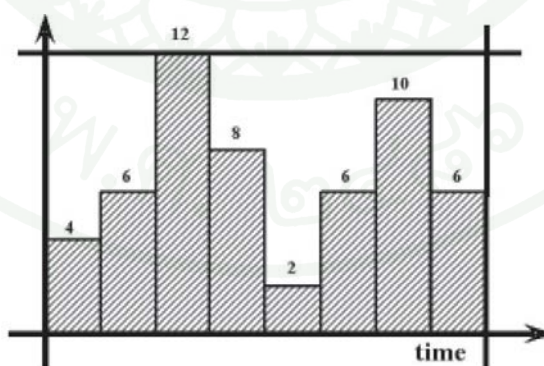
การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation)

การจัดสรรทรัพยากรบางครั้งเรียกว่าการทำกำหนดเวลาโครงการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด (Resource Constrain Project Scheduling) เป็นการกำหนดเวลาการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และพยายามจัดทรัพยากรที่ใช้มากเกินไปทรัพยากรที่มีให้โดยการเลื่อนกิจกรรมออกไป ถ้ากิจกรรมล่าช้าเกินเวลาอดตัวจะส่งผลให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการขยายออกไป ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 การวางแผนกำหนดเวลาเริ่มต้น

ที่มา: Kim *et al.* (2005)

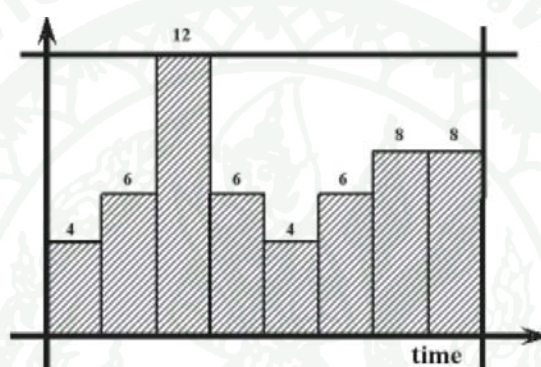


ภาพที่ 4 การจัดสรรทรัพยากรที่มีเวลาขยายออกไป

ที่มา: Kim *et al.* (2005)

การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ (Resource Leveling)

การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับระดับการใช้ทรัพยากรให้มีความสม่ำเสมอตลอดทั้งโครงการ ช่วยลดความแปรปรวนของการใช้ทรัพยากร โดยการเลื่อนกิจกรรมในช่วงเวลาลอยตัว (Float) ภายใต้อายุเวลาโครงการที่กำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 5 เพื่อให้การใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านการใช้ทรัพยากรน้อยลงค่าใช้จ่ายนี้ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน และเครื่องจักรที่ไม่ได้ทำงาน (Kim *et al.*, 2005)



ภาพที่ 5 การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ

ที่มา: Kim *et al.* (2005)

การจัดสรรทรัพยากรโดยใช้หลักการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

การจัดสรรทรัพยากรโดยใช้หลักการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุดเป็นการใช้หลักเชิงคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุด (Mathematical Optimization Model) ที่ประกอบด้วยสมการเป้าหมาย (Objective Function) และเซตของข้อจำกัดในรูปแบบของระบบสมการต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ การหาระยะเวลาโครงการที่น้อยที่สุด หรือการหาค่าใช้จ่ายรวมของโครงการที่น้อยที่สุด หรือทั้ง 2 วัตถุประสงค์พร้อมกัน เป็นปัญหาการตัดสินใจ (Decision-Making Problems) จำแนกได้ 2 ประเภท คือ แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic Models) และแบบจำลองเชิงความน่าจะเป็น (Probabilistic Decision Models) ในแบบจำลองเชิงกำหนดถ้ามีการตัดสินใจที่ดีจะนำมาซึ่งผลลัพธ์ที่ดี ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของแฟกเตอร์และข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ ส่วนแบบจำลองเชิงความน่าจะเป็นเป็นการใช้หลักทางสถิติเข้ามาช่วยในการ

ตัดสินใจ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ Integer Programming, Branch and Bound, Linear Programming, Dynamic Programming, Simulated Annealing, Tabu search และ Genetic Algorithm เป็นต้น (Osman and Kelly, 1996; Hunag *et al.*, 2010)

การจัดทรัพยากรโดยใช้หลักการฮิวริสติก (Heuristic)

วิธีการแบบฮิวริสติกเป็นวิธีการหรือขั้นตอนวิธีที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด หรืออาจได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งมีตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกโดยแท้จริงแล้ว คือ การแก้ไขปัญหาโดยอาศัยกฎเกณฑ์ต่างๆ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหาลักษณะเดียวกันในอดีต จึงทำให้การแก้ปัญหามีความรวดเร็ว และใช้เวลา น้อย โดยฮิวริสติกที่ใช้ในการทำกำหนดเวลาโครงการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด คือ การใช้วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม วิธีนี้จะประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ รูปแบบการทำกำหนดเวลา (Scheduling Scheme) และวิธีการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule) (Schirmer, 2000; Lova and Tormos, 2001) ในส่วนของรูปแบบการทำกำหนดเวลาโดยปกติจะมี 2 แบบ คือ รูปแบบต่อเนื่อง (Serial Schedule Scheme) และรูปแบบคู่ขนาน (Parallel Schedule Scheme) รูปแบบ Serial Scheme คือ รูปแบบการทำกำหนดเวลาด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดโครงการ เช่น ใช้ค่าลำดับความสำคัญจากข้อมูลโครงข่ายโดยการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก หรือจากการคำนวณด้วยวิธี CPM ที่มี การคำนวณใหม่ตลอดช่วงเวลาอย่างใดอย่างหนึ่งโดยดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดโครงการ ส่วนรูปแบบ Parallel Scheme คือ รูปแบบการทำกำหนดเวลาโดยใช้หลายวิธี เช่น ใช้ค่าลำดับความสำคัญจากข้อมูลโครงข่ายโดยการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก และจากการคำนวณใหม่ตลอดเวลาพร้อมกัน เป็นต้น วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมจะทำหน้าที่แก้ปัญหาความขัดแย้งของการใช้ทรัพยากร เมื่อทรัพยากรไม่เพียงพอต่อความต้องการ ตารางที่ 1 ตารางสรุปสมการวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม แรกคือ วิธีการแบบฮิวริสติก 25 วิธี โดยจำแนกตามลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ แรกต่อมา คือ ค่าที่ต้องการหาขึ้นอยู่กับว่าต้องการหาค่ามากที่สุด (Maximum) หรือค่าน้อยที่สุด (Minimum) (Klein, 2000) และแถวสุดท้าย คือ ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม (Priority Value, P_j) โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปสมการวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ลักษณะข้อมูล	ค่าลำดับความสำคัญ (P_j)
กลุ่ม Network-Based Rules		
1. SPT	min	d_j
2. MIS	max	$ F_j $
3. MTS	max	$ F_j^* $
4. GRPW	max	$d_j + \sum_{i \in F_j} d_i$
5. GRPW*	max	$d_j + \sum_{i \in F_j^*} d_i$
กลุ่ม Critical Path-Based Rules		
6. EST	min	ES_j
7. EFT	min	EF_j
8. ESTD	min	$ES_j(PS)$
9. EFTD	min	$EF_j(PS)$
10. LST	min	LS_j
11. LFT	min	LF_j
12. MSL	min	$LS_j - ES_j$
13. MSLD	min	$LS_j(PS) - ES_j(PS)$
กลุ่ม Resource-Based Rules		
14. GRD	max	$d_j \cdot \sum_{r=1}^m u_{jr}$
15. WRUP	max	$\omega \cdot F_j + (1-\omega) \cdot \sum_{r=1}^m u_{jr} / a_r$
กลุ่ม Composite Rules		
16. ACROS	max	$\max \{ \sum_{i \in \Pi_j} \sum_{r=1}^m u_{ir} / a_r \mid h=1, \dots, \Pi_j \} = acr_j$
17. ACTRES	max	$\max \{ \sum_{i \in \Pi_j} \sum_{r=1}^m u_{ir} \cdot d_i / a_r \mid h=1, \dots, \Pi_j \} = act_j$
18. TIMROS	max	$\omega \cdot (LS_n - LS_j) / (LS_n - LS_1) + (1-\omega) \cdot (acr_j / acr_1)$
19. TIMRES	max	$\omega \cdot (LS_n - LS_j) / (LS_n - LS_1) + (1-\omega) \cdot (act_j / act_1)$
กลุ่ม Regret Based Rules		
20. IRSM	min	$\max\{0, \max\{ES_i^{PS}(PS, j) - LS_j \mid (i, j) \in AP_n\}\}$
21. WCS	min	$LS_j - \max\{ES_j^{PS}(PS, i) \mid (i, j) \in AP_n\}$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ลักษณะข้อมูล	ค่าลำดับความสำคัญ (P_j)
22. ACS	min	$LS_j - \frac{1}{(E(PS, j) -1)} \cdot \sum_{i \in E(PS, j)-\{j\}} ES_j^{PS}(PS, i)$
23. WCLS	min	$\min\{LS_j^{PS}(PS, i) (i, j) \in AP_n\}$
กลุ่มอื่นๆ		
24. RAND	max	rand()
25. AHAMRS	min	LS_j

โดยที่ d_j	คือ ระยะเวลากิจกรรม j
d_i	คือ ระยะเวลากิจกรรม i
$ F_j $	คือ จำนวนกิจกรรมที่ตามหลังกิจกรรม j ทันที
$ F_j^* $	คือ จำนวนกิจกรรมที่ตามหลังกิจกรรม j ทั้งหมด
ES_j	คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดของกิจกรรม j
$ES_j(PS)$	คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดของกิจกรรม j ที่ช่วงเวลา t_n
$ES_i^{PS}(PS, j)$	คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดที่สามารถทำกำหนดเวลากิจกรรม i ได้ ถ้ากิจกรรม j ถูกทำกำหนดเวลาที่เวลาปัจจุบัน t_n
$ES_j^{PS}(PS, i)$	คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดที่สามารถทำกำหนดเวลากิจกรรม j ได้ ถ้ากิจกรรม i เริ่มทำกำหนดเวลาที่เวลาปัจจุบัน t_n
EF_j	คือ เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม j
$EF_j(PS)$	คือ เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม j ที่ช่วงเวลา t_n
LS_j	คือ เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรม j
LS_1	คือ เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรมแรก
LS_n	คือ เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรมสุดท้าย
$LS_j^{PS}(PS, i)$	คือ เวลาเริ่มช้าที่สุดที่สามารถทำกำหนดเวลากิจกรรม j ได้ ถ้ากิจกรรม i เริ่มทำกำหนดเวลาที่เวลาปัจจุบัน t_n
LF_j	คือ เวลาแล้วเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรม j
u_{jr}	คือ ความต้องการทรัพยากรประเภท r ของกิจกรรม j
u_{ir}	คือ ความต้องการทรัพยากรประเภท r ของกิจกรรม i

a_r คือ ทรัพยากรประเภท r ที่มีให้
 \prod_{jh} คือ เส้นทางที่ h ของกิจกรรม j
 $|E(PS, t)|$ คือ จำนวนกิจกรรมที่เหมาะสมในช่วงเวลา t_n

1. ข้อมูลโครงข่าย (Network-Based Rules)

กลุ่มวิธี Network-Based Rules คือ การใช้ข้อมูลที่อยู่ภายในโครงการ โดยไม่คำนึงถึงข้อมูลด้านทรัพยากร เช่น ระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม จำนวนกิจกรรมที่ตามหลัง เป็นต้น วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมประกอบด้วยวิธี

1.1 Shortest Processing Time (SPT)

วิธี SPT คือ การให้ความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีระยเวลาน้อยที่สุด (d_j) โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีระยเวลาจากน้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (1)

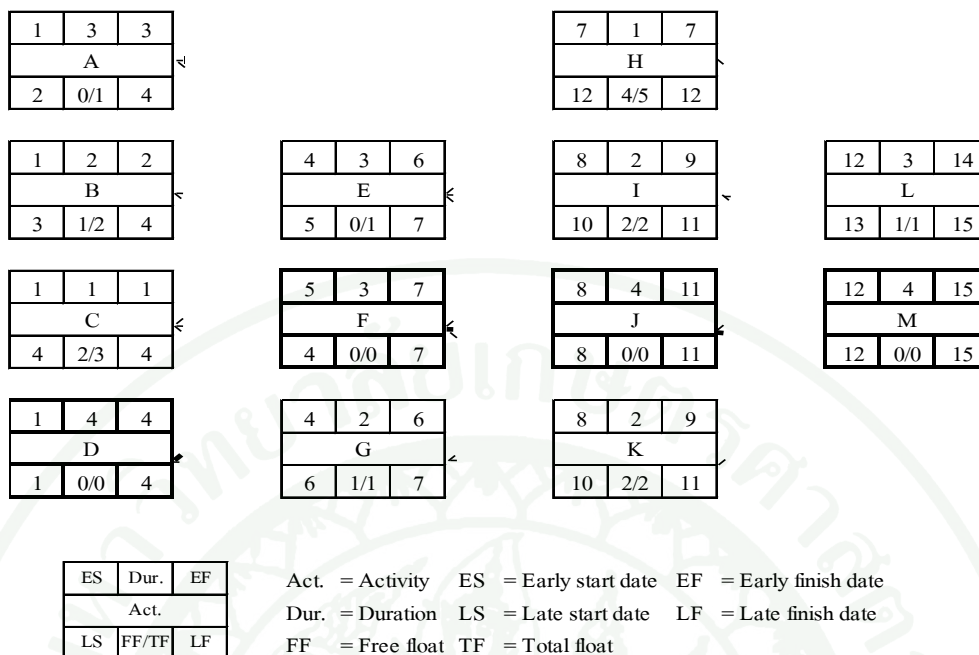
$$(\min) P_j = d_j \quad (1)$$

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลโครงการจำลองที่ 1 ประกอบไปด้วยกิจกรรมจำนวน 13 กิจกรรม มีทรัพยากรทั้งหมด 5 ประเภท คือ ทรัพยากร R1, R2, R3, R4 และ R5 โดยทรัพยากรแต่ละประเภทมีจำนวนจำกัดและมีจำนวนคงที่ทุกวัน คือ 4, 10, 7, 15, 6 หน่วยตามลำดับ ค่าใช้จ่ายของการใช้ทรัพยากร คือ 300, 500, 400, 300 และ 400 บาท ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายทางอ้อม คือ 2,000 บาท ต่อวัน กรณีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะทรัพยากรแต่ละประเภทสามารถทดแทนกันได้ คือ $2R_2=1R_1$, $2R_3=1R_1$, $2R_4=1R_3$, $2R_5=1R_3$ และ $2R_2=1R_5$ ภาพที่ 1 แสดงวิธี CPM ของโครงการจำลองที่ 1

ตารางที่ 2 ข้อมูลโครงการจำลองที่ 1

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=4	R2=10	R3=7	R4=15	R5=6
A	3	-	2	2	1	1	2
B	2	-	1	1	1	1	3
C	1	-	1	0	1	1	0
D	4	-	3	5	1	0	2
E	3	A, B, C	1	1	1	0	1
F	3	B, C, D	3	1	1	1	2
G	2	C, D	1	7	3	1	4
H	1	A, E	2	0	1	9	0
I	2	E, F	4	3	1	1	1
J	4	E, F, G	1	4	1	2	3
K	2	F, G	0	2	1	2	2
L	3	H, I, J	1	2	1	2	3
M	4	I, J, K	4	6	5	1	2

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R_2=1R_1$, $2R_3=1R_1$, $2R_4=1R_3$, $2R_5=1R_3$, $2R_2=1R_5$



ภาพที่ 6 วิธี CPM ของโครงการจำลองที่ 1

1.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี SPT

1) เริ่มจากวันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญดูจากกิจกรรมที่มีระยะเวลาสั้นที่สุด ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 3, 2, 1 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับเริ่มจากกิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ ในทำนองเดียวกันกิจกรรม B และ A สามารถเริ่มได้ เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วยและทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วยกิจกรรม D ต้องเลื่อนเวลาออกไปในวันที่ 2 ตารางที่ 3 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี SPT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันที่ 1 กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย จึงทำให้ต้องเลื่อนเวลาออกไปในวันที่ 3

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมล่าดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย จึงทำให้ต้องเลื่อนเวลาออกไปในวันที่ 4

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน คือ ดูจากวันที่พิจารณาว่ามีกิจกรรมใดบ้าง จากนั้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่มีค่าระยะเวลาน้อยที่สุดให้มีสิทธิทำก่อน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 24 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 184,000 บาท ภาพที่ 7 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 3 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี SPT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	4	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	4	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-6	E	3	3	1	1	1	0	1	Start
4-7	D	4	4	3	5	1	0	2	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	1	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-8	H	1	1	2	0	1	9	0	Start
8-9	G	2	2	1	7	3	1	4	Start
-	F	3	3	3(-2)	1	1	1	2	Delay

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
9-9	G			1	7	3	1	4	Continue
9-11	F	3	3	3	1	1	1	2	Start
10-11	F			3	1	1	1	2	Continue
12-13	I	2	2	4	3	1	1	1	Start
12-13	K	2	2	0	2	1	2	2	Start
-	J	4	4	1(-1)	4	1	2	3	Delay
14-17	J	4	4	1	4	1	2	3	Start
18-20	L	3	3	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	4	4(-1)	6	5	1	2	Delay
21-24	M	4	4	4	6	5	1	2	Start

หมายเหตุ Time คือ ช่วงเวลาการดำเนินงาน เช่น กิจกรรม C ทำในช่วงเวลา 1-1 มีความหมายคือ กิจกรรม C เริ่มทำงาน 8.00 น. ในวันที่ 1 และทำเสร็จเวลา 17.00 น. ในวันที่ 1

Act. คือ กิจกรรม

Dur. คือ ระยะเวลากิจกรรมตามแผนงาน

Act	Dur.	Pj	Duration																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
A	3	3	2/2/1/2																																
B	2	2	1/1/1/3																																
C	1	1	1/0/1/0																																
D	4	4				3/5/1/0/2																													
E	3	3				1/1/1/0/1																													
F	3	3																																	
G	2	2																																	
H	1	1																																	
I	2	2																																	
J	4	4																																	
K	2	2																																	
L	3	3																																	
M	4	4																																	
Resource	Max																																		
R1	4	4	3	2	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4							
R2	10	3	3	2	6	6	6	5	7	8	1	1	5	5	4	4	4	4	4	2	2	2	2	6	6	6	6								
R3	7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5								
R4	15	3	2	1	0	0	0	0	10	2	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1								
R5	6	5	5	2	3	3	3	2	4	6	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2									

ภาพที่ 7 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

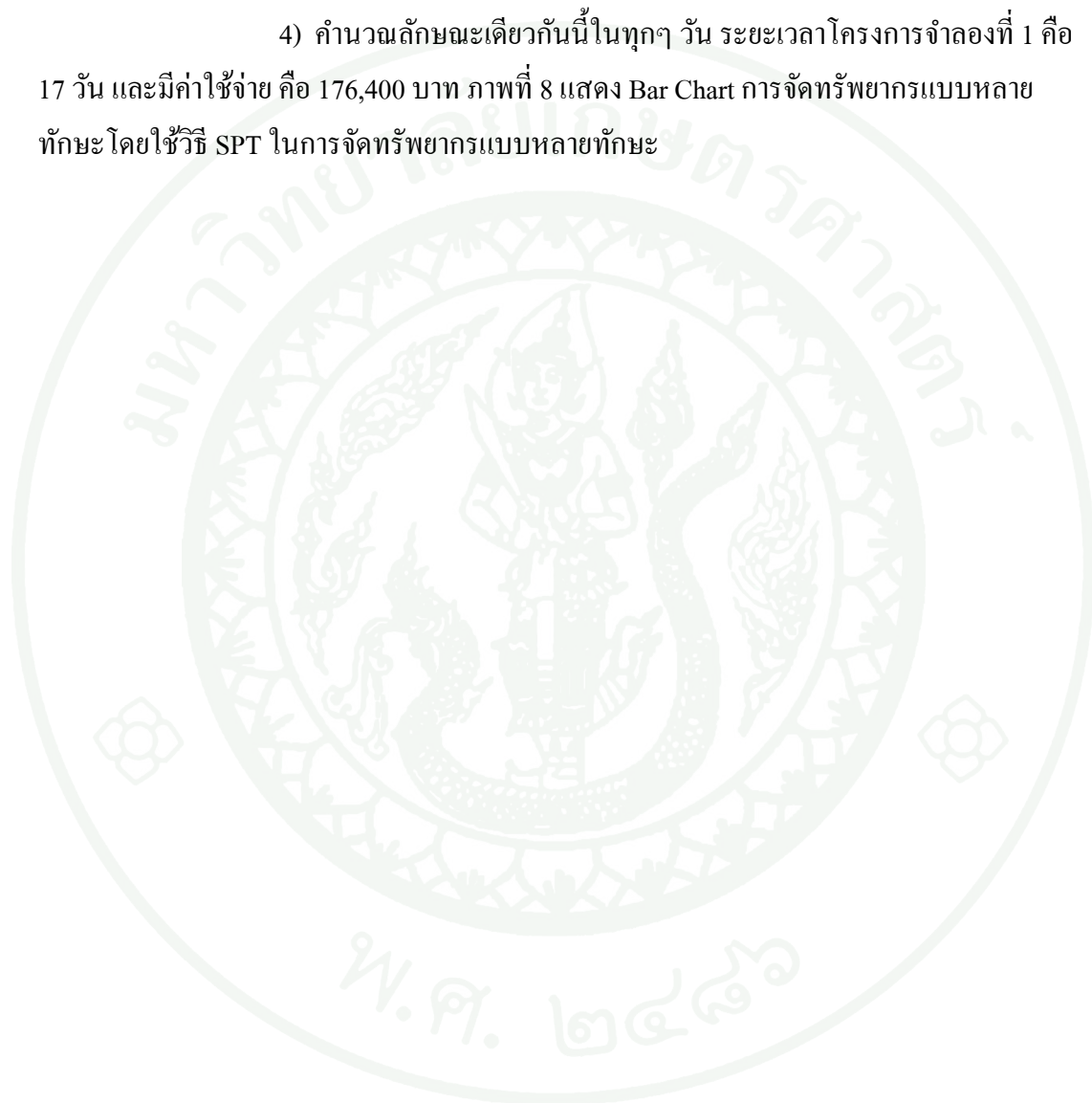
1.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี SPT

1) สมมติว่าทรัพยากรสามารถทดแทนกันได้ คือ $2R_2=1R_1$, $2R_3=1R_1$, $2R_4=1R_3$, $2R_5=1R_3$ และ $2R_2=1R_5$ เริ่มวันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับโดยมีค่าลำดับความสำคัญ คือ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ กิจกรรม C, B และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทนจึงต้องเลื่อนเวลาออกไปในวันที่ 2 ตารางที่ 4 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี SPT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรม D จึงสามารถเริ่มทำได้ในวันที่ 2

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A และ D ทำต่อเนื่อง
จากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถ
ทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาโครงการจำลองที่ 1 คือ
17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,400 บาท ภาพที่ 8 แสดง Bar Chart การจัดทรัพยากรแบบหลาย
ทักษะโดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 4 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี SPT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start	
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start	
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	4	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	3	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-7	G	2	2	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	3	3(-1)	1	1	1	2(-1)	Delay	
7-7	G			1	7	3	1	4	Continue	2R2=1R1
7-7	H	1	1	2	0	1	9	0	Start	2R3=1R1
7-9	F	3	3	3(-2)+1+1	1+2	1+2	1	2	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-11	I	2	2	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
10-11	K	2	2	0	2	1	2	2	Start	
10-13	J	4	4	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-16	L	3	3	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
14-17	M	4	4	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	3	■	■	■																	
B	2	2	■	■																		
C	1	1	■																			
D	4	4		■	■	■	■															
E	3	3		■	■	■																
F	3	3			■	■	■															
G	2	2					■	■														
H	1	1						■														
I	2	2																				
J	4	4																				
K	2	2																				
L	3	3																				
M	4	4																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2	10		3	10	7	6	6	8	10	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3	7		3	7	4	2	2	4	7	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	3	3	5	6	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 8 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี SPT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

1.2 Most Immediate Successors (MIS)

วิธี MIS คือ การให้ความสำคัญแก่กิจกรรม j ที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทันทีมากที่สุด ($|F_j|$) โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทันทีมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ ดังสมการที่ (2)

$$(max) P_j = |F_j| \tag{2}$$

1.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MIS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D โดยแต่ละกิจกรรมมีจำนวนกิจกรรมตามหลังทันที คือ 2, 2, 3 และ 2 กิจกรรมตามลำดับ ค่าลำดับความสำคัญดูจากกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, A, B และ D ตามลำดับ กรณีที่กิจกรรมมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันถือว่ามีความสำคัญเท่ากันสามารถเลือกทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้ กิจกรรม C, A และ B สามารถทำได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้ต้องเลื่อนเวลาออกไปเนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอ คือ ทรัพยากร R1

ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 5 ตารางแสดงการคำนวณการจัด
ทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี MIS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของ
กิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า
กิจกรรม D ทรัพยากรไม่เพียงพอ คือ ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1
หน่วยจึงต้องเลื่อนเวลาออกไป

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวัน
ก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1
หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน คือ ดูจากวันที่พิจารณาว่ามีกิจกรรม
ใดบ้าง จากนั้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังมากที่สุดให้มีสิทธิทำก่อน
ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 9 แสดง Bar
Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MIS ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

ตารางที่ 5 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี MIS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-1	C	1	3	1	0	1	1	0	Start
1-3	A	3	2	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
-	D	4	2	3(-1)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	2	3(-1)	5	1	0	2	Delay

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	2	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-6	E	3	3	1	1	1	0	1	Start
4-7	D	4	2	3	5	1	0	2	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	1	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	3	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	2	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	1	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-12	I	2	2	4	3	1	1	1	Start
-	J	4	2	1(-1)	4	1	2	3	Delay
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay
11-12	K	2	1	0	2	1	2	2	Start
13-16	J	4	2	1	4	1	2	3	Start
13-13	H	1	1	2	0	1	9	0	Start
14-16	J			1	4	1	2	3	Delay
17-19	L	3	0	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	0	4	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4	0	4	6	5	1	2	Start

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน คือ ดูจากวันที่พิจารณาว่ามีกิจกรรมใดบ้าง จากนั้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังหันที่มากที่สุดให้มีสิทธิทำก่อน กรณีทรัพยากรไม่เพียงพอให้ตรวจสอบดูว่าสามารถทดแทนทรัพยากรได้หรือเปล่า ถ้าทรัพยากรไม่เพียงพอที่จะทดแทนให้ทำการเลื่อนกิจกรรมนั้นออกไป ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 170,600 บาท ภาพที่ 10 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MIS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 6 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MIS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	3	1	0	1	1	0	Start	
1-3	A	3	2	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start	
-	D	4	2	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	2	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	3	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	3	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	2	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	2	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	1	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-10	I	2	2	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
9-12	J	4	2	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	1	0	2	1	2	2	Start	
11-10	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	0	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	0	4(-1)	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	3	2	■	■	■																
B	2	2	■	■							■	■	■	■	■	■					
C	1	3	■								■	■	■	■	■	■					
D	4	2		■	■	■	■	■													
E	3	3		■	■	■															
F	3	3		■	■	■														■	■
G	2	2						■	■												
H	1	1						■													
I	2	2								■	■										
J	4	2								■	■	■	■								
K	2	1								■	■										
L	3	0								■	■	■									
M	4	0																			
Resource	Max																				
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	0	1	1	4	4	4	4				
R2	10		3	10	7	6	6	2	10	8	9	6	4	4	10	10	10	6			
R3	7		3	7	4	2	2	2	7	4	5	4	1	1	6	6	6	5			
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	3	3	3	6	6	6	5	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 10 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MIS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

1.3 Most Total Successors (MTS)

วิธีนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธี MIS แต่วิธี MTS คือ การให้ความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมดมากที่สุด โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมดมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ ดังสมการที่ (3)

$$(\max) P_j = |F_j| \quad (3)$$

1.3.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MTS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D โดยแต่ละกิจกรรมมีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมด คือ 6, 8, 9 และ 7 กิจกรรมตามลำดับ ค่าลำดับความสำคัญดูจากกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมดมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, D และ A ตามลำดับกิจกรรม C และ B สามารถทำได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้ต้องเลื่อนเวลาออกไปเนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ ตารางที่ 7 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี MTS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับกิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วยจึงต้องเลื่อนเวลาออกไป

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

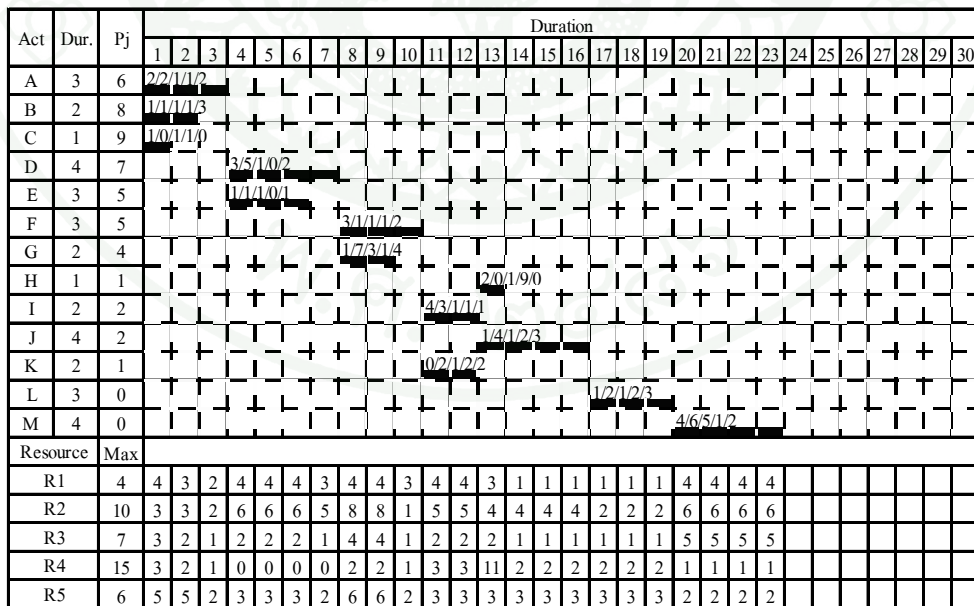
4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน คือ ดูจากวันที่พิจารณาว่ามีกิจกรรมใดบ้าง จากนั้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมดมากที่สุดให้มีสิทธิ์ทำก่อน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 11 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

ตารางที่ 7 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี MTS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-1	C	1	9	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	8	1	1	1	1	3	Start
-	D	4	7	3(-1)	5	1	0	2	Delay
1-3	A	3	6	2	2	1	1	2	Start
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	7	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	7	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	7	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	5	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	1	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	5	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	4	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay



ภาพที่ 11 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

1.3.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MTS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D โดยแต่ละกิจกรรมมีจำนวนกิจกรรมตามหลังทั้งหมด คือ 6, 8, 9 และ 7 กิจกรรมตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, D และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ B สามารถทำได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย แต่สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 8 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี MTS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, D และ A ตามลำดับ กิจกรรม B และ D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้าโดยกิจกรรม D ไม่มีการทดแทนทรัพยากรเนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,200 บาท ภาพที่ 12 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 8 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MTS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	9	1	0	1	1	0	Start	2R3=1R1
1-2	B	2	8	1	1	1	1	3	Start	
1-4	D	4	7	3(-1)+1	5	1+2	0	2	Start	
-	A	3	6	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R2=1R5
2-4	A	3	6	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)+1	Start	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-4	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
5-7	E	3	5	1	1	1	0	1	Start	
5-7	F	3	5	3	4	1	1	2	Start	
-	G	2	5	1(-1)	7	3	1	4	Delay	
8-9	G	2	5	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
8-9	I	2	2	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay	
10-13	J	4	2	1	4	1	2	3	Start	
10-10	H	1	1	2	0	1	9	0	Start	
10-11	K	2	1	0	2	1	2	2	Start	
11-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
11-11	K			0	2	1	2	2	Continue	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-16	L	3	-	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
14-17	M	4	-	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	6																				
B	2	8																				
C	1	9																				
D	4	7																				
E	3	5																				
F	3	5																				
G	2	4																				
H	1	1																				
I	2	2																				
J	4	2																				
K	2	1																				
L	3	-																				
M	4	-																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4			
R2	10		6	10	7	7	2	2	2	10	10	6	6	4	4	10	10	10	6			
R3	7		5	7	4	4	2	2	2	6	6	3	2	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	1	1	1	1	1	2	2	13	4	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	4	3	3	3	5	5	5	5	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 12 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MTS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

1.4 Greatest Rank Positional Weight (GRPW)

วิธี GRPW คือ การให้ความสำคัญแก่ระยะเวลากิจกรรมที่กำลังพิจารณารวมกับระยะเวลากิจกรรมที่ตามหลังทันทีมากที่สุด โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากระยะเวลากิจกรรมที่กำลังพิจารณารวมกับระยะเวลากิจกรรมที่ตามหลังทันทีมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยดังสมการที่ (4)

$$(\max) P_j = d_j + \sum_{i \in F_j} d_i \quad (4)$$

1.4.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRPW

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ระยะเวลากิจกรรม A คือ 3 วัน กิจกรรมที่ตามหลังกิจกรรม A คือ กิจกรรม H มีระยะเวลา คือ 1 วัน จากสมการที่ (4) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ $3+1=4$ ทำเช่นเดียวกันกับทุกกิจกรรม ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ 4, 8, 9 และ 9 ตามลำดับ ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของ

กิจกรรม คือ กิจกรรม C, D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ D สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย ตารางที่ 9 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี GRPW

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

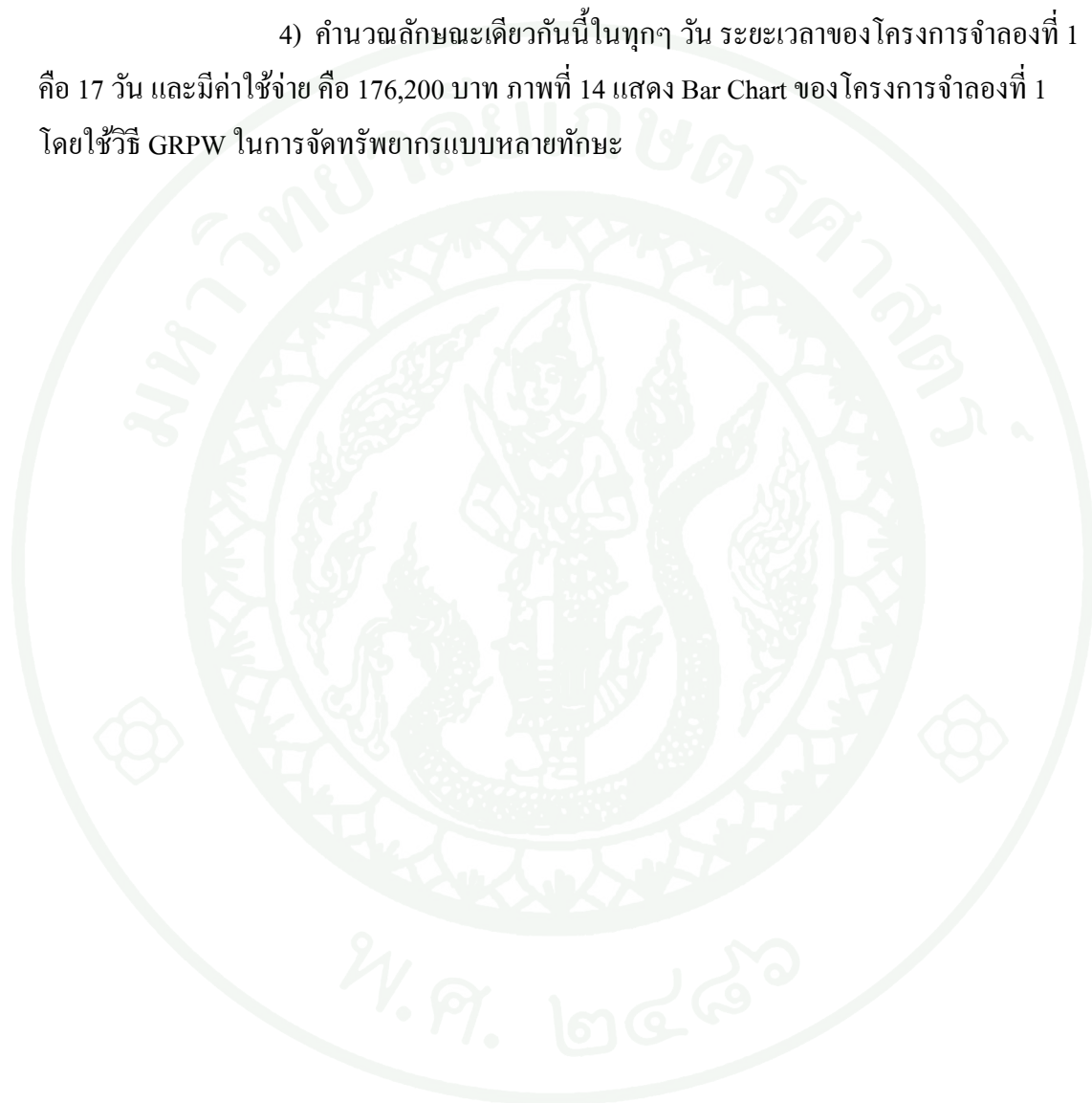
4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 26 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 188,000 บาท ภาพที่ 13 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

ตารางที่ 9 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี GRPW

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-1	C	1	9	1	0	1	1	0	Start
1-4	D	4	9	3	5	1	0	2	Start
-	B	2	8	1(-1)	1	1	1	3	Delay
-	A	3	4	2(-2)	2	1	1	2	Delay
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue
2-3	B	2	8	1	1	1	1	3	Start
-	A	3	4	2(-2)	2	1	1	2	Delay
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	4	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	F	3	11	3	1	1	1	2	Start
5-6	G	2	8	1	7	3	1	4	Start
-	A	3	4	2(-2)	2	1	1	2(-2)	Delay
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue
-	A	3	4	2(-1)	2	1	1	2	Delay
8-9	K	2	6	0	2	1	2	2	Start
8-10	A	3	4	2	2	1	1	2	Start
10-10	A			2	2	1	1	2	Continue
11-13	E	3	5	1	1	1	0	1	Start
14-17	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
14-14	H	1	4	2	0	1	9	0	Start
15-17	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
18-19	I	2	9	4	3	1	1	1	Start
20-23	M	4	4	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	3	1(-1)	2	1	2	3	Delay
24-26	L	3	3	1	2	1	2	3	Start

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,200 บาท ภาพที่ 14 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 10 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRPW

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	9	1	0	1	1	0	Start	2R3=1R1
1-4	D	4	9	3	5	1	0	2	Start	
1-2	B	2	8	1(-1)+1	1	1+2	1	3	Start	
-	A	3	4	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay	
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-4	A	3	4	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)+1	Start	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-4	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
5-7	F	3	11	3	1	1	1	2	Start	
5-7	E	3	10	1	1	1	0	1	Start	
-	G	2	8	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
8-9	I	2	9	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
8-9	G	2	8	1(-1)	7	3+2	1	4	Start	
-	H	1	4	2(-2)	0	1	9	0	Delay	
10-13	J	4	11	1	4	1	2	3	Start	
10-11	K	2	6	0	2	1	2	2	Start	
10-10	H	1	4	2	0	1	9	0	Start	
11-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
11-11	K			0	2	1	2	2	Continue	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	4	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	3	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	4		■	■	■																
B	2	8	■	■																		
C	1	9	■																			
D	4	9	■	■	■	■																
E	3	10		■	■	■	■	■														
F	3	11				■	■	■	■													
G	2	8						■	■													
H	1	4								■												
I	2	9								■	■											
J	4	11								■	■	■	■									
K	2	6								■	■											
L	3	3								■	■	■										
M	4	4														■	■	■	■			
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4			
R2	10		6	10	7	7	2	2	2	10	10	6	6	4	4	10	10	10	6			
R3	7		5	7	4	4	2	2	2	6	6	3	2	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	1	1	1	1	1	2	2	13	4	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	4	3	3	3	5	5	5	5	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 14 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

1.5 Greatest Rank Positional Weight all (GRPW*)

วิธี GRPW* คือ การให้ความสำคัญแก่ระยะเวลากิจกรรมที่กำลังพิจารณารวมกับระยะเวลากิจกรรมที่ตามหลังทั้งหมดที่มากที่สุด โดยลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากระยะเวลากิจกรรมที่กำลังพิจารณารวมกับระยะเวลากิจกรรมที่ตามหลังทั้งหมดมากที่สุดไปน้อยสุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ ดังสมการที่ (5)

$$(\max) P_j = d_j + \sum_{i \in F_j} d_i \quad (5)$$

1.5.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRPW*

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ระยะเวลากิจกรรม A คือ 3 วัน กิจกรรมที่ตามหลังกิจกรรม A ทั้งหมด คือ กิจกรรม H, E, L, I, J และ M โดยมีระยะเวลา คือ 1, 3, 3, 2, 4 และ 4 ตามลำดับ จากสมการที่ (5) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ $3 + (1+3+3+2+4+4) = 20$ ทำเช่นเดียวกันนี้กับทุกกิจกรรม ค่าลำดับความสำคัญของ

กิจกรรม A, B, C และ D คือ 20, 24, 25 และ 24 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, D และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ ตารางที่ 11 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRPW*

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 15 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 11 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRPW*

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-1	C	1	25	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	24	1	1	1	1	3	Start
-	D	4	24	3(-2)	5	1	0	2	Delay
1-3	A	3	20	2	2	1	1	2	Start
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue

ตารางที่ 11 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
-	D	4	24	3(-1)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	24	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	24	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	17	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	4	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	18	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	15	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	4	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	4	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-14	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	6	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	4	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	4	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	3	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	3	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	3	20	2/2/1/1/2																												
B	2	24	1/1/1/1/3																												
C	1	25	1/0/1/1/0																												
D	4	24		3/5/1/0/2																											
E	3	17		1/1/1/0/1																											
F	3	18			3/1/1/1/2																										
G	2	15			1/7/3/1/4																										
H	1	4				2/0/1/9/0																									
I	2	9					4/3/1/1/1																								
J	4	11					1/4/1/2/3																								
K	2	6					0/2/1/2/2																								
L	3	3							1/2/1/2/3																						
M	4	4								4/6/5/1/2																					
Resource	Max																														
R1	4		4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1					
R2	10		3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2						
R3	7		3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1						
R4	15		3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2					
R5	6		5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3						

ภาพที่ 15 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบที่กะ
เดียว

1.5.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายที่กะโดยใช้วิธี GRPW*

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 20, 24, 25 และ 24 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, D และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอ สำหรับการทดแทน ตารางที่ 12 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายที่กะโดยใช้วิธี GRPW*

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, D และ A ตามลำดับ กิจกรรม B และ D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน

4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อน หน้ากิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,200 บาท ภาพที่ 16 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 12 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRPW*

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	25	1	0	1	1	0	Start	2R3=1R1
1-2	B	2	24	1	1	1	1	3	Start	
1-4	D	4	24	3(-1)+1	5	1+2	0	2	Start	
-	A	3	20	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	4R3=2R1
2-4	A	3	20	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)	Start	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-4	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
5-7	F	3	18	3	1	1	1	2	Start	
5-7	E	3	17	1	1	1	0	1	Start	
-	G	2	15	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
8-9	G	2	15	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
8-9	I	2	9	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
-	H	1	4	2(-2)	0	1	9	0	Delay	
10-13	J	4	11	1	4	1	2	3	Start	
10-11	K	2	6	0	2	1	2	2	Start	
10-10	H	1	4	2	0	1	9	0	Start	
11-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
11-11	K			0	2	1	2	2	Continue	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	4	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	3	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	20																				
B	2	24																				
C	1	25																				
D	4	24																				
E	3	17																				
F	3	18																				
G	2	15																				
H	1	4																				
I	2	9																				
J	4	11																				
K	2	6																				
L	3	3																				
M	4	4																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4			
R2	10		6	10	7	7	2	2	2	10	10	6	6	4	4	10	10	10	6			
R3	7		5	7	4	4	2	2	2	6	6	3	2	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	1	1	1	1	1	2	2	13	4	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	4	3	3	3	5	5	5	5	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 16 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRPW* ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2. ข้อมูลวิธีวิถีกฤต Critical Path-Based Rules

กลุ่มวิธี Critical Path-Based Rules คือ การใช้ข้อมูลจากการคำนวณด้วยวิธี CPM จากการคำนวณไปข้างหน้า (Forward Pass) และการคำนวณย้อนกลับ (Backward Pass) เช่น เวลาเริ่มเร็วสุด (Early Start) เวลาเสร็จเร็วสุด (Early Finish) เวลาเริ่มช้าสุด (Late Start) เวลาเสร็จช้าสุด (Late Finish) เป็นต้น โดยมีวิธีดังต่อไปนี้

2.1 Earliest Starting Time (EST)

วิธี EST คือ การให้ลำดับความสำคัญกับกิจกรรมที่มีเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (ES_j) โดยคำนวณจากวิธี CPM ในตอนแรก ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า ES_j น้อยที่สุดไปมากที่สุด จะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (6)

$$(\min) P_j = ES_j \quad (6)$$

2.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EST

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญหาจากกิจกรรมที่มีระยะเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดโดยวิธี CPM ในตอนแรก คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากกิจกรรมมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันจึงสามารถเริ่มทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 13 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EST

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

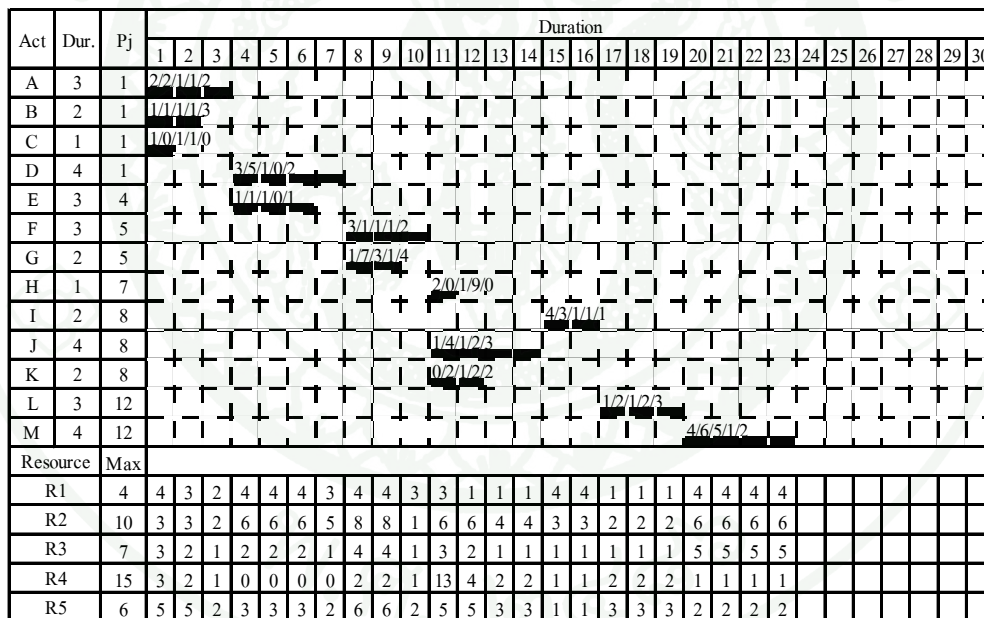
4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 17 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 13 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EST

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	1	3(-1)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	1	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	1	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	4	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	5	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	5	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	7	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-11	H	1	7	2	0	1	9	0	Start
-	I	2	8	4(-2)	3	1	1	1	Delay
11-14	J	4	8	1	4	1	2	3	Start
11-12	K	2	8	0	2	1	2	2	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	8	4(-1)	3	1	1	1	Delay

ตารางที่ 13 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	8	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	8	4	3	1	1	1	Start
17-19	L	3	12	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	12	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4	12	4	6	5	1	2	Start



ภาพที่ 17 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

2.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EST

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 14 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี EST

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 174,400 บาท ภาพที่ 18 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 14 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EST

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	1	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	4	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	5	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	5	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	5	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	7	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-10	I	2	8	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
9-12	J	4	8	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	8	0	2	1	2	2	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	12	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	12	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1	█	█	█																	
B	2	1	█	█																		
C	1	1	█																			
D	4	1		█	█	█	█															
E	3	4			█	█	█															
F	3	5				█	█	█														
G	2	5					█	█														
H	1	7							█													
I	2	8								█												
J	4	8									█	█	█	█								
K	2	8										█	█									
L	3	12													█	█	█					
M	4	12														█	█	█	█			
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4					
R2		10	3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6				
R3		7	3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5				
R4		15	3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1				
R5		6	5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 18 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.2 Earliest Finishing Time (EFT)

วิธี EFT คือ การให้ลำดับความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด (EF_j) โดยคำนวณจากวิธี CPM ในตอนแรก ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า EF_j น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (7)

$$(\min) P_j = EF_j \quad (7)$$

2.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EFT

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญดูจากระยะเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด โดยวิธี CPM ในตอนแรก คือ 3, 2, 1 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม C, B และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 15 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EFT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 19 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 15 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EFT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	4	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	4	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	4	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start

ตารางที่ 15 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-9	G	2	6	1	7	3	1	4	Start
8-10	F	3	7	3	1	1	1	2	Start
-	H	1	7	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-11	H	1	7	2	0	1	9	0	Start
-	I	2	9	4(-2)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	9	0	2	1	2	2	Start
11-14	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	9	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	9	4	3	1	1	1	Start
17-19	L	3	14	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	15	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4	15	4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	3	3	22/1/12																													
B	2	2	1/1/13	+	+																											
C	1	1	1/0/1/0																													
D	4	4																														
E	3	6																														
F	3	7																														
G	2	6																														
H	1	7																														
I	2	9																														
J	4	11																														
K	2	9																														
L	3	14																														
M	4	15																														
Resource	Max																															
R1	4		4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	4	4							
R2	10		3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	2	2	2	6	6	6	6							
R3	7		3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5							
R4	15		3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1							
R5	6		5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	3	3	3	2	2	2	2							

ภาพที่ 19 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

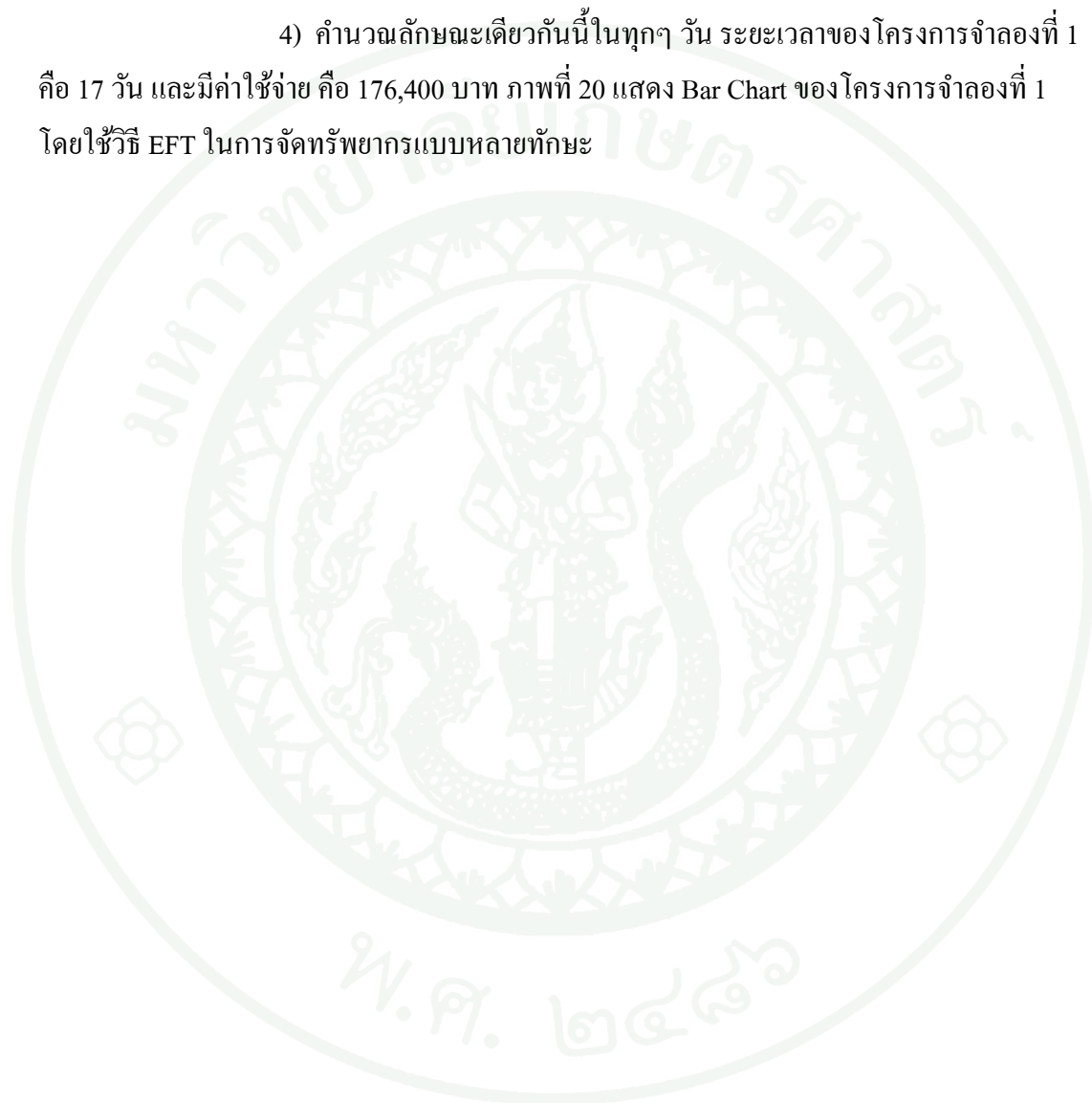
2.2.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี EFT

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ 3, 2, 1 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรมคือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม C, B และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทนจึงทำให้กิจกรรม D ถูกเลื่อนเวลาออกไป ตารางที่ 16 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี EFT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,400 บาท ภาพที่ 20 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 16 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EFT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start	
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start	
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	4	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-7	G	2	6	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	7	3(-1)	1	1	1	2(-1)	Delay	
7-7	G			1	7	3	1	4	Continue	2R2=1R1
7-9	F	3	7	3	1	1	1	2	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	7	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-11	I	2	9	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
10-11	K	2	9	0	2	1	2	2	Start	
10-13	J	4	11	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-16	L	3	14	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
14-17	M	4	15	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	3	■	■	■																	
B	2	2	■	■																		
C	1	1	■																			
D	4	4	■	■	■	■																
E	3	6		■	■	■																
F	3	7		■	■	■	■	■														
G	2	6		■	■			■	■													
H	1	7		■				■														
I	2	9		■				■	■													
J	4	11		■	■	■	■	■	■													
K	2	9		■	■			■	■													
L	3	14		■	■	■	■	■	■	■												
M	4	15		■	■	■	■	■	■	■	■											
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2	10		3	10	7	6	6	8	10	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3	7		3	7	4	2	2	4	7	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	3	3	5	6	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 20 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.3 Earliest Starting Time (Dynamically) (ESTD)

วิธี ESTD คือ การให้ลำดับความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดจากวิธี CPM โดยการคำนวณใหม่ตลอดที่มีการทำกำหนดเวลากิจกรรม ลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากค่า $ES_j(PS)$ ที่น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (8)

$$(\min) P_j = ES_j(PS) \quad (8)$$

โดยที่ $ES_j(PS)$ คือ เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรม j ที่เวลาปัจจุบัน t_n

2.3.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ESTD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากกิจกรรมมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันจึงสามารถเริ่มทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร

เพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 17 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี ESTD

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ค่าลำดับความสำคัญ คือ 2 โดยการคำนวณค่า $ES_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D มีค่าลำดับความสำคัญ คือ 3 โดยการคำนวณค่า $ES_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 21 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว

ตารางที่ 17 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี ESTD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue

ตารางที่ 17 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
-	D	4	1	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	3	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	4	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	4	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	8	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	8	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	8	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	10	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-11	H	1	11	2	0	1	9	0	Start
-	I	2	11	4(-2)	3	1	1	1	Delay
11-14	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
11-12	K	2	11	0	2	1	2	2	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	12	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	12	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	15	4	3	1	1	1	Start
17-19	L	3	17	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	17	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4	20	4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
A	3	1	22/1/12																																
B	2	1	11/1/13																																
C	1	1	10/1/10																																
D	4	4				13/5/102																													
E	3	4				11/1/101																													
F	3	8																																	
G	2	8																																	
H	1	11																																	
I	2	15																																	
J	4	11																																	
K	2	11																																	
L	3	17																																	
M	4	17																																	
Resource	Max																																		
R1	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	4	4											
R2	10	3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	2	2	2	6	6	6	6											
R3	7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5											
R4	15	3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1											
R5	6	5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	3	3	2	2	2	2												

ภาพที่ 21 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

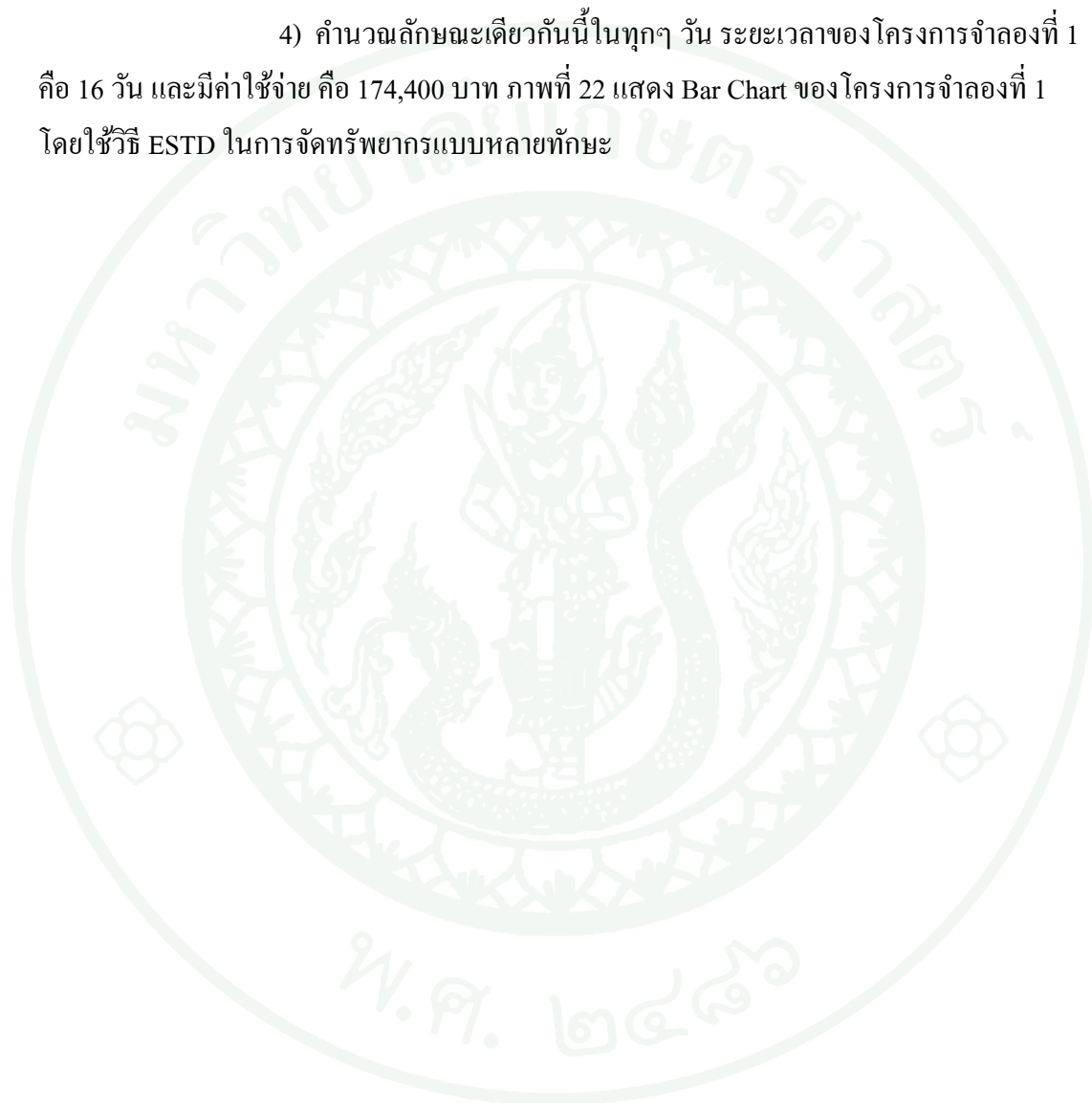
2.3.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี ESTD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 18 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี ESTD

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 2 โดยการคำนวณค่า $ES_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 174,400 บาท ภาพที่ 22 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 18 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ESTD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	4R3=2R1
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-5	D	4	2	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	4	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	6	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	6	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	7	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	7	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-10	I	2	9	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
9-12	J	4	9	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	9	0	2	1	2	2	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	13	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	13	4(-1)	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1	■	■	■																	
B	2	1	■	■																		
C	1	1	■																			
D	4	2		■	■	■	■															
E	3	4		■	■	■																
F	3	6		■	■	■	■	■														
G	2	6							■	■												
H	1	7							■													
I	2	9									■	■										
J	4	9									■	■	■	■								
K	2	9									■	■										
L	3	13												■	■	■						
M	4	13															■	■	■	■		
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4				
R2	10		3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6				
R3	7		3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5				
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1				
R5	6		5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 22 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ESTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.4 Earliest Finishing Time (Dynamically) (EFTD)

วิธี EFTD คือ การให้ลำดับความสำคัญกับกิจกรรมที่มีเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดจากวิธี CPM โดยการคำนวณใหม่ตลอดที่มีการทำกำหนดเวลากิจกรรม ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า $EF_j(PS)$ น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (9)

$$(\min) P_j = EF_j(PS) \quad (9)$$

โดยที่ $ES_j(PS)$ คือ เวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม j ที่เวลาปัจจุบัน t_n

2.4.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EFTD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญ คือ 3, 2, 1 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม C, B และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรม D ไม่สามารถ

เริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 19 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EFTD

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D มีค่าลำดับความสำคัญ คือ 5 โดยการคำนวณเวลา $EF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรม D มีค่าลำดับความสำคัญ คือ 6 โดยการคำนวณ $EF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 24 วันและมีค่าใช้จ่าย คือ 184,000 บาท ภาพที่ 23 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 19 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี EFTD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
1-2	A	3	3	2	2	1	1	2	Start
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	5	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	6	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start
4-7	D	4	7	3	5	1	0	2	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	7	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-8	H	1	8	2	0	1	9	0	Start
8-9	G	2	9	1	7	3	1	4	Start
-	F	3	10	3(-2)	1	1	1	2	Delay
9-9	G			1	7	3	1	4	Continue
9-11	F	3	11	3	1	1	1	2	Start
10-11	F			3	1	1	1	2	Continue
12-13	I	2	13	4	3	1	1	1	Start
12-13	K	2	13	0	2	1	2	2	Start
-	J	4	15	1(-1)	4	1	2	3	Delay
14-17	J	4	17	1	4	1	2	3	Start
18-20	L	3	20	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	21	4(-1)	6	5	1	2	Delay
21-24	M	4	24	4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
A	3	3	22/1/12																																
B	2	2	1/1/13																																
C	1	1	1/0/1/0																																
D	4	7																																	
E	3	6																																	
F	3	11																																	
G	2	9																																	
H	1	8																																	
I	2	13																																	
J	4	17																																	
K	2	13																																	
L	3	20																																	
M	4	24																																	
Resource	Max																																		
R1			4	3	2	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4							
R2			10	3	3	2	6	6	6	5	7	8	1	1	5	5	4	4	4	4	2	2	2	6	6	6	6								
R3			7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5								
R4			15	3	2	1	0	0	0	0	10	2	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1								
R5			6	5	5	2	3	3	3	2	4	6	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2								

ภาพที่ 23 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

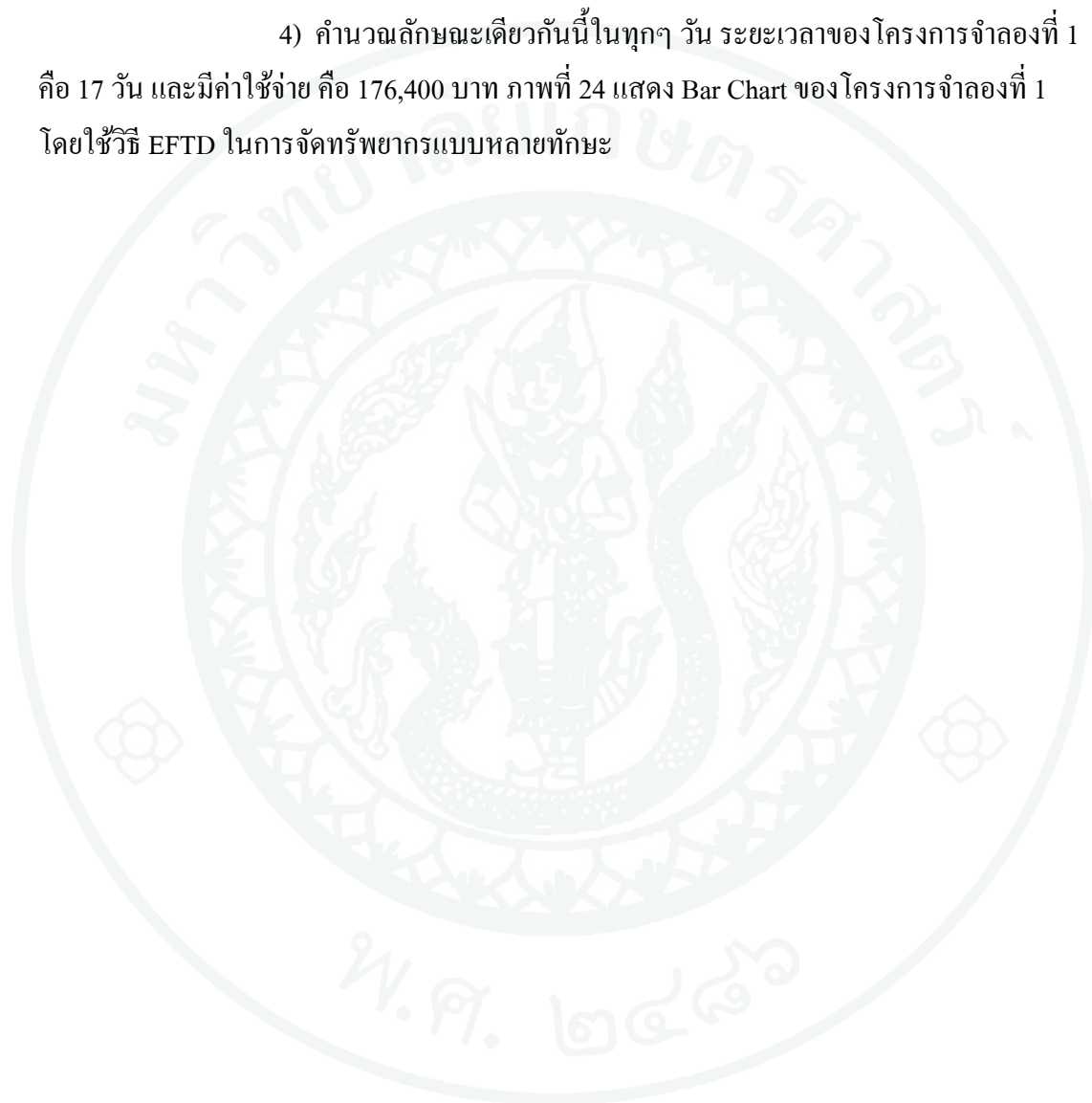
2.4.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EFTD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 3, 2, 4 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, B, A และ D ตามลำดับกิจกรรม C, B และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ถูกเลื่อนออกไปเนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 20 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EFTD

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D มีค่าลำดับความสำคัญ คือ 5 โดยการคำนวณค่า $EF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจาก วันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,400 บาท ภาพที่ 24 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 20 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี EFTD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start	
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start	
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	5	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-7	G	2	7	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	8	3(-1)	1	1	1	2	Delay	
7-7	G			1	7	3	1	4	Continue	2R2=1R1
7-7	H	1	7	2	0	1	9	0	Start	2R3=1R1
7-9	F	3	9	3(-2)+1+1	1+2	1+2	1	2	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-11	I	2	11	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
10-11	K	2	11	0	2	1	2	2	Start	
10-13	J	4	13	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-16	L	3	16	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
14-17	M	4	17	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	3	■	■	■																	
B	2	2	■	■																		
C	1	1	■																			
D	4	5	■	■	■	■																
E	3	6		■	■	■																
F	3	9			■	■	■															
G	2	7					■	■														
H	1	7						■														
I	2	11								■	■											
J	4	13									■	■	■	■								
K	2	11									■	■										
L	3	16												■	■	■						
M	4	17													■	■	■	■				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2		10	3	10	7	6	6	8	10	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3		7	3	7	4	2	2	4	7	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4		15	3	2	1	0	0	1	11	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5		6	5	6	4	3	3	5	6	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 24 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี EFTD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.5 Latest Starting Time (LST)

วิธี LST คือ การให้ลำดับความสำคัญกับกิจกรรมที่มีเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด (LS_j) โดยคำนวณจากวิธี CPM ในตอนแรก ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า LS_j น้อยที่สุดไปมากที่สุด จะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (10)

$$(\min) P_j = LS_j \quad (10)$$

2.5.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LST

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 2, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่

สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 21 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LST

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D โดยลำดับความสำคัญกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 25 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 21 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LST

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	2	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	3	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	4	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	2	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	4	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	2	2(-1)	2	1	1	2	Delay

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
5-7	A	3	2	2	2	1	1	2	Start
-	F	3	5	3(-1)	1	1	1	2	Delay
5-6	G	2	6	1	7	3	1	4	Start
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	5	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	E	3	5	1	1	1	0	1	Start
8-10	F	3	5	3	1	1	1	2	Start
11-14	J	4	8	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	10	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	10	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	12	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	10	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	10	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	10	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	12	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	13	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	13	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
A	3	2	2/2/1/2																															
B	2	3	1/1/1/3																															
C	1	4	1/0/1/0																															
D	4	1	3/5/1/0/2																															
E	3	5	1/1/0/1																															
F	3	5	3/1/1/2																															
G	2	6	1/7/3/1/4																															
H	1	12	2/0/1/9/0																															
I	2	10	4/3/1/1/1																															
J	4	8	1/4/1/2/3																															
K	2	10	0/2/1/2/2																															
L	3	13	1/2/1/2/3																															
M	4	12	4/6/5/1/2																															
Resource	Max																																	
R1	4		4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	1									
R2	10		6	6	5	5	9	9	2	2	2	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2										
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1									
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2									
R5	6		5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3									

ภาพที่ 25 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

2.5.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LST

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 2, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอกิจกรรมลำดับถัดไปคือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย และทรัพยากร R3 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 22 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LST

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้าแต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย

($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R_1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R_3 จำนวน 1 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E ลำดับความสำคัญของกิจกรรมคือ กิจกรรม D และ E โดยค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม E คือ 5 กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 26 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 22 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LST

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	2	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	3	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	4	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	4	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	5	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	5	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	6	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	6	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	12	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	10	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	8	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	10	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	K			0	2	1	2	2	Continue	
13-16	M	4	12	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	13	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	2	■	■	■																	
B	2	3	■	■																		
C	1	4		■	■																	
D	4	1	■	■	■	■																
E	3	5			■	■	■															
F	3	5			■	■	■															
G	2	6				■	■															
H	1	12							■													
I	2	10								■												
J	4	8								■	■	■	■									
K	2	10									■	■										
L	3	13												■	■	■						
M	4	12															■	■	■	■		
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4					
R2	10		10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3	7		7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4	15		2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5	6		6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 26 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LST ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.6 Latest Finishing Time (LFT)

วิธี LFT คือ การให้ลำดับความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีเวลาแล้วเสร็จช้าที่สุด LF_j โดยคำนวณจากวิธี CPM ในตอนแรก ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า LF_j น้อยที่สุดไปมากที่สุด จะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (11)

$$(\min) P_j = LF_j \quad (11)$$

2.6.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LFT

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 4, 4, 4 และ 4 ตามลำดับ กรณีที่ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมเท่ากันสามารถเลือกกิจกรรมใดทำก่อนก็ได้ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 23 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LFT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 27 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 23 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี LFT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-3	A	3	4	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	4	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	4	1	0	1	1	0	Start
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	4	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	4	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	4	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	7	1	1	1	0	1	Start

ตารางที่ 23 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	12	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	7	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	7	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	12	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	12	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-12	I	2	11	4	3	1	1	1	Start
-	J	4	11	1(-1)	4	1	2	3	Delay
11-12	K	2	11	0	2	1	2	2	Start
-	H	1	12	2(-2)	0	1	9	0	Delay
13-16	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
13-13	H	1	12	2	0	1	9	0	Start
14-16	J			1	4	1	2	3	Continue
17-19	L	3	15	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	15	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4	15	4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
A	3	4	2/2/1/2																																	
B	2	4	1/1/1/3																																	
C	1	4	1/0/1/1/0																																	
D	4	4				3/5/1/0/2																														
E	3	7				1/1/1/0/1																														
F	3	7								3/1/1/1/2																										
G	2	7								1/7/3/1/4																										
H	1	12																																		
I	2	11																																		
J	4	11																																		
K	2	11																																		
L	3	15																																		
M	4	15																																		
Resource	Max																																			
R1	4		4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4							
R2	10		3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	5	5	4	4	4	4	2	2	2	6	6	6	6											
R3	7		3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5											
R4	15		3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	3	3	11	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1											
R5	6		5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2								

ภาพที่ 27 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

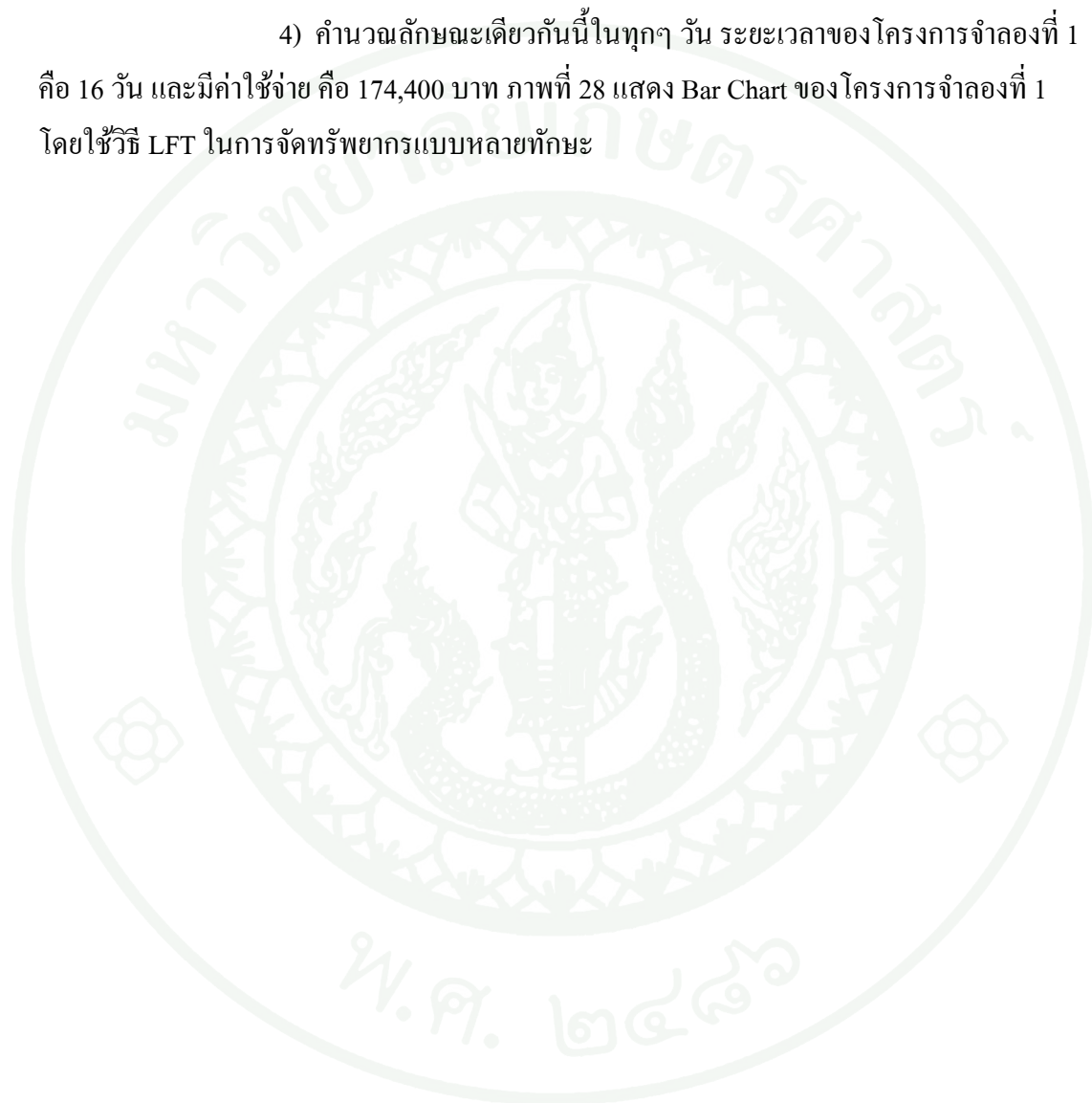
2.6.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LFT

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 4, 4, 4 และ 4 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน คือ ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 24 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LFT

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วย ทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วยสามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วยสามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 174,400 บาท ภาพที่ 28 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 24 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี LFT

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	4	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	4	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	4	1	0	1	1	0	Start	
-	D	4	4	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	4	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	7	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	7	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	7	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	7	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	12	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-10	I	2	11	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
9-12	J	4	11	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	11	0	2	1	2	2	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	15	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	15	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	4	■	■	■																	
B	2	4	■	■																		
C	1	4	■																			
D	4	4		■	■	■	■															
E	3	7		■	■	■	■	■														
F	3	7		■	■	■	■	■	■													
G	2	7						■	■													
H	1	12								■												
I	2	11									■											
J	4	11									■	■	■	■								
K	2	11									■	■										
L	3	15												■	■	■						
M	4	15												■	■	■	■					
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4				
R2	10		3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6				
R3	7		3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5				
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1				
R5	6		5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 28 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี LFT ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.7 Minimum Slack Time (MSL)

วิธี MSL คือ การให้ลำดับความสำคัญกับกิจกรรมที่มีเวลาอดตัวรวมน้อยที่สุด (TF_j) หรือความแตกต่างระหว่างเวลาเริ่มช้าที่สุด (LS_j) กับเวลาเริ่มเร็วที่สุด (ES_j) จากการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า TF_j น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังกล่าว (12)

$$(\min) P_j = LS_j - ES_j \quad (12)$$

2.7.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MSL

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 2, 3 และ 0 ตามลำดับจากวิธี CPM ในตอนแรกเพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรม

ลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 25 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยใช้วิธี MSL

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D โดยลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 26 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 188,000 บาท ภาพที่ 29 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSL ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว

ตารางที่ 25 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี MSL

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-4	D	4	0	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	3	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	3	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	F	3	0	3	1	1	1	2	Start
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-6	G	2	1	1	7	3	1	4	Start
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
8-10	A	3	1	2	2	1	1	2	Start
8-9	K	2	2	0	2	1	2	2	Start
10-10	A			2	2	1	1	2	Continue
11-13	E	3	1	1	1	1	0	1	Start
14-17	J	4	0	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
14-14	H	1	5	2	0	1	9	0	Start
15-17	J	4	0	1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
18-19	I	2	2	4	3	1	1	1	Start
20-23	M	4	0	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	1	1(-1)	2	1	2	3	Delay
24-26	M			4	6	5	1	2	Start

ทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D และ E ตามลำดับกิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E โดยค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม E คือ 5 กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากมี ทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 30 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSL ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 26 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MSL

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	0	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	1	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	2	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	3	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	3	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	5	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	0	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	1	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	1	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	5	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	2	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	0	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	2	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K	2	2	0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	0	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	1	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1																				
B	2	2																				
C	1	3																				
D	4	0																				
E	3	1																				
F	3	0																				
G	2	1																				
H	1	5																				
I	2	2																				
J	4	0																				
K	2	2																				
L	3	1																				
M	4	0																				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4				
R2		10	10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3		7	7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4		15	2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5		6	6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 30 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSL ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2.8 Minimum Slack Time (Dynamically) (MSLD)

วิธี MSLD คือ การให้ลำดับความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวมน้อยที่สุด (TF_j(PS)) หรือความแตกต่างระหว่างเวลาเริ่มช้าที่สุด กับเวลาเริ่มเร็วที่สุดโดยการคำนวณใหม่ตลอดที่มีการกำหนดเวลา ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากค่า (TF_j(PS)) น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (13)

$$(\min)P_j = LS_j(PS) - ES_j(PS) \quad (13)$$

โดยที่ $LS_j(PS)$ คือ เวลาเริ่มต้นช้าที่สุดของกิจกรรม j ที่เวลาปัจจุบัน t_n

2.8.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MSLD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 2, 3 และ 0 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ

กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 27 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MSLD

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A และ C คือ 0 และ 2 ตามลำดับ จากการคำนวณค่า $TF_j(PS)$ ใหม่ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ 0 จากการคำนวณค่า $TF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 31 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 27 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี MSLD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-4	D	4	0	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	3	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	0	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	2	1	0	1	1	0	Start

ตารางที่ 27 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	0	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	A	3	0	2	2	1	1	2	Start
-	F	3	3	3(-1)	1	1	1	2	Delay
5-6	G	2	4	1	7	3	1	4	Start
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	1	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	E	3	0	1	1	1	0	1	Start
8-10	F	3	0	3	1	1	1	2	Start
11-14	J	4	0	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	2	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	4	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	1	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	0	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	0	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	0	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	1	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	0	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	3	0					22/1/2																								
B	2	2	1/1/1/3																												
C	1	2		1/0/1/0																											
D	4	0	3/5/1/0																												
E	3	0						1/1/0/1																							
F	3	0						3/1/1/2																							
G	2	4				1/7/3/1/4																									
H	1	4							2/0/1/9/0																						
I	2	0																4/3/1/1/1													
J	4	0							1/4/1/2/3																						
K	2	2							0/2/1/2/2																						
L	3	0																													
M	4	0																4/6/5/1/2													
Resource		Max																													
R1			4	4	4	4	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	1						
R2			10	6	6	5	5	9	9	2	2	2	2	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2					
R3			7	2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1					
R4			15	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2				
R5			6	5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3					

ภาพที่ 31 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

2.8.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MSLD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 2, 3 และ 0 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วยและทรัพยากร R3 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทนจึงถูกเลื่อนไปวันที่ 3 ตารางที่ 28 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MSLD

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ โดยกิจกรรม C มีค่าลำดับความสำคัญ คือ 1 จากการคำนวณค่า $TF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E โดยค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม E คือ 1 จากการคำนวณค่า $TF_j(PS)$ ใหม่ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 32 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 28 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี MSLD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	0	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	1	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	2	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	3	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	1	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	1	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	0	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	1	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	0	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	6	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	1	3	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	0	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	2	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	0	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	1	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1																				
B	2	2																				
C	1	1																				
D	4	0																				
E	3	1																				
F	3	0																				
G	2	0																				
H	1	6																				
I	1	3																				
J	4	0																				
K	2	2																				
L	3	1																				
M	4	0																				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4				
R2		10	10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3		7	7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4		15	2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5		6	6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 32 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี MSLD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

3. ข้อมูลด้านทรัพยากร (Resource-Based Rules)

กลุ่มวิธี Resource-Based Rules คือ การใช้ข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากร เช่น ความต้องการทรัพยากรในแต่ละกิจกรรม เป็นต้น โดยมีวิธีดังต่อไปนี้

3.1 Greatest Resource Demand (GRD)

วิธี GRD คือ การให้ลำดับความสำคัญแก่กิจกรรมที่มีความต้องการใช้ทรัพยากรมากที่สุด โดยที่ลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีความต้องการใช้ทรัพยากรมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับดังสมการที่ (14)

$$(\max) P_j = d_j \cdot \sum_{r=1}^m u_{jr} \quad (14)$$

โดยที่ u_{jr} คือ ความต้องการทรัพยากรประเภท r ของกิจกรรม j โดยที่ $r = 1, \dots, m$

3.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ระยะเวลา (d_A) เท่ากับ 3 วัน ความต้องการทรัพยากร R1, R2, R3, R4 และ R5 คือ 2, 2, 1, 1 และ 2 ตามลำดับ จากสมการที่ (14) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ $3 \times (2+2+1+1+2) = 24$ ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ 24, 14, 3 และ 44 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D เริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 29 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRD

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ไม่เพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 33 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 29 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี GRD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-4	D	4	44	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	24	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	14	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	3	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	24	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	3	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	24	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-6	G	2	32	1	7	3	1	4	Start
5-7	A	3	24	2	2	1	1	2	Start
-	F	3	24	3(-2)	1	1	1	2	Delay
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	24	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	F	3	24	3	1	1	1	2	Start
8-10	E	3	12	1	1	1	0	1	Start
11-14	J	4	44	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	20	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	14	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	12	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	20	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	20	4(-1)	3	1	1	1	Delay

ตารางที่ 29 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
15-16	I	2	20	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	72	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	27	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	27	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
A	3	24																																
B	2	14	1/1/1/3																															
C	1	3	1/0/1/0																															
D	4	44	3/5/1/0/2																															
E	3	12																																
F	3	24																																
G	2	32																																
H	1	12																																
I	2	20																																
J	4	44																																
K	2	14																																
L	3	27																																
M	4	72																																
Resource	Max																																	
R1	4		4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1								
R2	10		6	6	5	5	9	9	2	2	2	2	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2									
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1										
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2									
R5	6		5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	2	2	2	2	2	3	3	3									

ภาพที่ 33 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

3.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRD

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 24, 14, 3 และ 44 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถ

ทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย และทรัพยากร R3 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 30 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRD

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้านี้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และ มีค่าใช้จ่าย คือ 177,800 บาท ภาพที่ 34 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 30 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี GRD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	44	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	44	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	14	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	3	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	3	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	12	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-6	G	2	32	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	24	3(-1)	1	1	1	2(-1)	Delay	
7-9	F	3	24	3	1	1	1	2	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	12	2(-1)+1	0	1+2	9	0	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-13	J	4	44	1	4	1	2	3	Start	2R3=1R1
10-11	I	2	20	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
10-11	K	2	14	0	2	1	2	2	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	72	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	27	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	24	■	■	■																	
B	2	14	■	■																		
C	1	3	■																			
D	4	44	■	■	■	■																
E	3	12			■	■	■															
F	3	24					■	■	■													
G	2	32					■	■														
H	1	12						■														
I	2	20									■	■										
J	4	44									■	■	■	■								
K	2	14									■	■										
L	3	27												■	■	■						
M	4	72														■	■	■	■			
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	2	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2	10		10	10	7	6	8	8	1	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3	7		7	7	7	2	4	4	4	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	2	0	1	1	10	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5	6		6	6	4	3	5	5	2	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 34 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี GRD ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

3.2 Weighted Resource Utilization and Precedence (WRUP)

วิธี WRUP คือ การใช้ค่าถ่วงน้ำหนักร่วมกับทรัพยากรที่มีให้และทรัพยากรที่ต้องการ โดยค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ คือ $\omega=0.7$ (Ulusoy and Özdamar, 1989) ดังสมการที่ (15)

$$(\max)P_j = \omega \cdot |F_j| + (1-\omega) \cdot \sum_{r=1}^m u_r/a_r \tag{15}$$

โดยที่ a_r คือ ทรัพยากรประเภท r ที่มีให้ โดยที่ $r = 1, 2, \dots, R$

3.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WRUP

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A กิจกรรมที่ตามหลังกิจกรรม A มีเพียงกิจกรรม H เพราะฉะนั้น $|F_A|=1$ ค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ คือ $\omega=0.7$ ความต้องการทรัพยากร R1, R2, R3, R4 และ R5 คือ 2, 2, 1, 1 และ 2 ตามลำดับ ทรัพยากรที่มีให้ คือ 4, 10, 7, 15 และ 6 ตามลำดับ เพราะฉะนั้น $\sum_{r=R1}^{R5} u_r/a_r = (2/4)+(2/10)+(1/7)+(1/15)+(2/6) = 1.24$ จากสมการที่ (15) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ $(0.7 \times 1) + \{(1-0.7) \times 1.24\} = 1.07$ คำนวณเช่นเดียวกันนี้กับทุกกิจกรรม ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ

1.07, 1.72, 2.24 และ 1.92 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย ตารางที่ 31 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทฤษฎีเดียวโดยใช้วิธี WRUP

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 26 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 188,000 บาทที่ 35 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบทฤษฎีเดียว

ตารางที่ 31 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WRUP

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-1	C	1	2.24	1	0	1	1	0	Start
1-4	D	4	1.92	3	5	1	0	2	Start
-	B	2	1.72	1(-1)	1	1	1	3	Delay
-	A	3	1.07	2(-2)	2	1	1	2	Delay
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue
2-3	B	2	1.72	1	1	1	1	3	Start
-	A	3	1.07	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	1.07	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	F	3	2.52	3	1	1	1	2	Start
5-6	G	2	2.03	1	7	3	1	4	Start
-	A	3	1.07	2(-2)	2	1	1	2(-2)	Delay
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue
-	A	3	1.07	2(-1)	2	1	1	2	Delay
8-10	A	3	1.07	2	2	1	1	2	Start
8-9	K	2	0.94	0	2	1	2	2	Start
10-10	K			2	2	1	1	2	Continue
11-13	E	3	2.30	1	1	1	0	1	Start
14-15	I	2	1.90	4	3	1	1	1	Start
-	J	4	1.83	1(-1)	4	1	2	3	Delay
-	H	1	1.07	2(-2)	0	1	9	0	Delay
16-19	J	4	1.83	1	4	1	2	3	Start
16-16	H	1	1.07	2	0	1	9	0	Start
17-19	J			1	4	1	2	3	Continue
20-23	M	4	0.81	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	0.37	1(-1)	2	1	2	3	Delay
24-26	L	3	0.37	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
A	3	1.07																															
B	2	1.72																															
C	1	2.24																															
D	4	1.92																															
E	3	2.30																															
F	3	2.52																															
G	2	2.03																															
H	1	1.07																															
I	2	1.90																															
J	4	1.83																															
K	2	0.94																															
L	3	0.37																															
M	4	0.81																															
Resource	Max																																
R1	4		4	4	4	4	3	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	1	1	1			
R2	10		5	6	6	5	8	8	1	4	4	2	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4	4	6	6	6	6	2	2	2			
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1			
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	3	3	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2			
R5	6		2	5	5	2	6	6	2	4	4	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3				

ภาพที่ 35 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

3.2.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักกะโดยใช้วิธี WRUP

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1.07, 1.72, 2.24 และ 1.92 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม C, D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม C และ D สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วย ทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 32 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักกะโดยใช้วิธี WRUP

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B และ A ตามลำดับกิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย

($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R_5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R_2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R_1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R_3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,200 บาท ภาพที่ 36 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 32 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WRUP

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-1	C	1	2.24	1	0	1	1	0	Start	2R3=1R1
1-4	D	4	1.92	3	5	1	0	2	Start	
1-2	B	2	1.72	1(-1)+1	1	1+2	1	3	Start	
-	A	3	1.07	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay	
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-4	A	3	1.07	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)+1	Start	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-4	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
5-7	F	3	2.52	3	1	1	1	2	Start	
5-7	E	3	2.30	1	1	1	0	1	Start	
-	G	2	2.03	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
8-9	G	2	2.03	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
8-9	I	2	1.90	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
-	H	1	1.07	2(-2)	0	1	9	0	Delay	
10-13	J	4	1.83	1	4	1	2	3	Start	
10-10	H	1	1.07	2	0	1	9	0	Start	
10-11	K	2	0.94	0	2	1	2	2	Start	
11-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
11-11	K			0	2	1	2	2	Continue	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	0.81	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	0.37	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1.07																				
B	2	1.72																				
C	1	2.24																				
D	4	1.92																				
E	3	2.30																				
F	3	2.52																				
G	2	2.03																				
H	1	1.07																				
I	2	1.90																				
J	4	1.83																				
K	2	0.94																				
L	3	0.37																				
M	4	0.81																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4			
R2	10		6	10	7	7	2	2	2	10	10	6	6	4	4	10	10	10	6			
R3	7		5	7	4	4	2	2	2	6	6	3	2	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	1	1	1	1	1	2	2	13	4	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	4	3	3	3	5	5	5	5	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 36 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WRUP ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

4. ข้อมูล แบบผสม (Composite Rules)

กลุ่มวิธี Composite Rules คือ กลุ่มวิธีที่พยายามเอาชนะข้อเสียในการใช้ข้อมูลชนิดเดียว โดยปกติแล้ว ได้แก่ ข้อมูลด้านโครงข่าย ข้อมูลด้านเวลา และข้อมูลด้านทรัพยากร เป็นต้น โดยการกำหนดเส้นทางกิจกรรม j ยังกิจกรรมคัมมีสุดท้าย และใช้ร่วมกับวิธีถ่วงน้ำหนักโดยมีวิธีดังต่อไปนี้

4.1 ACROS

เส้นทางแต่ละเส้นทางของกิจกรรม j ($h = 1, \dots, \pi_j$) ได้กำหนดการเชื่อมกิจกรรม j ยังกิจกรรมคัมมีสุดท้าย n เซตที่กำหนดเส้นทางกิจกรรมทั้งหมดแสดงโดย $i \in \Pi_{jn}$ การคำนวณค่าเฉลี่ยของทรัพยากรที่ใช้ต่อวันคำนวณได้จาก $\omega_i = \frac{1}{m} \sum_{r=1}^m u_{ir} / a_r$ ของกิจกรรม i อย่างไม่ก็ตามเนื่องจากค่า m คือ จำนวนประเภททรัพยากรเป็นค่าคงที่เพราะฉะนั้นค่าถ่วงน้ำหนักคำนวณได้จาก $\omega_i = \sum_{r=1}^m u_{ir} / a_r$ โดยมีลักษณะเช่นเดียวกับวิธี GRD ดังสมการที่ (16)

$$(\max)P_j = \max \left\{ \sum_{i \in \Pi_{jn}} \sum_{r=1}^m u_{ir} / a_r \mid h=1, \dots, \pi_j \right\} = acr_j \tag{16}$$

4.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACROS

1) คำนวณค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกิจกรรม พิจารณากิจกรรม A จากภาพที่ 6 กิจกรรม A มีเส้นทางทั้งหมด 6 เส้นทาง คือ $h1 = \{A, H, L\}$, $h2 = \{A, E, H, L\}$, $h3 = \{A, E, I, L\}$, $h4 = \{A, E, I, M\}$, $h5 = \{A, E, J, L\}$ และ $h6 = \{A, E, J, M\}$

พิจารณา $h1 = \{A, H, L\}$

$$\begin{aligned} \text{กิจกรรม A; } \sum_{r=R1}^{R5} u_{Ar} / a_r &= (2/4) + (2/10) + (1/7) + (1/15) + (2/6) \\ &= 1.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กิจกรรม H; } \sum_{r=R1}^{R5} u_{Hr} / a_r &= (2/4) + (0/10) + (1/7) + (9/15) + (0/6) \\ &= 1.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กิจกรรม L; } \sum_{r=R1}^{R5} u_{Lr} / a_r &= (1/4) + (2/10) + (1/7) + (2/15) + (3/6) \\ &= 1.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left\{ \sum_{i \in \Pi_h} \sum_{r=R1}^{R5} u_{ir} / a_r \mid h=1 \right\} &= 1.24 + 1.24 + 1.23 \\ &= 3.71 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณในทุกเส้นทางจะได้ค่าดังนี้ $h = 1, \dots, 6$ คือ 3.71, 4.37, 4.84, 6.29, 4.56 และ 6.04 ตามลำดับ จากสมการที่ (16) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ

$$\begin{aligned} P_A &= \max \left\{ \sum_{i \in \Pi_{Ah}} \sum_{r=R1}^{R5} u_{ir} / a_r \mid h=1, \dots, 6 \right\} = \text{acr}_A \\ &= \max \{ 3.71, 4.37, 4.81, 6.29, 4.56, 6.04 \} \\ &= 6.29 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณลักษณะนี้กับทุกกิจกรรมโดยเลือกค่ามากที่สุดของแต่ละเส้นทาง h

2) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1.07, 1.82, 2.24 และ 1.92 ตามลำดับ โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีค่า P_j มากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, C, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย ตารางที่ 33 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACROS

3) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 37 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 33 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACROS

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-4	D	4	7.98	3	5	1	0	2	Start
1-1	C	1	6.71	1	0	1	1	0	Start
-	B	2	6.59	1(-1)	1	1	1	3	Delay
-	A	3	6.29	2(-2)	2	1	1	2	Delay
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue
2-3	B	2	6.59	1	1	1	1	3	Start
-	A	3	6.29	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	6.29	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	A			2	2	1	1	2	Start
5-6	G	2	6.25	1	7	3	1	4	Start
-	F	3	5.78	3(-2)	1	1	1	2(-2)	Delay
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	5.78	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	F	3	5.78	3	1	1	1	2	Start
8-10	E	3	5.05	1	1	1	0	1	Start
11-12	I	2	4.39	4	3	1	1	1	Start
-	J	4	4.14	1(-1)	4	1	2	3	Delay
11-12	K	2	3.52	0	2	1	2	2	Start
-	H	1	2.47	2(-2)	0	1	9	0	Delay
13-16	J	4	4.14	1	4	1	2	3	Start
13-13	H	1	2.47	2	0	1	9	0	Start
14-16	J			1	4	1	2	3	Continue
17-20	M	4	2.71	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	1.23	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	1.23	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	3	6.29					22/1/2																									
B	2	6.59		1/1/1/3																												
C	1	6.71	10/1/0																													
D	4	7.98	3/5/0/2																													
E	3	5.05						1/1/0/1																								
F	3	5.78						3/1/1/2																								
G	2	6.25					1/7/1/4																									
H	1	2.47												12/0/1/9/0																		
I	2	4.39											4/3/1/1/1																			
J	4	4.14												1/4/1/2/3																		
K	2	3.52											1/2/1/2/3																			
L	3	1.23																										1/2/1/2/3				
M	4	2.71																										4/6/5/1/2				
Resource	Max																															
R1			4	4	4	4	3	3	2	4	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1							
R2			10	5	6	6	5	9	9	2	2	2	2	5	5	4	4	4	4	6	6	6	6	2	2	2						
R3			7	2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	2	2	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1							
R4			15	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	3	3	11	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2						
R5			6	2	5	5	2	6	6	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3							

ภาพที่ 37 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

4.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACROS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1.07, 1.72, 2.24 และ 1.92 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, C, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 34 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACROS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B และ A ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย

($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R_5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R_2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R_1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R_3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 177,400 บาท ภาพที่ 38 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 34 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACROS

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	7.98	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-1	C	1	6.71	1	0	1	1	0	Start	
1-2	B	2	6.59	1(-1)+1	1	1+2	1	3	Start	
-	A	3	6.29	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay	
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-4	A	3	6.29	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)+1	Start	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-4	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
5-6	G	2	6.25	1	7	3	1	4	Start	
5-7	F	3	5.78	3	1	1	1	2	Start	
-	E	3	5.05	1(-1)	1	1	0	1(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	
7-9	E	3	5.05	1	1	1	0	1	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-9	K	2	3.52	0	2	1	2	2	Start	
10-11	I	2	4.39	4	3	1	1	1	Start	2R3=1R1
10-13	J	4	4.14	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	2R2=1R1
10-10	H	1	2.47	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
11-11	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
11-13	J			1(-1)+1	4	1+2	2	3	Continue	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	2.71	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	1.23	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	6.29																				
B	2	6.59																				
C	1	6.71																				
D	4	7.98																				
E	3	5.05																				
F	3	5.78																				
G	2	6.25																				
H	1	2.47																				
I	2	4.39																				
J	4	4.14																				
K	2	3.52																				
L	3	1.23																				
M	4	2.71																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2	10		6	10	7	7	8	8	2	3	3	9	7	4	4	10	10	10	6			
R3	7		5	7	4	4	4	4	2	2	2	7	4	1	1	6	6	6	5			
R4	15		2	2	1	1	2	2	1	2	2	12	3	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	4	6	6	3	3	3	4	4	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 38 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACROS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

4.2 ACTRES

วิธี ACTRES มีลักษณะคล้ายกับวิธี ACROS โดยการใช้ค่าถ่วงน้ำหนักการใช้ทรัพยากรทั้งหมดตลอดระยะเวลาสำหรับการดำเนินกิจกรรม j ค่าถ่วงน้ำหนักนี้สามารถคำนวณได้จาก $\omega_j = d_j \sum_{r=1}^m u_{jr} / a_r$ ดังสมการที่ (17)

$$(\max) P_j = \max \left\{ \sum_{i \in \Pi_j} \sum_{r=1}^m u_{ir} \cdot d_i / a_r \mid h=1, \dots, \Pi_j \right\} = act_j \quad (17)$$

4.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACTRES

1) คำนวณค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกิจกรรม พิจารณากิจกรรม A จากข้อ 4.1.1 มีเส้นทางทั้งหมด 6 เส้นทาง คือ $h_1 = \{A, H, L\}$, $h_2 = \{A, E, H, L\}$, $h_3 = \{A, E, I, L\}$, $h_4 = \{A, E, I, M\}$, $h_5 = \{A, E, J, L\}$ และ $h_6 = \{A, E, J, M\}$

พิจารณา $h1 = \{A, H, L\}$

$$\text{กิจกรรม A; } d_A \cdot \sum_{r=R1}^{R5} u_{Ar} / a_r = 3 \times 1.24 = 3.72$$

$$\text{กิจกรรม H; } d_H \cdot \sum_{r=R1}^{R5} u_{Hr} / a_r = 1 \times 1.24 = 1.24$$

$$\text{กิจกรรม L; } d_L \cdot \sum_{r=R1}^{R5} u_{Lr} / a_r = 3 \times 1.23 = 3.69$$

$$\left\{ \sum_{i \in \Pi_p} d_i \cdot \sum_{r=R1}^{R5} u_{ir} / a_r \mid h=1 \right\} = 3.72 + 1.24 + 3.69 = 8.65$$

ทำการคำนวณในทุกเส้นทางจะได้ค่าดังนี้ $h = 1, \dots, 6$ คือ 8.65, 10.63, 12.74, 19.92, 15.09 และ 22.27 ตามลำดับ จากสมการที่ (17) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ

$$\begin{aligned} P_A &= \max \left\{ \sum_{i \in \Pi_{AA}} d_i \cdot \sum_{r=R1}^{R5} u_{ir} / a_r \mid h=1, \dots, 6 \right\} = act_A \\ &= \max \{ 8.65, 10.63, 12.74, 19.92, 15.09, 22.27 \} \\ &= 22.27 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณลักษณะนี้กับทุกกิจกรรม โดยค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่พิจารณาคือค่าที่มากที่สุดของแต่ละเส้นทาง h

2) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 22.27, 22.86, 21.24 และ 27.68 ตามลำดับ โดยลำดับความสำคัญของกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, B, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 35 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACTRES

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญ คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

4) จำนวนลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 39 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 35 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACTRES

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-4	D	4	27.7	3	5	1	0	2	Start
1-2	B	2	22.9	1	1	1	1	3	Start
-	A	3	22.3	2(-2)	2	1	1	2(-1)	Delay
-	C	1	21.2	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A			2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	21.2	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	22.3	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	A	3	22.3	2	2	1	1	2	Start
5-6	G	2	20.8	1	7	3	1	4	Start
-	F	3	20.7	3(-2)	1	1	1	2(-2)	Delay
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	20.7	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	F	3	20.7	3	1	1	1	2	Start
8-10	E	3	18.5	1	1	1	0	1	Start

ตารางที่ 35 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
11-14	J	4	16.6	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	14.2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	12.5	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	4.9	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	14.2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	14.2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	14.2	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	10.7	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	3.7	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	3.7	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
A	3	22.27																																	
B	2	22.86																																	
C	1	21.24																																	
D	4	27.68																																	
E	3	18.54																																	
F	3	20.74																																	
G	2	20.78																																	
H	1	4.92																																	
I	2	14.21																																	
J	4	16.56																																	
K	2	12.48																																	
L	3	3.68																																	
M	4	10.86																																	
Resource	Max																																		
R1	4		4	4	4	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	1											
R2	10		6	6	5	5	9	9	2	2	2	2	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2										
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1										
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2									
R5	6		5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3										

ภาพที่ 39 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

4.2.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACTRES

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 22.27, 22.86, 21.24 และ 27.68 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรมคือ กิจกรรม D, B, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) ตารางที่ 36 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACTRES

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, C และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E ค่าลำดับความสำคัญ คือ 18.54 สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 177,400 บาท ภาพที่ 40 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 36 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACTRES

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	27.7	3	5	1	0	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	22.9	1	1	1	1	3	Start	4R3=2R1
1-3	A	3	22.3	2(-2)+2	2+2	1+4	1	2(-1)+1	Start	
-	C	1	21.2	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	1	Continue	
3-3	C	1	21.2	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	18.5	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-6	G	2	20.8	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	20.7	3(-1)	1	1	1	2	Delay	
7-9	F	3	20.7	3	1	1	1	2	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	4.9	2(-1)+1	0	1+2	9	0	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-13	J	4	16.6	1	4	1	2	3	Start	2R3=1R1
10-11	K	2	12.5	0	2	1	2	2	Start	
10-11	I	2	14.2	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-17	M	4	10.9	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
14-16	L	3	3.7	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	22.27	■	■	■																	
B	2	22.86	■	■							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
C	1	21.24	■	■	■																	
D	4	27.68	■	■	■	■																
E	3	18.54																				
F	3	20.74																				
G	2	20.78																				
H	1	4.92																				
I	2	14.21																				
J	4	16.56																				
K	2	12.48																				
L	3	3.68																				
M	4	10.86																				
Resource	Max																					
R1		4	4	4	4	4	2	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2		10	10	10	7	6	8	8	1	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3		7	7	7	7	2	4	4	4	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4		15	2	2	2	0	1	1	10	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5		6	6	6	3	3	5	5	2	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 40 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACTRES ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

4.3 TIMROS และ TIMRES

วิธี TIMROS และ TIMRES ได้นำมาใช้ร่วมกับวิธี ACROS และวิธี ACTRES คือการใช้เส้นทางยาวที่สุดของกิจกรรม j ที่เชื่อมกับกิจกรรมคัมมีสุดท้าย n โดยเส้นทางที่ยาวสุดในการเชื่อมกิจกรรม j ยังกิจกรรมคัมมีสุดท้ายมีค่าเท่ากับ $LS_n - LS_j$ ค่าลำดับความสำคัญสามารถหาได้โดยการหารเส้นทางกิจกรรมที่ยาวสุด ($LS_n - LS_j$) เมื่อ LS_n คือ เวลาเริ่มต้นที่ช้าสุดของกิจกรรมสุดท้าย และ LS_j คือ เวลาเริ่มต้นที่ช้าสุดของกิจกรรมแรก นอกจากนี้วิธีลำดับความสำคัญยังพิจารณาพร้อมกับค่าถ่วงน้ำหนัก โดยค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้คือ $\omega=0.5$ (Klein, 2000) ดังสมการที่ (18) และ (19)

$$\text{TIMROS}; \quad (\max) P_j = \omega \cdot (LS_n - LS_j) / (LS_n - LS_1) + (1 - \omega) \cdot \text{acr}_j / \text{acr}_1 \quad (18)$$

$$\text{TIMRES}; \quad (\max) P_j = \omega \cdot (LS_n - LS_j) / (LS_n - LS_1) + (1 - \omega) \cdot \text{act}_j / \text{act}_1 \quad (19)$$

4.3.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMROS

1) คำนวณค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกิจกรรม พิจารณากิจกรรม A กิจกรรมแรกของเส้นทาง คือ กิจกรรม A มีค่าเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด คือ $LS_1 = LS_A = 2$ กิจกรรมสุดท้าย คือ กิจกรรม L มีเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด คือ $LS_n = 13$ จากสมการที่ (16) ค่า acr_A คือ 6.29 ค่า acr_1 คือ ค่าที่ได้จากเส้นทางยาวที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.29 จากสมการที่ (18) จะได้ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ 1 โดยการคำนวณลักษณะเดียวกันนี้กับทุกกิจกรรม ตารางที่ 37 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMROS

2) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ โดยลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุดไปน้อยที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ กรณีที่ค่าลำดับความสำคัญมีค่าเท่ากันสามารถให้กิจกรรมใดเริ่มก่อนก็ได้ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 41 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 37 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMROS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	1	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	1	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	1	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	0.8	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	0.2	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	0.7	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	0.7	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	0.2	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	0.2	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-14	J	4	0.5	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	0.4	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	0.3	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	0.2	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	0.4	4(-1)	3	1	1	1	Delay

ตารางที่ 37 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	0.4	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	0.4	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	0.2	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	0.1	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	0.1	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
A	3	1	2/2/1/2																															
B	2	1	1/1/1/3																															
C	1	1	1/0/1/1/0																															
D	4	1		3/5/1/0/2																														
E	3	0.77		1/1/1/0/1																														
F	3	0.70			3/1/1/1/2																													
G	2	0.68				1/7/3/1/4																												
H	1	0.24					2/0/1/9/0																											
I	2	0.40						4/3/1/1/1																										
J	4	0.47							1/4/1/2/3																									
K	2	0.35								1/2/1/2/3																								
L	3	0.08																																
M	4	0.17																																
Resource	Max																																	
R1	4		4	3	2	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	1										
R2	10		3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2									
R3	7		3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1									
R4	15		3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2								
R5	6		5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3									

ภาพที่ 41 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว

4.3.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMROS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 38 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี TIMROS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 174,400 บาท ภาพที่ 42 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 38 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMROS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	1	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	0.77	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	0.70	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	0.68	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	0.68	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	0.24	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-12	J	4	0.47	1	4	1	2	3	Start	2R3=1R1
9-10	I	2	0.40	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-10	K	2	0.35	0	2	1	2	2	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	0.17	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	0.08	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	3	1.00	■	■	■																
B	2	1.00	■	■																	
C	1	1.00	■																		
D	4	1.00	■	■	■	■															
E	3	0.77		■	■	■															
F	3	0.70			■	■	■														
G	2	0.68				■	■														
H	1	0.24					■														
I	2	0.40						■	■												
J	4	0.47		■	■	■	■														
K	2	0.35							■	■											
L	3	0.08																			
M	4	0.17																			
Resource	Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4				
R2		10	3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3		7	3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4		15	3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5		6	5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 42 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMROS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

4.3.3 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMRES

1) คำนวณค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกิจกรรม พิจารณากิจกรรม A กิจกรรมแรกของเส้นทาง คือ กิจกรรม A มีค่าเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด คือ $LS_1 = LS_A = 2$ กิจกรรมสุดท้าย คือ กิจกรรม L มีเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด คือ $LS_n = 13$ จากสมการที่ (17) ค่า act_A คือ 22.27 ค่า acr_1 คือ ค่าที่ได้จากเส้นทางกิจกรรมที่ยาวสุดมีค่าเท่ากับ 22.27 จากสมการที่ (19) จะได้ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A เท่ากับ 1 โดยคำนวณลักษณะเดียวกับทุกกิจกรรม ตารางที่ 39 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMRES

2) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับ

ถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขนาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 43 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 39 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMRES

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	1	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	1	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	1	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	0.78	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	0.16	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	0.71	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	0.67	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	0.16	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	0.16	2(-1)	0	1	9	0	Delay

ตารางที่ 39 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
11-14	J	4	0.51	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	0.38	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	0.35	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	0.16	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	0.38	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	0.38	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	0.38	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	0.20	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	0.07	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	0.07	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	3	1	22/1/2																													
B	2	1	1/1/13																													
C	1	1	1/0/1/0																													
D	4	1	3/5/1/0/2																													
E	3	0.78	1/1/1/0/1																													
F	3	0.71	3/1/1/1/2																													
G	2	0.67	1/7/3/1/4																													
H	1	0.16	2/0/1/9/0																													
I	2	0.38	1/4/1/2/3																													
J	4	0.51	1/2/1/2/3																													
K	2	0.35	1/2/1/2/3																													
L	3	0.07	4/6/5/1/2																													
M	4	0.20	1/2/1/2/3																													
Resource	Max																															
R1			4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	1						
R2			10	3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2						
R3			7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1						
R4			15	3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2					
R5			6	5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3					

ภาพที่ 43 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

4.3.4 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMRES

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 1, 1, 1 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B, C และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, B และ C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 40 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี TIMRES

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 174,400 บาท ภาพที่ 44 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 40 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี TIMRES

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	1	2	2	1	1	2	Start	
1-2	B	2	1	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	1	1	0	1	1	0	Start	
-	D	4	1	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	1	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	0.78	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	0.71	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	0.67	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	0.67	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	0.16	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-12	J	4	0.51	1	4	1	2	3	Start	2R3=1R1
9-10	K	2	0.35	0	2	1	2	2	Start	
9-10	I	2	0.38	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	0.20	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	0.07	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	1.00	■	■	■																	
B	2	1.00	■	■																		
C	1	1.00	■																			
D	4	1.00	■	■	■	■																
E	3	0.78	■	■	■																	
F	3	0.71	■	■	■																	
G	2	0.67	■	■																		
H	1	0.16	■																			
I	2	0.38	■	■																		
J	4	0.51	■	■	■	■																
K	2	0.35	■	■																		
L	3	0.07	■	■	■																	
M	4	0.20	■	■	■	■																
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4					
R2		10	3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6				
R3		7	3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5				
R4		15	3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1				
R5		6	5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 44 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี TIMRES ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

5. ข้อมูลการเสียโอกาส (Regret Based Rules)

กลุ่มวิธี Regret Based Rules คือ กลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่พิจารณาเป็นคู่กิจกรรมที่เหมาะสม เป็นวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมแบบ Dynamic priority rules วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมได้แก่ Improved Resource Scheduling Method (IRSM), Worst Case Slack Time Rule (WCS), Average Case Slack Time Rule (ACS) และ Worst Case Latest Starting Time (WCLS) ซึ่ง 3 วิธีแรกเป็นรูปแบบการทำกำหนดเวลาแบบ Partial schedule scheme (PSS) ส่วนวิธีสุดท้ายเป็นการทำกำหนดเวลาแบบ Serial schedule scheme (SSS) วิธีทั้งหมดจะสมมติกิจกรรมหนึ่งกิจกรรมดำเนินการชั่วคราวก่อน จากนั้นดูผลกระทบกิจกรรมที่เหลือ โดยการประเมินเป็นคู่กิจกรรมที่เหมาะสม (กิจกรรม i และกิจกรรม j) ตัวอย่างเช่น ถ้ากิจกรรม i ถูกทำกำหนดเวลาที่จุดตัดสินใจ t ทรัพยากรที่มีให้ที่เหลืออยู่ในช่วงเวลา $t+1, \dots, d_i$ จะลดลงโดยความต้องการของกิจกรรม i จากนั้นดูผลกระทบของกิจกรรม j โดยทั่วไปแล้วจะแสดงเป็นเวลาเริ่มต้นที่เร็วสุดสำหรับกิจกรรม j ($ES_j^i(PS, i)$) สัญลักษณ์ ra แสดงให้เห็นว่านอกจากข้อจำกัดก่อนหน้าแล้วยังพิจารณาทรัพยากรที่มีให้อีกด้วย ค่าของ $ES_j^i(PS, i)$ มีความสัมพันธ์กับจุดเวลาที่น้อยที่สุด $q \geq t$ สำหรับความต้องการทรัพยากรโดยรวมของกิจกรรม i และ j ต้องไม่เกินกว่าทรัพยากรใดๆ ที่มีให้ในช่วงเวลา $q+1$

5.1 Improved Resource Scheduling Method (IRSM)

วิธี IRSM คือ วิธีการเปรียบเทียบเป็นเซตคู่กิจกรรมที่เหมาะสม $((i, j) \in AP_n)$ สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ 1) คู่กิจกรรมที่ไม่สามารถเริ่มทำกำหนดเวลาพร้อมกันได้เลย เนื่องจากทรัพยากรมีจำกัด (GFP_n) 2) คู่กิจกรรมที่สามารถเริ่มทำกำหนดเวลาพร้อมกันได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรจากกิจกรรมก่อนหน้ายังดำเนินการอยู่จึงไม่สามารถเริ่ม ณ เวลาปัจจุบันได้ (TFP_n) 3) คู่กิจกรรมที่สามารถเริ่มทำกำหนดเวลาพร้อมกันได้ ณ เวลาปัจจุบัน (CSP_n) ดังแสดงในสมการที่ (20)

$$\bar{\pi}_{(i,j)} \begin{cases} \infty & \text{ถ้า } (i,j) \in GFP \\ \pi_{(i,j)} & \text{ถ้า } (i,j) \in TFP \text{ } (i,j) \in AP_n \\ t_n & \text{ถ้า } (i,j) \in CSP \end{cases} \quad (20)$$

โดยที่ $\bar{\pi}_{(i,j)}$ คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดสำหรับคู่กิจกรรม (i, j) ที่สามารถทำกำหนดเวลาพร้อมกันได้ เนื่องจากวิธีนี้พัฒนามาจากวิธี RSM โดยมีรูปแบบการทำกำหนดเวลาแบบ PSS สำหรับคู่กิจกรรม (i, j) สามารถหากิจกรรมที่เหมาะสมได้จาก $ES_i^{PS}(PS, j)$ คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดที่สามารถทำกำหนดเวลากิจกรรม i ได้ ถ้ากิจกรรม j ถูกทำกำหนดเวลาที่เวลาปัจจุบัน (t_n) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (21) โดยที่ $(i, j) \in AP_n$

$$ES_i^{PS}(PS, j) = \min\{t_n + d_j, \bar{\pi}_{(i,j)}\} \quad (21)$$

การทำกำหนดเวลาโดยวิธี IRSM สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (22) จากนั้นเลือกกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อยที่สุดทำกำหนดเวลาก่อน ค่า LS_i ได้จากการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก

$$(\min) P_j = \max\{0, \max\{ES_i^{PS}(PS, j) - LS_j \mid (i, j) \in AP_n\}\} \quad (22)$$

5.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี IRSM

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ($j = A$) เซตของกิจกรรม i คือ (B, C, D) เพราะฉะนั้นเซตกิจกรรมที่เหมาะสม คือ $(j, i) = (A, B), (A, C), (A, D)$ เวลาเริ่มช้าที่สุด คือ $LS_B = 3, LS_C = 4$ และ $LS_D = 1$ ที่คำนวณได้จากวิธี CPM ในตอนแรก

พิจารณาคู่กิจกรรม (A, B) $= ES_B^E(PS, A)$ มีความหมาย คือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม B ได้ ถ้ากิจกรรม A เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 41 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ B ในวันที่ 1 ($ES_B^E(PS, A)$)

Act.	Resource				
	R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)
A	2	2	1	1	2
B	1	1	1	1	3
Total	3	3	2	2	5

จากตารางที่ 41 กิจกรรม A และ B มีทรัพยากรเพียงพอสามารถเริ่มได้ในวันที่ 1 จากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\pi}_{(i,j)} = \bar{\pi}_{(B,A)} = t_n = 1$ โดยที่ (B, A) \in CSP จากสมการที่ (21) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} ES_B^E(PS, A) &= \min\{t_n + d_A, \bar{\pi}_{(B,A)}\} \\ &= \min\{1+3, 1\} = 1 \end{aligned}$$

$$\{ES_B^E(PS, A) - LS_B\} = 1 - 3 = -2$$

พิจารณาคู่กิจกรรม (A, C) $= ES_C^E(PS, A)$ มีความหมาย คือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม C ได้ ถ้ากิจกรรม A เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 42 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ C ในวันที่ 1 ($ES_C^A(PS, A)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
A	2	2	1	1	2
C	1	0	1	1	0
Total	3	2	2	2	2

จากตารางที่ 42 กิจกรรม A และ C มีทรัพยากรเพียงพอสามารถเริ่มได้ในวันที่ 1 จากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\pi}_{(C,A)} = \bar{\pi}_{(C,A)} = t_n = 1$ โดยที่ $(C, A) \in CSP$ จากสมการที่ (21) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 ES_C^A(PS, A) &= \min\{t_n + d_A, \bar{\pi}_{(C,A)}\} \\
 &= \min\{1+3, 1\} = 1 \\
 \{ES_C^A(PS, A) - LS_C\} &= 1-4 = -3
 \end{aligned}$$

พิจารณาคู่กิจกรรม $(A, D) = ES_D^A(PS, A)$ มีความหมายคือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม D ได้ ถ้ากิจกรรม A เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 43 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม A และ D ในวันที่ 1 ($ES_D^A(PS, A)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
A	2	2	1	1	2
D	3	5	1	0	2
Total	4(-1)	7	2	1	4

จากตารางที่ 43 กิจกรรม A และ D ทรัพยากรมีไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถเริ่มได้ในวันที่ 1 หรือไม่สามารถเริ่มพร้อมกันได้โดยจากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\Pi}_{(i,j)} = \bar{\Pi}_{(D,A)} = \infty$ โดยที่ $(D, A) \in \text{GFP}$ จากสมการที่ (21) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} ES_D^{\text{PS}, A} &= \min\{t_R + d_A, \bar{\Pi}_{(D,A)}\} \\ &= \min\{1+3, \infty\} = 4 \\ \{ES_D^{\text{PS}, A} - LS_D\} &= 4-1 = 3 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (22) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} P_A &= \max\{0, \max\{ES_i^{\text{PS}, A} - LS_i\} \mid i=B, C, D\} \\ &= \max\{0, \max\{-2, -3, 3\}\} \\ &= \max\{0, 3\} \\ &= 3 \end{aligned}$$

คำนวณลักษณะเดียวกันนี้กับกิจกรรม B, C และ D จะได้ว่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 0, 0 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นเลือกกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญจากน้อยไปมาก เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, C, A และ D ตามลำดับ สำหรับวันที่ 1 กิจกรรม B, C และ A สามารถเริ่มได้เนื่องจากมีทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย ดังแสดงในตารางที่ 44 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบที่กะเดียวโดยใช้วิธี IRSM

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D ตามลำดับ กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) จำนวนลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,200 บาท ภาพที่ 45 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 44 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี IRSM

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-2	B	2	0	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	0	1	0	1	1	0	Start
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start
-	D	4	3	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	3	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	3	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4	3	3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3	-	1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	-	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	0	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	0	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	1	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	-	2(-1)	0	1	9	0	Delay
11-11	H	1	0	2	0	1	9	0	Start
11-12	K	2	0	0	2	1	2	2	Start
-	I	2	2	4(-2)	3	1	1	1	Delay

ตารางที่ 44 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
11-14	J	4	2	1	4	1	2	3	Start
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	2	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	-	4	3	1	1	1	Start
17-19	L	3	3	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	3	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4		4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	3	3	2/2/1/2																													
B	2	0	1/1/1/3																													
C	1	0	1/0/1/0																													
D	4	-		3/5/1/0/2																												
E	3	-		1/1/1/0/1																												
F	3	0			3/1/1/1/2																											
G	2	0				1/7/3/1/4																										
H	1	0					2/0/1/9/0																									
I	2	-						4/3/1/1/1																								
J	4	2						1/4/1/2/3																								
K	2	0						1/2/1/2/3																								
L	3	3							1/2/1/2/3																							
M	4	-								4/6/5/1/2																						
Resource	Max																															
R1	4	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	3	1	1	1	4	4	1	1	1	4	4	4	4							
R2	10	3	3	2	6	6	6	5	8	8	1	6	6	4	4	3	3	2	2	2	6	6	6	6								
R3	7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5								
R4	15	3	2	1	0	0	0	0	2	2	1	13	4	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1								
R5	6	5	5	2	3	3	3	2	6	6	2	5	5	3	3	1	1	3	3	3	2	2	2	2								

ภาพที่ 45 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

5.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี IRSM

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 3, 0, 0 และ 3 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม B, C, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B, C และ A สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 3 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้ เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ดังแสดงในตารางที่ 45 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี IRSM

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม B, A และ D ตามลำดับ กิจกรรม B และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R_3=2R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้าแต่กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 46 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 45 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี IRSM

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-2	B	2	0	1	1	1	1	3	Start	
1-1	C	1	0	1	0	1	1	0	Start	
1-3	A	3	3	2	2	1	1	2	Start	
-	D	4	3	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	2R2=1R5
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	-	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	-	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-8	F	3	0	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	1	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-8	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	0	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	0	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	F			3	1	1	1	2	Continue	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	
9-10	I	2	0	4	3	1	1	1	Start	
9-12	J	4	0	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	2R3=1R1
9-10	K	2	0	0	2	1	2	2	Start	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	0	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	0	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	3	█	█	█																	
B	2	0	█	█																		
C	1	0	█																			
D	4	-		█	█	█	█															
E	3	-		█	█	█																
F	3	0		█	█	█																
G	2	0						█	█													
H	1	0						█														
I	2	0																				
J	4	0																				
K	2	0																				
L	3	0																				
M	4	0																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4					
R2	10		3	10	7	6	6	2	10	8	9	9	4	4	10	10	10	6				
R3	7		3	7	4	2	2	2	7	4	5	5	1	1	6	6	6	5				
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	2	5	5	2	2	3	3	3	1				
R5	6		5	6	4	3	3	3	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 46 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี IRSM ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

5.2 Worst Case Slack Time Rule (WCS)

วิธี WCS พัฒนามาจากวิธี MSL โดยการคำนวณการเสียโอกาสสำหรับการทำกำหนดเวลากิจกรรมที่เหมาะสมถัดไป การเสียโอกาสนี้ยังสอดคล้องกับเวลาลอยตัวน้อยที่สุดของกิจกรรม การคำนวณสำหรับกิจกรรม j ได้จากการสมมติกิจกรรมอื่น (i) ทำก่อนที่เวลาปัจจุบัน (t_n) ค่า $ES_j^{PS}(PS, i)$ มากที่สุดเป็นการนำเสนอกรณีแย่งที่สุดของกิจกรรม j ในกรณีที่ถูกลมองข้ามไป สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (23) และค่า $\bar{\pi}_{(i,j)}$ จำนวนได้จากสมการที่ (20) ดังนั้นกรณีแย่งที่สุด คือ เวลาลอยตัวน้อยที่สุดคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่างค่า LS_j กับค่า $ES_j^{PS}(PS, i)$ ดังสมการที่ (24)

$$ES_j^{PS}(PS, i) = \min\{t_n + d_j, \bar{\pi}_{(i,j)}\} \tag{23}$$

$$(\min) P_j = LS_j - \max\{ES_j^{PS}(PS, i) | (i, j) \in AP_n\} \tag{24}$$

โดยที่ $ES_j^{PS}(PS, i)$ คือ เวลาเริ่มเร็วที่สุดที่สามารถทำกำหนดเวลากิจกรรม j ได้ถ้ากิจกรรม i เริ่มทำกำหนดเวลาที่เวลาปัจจุบัน (t_n)

5.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ($j = A$) เซตของกิจกรรม i คือ (B, C, D) เพราะฉะนั้นเซตกิจกรรมที่เหมาะสม คือ $(i, j) = (B, A), (C, A), (D, A)$ เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรม A คือ $LS_A = 2$ จากการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก

พิจารณาคู่กิจกรรม (B, A) = $ES_A^{PS}(PS, B)$ มีความหมาย คือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม B เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 46 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม B และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^{PS}(PS, B)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
B	1	1	1	1	3
A	2	2	1	1	2
Total	3	3	2	2	5

จากตารางที่ 46 กิจกรรม B และ A มีทรัพยากรเพียงพอสามารถเริ่มได้ในวันที่ 1 จากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\pi}_{(i,j)} = \bar{\pi}_{(B,A)} = t_n = 1$ โดยที่ (B, A) ∈ CSP จากสมการที่ (23) จะได้ว่า

$$ES_j^{PS}(PS, i) = \min\{t_n + d_i, \bar{\pi}_{(i,j)}\}$$

$$ES_A^{PS}(PS, B) = \min\{1+2, 1\} = 1$$

พิจารณาคู่กิจกรรม (C, A) = $ES_A^{PS}(PS, C)$ มีความหมาย คือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม C เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 47 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^{PS, C}$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
C	1	0	1	1	0
A	2	2	1	1	2
Total	3	2	2	2	2

จากตารางที่ 47 กิจกรรม C และ A มีทรัพยากรเพียงพอสามารถเริ่มได้ในวันที่ 1 จากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\pi}_{(i,j)} = \bar{\pi}_{(C,A)} = t_n = 1$ โดยที่ $(C, A) \in \text{CSP}$ จากสมการที่ (23) จะได้ว่า

$$ES_j^{PS, i} = \min\{t_n + d_i, \bar{\pi}_{(i,j)}\}$$

$$ES_A^{PS, C} = \min\{1+1, 1\} = 1$$

พิจารณาคู่กิจกรรม $(D, A) = ES_A^{PS, D}$ มีความหมาย คือ เวลาเร็วสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม D เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 48 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม D และ A ในวันที่ 1 ($ES_A^{PS, D}$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
D	3	2	1	1	2
A	2	2	1	1	2
Total	4(-1)	4	2	2	4

จากตารางที่ 48 กิจกรรม D และ A ทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับเริ่มในวันที่ 1 หรือไม่สามารรถเริ่มพร้อมกันได้เลย จากสมการที่ (20) ค่า $\bar{\pi}_{(i,j)} = \bar{\pi}_{(D,A)} = \infty$ โดยที่ (D, A) EGFP จากสมการที่ (23) จะได้ว่า

$$ES_j^{\text{EA}}(\text{PS}, i) = \min\{t_n + d_i, \bar{\pi}_{(i,j)}\}$$

$$ES_A^{\text{EA}}(\text{PS}, D) = \min\{1+4, \infty\} = 5$$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (24) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ

$$\begin{aligned} P_A &= LS_A - \max\{ES_A^{\text{EA}}(\text{PS}, i) | i=B, C, D\} \\ &= 2 - \max\{1, 1, 5\} \\ &= -3 \end{aligned}$$

คำนวณลักษณะนี้กับกิจกรรม B, C และ D จะได้ค่าลำดับความสำคัญ คือ 2, 3 และ -3 ตามลำดับ จากนั้นเลือกกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญจากน้อยไปมาก เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, D, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม A สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B และ C สามารถเริ่มได้ ดังแสดงในตารางที่ 49 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D ตามลำดับ กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

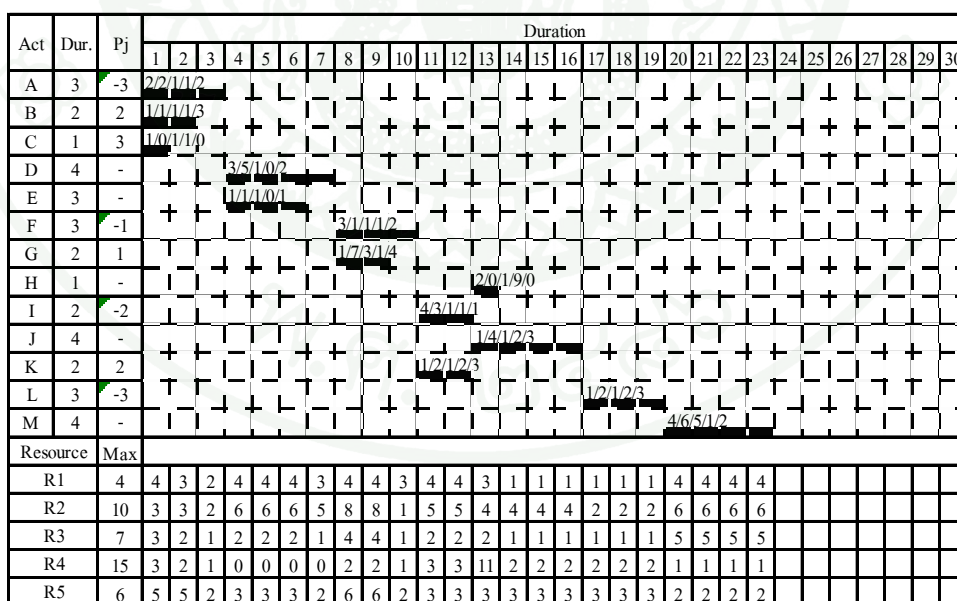
4) จำนวนลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 47 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 49 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-3	A	3	-3	2	2	1	1	2	Start
-	D	4	-3	3(-1)	5	1	0	2	Delay
1-2	B	2	2	1	1	1	1	3	Start
1-1	C	1	3	1	0	1	1	0	Start
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	-	3(-2)	5	1	0	2	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	-	3(-1)	5	1	0	2	Delay
4-7	D	4		3	5	1	0	2	Start
4-6	E	3		1	1	1	0	1	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Continue
-	H	1	-	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-10	F	3	-1	3	1	1	1	2	Start
8-9	G	2	1	1	7	3	1	4	Start
-	H	1	4	2(-2)	0	1	9	0	Delay
10-10	F			3	1	1	1	2	Continue
-	H	1	-	2(-1)	0	1	9	0	Delay

ตารางที่ 49 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
11-12	I	2	-2	4	3	1	1	1	Start
-	J	4	-2	1(-1)	4	1	2	3	Delay
-	H	1	2	2(-2)	0	1	9	0	Delay
11-12	K	2	2	0	2	1	2	2	Start
13-13	H	1	-	2	0	1	9	0	Start
13-16	J	4	-	1	4	1	2	3	Start
14-16	J			1	4	1	2	3	Continue
17-19	L	3	-3	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	-3	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M			4	6	5	1	2	Start



ภาพที่ 47 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียว

5.2.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ -3, 2, 3 และ -3 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, D, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม A สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 และ R3 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 50 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCS

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, D และ C ตามลำดับ กิจกรรม A และ D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า โดยกิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรม E ไม่ต้องคำนวณค่าลำดับความสำคัญเนื่องจากมีกิจกรรมเดียว กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 48 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 50 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	-3	2	2	1	1	2	Start	2R3=1R1
1-4	D	4	-3	3(-1)+1	5	1+2	0	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	2	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	3	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-4	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
3-3	C			1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3		1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	-2	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	-1	1(-1)	7	3	1	4	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	-1	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	5	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	-	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	-1	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	1	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	-3	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	-3	4(-1)	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	P _j	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	-3	█	█	█																	
B	2	2	█	█																		
C	1	-																				
D	4	-3	█	█	█	█																
E	3	-																				
F	3	-2																				
G	2	-1																				
H	1	5																				
I	2	-																				
J	4	-1																				
K	2	1																				
L	3	-3																				
M	4	-3																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4					
R2	10		10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3	7		7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4	15		2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5	6		6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 48 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

5.3 Average Case Slack Time Rule (ACS)

วิธี ACS มีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธี WCS แต่แทนการการเสียโอกาสสำหรับการทำ กำหนดเวลากิจกรรม j ด้วยค่าเฉลี่ยดังสมการที่ (25)

$$(\min) P_j = LS_j - \frac{1}{(|E(PS, t)|-1)} \cdot \sum_{i \in (PS, t)-(j)} ES_i^{PS}(PS, i) \tag{25}$$

โดยที่ $|E(PS, t)|$ คือ จำนวนกิจกรรมที่เวลา t_n

5.3.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACS

- 1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A (j = A) เซตของกิจกรรมที่เหมาะสม คือ (A, B, C, D) เพราะฉะนั้น $|E(PS, t)| = 4$ เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรม A คือ 2 ($LS_A = 2$) คู่กิจกรรมของกิจกรรม A คือ (i, j) = (B, A), (C, A) และ (D, A) ค่า $ES_i^{PS}(PS, i)$ คำนวณลักษณะเดียวกับวิธี WCS เพราะฉะนั้นจะได้

$$(i, j) = (B, A) = ES_A^{PS}(PS, B) = 1$$

$$(i, j) = (C, A) = ES_A^{PS}(PS, C) = 1$$

$$(i, j) = (D, A) = ES_A^{PS}(PS, D) = 5$$

$$\sum_{i \in (PS, i) - \{j\}} ES_A^{PS}(PS, i) \quad i = B, C, D = 1 + 1 + 5 = 7$$

จากสมการที่ 25 ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ

$$\begin{aligned} P_A &= LS_A - \frac{1}{(|E(PS, i)| - 1)} \cdot \sum_{i \in (PS, i) - \{j\}} ES_A^{PS}(PS, i) \\ &= 2 - \left[\frac{1}{(4-1)} \right] (7) \\ &= -0.33 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณลักษณะนี้กับกิจกรรม B, C และ D มีค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 0, 3 และ -1 ตามลำดับ จากนั้นเลือกกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญจากน้อยไปมาก เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับสำหรับวันที่ 1 กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วยกิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 51 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACS

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ C กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า จากนั้นคำนวณค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A และ C อีกครั้งจะได้ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ -1 และ 0 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ A และ C ตามลำดับ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ C สามารถเริ่มได้

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมล่าดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 49 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 51 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี ACS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-4	D	4	-1	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	-0.3	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	0	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	3	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	-1	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	0	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	-	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	A	3	-1.5	2	2	1	1	2	Start
-	F	3	1.5	3(-1)	1	1	1	2	Delay
5-6	G	2	4	1	7	3	1	4	Start
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	-	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	E	3	-	1	1	1	0	1	Start
8-10	F	3	-	3	1	1	1	2	Start
11-14	J	4	-0.6	1	4	1	2	3	Start

ตารางที่ 51 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
-	I	2	0.3	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-12	K	2	2	0	2	1	2	2	Start
11-11	H	1	3.3	2	0	1	9	0	Start
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	4	-	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	4	-	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	4	-	4	3	1	1	1	Start
17-19	L	3	-3	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	-3	4(-1)	6	5	1	2	Delay
20-23	M	4		4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	P_j	Duration																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
A	3	-1.5																																			
B	2	0	1/1/1/3																																		
C	1	0		1/0/1/1/0																																	
D	4	-1	3/5/1/0/2																																		
E	3	-			1/1/0/1																																
F	3	-				3/1/1/1/2																															
G	2	4				1/7/3/1/4																															
H	1	3.33					2/0/1/9/0																														
I	2	-						4/3/1/1/1																													
J	4	-0.7							1/4/1/2/3																												
K	2	2								1/2/1/2/3																											
L	3	-3									1/2/1/2/3																										
M	4	-										4/6/5/1/2																									
Resource	Max																																				
R1	4		4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	1	1	1	1	4	4	4	4											
R2	10		6	6	5	5	9	9	2	2	2	2	6	6	4	4	3	3	2	2	2	2	6	6	6	6											
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5											
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1											
R5	6		5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	1	3	3	3	2	2	2	2												

ภาพที่ 49 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

5.3.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D มีค่าลำดับความสำคัญ ของกิจกรรม คือ -0.33, 0, 3 และ -1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วย ทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย และทรัพยากร R3 ขนาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจาก ทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 52 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบ หลายทักษะ โดยใช้วิธี ACS

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า โดยกิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E ตามลำดับ กิจกรรม D ทำ ต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร เพียงพอ

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 50 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 52 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี ACS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-4	D	4	-1	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	-0.3	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	0	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	3	1(-1)	0	1	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	-	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	-	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	-2	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	-1	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	-1	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	5	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	-	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	-1	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	1	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-15	L	3	-3	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
13-16	M	4	-3	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	-0.33																				
B	2	0																				
C	1	-																				
D	4	-1																				
E	3	-																				
F	3	-2																				
G	2	-1																				
H	1	5																				
I	2	-																				
J	4	-1																				
K	2	1																				
L	3	-3																				
M	4	-3																				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4				
R2		10	10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3		7	7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4		15	2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5		6	6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 50 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี ACS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

5.4 Worst Case Latest Starting Time (WCLS)

วิธี WCLS คือ การนำแนวคิดของวิธี LST มาปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่กิจกรรม กรณีแย่งที่สุดของเวลาเริ่มต้นช้าที่สุดสำหรับกิจกรรม j สามารถคำนวณได้จากเซตกิจกรรม i ที่เหมาะสมยกเว้นกิจกรรม j ถูกทำกำหนดเวลาชั่วคราวตามการทำกำหนดเวลาแบบต่อเนื่อง ค่า $LS_j^W(PS, i)$ คือ เวลาเริ่มได้ช้าสุดที่ทำกำหนดเวลากิจกรรม j ได้ ถ้ากิจกรรม i เริ่มทำกำหนดเวลาที่ปัจจุบัน (t_p) ค่าน้อยที่สุดแสดงถึงกรณีแย่งที่สุด จากนั้นเลือกกิจกรรมที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อยที่สุด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (26)

$$(\min) P_j = \min \{ LS_j^W(PS, i) | (i, j) \in AP_n \} \quad (26)$$

5.4.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCLS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D พิจารณากิจกรรม A ($j = A$) เซตกิจกรรมที่เหมาะสม คือ $(i, j) = (B, A), (C, A)$ และ (D, A) พิจารณาคู่กิจกรรม $(B, A) = LS_A^W(PS, B)$ มีความหมาย คือ เวลาช้าสุดที่ทำกำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม B เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 53 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม B และ A ในวันที่ 1 ($LS_A^B(PS, B)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
B	1	1	1	1	3
A	2	2	1	1	2
Total	3	3	2	2	5

จากตารางที่ 53 สำหรับวันที่ 1 กิจกรรม B และ A มีทรัพยากรเพียงพอ เพราะฉะนั้นเวลาช้าสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม B เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1 คือ วันที่ 2 ($LS_A^B(PS, B) = LS_A = 2$)

พิจารณาคู่กิจกรรม (C, A) = $LS_A^C(PS, C)$ มีความหมาย คือ เวลาช้าสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม C เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 54 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 1 ($LS_A^C(PS, C)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
C	1	0	1	1	0
A	2	2	1	1	2
Total	3	2	2	2	2

จากตารางที่ 54 สำหรับวันที่ 1 กิจกรรม C และ A มีทรัพยากรเพียงพอ เพราะฉะนั้นเวลาช้าสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม C เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1 คือ วันที่ 2 ($LS_A^C(PS, C) = LS_A = 2$)

พิจารณาคู่กิจกรรม (D, A) = $LS_A^E(PS, D)$ มีความหมาย คือ เวลาช้าสุดที่
ทำกำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม D เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1

ตารางที่ 55 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม D และ A ในวันที่ 1 ($LS_A^E(PS, D)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
D	3	5	1	0	2
A	2	2	1	1	2
Total	4(-1)	7	2	1	4

จากตารางที่ 55 สำหรับวันที่ 1 กิจกรรม D และ A ทรัพยากรไม่เพียงพอ
เพราะฉะนั้นเวลาช้าสุดที่ทำกำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม D เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 1
คือ หลังจากที่กิจกรรม D แล้วเสร็จ คือ วันที่ 4 เพราะนั้นกิจกรรม A เริ่มได้ในวันที่ 5 ($LS_A^E(PS, C)$
= 5) จากสมการที่ (26) ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A คือ

$$\begin{aligned}
 P_A &= \min\{LS_A^E(PS, i) | i=B, C, D\} \\
 &= \min\{2, 2, 5\} \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

ทำการคำนวณลักษณะเดียวกันนี้กับกิจกรรม B, C และ D จะได้ค่าลำดับ
ความสำคัญ คือ 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D,
A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถ
เริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B สามารถเริ่มได้
กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย ดัง
แสดงในตารางที่ 57 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักกะเดียวโดยใช้วิธี WCLS

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ C กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรม A และ C ต้องคำนวณค่าลำดับความสำคัญใหม่ พิจารณา กิจกรรม A เซตกิจกรรมที่เหมาะสม คือ $(i, j) = (C, A)$

พิจารณาคู่กิจกรรม $(C, A) = LS_A^P(PS, C)$ มีความหมาย คือ เวลาช้าสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม C เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 3

ตารางที่ 56 การจัดสรรทรัพยากรของกิจกรรม C และ A ในวันที่ 3 ($LS_A^P(PS, C)$)

Act.	Resource				
	R1	R2	R3	R4	R5
	(4)	(10)	(7)	(15)	(6)
D (ทำต่อเนื่อง)	3	5	1	0	2
C	1	0	1	1	0
A	2	2	1	1	2
Total	4(-2)	7	3	2	4

จากตารางที่ 56 สำหรับวันที่ 3 กิจกรรม C และ A มีทรัพยากรไม่เพียงพอเนื่องจากกิจกรรม D ยังใช้ทรัพยากรอยู่ เพราะฉะนั้นเวลาช้าสุดที่กำหนดเวลากิจกรรม A ได้ ถ้ากิจกรรม C เริ่มทำกำหนดเวลาในวันที่ 3 คือ วันที่ 5 ($LS_A^P(PS, C) = 5$) ทำเช่นนี้กับกิจกรรม C จะได้ค่าลำดับความสำคัญ คือ 5 เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A และ C ตามลำดับ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,000 บาท ภาพที่ 51 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 57 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี WCLS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start
-	A	3	2	2(-1)	2	1	1	2	Delay
1-2	B	2	3	1	1	1	1	3	Start
-	C	1	4	1(-1)	0	1	1	0	Delay
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	5	2(-1)	2	1	1	2	Delay
3-3	C	1	5	1	0	1	1	0	Start
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue
-	A	3	-	2(-1)	2	1	1	2	Delay
5-7	A	3	5	2	2	1	1	2	Start
-	F	3	8	3(-1)	1	1	1	2	Delay
5-6	G	2	9	1	7	3	1	4	Start
7-7	A			2	2	1	1	2	Continue
-	F	3	-	3(-1)	1	1	1	2	Delay
8-10	E	3	-	1	1	1	2	1	Start
8-10	F	3	-	3	1	1	1	2	Start
11-14	J	4	11	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	12	4(-1)	3	1	1	1	Delay
11-11	H	1	13	2	0	1	9	0	Start
11-12	K	2	13	0	2	1	2	2	Start

ตารางที่ 57 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)	
12-14	J			1	4	1	2	3	Continue
12-12	K			0	2	1	2	2	Continue
-	I	2	-	4(-1)	3	1	1	1	Delay
13-14	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	-	4(-1)	3	1	1	1	Delay
15-16	I	2	-	4	3	1	1	1	Start
17-20	M	4	20	4	6	5	1	2	Start
-	L	3	21	1(-1)	2	1	2	3	Delay
21-23	L	3	-	1	2	1	2	3	Start

Act	Dur.	P _j	Duration																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
A	3	5																																	
B	2	3																																	
C	1	5																																	
D	4	1																																	
E	3	-																																	
F	3	-																																	
G	2	9																																	
H	1	13																																	
I	2	-																																	
J	4	11																																	
K	2	13																																	
L	3	-																																	
M	4	20																																	
Resource	Max																																		
R1	4		4	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1								
R2	10		6	6	5	5	9	9	2	2	2	2	6	6	4	4	3	3	6	6	6	6	2	2	2										
R3	7		2	2	2	1	4	4	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1										
R4	15		1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	13	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2									
R5	6		5	5	2	2	6	6	2	3	3	3	5	5	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3										

ภาพที่ 51 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

5.4.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCLS

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 2, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย และทรัพยากร R3 ขนาดไป 1 หน่วย กิจกรรม C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรมีไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ดังแสดงในตารางที่ 58 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCLS

2) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ C ตามลำดับ กิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$)

3) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ E ตามลำดับ กิจกรรม D ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม E สามารถเริ่มได้

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,500 บาท ภาพที่ 52 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 58 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี WCLS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitutio n
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)		
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start	2R2=1R5
1-3	A	3	2	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R3=1R1
1-2	B	2	3	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	
-	C	1	4	1(-1)	0	1(-1)	1	0	Delay	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
3-3	C	1	-	1(-1)+1	0	1+2	1	0	Start	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	-	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	7	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	7	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R2=1R1
7-8	G	2	7	1	7	3	1	4	Start	2R3=1R1
7-7	H	1	13	2(-2)+1+1	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8	G			1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	-	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	10	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	11	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	16	4	6	5	1	2	Start	2R2=1R1
13-15	L	3	17	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	2	■	■	■																	
B	2	3	■	■																		
C	1	-		■																		
D	4	1	■	■	■	■																
E	3	-																				
F	3	7				■	■	■														
G	2	7																				
H	1	13																				
I	2	-																				
J	4	10																				
K	2	11																				
L	3	17																				
M	4	16																				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4					
R2		10	10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3		7	7	7	7	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4		15	2	2	2	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5		6	6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 52 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี WCLS ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

6. กลุ่มอื่นๆ

6.1 Random (RAND)

วิธี RAND ขึ้นอยู่กับการสุ่มเลือกตัวเลขสำหรับค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกิจกรรม ดังสมการที่ (27)

$$(\max) P_j = \text{rand}() \quad (27)$$

6.1.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี RAND

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D การจัดทรัพยากรโดยใช้วิธี RAND สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การสุ่มตัวเลขโดยการใช้นาฬิกาจับเวลา ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม A, B, C และ D คือ 6, 5, 6 และ 2 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรมคือ กิจกรรม A, C, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, C และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 3

หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย ตารางที่ 59 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบ
ทักษะเดียวโดยใช้วิธี RAND

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของ
กิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า
กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และ
ทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวัน
ก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากร R1 ขาดไป 1
หน่วย

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1
คือ 24 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 184,000 บาท ภาพที่ 53 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1
โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 59 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี RAND

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
1-3	A	3	6	2	2	1	1	2	Start
1-1	C	1	6	1	0	1	1	0	Start
1-2	B	2	5	1	1	1	1	3	Start
-	D	4	2	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue
-	D	4	2	3(-2)	5	1	0	2(-1)	Delay
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue
-	D	4	2	3(-1)	5	1	0	2	Delay

ตารางที่ 59 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)	
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start
4-7	D	4	2	3	5	1	0	2	Start
7-7	D			3	5	1	0	2	Start
-	H	1	8	2(-1)	0	1	9	0	Delay
8-8	H	1	8	2	0	1	9	0	Start
8-9	G	2	7	1	7	3	1	4	Start
-	F	3	4	3(-2)	1	1	1	2	Delay
9-9	G			1	7	3	1	4	Continue
9-11	F	3	4	3	1	1	1	2	Start
10-11	F			3	1	1	1	2	Continue
12-13	K	2	6	0	2	1	2	2	Start
12-15	J	4	2	1	4	1	2	3	Start
-	I	2	0	4(-1)	3	1	1	1	Delay
14-15	J			1	4	1	2	3	Continue
-	I	2	0	4(-1)	3	1	1	1	Delay
16-17	I	2	0	4	3	1	1	1	Start
18-20	L	3	9	1	2	1	2	3	Start
-	M	4	2	4(-1)	6	5	1	2	Delay
21-24	M	4	2	4	6	5	1	2	Start

Act	Dur.	Pj	Duration																											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
A	3	6	22/1/12																											
B	2	5	11/1/15																											
C	1	6	1/0/1/0																											
D	4	2		3/5/1/0/2																										
E	3	6		1/1/1/0/1																										
F	3	4			3/1/1/1/2																									
G	2	7			1/7/3/1/4																									
H	1	8			2/0/1/9/0																									
I	2	0																												
J	4	2											1/4/1/2/3																	
K	2	6											1/2/1/2/3																	
L	3	9																												
M	4	2																												
Resource	Max																													
R1	4	4	3	2	4	4	4	3	3	4	3	3	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	4	4	4	4				
R2	10	3	3	2	6	6	6	5	7	8	1	1	6	6	4	4	3	3	2	2	2	6	6	6	6					
R3	7	3	2	1	2	2	2	1	4	4	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5					
R4	15	3	2	1	0	0	0	0	10	2	1	1	4	4	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1					
R5	6	5	5	2	3	3	3	2	4	6	2	2	5	5	3	3	1	1	3	3	3	2	2	2						

ภาพที่ 53 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

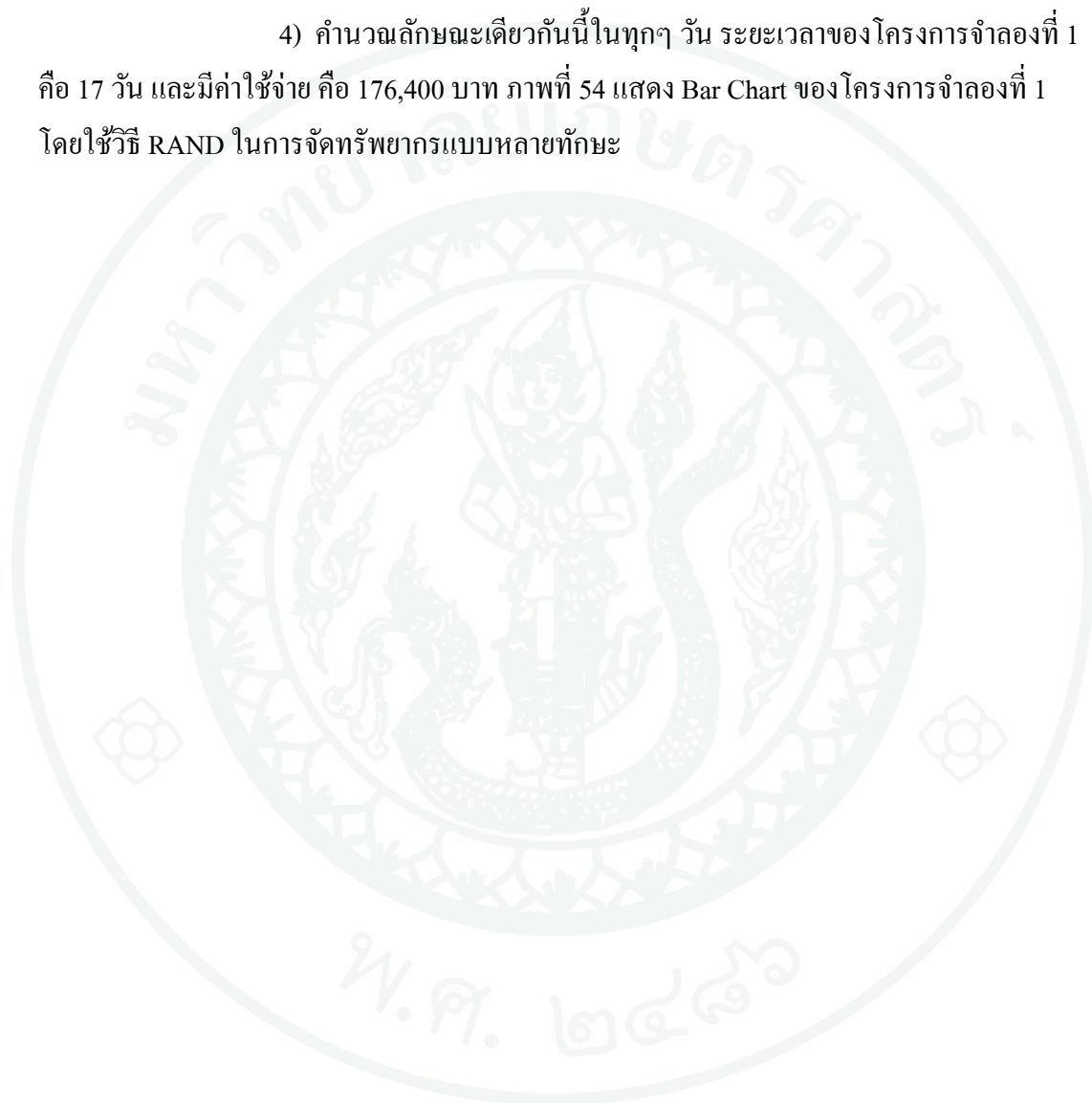
6.1.2 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี RAND

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 6, 5, 6 และ 2 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, C, B และ D ตามลำดับ กิจกรรม A, C และ B สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรเพียงพอ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย กิจกรรม D ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน ตารางที่ 60 ตารางแสดงการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี RAND

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ D ลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม A, B และ D ตามลำดับกิจกรรม A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1 ขาดไป 2 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 4 หน่วย ($4R3=2R1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A และ D กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม D ทรัพยากร R1ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 17 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 176,400 บาท ภาพที่ 54 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ



ตารางที่ 60 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี RAND

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)		
1-3	A	3	6	2	2	1	1	2	Start	
1-1	C	1	6	1	0	1	1	0	Start	
1-2	B	2	5	1	1	1	1	3	Start	
-	D	4	2	3(-3)	5	1	0	2(-1)	Delay	
2-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1	1	1	1	3	Continue	4R3=2R1
2-5	D	4	2	3(-2)+2	5+2	1+4	0	2(-1)+1	Start	
3-3	A			2	2	1	1	2	Continue	2R3=1R1
3-5	D			3(-1)+1	5	1+2	0	2	Continue	
4-5	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	6	1	1	1	0	1	Start	
6-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
6-7	G	2	7	1	7	3	1	4	Start	
-	F	3	4	3(-1)	1	1	1	2(-1)	Delay	
7-7	G			1	7	3	1	4	Continue	2R2=1R1
7-7	H	1	8	2	0	1	9	0	Start	2R3=1R1
7-9	F	3	4	3(-2)+1+1	1+2	1+2	1	2	Start	
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue	
10-11	K	2	6	0	2	1	2	2	Start	2R3=1R1
10-13	J	4	2	1	4	1	2	3	Start	
10-11	I	2	0	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
12-13	J			1	4	1	2	3	Continue	
14-16	L	3	9	1	2	1	2	3	Start	2R2=1R1
14-17	M	4	2	4(-1)+1	6+2	5	1	2	Start	
17-17	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	6	■	■	■																	
B	2	5	■	■																		
C	1	6	■																			
D	4	2		■	■	■	■	■	■													
E	3	6		■	■	■																
F	3	4		■	■	■	■	■	■													
G	2	7						■	■													
H	1	8							■													
I	2	0																				
J	4	2										■	■	■	■							
K	2	6										■	■	■	■	■						
L	3	9										■	■	■								
M	4	2																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	2	4	3	3	4	4	1	1	4	4	4	4			
R2	10		3	10	7	6	6	8	10	1	1	9	9	4	4	10	10	10	6			
R3	7		3	7	4	2	2	4	7	1	1	5	5	1	1	6	6	6	5			
R4	15		3	2	1	0	0	1	11	1	1	5	5	2	2	3	3	3	1			
R5	6		5	6	4	3	3	5	6	2	2	6	6	3	3	5	5	5	2			

ภาพที่ 54 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี RAND ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

6.2 Augmented Heuristic Algorithm for Multi-Skilled Resource Scheduling

(AHAMRS)

วิธี AHAMRS คือ การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยเริ่มจากหาค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมจากวิธี LST ร่วมกับการทดแทนทรัพยากรในแนวตั้งและแนวนอน ดังแสดงในภาพที่ 55 และ 56 ตามลำดับ จากนั้นได้เพิ่มแนวคิดที่พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของงาน กิจกรรมที่มีความก้าวหน้าสะสมเท่ากับ 100% แสดงว่ากิจกรรมนั้นทำเสร็จโดยมีหลักการคือ หลังจากทำการทดแทนทรัพยากรแล้วยังเหลือทรัพยากรที่สามารถใช้ได้อยู่แต่ยังไม่เพียงพอโดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าตามอัตราส่วนของจำนวนทรัพยากรที่ได้รับการจัดสรร ดังสมการที่ (28), (29) และ (30) ตามลำดับ (Wongwai and Malaikrisanachalee, 2011) วิธี AHAMRS สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ

1) แบบมีข้อจำกัดของทีม (With Team Constrained) คือ การจัดสรรทรัพยากรทั่วไปโดยกิจกรรมจะสามารถเริ่มได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมนั้นมีทรัพยากรเพียงพอต่อความต้องการ

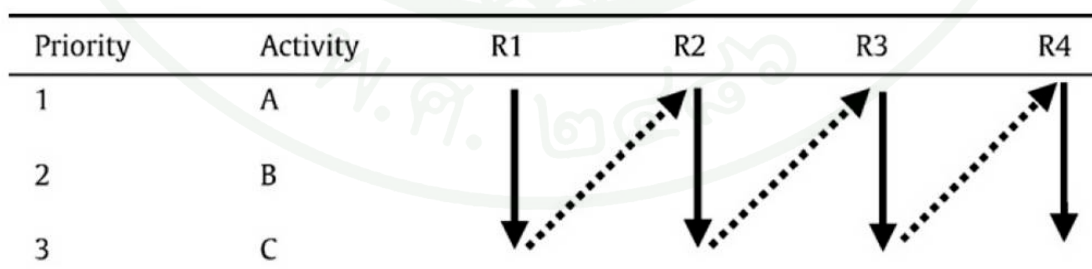
2) แบบไม่มีข้อจำกัดของทีม (Without Team Constrained) คือ การจัดสรรทรัพยากรที่ยอมให้ทรัพยากรเริ่มได้ถึงแม้ว่าทรัพยากรมีไม่เพียงพอโดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า

$$E_{(j,t,r)} = \frac{E_{(j,t)}}{a_{(j,t,r)} \times d_j} \quad (28)$$

$$P_{(j,t)} = \min\{E_{(j,t,r)} \mid r = 1, 2, \dots, N_{(j,t)}\} \quad (29)$$

$$C_{(j)} = \min\{100\% \sum_{t=s_{(j)}}^{c_{(j)}} P_{(j,t)}\} \quad (30)$$

โดยที่ $E_{(j,t,r)}$ คือ ความก้าวหน้าของกิจกรรม j ในวันที่ t สำหรับทรัพยากร r
 $a_{(j,t,r)}$ คือ จำนวนของทรัพยากร r ที่มอบให้สำหรับกิจกรรม j ในวันที่ t
 $q_{(j,r)}$ คือ ความต้องการรายวันของทรัพยากร r สำหรับกิจกรรม j
 $d_{(j)}$ คือ ระยะเวลาปกติของกิจกรรม j
 $P_{(j,t)}$ คือ ความก้าวหน้าของกิจกรรม j ในวันที่ t
 $N_{(j,t)}$ คือ ทรัพยากรล่าสุดที่มอบให้กิจกรรม j ในวันที่ t
 $C_{(j)}$ คือ ความก้าวหน้าสะสมของกิจกรรม j
 $s_{(j)}$ คือ วันเริ่มของกิจกรรม j
 $c_{(j)}$ คือ วันปัจจุบันของกิจกรรม j



ภาพที่ 55 ทิศทางการจัดทรัพยากรในแนวตั้ง

ที่มา: Wongwai and Malaikrisanachalee (2011)

Priority	Activity	R1	R2	R3	R4
1	A	→			
2	B	←			
3	C	→			

ภาพที่ 56 ทิศทางการจัดทรัพยากรในแนวนอน

ที่มา: Wongwai and Malaikrisanachalee (2011)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1) การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยไม่มีข้อจำกัดของทีม (Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained)

2) การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยมีข้อจำกัดของทีม (AHAMRS With Team Constrained)

3) การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยไม่มีข้อจำกัดของทีม (AHAMRS Without Team Constrained)

6.2.1 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญกิจกรรมดูจากค่า LS, น้อยที่สุดไปมากที่สุดจะมีลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ เพราะฉะนั้นค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 2, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ โดยลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ต้องการทรัพยากรจำนวน 2 หน่วย แต่มีเพียง 1 หน่วยที่สามารถทำได้ เพราะฉะนั้นพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า ระยะเวลาที่แท้จริง คือ 3 วัน ส่วน

ทรัพยากรที่ต้องการ คือ 2 หน่วย และระยะเวลาตามแผน คือ 3 วัน เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของกิจกรรม A คือ $(1 \times 3) / (2 \times 3) = 0.50$ กิจกรรมลำดับถัดไปคือกิจกรรม B และ C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากไม่มีทรัพยากรเหลือสำหรับการเริ่มกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 61 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained

2) วันที่ 4 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับกิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 สามารถทำได้แค่ 1 หน่วย ระยะเวลาที่แท้จริง คือ 1 วัน เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของกิจกรรม A คือ $(1 \times 1) / (2 \times 3) = 0.17$ เปอร์เซ็นต์ ความก้าวหน้าสะสมของกิจกรรม A คือ $0.17 + 0.50 = 0.67$ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B และ C ไม่สามารถเริ่มได้เนื่องจากไม่มีทรัพยากรเหลือสำหรับการเริ่มกิจกรรม

3) วันที่ 5 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B และ C กิจกรรม A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า พิจารณาทรัพยากร R1 ทรัพยากรที่ทำได้จริง คือ 2 ระยะเวลาที่แท้จริง คือ 1 วัน เพราะฉะนั้นเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของกิจกรรม A คือ $(2 \times 1) / (2 \times 3) = 0.33$ เปอร์เซ็นต์ ความก้าวหน้าสะสมของกิจกรรม A คือ $0.33 + 0.67 = 1.00$ เพราะฉะนั้นกิจกรรม A สามารถทำแล้วเสร็จในวันที่ 5 กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B และ C สามารถเริ่มได้

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 23 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 224,400 บาท ภาพที่ 57 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 61 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Progress (%)	Cumulative Progress (%)
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)			
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start		
1-3	A*	3	2	2(1)*	2	1	1	2	Start	$R1 = (1 \times 1) / (2 \times 3) = 0.50$	R1 = 0.5
-	B	2	3	1(-1)	1	1	1	3	Delay		
-	C	1	4	1(-1)	0	1	1	0	Delay		
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue		
4-4	A*			2(1)*	2	1	1	2	Continue	$R1 = (1 \times 1) / (2 / 3) = 0.17$	R1 = 0.17 + 0.5 = 0.67
-	B	2	3	1(-1)	1	1	1	3	Delay		
-	C	1	4	1(-1)	0	1	1	0	Delay		
5-5	A*			2(2)*	2	1	1	2	Continue	$R1 = (2 \times 1) / (2 \times 3) = 0.33$	R1 = 0.33 + 0.67 = 1.00
5-6	B	2	3	1	1	1	1	3	Start		
5-5	C	1	4	1	0	1	1	0	Start		
6-6	B			1	1	1	1	3	Continue		
6-6	G*	2	6	1	7	3	1	4(3)*	Start	$R5 = (3 \times 1) / (4 \times 6) = 0.125$	R5 = 0.125
7-7	G*			1	7	3	1	4(4)*	Continue	$R5 = (4 \times 2) / (4 \times 6) = 0.33$	R5 = 0.125 + 0.125 = 0.25

ตารางที่ 61 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Progress (%)	Cumulative Progress (%)
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)			
7-9	F	3	5	3	1	1	1	2	Start		
-	E	3	5	1(-1)	1	1	0	1	Delay		
8-9	G*			1	7	3	1	4(4)*	Continue	$R5 = (4 \times 2) / (4 \times 6) = 0.33$	$R5 = 0.25 + 0.33 = 0.58$
8-9	F			3	1	1	1	2	Continue		
-	E	3	5	1(-1)	1	1	0	1	Delay		
10-12	G*			1	7	3	1	4(4)*	Continue	$R5 = (4 \times 3) / (4 \times 6) = 0.50$	$R5 = 0.50 + 0.58 = 1.08$
10-12	E	3	5	1	1	1	0	1	Start		
13-16	J	4	8	1	4	1	2	3	Start		
13-14	I*	2	10	4(3)*	3	1	1	1	Start	$R1 = (3 \times 2) / (4 \times 2) = 0.75$	$R1 = 0.75$
13-14	K	2	10	0	2	1	2	2	Start		
-	H	1	12	2(-2)	0	1	9	0	Delay		
15-16	J			1	4	1	2	3	Continue		
15-15	I*			4(3)*	3	1	1	1	Continue	$R1 = (3 \times 1) / (4 \times 2) = 0.37$	$R1 = 0.37 + 0.75 = 1.12$
-	H	1	12	2(-2)	0	1	9	0	Delay		

ตารางที่ 61 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Progress (%)	Cumulative Progress (%)
				R1	R2	R3	R4	R5			
				(4)	(10)	(7)	(15)	(6)			
16-16	J			1	4	1	2	3	Continue		
16-16	H	1	12	2	0	1	9	0	Start		
17-20	M	4	12	4	6	5	1	2	Start		
-	L	3	13	1(-1)	2	1	2	3	Delay		
21-23	L	3	13	1	2	1	2	3	Start		

Act	Dur.	Pj	Duration																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
A*	3	2	■	■	■																																
B	2	3				■	■																														
C	1	4																																			
D	4	1	■	■	■	■																															
E	3	5																																			
F	3	5/0	■	■	■																																
G*	2	6																																			
H	1	12																																			
I*	2	10/2																																			
J	4	8																																			
K	2	10/2																																			
L	3	13																																			
M	4	12																																			
Resource	Max																																				
R1	4		4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	2	2	4	4	4	3	4	4	4	4	1	1	1												
R2	10		7	7	7	7	3	8	8	8	8	8	8	8	9	9	7	4	6	6	6	6	2	2	2												
R3	7		2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	2	5	5	5	5	1	1	1												
R4	15		1	1	1	1	3	2	2	2	2	1	1	1	5	5	3	11	1	1	1	1	2	2	2												
R5	6		4	4	4	4	5	6	6	6	6	5	5	5	6	6	4	3	2	2	2	2	3	3													

ภาพที่ 57 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

6.2.2 การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยใช้วิธี AHAMRS With Team

Constrained

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญ คือ 3, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 และ R3 ขนาดไป 1 หน่วย จึงทำการทดแทนทรัพยากรในแนวนอน โดยนำทรัพยากร R4 จำนวน 6 หน่วย ทดแทนให้ทรัพยากร R3 จำนวน 3 หน่วย ($6R_4=3R_3$) และนำทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ทดแทนให้ทรัพยากร R1 จำนวน 1 หน่วย ($2R_3=1R_1$) ดังแสดงในตารางที่ 62 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ B ตามลำดับ กิจกรรม D, A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) และ ทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A ตามลำดับ กิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วย ทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 16 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 177,100 บาท ภาพที่ 58 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ตารางที่ 62 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)		
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1
1-3	A	3	2	2(-1)+1	2	1+2	1	2	Start	2R2=1R5
1-2	B	2	3	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	4R4=2R3
1-1	C	1	4	1(-1)+1	0	1(-1)+1+(2-2)	1+2+4	0	Start	
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
2-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	2R2=1R5
2-2	B			1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Continue	
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue	
4-6	E	3	5	1	1	1	0	1	Start	
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue	
5-7	F	3	5	3	1	1	1	2	Start	
-	G	2	6	1(-1)	7	3	1	4(-1)	Delay	

ตารางที่ 62 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)		
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	2R3=1R1
7-8	G	2	6	1	7	3	1	4	Start	2R2=1R1
7-7	I	1	12	2(-2)+2	0+2	1+2	9	0	Start	
8-8				1	7	3	1	4	Continue	2R3=1R1
8-9	I	2	10	4(-1)+1	3	1+2	1	1	Start	
9-9	I			4	3	1	1	1	Continue	2R3=1R1
9-12	J	4	8	1(-1)+1	4	1+2	2	3	Start	
9-10	K	2	10	0	2	1	2	2	Start	
10-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
10-10	K			0	2	1	2	2	Continue	
11-12	J			1	4	1	2	3	Continue	
13-16	M	4	12	4	6	5	1	2	Start	
13-15	L	3	13	1(-1)+1	2+2	1	2	3	Start	
16-16	M			4	6	5	1	2	Continue	

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	2	■	■	■																	
B	2	3	■	■																		
C	1	4	■																			
D	4	1	■	■	■	■																
E	3	5		■	■	■	■	■														
F	3	5		■	■	■	■	■														
G	2	6							■	■												
H	1	12																				
I	2	10																				
J	4	8																				
K	2	10																				
L	3	13																				
M	4	12																				
Resource		Max																				
R1		4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4					
R2		10	10	10	7	6	2	2	10	10	9	6	4	4	10	10	10	6				
R3		7	7	7	4	2	2	2	7	6	5	2	1	1	6	6	6	5				
R4		15	9	2	1	0	1	1	11	2	5	4	2	2	3	3	3	1				
R5		6	6	6	4	3	3	3	6	5	6	5	3	3	5	5	5	2				

ภาพที่ 58 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS With Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

6.2.3 การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained

1) วันที่ 1 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม A, B, C และ D ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ 3, 3, 4 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม D, A, B และ C ตามลำดับ กิจกรรม D สามารถเริ่มได้ กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R_3=1R_1$) และทรัพยากร R5 ขาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R_2=1R_5$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม C ทรัพยากร R1 และ R3 ขาดไป 1 หน่วย จึงทำการทดแทนทรัพยากรในแนวนอนโดยนำทรัพยากร R4 จำนวน 6 หน่วย ทดแทนให้ทรัพยากร R3 จำนวน 3 หน่วย ($6R_4=3R_3$) และนำทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ทดแทนให้ทรัพยากร R1 จำนวน 1 หน่วย ($2R_3=1R_1$) ดังแสดงในตารางที่ 63 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained

2) วันที่ 2 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D, A และ B ตามลำดับ กิจกรรม D, A และ B ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) กิจกรรมลำดับถัดไป คือ กิจกรรม B ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$) และ ทรัพยากร R5 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วยทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย ($2R2=1R5$)

3) วันที่ 3 กิจกรรมที่มี คือ กิจกรรม D และ A ตามลำดับ กิจกรรม D และ A ทำต่อเนื่องจากวันก่อนหน้า แต่กิจกรรม A ทรัพยากร R1 ขนาดไป 1 หน่วย สามารถทดแทนได้ด้วย ทรัพยากร R3 จำนวน 2 หน่วย ($2R3=1R1$)

4) คำนวณลักษณะเดียวกันนี้ในทุกๆ วัน ระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 1 คือ 15 วัน และมีค่าใช้จ่าย คือ 182,200 บาท ภาพที่ 59 แสดง Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 63 ตารางการคำนวณการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution	Progress (%)	Cumulative Progress (%)
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)				
1-4	D	4	1	3	5	1	0	2	Start	2R3=1R1		
1-3	A	3	2	2(-1)+1	2	2+2	1	2	Start	6R4=3R3		
1-2	B	2	3	1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Start	2R2=1R5		
1-1	C	1	4	1(-1)+1	0	1(-1)+1+(2-2)	1+6	0	Start			
2-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1		
2-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue	2R2=1R5		
2-2	B			1(-1)+1	1+2	1+2	1	3(-1)+1	Continue			
3-4	D			3	5	1	0	2	Continue	2R3=1R1		
3-3	A			2(-1)+1	2	1+2	1	2	Continue			
4-4	D			3	5	1	0	2	Continue			
4-6	E	3	5	1	1	1	0	1	Start			
5-6	E			1	1	1	0	1	Continue			
5-7	F	3	5	3	1	1	1	2	Start			
5-6	G*	2	6	1(-1)+1	7	3+2	1	4(3)*	Start	2R3=1R1	R5 = (3x2)/(4x2) = 0.75	R4 = 0.75

ตารางที่ 63 (ต่อ)

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution	Progress (%)	Cumulative Progress (%)
				R1 (4)	R2 (10)	R3 (7)	R4 (15)	R5 (6)				
7-7	F			3	1	1	1	2	Continue	$2R2=1R1$		
7-7	G*			1	7	3	1	4(4)*	Continue	$2R3=1R1$	$R5 = (4 \times 1)/(4 \times 2) = 0.50$	$R4 = 0.75 + 0.50 = 1.25$
7-7	H	1	12	$2(-2)+1+1$	$0+2$	$1+2$	9	0	Start			
8-11	J	4	8	1	4	1	2	3	Start	$2R3=1R1$		
8-9	I	2	10/2	$4(-1)+1$	3	$1+2$	1	1	Start			
8-9	K	2	10/2	0	2	1	2	2	Start			
10-11	J			1	4	1	2	3	Continue			
12-15	M	4	12	4	6	5	1	2	Start	$2R2=1R1$		
12-14	L	3	13	$1(-1)+1$	$2+2$	1	2	3	Start			
15-15	M			4	6	5	1	2	Continue			

Act	Dur.	Pj	Duration																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	3	2																				
B	2	3																				
C	1	4																				
D	4	1																				
E	3	5																				
F	3	5																				
G*	2	6																				
H	1	12																				
I	2	10/2																				
J	4	8																				
K	2	10/2																				
L	3	12																				
M	4	13																				
Resource	Max																					
R1	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4					
R2	10		10	10	7	6	9	9	10	9	9	4	4	10	10	10	6					
R3	7		7	7	4	2	7	7	7	5	5	1	1	6	6	6	5					
R4	15		9	2	1	0	2	2	11	5	5	2	2	3	3	3	1					
R5	6		6	6	4	3	6	6	6	6	6	3	3	5	5	5	2					

ภาพที่ 59 Bar Chart ของโครงการจำลองที่ 1 โดยใช้วิธี AHAMRS Without Team Constrained ในการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

นอกจากนี้วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมยังสามารถแยกได้จากลักษณะการคำนวณได้อีก 2 วิธี คือ วิธีคงที่ (Static Rules) คือ การคำนวณค่าลำดับความสำคัญเพียงครั้งเดียว ก่อนเริ่มกระบวนการทำกำหนดเวลา และวิธีพลวัต (Dynamic Rules) คือ การคำนวณค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาที่ทำกำหนดเวลา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Davis and Patterson (1975) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบฮิวริสติกที่ใช้วิธีการจัดลำดับความสำคัญทั้งหมด 8 วิธี กับ 83 ปัญหา โดยเปรียบเทียบกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด คือ ระยะเวลาโครงการที่น้อยที่สุด วิธีการจัดลำดับความสำคัญคือ Minimum Job slack (MJNSLK), Resource Scheduling Method (RSM), Minimum Late Finish Time (LFT), Greatest Resource Demand (GRD), Greatest Resource Utilization (GRU), Shortest Imminent Operation (SIO), Most Jobs Possible (MJP), Select Jobs Randomly (RAN) ผลจากการทดสอบพบว่าวิธีที่ให้ระยะเวลาใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด คือ MJNSLK, LFT, RSM, GRD, RAN, GRU, MJP, SIO ตามลำดับ

Karaa (1986) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Resource Management in Construction ได้นำเสนอแบบจำลอง Mixed Integer Linear Programming Model สำหรับการจัดสรรทรัพยากรรูปแบบของแบบจำลอง คือ การหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดของการเช่าทรัพยากรภายใต้เวลาที่จำกัด โดยใช้พื้นฐานของวิธีวิถีวิฤต (Critical Path Method) ในการวิเคราะห์เวลาแบบจำลองนี้ได้พิจารณาถึงทรัพยากรที่เช่าต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องในแต่ละกิจกรรม มีการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการขนย้ายซึ่งสามารถใช้วางแผนการกำหนดเวลาแบบหลายโครงการได้

Easa (1989) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Resource Leveling in Construction by Optimization โดยใช้แบบจำลอง Integer Linear Optimization Model ในการจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ การหาค่าเบี่ยงเบนที่น้อยที่สุดระหว่างทรัพยากรที่ออกแบบกับทรัพยากรที่ใช้จริง โดยข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าไปในแบบจำลองได้จากการทำวิถีวิฤต (Critical Path Method) ที่ได้จากการคำนวณในตอนแรกแบบจำลองนี้เหมาะกับโครงการที่ใช้ทรัพยากรชนิดเดียว และเหมาะกับโครงการก่อสร้างขนาดเล็ก และขนาดกลาง

Hegazy (1999) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Optimization of Resource Allocation and Leveling Using Genetic Algorithms ได้ทำการปรับปรุงการจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) และการจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ (Resource Leveling) โดยใช้เทคนิค Genetic Algorithm เพื่อค้นหาค่าที่ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาทั้งสองแบบพร้อมกันโดยวิธีนี้ได้ทำการปรับปรุงมาจากหลักการฮิวริสติกเดิมในส่วนของ การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) จะทำการสุ่มลำดับความสำคัญของกิจกรรมในการเริ่มการทำงาน เพื่อหาเขตของกิจกรรมที่มีระยะเวลาโครงการที่สั้นที่สุด และมีระดับการใช้ทรัพยากรที่สม่ำเสมอที่สุดในขณะที่การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ (Resource Leveling) ได้ใช้หลักการ Double Moment Algorithm ซึ่งได้ทำการปรับปรุงจากวิธี Minimum Moment Algorithm เพื่อทำให้ระดับการใช้ทรัพยากรแต่ละวันมีความสม่ำเสมอที่สุด ส่งผลให้ระยะเวลาโครงการใกล้เคียงกับระยะเวลาที่น้อยที่สุด

Hegazy *et al.* (2000) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Algorithm for Scheduling with Multiskilled Construction Resource ได้พัฒนาเทคนิคต่างๆ เป็นโปรแกรมอัตโนมัติเพื่อลดความล่าช้าของโครงการ โดยใช้วิธีฮิวริสติกช่วยในการแก้ปัญหาโดยสมมติว่าทรัพยากรสามารถทำงานได้มากกว่าหนึ่งงาน โดยเฉพาะแรงงาน เช่น ความสามารถของทรัพยากร (ช่างเหล็ก) เพื่อแทนงานอื่น (ช่างไม้) โดยปกติช่างเหล็กจะไม่มีความสามารถเท่ากับช่างไม้ อาจจะต้องใช้ช่างเหล็กสองคน สามคน หรือ

มากกว่าสำหรับแทนช่างไม้หนึ่งคนถึงจะได้งานออกมาเท่ากันวิธีนี้ช่วยให้กิจกรรมเริ่มงานได้โดยไม่ต้องถูกเลื่อนออกไป ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาโครงการน้อยลง วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม (Priority Rule) ที่ใช้คือเวลาเริ่มช้าสุด (Earliest Late Start, ELS) กิจกรรมใดที่มี ELS น้อยที่สุดถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดจะได้รับการพิจารณาเป็นกิจกรรมแรก โดยลำดับความสำคัญของกิจกรรมจะดูจากค่า ELS จากน้อยไปมาก ความสำคัญของกิจกรรมจะเป็นจากมากไปน้อยตามลำดับ

Hegazy and Ersahin (2001) ได้ทำการศึกษาเรื่องแบบจำลองการทำกำหนดเวลาโครงการ ประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ Critical path method, Time-cost Trade-off, Resource Allocation, Resource Leveling และ Cash Flow แบบจำลองนี้จัดทำขึ้นใน Microsoft Excel หลักการทำงานมี 4 ส่วนคือ Resource Worksheet, Method Worksheet, Estimate Worksheet และ Schedule Worksheet Resource Worksheet เป็นข้อมูลทรัพยากร ได้แก่ Labor, Equipment, Crew, Material และ Subcontractors ซึ่งข้อมูลทรัพยากรนี้จะเชื่อมโยงกับ Method Worksheet ซึ่งเป็นทางเลือกวิธีการก่อสร้าง แต่ละวิธีมีการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกัน Estimate Worksheet เป็น Worksheet ที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลา ค่าใช้จ่ายต่างๆ และการทำ Time-cost Trade-off ส่วน Schedule Worksheet เป็นการคำนวณภาพรวมของการทำกำหนดเวลาโครงการ มีการประยุกต์ใช้การหาโมเมนต์รอบแกน X เพื่อลดความผันผวนของการใช้ทรัพยากร และใช้ฟังก์ชัน Add-in เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด รูปแบบที่นำเสนอนี้สามารถหาเวลา และค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมที่สุด

Liu *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาการทำ Resource Allocation โดยใช้หลักการ Genetic Algorithm หลักการทำงาน คือ ได้พัฒนาการทำงานใหม่ในขั้นตอน Crossover Operator โดยการเลือกยีนส์จากรุ่นพ่อแม่แล้วแทรกยีนส์เข้าไปใน Offspring แต่ยังคงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหน้าของกิจกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการทำยีนส์ซ้ำหลังจากการคลอส โอเวอร์ รูปแบบที่นำเสนอนี้สามารถหาระยะเวลาการทำงานโดยรวมของโครงการที่น้อยที่สุดภายใต้ทรัพยากรหลายชนิดที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Fathi and Afshar (2008) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Multiple Resource Constraint Time-Cost-Resource Optimization Using Genetic Algorithm ได้ทำการปรับปรุงการทำกำหนดเวลาการจัดสรรทรัพยากรที่จำกัดเพื่อให้มีคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้วิธี Double moment (Moment X, Moment Y) ร่วมกับวิธีถ่วงน้ำหนัก การหาโมเมนต์รอบแกน X มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความผันผวนของการใช้ทรัพยากร ส่วนการหาโมเมนต์รอบแกน Y เป็นการลดระยะเวลาโครงการ

ให้น้อยที่สุด สมการเป้าหมายของวิธีนี้ คือ การหาโหมดการทำงานของเขตกิจกรรมที่มีเวลา
ค่าใช้จ่าย และ Moment X, Y ที่น้อยที่สุดโดยพิจารณาทั้ง 3 อย่างพร้อมกัน



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จำนวน 1 เครื่อง
2. เครื่องพิมพ์ จำนวน 1 เครื่อง

วิธีการ

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาและรวบรวมสรุปข้อมูลทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและหลักพื้นฐานในการจัดทรัพยากรซึ่งได้แก่การรวมทรัพยากร การจัดสรรทรัพยากร การจัดทรัพยากรให้ราบเรียบ รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรโดยใช้หลักการหาสถานะเหมาะสมที่สุด การจัดทรัพยากรโดยใช้หลักการอิวิริสติกในการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว และแบบหลายทักษะโดยทรัพยากรมีจำกัด

2. ศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม

ศึกษาหลักการคำนวณวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม 25 วิธี ได้แก่

1. Shortest Processing Time (SPT)
2. Most Immediate Successors (MIS)
3. Most Total Successors (MTS)
4. Greatest Rank Positional Weight (GRPW)
5. Greatest Rank Positional Weight all (GRPW*)
6. Earliest Starting Time (EST)
7. Earliest Finishing Time (EFT)
8. Earliest Starting Time (Dynamically) (ESTD)
9. Earliest Finishing Time (Dynamically) (EFTD)
10. Latest Starting Time (LST)

11. Latest Finishing Time (LFT)
12. Minimum Slack Time (MSL)
13. Minimum Slack Time (Dynamically) (MSLD)
14. Greatest Resource Demand (GRD)
15. Weighted Resource Utilization and Precedence (WRUP)
16. ACROS
17. ACTRES
18. TIMROS
19. TIMRES
20. Improved Resource Scheduling Method (IRSM)
21. Worst Case Slack Time Rule (WCS)
22. Average Case Slack Time Rule (ACS)
23. Worst Case Latest Starting Time (WCLS)
24. Random (RAND)
25. AHAMRS

3. ทดสอบอิวิริสติกที่ใช้วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม

ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบบอิวิริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม 25 วิธี กับโครงการจำลองจำนวน 10 โครงการ โดยทำการทดสอบกับการการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว และแบบหลายทักษะ

4. สรุปและวิจารณ์ผลงานวิจัย

สรุปผลวิเคราะห์วิธีการจัดลำดับความสำคัญ กับโครงการก่อสร้างจำลองโดยมีวัตถุประสงค์ คือ หาวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่มีระยะเวลา และมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์

โครงการจำลองจำนวน 10 โครงการตามรายละเอียดในภาคผนวก ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาในการเปรียบเทียบผลการจัดสรรทรัพยากรเพื่อหาระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการที่น้อยที่สุดโดยใช้วิธีการแบบฮิวริสติก 25 วิธี โดยโครงการจำลองที่สร้างขึ้นจะมีจำนวนกิจกรรมระหว่าง 8-13 กิจกรรมและทรัพยากรจำนวน 4-5 ประเภท โดยทรัพยากรแต่ละประเภทจะมีจำนวนจำกัดและอยู่บนเงื่อนไขของการไม่ใช้ทรัพยากรทำงานล่วงเวลา สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว และการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยแต่ละส่วนมีการศึกษาเรื่องระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการของการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละวิธีมีลักษณะเหมือนกันเนื่องจากการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมมีจำนวนคงที่จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรเท่ากันส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ยทางอ้อมและระยะเวลาของโครงการผลการเปรียบเทียบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการดังรายละเอียดในตารางที่ 64 และ 65 พบว่าวิธีที่ให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการรวมทั้ง 10 โครงการน้อยที่สุด คือ วิธี WCS, LFT และ IRSM ตามลำดับ ซึ่งวิธี WCS และ IRSM เป็นกลุ่มวิธี Regret Based Rules ส่วนวิธี LFT เป็นกลุ่มวิธี Critical Path-Based Rules ส่วนวิธีที่ให้ระยะเวลารวมโครงการมากที่สุด คือ วิธี GRPW, GRPW* และ MSLD ตามลำดับ ซึ่งวิธี GRPW และ GRPW* เป็นกลุ่มวิธี Network-Based Rules ส่วนวิธี MSLD เป็นกลุ่มวิธี Critical Path-Based Rules ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพิจารณาเป็นคู่กิจกรรมของกลุ่มวิธี Regret Based Rules จะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่น อาทิเช่น โครงการจำลองที่ 6 เปรียบเทียบระหว่างวิธี WCS กับ GRPW ทั้ง 2 วิธีมีลักษณะกิจกรรมที่สามารถเริ่มได้เหมือนกันในช่วงวันที่ 1-9 ดังแสดงในตารางที่ 66 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 6 ระหว่างวิธี WCS กับวิธี GRPW ในวันที่ 10 จะเห็นได้ว่าวิธี WCS เลือกกิจกรรม F ทำก่อนส่งผลให้กิจกรรม H และ G เกิดการล่าช้า ในทางตรงกันข้ามวิธี GRPW เลือกกิจกรรม G และ H ทำก่อน ทำให้กิจกรรม F เกิดการล่าช้า ทำให้กิจกรรมที่ตามหลังทั้ง 2 วิธีมีลักษณะการเริ่มต่างกันจึงทำให้วิธี WCS มีระยะเวลาโครงการน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่ากิจกรรม F เป็นกิจกรรมที่สำคัญกว่ากิจกรรมอื่น การที่วิธี GRPW ไม่เลือกกิจกรรม F ให้ทำก่อนจึงส่งผลให้มีระยะเวลามากกว่าวิธี WCS ซึ่งวิธี WCS มีการหาค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมโดยการคำนวณ CPM ใน

ตอนแรก และการเปรียบเทียบคู่กิจกรรมที่เวลาปัจจุบันพร้อมกับพิจารณาทรัพยากรไปด้วย ซึ่งการคำนวณลักษณะนี้เป็นรูปแบบการทำกำหนดเวลาแบบ Partial Schedule Scheme ส่วนวิธี GRPW หา ลำดับความสำคัญโดยใช้แค่ระยะเวลาและจำนวนกิจกรรมตามหลังทันที ซึ่งกิจกรรม G, H และ F มีจำนวนกิจกรรมตามหลังทันทีเท่ากันทำให้ลำดับความสำคัญขึ้นอยู่กับระยะเวลา จึงทำให้ กิจกรรม F มีลำดับความสำคัญน้อยกว่ากิจกรรมอื่น แสดงให้เห็นว่าวิธี WCS มีประสิทธิภาพ มากกว่า

วิธี RAND และ AHAMRS จะไม่ถูกนำมาพิจารณาร่วมกับวิธีการอื่นเนื่องจากวิธี RAND เป็นวิธีการหาลำดับความสำคัญโดยการสุ่มเลือกจึงทำให้การหาค่าแต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน ส่วนวิธี AHAMRS คือ การหาลำดับความสำคัญของกิจกรรมด้วยค่า LS_j แต่จะยอมให้กิจกรรมสามารถ ดำเนินการได้ถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดสรรทรัพยากรเพียงบางส่วนโดยเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของ กิจกรรมจะถูกคำนวณตามอัตราส่วนของจำนวนทรัพยากรที่ได้รับการจัดสรร ตัวอย่างเช่น ถ้า กิจกรรม A ต้องการใช้คนงาน 4 คน แต่มีคนงานที่สามารถจัดสรรให้กิจกรรม A ได้เพียงคนเดียว ถ้า เป็นการจัดสรรทรัพยากร โดยวิธีการอื่นกิจกรรม A จะถูกเลื่อนออกไปเพราะมีทรัพยากรไม่เพียงพอ แต่ในกรณีของวิธี AHAMRS จะยอมให้กิจกรรม A สามารถดำเนินการได้โดยที่อัตราความก้าวหน้า ในการทำงานของวันนั้นจะเป็น 25% อัตราความก้าวหน้าในการทำงานเดิมตามที่วางแผนไว้ ทั้งนี้ ทำให้เงื่อนไขในการจัดสรรทรัพยากรตามวิธี AHAMRS แตกต่างจากวิธีการอื่นทำให้ไม่ควรนำวิธี AHAMRS มาเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ในตารางที่ 64 จะพบว่า การจัดสรรทรัพยากรตามวิธี AHAMRS จะส่งผลให้ระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดซึ่งสะท้อนให้เห็น ว่าการที่ยอมให้กิจกรรมสามารถดำเนินการได้ถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดสรรทรัพยากรไม่ครบตาม แผนงานที่วางไว้เดิมจะช่วยลดระยะเวลาโครงการ อย่างไรก็ตามการพิจารณาให้กิจกรรมสามารถ ดำเนินการได้ถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดสรรทรัพยากรไม่ครบตามแผนงานที่วางไว้ ต้องพิจารณาถึง สภาพความเป็นจริงในการทำงานโดยงานบางประเภทอาจจะสามารถดำเนินการได้ถึงแม้ว่าจะได้รับการ จัดสรรทรัพยากรมาไม่ครบ แต่งานบางประเภทจะไม่สามารถดำเนินการได้เลยถ้าได้รับการ จัดสรรทรัพยากรมาไม่ครบ อาทิเช่น สมมุติว่าต้องใช้คนงาน 4 คนช่วยกันยกวัสดุขนาดใหญ่ ดังนั้น ถ้าได้รับการจัดสรรคนงานมาเพียง 3 คนจะทำให้ยกวัสดุขนาดใหญ่ไม่ไหว กิจกรรมลักษณะนี้จะไม่ สามารถให้ดำเนินการได้ถ้าได้รับการจัดสรรทรัพยากรมาไม่ครบตามแผนงานที่วางไว้

ตารางที่ 64 ระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบที่กษะเดียว

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	24	35	30	29	43	31	93	87	96	88	556
2. MIS	23	35	30	29	43	27	93	99	96	90	565
3. MTS	23	35	30	29	43	27	82	99	108	90	566
4. GRPW	26	33	31	29	53	28	93	99	96	90	578
5. GRPW*	23	33	31	29	43	29	89	99	108	88	572
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	23	35	30	29	43	27	93	99	96	90	565
7. EFT	23	35	30	29	43	28	94	87	96	101	566
8. ESTD	23	35	30	29	43	27	92	99	96	90	564
9. EFTD	24	35	30	29	43	31	93	87	96	88	556
10. LST	23	33	31	30	43	29	84	98	108	90	569
11. LFT	23	35	30	29	43	28	84	87	96	88	543
12. MSL	26	37	32	30	43	29	91	98	95	88	569
13. MSLD	23	33	31	30	43	29	84	98	108	90	569
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	23	33	32	30	43	29	89	98	96	88	561
15. WRUP	26	33	30	29	43	29	93	98	96	88	565
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	23	33	30	30	43	29	91	99	96	88	562
17. ACTRES	23	33	31	30	43	29	91	99	96	88	563
18. TIMROS	23	33	31	29	43	27	93	99	96	90	564
19. TIMRES	23	33	31	29	43	27	93	99	96	90	564
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	23	35	30	29	43	28	92	87	96	88	551
21. WCS	23	33	31	29	43	27	84	87	96	88	541

ตารางที่ 64 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22. ACS	23	33	31	30	43	29	84	99	96	88	556
23. WCLS	23	33	31	29	43	29	83	98	108	90	567
ค่าน้อยที่สุด	23	33	30	29	43	27	82	87	95	88	541
ค่ามากที่สุด	26	37	32	30	53	31	94	99	108	101	578
ค่าเฉลี่ย	23.5	34.0	30.6	29.3	43.4	28.4	89.5	95.6	98.6	89.4	562.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.0	1.2	0.7	0.5	2.1	1.2	4.2	5.2	5.1	2.7	8.6
กลุ่มอื่นๆ											
24. RAND	24	35	32	29	43	27	93	113	119	114	629
25. AHAMRS*	23	30	23	28	41	28	74	79	72	80	478

หมายเหตุ วิธี AHAMRS* คือ วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained

ตารางที่ 65 ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	184,000	259,200	211,250	188,550	368,850	247,100	770,700	789,900	1,030,750	1,034,400	5,084,700
2. MIS	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	235,100	770,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,126,700
3. MTS	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	235,100	737,700	837,900	1,078,750	1,042,400	5,141,700
4. GRPW	188,000	255,200	212,250	188,550	398,850	238,100	770,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,162,700
5. GRPW*	182,000	255,200	212,250	188,550	368,850	241,100	758,700	837,900	1,078,750	1,034,400	5,157,700
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	235,100	770,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,126,700
7. EFT	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	238,100	773,700	789,900	1,030,750	1,086,400	5,128,700
8. ESTD	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	235,100	767,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,123,700
9. EFTD	184,000	259,200	211,250	188,550	368,850	247,100	770,700	789,900	1,030,750	1,034,400	5,084,700
10. LST	182,000	255,200	212,250	189,550	368,850	241,100	743,700	833,900	1,078,750	1,042,400	5,147,850
11. LFT	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	238,100	743,700	789,900	1,030,750	1,034,400	5,046,700
12. MSL	188,000	263,200	213,250	189,550	368,850	241,100	764,700	833,900	1,026,750	1,034,400	5,123,700
13. MSLD	182,000	255,200	212,250	189,550	368,850	241,100	743,700	833,900	1,078,750	1,042,400	5,147,700

ตารางที่ 65 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	182,000	255,200	213,250	189,550	368,850	241,100	758,700	833,900	1,030,750	1,034,400	5,107,700
15. WRUP	188,000	255,200	211,250	188,550	368,850	241,100	770,700	833,900	1,030,750	1,034,400	5,122,700
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	182,000	255,200	211,250	189,550	368,850	241,100	764,700	837,900	1,030,750	1,034,400	5,115,700
17. ACTRES	182,000	255,200	212,250	189,550	368,850	241,100	764,700	837,900	1,030,750	1,034,400	5,116,700
18. TIMROS	182,000	255,200	212,250	188,550	368,850	235,100	770,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,123,700
19. TIMRES	182,000	255,200	212,250	188,550	368,850	235,100	770,700	837,900	1,030,750	1,042,400	5,123,700
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	182,000	259,200	211,250	188,550	368,850	238,100	767,700	789,900	1,030,750	1,034,400	5,070,700
21. WCS	182,000	255,200	212,250	188,550	368,850	235,100	743,700	789,900	1,030,750	1,034,400	5,040,700
22. ACS	182,000	255,200	212,250	189,550	368,850	241,100	743,700	837,900	1,030,750	1,034,400	5,095,700
23. WCLS	182,000	255,200	212,250	188,550	368,850	241,100	740,700	833,900	1,078,750	1,042,400	5,143,700

ตารางที่ 65 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ค่าน้อยที่สุด	182,000	255,200	211,250	188,550	368,850	235,100	737,700	789,900	1,026,750	1,034,400	5,040,700
ค่ามากที่สุด	188,000	263,200	213,250	189,550	398,850	247,100	773,700	837,900	1,078,750	1,086,400	5,162,700
ค่าเฉลี่ย	182,956.5	257,113.0	211,858.7	188,854.3	370,154.3	239,273.9	760,134.8	824,334.8	1,041,010.9	1,040,139.1	5,115,830.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กลุ่มอื่นๆ	2,077.5	2,372.4	656.4	470.5	6,255.4	3,588.5	12,594.5	20,984.5	20,354.2	10,842.7	32,330
24. RAND	184,000	259,200	213,250	188,550	368,850	235,100	770,700	893,900	1,122,750	1,138,400	5,374,700
25. AHAMRS*	224,000	270,600	236,900	198,200	400,250	255,700	790,300	821,400	1,000,550	1,058,600	5,256,500
Constrained											

หมายเหตุ วิธี AHAMRS* คือ วิธี Single-Skilled Resource Scheduling Without Team Constrained

ตารางที่ 66 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 6 ระหว่างวิธี WCS กับ GRPW

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(10)	(4)	(12)	(7)	(10)	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCS									
10-13	F	4	-3	1	4	3	1	1	Start
-	H	2	-3	1	1(-1)	7	0	1	Delay
-	G	3	0	1	1(-1)	1	1	1	Delay
14-16	G	3	-	1	1	1	1	1	Start
14-15	H	2	-	1	1	7	0	1	Start
14-15	I	2	-	2	1	2	1	1	Start
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี GRPW									
10-12	G	3	11	1	1	1	1	1	Start
10-11	H	2	11	1	1	7	0	1	Start
-	F	4	10	1	4(-2)	3	1	1	Delay
12-12	G			1	1	1	1	1	Continue
-	F	4	10	1	4(-1)	3	1	1	Delay
13-16	F	4	10	1	4	3	1	1	Start
-	L	5	8	1	4(-4)	7	1	0	Delay
-	J	3	6	0	1(-1)	3	0	0	Delay

เมื่อนำระยะเวลาโครงการมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างระยะเวลาโครงการน้อยที่สุด (X_{min}) กับระยะเวลาโครงการของแต่ละวิธีดังแสดงในตารางที่ 67 ผลปรากฏว่าวิธีการจัดลำดับความสำคัญที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างรวมน้อยที่สุด คือ วิธี WCS, LFT และ IRSM ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีเหล่านี้ นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นแล้วยังมีความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงการจะเห็นว่าโครงการที่ 2, 3, 8 และ 9 มีลักษณะกิจกรรมที่นำมาพิจารณาหาลำดับความสำคัญกิจกรรมแต่ละวันไม่เกิน 3 กิจกรรม ส่วนโครงการที่ 1, 4, 6 และ 7 มีลักษณะกิจกรรมที่นำมาพิจารณาแต่ละวัน 3-4 กิจกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการที่ 1, 4, 6 และ 7 มีความซับซ้อนด้านโครงการข่ามมากที่สุด แต่เมื่อ

พิจารณาด้านทรัพยากรแล้วมีเพียงโครงการที่ 7 ที่กิจกรรมมีความต้องการทรัพยากรมากแต่ทรัพยากรที่มีให้มัน้อย เมื่อมองภาพรวมแล้วโครงการที่ 7 จะเป็นโครงการที่มีความซับซ้อนมากที่สุด แต่จากตารางที่ 64 จะเห็นได้ว่าโครงการที่ 8, 9 และ 10 จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากมีสาเหตุมาจากกิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีระยะเวลามากเมื่อเทียบกับโครงการอื่น สำหรับโครงการที่ 5 จะเป็นโครงการที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเนื่องจากโครงการนี้มีจำนวนกิจกรรมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโครงการอื่น

ตารางที่ 67 เปรอ้ชี้้นค่าความแตกต่างระหว่าง X กับ X_{\min} ของการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียว

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	4.3	6.1	0.0	0.0	0.0	14.8	13.4	0.0	1.1	0.0	39.7
2. MIS	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	13.8	1.1	2.3	36.6
3. MTS	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	13.7	2.3	35.8
4. GRPW	13.0	0.0	3.3	0.0	23.3	3.7	13.4	13.8	1.1	2.3	73.9
5. GRPW*	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	7.4	8.5	13.8	13.7	0.0	46.8
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	13.8	1.1	2.3	36.6
7. EFT	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	3.7	14.6	0.0	1.1	14.8	40.2
8. ESTD	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	13.8	1.1	2.3	35.4
9. EFTD	4.3	6.1	0.0	0.0	0.0	14.8	13.4	0.0	1.1	0.0	39.7
10. LST	0.0	0.0	3.3	3.4	0.0	7.4	2.4	12.6	13.7	2.3	45.2
11. LFT	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	3.7	2.4	0.0	1.1	0.0	13.3
12. MSL	13.0	12.1	6.7	3.4	0.0	7.4	11.0	12.6	0.0	0.0	66.3
13. MSLD	0.0	0.0	3.3	3.4	0.0	7.4	2.4	12.6	13.7	2.3	45.2
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	0.0	0.0	6.7	3.4	0.0	7.4	8.5	12.6	1.1	0.0	39.8
15. WRUP	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	13.4	12.6	1.1	0.0	47.6

ตารางที่ 67 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	7.4	11.0	13.8	1.1	0.0	36.7
17. ACTRES	0.0	0.0	3.3	3.4	0.0	7.4	11.0	13.8	1.1	0.0	40.0
18. TIMROS	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	13.4	13.8	1.1	2.3	33.9
19. TIMRES	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	13.4	13.8	1.1	2.3	33.9
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	3.7	12.2	0.0	1.1	0.0	23.0
21. WCS	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	1.1	0.0	6.8
22. ACS	0.0	0.0	3.3	3.4	0.0	7.4	2.4	13.8	1.1	0.0	31.5
23. WCLS	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	7.4	1.2	12.6	13.7	2.3	40.6

จากตารางที่ 64 และ 65 เมื่อนำระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการของแต่ละกรณีศึกษา มาจัดเรียงจากน้อยไปมากพบว่าวิธี WCS จะอยู่ในกลุ่มที่มีระยะเวลาโครงการสั้นที่สุด 7 โครงการจากทั้งหมด 10 โครงการ ส่วนวิธีลองลงมาคือวิธี MTS, LFT และ IRSM ที่อยู่ในกลุ่มที่มีระยะเวลาโครงการสั้นที่สุด 6 โครงการจากทั้งหมด 10 โครงการ ตารางที่ 68 แสดงความถี่ของแต่ละวิธีมีจำนวนระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1, 2, 3 และมากกว่าอันดับที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี WCS, LFT และ IRSM นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นแล้วยังมีความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด จากตารางที่ 68 สังเกตได้ว่าวิธี LFT และ WCS มีความถี่เป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1 โครงการมีสาเหตุมาจากโครงการที่ 7 ที่มีความแปรปรวนด้านระยะเวลามาก โดยมีคำตอบจำนวน 8 คำตอบจากวิธีการจัดลำดับความสำคัญ 23 วิธี เมื่อเทียบกับโครงการจำลองโครงการอื่น คือ มีคำตอบอยู่ระหว่าง 2-4 คำตอบ สาเหตุที่โครงการที่ 7 มีคำตอบจำนวนมากเพราะทรัพยากร R2 ที่มีให้มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับความต้องการของกิจกรรมจึงทำให้กิจกรรมถูกเลื่อนเวลาออกไปจำนวนมากครั้ง สำหรับโครงการที่ 7 วิธี MTS มีระยะเวลาน้อยที่สุดเนื่องจากในวันที่ 17 กิจกรรมที่ทำมีกิจกรรม D, E, F และ G ดังแสดงในตารางที่ 69 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี MTS, LFT และ WCS วิธี MTS กิจกรรมที่สามารถเริ่มได้ คือ กิจกรรม F ส่วนวิธี LFT และ WCS กิจกรรมที่สามารถเริ่มได้ คือ กิจกรรม G ซึ่งสังเกตได้ว่ากิจกรรม F มีความ

ต้องการทรัพยากร R2 จำนวน 2 หน่วย เมื่อรวมกับกิจกรรมก่อนหน้านี้ทำให้มีทรัพยากรรวมพอดีกับทรัพยากรที่มีให้ แต่สำหรับวิธี LFT และ WCS กิจกรรม G มีทรัพยากร R2 จำนวน 1 หน่วย จึงส่งผลต่อกิจกรรมอื่นให้เริ่มและถูกเลื่อนต่างกัน คือ วิธี LFT และ WCS กิจกรรมเกิดการล่าช้า 10 ครั้ง แต่สำหรับวิธี MTS กิจกรรมเกิดการล่าช้าเพียง 8 ครั้งซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากลำดับความสำคัญของกิจกรรมแล้วจำนวนทรัพยากรรวมในวันนั้นยังส่งผลต่อการเริ่มของกิจกรรมในวันถัดมาอีกด้วย

ตารางที่ 68 ความถี่วิธีการจัดลำดับความสำคัญแบบทฤษฎีเดียว

วิธีลำดับ ความสำคัญ	ลำดับที่ (ความถี่)			
	1	2	3	>3
กลุ่ม Network-Based Rules				
1. SPT	5	3	0	2
2. MIS	5	3	1	1
3. MTS	6	2	2	0
4. GRPW	2	5	2	1
5. GRPW*	5	1	3	1
กลุ่ม Critical Path-Based Rules				
6. EST	5	3	1	1
7. EFT	5	3	1	1
8. ESTD	5	3	1	1
9. EFTD	5	3	0	2
10. LST	3	4	3	0
11. LFT	6	3	1	0
12. MSL	3	2	4	1
13. MSLD	3	4	3	0
กลุ่ม Resource-Based Rules				
14. GRD	4	3	2	1
15. WRUP	5	2	2	1

ตารางที่ 68 (ต่อ)

วิธีลำดับ	ลำดับที่ (ความถี่)			
	1	2	3	>3
กลุ่ม Composite Rules				
16. ACROS	5	2	2	1
17. ACTRES	4	3	2	1
18. TIMROS	5	3	1	1
19. TIMRES	5	3	1	1
กลุ่ม Regret Based Rules				
20. IRSM	6	3	0	1
21. WCS	7	2	1	0
22. ACS	4	3	3	0
23. WCLS	4	4	2	0

ตารางที่ 69 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี MTS, LFT และ WCS

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(10)	(4)	(12)	(7)	(10)	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี MTS									
17-17	E			1	2	3	2	1	Continue
17-30	F	14	4	0	2	3	2	1	Start
-	D	11	3	1	2(-2)	4	0	1	Delay
-	G	12	3	2	1	2	1	0	Delay
18-30	F			0	2	3	2	1	Continue
18-28	D			1	2	4	0	1	Start
-	G			2	1(-1)	2	1	0	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี LFT									
17-21	F			0	2	3	2	1	Continue
17-28	G	12	21	2	1	2	1	0	Start
-	D	10	23	1	2(-1)	4	0	1	Delay
-	E	10	23	1	2(-1)	3	2	1	Delay
22-28	G			2	1	2	1	0	Continue
22-32	D	11	23	1	2	4	0	1	Start
-	E	10	23	1	2(-1)	3	2	1	Delay
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCS									
17-21	F			0	2	3	2	1	Continue
17-28	G	12	-5	2	1	2	1	0	Start
-	D	10	-2	1	2(-1)	4	0	1	Delay
-	E	10	-1	1	2(-1)	3	2	1	Delay
22-28	G			2	1	2	1	0	Continue
22-32	D	11	-7	1	2	4	0	1	Start
-	E	10	-6	1	2(-1)	3	2	1	Delay

เมื่อพิจารณาเป็นกลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญโดยการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มวิธี กลุ่มที่มีระยะเวลาเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ กลุ่มวิธี Regret Based Rules และกลุ่มวิธีที่มีระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุด คือ กลุ่มวิธี Network-Based Rules ซึ่งค่าใช้จ่ายจะแปรผันตามระยะเวลาเพราะทุกวิธีมีการใช้ทรัพยากรปริมาณเท่ากัน ตารางที่ 70 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะเวลาและค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแง่ความซับซ้อนในการคำนวณแล้วกลุ่มวิธี Regret Based Rules เป็นวิธีที่มีความซับซ้อนในการคำนวณมาก เมื่อเทียบกับวิธีอื่น โดยต้องทำการเปรียบเทียบทีละคู่กิจกรรมโดยการสมมติกิจกรรม 1 กิจกรรมให้เริ่มทำก่อนจากนั้นดูผลกระทบจากกิจกรรมที่เหลือ และต้องมีการคำนวณแบบนี้ตลอดระยะเวลาโครงการแต่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มวิธี Regret Based Rules จะพบว่าวิธี WCLS มีระยะเวลารวมมากกว่าวิธี IRSM, WCS และ ACS เนื่องจากวิธี WCLS เป็นรูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Serial schedule scheme ซึ่งมีความซับซ้อนในการคำนวณน้อยกว่าวิธี IRSM, WCS และ ACS ที่มีรูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Partial Schedule Scheme อาทิเช่น โครงการที่ 9 โดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธี WCS กับ WCLS ดังแสดงในตารางที่ 71 ในวันที่ 8 วิธี WCS เลือกกิจกรรม B ทำก่อน ซึ่งวิธี WCLS เลือกกิจกรรม C ทำ จึงส่งผลให้วิธี WCS มีระยะเวลาโครงการน้อยกว่าวิธี WCLS แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Partial Schedule Scheme มีประสิทธิภาพมากกว่า ถึงแม้ว่าวิธี WCS และ WCLS จะมีการใช้ข้อมูลด้านโครงข่าย ข้อมูลด้านทรัพยากร และการเปรียบเทียบเป็นคู่กิจกรรมก็ตาม

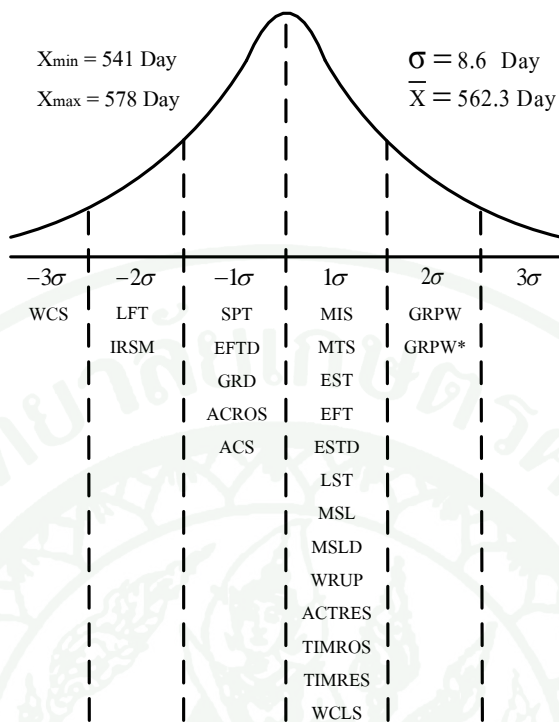
ตารางที่ 70 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาและค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

กลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ค่าเฉลี่ย	
	ระยะเวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. Network-Based Rules	567.4	5,134,700
2. Critical Path-Based Rules	562.6	5,116,200
3. Resource-Based Rules	563.0	5,115,200
4. Composite Rules	563.3	5,119,950
5. Regret Based Rules	553.8	5,087,700

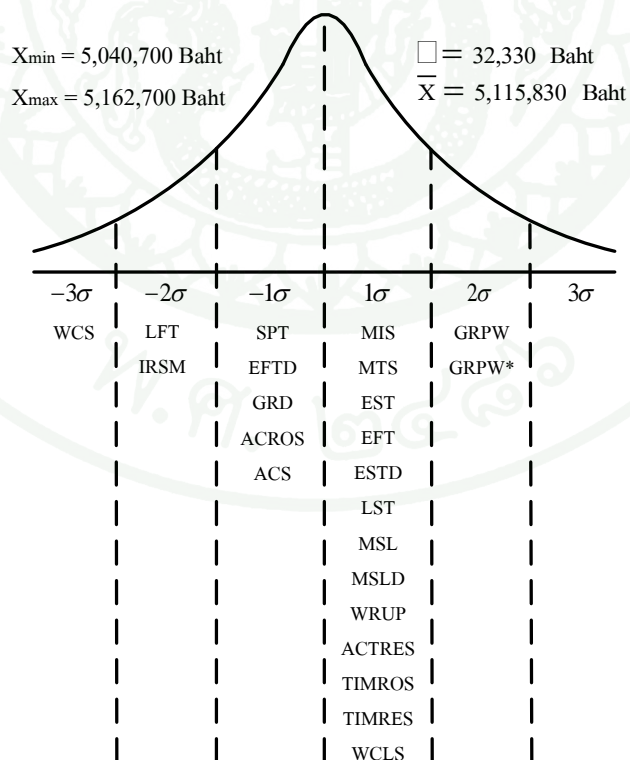
ตารางที่ 71 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 9 ระหว่างวิธี WCS กับ WCLS

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision
				R1	R2	R3	R4	R5	
				(5)	(10)	(10)	(7)	(15)	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCS									
8-17	B	10	-11	4	5	2	2	3	Start
-	C	12	-10	1	6(-1)	1	2	2	Delay
18-29	C	12		1	6	1	2	2	Start
18-32	D	15		3	2	1	2	2	Start
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCLS									
8-19	C	12	18	1	6	1	2	2	Start
-	B	10	20	4	5(-1)	2	2	3	Delay
20-29	B	10	31	4	5	2	2	3	Start
-	F	11	32	1	6(-1)	2	4	1	Delay

เมื่อนำระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการรวมทั้ง 10 โครงการมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงตามภาพที่ 60 และ 61 จะพบว่าวิธี WCS จะมีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมอยู่ในช่วง -30 ส่วนวิธี LFT และ IRSM มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมอยู่ในช่วง -20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวโดยวิธี WCS, LFT และ IRSM จะช่วยให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการสั้นกว่าวิธีการอื่นประมาณ 2-3 เท่าของค่า 0 ส่วนวิธีที่มีการเบี่ยงเบนไปทางบวกมากที่สุด คือ วิธี GRPW และ GRPW* ทั้งสองวิธีนี้มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบเป็นกลุ่มวิธี กลุ่มวิธี Regret Based Rules เป็นกลุ่มที่มีวิธีเบี่ยงเบนไปทางลบ 3 วิธี ซึ่งกลุ่มนี้ คือ กลุ่มที่นำวิธี RSM และ MSL มาพัฒนาใหม่เป็นวิธี IRSM, WCS และ ACS โดยมีรูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Partial Schedule Scheme แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว



ภาพที่ 61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

2. การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

สำหรับการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะสามารถแยกผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้ ด้านระยะเวลา ด้านค่าใช้จ่ายกรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมและกรณีไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อม โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ด้านระยะเวลา

ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาโครงการดังรายละเอียดในตารางที่ 72 พบว่าวิธีที่ให้ระยะเวลาโครงการรวมทั้ง 10 โครงการน้อยเป็นอันดับหนึ่ง คือ วิธี TIMROS, TIMRES อันดับสอง คือ วิธี ACROS, WCS, ACS และอันดับสาม คือ วิธี ACTRES ตามลำดับ ซึ่งวิธี TIMROS, TIMRES, ACROS และ ACTRES เป็นกลุ่มวิธี Composite Rules ส่วนวิธี WCS และ ACS เป็นกลุ่มวิธี Regret Based Rules ส่วนวิธีวิธีที่ให้ระยะเวลารวมโครงการมากที่สุด คือ วิธี GRD, MIS, WRUP และ GRPW ตามลำดับ ซึ่งวิธี GRD และ WRUP เป็นกลุ่มวิธี Resource-Based Rules ส่วนวิธี MIS และวิธี GRPW เป็นกลุ่มวิธี Network-Based Rules สำหรับการจัดการทรัพยากรแบบหลายทักษะวิธีที่มีการใช้ข้อมูลหลายด้านยังคงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ตัวอย่างเช่น วิธี TIMROS และ GRD สำหรับโครงการจำลองที่ 7 ดังแสดงในตารางที่ 73 วิธี TIMROS จะมองภาพรวมทั้งเส้นทางของกิจกรรมตลอดโครงการ กิจกรรม C เป็นกิจกรรมแรกจึงมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากับ 1 จึงสามารถเริ่มได้ก่อนกิจกรรมอื่น แต่สำหรับวิธี GRD จะพิจารณาค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมเฉพาะกิจกรรมนั้น กิจกรรม C มีการใช้ทรัพยากรและเวลาน้อยจึงทำให้มีค่าลำดับความสำคัญน้อยส่งผลให้มีค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมเป็นลำดับสุดท้ายและเมื่อทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทนจึงถูกเลื่อนเวลาออกไป แม้กระทั่งในวันที่ 10 กิจกรรม C ก็ยังคงมีค่าลำดับความสำคัญน้อยกว่ากิจกรรมอื่นๆ ยังคงถูกเลื่อนเวลาออกไปเนื่องจากทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับการทดแทน จึงส่งผลให้วิธี GRD มีระยะเวลาโครงการกว่า แสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS ที่พิจารณาเส้นทางกิจกรรมโดยใช้ข้อมูลที่คำนวณจากวิธี CPM ในตอนแรก และข้อมูลด้านทรัพยากรโดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีที่ใช้ข้อมูลเพียงด้านใดด้านหนึ่ง

ตารางที่ 72 ระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	17	25	17	19	37	19	59	73	73	73	412
2. MIS	16	25	18	18	37	19	73	73	72	73	424
3. MTS	17	25	18	18	37	19	61	73	81	73	422
4. GRPW	17	25	17	18	37	19	72	73	72	73	423
5. GRPW*	17	25	17	18	37	20	61	73	81	73	422
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	16	25	18	18	37	19	59	75	72	73	412
7. EFT	17	25	17	19	37	19	59	73	73	73	412
8. ESTD	16	25	18	19	37	19	60	73	72	73	412
9. EFTD	17	25	17	19	37	19	59	73	73	73	412
10. LST	16	25	17	18	37	20	58	73	81	73	418
11. LFT	16	25	17	19	37	19	62	75	72	73	415
12. MSL	16	25	17	18	37	21	58	73	81	73	419
13. MSLD	16	25	17	18	37	20	58	73	81	73	418
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	17	25	17	19	37	19	72	75	73	73	427
15. WRUP	17	25	17	18	37	20	72	73	72	73	424
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	17	25	17	19	37	20	56	73	72	73	409
17. ACTRES	17	25	17	19	37	20	56	75	72	73	411
18. TIMROS	16	25	17	18	37	19	56	73	72	73	406
19. TIMRES	16	25	17	18	37	19	56	73	72	73	406
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	16	25	17	19	37	19	61	75	72	73	414
21. WCS	16	25	17	18	37	20	58	73	72	73	409

ตารางที่ 72 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22. ACS	16	25	17	18	37	20	58	73	72	73	409
23. WCLS	16	25	17	18	37	20	60	73	81	73	420
ค่าน้อยที่สุด	16	25	17	18	37	19	56	73	72	73	406
ค่ามากที่สุด	17	25	18	19	37	21	73	75	81	73	427
ค่าเฉลี่ย	16.4	25.0	17.2	18.4	37.0	19.5	61.0	73.4	74.5	73.0	415.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.5	0.0	0.4	0.5	0.0	0.6	5.5	0.8	4.0	0.0	6.2
กลุ่มอื่นๆ											
24. RAND	17	25	17	18	37	20	58	75	82	73	422
25. AHAMRS*1	16	23	17	16	37	16	49	63	71	63	371
26. AHAMRS *2	15	23	17	16	31	16	49	63	62	63	355

หมายเหตุ วิธี AHAMRS*1คือ วิธีAHAMRS with team constrained

วิธี AHAMRS*2 คือ วิธี AHAMRS without team constrained

ตารางที่ 73 ตารางการเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี TIMROS กับ GRD

Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(10)	(4)	(12)	(7)	(10)		
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี TIMROS										
8-9	A			2	2	4	1	2	Continue	2R4=1R2
8-12	C	5	1	1	1	2	1	1	Start	
8-21	F	14	0.77	0	2(-1)+1	3	2+2	1	Start	
-	E	10	0.64	1	2(-2)	3	2(-1)	1	Delay	
10-12	C			1	1	2	1	1	Continue	2R4=1R2
10-21	F			0	2	3	2	1	Continue	
10-19	E	10	0.64	1	2(-1)+1	3	2+2	1	Start	
-	D	11	0.61	1	2(-2)	4	0	1	Delay	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี GRD										
8-9	A			2	2	4	1	2	Continue	2R3=1R2
8-21	F	14	112	0	2	3	2	1	Start	2R4=1R2
8-17	E	10	90	1	2(-2)+1+1	3+2	2+2	1	Start	
-	C	5	30	1	1(-1)	2(-2)	1(-1)	1	Delay	
10-21	F			0	2	3	2	1	Continue	2R3=1R2
10-17	E			1	2	3	2	1	Continue	2R4=1R2
10-20	D	11	88	1	2(-2)+1+1	4+2	0+2	1	Start	
-	C	5	30	1	1(-1)	2(-2)	1	1	Delay	

เมื่อนำระยะเวลาโครงการมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างระยะเวลาโครงการน้อยที่สุด (X_{\min}) กับระยะเวลาโครงการของแต่ละวิธีดังแสดงในตารางที่ 74 ผลปรากฏว่าวิธีการจัดลำดับความสำคัญที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างรวมน้อยที่สุด คือ วิธี TIMROS และ TIMRES ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้เป็นวิธีที่มีระยะเวลาโครงการน้อยที่สุด วิธีที่มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยที่สุดรองลงมา คือ

วิธี WCS และ ACS ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS, TIMRES, WCS และ ACS นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นแล้วยังมีความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุดในที่สุด

ตารางที่ 74 เปรอ์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง X กับ X_{min} ของการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	5.4	0.0	1.4	0.0	18.6
2. MIS	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	30.4	0.0	0.0	0.0	36.2
3. MTS	6.3	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	12.5	0.0	33.6
4. GRPW	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.6	0.0	0.0	0.0	34.8
5. GRPW*	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	8.9	0.0	12.5	0.0	32.9
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	5.4	2.7	0.0	0.0	14.0
7. EFT	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	5.4	0.0	1.4	0.0	18.6
8. ESTD	0.0	0.0	5.9	5.6	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	18.6
9. EFTD	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	5.4	0.0	1.4	0.0	18.6
10. LST	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	3.6	0.0	12.5	0.0	21.3
11. LFT	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	10.7	2.7	0.0	0.0	19.0
12. MSL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	3.6	0.0	12.5	0.0	26.6
13. MSLD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	3.6	0.0	12.5	0.0	21.3
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	28.6	2.7	1.4	0.0	44.5
15. WRUP	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	28.6	0.0	0.0	0.0	40.1
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1
17. ACTRES	6.3	0.0	0.0	5.6	0.0	5.3	0.0	2.7	0.0	0.0	19.8
18. TIMROS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19. TIMRES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ตารางที่ 74 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	8.9	2.7	0.0	0.0	17.2
21. WCS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	3.6	0.0	0.0	0.0	8.8
22. ACS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	3.6	0.0	0.0	0.0	8.8
23. WCLS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	7.1	0.0	12.5	0.0	24.9

จากตารางที่ 72 เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลารวมโครงการของแต่ละกรณีศึกษาโดยจัดเรียงจากน้อยไปมากพบว่าวิธี TIMROS และ TIMRES มีความถี่ที่ระยะเวลาน้อยเป็นอันดับที่ 1 ทั้ง 10 โครงการส่วนวิธีรองลงมา คือ วิธี MIS, GRPW, WCS และ ACS มีความถี่ที่ระยะเวลาน้อยเป็นอันดับที่ 1 คือ 8 โครงการ จาก 10 โครงการ ตารางที่ 75 แสดงความถี่ที่แต่ละวิธีมีจำนวนระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1, 2, 3 และมากกว่าอันดับที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS, TIMRES, WCS และ ACS นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นแล้วยังมีความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด สำหรับวิธี MIS จะเห็นได้ว่ามีความถี่ที่ระยะเวลาน้อยเป็นอันดับที่ 1 ถึง 8 โครงการ จาก 10 โครงการ แต่เมื่อมองภาพรวมระยะเวลาโครงการวิธี MIS มีลำดับที่ 12 จาก 23 วิธี ซึ่งมีผลมาจากวิธี MIS มีระยะเวลาของโครงการจำลองที่ 7 มาก เนื่องจากโครงการที่ 7 มีความซับซ้อนมากกว่าโครงการอื่น สังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนคำตอบ แต่สำหรับวิธี WCS ที่เป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดสำหรับการจัดทรัพยากรแบบทักยะเดียวเมื่อเป็นการจัดทรัพยากรแบบหลายทักยะกลับมีประสิทธิภาพน้อยกว่าวิธี TIMROS และ TIMRES มีสาเหตุมากจากการเลือกกิจกรรมให้เริ่มทำงานต่างกันกรณีที่มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันส่งผลให้มีระยะเวลาโครงการต่างกัน ตัวอย่างเช่น โครงการจำลองที่ 6 ในวันที่ 1 วิธี WCS มีลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ C, D, B และ A ตามลำดับ แต่สำหรับวิธี TIMROS กิจกรรม A, B, C และ D มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันซึ่งการเลือกกิจกรรมแต่ละกิจกรรมให้เริ่มทำงานจะส่งผลต่อระยะเวลาต่างกันดังแสดงในตารางที่ 76 และสำหรับโครงการจำลองที่ 7 ในวันที่ 10 วิธี TIMROS มีลำดับความสำคัญของกิจกรรม คือ กิจกรรม E และ D ตามลำดับ แต่สำหรับวิธี WCS กิจกรรม D และ E มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากัน เมื่อเลือกกิจกรรม D ทำก่อนส่งผลให้วิธี WCS มีระยะเวลา

มากกว่าวิธี TIMROS ดังแสดงในตารางที่ 77 แสดงให้เห็นว่ากรณีกิจกรรมมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากันเมื่อเลือกลำดับความสำคัญของกิจกรรมต่างกันจะส่งผลต่อระยะเวลาโครงการต่างกัน

ตารางที่ 75 ความถี่ด้านระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

วิธีลำดับ ความสำคัญ	ลำดับที่ (ความถี่)			
	1	2	3	>3
กลุ่ม Network-Based Rules				
1. SPT	6	3	1	0
2. MIS	8	1	0	1
3. MTS	6	2	1	1
4. GRPW	8	1	0	1
5. GRPW*	6	2	1	1
กลุ่ม Critical Path-Based Rules				
6. EST	7	2	1	0
7. EFT	6	3	1	0
8. ESTD	7	2	0	1
9. EFTD	6	3	1	0
10. LST	7	2	1	0
11. LFT	7	2	0	1
12. MSL	7	1	2	0
13. MSLD	7	2	1	0
กลุ่ม Resource-Based Rules				
14. GRD	5	4	0	1
15. WRUP	7	2	0	1
กลุ่ม Composite Rules				
16. ACROS	7	3	0	0
17. ACTRES	6	4	0	0
18. TIMROS	10	0	0	0
19. TIMRES	10	0	0	0

ตารางที่ 75 (ต่อ)

วิธีลำดับ ความสำคัญ	ลำดับที่ (ความถี่)			
	1	2	3	>3
กลุ่ม Regret Based Rules				
20. IRSM	7	2	0	1
21. WCS	8	2	0	0
22. ACS	8	2	0	0
23. WCLS	7	1	1	1

ตารางที่ 76 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 6 ระหว่างวิธี TIMROS และ WCS

Time	Act.	Dur.	P _j	Resource					Decision	Substitution
				R1 (10)	R2 (4)	R3 (12)	R4 (7)	R5 (10)		
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี TIMROS										
1-2	A	2	1	1	1	0	1	2	Start	
1-3	B	3	1	2	1	3	2	1	Start	
1-4	C	4	1	0	2	2	3	0	Start	
-	D	5	1	1	3(-3)	4	1	1	Delay	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCS										
1-4	C	4	-4	0	2	2	3	0	Start	2R4=1R2
1-5	D	5	-4	1	3(-1)+1	4	1+2	1	Start	2R3=1R2
-	B	3	2	2	1(-1)	6	2(-1)	1	Delay	
1-2	A	2	3	1	1(-1)+1	0+2	1	2	Start	

ตารางที่ 77 ตารางเปรียบเทียบโครงการจำลองที่ 7 ระหว่างวิธี TIMROS และ WCS

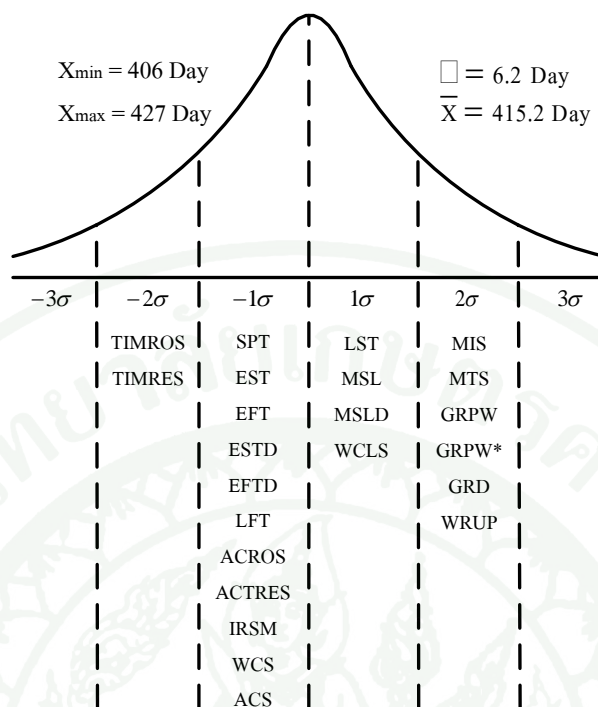
Time	Act.	Dur.	P_j	Resource					Decision	Substitution
				R1	R2	R3	R4	R5		
				(10)	(4)	(12)	(7)	(10)		
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี TIMROS										
10-12	C			1	1	2	1	1	Continue	2R4=1R2
10-21	F			0	2	3	2	1	Continue	
10-19	E	10	0.64	1	2(-1)+1	3	2+2	1	Start	
-	D	11	0.61	1	2(-2)	4	0	1	Delay	
การจัดทรัพยากรด้วยวิธี WCS										
10-12	C			1	1	2	1	1	Continue	2R4=1R2
10-21	F			0	2	3	2	1	Continue	
10-20	D	11	-4	1	2(-1)+1	4	0+2	1	Start	
-	E	10	-4	1	2	3	2	1	Delay	

เมื่อพิจารณาเป็นกลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญโดยการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มวิธี กลุ่มที่มีระยะเวลาเฉลี่ยน้อยที่สุดคือกลุ่มวิธี Composite Rules และกลุ่มที่มีระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุดคือ Resource-Based Rules ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 78 ซึ่งกลุ่มวิธี Composite Rules มีวิธีที่ให้ระยะเวลาโครงการรวมน้อยที่สุดคือ วิธี TIMROS และ TIMRES นอกจากนี้แล้วกลุ่มวิธี Regret Based Rules ยังให้ระยะเวลาเฉลี่ยน้อยที่เป็นอันดับสอง ซึ่งวิธี WCS และ ACS มีระยะเวลาโครงการรวมเป็นอันดับสองจากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ การใช้ข้อมูลหลายด้านในการวิเคราะห์ส่งผลที่ดีกว่าการใช้ข้อมูลเพียงด้านใดด้านหนึ่ง แต่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่ม Regret Based Rules จะเห็นได้ว่าวิธี WCLS มีระยะเวลาโครงการรวมมากกว่าวิธี IRSM, WCS และ ACS จึงทำให้มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มวิธีมาก แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะเป็นการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะรูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Partial Schedule Scheme ยังคงมีประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบการกำหนดเวลาแบบ Serial Schedule Scheme

ตารางที่ 78 ค่าเฉลี่ยระยะเวลากลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

กลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ค่าเฉลี่ย (วัน)
1. Network-Based Rules	420.6
2. Critical Path-Based Rules	414.8
3. Resource-Based Rules	425.5
4. Composite Rules	408.0
5. Regret Based Rules	413.0

เมื่อพิจารณาด้านค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงตามภาพที่ 62 จะพบว่าวิธี TIMROS และ TIMRES จะมีระยะเวลาอยู่ในช่วง -2σ และวิธี SPT, EST, EFT, ESTD, EFTD, LFT, ACROS, ACTRES, IRSM และวิธี ACS มีระยะเวลาอยู่ในช่วง -1σ และส่วนใหญ่เป็นวิธีที่อยู่ในกลุ่มวิธีที่มีการใช้ข้อมูลหลายด้านในการคำนวณ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลหลายด้านในการคำนวณจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นกว่าวิธีการอื่นประมาณ 1-2 เท่าของค่า σ ซึ่งจากการวิเคราะห์มาทั้งหมดวิธี TIMROS, TIMRES, WCS และ ACS ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีส่วนวิธีที่มีการเบี่ยงเบนไปทางบวกมากที่สุด คือ วิธี MIS, MTS, GRPW, GRPW*, GRD และ WRUP มีระยะเวลาอยู่ในช่วง 2σ แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลในการหาค่าลำดับความสำคัญเพียงด้านใดด้านหนึ่งยังคงให้ผลลัพธ์ที่ด้อยกว่าการใช้ข้อมูลหลายด้าน



ภาพที่ 62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

2. ด้านค่าใช้จ่าย

ผลการเปรียบเทียบด้านค่าใช้จ่ายโครงการรวมดังรายละเอียดในตารางที่ 79 พบว่าวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายโครงการรวมทั้ง 10 โครงการน้อยที่สุด คือ วิธี TIMROS, TIMRES และ ACROS สำหรับกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งเป็นกลุ่มวิธี Composite Rules ทั้ง 3 วิธี ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้มีระยะเวลาโครงการรวมน้อยทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายทางอ้อมได้ แต่จะมีแนวโน้มทำให้มีค่าใช้จ่ายทางตรงเพิ่มขึ้นซึ่งค่าใช้จ่ายนี้ คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรที่มาจากทดแทนทรัพยากรในทางตรงกันข้ามวิธีที่มีระยะเวลาโครงการมากจะมีแนวโน้มทำให้มีค่าใช้จ่ายทางอ้อมน้อยตามไปด้วย วิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายโครงการรวมมากที่สุด คือ วิธี GRD, GRPW* และ MTS ซึ่งวิธี GRD เป็นวิธีที่มีระยะเวลาโครงการรวมมากที่สุดอีกด้วย เนื่องจากวิธี GRD มีระยะเวลาโครงการรวมมากที่สุดจึงส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายทางอ้อมเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาโครงการ

อย่างไรก็ดี เมื่อไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมหมายความว่า จะพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายการใช้ทรัพยากรอย่างเดียวผลปรากฏว่าวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายโครงการรวมทั้ง 10 โครงการน้อยที่สุด คือ วิธี EFT, EFTD และ MIS ตามลำดับ ส่วนวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายโครงการรวมมากที่สุด คือ วิธี ESTD,

LST และ MSLD ดังแสดงในตารางที่ 80 จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีที่ให้ระยะเวลาโครงการรวม น้อย จะมีการทดแทนทรัพยากรมากขึ้นทำให้กิจกรรมสามารถเริ่มดำเนินการได้โดยไม่ถูกเลื่อนเวลา ออกไป แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมด้วย ตัวอย่างเช่น วิธี TIMROS และ TIMRES มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายกรณีรวม ค่าใช้จ่ายทางอ้อมน้อยที่สุด จาก 23 วิธี แต่เมื่อไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมแล้วผลปรากฏว่าวิธี TIMROS และ TIMRES มีค่าใช้จ่ายโครงการรวมอยู่ลำดับที่ 15 และ 17 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ทั้ง 2 วิธีนี้ช่วยลดระยะเวลาโครงการได้แต่ก็จะมีการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้น โดยขึ้นอยู่กับ ค่าใช้จ่ายในการทดแทนทรัพยากร วันนั้นว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าใช้จ่ายทางอ้อม

ตารางที่ 79 ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ (กรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules											
1. SPT	176,400	243,000	209,900	189,800	357,650	215,300	673,000	760,600	950,250	996,800	4,772,700
2. MIS	174,400	243,000	208,300	191,800	357,650	215,300	718,900	748,900	948,250	996,800	4,803,300
3. MTS	176,200	243,000	208,300	191,800	357,650	215,300	686,200	748,900	993,250	996,800	4,817,400
4. GRPW	176,200	243,000	209,900	191,800	357,650	215,300	718,100	748,900	948,250	996,800	4,805,900
5. GRPW*	176,200	243,000	209,900	191,800	357,650	216,100	683,900	748,900	993,250	996,800	4,817,500
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	174,400	243,000	208,300	193,300	357,650	215,300	678,300	755,700	948,250	996,800	4,771,000
7. EFT	176,400	243,000	209,900	189,800	357,650	215,300	671,000	748,900	954,250	996,800	4,763,000
8. ESTD	174,400	243,000	207,850	192,800	357,650	215,300	682,100	748,900	948,250	996,800	4,767,050
9. EFTD	176,400	243,000	209,800	189,800	357,650	215,300	677,500	749,200	950,250	996,800	4,765,700
10. LST	176,500	243,000	209,900	198,050	357,650	216,600	673,500	750,700	993,250	996,800	4,815,950
11. LFT	174,400	243,000	209,900	192,800	357,650	215,300	685,500	755,700	948,250	996,800	4,779,300
12. MSL	176,500	243,000	209,900	191,800	357,650	219,600	673,500	750,700	993,250	996,800	4,812,700
13. MSLD	176,500	243,000	209,900	193,300	357,650	216,600	673,500	754,300	993,250	996,800	4,814,800

ตารางที่ 79 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	177,800	243,000	209,900	192,800	357,650	213,400	718,100	758,100	950,250	996,800	4,817,800
15. WRUP	176,200	243,000	209,900	191,800	357,650	216,300	718,100	748,900	948,250	996,800	4,806,900
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	177,400	243,000	209,900	191,300	357,650	216,600	672,600	749,200	948,250	996,800	4,762,700
17. ACTRES	177,400	243,000	209,900	192,800	357,650	216,600	672,600	756,000	948,250	996,800	4,771,000
18. TIMROS	174,400	243,000	209,900	193,300	357,650	215,300	672,800	748,900	948,250	996,800	4,760,300
19. TIMRES	174,400	243,000	209,900	193,300	357,650	215,300	672,800	750,700	948,250	996,800	4,762,100
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	174,400	243,000	209,900	192,800	357,650	215,300	684,900	755,700	948,250	996,800	4,778,700
21. WCS	176,500	243,000	209,900	193,300	357,650	216,600	673,500	750,700	948,250	996,800	4,766,200
22. ACS	176,500	243,000	209,900	193,300	357,650	216,600	673,500	750,700	948,250	996,800	4,766,200
23. WCLS	176,500	243,000	209,900	190,300	357,650	216,800	682,100	750,700	993,250	996,800	4,817,000

ตารางที่ 79 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ค่าน้อยที่สุด	174,400	243,000	207,850	189,800	357,650	213,400	671,000	748,900	948,250	996,800	4,760,300
ค่ามากที่สุด	177,800	243,000	209,900	198,050	357,650	219,600	718,900	760,600	993,250	996,800	4,817,800
ค่าเฉลี่ย	175,930.4	243,000.0	209,597.8	192,332.6	357,650.0	215,887.0	684,173.9	751,734.8	960,510.9	996,800.0	4,787,617.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กลุ่มอื่นๆ	1,110.1	-	667.2	1,726.0	-	1,132.3	16,716.4	3,533.0	19,932.2	-	23,399
24. RAND	176,400	243,000	209,900	193,300	357,650	216,600	673,500	755,700	996,750	996,800	4,819,600
25. AHAMRS*1 Constrained	177,100	239,800	209,900	197,550	357,650	214,100	671,100	737,700	964,850	966,200	4,735,950
26. AHAMRS*2	182,200	239,800	217,850	197,550	352,750	214,100	671,100	737,700	949,350	989,600	4,752,000

หมายเหตุ วิธี AHAMRS*1 คือ วิธี AHAMRS with team constrained

วิธี AHAMRS*2 คือ วิธี AHAMRS without team constrained

ตารางที่ 80 ค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ (กรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม)

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Network-Based Rules	142,400	193,000	192,900	170,800	246,650	158,300	496,000	468,600	658,250	704,800	3,431,700
1. SPT	142,400	193,000	190,300	173,800	246,650	158,300	499,900	456,900	660,250	704,800	3,426,300
2. MIS	142,200	193,000	190,300	173,800	246,650	158,300	503,200	456,900	669,250	704,800	3,438,400
3. MTS	142,200	193,000	192,900	173,800	246,650	158,300	502,100	456,900	660,250	704,800	3,430,900
4. GRPW	142,200	193,000	192,900	173,800	246,650	156,100	500,900	456,900	669,250	704,800	3,436,500
5. GRPW*	142,400	193,000	192,900	170,800	246,650	158,300	496,000	468,600	658,250	704,800	3,431,700
กลุ่ม Critical Path-Based Rules											
6. EST	142,400	193,000	190,300	175,300	246,650	158,300	501,300	455,700	660,250	704,800	3,428,000
7. EFT	142,400	193,000	192,900	170,800	246,650	158,300	494,000	456,900	662,250	704,800	3,422,000
8. ESTD	142,400	193,000	207,850	173,800	246,650	158,300	502,100	456,900	660,250	704,800	3,446,050
9. EFTD	142,400	193,000	192,800	170,800	246,650	158,300	500,500	457,200	658,250	704,800	3,424,700
10. LST	144,500	193,000	192,900	180,050	246,650	156,600	499,500	458,700	669,250	704,800	3,445,950
11. LFT	142,400	193,000	192,900	173,800	246,650	158,300	499,500	455,700	660,250	704,800	3,427,300
12. MSL	144,500	193,000	192,900	173,800	246,650	156,600	499,500	458,700	669,250	704,800	3,439,700
13. MSLD	144,500	193,000	192,900	175,300	246,650	156,600	499,500	462,300	669,250	704,800	3,444,800

ตารางที่ 80 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
กลุ่ม Resource-Based Rules											
14. GRD	143,800	193,000	192,900	173,800	246,650	156,400	502,100	458,100	658,250	704,800	3,429,800
15. WRUP	142,200	193,000	192,900	173,800	246,650	156,300	502,100	456,900	660,250	704,800	3,428,900
กลุ่ม Composite Rules											
16. ACROS	143,400	193,000	192,900	172,300	246,650	156,600	504,600	457,200	660,250	704,800	3,431,700
17. ACTRES	143,400	193,000	192,900	173,800	246,650	156,600	504,600	456,000	660,250	704,800	3,432,000
18. TIMROS	142,400	193,000	192,900	175,300	246,650	158,300	504,800	456,900	660,250	704,800	3,435,300
19. TIMRES	142,400	193,000	192,900	175,300	246,650	158,300	504,800	458,700	660,250	704,800	3,437,100
กลุ่ม Regret Based Rules											
20. IRSM	142,400	193,000	192,900	173,800	246,650	158,300	501,900	455,700	660,250	704,800	3,429,700
21. WCS	144,500	193,000	192,900	175,300	246,650	156,600	499,500	458,700	660,250	704,800	3,432,200
22. ACS	144,500	193,000	192,900	175,300	246,650	156,600	499,500	458,700	660,250	704,800	3,432,200
23. WCLS	144,500	193,000	192,900	172,300	246,650	156,800	502,100	458,700	669,250	704,800	3,441,000

ตารางที่ 80 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	โครงการก่อสร้างจำลอง										รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ค่าน้อยที่สุด	142,200	193,000	190,300	170,800	246,650	156,100	494,000	455,700	658,250	704,800	3,411,800
ค่ามากที่สุด	144,500	193,000	207,850	180,050	246,650	158,300	504,800	468,600	669,250	704,800	3,477,800
ค่าเฉลี่ย	143,060.9	193,000.0	193,206.5	173,941.3	246,650.0	157,452.2	501,043.5	457,995.7	662,423.9	704,800.0	3,433,573.9
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กลุ่มอื่นๆ	966.1	-	3,314.1	1,949.4	-	914.5	2,658.7	2,735.5	4,228.2	-	6,682
24. RAND	142,400	193,000	192,900	175,300	246,650	156,600	499,500	455,700	668,750	704,800	3,435,600
25. AHAMRS*1 Constrained	145,100	193,800	192,900	181,550	246,650	166,100	524,100	485,700	680,850	714,200	3,530,950
26. AHAMRS*2	152,200	193,800	200,850	181,550	259,750	166,100	524,100	485,700	701,350	737,600	3,603,000

หมายเหตุ วิธี AHAMRS*1 คือ วิธี AHAMRS with team constrained

วิธี AHAMRS*2 คือ วิธี AHAMRS without team constrained

เมื่อพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายโครงการกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมของแต่ละกรณีศึกษาโดยจัดเรียงจากน้อยไปมากพบว่าวิธี ESTD มีความถี่ที่ค่าใช้จ่ายน้อยเป็นอันดับที่ 1 คือ 7 โครงการจาก 10 โครงการ ส่วนวิธีที่สองลงมาคือวิธี MIS, EFT และ TIMROS มีความถี่ที่ค่าใช้จ่ายน้อยเป็นอันดับที่ 1 คือ 6 โครงการ จาก 10 โครงการซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการสั้นแล้วยังช่วยให้มีค่าใช้จ่ายโครงการรวมน้อยลงด้วย และยังมีคุณสมบัติของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด ตารางที่ 81 ตารางแสดงความถี่ด้านค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีรวมและไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม แต่สำหรับค่าใช้จ่ายโครงการกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมผลปรากฏว่าวิธี SPT มีความถี่ที่ค่าใช้จ่ายน้อยเป็นอันดับที่ 1 คือ 6 โครงการ จาก 10 โครงการ ส่วนวิธีที่สองลงมา คือ วิธี MTS, GRPW*, EST, EFT และ EFTD มีความถี่ที่ค่าใช้จ่ายน้อยเป็นอันดับที่ 1 คือ 5 โครงการ จาก 10 จากวิธีที่กล่าวมาเมื่อไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อมแล้วความถี่ที่มีค่าใช้จ่ายน้อยเป็นอันดับที่ 1 เพิ่มขึ้น ซึ่งในทางตรงข้ามแล้วส่วนใหญ่มักจะมีแนวโน้มลดลงซึ่งมีสาเหตุมาจากการประมาณการทดแทนทรัพยากร สังเกตได้จากวิธี SPT, MTS, GRPW*, EST, EFT และ EFTD มีระยะเวลาโครงการรวมเป็นอันดับที่ 7, 18, 19, 6, 7 และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 81 ความถี่ด้านค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

วิธีลำดับความสำคัญ	ลำดับที่ (ความถี่)							
	กรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม				กรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม			
	1	2	3	>3	1	2	3	>3
กลุ่ม Network-Based Rules								
1. SPT	4	2	1	3	6	1	1	2
2. MIS	6	2	0	2	4	2	2	2
3. MTS	4	3	0	3	5	0	2	3
4. GRPW	5	2	0	3	4	1	3	2
5. GRPW*	4	1	1	4	5	0	3	2
กลุ่ม Critical Path-Based Rules								
6. EST	5	2	0	3	5	2	0	3
7. EFT	6	1	2	1	5	1	3	1
8. ESTD	7	1	0	2	3	2	2	3

ตารางที่ 81 (ต่อ)

วิธีลำดับความสำคัญ	ลำดับที่ (ความถี่)							
	กรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม				กรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม			
	1	2	3	>3	1	2	3	>3
9. EFTD	4	3	2	1	5	2	0	3
10. LST	3	0	1	6	3	0	2	5
11. LFT	5	1	0	4	4	2	3	1
12. MSL	3	0	1	6	3	0	2	5
13. MSLD	3	0	0	7	3	0	2	5
กลุ่ม Resource-Based Rules								
14. GRD	4	1	0	5	4	0	3	3
15. WRUP	5	1	0	4	4	2	3	1
กลุ่ม Composite Rules								
16. ACROS	4	2	1	3	3	2	2	3
17. ACTRES	4	1	0	5	3	2	3	2
18. TIMROS	6	1	1	2	3	2	2	3
19. TIMRES	5	1	2	2	3	2	1	4
กลุ่ม Regret Based Rules								
20. IRSM	5	1	0	4	4	2	2	2
21. WCS	4	0	1	5	3	1	2	4
22. ACS	4	0	1	5	3	1	1	5
23. WCLS	3	1	1	5	3	1	1	5

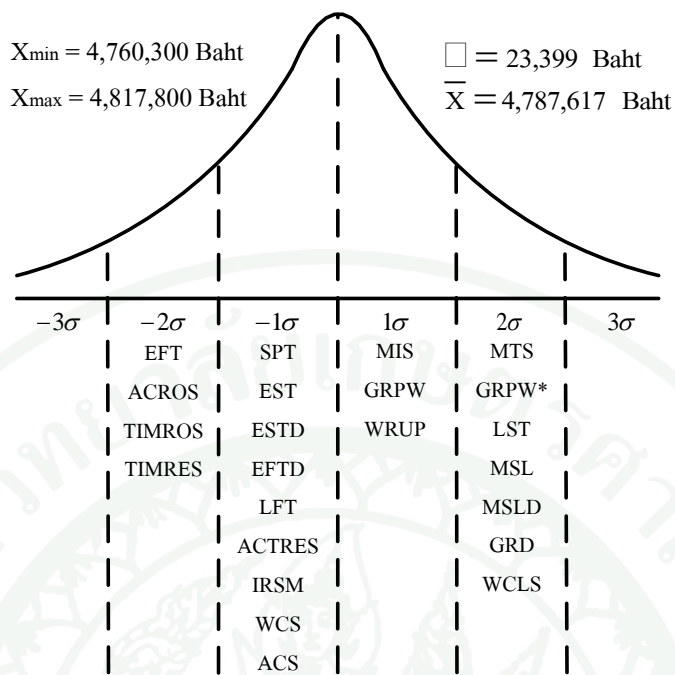
เมื่อพิจารณาเป็นกลุ่มวิธีการจัดลำดับความสำคัญ โดยการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มวิธี กลุ่มที่มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยน้อยที่สุดกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม คือ กลุ่มวิธี Composite Rules, Regret Based Rules, Critical Path-Based Rules, Network-Based Rules และ Resource-Based Rules ตามลำดับ ตารางที่ 82 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีรวมและไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม สำหรับกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมกลุ่มวิธีที่มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด คือ กลุ่มวิธี Resource-Based Rules, Network-Based Rules, Regret Based Rules, Composite Rules และ

Critical Path-Based Rules ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีพบว่า กลุ่มวิธี Resource-Based Rules มีการทดแทนทรัพยากรน้อยกว่ากลุ่มวิธีอื่น สังเกตได้จากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมมีค่าน้อยที่สุดจาก 5 กลุ่มวิธี จึงทำให้มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมมากที่สุด ในทางตรงกันข้ามกลุ่มวิธี Composite Rules เป็นกลุ่มวิธีที่มีการทดแทนทรัพยากรมากที่สุด สังเกตได้จากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมมีค่าน้อยเป็นลำดับที่ 4 แต่มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมน้อยที่สุดจาก 5 กลุ่มวิธี ซึ่งช่วยสนับสนุนได้ว่ากลุ่มวิธี Composite Rules สามารถช่วยเพิ่มโอกาสการเริ่มของกิจกรรมได้โดยการทดแทนทรัพยากร

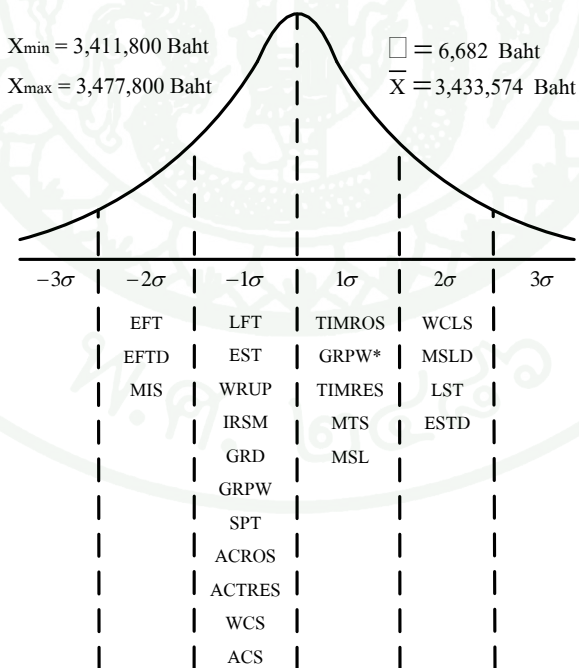
ตารางที่ 82 ค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายกลุ่มวิธีการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

กลุ่มวิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	ค่าเฉลี่ย (บาท)	
	รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม	ไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม
1. Network-Based Rules	4,803,360.0	3,432,760.0
2. Critical Path-Based Rules	4,786,187.5	3,434,812.5
3. Resource-Based Rules	4,812,350.0	3,429,350.0
4. Composite Rules	4,764,025.0	3,434,025.0
5. Regret Based Rules	4,782,025.0	3,433,775.0

เมื่อนำค่าใช้จ่ายโครงการรวมทั้ง 10 โครงการมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลลัพธ์ที่ได้ คือสำหรับกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมจะพบว่าวิธี EFT, ACROS, TIMROS และ TIMRES มีค่าใช้จ่ายรวมอยู่ในช่วง -20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS และ TIMRES นอกจากจะช่วยให้ระยะเวลาโครงการรวมลดลงแล้วยังช่วยให้มีค่าใช้จ่ายลดลงอีกด้วยประมาณ 2 เท่าของค่า σ ดังภาพที่ 63 ในทางตรงกันข้ามสำหรับกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมวิธี TIMROS และ TIMRES มีค่าใช้จ่ายรวมอยู่ในช่วง 10 ดังภาพที่ 64 ซึ่งมีผลมาจาก 2 วิธีนี้มีการทดแทนทรัพยากรมากซึ่งช่วยให้มีระยะเวลาโครงการน้อยลงซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี TIMROS และ TIMRES นอกจากจะช่วยให้มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยลงแล้วยังมีความสม่ำเสมอของการวิเคราะห์ที่จะช่วยให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด



ภาพที่ 63 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม



ภาพที่ 64 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าใช้จ่ายการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม

จากการศึกษาวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรมพบว่าวิธีที่มีแนวโน้มให้ระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดจะมีการใช้ตัวแปรเวลาเริ่มช้าที่สุด (LS) และทรัพยากรที่มีให้มาพิจารณาหาค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรม ตารางที่ 83 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลหลายด้านมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ข้อมูลเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ตัวอย่างเช่นวิธี WCS และ IRSM ให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว ในขณะที่วิธี TIMROS และ TIMRES ให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

ตารางที่ 83 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการคำนวณวิธีการแบบฮิวริสติก

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ตัวแปร
กลุ่ม Network-Based Rules	
1. SPT	d_j
2. MIS	$ F_j $
3. MTS	$ F_j^* $
4. GRPW	d_j, d_i
5. GRPW*	d_j, d_i
กลุ่ม Critical Path-Based Rules	
6. EST	ES_j
7. EFT	EF_j
8. ESTD	$ES_j(PS)$
9. EFTD	$EF_j(PS)$
10. LST	LS_j
11. LFT	LF_j
12. MSL	LS_j, ES_j
13. MSLD	$LS_j(PS), ES_j(PS)$
กลุ่ม Resource-Based Rules	
14. GRD	d_j, u_{jr}
15. WRUP	$ F_j , u_{jr}, a_r$
กลุ่ม Composite Rules	
16. ACROS	u_{jr}, a_r

ตารางที่ 83 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับความสำคัญ	ตัวแปร
17. ACTRES	u_{jt}, a_r, d_i
18. TIMROS	$u_{jt}, a_r, LS_1, LS_j, LS_n$
19. TIMRES	$u_{jt}, a_r, d_i, LS_1, LS_j, LS_n$
กลุ่ม Regret Based Rules	
20. IRSM	$ES_i^{R2}(PS, j), LS_i$
21. WCS	$ES_j^{R2}(PS, i), LS_j$
22. ACS	$ES_j^{R2}(PS, i), LS_j$
23. WCLS	$LS_j^{R2}(PS, i)$
กลุ่มอื่นๆ	
24. RAND	-
25. AHAMRS	LS_j

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะ ดังแสดงในตารางที่ 84 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาและค่าใช้จ่ายระหว่างการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะ พบว่าการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะสามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยได้ 147.1 วัน และ 328,213 บาท จาก 23 วิธี นอกจากนี้การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะสามารถลดค่าใช้จ่ายทางอ้อมลงได้แต่มีแนวโน้มทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการทดแทนทรัพยากรโดยมีเงื่อนไขว่าเมื่อมีการใช้ทรัพยากรถึงจะจ่ายเงินแต่ถ้าไม่มีการใช้ทรัพยากรก็ไม่จ่าย ตัวอย่างเช่น การนำช่างเหล็กมาทดแทนช่างไม้ แต่เนื่องจากช่างเหล็กไม่มีความชำนาญด้านงานไม้อาจต้องใช้ช่างเหล็ก 2-3 คน ถึงจะทำให้งานออกมาเท่ากับช่างไม้ 1 คน ซึ่งการทดแทนแบบนี้ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายมากขึ้น หรือการนำช่างที่มีค่าใช้จ่ายมากกว่ามาแทนช่างที่มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นกรณีจ่ายเงินทั้งหมดถึงแม้ว่าทรัพยากรนั้นจะทำหรือไม่ทำจะเป็นวิธีที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากนอกจากจะช่วยให้งานนั้นสามารถเริ่มทำงานได้แม้ทรัพยากรไม่เพียงพอโดยการทดแทนทรัพยากรแล้วยังสามารถช่วยลดทรัพยากรที่ไม่ได้ทำงานได้อีกช่วยทำให้ให้โครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสการรับงานใหม่แสดงให้เห็นว่าการที่ทรัพยากรมีหลายทักษะมีประสิทธิภาพมากกว่าการที่ทรัพยากรมีทักษะเดียว

ตารางที่ 84 ตารางเปรียบเทียบการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะ

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว		การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	
	ระยะเวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระยะเวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
กลุ่ม Network-Based Rules				
1. SPT	556	5,084,700	412	4,772,700
2. MIS	565	5,126,700	424	4,803,300
3. MTS	566	5,141,700	422	4,817,400
4. GRPW	578	5,162,700	423	4,805,900
5. GRPW*	572	5,157,700	422	4,817,500
กลุ่ม Critical Path-Based Rules				
6. EST	565	5,126,700	412	4,771,000
7. EFT	566	5,128,700	412	4,763,000
8. ESTD	564	5,123,700	412	4,767,050
9. EFTD	556	5,084,700	412	4,765,700
10. LST	569	5,147,850	418	4,815,950
11. LFT	543	5,046,700	415	4,779,300
12. MSL	569	5,123,700	419	4,812,700
13. MSLD	569	5,147,700	418	4,814,800
กลุ่ม Resource-Based Rules				
14. GRD	561	5,107,700	427	4,817,800
15. WRUP	565	5,122,700	424	4,806,900
กลุ่ม Composite Rules				
16. ACROS	562	5,115,700	409	4,762,700
17. ACTRES	563	5,116,700	411	4,771,000
18. TIMROS	564	5,123,700	406	4,760,300
19. TIMRES	564	5,123,700	406	4,762,100
กลุ่ม Regret Based Rules				
20. IRSM	551	5,070,700	414	4,778,700
21. WCS	541	5,040,700	409	4,766,200

ตารางที่ 84 (ต่อ)

วิธีการจัดลำดับ ความสำคัญ	การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว		การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ	
	ระยะเวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระยะเวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
22. ACS	556	5,095,700	409	4,766,200
23. WCLS	567	5,143,700	420	4,817,000
ค่าน้อยที่สุด	541	5,040,700	406	4,760,300
ค่ามากที่สุด	578	5,162,700	427	4,817,800
ค่าเฉลี่ย	562.3	5,115,830	415.2	4,787,617

นอกจากนี้เมื่อไม่พิจารณาข้อจำกัดด้านทรัพยากรแล้ววิธี AHAMRS เป็นวิธีที่มีระยะเวลาโครงการรวมน้อยที่สุดดังแสดงในตารางที่ 72 และเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายโครงการกรณีรวม ค่าใช้จ่ายทางอ้อมยังส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดสำหรับการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ โดยเฉพาะวิธี AHAMRS เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 79 แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายโครงการกรณี ไม่รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมผลปรากฏว่าวิธี AHAMRS เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายโครงการรวมมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีนี้มีการใช้ทรัพยากรมากกว่าวิธีอื่น ซึ่งวิธีนี้ช่วยเพิ่มโอกาสของการเริ่มกิจกรรมโดยการทดแทนและยอมให้ทรัพยากรเริ่มได้ถึงแม้ว่ามีทรัพยากรไม่เพียงพอโดยการคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าตามอัตราส่วนของจำนวนทรัพยากรที่ได้รับการจัดสรรทำให้วิธีนี้เป็นวิธีที่มีระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดแต่อาจมีแนวโน้มทำให้มีค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้น

การวางแผนการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะ วิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรมเป็นวิธีที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ รูปแบบโครงข่ายของโครงการ ตารางที่ 85 ตารางแสดงข้อดีข้อเสียวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม

ตารางที่ 85 ข้อดี-ข้อเสียวิธีการแบบฮิวริสติกที่พิจารณาลำดับความสำคัญของกิจกรรม

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
1. SPT	- งานที่ทำอยู่สามารถทำเสร็จได้เร็ว สามารถลดจำนวนงานที่ทำในระบบ ให้น้อยลง	- กิจกรรมที่มีระยะเวลาการทำมี ลำดับความสำคัญน้อย ส่วนใหญ่ เป็นกิจกรรมวิกฤต เมื่อเกิดการล่าช้า ทำให้มีระยะเวลาโครงการเพิ่มขึ้น
2. MIS	- เป็นการเพิ่มโอกาสกิจกรรมที่ ตามหลังกิจกรรม j ให้เริ่มงานได้เร็ว ขึ้น	- วิธีนี้คำนึงถึงเฉพาะกิจกรรมที่ ตามหลังทันที ซึ่งไม่ได้พิจารณา ตลอดทั้งโครงการ
3. MTS	- เป็นการมองจำนวนกิจกรรมที่ ตามหลังกิจกรรม j ตลอดทั้งโครงการ ทำให้เส้นทางที่มีจำนวนกิจกรรมมาก ได้มีโอกาสได้เริ่มงานก่อน	- บางครั้งกิจกรรม j ที่มีกิจกรรม ตามหลังตลอดทั้งโครงการมากอาจ ไม่ใช่กิจกรรมที่สำคัญ
4. GRPW	- เป็นการเพิ่มโอกาสกิจกรรมที่มี ระยะเวลารวมกิจกรรมตามหลัง ทันทีมากที่สุดให้ได้เริ่มงานก่อน	- บางครั้งกิจกรรม j มีจำนวนกิจกรรม ตามหลังน้อย แต่มีระยะเวลามากทำ ให้ค่าลำดับความสำคัญมาก ทำให้ มองข้ามกิจกรรมที่มีจำนวนกิจกรรม ตามหลังมาก แต่มีระยะเวลาน้อย ซึ่ง กิจกรรมนี้อาจเป็นกิจกรรมสำคัญ
5. GRPW*	- เป็นการเพิ่มโอกาสกิจกรรมที่มี ระยะเวลารวมกิจกรรมตามหลัง ทั้งหมดมากที่สุดให้ได้เริ่มงานก่อน	- บางครั้งกิจกรรม j มีจำนวนกิจกรรม ตามหลังน้อย แต่มีระยะเวลามากทำ ให้ค่าลำดับความสำคัญมาก ทำ ให้มองข้ามกิจกรรมที่มีจำนวน กิจกรรมตามหลังมาก แต่มี ระยะเวลาน้อย ซึ่งกิจกรรมนี้อาจเป็น กิจกรรมสำคัญ

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
6. EST	<ul style="list-style-type: none"> - ช่วยให้กิจกรรมสามารถเริ่มทำงานได้เร็ว - กรณีกิจกรรมถูกเลื่อนมาจากวันก่อนหน้าทำให้กิจกรรมนั้นมีความสำคัญมากกว่า และสามารถเริ่มได้เร็วกว่ากิจกรรมอื่น 	<ul style="list-style-type: none"> - วิธีนี้ส่วนใหญ่กิจกรรมจะมีค่าลำดับลำดับความสำคัญเท่ากัน ทำให้เลือกกิจกรรมใดก่อนก็ได้ ส่งผลให้มีระยะเวลาโครงการและค่าใช้จ่ายที่ต่างกัน
7. EFT	<ul style="list-style-type: none"> - ช่วยให้กิจกรรมที่มีเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดออกจากระบบเร็วขึ้นเพื่อเริ่มกิจกรรมถัดไปได้เร็วขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - กรณีทรัพยากรไม่เพียงพอ กิจกรรมที่มีระยะเวลาแล้วเสร็จมากกว่าจะถูกเลื่อนออกไปส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการ
8. ESTD	<ul style="list-style-type: none"> - ช่วยให้กิจกรรมสามารถเริ่มทำงานได้เร็ว 	<ul style="list-style-type: none"> - วิธีนี้กิจกรรมมีลำดับความสำคัญเท่ากัน ทำให้เลือกกิจกรรมใดก่อนก็ได้ ส่งผลให้มีระยะเวลาโครงการและค่าใช้จ่ายที่ต่างกัน
9. EFTD	<ul style="list-style-type: none"> - ช่วยให้กิจกรรมที่มีเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุดที่แท้จริงออกจากระบบเร็วขึ้นเพื่อเริ่มกิจกรรมถัดไปได้เร็วขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - กรณีทรัพยากรไม่เพียงพอ กิจกรรมที่มีระยะเวลาแล้วเสร็จมากกว่าจะถูกเลื่อนออกไปส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการ

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
10. LST	- กรณีทรัพยากรไม่เพียงพอและ กิจกรรมถูกเลื่อนออกไป กิจกรรมที่ มีค่า LS มากกว่าจะส่งผลกระทบต่อ ระยะเวลาโครงการน้อยกว่ากิจกรรม ที่มีค่า LS น้อยกว่า	- ค่า LS คือค่าที่กิจกรรมสามารถเริ่ม ได้ช้าสุดโดยไม่ทำให้ระยะเวลา โครงการเพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีหาค่า LS ได้ จากการคำนวณด้วยวิธี CPM ใน ตอนแรก เมื่อกิจกรรมเกิดการล่าช้า ทำให้ค่า LS เปลี่ยนจึงส่งผลกระทบต่อ ระยะเวลาโครงการ
11. LFT	- การเลือกกิจกรรมที่มีค่า LS น้อยให้ ทำก่อนจะส่งผลกระทบต่อ ระยะเวลาโครงการน้อยกว่า	- ค่า LF คือค่าที่กิจกรรมสามารถแล้ว เสร็จได้ช้าสุดโดยไม่ทำให้ ระยะเวลาโครงการเพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีหา ค่า LF ได้จากการคำนวณด้วยวิธี CPM ในตอนแรก เมื่อกิจกรรมเกิด การล่าช้าทำให้ค่า LF เปลี่ยนจึง ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ
12. MSL	- กรณีทรัพยากรไม่พอกิจกรรมที่มี เวลาลยตัวมากจะถูกเลื่อนส่งผลกระทบต่อ ระยะเวลาโครงการน้อยกว่ากิจกรรม ที่มีเวลาลยตัวน้อย	- เมื่อกิจกรรมเกิดการล่าช้าทำให้ค่า เวลาลยตัวเปลี่ยน
13. MSLD	- กรณีทรัพยากรไม่พอกิจกรรมที่มี เวลาลยตัวมากจะถูกเลื่อนส่งผลกระทบต่อ ระยะเวลาโครงการน้อยกว่ากิจกรรม ที่มีเวลาลยตัวน้อย - วิธีนี้มีการคำนวณใหม่ตลอดทำให้ ทราบค่าเวลาลยตัวที่แท้จริง	- กรณีกิจกรรมเกิดการล่าช้าแล้วมีการ คำนวณค่า TF ใหม่มักพบปัญหา กิจกรรมหลายกิจกรรมจะเป็น กิจกรรมวิกฤตคือมีค่า $TF = 0$ ทำให้ การเลือกกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการที่ ต่างกัน

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
14. GRD	- ทำให้กิจกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการมากที่สุดสามารถเริ่มได้เร็ว	- กรณีทรัพยากรมีหลายประเภท แต่ละกิจกรรมมีความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งทรัพยากรบางประเภทกิจกรรมมีความต้องการมากทำให้กิจกรรมนั้นมีความสำคัญมากต้องดำเนินการก่อน ในทางตรงข้ามกิจกรรมที่มีความต้องการทรัพยากรที่น้อยกว่าเมื่อเกิดการล่าช้าอาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ
15. WRUP	- เป็นการใช้จ่ายล่วงหน้าร่วมกับอัตราส่วนระหว่างทรัพยากรที่ใช้ต่อทรัพยากรที่มีให้ และจำนวนกิจกรรมที่ตามหลัง โดยให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับจำนวนกิจกรรมที่ตามหลังมากกว่า ทำให้กิจกรรมนั้นออกจากระบบได้เร็วขึ้นส่งผลให้กิจกรรมที่ตามหลังสามารถเริ่มได้เร็ว	- วิธีนี้ให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับข้อมูลด้านทรัพยากร ทำให้บางกิจกรรมที่มีความต้องการทรัพยากรมาก แต่มีจำนวนกิจกรรมที่ตามหลังน้อยเสียโอกาสในการเริ่มเมื่อทรัพยากรไม่เพียงพอ
16. ACROS	- วิธีนี้มองภาพรวมตลอดโครงการ เนื่องจากวิธีนี้เป็นการให้ความสำคัญกับเส้นทางกิจกรรมที่มีอัตราส่วนระหว่างทรัพยากรที่ใช้ต่อทรัพยากรที่มีให้มากที่สุด	- กรณีทรัพยากรมีหลายประเภท ทรัพยากรบางประเภทมีค่าอัตราส่วนทรัพยากรที่ใช้ต่อทรัพยากรที่ให้มากที่สุดอาจไม่ใช่ทรัพยากรวิกฤต ทำให้เมื่อรวมอัตราส่วนทั้งหมดออกมาแล้วมีค่ามาก จึงมีลำดับความสำคัญมาก

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
17. ACTRES	- วิธีนี้มองภาพรวมตลอดโครงการ เนื่องจากวิธีนี้เป็นการให้ ความสำคัญกับเส้นทางกิจกรรมที่ มีอัตราส่วนระหว่างทรัพยากรที่ ใช้ตลอดระยะเวลาต่อทรัพยากรที่ มีให้มากที่สุด	- กรณีทรัพยากรมีหลายประเภท ทรัพยากรบางประเภทมีค่าอัตราส่วน ทรัพยากรที่ใช้ต่อทรัพยากรที่ให้มากที่สุด อาจไม่ใช่ทรัพยากรวิกฤต ทำให้เมื่อ รวมอัตราส่วนทั้งหมดออกมาแล้วมีค่า มาก จึงมีลำดับความสำคัญมาก
18. TIMROS	- เป็นการมองภาพรวมตลอด โครงการโดยใช้เส้นทางที่ พิจารณากิจกรรมนั้นต่อเส้นทางที่ ยาวที่สุด รวมกับวิธี ACROS	- การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะวิธีนี้ ให้ระยะเวลาโครงการน้อย แต่ส่งผลให้ มีการทดแทนทรัพยากรเพิ่มขึ้นส่งผล ให้มีค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรมาก ขึ้น - วันเริ่มของโครงการจะมีค่าลำดับ ความสำคัญของกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 1 ทุกกิจกรรมทำให้การเลือกกิจกรรม ส่งผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่าย
19. TIMRES	- เป็นการมองภาพรวมตลอด โครงการโดยใช้เส้นทางที่ พิจารณากิจกรรมนั้นต่อเส้นทางที่ ยาวที่สุด รวมกับวิธี ACTRES	- การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะวิธีนี้ ให้ระยะเวลาโครงการน้อย แต่ส่งผลให้ มีการทดแทนทรัพยากรเพิ่มขึ้นส่งผล ให้มีค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากรมาก ขึ้น - วันเริ่มของโครงการค่าลำดับ ความสำคัญของกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 1 ทุกกิจกรรมทำให้การเลือกกิจกรรม ส่งผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
20. IRSM	- วิธีนี้ปรับปรุงมาจากวิธี RSM โดยการเปรียบเทียบทีละคู่กิจกรรมโดยการสมมติกิจกรรม j ให้ทำในเวลา t_n ปัจจุบัน จากนั้นดูผลกระทบที่จะเกิดกับกิจกรรม i น้อยที่สุด	- กรณีมีกิจกรรมทำที่เวลา t_n มากกว่า 2 กิจกรรม เมื่อเปรียบเทียบเป็นคู่กิจกรรมแล้วปรากฏว่าทรัพยากรเพียงพอทำให้ค่า P_j ส่วนใหญ่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งทำให้มีลำดับความสำคัญเท่ากัน
21. WCS	- เป็นการมองผลกระทบของเวลาลอยตัวที่แยะโดยเปรียบเทียบทีละคู่กิจกรรม โดยการสมมติกิจกรรม i ให้ทำในเวลา t_n ปัจจุบัน จากนั้นดูผลกระทบที่จะเกิดกับกิจกรรม j กรณีที่กิจกรรมมีเวลาลอยตัวน้อยทำให้กิจกรรมนั้นมีลำดับความสำคัญมาก	- กรณีมีกิจกรรมมากกว่า 2 กิจกรรม เมื่อเปรียบเทียบทีละคู่กิจกรรมแล้วทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับคู่กิจกรรม ทั้ง 2 กิจกรรมนี้มักมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากัน
22. ACS	- มีลักษณะเหมือนกันวิธี WCS แต่เป็นการมองผลกระทบของเวลาลอยเฉลี่ย	- เมื่อเปรียบเทียบเป็นคู่กิจกรรมแล้วเวลาลอยตัวที่ได้มีความแปรปรวนมากมากทำให้กิจกรรมนั้นอาจไม่ใช่กิจกรรมที่สำคัญ
23. WCLS	- วิธีนี้ได้นำแนวคิดของวิธี LST มาเปรียบเทียบเป็นคู่กิจกรรมโดยการสมมติกิจกรรม i ให้ทำเวลา t_n ปัจจุบัน จากนั้นดูผลกระทบที่จะเกิดกับกิจกรรม j มากที่สุด	- กรณีมีกิจกรรมมากกว่า 2 กิจกรรม เมื่อเปรียบเทียบทีละคู่กิจกรรมแล้วทรัพยากรไม่เพียงพอสำหรับคู่กิจกรรม ทั้ง 2 กิจกรรมนี้มักมีค่าลำดับความสำคัญเท่ากัน

ตารางที่ 85 (ต่อ)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
24. RAND	- เป็นวิธีที่ง่ายเนื่องจากค่าลำดับ ความสำคัญได้จากวิธีการสุ่มเลือก	- ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ ขึ้นอยู่กับค่าลำดับ ความสำคัญของกิจกรรม ซึ่งการสุ่ม เลือกแต่ละครั้งจะให้ค่าที่แตกต่าง กัน - เป็นวิธีที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลใดๆของ โครงการทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ
25. AHAMRS	- เป็นวิธีที่เพิ่มโอกาสให้กิจกรรม สามารถเริ่มงานได้เร็วขึ้นกรณี ทรัพยากรไม่เพียงพอ โดยหาจาก เปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้า - สำหรับการจัดทรัพยากรแบบหลาย ทักษะ ซึ่งมีการทดแทนทรัพยากร ในแนวตั้งและแนวนอน ทำช่วยให้ เพิ่มโอกาสการเริ่มของกิจกรรม	- บางกรณีเมื่อทรัพยากรไม่เพียงพอ แล้ว ต้องเกิดการล่าช้าออกไป ไม่ สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ความก้าวหน้าได้เนื่องจากกิจกรรม นั้นต้องใช้ทรัพยากรเท่ากับความ ต้องการจึงจะสามารถดำเนินการได้ - สำหรับการทดแทนทรัพยากรแบบ หลายทักษะ วิธีนี้มีการทดแทน ทรัพยากรมาก ทำให้มีค่าใช้จ่ายใน การใช้ทรัพยากรมากตามไปด้วย

การจัดทรัพยากรด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์ที่พิจารณาจากการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ข้อมูลโครงการ ข้อมูลด้านโครงข่าย ข้อมูลด้านทรัพยากร และข้อมูลแบบผสม เป็นต้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบของโครงการจำลองด้วย จากการศึกษาเปรียบเทียบโครงการจำลอง 10 โครงการ พบว่าวิธีการที่ให้ระยะเวลา หรือค่าใช้จ่ายโครงการรวมน้อยที่สุด ยังไม่เป็นคำตอบที่น้อยที่สุดทั้ง 10 โครงการ ผู้บริหารโครงการหรือผู้ที่นำไปใช้อาจพัฒนาต่อโดยการเลือกวิธีที่ดีที่สุด 10 วิธี หรือทั้ง 25 วิธี จากนั้นเขียนโปรแกรมให้คำนวณทุกวิธีแล้วเลือกวิธีที่มีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว

จากการศึกษาเปรียบเทียบการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวโดยวิธีการแบบอวิริสติกภายใต้เงื่อนไขของจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและมีจำนวนคงที่ทุกวันพบว่าวิธี WCS, LFT และ IRSM เป็นวิธีการจัดสรรทรัพยากรที่ทำให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการน้อยกว่าการจัดสรรทรัพยากรโดยวิธีการอื่นโดยวิธี WCS และ IRSM เป็นวิธีที่หาค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมโดยการเปรียบเทียบที่ละคู่กิจกรรม โดยการสมมติกิจกรรม 1 กิจกรรมทำกำหนดเวลาชั่วคราว จากนั้นดูผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกิจกรรมที่เหลือ ส่วนวิธี LFT วิธีนี้ช่วยให้กิจกรรมที่ทำในระบบน้อยลงเนื่องจากวิธีนี้พิจารณาค่าลำดับความสำคัญจากเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด

2. การจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะ

สำหรับการจัดทรัพยากรแบบหลายทักษะโดยทรัพยากรสามารถทดแทนกันได้ พบว่าวิธี TIMROS, TIMRES, ACROS, WCS, ACS และ ACTRES เป็นวิธีการจัดทรัพยากรที่ทำให้ระยะเวลาโครงการสั้นกว่าการจัดทรัพยากรโดยวิธีอื่น ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นกลุ่มวิธีที่มีการใช้ข้อมูลหลายด้าน แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลหลายด้านในการวิเคราะห์ส่งผลที่ดีกว่าการใช้ข้อมูลเพียงด้านใดด้านหนึ่ง นอกจากนี้วิธี TIMROS และ TIMRES ยังเป็นวิธีการจัดทรัพยากรที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโครงการน้อยที่สุดสำหรับกรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งการลดระยะเวลาโครงการให้น้อยลงก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมน้อยลงตามไปด้วย

วิธี AHAMRS เป็นวิธีการจัดสรรทรัพยากรที่แตกต่างจากวิธีอื่นโดยการยอมให้กิจกรรมสามารถดำเนินการได้ถึงแม้ว่าจะได้รับการจัดสรรทรัพยากรมาไม่ครบตามแผนงานที่วางไว้โดยความก้าวหน้าในการทำงานจะถูกคำนวณตามอัตราส่วนของจำนวนทรัพยากรที่ได้รับการจัดสรร ซึ่งจะช่วยให้กิจกรรมสามารถเริ่มดำเนินการได้เร็วขึ้นและส่งผลให้โครงการมีระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่น้อยลง

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบบอวิริสติกที่พิจารณาจากลำดับความสำคัญของกิจกรรม 25 วิธี สำหรับการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว และแบบหลายทักษะพบว่าการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียวจะช่วยให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโครงการน้อยลงกว่าการจัดทรัพยากรแบบทักษะเดียว แสดงให้เห็นว่าการที่ทรัพยากรมีหลายทักษะจะช่วยลดระยะเวลาให้สั้นลง และยังส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมน้อยลงตามมา นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ใช้โครงการจำลองเพียง 10 โครงการเพื่อเปรียบเทียบวิธีการจัดลำดับความสำคัญแบบทักษะเดียวและแบบหลายทักษะอาจทำการเปรียบเทียบมีความไม่ชัดเจนจึงควรเปรียบเทียบกับโครงการจำลองมากขึ้น และโครงการจำลองควรมีจำนวนกิจกรรมและมีความซับซ้อนมากขึ้น
2. ในกรณีที่ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมเท่ากันทำให้สามารถเลือกทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้ แต่การเลือกกิจกรรมจะส่งผลต่อระยะเวลา และค่าใช้จ่ายโครงการ จึงควรมีการศึกษาวิธีการจัดลำดับความสำคัญมากกว่า 1 วิธีในกรณีที่ค่าลำดับความสำคัญของกิจกรรมมีค่าเท่ากัน
3. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสัมพันธ์แบบ Finish to Start อย่างเดียวจึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของกิจกรรมแบบอื่นอีกด้วย เช่น Finish to Finish, Start to Start และ Start to Start เป็นต้น
4. งานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาเรื่องการทำงานนอกเวลา (Over Time) และการนำทรัพยากรภายนอกเข้ามาใช้ (External Resource) จึงควรมีการศึกษาเรื่องนี้ด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

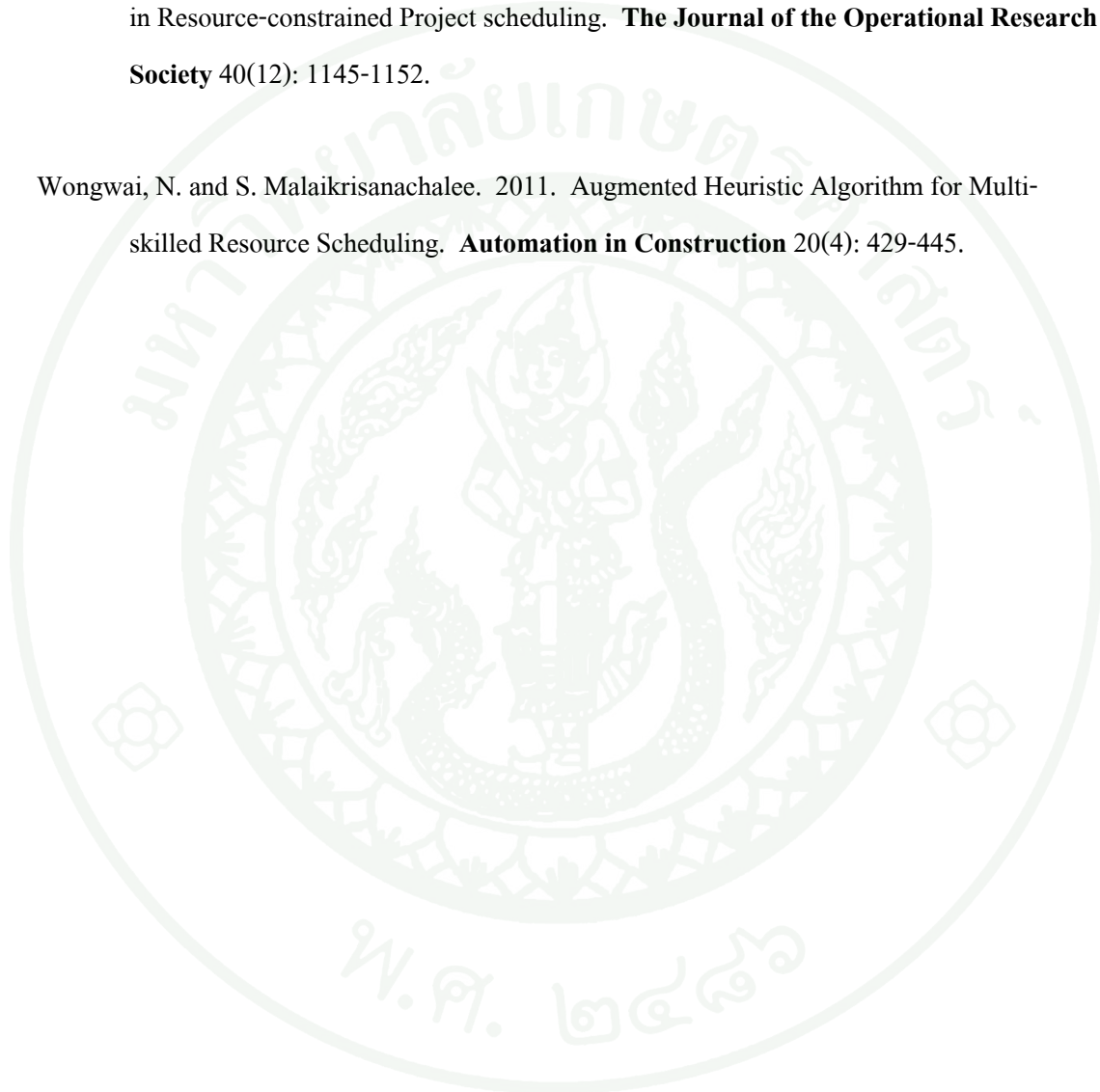
- Akpan, E.O.P. 2000. Priority Rules in Project Scheduling: A Case for Random Activity Selection. **Production Planning & Control** 11(22): 165-170.
- Davis, E.W. and J.H. Patterson. 1975. A Comparison of Heuristic and Optimum Solutions in Resource-Constrained Project Scheduling. **Management Science** 21(8): 944-955.
- Easa, S. M. 1989. Resource Leveling in Construction by Optimization. **Journal of Construction Engineering and Management** 115(2): 302-316.
- Fathi, H. and A. Afshar. 2008. **Multiple Resource Constraint Time-Cost-Resource Optimization Using Genetic Algorithm**. Construction Engineering and Management Student, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.
- Gordon, J. and A. Tulip. 1997. Resource Scheduling. **International Journal of Project Management** 15(6): 359-370.
- Hegazy, T. 1999. Optimization Of Resource Allocation and Leveling Using Genetic Algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management** 125(3):167-175.
- _____, A.K. Shabeeb, E. Elbeltagi and T. Cheema. 2000. Algorithm for Scheduling with Multiskilled Construction Resource. **Journal of Construction Engineering and Management** 126(6): 414-421.
- _____ and T. Ersahin. 2001. Simplified Spreadsheet Solution. I: Subcontractor Information System. **Journal of Construction Engineering and Management** 127(6): 461-468.

- Hegazy, T and T. Ersahin. 2001. Simplified Spreadsheet Solution, II: Overall Schedule Optimization. **Journal of Construction Engineering and Management** 127(6): 469-475.
- Hunag, J., X. Wang and R. Chen. 2010. Genetic Algorithms for Optimization of Resource Allocation in Large Scale Construction Project Management. **Journal of Computers** 5(12): 1916-1924.
- Karaa, F. and A.Y. Nasr. 1986. Resource Management in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management** 112(3): 346-257.
- Kim, J., K. Kim, N. Jee and Y. Yoon. 2005. Enhanced Resource Leveling Technique for Project Scheduling. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering** 4(2): 461-466.
- Klein, R. 2000. Bidirectional Planning: Improving Priority Rule-Based Heuristics for Scheduling Resource-Constrained Projects. **European Journal of Operational Research** 127: 619-638.
- Lova, A. and P. Tormos. 2001. Analysis of Scheduling Scheme and Heuristic Rules Performance in Resource-Constrained Multiproject Scheduling. **Annals of Operational Research** 102: 263-286.
- Liu, Y., S. Zhao, X. Du and S. Li. 2005. Optimization of Resource Allocation in Construction Using Genetic Algorithms. **Machine Learning and Cybernetics** 6: 3428-3432.
- Osman, I.H. and J. P. Kelly. 1996. **Meta-Heuristic: Theory & Application**. Kluwer Academic Publishers.

Schirmer, A. 2000. Case-Based Reasoning and Improved Adaptive Search for Project Scheduling. **Naval Research Logistics (NRL)** 47(3): 201-222.

Ulusoy, G. and L. Özdamar. 1989. Heuristic Performance and Network/Resource Characteristics in Resource-constrained Project scheduling. **The Journal of the Operational Research Society** 40(12): 1145-1152.

Wongwai, N. and S. Malaikrisanachalee. 2011. Augmented Heuristic Algorithm for Multi-skilled Resource Scheduling. **Automation in Construction** 20(4): 429-445.

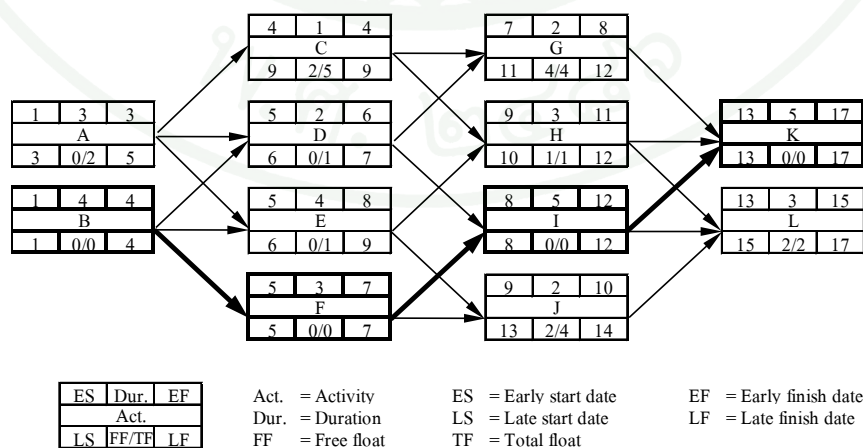




ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 3

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=5	R2=18	R3=18	R4=13	R5=4
A	3	-	5	3	2	1	1
B	4	-	1	13	3	2	3
C	1	A	0	6	1	1	1
D	2	A, B	5	5	1	2	1
E	4	A, B	1	2	0	1	0
F	3	B	3	6	1	1	2
G	2	C, D	1	16	1	1	1
H	3	C, E	1	3	2	2	1
I	5	D, F	5	0	1	2	2
J	2	E, F	0	7	1	1	1
K	5	G, H, I	4	4	9	1	2
L	3	H, I, J	2	5	7	1	1
Cost (unit per day)			400	300	350	400	500
Indirect Cost (per day)			1000				

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R2=1R1$, $3R3=1R1$, $2R4=1R3$

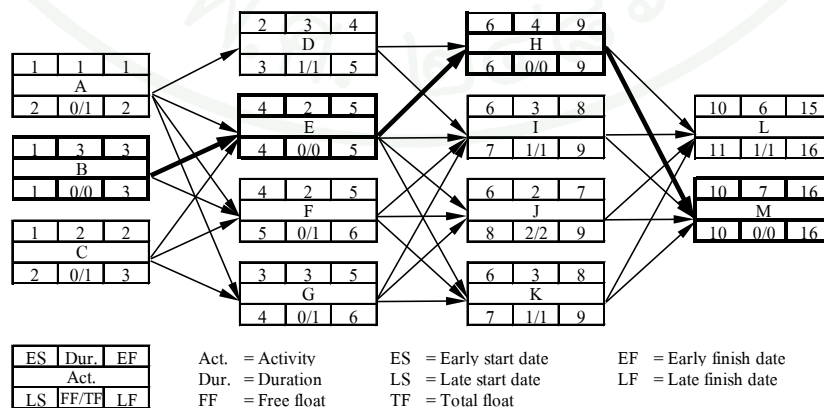


ภาพผนวกที่ 2 วิธีวิฤกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 3

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 4

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement			
			R1=12	R2=5	R3=11	R4=13
A	1	-	1	2	1	1
B	3	-	1	4	7	2
C	2	-	1	2	2	2
D	3	A	2	1	1	3
E	2	A, B, C	1	5	8	1
F	2	A, B, C	1	1	1	1
G	3	A, C	1	1	1	1
H	4	D, E	2	3	4	2
I	3	D, E, F, G	1	3	4	1
J	2	E, F, G	2	1	1	1
K	3	E, F, G	3	1	2	1
L	6	H, I, J, K	2	1	2	2
M	7	H, I, J, K	1	5	7	8
Cost (unit per day)			500	300	400	350
Indirect Cost (per day)				1000		

หมายเหตุ Substitution Rules: 2R3=1R2, 3R4=1R2, 2R1=1R4

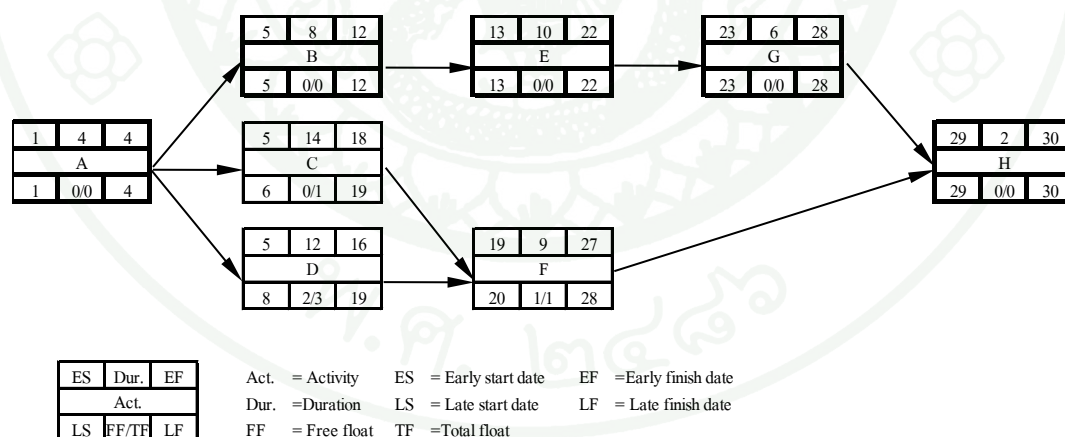


ภาพผนวกที่ 3 วิธีวิฤกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 4

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 5

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement			
			R1=5	R2=10	R3=10	R4=5
A	4	-	5	4	9	2
B	8	A	4	5	2	2
C	14	A	2	2	1	1
D	12	A	1	1	3	3
E	10	B	3	2	1	4
F	9	C, D	1	3	1	4
G	6	E	5	1	2	1
H	2	G, F	5	10	10	5
Cost (unit per day)			400	350	300	400
Indirect Cost (per day)			3000			

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R2=1R1$, $2R3=1R1$, $2R2=1R4$

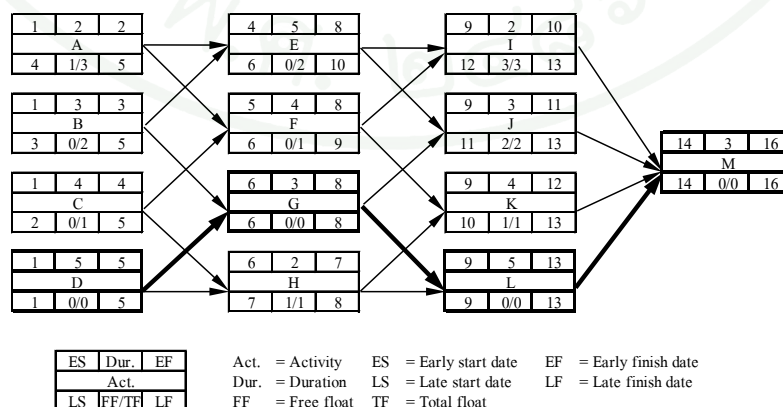


ภาพผนวกที่ 4 วิธีวิฤกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 5

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 6

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=10	R2=4	R3=12	R4=7	R5=10
A	2	-	1	1	0	1	2
B	3	-	2	1	6	2	1
C	4	-	0	2	2	3	0
D	5	-	1	3	4	1	1
E	5	A, B	1	1	1	1	1
F	4	A, C	1	4	3	1	1
G	3	B, D	1	1	1	1	1
H	2	C, D	1	1	7	0	1
I	2	E, F	2	1	2	1	1
J	3	E, G	0	1	3	0	0
K	4	F, H	1	1	2	1	2
L	5	G, H	1	4	7	1	0
M	3	I, J, K, L	2	3	5	3	2
Cost (unit per day)			300	500	400	300	400
Indirect Cost (per day)					3000		

หมายเหตุ Substitution Rules: 2R3=1R2, 2R4=1R2, 2R5=1R4, 2R1=1R4

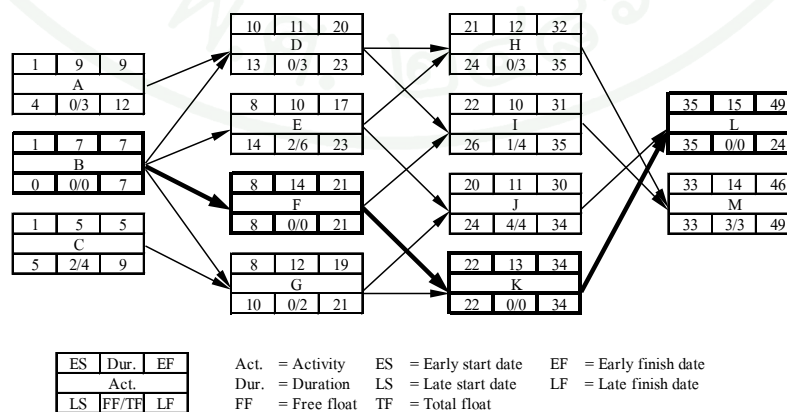


ภาพผนวกที่ 5 วิธีวิฤกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 6

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 7

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=10	R2=4	R3=12	R4=7	R5=10
A	9	-	2	2	4	1	2
B	7	-	2	3	5	2	1
C	5	-	1	1	2	1	1
D	11	A, B	1	2	4	0	1
E	10	B	1	2	3	2	1
F	14	B	0	2	3	2	1
G	12	B, C	2	1	2	1	0
H	12	D, E	1	0	1	1	1
I	10	D, F	2	2	3	0	1
J	11	E, G	3	1	0	2	2
K	13	F, G	1	3	7	1	1
L	15	J, K	3	3	4	2	3
M	14	H, I	4	2	5	1	2
Cost (unit per day)			300	400	400	300	300
Indirect Cost (per day)					3000		

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R3=1R2$, $2R4=1R2$, $2R5=1R4$, $2R1=1R4$

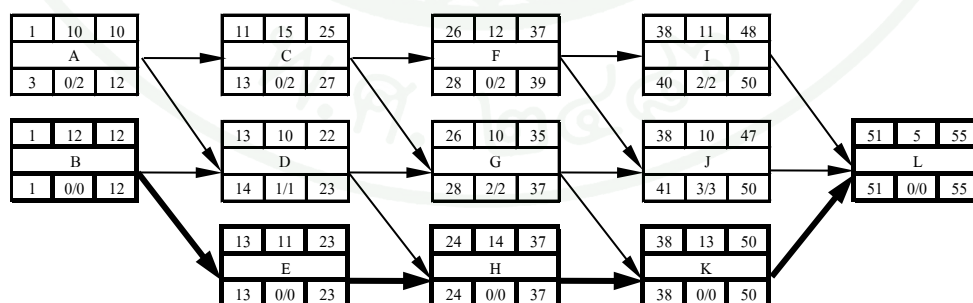


ภาพผนวกที่ 6 วิธีวิถีวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 7

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 8

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=4	R2=9	R3=9	R4=4	R5=7
A	10	-	2	2	3	1	2
B	12	-	3	4	3	1	1
C	15	A	3	1	1	1	0
D	10	A, B	2	2	1	1	1
E	11	B	2	5	3	0	1
F	12	C	1	8	2	2	3
G	10	C, D	4	0	1	1	1
H	14	D, E	1	1	3	0	1
I	11	F	3	5	0	1	1
J	10	F, G	1	2	1	1	1
K	13	G, H	2	1	5	2	3
L	5	I, J, K	3	4	6	3	2
Cost (unit per day)			300	400	300	400	300
Indirect Cost (per day)					4000		

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R_2=1R_1$, $2R_3=1R_1$, $2R_4=1R_3$, $2R_5=1R_4$



ES	Dur.	EF
Act.		
LS	FF/TF	LF

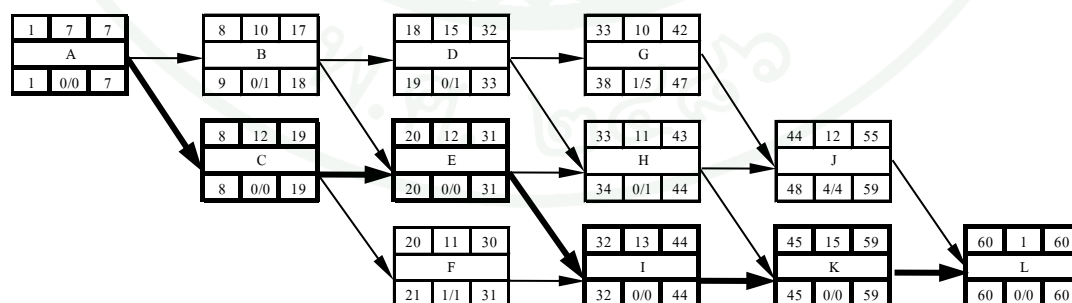
Act. = Activity ES = Early start date EF = Early finish date
 Dur. = Duration LS = Late start date LF = Late finish date
 FF = Free float TF = Total float

ภาพผนวกที่ 7 วิธีวิฤกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 8

ตารางผนวกที่ 8 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 9

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=5	R2=10	R3=10	R4=7	R5=15
A	7	-	4	2	3	4	5
B	10	A	4	5	2	2	3
C	12	A	1	6	1	2	2
D	15	B	3	2	1	2	2
E	12	B, C	3	2	2	1	1
F	11	C	1	6	2	4	1
G	10	D	1	1	1	1	3
H	11	D, E	5	2	1	2	2
I	13	E, F	1	6	2	2	1
J	12	G, H	5	2	2	1	3
K	15	H, I	1	3	2	2	2
L	1	J, K	5	7	1	5	2
Cost (unit per day)			400	500	300	400	450
Indirect Cost (per day)					4000		

หมายเหตุ Substitution Rules: $2R_2=1R_1$, $3R_3=1R_1$, $2R_5=1R_3$



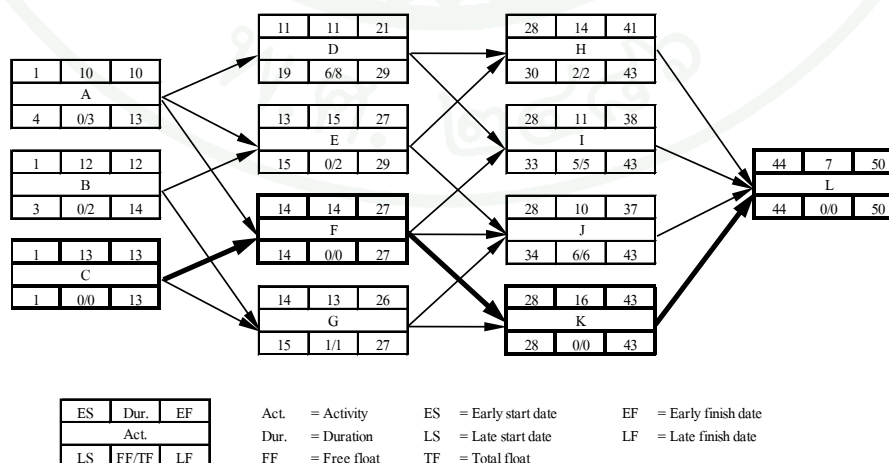
ES	Dur.	EF	Act.	ES	= Early start date	EF	= Early finish date
LS	FF/TF	LF	Act.	Dur.	= Duration	LS	= Late start date
						LF	= Late finish date
						FF	= Free float
						TF	= Total float

ภาพผนวกที่ 8 วิธีวิฤติวิกฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 9

ตารางผนวกที่ 9 ข้อมูลโครงการก่อสร้างจำลองที่ 10

Activity	Duration (Days)	Predecessor	Daily Resource Requirement				
			R1=10	R2=5	R3=12	R4=12	R5=15
A	10	-	2	1	3	2	1
B	12	-	1	3	3	2	1
C	13	-	3	3	6	1	1
D	11	A	1	1	3	4	2
E	15	A, B	2	3	3	1	1
F	14	A, C	1	3	6	2	1
G	13	B, C	2	2	10	0	1
H	14	D, E	2	4	0	1	1
I	11	D, F	1	1	2	2	1
J	10	E, F, G	2	0	3	1	3
K	16	F, G	1	1	9	1	2
L	7	H, I, J, K	5	4	3	4	2
Cost (unit per day)			500	500	400	300	300
Indirect Cost (per day)					4000		

หมายเหตุ Substitution Rules: 2R3=1R2, 3R4=1R2, 2R5=1R4, 2R1=1R5



ภาพผนวกที่ 9 วิธีวิฤตของโครงการก่อสร้างจำลองที่ 10

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายจักรกฤษณ์ ประจงมูล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 ตุลาคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547-2550 ปริญญาตรีวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประวัติการทำงาน	-
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-