ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา — **สาขา**

วิศวกรรมโยธา — **ภาควิชา**

เรื่อง การวิเคราะห์หาตารางการทำงานของแรงงานหลายทักษะ กรณีความสัมพันธ์แบบ เสร็จ-เริ่ม

Optimizing Individual Working Timetable for Multiskilled Workforce: A Case of Finish to Start Relationship

นามผู้วิจัย นายชาญวิทย์ กังพานิช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สุธาริน สถาปิตานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สมชาย นำประเสริฐชัย, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์หาตารางการทำงานของแรงงานหลายทักษะ กรณีความสัมพันธ์แบบ เสร็จ-เริ่ม

Optimizing Individual Working Timetable for Multiskilled Workforce : A Case of Finish to Start Relationship

โดย

นายชาญวิทย์ กังพานิช

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาญวิทย์ กังพานิช 2556: การวิเคราะห์หาตารางการทำงานของแรงงานหลายทักษะ กรณีความสัมพันธ์ แบบเสร็จ-เริ่ม ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D. 101 หน้า

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะอยู่ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่มีการพัฒนาไปจนถึงขั้นพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการวางแผนทรัพยากรได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากหลักการจัดสรรทรัพยากรส่วนใหญ่พิจารณาเฉพาะจำนวนรวมความต้องการทรัพยากรในแต่ละวันโดยมิได้พิจารณาตารางการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย หัวหน้างานจะเป็นผู้ทำหน้าที่จัดสรรและระบุหน้าที่ของคนงานหรือเครื่องจักรให้ทำงานในแต่ละกิจกรรม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหัวหน้างานจะจัดสรรทรัพยากรเมื่อใกล้ถึงกำหนดเวลาเริ่มต้นของแต่ละงาน ทำให้ไม่ทราบตารางเวลาที่แน่นอนของคนงานแต่ละราย แม้ว่าหัวหน้างานจะสามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างต่อเนื่องและมีต้นทุนที่ต่ำ แต่บางครั้งการจัดสรรของหัวหน้างานอาจทำให้เกิดการโยกย้ายงานภายในกิจกรรมทำให้การดำเนินงานของทรัพยากรบางรายขาดประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากขาดความต่อเนื่องในการเรียนรู้ในการทำงาน (Learning Curve Effect) อีกทั้งยังส่งผลให้แรงงานมีรายได้ที่ไม่แน่นอน

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ในการเสนอแนวทางการใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบเพื่อช่วยในการค้นหารูปแบบการกำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรมีค่าต่ำที่สุด กรณีที่มีทรัพยากรเพียงพอต่อความต้องการ โดยมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแผนงานที่ประกอบไปด้วยจำนวนการบอกเลิกจ้างและการจ้างกลับเข้าทำงาน จำนวนวันว่างงาน และจำนวนรวมทรัพยากรที่โครงการต้องการ โปรแกรมต้นแบบได้ทดสอบการใช้งานกับโครงการขนาดเล็กและตรวจสอบความถูกต้องโดยการการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับการสร้างเวิร์คชีทเพื่อหาคำตอบโดย Microsoft Excel Solver

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chanwit Kangpanit 2013: Optimizing Individual Working Timetable for Multiskilled Workforce: A Case of Finish to Start Relationship. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Suneerat Kusalasai, Ph.D. 101 pages.

Nowadays, there is limited number of research related to the assignment of multi-skilled workforce and none of computer program can allocate such resources properly. Most of resource allocation techniques focus on the shape of the resource profile and the total number of resources required on a daily basis without considering the working timetable of an individual workforce. Generally, in a small to medium construction project, a foreman is responsible for assigning resources to a particular activity. Most of the time, this assignment is done when an activity is about to start. Therefore, working timetables of an individual resource cannot be known in advance. Although most foremen can allocate resources at low cost, there are many occasions that workers are forced to be idle between jobs or to suddenly change to different tasks. These could result in inefficiency and affect worker's income and their learning process.

This thesis proposes a framework of using genetic algorithm and a prototype of computer program to assist the search for the most cost-effective working timetable of an individual resource in a construction project with unlimited resources. In this study, the efficiency is measured in three dimensions including: the number of releases and re-hires, the number of resource idle days and the total number of resources required. The prototype program is tested with a small size project and the validation is done by comparing the result from the prototype and that from developing a worksheet to be solved by Microsoft excel solver.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ กุศลาศัย เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยอย่างดียิ่ง พร้อมทั้งสอนให้ความรู้ ให้แนวคิด ตลอดทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สุธาริน สถาปิตานนท์ และรองศาสตราจารย์สมชาย นำประเสริฐชัย รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดที่ข้าพเจ้าได้เรียนมา

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจอันดียิ่งเสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการศึกษาวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชาญวิทย์ กังพานิช

กุมภาพันธ์ 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	อัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือแรงงาน	5
2	ข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ ระยะเวลาของกิจกรรม และทรัพยากรที่ต้องการ	34
3	กำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมของโครงการตัวอย่างที่คำนวณตามหลักการ CPM	35
4	การคำนวณกำหนดเวลาทำงานหลังมีการเลื่อนระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม	37
5	ตัวอย่างของข้อมูลทรัพยากร	41
6	ข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ ระยะเวลา และความต้องการทรัพยากรของโครงการตัวอย่าง	65
7	ข้อมูลทรัพยากร ค่าจ้างแรงงาน และทักษะความสามารถ	66

ตารางผนวกที่

1	คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการใช้งานโปรแกรม	87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงข่าย CPM ในการวางแผนงาน	9
2	Sum of Squares Method (M_x)	11
3	Absolute Differences Between Resource Consumption in Consecutive Time Periods (*Abs-Diff*)	12
4	Deviation Between Actual Resource Usage and The Desirable or Uniform Resource Usage (*Res-Dev*)	12
5	Sum of Squares of Resource Change (*SRC*)	13
6	Release and Re-Hire (*RRH*)	14
7	Resource Idle Days (*RID*)	14
8	ขั้นตอนการทำงานของ Genetic Algorithm	18
9	สรุปขั้นตอนสำหรับการวางแผนของแรงงานหลายทักษะ	20
10	ประโยชน์ที่ลดลงจากจำนวนคนงานความสามารถหลายทักษะ	21
11	อัตราส่วนการทดแทนกันของทรัพยากรในโปรแกรม MURSA	22
12	ตัวอย่างการคำนวณและวางแผนงาน/กำหนดเวลาของคนงานหลายทักษะ	22
13	Resource Histogram and Moment Calculation	23
14	การกำหนด Parameter ในหน้าของ GA	25
15	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ Genetic Algorithm	26
16	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GAs แสดงในรูปแบบของต้นทุนในโครงการทั้งหมด	27
17	ชนิดของการผันผวนของทรัพยากร	27
18	วิธีการจัดทรัพยากรให้เรียบในแนวทางเดิมและแนวทางใหม่	28
19	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการกำหนดตารางเวลาของทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ	29
20	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ	32
21	โครงข่ายของโครงการตัวอย่าง	34
22	ตัวอย่างการสุ่มค่ายีนภายในโครโมโซม	36
23	การสืบพันธุ์แบบวิธี 1-point crossover และการกลายพันธุ์แบบวิธี 1-point mutation	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	แผนงาน Bar Chart และจำนวนความต้องการทรัพยากรในแต่ละวันของทรัพยากรประเภท X และ Y	39
25	ขั้นตอนการพัฒนาโครโมโซมเพื่อให้ได้ดัชนีชี้วัดความเรียบที่ต่ำที่สุด	40
26	ตัวอย่างการสุ่มค่ายีนในโครโมโซม	42
27	แสดงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในกิจกรรมในรูปแบบกล่องกิจกรรม	43
28	ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้กับทรัพยากร	44
29	ตัวอย่างการกำหนดกลุ่มกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรจากการกำหนดโครโมโซม	44
30	การกลายพันธุ์โครโมโซมตั้งต้นที่มีจำนวนกิจกรรมในการกลายพันธุ์ 3 กิจกรรม	45
31	ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมของโครโมโซมตั้งต้นที่ได้รับการกลายพันธุ์	46
32	ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรที่โครโมโซมตั้งต้นผ่านขั้นตอนทางพันธุศาสตร์	47
33	สรุปการวิเคราะห์การพัฒนาโครโมโซมเพื่อการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย	47
34	ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการกำหนดแผนงานตั้งต้น	49
35	ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการหาแผนงานที่เหมาะสม	51
36	ขั้นตอนการกำหนดและคัดเลือกโครโมโซม	52
37	ขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ของโปรแกรมต้นแบบ	53
38	ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย	55
39	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลกิจกรรม	56
40	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลทรัพยากร	57
41	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการ Import File	57
42	การนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงาน กรณีที่กิจกรรมได้ถูกกำหนดวันเริ่ม-เสร็จ	58
43	การแสดงผลในรูปแบบตารางแผนงาน/กำหนดเวลาทำงาน	59
44	การแสดงผลในรูปแบบ Bar Chart	59
45	ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดประกอบด้วยโมเมนต์รอบแกน x, การเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ และวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร	60
46	ตารางสรุปผลการจัดสรรทรัพยากรและค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากร	61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
47	Export ตารางสรุปผลการจัดสรรทรัพยากรและค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากรลงบน Microsoft Excel	62
48	การแสดงแผนงาน Bar Chart ของคนงานแต่ละราย	63
49	Export ข้อมูลแผนงาน Bar Chart ของแต่ละทรัพยากรลงบน Microsoft Excel	63
50	โครงข่ายกิจกรรมของโครงการตัวอย่างจากการคำนวณมือตามหลักการ CPM	67
51	กำหนดเวลาของกิจกรรมตามหลักการ CPM ด้วยโปรแกรมต้นแบบของโครงการตัวอย่าง	67
52	เวิร์กชีทแสดงตารางการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสม	69
53	เวิร์กชีทแสดง Bar Chart และตารางจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน	70
54	เวิร์กชีทแสดงตารางกราฟแท่งและการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากรแต่ละประเภท	70
55	เวิร์กชีทแสดงตารางผลรวมค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากร	71
56	การตั้งค่าพารามิเตอร์ใน Excel Solver ในการกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่เหมาะสม	71
57	หน้าต่างแสดง Answer Report ของการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสม	72
58	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต้นแบบโดย Optimize: M_x	72
59	เวิร์กชีทแสดงตารางการค้นหากิจกรรมที่จะให้แต่ละทรัพยากรดำเนินงาน	74
60	ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากร	75
61	การตั้งค่าพารามิเตอร์ใน Excel Solver ของทรัพยากรรายที่ 24 (W24)	76
62	หน้าต่างแสดง Answer Report ของผลการวิเคราะห์วันทำงานของทรัพยากรรายที่ 24 (W24)	76
63	ตารางผลการวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	หน้าต่างแรกของโปรแกรม	88
2	หน้าต่างเริ่มการทำงานของโปรแกรมต้นแบบแสดงในหน้า Input Data	89
3	การเพิ่มข้อมูลความต้องการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภท	90
4	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลของกิจกรรม	91
5	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลของทรัพยากร	92
6	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล Import & Export Data	93
7	หน้าต่าง Manual Schedule	94
8	หน้าต่าง Manual Schedule เป็นการนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาของกิจกรรม	95
9	หน้าต่าง Schedule เพื่อหากำหนดเวลาที่เหมาะสม	97
10	หน้าต่าง Bar Chart แสดงผลของแผนงาน	97
11	หน้าต่าง Index Comparison ตารางจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน และค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ	98
12	หน้าต่าง Resource Allocation แสดงตารางการทำงาน และผลรวมค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากร	99
13	หน้าต่าง Resource Timetable แสดงผลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

S	=	เวลาเริ่มโครงการ
T	=	เวลาเสร็จโครงการที่กำหนด
ES_1	=	เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมแรกในโครงข่าย
LF_e	=	เวลาเสร็จช้าสุดที่สุดของกิจกรรมท้ายสุดในโครงข่าย
$ES(x)$	=	เวลาเริ่มเร็วที่สุดของกิจกรรม x
$EF(x)$	=	เวลาเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม x
$LS(x)$	=	เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรม x
$LF(x)$	=	เวลาเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรม x
$Max(EF_i)$	=	ค่าที่มากที่สุดของเวลาเสร็จกิจกรรมเร็วสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่อยู่ก่อนหน้ากิจกรรม x
$Min(LS_j)$	=	ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาเริ่มช้าสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่ตามหลังกิจกรรม x
$Min(ES_j)$	=	ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาเริ่มเร็วสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่ตามหลังกิจกรรม x
$D(x)$	=	ระยะเวลาโดยประมาณของกิจกรรม x
M_X	=	โมเมนต์รอบแกน x
Abs-Diff	=	ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างความต้องการทรัพยากรในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน
$Res-Dev$	=	ค่าเบี่ยงเบนระหว่างการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นจริงและการใช้ทรัพยากรที่ต้องการ
SRC	=	ผลรวมกำลังสองของทรัพยากรที่เปลี่ยนแปลง
RRH	=	จำนวนการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ
RID	=	จำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร
r_t	=	ระดับการใช้ทรัพยากรในวันที่ t
r_T	=	ระดับการใช้ทรัพยากรในวันสุดท้ายของโครงการ
t	=	ระยะเวลา (วัน)
r_{t-1}	=	ระดับการใช้ทรัพยากรในวันก่อนหน้าวันที่ t
$\bar{r}$	=	ระดับการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย
Pool	=	จำนวนคนงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์หาตารางการทำงานของแรงงานหลายทักษะ กรณีความสัมพันธ์แบบ เสร็จ-เริ่ม

Optimizing Individual Working Timetable for Multiskilled Workforce : A Case of Finish to Start Relationship

คำนำ

กลุ่มคนงานเป็นทรัพยากรที่สำคัญสำหรับโครงการก่อสร้างทุกโครงการ จากประสบการณ์และการสำรวจเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าในโครงการก่อสร้างขนาดกลางและขนาดย่อม ผู้รับเหมาก่อสร้างมักมีกลุ่มคนงานเป็นของตัวเองและจะมีหัวหน้างานที่มีความรับผิดชอบในการจัดสรรคนงานเหล่านั้น ซึ่งหัวหน้างานจะใช้ประสบการณ์ในการจัดและกำหนดหน้าที่การทำงานในแต่ละวันที่ตนคิดว่าเหมาะสม โดยพิจารณาตามความสามารถ ความเชี่ยวชาญ ค่าจ้างแรงงาน และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามคิดค้นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากร และได้พัฒนาวิธีการที่เหมาะสม เพื่อผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ การใช้ทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ (Multiskilling) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจ ซึ่งแนวความคิดนี้จะกำหนดแผนการทำงานของทรัพยากร 1 รายให้สามารถปฏิบัติงานได้หลากหลายตามความสามารถและประสบการณ์ที่สามารถทำได้ ซึ่งนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Brusco and Johns (1996) และ Rodriguez (1998) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ช่างฝีมือที่มีความสามารถหลายทักษะว่าสามารถเพิ่มผลผลิต คุณภาพ และความต่อเนื่องในการทำงาน รวมถึงการเพิ่มความยืดหยุ่นในการกำหนดหน้าที่และการจัดสรรทรัพยากรของหัวหน้างานได้ แม้ว่าแนวทางการใช้ทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะมีการจัดการทรัพยากรในภาพรวมของโครงการ โดยที่มิได้พิจารณาตารางการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย ทำให้ระยะเวลาทำงานขาดความต่อเนื่อง อีกทั้งการกำหนดหน้าที่ของแต่ละทรัพยากรยังต้องอาศัยความสามารถของหัวหน้างานที่จะมอบหมายให้ทำงานในกิจกรรมที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพตามความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่มีเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาแนวทางการใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ในการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะให้กับกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม โดยพยายามทำให้ทรัพยากรแต่ละรายทำงานตามความสามารถและความถนัดได้อย่างต่อเนื่อง ลดต้นทุนในโครงการก่อสร้าง และลดจำนวนคนงาน (Size of Resource Pool) อีกทั้งพัฒนาแนวความคิดดังกล่าวขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบเพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจถึงการนำไปใช้

ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตในการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. การจัดสรรคนงานจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่โครงการจำกัดเวลาไม่จำกัดทรัพยากร

2. ความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคของแต่ละกิจกรรมเป็นแบบ เสร็จ-เริ่ม(Finish to Start)

3. ความเหมาะสมของผลที่ได้พิจารณาจากต้นทุนการใช้ทรัพยากรเป็นหลัก

4. อัตราการผลิตของทรัพยากรแต่ละรายมีค่าเท่ากัน

5. คนงานสามารถย้ายไปทำกิจกรรมอื่นได้ก็ต่อเมื่อได้ทำกิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จ

6. คนงานสามารถทำงานได้เพียง 1 ทักษะใน 1 กิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. คำจำกัดความของ Multi-Skill

ประชา (2009) ให้คำจำกัดความของคำว่า Multi-Skill คือ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความสามารถในหลายๆ ด้าน หรือเรียกว่า Multi-Skill โดยการใช้ความรู้ของบุคลากรมาเป็นฐานในการปฏิบัติ

เอกชัย (2011) ให้คำจำกัดความของคำว่า Multi-Skill คือ คนหนึ่งรู้หลายๆ งาน หนึ่งงานต้องรู้หลายๆ คน

และฐิติ (2011) ให้คำจำกัดความของคำว่า Multi-Skill คือ พนักงานหนึ่งคนมีทักษะที่หลากหลาย

ดังนั้น Multi-Skill คือ ผู้ที่มีความรู้และปฏิบัติในงานอาชีพมากกว่าหนึ่งอาชีพ ตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ตั้งแต่ระดับ 1 ขึ้นไป

มาตรฐานฝีมือแรงงาน หมายถึง ข้อกำหนดทางวิชาการที่ใช้เป็นเกณฑ์วัดระดับฝีมือ ความรู้ความสามารถและทัศนคติในการทำงาน โดยทั่วไปจำแนกฝีมือแรงงานออกเป็นระดับต่างๆ ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือและความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงานที่ต้องมีหัวหน้างานช่วยให้คำแนะนำหรือช่วยตัดสินใจในเรื่องสำคัญเมื่อจำเป็น

ระดับ 2 หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือระดับกลาง มีความรู้ ความสามารถ ทักษะ การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ได้ดี และประสบการณ์ในการทำงาน สามารถให้คำแนะนำผู้ใต้บังคับบัญชาได้และคุณภาพงานสูง

ระดับ 3 หมายถึง ผู้ที่มีฝีมือระดับสูง สามารถวิเคราะห์ วินิจฉัยปัญหา การตัดสินใจ รู้ขั้นตอนกระบวนการของงานเป็นอย่างดี สามารถช่วยแนะนำงานฝีมือผู้ใต้บังคับบัญชาได้ดี สามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้หนังสือคู่มือ นำความรู้และทักษะมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีใหม่ได้ โดยเฉพาะการตัดสินใจและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม

เกณฑ์การพิจารณาประเมินผลการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ จะคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน
2. ความปลอดภัยในการทำงาน
3. วิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง
4. การใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือ
5. การเลือกและใช้วัสดุได้ถูกต้องอย่างประหยัด
6. การใช้เวลาในการปฏิบัติงานตามกำหนด
7. ผลงานสำเร็จได้คุณภาพเป็นที่ยอมรับ

คณะกรรมการค่าจ้างได้ออกประกาศอัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือแรงงาน (ฉบับที่ 3) เมื่อวันที่ 6 มีนาคม 2555 ให้ใช้อัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือในแต่ละสาขาอาชีพ และแต่ละระดับ และคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบวันที่ 20 มีนาคม 2554 และนำลงประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2555 โดยมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2555 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 อัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือแรงงาน

กลุ่มอาชีพ		ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
ก่อสร้าง				
ช่างไม้ก่อสร้าง	ไม่น้อยกว่า	385	495	605
ช่างก่ออิฐ	ไม่น้อยกว่า	345	465	585
ช่างฉาบปูน	ไม่น้อยกว่า	385	495	605
ช่างอะลูมิเนียมก่อสร้าง	ไม่น้อยกว่า	365	475	585

นอกจากนี้ในภาคส่วนของจังหวัดต่างๆ ยังได้แบ่งประเภทฝีมือแรงงานที่เกี่ยวกับงานก่อสร้างอีกมากมายได้แก่ ช่างฉาบยิปซั่ม ช่างมุงหลังคา ช่างเหล็ก ช่างหินขัด ผู้ควบคุมปั่นจั่นหอสูง ช่างไฟฟ้าในอาคาร ช่างไฟฟ้านอกอาคาร ช่างติดตั้งยิปซั่ม และช่างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น

2. ทฤษฎีการวางแผนงานก่อสร้าง

วิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม เพื่อวางแผนงานและควบคุมทรัพยากรและต้นทุนโครงการก่อสร้าง พัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี 1956 โดยแผนกบริการวิศวกรรมของบริษัท E.I. Du Pont de Nemous ซึ่งได้รับความช่วยเหลือจากกลุ่มคอมพิวเตอร์จาก Remington Rand UNIVAC ซึ่ง CPM เป็นวิธี Network Analysis ที่สามารถวิเคราะห์หาเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จที่เร็วสุดและช้าสุดของกิจกรรมก่อสร้างได้ นอกจากนี้ยังสามารถระบุถึงกิจกรรมและเส้นทางวิกฤตของกิจกรรม รวมถึงระยะเวลาลอยตัวหรือระยะเวลาที่แต่ละกิจกรรมสามารถล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมที่ตามมาหรือต่อวันแล้วเสร็จของโครงการ

องค์ประกอบของโครงข่าย

องค์ประกอบของโครงข่ายได้แก่ กิจกรรม ระยะเวลาของกิจกรรม และความสัมพันธ์ก่อนหลังของกิจกรรม จากองค์ประกอบดังกล่าวสามารถที่จะเขียนเป็นโครงข่ายและคำนวณค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมได้ เช่น เวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Early Start, *ES* และ Early

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Finish, *EF*) เวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จช้าที่สุด (Late Start, *LS* และ Late Finish, *LF*) ระยะเวลาลอยตัว (Float) ของกิจกรรมต่างๆ ระยะเวลาของโครงการ กิจกรรมวิกฤต และเส้นทางวิกฤต ซึ่งทำให้สามารถกำหนดความสำคัญก่อนหลังในการใช้ทรัพยากรของโครงการ

ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมสามารถเขียนได้ 4 ลักษณะ ได้แก่

1. ความสัมพันธ์แบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start, F-S) หมายถึง กิจกรรมหลังจะเริ่มทำได้ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้ทำเสร็จสมบูรณ์

2. ความสัมพันธ์แบบเสร็จ-เสร็จ (Finish to Finish, F-F) หมายถึง กิจกรรมหลังจะเสร็จต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้ทำเสร็จสมบูรณ์

3. ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เริ่ม (Start to Start, S-S) หมายถึง กิจกรรมหลังจะเริ่มได้ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้เริ่มแล้วเท่านั้น

4. ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เสร็จ (Start to Finish, S-F) หมายถึง กิจกรรมหลังจะเสร็จได้ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้เริ่มแล้วเท่านั้น

นอกจากนี้จากความสัมพันธ์ทั้ง 4 ลักษณะยังสามารถเพิ่มระยะเวลาระหว่างกิจกรรมเพื่อแสดงถึงการรอการทำงานของกิจกรรมที่มาก่อน ระยะเวลาที่ระบุระหว่างกิจกรรมเรียกว่า Lead และ Lag โดยที่

- Lead Time หมายถึง ระยะเวลาที่จะเริ่มกิจกรรมถัดมาได้ เมื่อเริ่มกิจกรรมก่อนหน้าไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง

- Lag Time หมายถึง ระยะเวลาที่จะเริ่มกิจกรรมถัดมาได้ เมื่อเสร็จกิจกรรมก่อนหน้าไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณเวลาบนโครงข่าย

การคำนวณไปข้างหน้า (Forward Pass) เป็นการคำนวณหาวันเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Early Start, *ES* และ Early Finish, *EF*)

สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$ES_1 = S \quad (1ก)$$

$$ES(x) = Max(EF_i) \quad (1ข)$$

$$EF(x) = ES(x) + D(x) \quad (1ค)$$

การคำนวณย้อนกลับ (Backward Pass) เป็นการคำนวณหาวันเริ่มต้นและแล้วเสร็จช้าที่สุด (Late Start, *LS* และ Late Finish, *LF*)

สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$LF_e = T \quad (2ก)$$

$$LF(x) = Min(LS_j) \quad (2ข)$$

$$LS(x) = LF(x) - D(x) \quad (2ค)$$

การคำนวณเวลาลอยตัวรวม (Total Float, *TF*) หมายถึง ระยะเวลาที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถที่จะล่าช้าออกไปได้โดยไม่ทำให้โครงการล่าช้า

สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$TF(x) = LS(x) - ES(x) \quad (3ก)$$

หรือ $$TF(x) = LF(x) - EF(x) \quad (3ข)$$

การคำนวณเวลาลอยตัวอิสระ (Free Float, *FF*) หมายถึง ระยะเวลามากที่สุดที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถที่จะล่าช้าออกไปได้โดยไม่ทำให้กิจกรรมที่ตามหลังล่าช้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$FF(x) = Min(ES_j) - EF(x) \quad (4)$$

โดยที่ S = เวลาเริ่มโครางการ

T = เวลาเสร็จโครงการที่กำหนด

ES_1 = เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมแรกในโครงข่าย

LF_e = เวลาเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรมสุดท้ายในโครงข่าย

$ES(x)$ = เวลาเริ่มเร็วที่สุดของกิจกรรม x

$EF(x)$ = เวลาเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม x

$LS(x)$ = เวลาเริ่มช้าที่สุดของกิจกรรม x

$LF(x)$ = เวลาเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรม x

$Max(EF_i)$ = ค่าที่มากที่สุดของเวลาเสร็จกิจกรรมเร็วสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่อยู่ก่อนหน้ากิจกรรม x

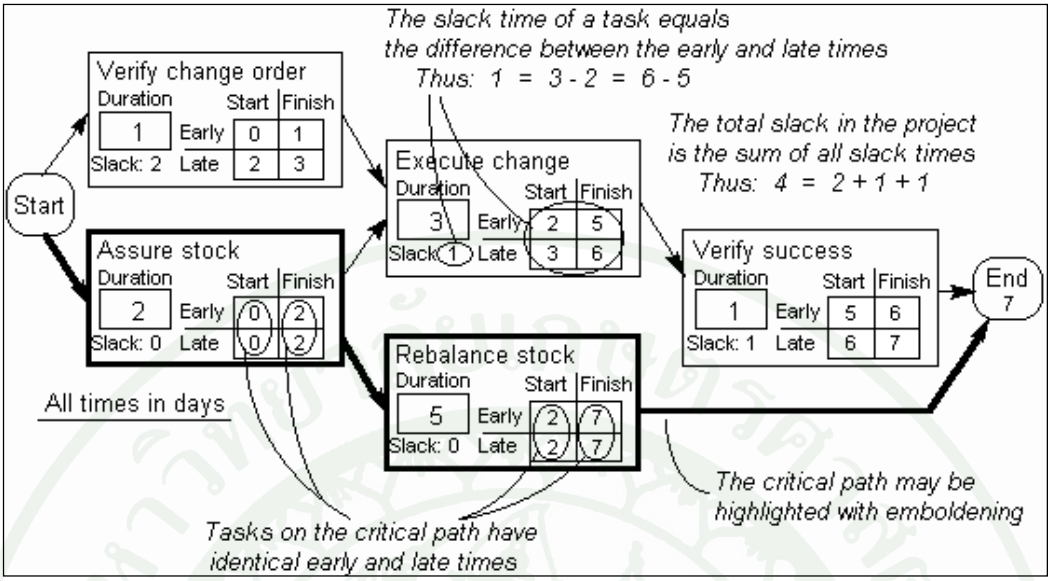
$Min(LS_j)$ = ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาเริ่มช้าสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่ตามหลังกิจกรรม x

$Min(ES_j)$ = ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาเริ่มเร็วสุดของกิจกรรมต่างๆ ที่ตามหลังกิจกรรม x

$D(x)$ = ระยะเวลาโดยประมาณของกิจกรรม x

เส้นทางวิกฤติ (Critical Path, CP) หมายถึง สายงานของกิจกรรมจากจุดเริ่มโครงข่ายสู่จุดสุดท้ายของโครงข่ายที่มีระยะเวลาลอยตัวน้อยที่สุด ในกรณีที่เวลาเสร็จของโครงการเท่ากับ เวลาเสร็จเร็วสุดของกิจกรรมสุดท้าย เวลาลอยตัวจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นการรวมระยะเวลาของกิจกรรมทั้งหมดบนเส้นทางวิกฤตคือระยะเวลาของโครงการนั้นเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 โครงข่าย CPM ในการวางแผนงาน

ที่มา: Syque (2010)

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างการคำนวณและวางแผนงานด้วยวิธี CPM ที่มีกิจกรรมจำนวน 5 กิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Early Start, *ES* และ Early Finish, *EF*) เวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จช้าที่สุด (Late Start, *LS* และ Late Finish, *LF*) ระยะเวลาลอยตัวรวม (Total Float, *TF*) แผนการทำงานของแต่ละกิจกรรมถูกกำหนดจากความสัมพันธ์และลำดับการทำงานก่อน-หลัง จากภาพเส้นความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่วิกฤตคือ กิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวเท่ากับศูนย์ กิจกรรมดังกล่าวจะแสดงให้เห็นเป็นเส้นทึบตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ หากกิจกรรมดังกล่าวนี้ไม่สามารถก่อสร้างได้เสร็จทันเวลาตามแผนงาน ระยะเวลาของโครงการจะเพิ่มขึ้น

3. ทฤษฎีการจัดการทรัพยากร

การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทรัพยากรให้แก่กิจกรรมต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และอาจมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน เช่น จำกัดเวลาไม่จำกัดทรัพยากร (Time Constraint) จำกัดทรัพยากรไม่จำกัดเวลา (Resource Constraint) จำกัดทั้งทรัพยากรและเวลา (Resource and Time Constraint) ไม่จำกัดเวลาและทรัพยากร (No Constraint) การแก้ปัญหาโจทย์อย่างง่ายอาจทำได้โดยวิธีฮิวริสติค (Heuristic Method) เช่น งานวิจัยของ Wiest

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1964) และวิธีการที่ซับซ้อนรวมไปถึงการใช้ Integer Programming, Branch-and-Bound และ Dynamic Programming Gavish and Pirkul (1991) แต่ไม่มีวิธีใดที่สามารถรับรองได้ว่าจะสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทุกปัญหา Moselhi and Lorterapong (1993) และ Allam (1988)

การใช้วิธีฮิวริสติค (Heuristic Method) ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ เป็นการเลือกใช้กฎเกณฑ์ เช่น Minimum Total-Slack ในการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม เพื่อให้กิจกรรมนั้นถูกดำเนินการก่อนกิจกรรมอื่น ซึ่งพิจารณาจากจำนวนวันว่างงานระหว่างกิจกรรมรวมที่น้อยที่สุด ดังนั้นกิจกรรมอื่นๆ ที่มีความสำคัญรองลงมาอาจจำเป็นต้องเลื่อนวันเริ่มงาน และเมื่อมีสองกิจกรรมหรือมากกว่าที่มี Total Float เท่ากัน เงื่อนไขอื่นๆ เช่น Shortest Duration อาจนำมาใช้เพื่อเลือกกิจกรรมต่อไป ในขั้นตอนการวางแผนตั้งแต่เริ่มโครงการสามารถกำหนดกิจกรรมที่มีสิทธิใช้ทรัพยากรตามโครงข่ายและคำนวณทรัพยากรโดยใช้กฎฮิวริสติคซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าทุกกิจกรรมของโครงการมีข้อกำหนดโดยไม่ละเมิดความสัมพันธ์หรือทรัพยากรที่มีจำกัด แต่จะเกินเวลาที่กำหนดโดยการวิเคราะห์จาก CPM เดิม

การจัดทรัพยากรให้เรียบ (Resource Leveling) มีวัตถุประสงค์ที่จะพยายามลดความผันผวนของอัตราการใช้ทรัพยากรโดยระยะเวลาของโครงการไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งทำได้โดยการเลื่อนกิจกรรมที่ไม่วิกฤต (Noncritical Activity) ภายในระยะเวลาลอยตัว (Float) เพื่อไม่ให้โครงการเกิดความล่าช้า ในการเลื่อนกิจกรรมแต่ละครั้ง ค่าดัชนีชี้วัดความเรียบของการใช้ทรัพยากรจะถูกตรวจสอบให้เป็นไปตามรูปแบบที่ผู้วางแผนกำหนดซึ่งมีนักวิจัยได้เสนอดัชนีในการคำนวณ Resource Leveling หลายดัชนีด้วยกันดังนี้

3.1 โมเมนต์รอบแกน x หรือ Minimum Moment Method (M_x) Ahuja (1976), Harris (1978) และ Son and Skibniewski (1999) คือ ผลรวมกำลังสองของจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน คำนวณได้ตามสมการที่ 5 และแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งการเลื่อนกิจกรรมที่ไม่วิกฤตแต่ละครั้ง ค่า M_x ภายหลังการเลื่อนควรมีค่าลดลง โดยค่า M_x ที่น้อยที่สุดจะทำให้ Resource Profile มีลักษณะเข้าใกล้รูปทรงสี่เหลี่ยม

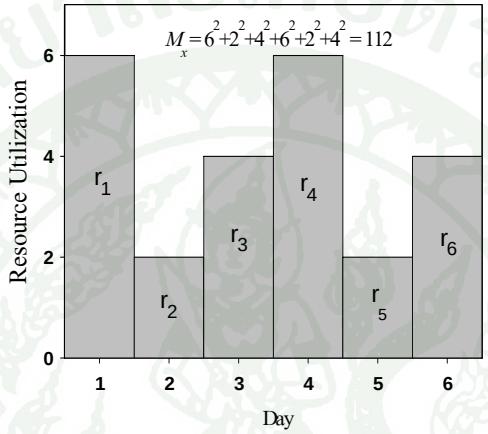
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$M_X = \sum_{t=1}^{T} (r_t)^2 \quad (5)$$

โดยที่ r_t = ระดับการใช้ทรัพยากรในวันที่ t

r_T = ระดับการใช้ทรัพยากรในวันสุดท้ายของโครงการ

t = ระยะเวลา (วัน)



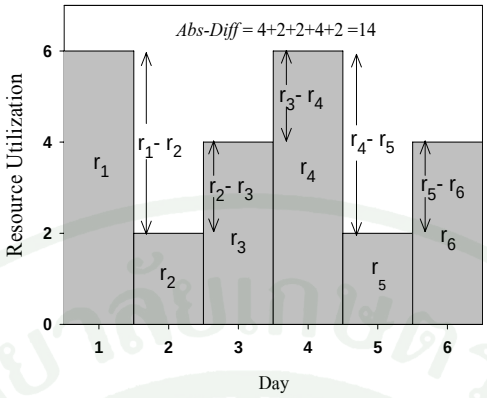
ภาพที่ 2 Sum of Squares Method (M_x)

3.2 ผลรวมค่าสัมบูรณ์ของผลต่างความต้องการทรัพยากรในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันหรือ Absolute Differences Between Resource Consumption in Consecutive Time Periods (*Abs-Diff*) Senouci and Adeli (2001) คือ ผลรวมค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างการใช้ทรัพยากรในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันหรือผลรวมการเปลี่ยนแปลงระดับการใช้ทรัพยากรรายวัน คำนวณได้ตามสมการที่ 6 และแสดงในภาพที่ 3

$$Abs - Diff = \left[\sum_{t=2}^{T} |r_{t-1} - r_t| \right] \quad (6)$$

โดยที่ r_{t-1} = ระดับการใช้ทรัพยากรในวันก่อนหน้าวันที่ t

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

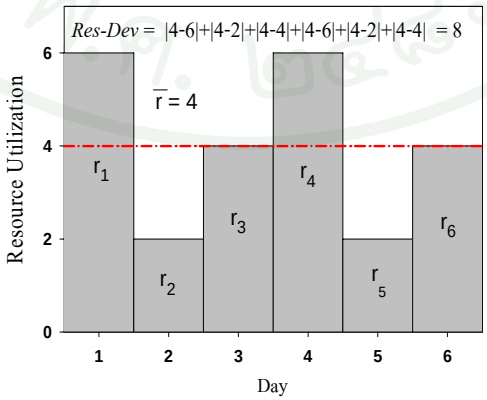


ภาพที่ 3 Absolute Differences Between Resource Consumption in Consecutive Time Periods (*Abs-Diff*)

3.3 ค่าเบี่ยงเบนระหว่างการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นจริงและการใช้ทรัพยากรที่ต้องการหรือ Deviation Between Actual Resource Usage and The Desirable or Uniform Resource Usage (*Res-Dev*) Akpan (2000), Mattila and Abraham (1998) และ Son and Mattila (2004) คือ ผลรวมความแตกต่างหรือระยะห่างระหว่างอัตราการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันกับอัตราการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย คำนวณได้ตามสมการที่ 7 และแสดงในภาพที่ 4

$$Res - Dev = \left[\sum_{t=1}^{T} \left| \bar{r} - r_t \right| \right] \tag{7}$$

โดยที่ $\bar{r}$ = ระดับการใช้ทรัพยากรเฉลี่ย

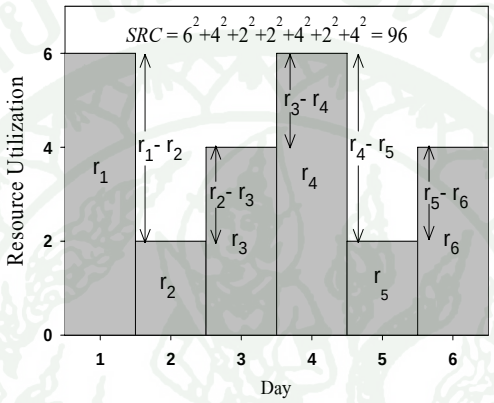


ภาพที่ 4 Deviation Between Actual Resource Usage and The Desirable or Uniform Resource Usage (*Res-Dev*)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 ผลรวมกำลังสองของทรัพยากรที่เปลี่ยนแปลงหรือ Sum of Squares of Resource Change (*SRC*) Ahuja (1976) คือ ผลรวมกำลังสองของผลต่างการใช้ทรัพยากรที่ต่อเนื่องกัน คำนวณได้ตามสมการที่ 8 และแสดงในภาพที่ 5

$$SRC = \left[\sum_{t=2}^{T} r_1^{\,2} + (r_{t-1} - r_t)^2 + r_T^{\,2} \right] \tag{8}$$



ภาพที่ 5 Sum of Squares of Resource Change (*SRC*)

3.5 การเลิกจ้างแล้วจ้างกลับหรือ Release and Re-Hire (*RRH*) El-Rayes and Jun (2009) คือ จำนวนรวมทั้งหมดของทรัพยากรที่จำเป็นต้องปล่อยออกไปในช่วงความต้องการทรัพยากรต่ำและมีการจ้างเพิ่มในช่วงความต้องการสูง คำนวณได้ตามสมการที่ 9ก ถึง 9ง และแสดงในภาพที่ 6

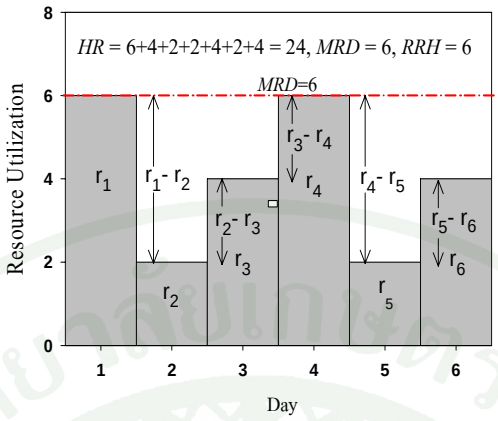
$$RRH = H - MRD \tag{9ก}$$

$$H = \frac{1}{2} \times HR \tag{9ข}$$

$$HR = \left[r_1 + \sum_{t=2}^{T} \left| r_{t-1} - r_t \right| + r_T \right] \tag{9ค}$$

$$MRD = Max(r_1, r_2, ..., r_T) \tag{9ง}$$

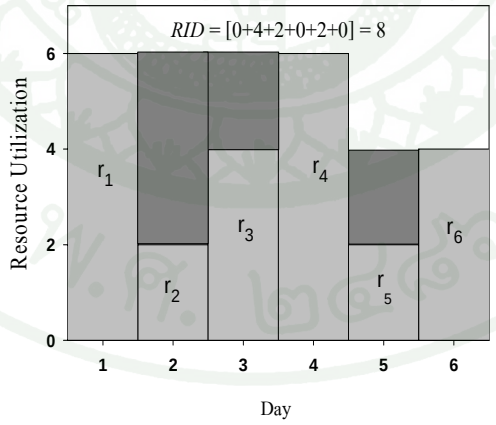
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 Release and Re-Hire (*RRH*)

3.6 วันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากรหรือ Resource Idle Days (*RID*) El-Rayes and Jun (2009) คือ ผลรวมของจำนวนทรัพยากรไม่ถูกกำหนดหน้าที่รับผิดชอบระหว่างการจ้างงานคำนวณได้ตามสมการที่ 10 และแสดงในภาพที่ 7

$$RID = \sum_{t=1}^{T} \left[Min \begin{Bmatrix} Max\ (r_1, r_2, ..., r_t), \\ Max\ (r_t, r_{t-1}, ..., r_T) \end{Bmatrix} - r_t \right] \qquad (10)$$



ภาพที่ 7 Resource Idle Days (*RID*)

ภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความเรียบของโครงการก่อสร้างตัวอย่างซึ่งมีระยะเวลาทำงานรวม 6 วัน ความต้องการการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเท่ากับ 6, 2, 4, 6, 2 และ 4 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm)

Evolutionary Strategies เป็นเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพบนพื้นฐานความคิดของการปรับตัวและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ค้นพบโดย Rechenber ในประเทศเยอรมนีในปี 1960 เป็นจุดเริ่มต้นการพัฒนา Genetic Algorithm ในสหรัฐอเมริกาในปี 1975 Genetic Algorithm ถูกค้นพบโดย Holland ต่อมาในปี 1992 Koza ได้ใช้ Genetic Algorithm พัฒนาโปรแกรม Evolve หรือเรียกว่า Genetic Programming ทั้ง Genetic Algorithm และ Genetic Programming อยู่บนพื้นฐานการพัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตามหลักของธรรมชาติที่ว่าด้วย ทฤษฎีการคัดเลือกตามธรรมชาติ และทฤษฎีการสืบทอดลักษณะทางพันธุศาสตร์ของยีน

Genetic Algorithm เป็นวิธีการที่มาจากกระบวนการทางพันธุศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตจากการวิวัฒนาการ หรือ การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต เป็นการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ช่วยให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหาที่ตรงกับความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ใน Genetic Algorithm โดยมีการสับเปลี่ยนหรือกลายพันธุ์ของยีนภายในโครโมโซม เพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพ มีการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในทางด้านปัญญาประดิษฐ์ต่างๆ ในงานออกแบบสินค้า ออกแบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ค และตรวจสอบระบบการทำงานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Genetic Algorithm มีขั้นตอนการทำงานแสดงในภาพที่ 8 และอธิบายแต่ละขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. การกำหนดค่าตัวแปร (Define Function and Variables) สมการค่าความเหมาะสมที่ใช้ใน Genetic Algorithm โดยกำหนด Variable, Objective Function และโจทย์ที่ต้องการ Optimize ว่ามีปัจจัยอะไรที่มีผลต่อค่าความเหมาะสมและทำการสร้างฟังก์ชันสำหรับคำนวณค่าความเหมะสมขึ้นมาเพื่อนำเสนอทางเลือกที่สามารถเป็นไปได้ในแต่ละปัญหาที่จะใช้ในขั้นต่อไป

2. สร้างประชากรต้นกำเนิด (Generate Initial Population) ทำการสร้างประชากรชุดแรกเท่ากับจำนวนประชากรสูงสุดที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจสร้างขึ้นมาโดยการสุ่ม หรือกำหนดขึ้นเองเพื่อที่จะนำเข้าไปในกระบวนการถ่ายทอดทางพันธุศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การคัดเลือกทางธรรมชาติ (Decode Chromosome) เป็นการคัดเลือกโครโมโซม ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดออกตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ทำให้เหลือโครโมโซมอยู่จำนวนหนึ่งสำหรับทำการสืบพันธุ์ (Mating)

4. การเลือกสรร (Select Mates) ทำการจับคู่โครโมโซมที่เหลือเพื่อทำการสืบพันธุ์ (Mating) โดยใช้วิธีการจับคู่ที่กำหนดขึ้น ซึ่งวิธีการเลือกคู่โครโมโซมขึ้นมามีหลายวิธีดังต่อไปนี้

4.1 จับคู่โครโมโซมที่อยู่ติดกัน เป็นการจับโครโมโซมจากบนลงล่างหรือจากซ้ายไปขวาจากการเรียงลำดับของโครโมโซม

4.2 จับคู่โดยการสุ่ม โดยความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกสุ่มขึ้นมานั้นมีเท่ากัน

4.3 จับคู่โดยการสุ่มแบบถ่วงน้ำหนัก วิธีนี้ความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกสุ่มขึ้นมานั้นมีไม่เท่ากัน โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักมี 2 วิธี คือ

4.3.1 ถ่วงน้ำหนักโดยดูจากอันดับ วิธีนี้จะคิดความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกสุ่มขึ้นมาตามลำดับ โดยคำนวณความน่าจะเป็นของโครโมโซมแต่ละตัวจากลำดับของโครโมโซม

4.3.2 ถ่วงน้ำหนักโดยดูจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซม วิธีนี้จะคำนวณความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกสุ่มขึ้นมา จากค่าความเหมาะสมของโครโมโซม ตัวนั้นๆ โดยค่าความเหมาะสมที่นำมาคำนวณนั้น ต้องทำการ Normalize ก่อนการคำนวณความน่าจะเป็นของโครโมโซมแต่ละตัว

4.4 การเลือกแบบ Tournament วิธีนี้จะทำการสุ่มโครโมโซม ขึ้นมาจำนวนหนึ่งก่อนแล้วค่อยเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดในกลุ่มออกมา

5. การสืบพันธุ์ (Mating) เป็นการนำโครโมโซมที่จับคู่ไว้จากขั้นตอน Select Mates มาสร้างเป็นโครโมโซม ใหม่โดยการทำ Crossover ระหว่างโครโมโซม

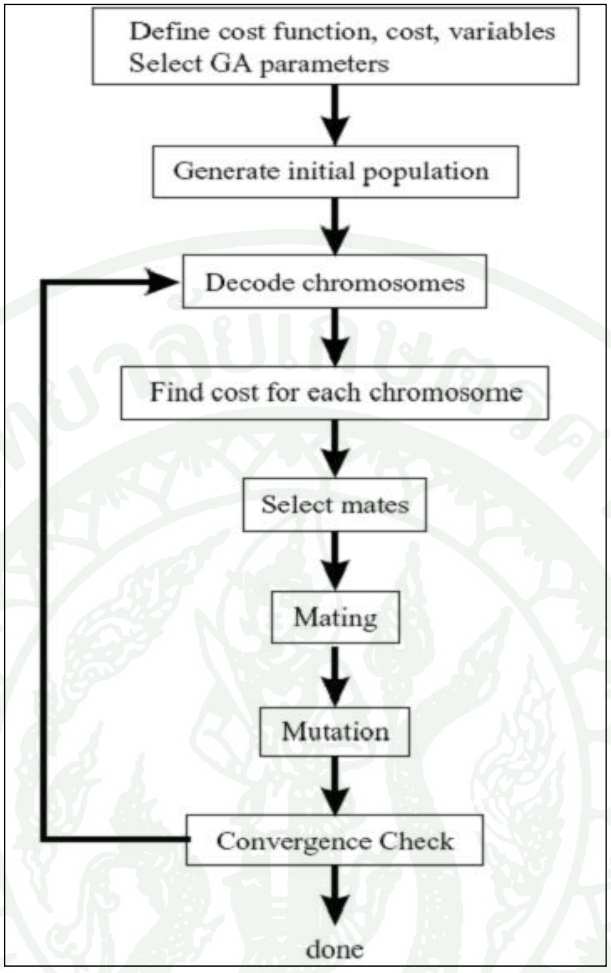
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การกลายพันธุ์ (Mutation) ทำการเปลี่ยนแปลงยีนโดยการสุ่มตำแหน่งของยีนที่จะเปลี่ยนแปลงขึ้นมาตามอัตราส่วนการเกิด Mutation ที่กำหนดไว้ โดยการเปลี่ยนแปลงคือการเปลี่ยนค่าของ Bit จาก 0 เป็น 1 หรือ จาก 1 เป็น 0 ในกรณีที่เป็นแบบ Bit String โดยจะยกเว้นไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดในขณะนั้น และจะไม่มีการ Mutation ในการทำงานรอบสุดท้าย

7. ตรวจสอบการลู่เข้าของค่าความเหมาะสม (Convergence Check) Genetic Algorithm จะทำงานแบบ Iterative นับประชากรในแต่ละ Iteration เป็นรุ่น Generation ซึ่งจะมีการนำโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ต้องการในแต่ละรุ่นกลับมาใช้ในขั้นตอนของการคัดเลือกทางธรรมชาติ และจะหยุดทำงานเมื่อคำตอบที่ได้มีค่าความเหมาะสมในระดับที่ต้องการหรือค่าความเหมาะสมที่สุดในแต่ละรุ่นมีค่าเท่ากัน หรือทำงานครบตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้

8. จบการทำงาน เลือกโครโมโซม ที่มีค่าความเหมาะสมที่สุดเป็นคำตอบของปัญหา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของ Genetic Algorithm

ที่มา: The Code Project (2005)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brusco and Johns (1996) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Staffing a Multi-skilled Workforce with Varying Levels of Productivity : An analysis of Cross-Training Policies โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบผลกระทบของความหลากหลายของทักษะฝีมือแรงงานกับระดับความเชี่ยวชาญของพนักงานโรงงานกระดาษ ซึ่งขั้นตอนในการวิจัยได้ใช้ Integer goal-programming ทดสอบโดยการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานและการซ่อมบำรุงภายในโรงงานกระดาษ ทั้งความหลากหลายของทักษะฝีมือแรงงานและระดับความเชี่ยวชาญของพนักงาน โดยมีการวัดผลเพื่อทดสอบระหว่างสอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัย ผลการศึกษาพบว่าความหลากหลายของทักษะฝีมือแรงงานมีผลอย่างมากต่อจำนวนพนักงานที่ต้องการและสำคัญกว่าระดับความเชี่ยวชาญของพนักงาน

Rodriguez (1998) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Planning and Scheduling a Multiskilled Workforce โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจแนวทางปฏิบัติในปัจจุบันและพัฒนาแนวทางการใช้กลุ่มคนงานความสามารถหลายทักษะ (Multiskilling) ที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนงานและจัดทำกำหนดเวลาโครงการในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ในขั้นตอนการวิจัยได้มีการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องต่างๆ ในโครงการเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติและประโยชน์ที่ได้รับของการใช้กลุ่มคนงานความสามารถหลายทักษะ (Multiskilling) ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและมีการพัฒนาวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนดังแสดงไว้ในภาพที่ 9 ผลการศึกษาพบว่า

1. บริษัทส่วนใหญ่เห็นว่าการใช้คนงานที่มีความสามารถหลายทักษะสามารถช่วยลดต้นทุนการทำงานของบริษัท

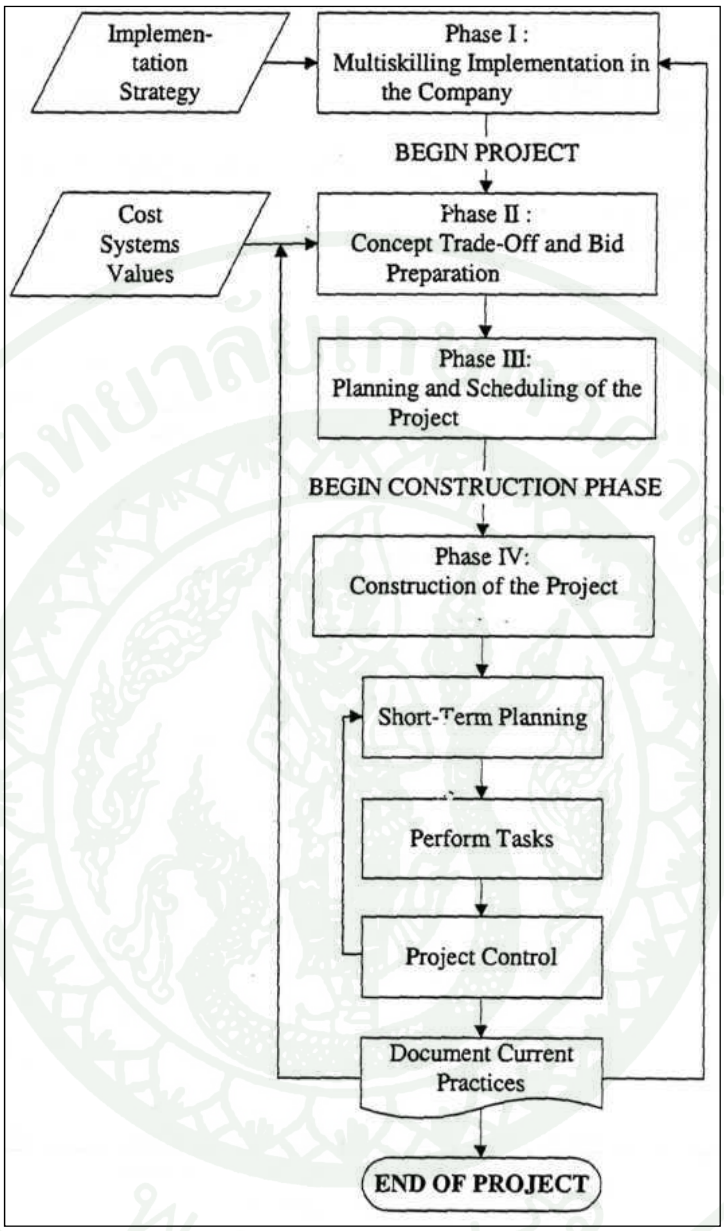
2. การวางแผนโดยใช้คนงานที่มีความสามารถหลายทักษะอย่างเหมาะสม ช่วยให้คนงานทำงานได้อย่างเต็มที่และลดอัตราความต้องการของคนงาน

3. การใช้คนงานความสามารถหลายทักษะจะสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับความสามารถของหัวหน้างานในการจัดสรรและสร้างทีมที่ประสิทธิภาพ

4. บริษัทให้ความสำคัญกับการจัดทำฐานข้อมูลของคนงาน ประสบการณ์และทักษะ มีการให้คำปรึกษาเมื่อมีการจัดสรรคนงาน เพื่อแนะนำให้กับหัวหน้างาน

5. บริษัทที่เข้าร่วมสามารถปรับปรุงและจัดสรรคนงานได้อย่างประสิทธิภาพขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



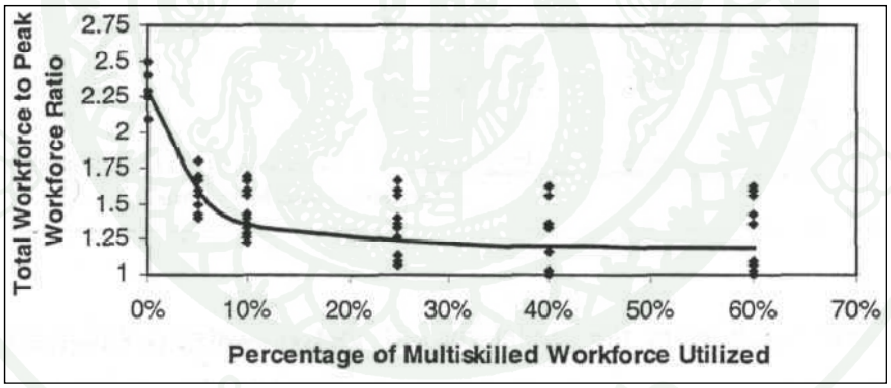
ภาพที่ 9 สรุปขั้นตอนสำหรับการวางแผนของแรงงานหลายทักษะ

ที่มา: Rodriguez (1998)

Hass *et al.* (2000) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Assignment and Allocation Optimization of a Partially Multiskilled Workforce โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรกลุ่มคนงานและการมอบหมายงานให้กับกลุ่มคนงานที่มีความสามารถหลายทักษะ ซึ่งพยายามจัดสรรให้คนงานทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และวิเคราะห์หาจำนวนคนงานความสามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลายทักษะที่ต้องมีอยู่ในโครงการโดยเป็นการเขียนสูตรที่อยู่ในโปรแกรม General Algebraic Modeling System (GAMS) และ Model ที่มีชื่อว่า The Multiskilled Allocation Model for Optimazation (MAMO) ซึ่ง Model ได้คำนึงถึงการลดจำนวนคนงาน ลดการสับเปลี่ยนงาน และลดการไล่ออกแล้วจ้างใหม่ จากการศึกษาพบว่าการใช้คนงานที่มีความสามารถหลายทักษะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าการใช้คนงานที่มีทักษะเดียว โดยคนงานมีส่วนร่วมในการทำงานมากขึ้น ระยะเวลาการทำงานเพิ่มขึ้นและประโยชน์ของกลุ่มคนงานความสามารถหลายทักษะ ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของจำนวนคนงานทั้งหมดเทียบกับจำนวนคนงานที่ต้องการใช้สูงสุดในแต่ละวันกับจำนวนคนงานที่มีความสามารถหลายทักษะในโครงการ จะเห็นได้ว่าผลประโยชน์จากการใช้คนงานที่มีความสามารถหลายทักษะจะเกิดขึ้นมากที่สุดจะอยู่ในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์ของคนงานทั้งหมด หลังจากนั้นประโยชน์ที่ได้รับจะลดน้อยลงซึ่งทำให้เห็นว่าโครงการไม่จำเป็นต้องมีคนงานความสามารถหลายทักษะทั้งโครงการแต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างคนงานความสามารถหลายทักษะด้วย ซึ่งโดยปกติจะมีค่าจ้างค่อนข้างสูงกว่าคนงานความสามารถทักษะเดียว



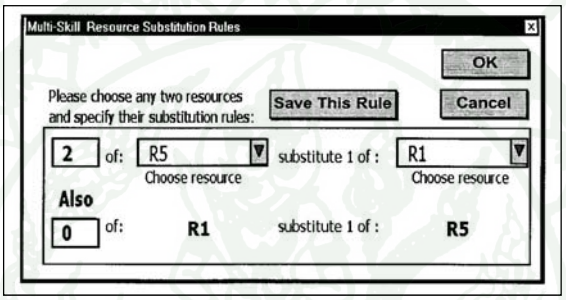
ภาพที่ 10 ประโยชน์ที่ลดลงจากจำนวนคนงานความสามารถหลายทักษะ

ที่มา: Hass *et al.* (2000)

Hegazy *et al.* (1999) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Algorithm for Scheduling with Multiskilled Constrained Resources โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หากำหนดเวลาโดยที่มีทรัพยากรอยู่จำกัด เป็นการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบที่มีชื่อว่า MURSA โดยมีสมมุติฐานว่าหากกลุ่มคนงานที่มีฝีมือทักษะหนึ่งขาดแคลน กลุ่มคนงานที่มีฝีมือทักษะอื่นสามารถทดแทนกลุ่มคนงานที่มีฝีมือในทักษะที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขาดแคลนได้ด้วยอัตราส่วนที่คงที่ค่าหนึ่ง สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีจำนวนคนงานที่มีความสามารถแต่ละทักษะค่อนข้างจำกัดและใช้หลักการฮิวริสติค โดยการใช้ Minimum Late Start เพื่อตัดสินใจว่ากิจกรรมใดควรได้รับทรัพยากรก่อนและกิจกรรมอื่นจะเกิดความล่าช้าตามความสัมพันธ์ของกิจกรรม โดยการเขียนโปรแกรมแมโคร ให้ทำงานอัตโนมัติกับ Microsoft Project ในภาพที่ 11 เป็นสมมุติฐานในการทดแทน เช่น 2 R5 = 1 R1 และในภาพที่ 12 เป็นตัวอย่างการคำนวณแผนงาน/กำหนดเวลาของคนงานหลายทักษะ จากการศึกษาพบว่าการใช้กลุ่มคนงานที่มีความสามารถหลายทักษะช่วยลดระยะเวลาของโครงการได้



ภาพที่ 11 อัตราส่วนการทดแทนกันของทรัพยากรในโปรแกรม MURSA

ที่มา: Hegazy *et al.* (1999)

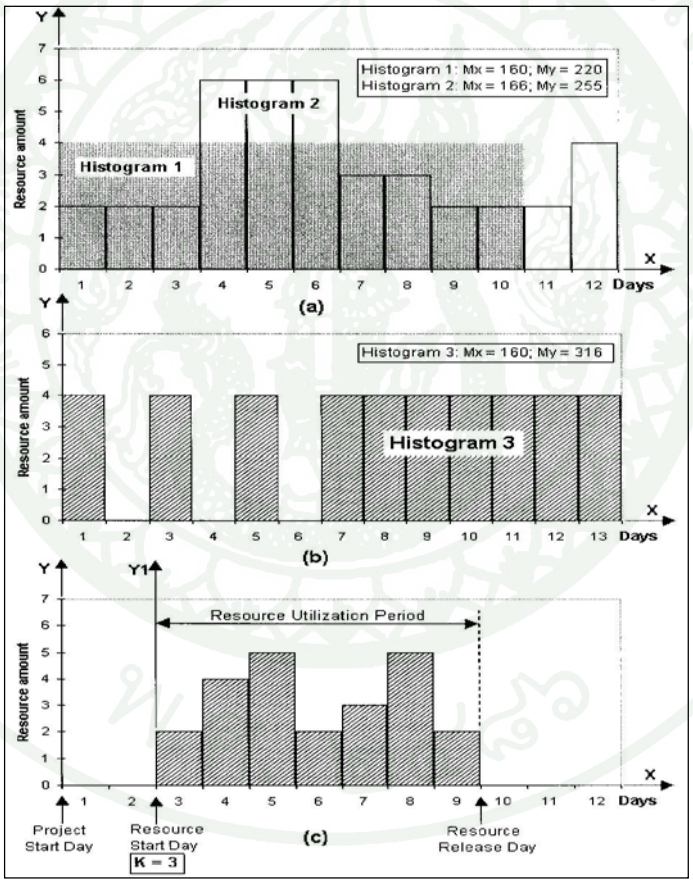
Time (1)	Eligible activity (2)	Resources R1 = 7 (3)	R2 = 10 (4)	R3 = 10 (5)	R4 = 16 (6)	R5 = 18 (7)	R6 = 13 (8)	Late start (9)	Duration (10)	Decision (11)	Finish time (12)	Substitution rule (13)
0	A	5	2	2	2	7	4	0	6	Start	6	
	B	3 − 1	5	2	3	9 + 2	6	6	3	Start	3	2 R5 = 1 R1
	D	5	4	3	5	5	4	7	6	Delay	—	
3	A	5	2	2	2	7	4	0	6	Continue	6	2 R5 = 1 R1
	D	5 − 3	4	3	5	5 + 6	4	7	6	Start	9	
6	D	5	4	3	5	5	4	7	6	Continue	9	
	C	2	4	4	2	3	1	6	4	Start	10	
	E	3	5	2	3	8	0	9	7	Delay	—	
	H	5	5	4	0	9	1	13	2	Delay	—	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
36	S	2	4	6	2	3	4	26	6	Continue	39	
	T	1	6	2	7	5	2	30	2	Start	38	

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการคำนวณและวางแผนงาน/กำหนดเวลาของคนงานหลายทักษะ

ที่มา: Hegazy *et al.* (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hegazy *et al.* (1999) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Optimization of Resource Allocation and Leveling Using Genetic Algorithms เพื่อนำเสนอแนวความคิดของการจัดสรรทรัพยากรร่วมกับการวางแผนงานในขั้นตอนเดียว โดยการเขียนโปรแกรมแมโครให้ทำงานอัตโนมัติร่วมกับโปรแกรม Microsoft Project โดยใช้ฮิวริสติดและเทคนิคขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) เพื่อใช้หาแผนงานที่เหมาะสมภายใต้จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดและปรับอัตราการใช้ทรัพยากรตลอดช่วงเวลาให้เรียบ จากการศึกษาพบว่ากระบวนการของ GA นั้นได้ค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่เป็นไปได้ที่ทำให้ระยะเวลาโครงการสั้นและมีระดับการใช้ทรัพยากรที่ดีและสามารถประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์ Microsoft Project ได้ดี



ภาพที่ 13 Resource Histogram and Moment Calculation

ที่มา: Hegazy *et al.* (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 13 แสดงกราฟแท่งความสัมพันธ์ของจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละวัน ในภาพที่ 13 (a) Histogram 1 และ 2 เป็นสองทางเลือกของ Histogram ที่มีพื้นที่ทั้งหมด 40 Resource Days (เท่ากับความต้องการของทรัพยากรทั้งหมด) Histogram 1 มีความต้องการทรัพยากรทุกวัน วันละ 4 หน่วย คงที่ไม่มีการผันผวน จะปล่อยทรัพยากรหลังวันที่ 10 ในส่วนของ Histogram 2 แสดงความผันผวนของทรัพยากรในช่วง 2-6 และทรัพยากรจะใช้จนถึงวันที่ 12 ค่า Moment (M_X) ของ Histogram รอบแกนในแนวราบเป็น 160 และ 166 ตามลำดับ ค่าโมเมนต์ที่ต่ำกว่าแสดงถึงความผันผวนของการใช้ทรัพยากรที่น้อยกว่าซึ่งเป็นการพยายามที่จะจัดทรัพยากรให้เรียบ

ในขณะที่วิธี โมเมนต์รอบแกน x (M_X) สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบระหว่าง Histogram ในด้านความผันผวนของทรัพยากรแต่จะไม่คำนึงถึงระยะเวลาการใช้ของทรัพยากร จากในภาพที่ 13 (b) Histogram 3 ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 40 Resource Days และความต้องการทรัพยากร 4 หน่วย ระยะเวลาขยายเป็น 13 วัน M_X เป็น 160 ซึ่งผันผวนเท่ากับ Histogram 1 และดีกว่า Histogram 2 ระยะเวลามากกว่า Histogram 1 3 วันและมากกว่า Histogram 2 1 วัน จะเห็นได้ว่า Moment (M_X) ไม่พิจารณาการขยายเวลาของทรัพยากร ดังนั้นจึงมี M_y (รอบแกนตั้ง,จำนวนทรัพยากร) สำหรับระยะเวลาในการใช้ทรัพยากร แสดงดังสมการที่ 11

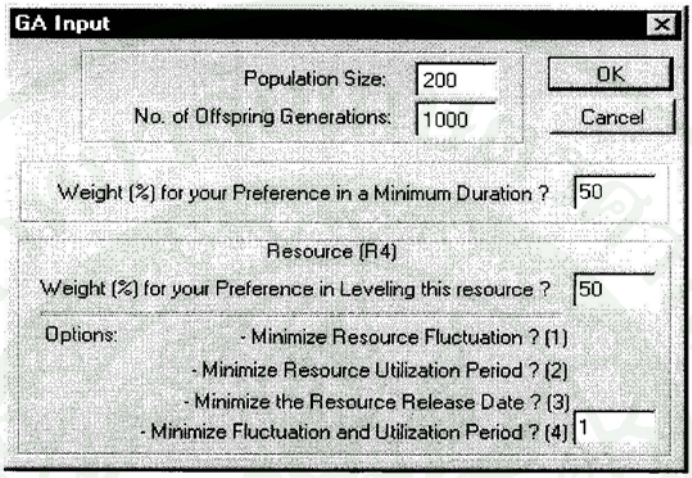
$$M_y = \sum_{j=0}^{n} \left[\left(1 \times \text{Resource Demand}_\text{j}\right) \times \text{j} \right] \qquad (11)$$

สมการที่ (11) M_y คำนวณในสาม Histogram ของภาพที่ 13 (a และ b) เป็น 220,255 และ 316 ตามลำดับ ซึ่งค่าโมเมนต์ที่ต่ำกว่าแสดงถึงช่วงเวลาการใช้ทรัพยากรนั้นๆ ที่น้อยกว่าในโครงการแต่ไม่ครอบคลุมถึงความต่อเนื่องของการใช้ทรัพยากร นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุง สมการที่ 11 ในการใช้คำนวณรอบแกนในแนวตั้งกับวันที่ใช้ทรัพยากรในโครงการ [k, ภาพที่ 13 (c)] ในกรณีนี้ M_y จะแสดงให้เห็นระยะเวลาการเริ่มใช้ทรัพยากรโดยไม่คำนึงถึงทรัพยากรที่ทำงานหรือปล่อยให้ว่าง แสดงดังสมการนี้

$$M_y = \sum_{j=0}^{n} \left[\left(1 \times \text{Resource Demand}_\text{j}\right) \times (\text{j} - \text{k}) \right] \qquad (12)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 14 แสดงการกำหนดค่าตัวแปรในหน้าของ GA ที่เขียนด้วยโปรแกรมแมโครทำงานร่วมกับโปรแกรม Microsoft Project เพื่อกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นและจำนวนรุ่นในการค้นหาค่าความเหมาะสม



ภาพที่ 14 การกำหนด Parameter ในหน้าของ GA

ที่มา: Hegazy *et al.* (1999)

ภาพที่ 15 เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์จาก Genetic Algorithm โดยการหา Activity Priority เพื่อลดค่าดัชนีชี้วัดต่างๆ ได้แก่ M_x, M_y และระยะเวลาโครงการ เพื่อใช้หาแผนงานที่เหมาะสมภายใต้จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดและปรับอัตราการใช้ทรัพยากรให้เรียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1)	Initial Schedule (2)	Experiment 1 (3)	Experiment 2 (4)	Experiment 3 (5)	Experiment 4 (6)
GA Optimization Objective(s)	None	Min. Project Duration	Min. Duration + Min. Daily Fluctuation of R4	Min. Duration + Min. Utilization Period of R4	Min. Duration + Min Fluctuation of R4 + Min. Utilization Period of R4
Gene Evaluation Criteria & Weights	None	---------- Proj. Dur. 100%	Proj. Dur. 50% Mx of R4 50%	Proj. Dur. 50% My of R4 50%	Proj. Dur. 50% Mx+My of R4 50%
Activity		Activity	Priority	Results	
A	Lowest	Highest	Very High	Higher	Higher
B	Lowest	Medium	Very Low	Low	Medium
..	.. ..	..	..	..	..
S	Lowest	Medium	Low	Highest	Very High
T	Lowest	Lowest	Higher	Very High	Low
Project Duration	49	44	45	44	45
Calculated Mx	2409	2381	2265	2375	2345
Moments My	7231	6752	6952	6746	6832
of R4 Mx+My	9640	9133	9217	9121	9177
Range of R4	12	10	10	10	10
Utilization Period of R4	Day 1 to Day 49	Day 1 to Day 44	Day 1 to Day 45	Day 1 to Day 44	Day 1 to Day 45

ภาพที่ 15 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ Genetic Algorithm

ที่มา: Hegazy *et al.* (1999)

Hegazy *et al.* (2001) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Simplified Spreadsheet Solution II : Overall Schedule Optimization โดยเสนอแนวความคิดของการประยุกต์ใช้ Microsoft Excel ในการวางแผนงานตามหลักการ CPM การวิเคราะห์ Time-Cost Trade-Off การจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การจัดทรัพยากรให้เรียบและการจัดการ Cash Flow โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนโครงการ และใช้โปรแกรม Evolver ช่วยในขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม โดยพิจารณาทุกด้านพร้อมกัน ดังภาพที่ 16 เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนในโครงการขนาดต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

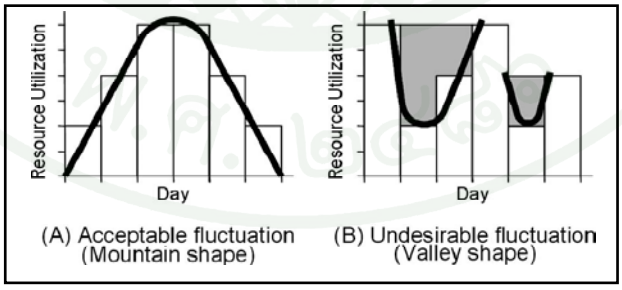
Project size (Number of activities)	Best solution[a] (Minimum total project cost) (dollars)	SOLUTION AFTER 15 MIN (FIVE EXPERIMENTS)			
		Total Cost (dollars)		Percent of Best Solution	
		Average	SD	Average	SD
18	199,705	199,789	116	99.96	0.06
36	397,817	398,688	722	99.78	0.18
54	595,803	599,201	1,515	99.43	0.25
72	793,391	801,464	1,671	98.98	0.21
90	992,272	1,010,468	3,921	98.17	0.40

[a]Determined using Evolver after 10 h of processing.

ภาพที่ 16 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GAs แสดงในรูปแบบของต้นทุนในโครงการทั้งหมด

ที่มา: Hegazy *et al.* (2001)

El-Rayes and Jun (2009) ได้ทำงานวิจัยชื่อ Optimizing Resource Leveling in Construction Project ซึ่งเป็นการพัฒนาวิธีการกำหนดแผนการทำงานของกลุ่มคนงานเพื่อลดอัตราการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับและวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากรให้น้อยที่สุด โดยอาศัยสองตัวชี้วัดในการจัดทรัพยากรให้เรียบเพื่อลดการผันผวนของทรัพยากรและต้นทุนการก่อสร้าง ตัวชี้วัดแรกคือ Release and Re-Hire (*RRH*) แสดงจำนวนทรัพยากรที่ต้องเลิกจ้างชั่วคราวในช่วงความต้องการต่ำและจะมีการจ้างกลับในภายหลังในช่วงความต้องการสูง ตัวชี้วัดที่สองคือ Resource Idle Days (*RID*) แสดงจำนวนรวมของแรงงานที่ว่างงานหรือวันที่ทรัพยากรไม่มีการผลิต ทั้งสองตัวชี้วัดรวมอยู่ใน Optimization Model ซึ่งสามารถสร้างตารางเวลาที่เหมาะสม โดยอาศัยเทคนิคขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm) ในการค้นหาคำตอบ

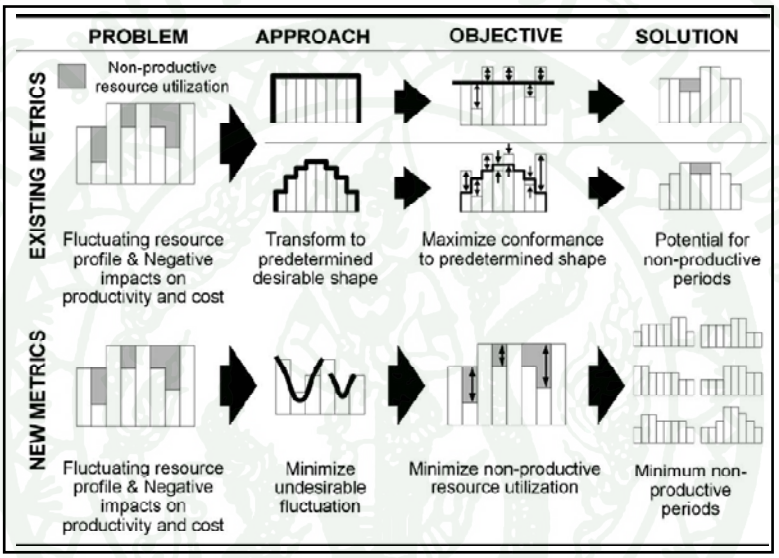


ภาพที่ 17 ชนิดของการผันผวนของทรัพยากร

ที่มา: El-Rayes and Jun (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 17 แสดงให้เห็นชนิดของการผันผวนของทรัพยากรซึ่งในภาพที่ 17 (A) ความผันผวนประเภทนี้ผู้รับเหมาจะค่อยๆเพิ่มระดับการใช้ทรัพยากรเพื่อสนองความต้องการในช่วงต่างๆ ของโครงการแล้วค่อยๆ ปล่อยแรงงานเมื่อใกล้จะสิ้นสุดโครงการ ส่วนในภาพที่ 17 (B) ความผันผวนประเภทนี้ผู้รับเหมาจะถูกบังคับให้ปล่อยทรัพยากรส่วนเกินและจะจ้างกลับในระยะเวลาต่อมา หรือรักษาทรัพยากรที่ว่างงานไว้จนกว่าจะมีความต้องการ ซึ่งถือว่าเป็นสถานการณ์ที่ผู้วางแผนไม่ควรให้เกิดขึ้น



ภาพที่ 18 วิธีการจัดทรัพยากรให้เรียบในแนวทางเดิมและแนวทางใหม่

ที่มา: El-Rayes and Jun (2009)

ภาพที่ 18 แสดงให้เห็นว่าการจัดทรัพยากรให้เรียบในแนวทางเดิมนั้นเป็นการจัดทรัพยากรในรูปแบบของสี่เหลี่ยมหรือภูเขาที่ไม่ได้คำนึงถึง Valley Shape ที่เกิดขึ้นแต่ในการจัดทรัพยากรให้เรียบในแนวทางใหม่นั้นเป็นการลด Valley Shape โดยการลดจำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร (Resource Idle Days, *RID*) หรือลดจำนวนการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ (Release and Re-Hire, *RRH*)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

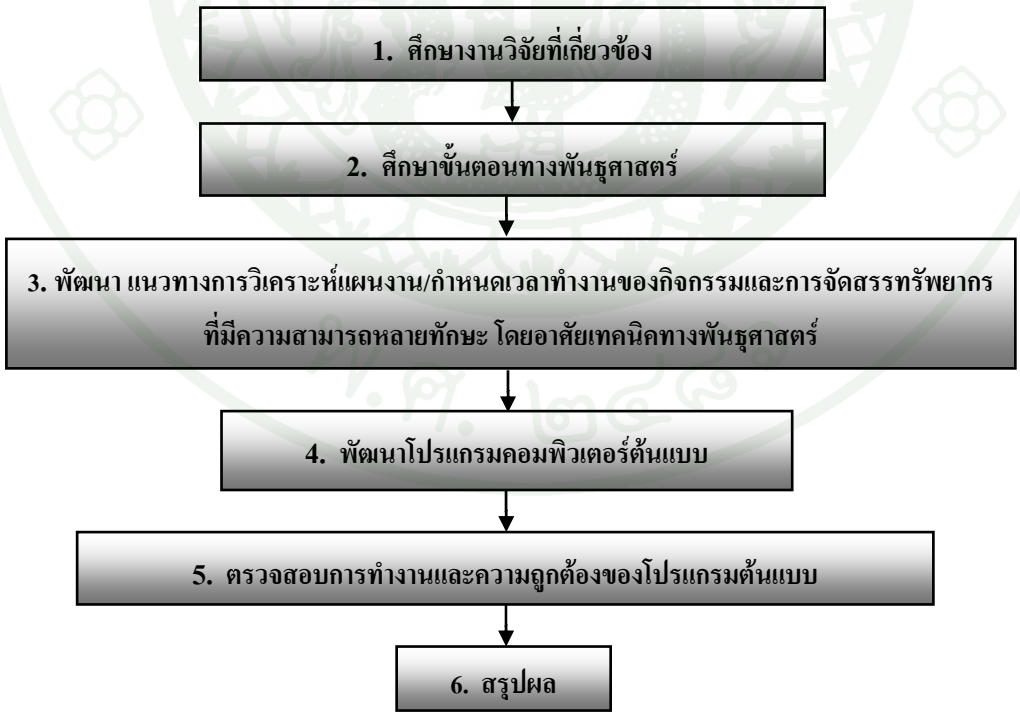
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ (CPU 2.5 GHz, Ram 4 GB)
2. ระบบปฏิบัติการ Windows 7
3. โปรแกรม Visual Basic
4. เครื่องพิมพ์

วิธีการ

วิธีการดำเนินงานเพื่อพัฒนาแนวทางที่จะนำไปสู่โปรแกรมต้นแบบ สำหรับกำหนดตารางเวลาทำงานของทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ ได้แบ่งเป็นขั้นตอนตามลำดับ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการกำหนดตารางเวลาของทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับแผนงาน/กำหนดเวลาการทำงาน และการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ สำหรับโครงการก่อสร้าง เพื่อให้ทราบถึงความก้าวหน้าของงานวิจัยที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ข้อจำกัด วัตถุประสงค์ของแผนงาน/กำหนดเวลาการทำงาน และการจัดสรรทรัพยากรในกรณีต่างๆ การกำหนดดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแผนงานที่ได้ รวมถึงโปรแกรมหรือเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการหาคำตอบ

2. ศึกษาขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาขั้นตอนการทำงานเพื่อจะได้นำเทคนิคทางพันธุศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมตั้งแต่การกำหนดตัวแปร สมการค่าความเหมาะสมที่จะใช้ในขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ เพื่อเสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ ในการนำเข้าไปสู่กระบวนการถ่ายทอดทางพันธุศาสตร์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงหรือเหมาะสมที่สุด

3. แนวทางการวิเคราะห์แผนงานและการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะโดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาแนวทางการวิเคราะห์หากำหนดเวลาเริ่มต้น-แล้วเสร็จของกิจกรรมรวมถึงการจัดตารางเวลาทำงานของแต่ละทรัพยากรสำหรับกรณีที่มีทรัพยากรเพียงพอต่อความต้องการ โดยแผนงานที่ได้ทำให้โครงการมีระยะเวลาที่สั้นที่สุด และพยายามให้ตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรมีความต่อเนื่อง ไม่มีการโยกย้ายงานหรือกิจกรรมที่ทำ และมีค่าใช้จ่ายรวมของทรัพยากรน้อยที่สุด โดยผู้วิจัยเชื่อว่าการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับแผนงาน/กำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้การจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ผลออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดแผนงานตั้งต้น 2) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสม และ 3) ขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดแผนงานตั้งต้น เป็นการหากำหนดเวลาของกิจกรรม โดยการนำข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิค ระยะเวลาในแต่ละกิจกรรม และจำนวนทรัพยากรที่ต้องการ มาวิเคราะห์หาเวลาเริ่มต้น-แล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดของกิจกรรม โดยอาศัยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM)

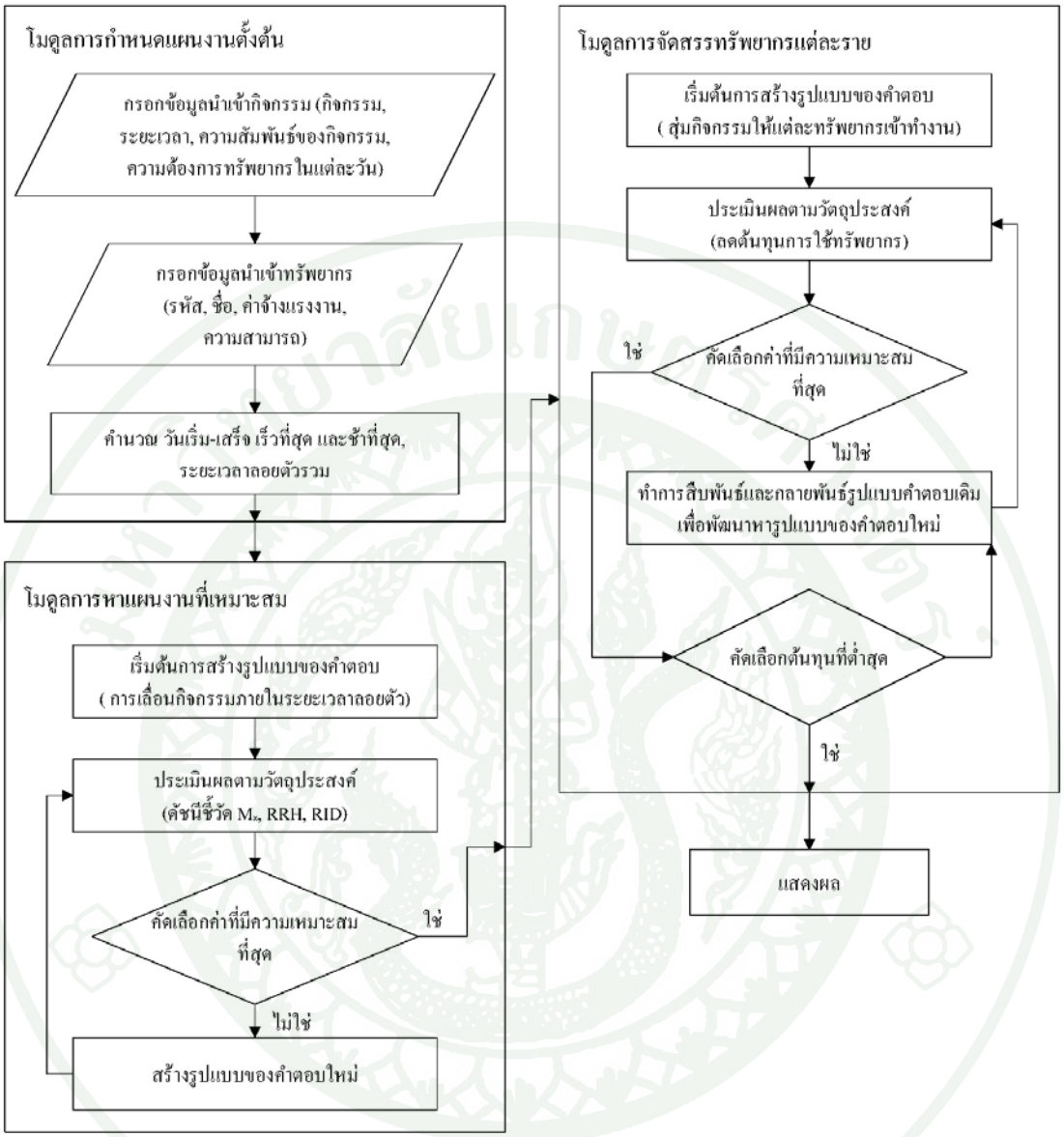
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสมอาศัยเทคนิคการจัดทรัพยากรให้เรียบเพื่อลดความแตกต่างของความต้องการใช้ทรัพยากรรายวันและอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ในการเลื่อนเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมที่ไม่วิกฤตเพื่อให้ค่าดัชนีชี้วัดความเรียบของการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันของโครงการมีค่าดีขึ้น

3.3 ขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ เป็นการกำหนดกลุ่มกิจกรรมให้แต่ละทรัพยากรตามความสามารถ เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรของโครงการ และไม่มีการโยกย้ายงานหรือกิจกรรม โดยการนำข้อมูลค่าใช้จ่าย และความสามารถของแต่ละทรัพยากร นำมาจัดสรรโดยอาศัยขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ในการเลือกกลุ่มกิจกรรมให้กับทรัพยากรแต่ละราย

4. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบเขียนมาจากภาษา Visual Basic เพื่อหาคำตอบตามแนวทางที่พัฒนาขึ้นจากขั้นตอนก่อนหน้า ภาพที่ 20 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบอย่างสังเขป โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบจะวางแผนงาน/กำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมตามหลักการ CPM เพื่อกำหนดแผนงานตั้งต้นและนำมาค้นหาแผนงานที่เหมาะสม โดยอาศัยเทคนิคการจัดทรัพยากรให้เรียบ และกำหนดตารางการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ

5. การตรวจสอบการทำงานและความถูกต้องของโปรแกรมต้นแบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาตรวจสอบความถูกต้องโดยทดลองกับโครงการตัวอย่างและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรม Optimization อื่นที่เป็นที่ยอมรับว่าให้ผลถูกต้องว่ามีความใกล้เคียงกันอย่างไร โดยในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบกับโปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งผู้วิจัยจะต้องพัฒนาเวิร์กชีทโมเดลผ่าน Microsoft Excel เพื่อให้ Microsoft Excel Solver หาคำตอบตามวัตถุประสงค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

งานวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นแนวทางการวิเคราะห์แผนงานและการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ ส่วนที่สองเป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบสำหรับกำหนดแผนการทำงานของทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ เพื่อลดต้นทุนในการใช้ทรัพยากรของโครงการ และส่วนที่สามเป็นการตรวจสอบการทำงานและความถูกต้องของโปรแกรมต้นแบบกับโปรแกรม Optimization อื่นๆ ที่น่าเชื่อถือ

1. แนวทางการวิเคราะห์แผนงานและการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ

แนวทางการวิเคราะห์ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ 1) การวิเคราะห์กำหนดแผนงานตั้งต้น 2) การวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสม และ 3) การวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะซึ่งใน 2 ขั้นตอนหลังได้อาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ในการวิเคราะห์หากำหนดเวลาและการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่เหมาะสม

1.1 การวิเคราะห์กำหนดแผนงานตั้งต้น

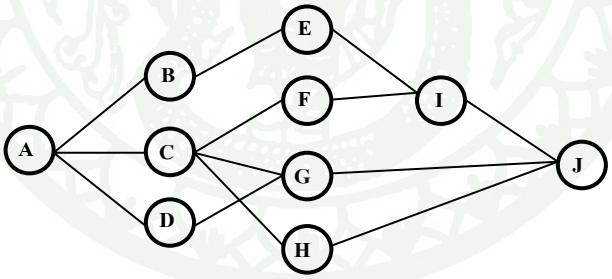
ขั้นตอนนี้เป็นการหากำหนดเวลาของกิจกรรม เริ่มต้น-แล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดของกิจกรรม โดยอาศัยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) โดยนำข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ทางเทคนิค และระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม มาวิเคราะห์หากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม เพื่อให้การอธิบายทำได้ง่ายขึ้นผู้วิจัยขอใช้ตัวอย่างเพื่อประกอบการอธิบายแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ข้อมูลโครงการตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ ระยะเวลาของกิจกรรม และจำนวนความต้องการทรัพยากรในแต่ละทักษะ (X และ Y) ดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้นนำข้อมูลกิจกรรมมาเขียนโครงข่ายแสดงในรูปที่ 21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ ระยะเวลาของกิจกรรม และทรัพยากรที่ต้องการ

กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมก่อนหน้า	ทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละวัน (คน)	
			ประเภท X	ประเภท Y
A	3	-	3	2
B	2	A	4	2
C	6	A	3	3
D	3	A	4	4
E	3	B	5	2
F	2	C	5	3
G	6	C,D	2	4
H	2	C	4	3
I	3	E,F	2	2
J	2	G,H,I	5	4



ภาพที่ 21 โครงข่ายของโครงการตัวอย่าง

จากข้อมูลโครงการตัวอย่างสามารถนำไปวิเคราะห์หากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม โดยใช้วิธีเส้นทางวิกฤตตั้งแต่วันเริ่มเร็วสุด (*ES*), วันเสร็จเร็วสุด (*EF*), วันเริ่มช้าสุด (*LS*), วันเสร็จช้าสุด (*LF*) ของแต่ละกิจกรรม และระยะเวลาลอยตัวรวม (*TF*) ซึ่งได้ผลจากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 กำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมของโครงการตัวอย่างที่คำนวณตามหลักการ CPM

กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมก่อนหน้า	วันเริ่มเร็วสุด	วันเสร็จเร็วสุด	วันเริ่มช้าสุด	วันเสร็จช้าสุด	ระยะเวลาลอยตัวรวม (วัน)
A	3	-	0	3	0	3	0
B	2	A	3	5	7	9	4
C	6	A	3	9	3	9	0
D	3	A	3	6	6	9	3
E	3	B	5	8	9	12	4
F	2	C	9	11	10	12	1
G	6	C,D	9	15	9	15	0
H	2	C	9	11	13	15	4
I	3	E,F	11	14	12	15	1
J	2	G,H,I	15	17	15	17	0

1.2 การวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสม ทำได้โดยการเลื่อนวันเริ่มต้นของกิจกรรมที่ไม่วิกฤตภายใต้ความสัมพันธ์ทางเทคนิคของแต่ละกิจกรรมซึ่งต้องอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) เพื่อให้ได้ค่าดัชนีชี้วัดความเรียบที่ต่ำที่สุด โดยดัชนีชี้วัดความเรียบที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบมีอยู่สามดัชนีชี้วัดได้แก่ M_x, *RRH* และ *RID*

ในการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสมโดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) นี้แบ่งขั้นตอนการหาคำตอบออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการกำหนดและคัดเลือกโครโมโซม 2) ขั้นตอนการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสม 3) ขั้นตอนการการตรวจสอบค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.1 ขั้นตอนการกำหนดและคัดเลือกโครโมโซม

โครโมโซมประกอบไปด้วยยีนที่เรียงต่อกัน ค่ายีนหมายถึงค่าตัวแปรที่มีผลต่อวัตถุประสงค์ที่กำหนด ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าตัวแปร คือจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนออกไปจากกำหนดเวลาทำงานที่เร็วที่สุดของแต่ละกิจกรรม ดังนั้นจำนวนยีนจึงมีค่าเท่ากับจำนวนกิจกรรม และค่าของตัวแปรในยีนมีค่าสูงสุดไม่เกินระยะเวลาลอยตัวรวมของกิจกรรมนั้นๆ ในภาพที่ 22 เป็นตัวอย่างการสุ่มค่ายีนภายในโครโมโซม ตั้งแต่กิจกรรม A ถึงกิจกรรม J จากตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 3 ระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรม A, C, G และ J มีค่าเท่ากับศูนย์หรือเป็นกิจกรรมที่วิกฤต นั่นคือกำหนดเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมเหล่านี้ไม่สามารถเลื่อนได้ เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ การสุ่มค่ายีนจึงเกิดขึ้นเฉพาะกับกิจกรรมที่ไม่วิกฤตหรือมีค่าระยะเวลาลอยตัวมากกว่าศูนย์และค่าที่เลือกสุ่มได้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึงระยะเวลาลอยตัวตั้งต้นในตารางที่ 3 ตัวอย่างเช่น กิจกรรม B สามารถสุ่มค่ายีนที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 4 เนื่องจากระยะเวลาลอยตัวรวมของกิจกรรม B คือ 4 หรือ กิจกรรม I สามารถสุ่มค่ายีนที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เป็นต้น

กิจกรรม

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0	2	0	0	2	1	0	4	1	0

ภาพที่ 22 ตัวอย่างการสุ่มค่ายีนภายในโครโมโซม

การกำหนดโครโมโซมจากการสุ่มค่ายีนบางครั้งอาจได้โครโมโซมที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากการเลื่อนกำหนดเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมอาจส่งผลให้ความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคของกิจกรรมผิดไปจากเงื่อนไข ดังนั้นการคัดเลือกโครโมโซมทุกครั้งจะต้องมีการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคของแต่ละกิจกรรม

การคัดเลือกโครโมโซมจึงเป็นขั้นตอนที่คัดเอาเฉพาะโครโมโซมที่ผ่านการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคของแต่ละกิจกรรม จากตัวอย่างการสุ่มค่ายีนภายในโครโมโซมในภาพที่ 22 ได้จำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนในแต่ละกิจกรรม ได้แก่ กิจกรรม A = 0, B = 2, C = 0, D = 0, E = 2, F = 1, G = 0, H = 4, I = 1 และ J = 0 จากนั้น ทำการคำนวณกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมใหม่แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งเกิดจากวันเริ่มเร็วสุดของกิจกรรมในตารางที่ 3 บวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนในแต่ละกิจกรรม (ค่ายืน) กำหนดเวลาใหม่ของแต่ละกิจกรรมต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ทางเทคนิคของแต่ละกิจกรรม ในกรณีตัวอย่างนี้ ทุกกิจกรรมมีความสัมพันธ์แบบ เสร็จ-เริ่ม แสดงว่าวันเสร็จของกิจกรรมก่อนหน้าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับวันเริ่มของกิจกรรมที่ตามหลัง ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรม E ในตารางที่ 4 มีกิจกรรมก่อนหน้าคือกิจกรรม B วันเสร็จใหม่ของกิจกรรม B ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับวันเริ่มใหม่ของกิจกรรม E ซึ่งวันเสร็จใหม่ของกิจกรรม B เท่ากับ 7 และวันเริ่มใหม่ของกิจกรรม E เท่ากับ 7 แสดงว่าความสัมพันธ์ทางเทคนิคของกิจกรรม E นั้นถูกต้อง แต่ในกรณีที่กิจกรรม E มีจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนเท่ากับ 1 วันเริ่มใหม่ของกิจกรรม E จะเท่ากับ 6 ในขณะที่วันเสร็จใหม่ของกิจกรรม B จะเท่ากับ 7 ซึ่งวันเสร็จใหม่ของกิจกรรม B มากกว่าวันเริ่มใหม่ของกิจกรรม E แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางเทคนิคที่ไม่ถูกต้อง ในกรณีดังกล่าวต้องมีการคัดเลือกเซตคำตอบหรือโครโมโซมใหม่

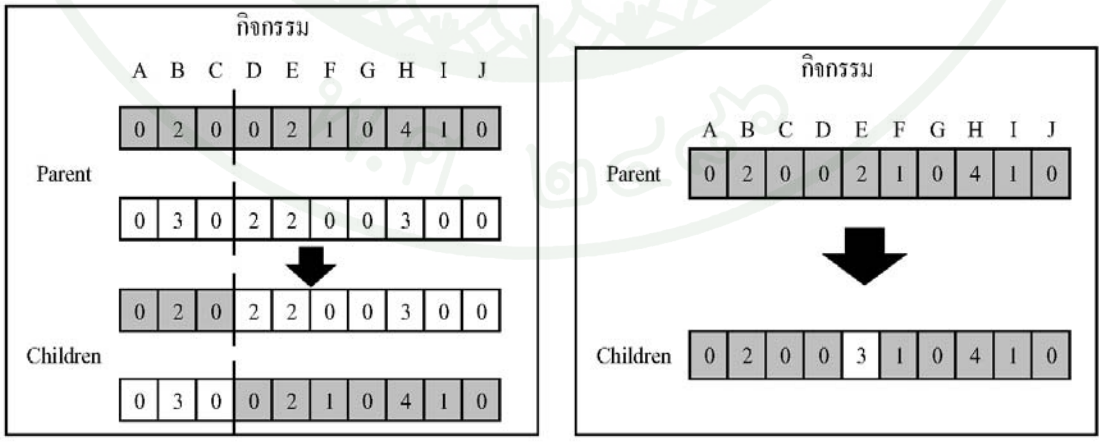
ตารางที่ 4 การคำนวณกำหนดเวลาทำงานหลังมีการเลื่อนระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมก่อนหน้า	จำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อน	วันเริ่มใหม่	วันเสร็จใหม่
A	3	-	0	0	3
B	2	A	2	5	7
C	6	A	0	3	9
D	3	A	0	3	6
E	3	B	2	7	10
F	2	C	1	10	12
G	6	C,D	0	9	15
H	2	C	4	13	15
I	3	E,F	1	12	15
J	2	G,H,I	0	15	17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 ขั้นตอนการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสม

ขั้นตอนการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสมเป็นการวิเคราะห์แผนงานที่ทำให้ค่าดัชนีชี้วัดความเรียบนั้นมีค่าดีที่สุด โดยขั้นตอนนี้ GA จะเปลี่ยนค่ายีนภายในโครโมโซม เพื่อหาจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อน ดังนั้นการเปลี่ยนค่าของยีนภายในโครโมโซมมีสองวิธีได้แก่ 1) การสืบพันธุ์แบบวิธี 1-point crossover ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำโครโมโซมที่ผ่านการคัดเลือก 2 โครโมโซม ขอใช้ชื่อว่า โครโมโซม Parent 1 และโครโมโซม Parent 2 โดยการตัดเอาช่วงหนึ่งของโครโมโซม Parent 1 มาต่อกับอีกช่วงหนึ่งของโครโมโซม Parent 2 จะได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมาเป็นการผสมระหว่าง 2 โครโมโซม แสดงในภาพที่ 23 (a) จากตัวอย่างเป็น 2 โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือก (Parent) มาทำการตัดต่อโครโมโซมในตำแหน่งที่ 3 ของยีน ซึ่งได้โครโมโซมใหม่ (Children) 2 โครโมโซม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการตัดต่อทุกตำแหน่งของยีน 2) การกลายพันธุ์แบบวิธี 1-point mutation เป็นการเปลี่ยนค่ายีนในโครโมโซมหนึ่งยีนของกิจกรรมที่ไม่วิกฤติ โดยไม่เกินค่าของระยะเวลาลอยตัวรวมตั้งต้นของแต่ละกิจกรรม โดยขั้นตอนนี้จะเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดจากวิธีที่ 1 มาทำการกลายพันธุ์จาก ภาพที่ 23 (b) เป็นตัวอย่างการกลายพันธุ์โดยนำเอาโครโมโซมที่ดีที่สุดมาเปลี่ยนแปลงค่ายีนในตำแหน่งที่ 5 ได้โครโมโซมใหม่ (Children) เพื่อนำไปหาค่าดัชนีชี้วัด และเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัด ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้ใช้โปรแกรมกำหนดแผนงานดัชนีชี้วัด M_x โปรแกรมจะหาจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนไป เปลี่ยนกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม เพื่อไปคำนวณและเปรียบเทียบหาค่าดัชนีชี้วัด M_x ที่น้อยที่สุด



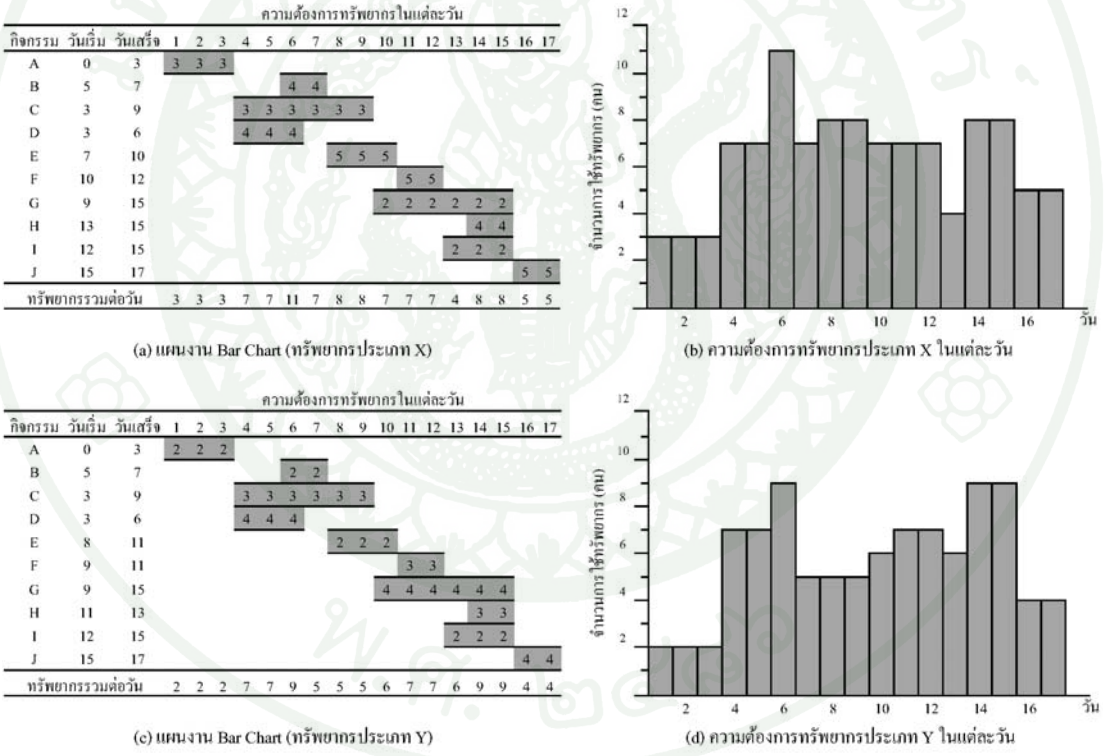
(a) การสืบพันธุ์วิธี 1-Point Crossover (b) การกลายพันธุ์วิธี 1-Point Mutation

ภาพที่ 23 การสืบพันธุ์แบบวิธี 1-point crossover และการกลายพันธุ์แบบวิธี 1-point mutation

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ

จากกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมในขั้นตอนก่อนหน้า จำเป็นที่จะต้องหาจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรรายวันเพื่อคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ ในภาพที่ 24 เป็นตัวอย่างการนำกำหนดเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมที่คำนวณได้จากตารางที่ 4 (วันเริ่มใหม่-วันเสร็จใหม่) มาเขียนกำหนดเวลาของกิจกรรมในรูปแบบ Bar chart ตัวเลขแสดงจำนวนทรัพยากรที่กิจกรรมต้องการใช้ในแต่ละวัน ในภาพที่ 24 (a) และ (b) แสดงจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรรวมในแต่ละวันของทรัพยากรประเภท X และภาพที่ 24 (c) และ (d) แสดงจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรรวมในแต่ละวันของทรัพยากรประเภท Y

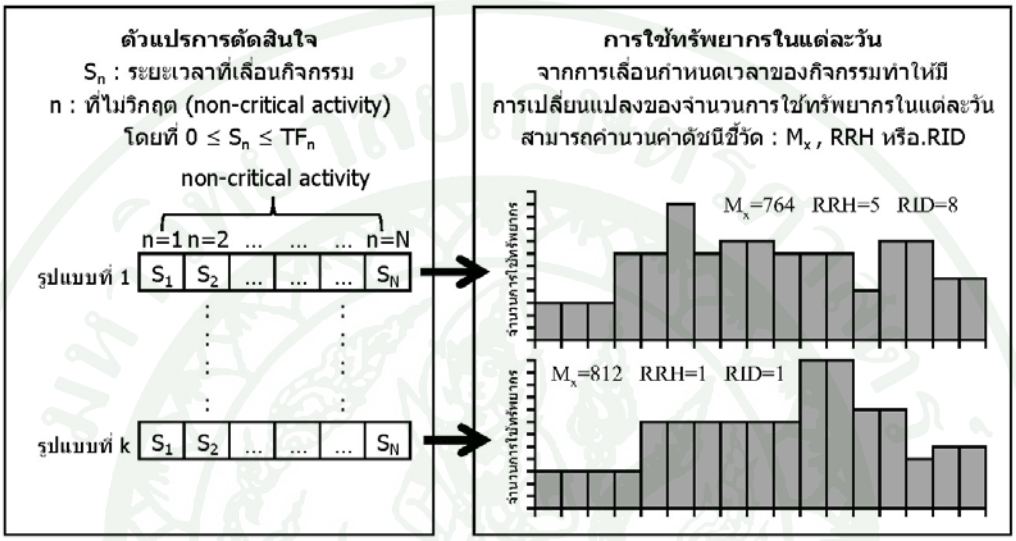


ภาพที่ 24 แผนงาน Bar Chart และจำนวนความต้องการทรัพยากรในแต่ละวันของทรัพยากรประเภท X และ Y

ภาพที่ 25 สรุปขั้นตอนการหากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่เหมาะสม โดยการสุ่มค่ายีนในโครโมโซมหรือจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนของแต่ละกิจกรรม S_n ภายในระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรมนั้นๆ และมีการคัดเลือกโครโมโซม และค้นหาโครโมโซมที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหมาะสมที่ถูกต้องตามความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคได้โครโมโซมออกมาในรูปแบบที่ 1 ถึง k แสดงออกมาเป็นจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน เพื่อคำนวณค่าดัชนีชี้วัดที่ต่ำที่สุดที่ผู้วางแผนงานได้กำหนดเอาไว้



ภาพที่ 25 ขั้นตอนการพัฒนาโครโมโซมเพื่อให้ได้ดัชนีชี้วัดความเรียบที่ต่ำที่สุด

1.3 การวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ

จากกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมทำให้ทราบถึงความต้องการที่จะใช้ทรัพยากรรายวันในแต่ละทักษะ จึงมาเป็นขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาทำงานของทรัพยากร ซึ่งเป็นการจัดตารางเวลาทำงานให้ทรัพยากรแต่ละรายตามความสามารถ เพื่อให้มีต้นทุนการใช้ทรัพยากรของโครงการต่ำที่สุด รวมถึงการทำงานที่ต่อเนื่องไม่มีการโยกย้ายงานในระหว่างกิจกรรม

การจัดสรรทรัพยากรพร้อมกันทุกๆ ทรัพยากรนั้น จำเป็นต้องใช้ตัวแปรในการจัดสรรทรัพยากรจำนวนมากและใช้ระยะเวลานานในการประมวลผลค้นหาคำตอบ เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาคำตอบ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ช่วยในการหาคำตอบโดยมีสมมติฐานประกอบไปด้วย 1) ไม่มีการโยกย้ายงานในระหว่างกิจกรรม 2) ภายในหนึ่งวันทรัพยากรสามารถเลือกทำกิจกรรมได้เพียงหนึ่งกิจกรรมและหนึ่งทักษะเท่านั้น และ 3) ความสามารถด้านที่ถนัดที่สุดของทรัพยากรจะได้รับการพิจารณาก่อน นอกจากนี้เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผลจึงได้มีการกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลักเกณฑ์ เพื่อลดขอบเขตในการค้นหาคำตอบโดยมีหลักเกณฑ์ในการจัดสรรแต่ละทรัพยากร คือ ทรัพยากรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำจะมีสิทธิได้รับการจัดสรรทรัพยากรก่อนทรัพยากรที่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่า

นอกจากนี้เพื่อให้ต้นทุนการใช้ทรัพยากรของโครงการต่ำที่สุดในขั้นตอนการกำหนดตารางเวลาทำงานของทรัพยากรแต่ละราย โปรแกรมพยายามที่จะทำให้ทรัพยากรที่มีค่าจ้างแรงงานต่ำที่สุดมีจำนวนวันทำงานที่มากที่สุด

ในการกำหนดตารางเวลาทำงานของทรัพยากรแต่ละรายจำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดเวลาการทำงานและจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรม รวมถึงข้อมูลทรัพยากร ค่าใช้จ่ายรายวัน ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน ค่าเช่าเครื่องจักร และทักษะความสามารถของแต่ละทรัพยากร การอธิบายขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรจะแสดงผ่านโครงการตัวอย่างในตารางที่ 2 และแสดงกำหนดเวลาทำงานและความต้องการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมในประเภท X และ Y ในตารางที่ 4 และภาพที่ 24 ในตารางที่ 5 แสดงข้อมูลทรัพยากรทั้งค่าใช้จ่ายและทักษะความสามารถของทรัพยากรแต่ละราย

ตารางที่ 5 ตัวอย่างของข้อมูลทรัพยากร

คนที่	คนงาน	ค่าแรง (บาท)	ทักษะความสามารถ	คนที่	คนงาน	ค่าแรง (บาท)	ทักษะความสามารถ
1	สมชาย	230	X, Y	9	รักชาติ	230	Y, X
2	สมศรี	230	Y, X	10	สมใจ	295	X
3	มานะ	240	X, Y	11	หมาย	300	Y, X
4	ยุทธ	290	X, Y	12	สามารถ	270	X, Y
5	ยืนยง	270	Y	13	ไกรศร	200	X,Y
6	กร	250	X, Y	14	กานต์	310	Y
7	ประทีป	260	Y, X	15	สมจิต	220	X, Y
8	ชาย	275	X				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การกำหนดตารางเวลาทำงานของทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ ต้องอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ในการกำหนดวันทำงานและกิจกรรมของทรัพยากรแต่ละรายเพื่อลดต้นทุนการใช้ทรัพยากรของโครงการ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดโครโมโซมในการจัดสรรทรัพยากร และ 2) การค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสม

1.3.1 การกำหนดโครโมโซมในการจัดสรรทรัพยากร

โครโมโซม หมายถึง กลุ่มกิจกรรมที่ถูกกำหนดให้ทรัพยากรรับผิดชอบ โดยที่โครโมโซมตั้งต้นเกิดจากที่โปรแกรมสุ่มกิจกรรมภายในโครงการให้ทรัพยากรใดๆ กลุ่มกิจกรรมเหล่านั้นจะถูกตรวจสอบเพื่อหากลุ่มกิจกรรมที่ทรัพยากรสามารถทำได้ โดยไม่มีการทับซ้อนระหว่างกิจกรรม และมีจำนวนวันทำงานให้กับทรัพยากรได้มากที่สุด

ภาพที่ 26 เป็นตัวอย่างการสุ่มกิจกรรม/ยีนภายในโครโมโซมของทรัพยากรหนึ่งๆ ซึ่งภายในโครโมโซมประกอบไปด้วยกิจกรรมทั้งหมดภายในโครงการ โดยเรียงลำดับกิจกรรมจาก G, A, D, I, E, F, J, H, C และ B

โครโมโซม

G	A	D	I	E	F	J	H	C	B

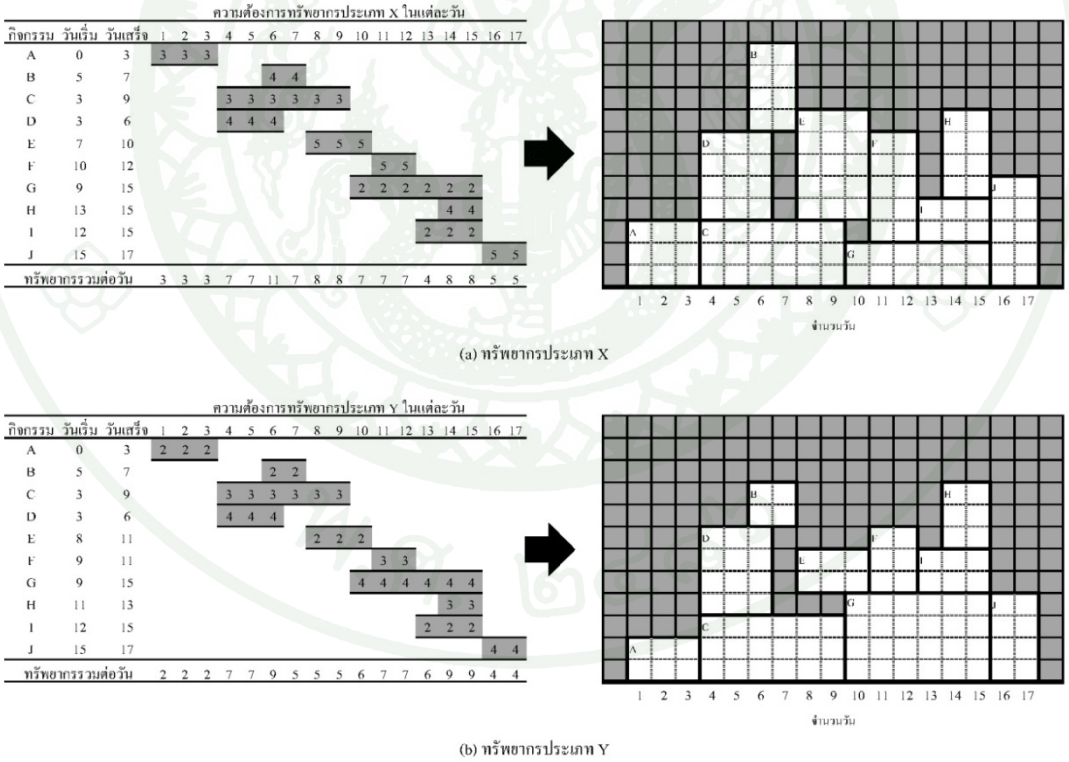
ภาพที่ 26 ตัวอย่างการสุ่มค่ายีนในโครโมโซม

การหากลุ่มกิจกรรมที่ทรัพยากรสามารถทำได้ เป็นการนำโครโมโซมตั้งต้นมากำหนดกิจกรรมตามลำดับ เพื่อตรวจสอบและหากลุ่มกิจกรรมที่เป็นไปได้ให้ทรัพยากรรับผิดชอบ โดยการตรวจสอบกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมไม่ให้มีการทับซ้อนกัน ในการค้นหากลุ่มกิจกรรมให้แก่ทรัพยากร เพื่อให้อธิบายได้เข้าใจถึงหลักการจัดสรรทรัพยากรยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับรูปแบบแผนงานจาก Bar Chart ที่แสดงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวันให้อยู่ในรูปแบบของกล่องกิจกรรมที่แสดงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการในช่วงระยะเวลาของกิจกรรมตามภาพที่ 27 ซึ่งได้แบ่งจำนวนความต้องการทรัพยากรเป็นประเภท X และ Y ภายในกล่องกิจกรรมได้แบ่งออกเป็นกล่องเล็กๆ ที่แสดงถึงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละกล่องกิจกรรม โดยมิติของกล่องทางแนวตั้งเป็นจำนวนทรัพยากรรายวันและมิติทางแนวนอนเป็นจำนวนวัน ยกตัวอย่างเช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

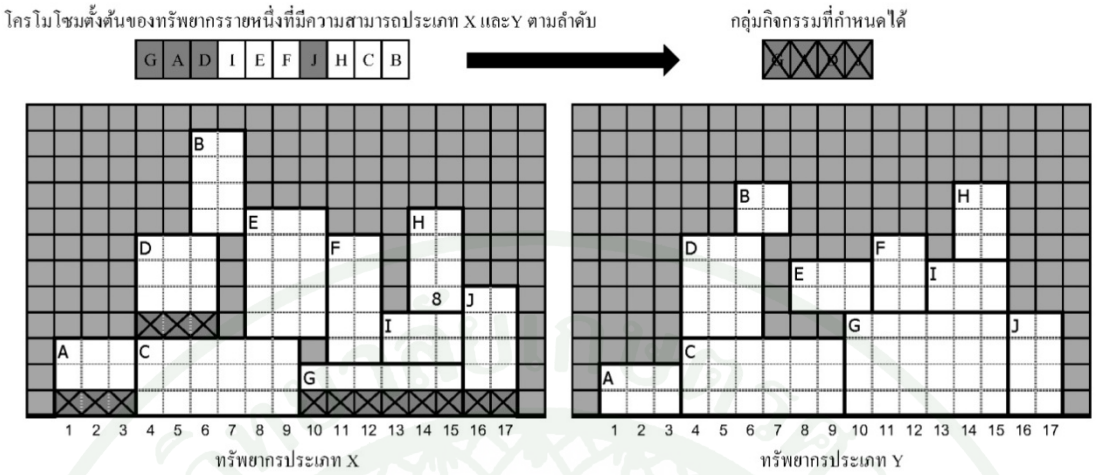
ทรัพยากรประเภท X กิจกรรม G มีช่องในแนวตั้ง 2 ช่อง แนวนอน 6 ช่อง มีกำหนดเวลาจากวันที่ 10 ถึง 15 แสดงว่าในแต่ละวันกิจกรรม G ต้องการทรัพยากร 2 ราย และกิจกรรม G มีจำนวนวัน 6 วัน เพราะฉะนั้นกิจกรรม G ต้องการทรัพยากรทั้งหมด 12 ราย เป็นต้น

ภาพที่ 28 เป็นการหากลุ่มกิจกรรมให้ทรัพยากรรับผิดชอบ จากการตรวจสอบโครโมโซมตั้งต้นในภาพที่ 26 เริ่มจากจัดสรรกิจกรรมแรก คือ G มีกำหนดเวลาตั้งแต่วันที่ 10-15 กิจกรรมที่สองคือ A ที่มีกำหนดเวลาตั้งแต่วันที่ 1-3 กิจกรรมที่สามคือ D ที่มีกำหนดเวลาตั้งแต่วันที่ 4-6 กิจกรรมที่สี่คือ I จัดสรรไม่ได้เนื่องจากกิจกรรม I มีกำหนดเวลาวันที่ 13-15 ซึ่งทับซ้อนกับกิจกรรม G เช่นเดียวกับกิจกรรม E และ F เป็นต้น เมื่อจัดสรรครบทุกกิจกรรมพบว่ากลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม G, A, D และ J ส่วนกิจกรรม I, E, F, H, C และ B ไม่สามารถจัดสรรได้เนื่องจากทับซ้อนกับกิจกรรมอื่นๆ



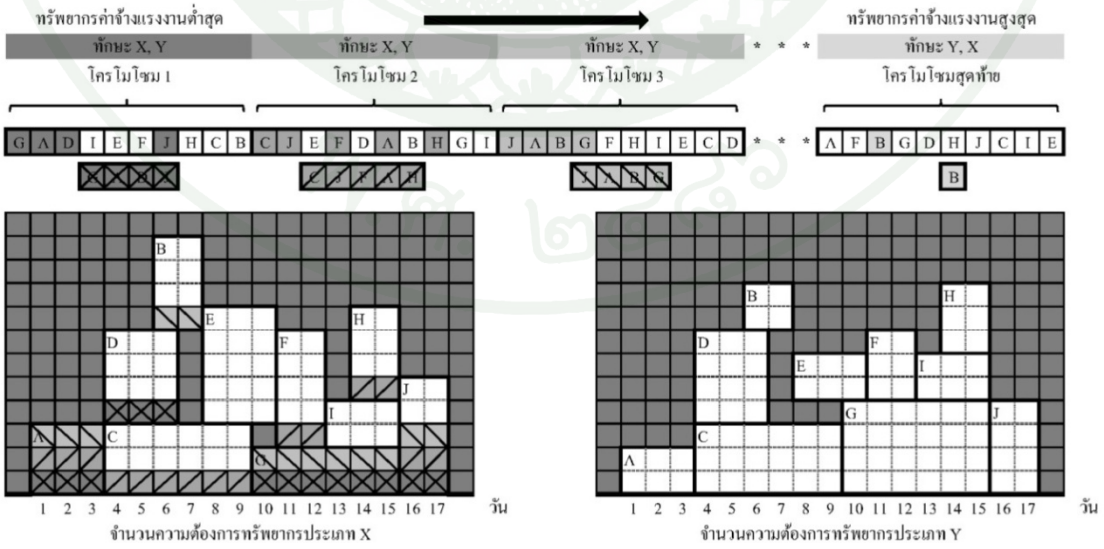
ภาพที่ 27 แสดงจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในกิจกรรมในรูปแบบกล่องกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้กับทรัพยากร

ภาพที่ 29 เป็นตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้ทรัพยากรที่มีต้นทุนทางตรงต่ำที่สุดไปถึงทรัพยากรที่มีต้นทุนทางตรงสูงสุดโดยยกตัวอย่างการจัดสรรทรัพยากร 3 ลำดับแรก จากโครโมโซมตั้งต้นของทรัพยากรแต่ละราย ผลปรากฏว่าทรัพยากรรายแรก ได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม G, A, D และ J ได้จำนวนวันทำงาน 14 วัน รายที่ 2 ได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม C, J, F, A และ H และได้จำนวนวันทำงาน 15 วัน รายที่ 3 ได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม J, A, B และ G และได้จำนวนวันทำงาน 13 วัน เป็นต้น

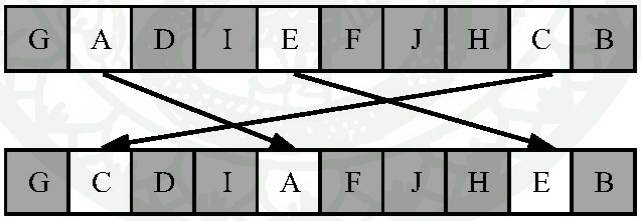


ภาพที่ 29 ตัวอย่างการกำหนดกลุ่มกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรจากการกำหนดโครโมโซม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.2 ขั้นตอนการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสม

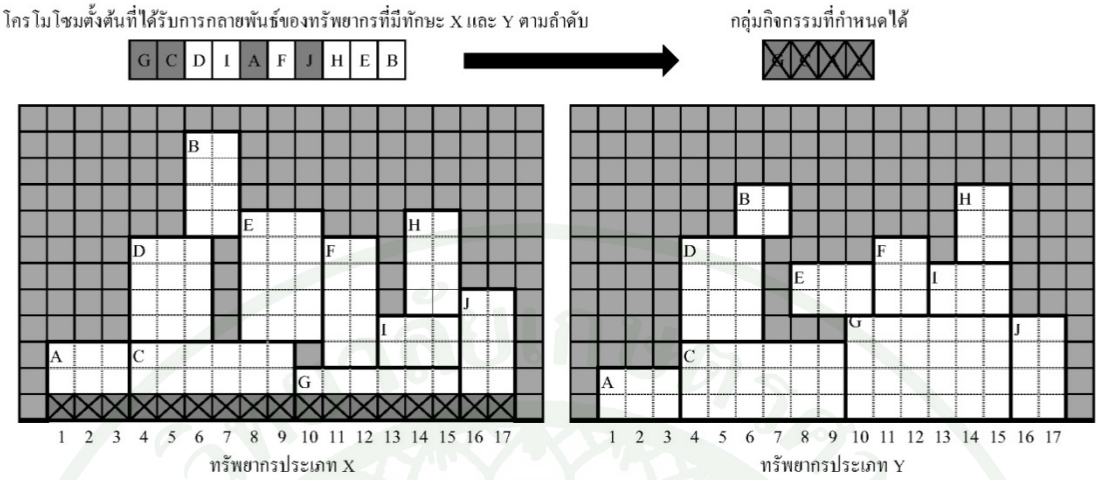
ขั้นตอนการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสมเป็นการนำโครโมโซมตั้งต้นของทรัพยากรใดๆ มาเปลี่ยนค่ายีนโดยการสลับตำแหน่งยีน/กิจกรรมภายในโครโมโซม เพื่อค้นหากลุ่มกิจกรรมที่กำหนดให้แก่ทรัพยากรที่มีจำนวนวันทำงานของทรัพยากรแต่ละรายที่มากกว่ากลุ่มกิจกรรมเดิม โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ด้วยวิธีการกลายพันธุ์แบบ Swap Mutation for Permutations โดยที่โครโมโซมจะมีการสลับตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซม ในภาพที่ 30 แสดงตัวอย่างโครโมโซมตั้งต้นที่ได้รับการกลายพันธุ์สลับตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซม ซึ่งจำนวนยีน/กิจกรรมที่ใช้ในการกลายพันธุ์สลับตำแหน่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ใช้งาน ในภาพที่ 30 ได้กำหนดจำนวนยีน/โครโมโซมสำหรับการสลับตำแหน่งจำนวน 3 ยีน โดยการสลับตำแหน่งจะต้องสุ่มเลือกกิจกรรมมา 3 กิจกรรม ได้แก่กิจกรรม A, E และ C จากนั้นทำการสลับตำแหน่ง โดยกิจกรรม A เปลี่ยนเป็น C ในตำแหน่งที่ 2, กิจกรรม E เปลี่ยนเป็น A ในตำแหน่งที่ 5 และกิจกรรม C เปลี่ยนเป็น E ในตำแหน่งที่ 9 จากนั้นนำไปจัดสรรทรัพยากรใหม่ เพื่อหากลุ่มกิจกรรมและจำนวนวันทำงาน และนำไปเปรียบเทียบกับจำนวนวันทำงานของโครโมโซมตั้งต้นอื่นๆ เพื่อคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดที่มีจำนวนวันทำงานมากที่สุดของทรัพยากรแต่ละราย



ภาพที่ 30 การกลายพันธุ์โครโมโซมตั้งต้นที่มีจำนวนกิจกรรมในการกลายพันธุ์ 3 กิจกรรม

ภาพที่ 31 เป็นการหากลุ่มกิจกรรมให้ทรัพยากรรับผิดชอบของโครโมโซมตั้งต้นที่ได้รับการกลายพันธุ์ จากการตรวจสอบโครโมโซมในภาพที่ 30 เริ่มจากจัดสรรกิจกรรมแรก คือ กิจกกรรม G มีกำหนดเวลาตั้งแต่วันที่ 10-15 กิจกรรมที่สอง C ที่มีกำหนดเวลาตั้งแต่วันที่ 4-9 กิจกรรมที่สาม D จัดสรรไม่ได้เนื่องจากกิจกรรม D มีกำหนดเวลาวันที่ 4-6 ซึ่งทับซ้อนกับกิจกรรม C เช่นเดียวกับกิจกรรม I ที่ทับซ้อนกับกิจกรรม G เป็นต้น เมื่อจัดสรรครบทุกกิจกรรมพบว่ากลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม G, C, A และ J ส่วนกิจกรรม D, I, F, H, E และ B ไม่สามารถจัดสรรได้เนื่องจากทับซ้อนกับกิจกรรมอื่นๆ

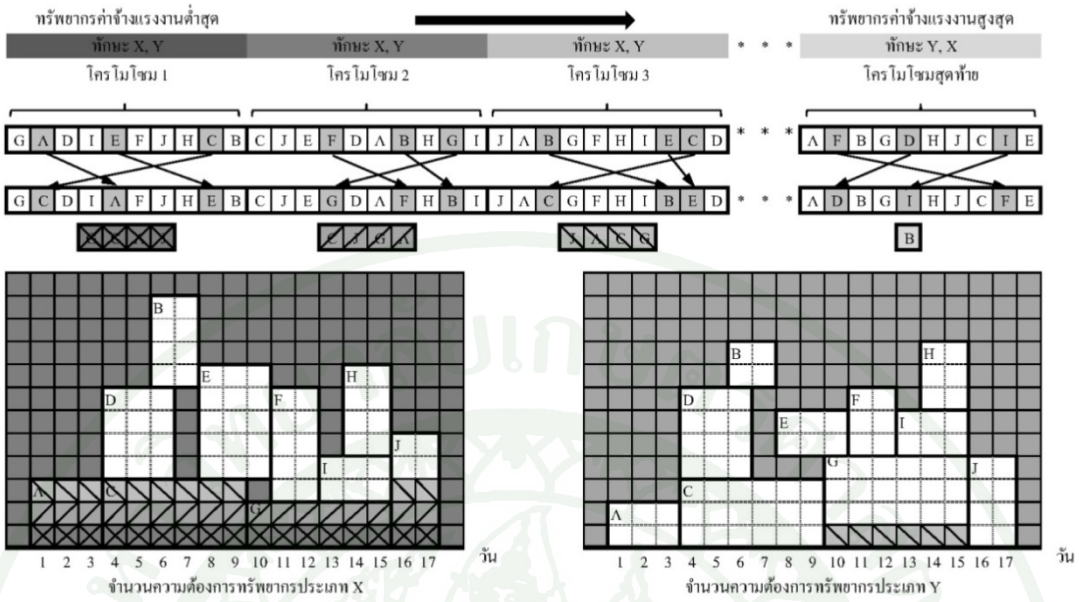
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมของโครโมโซมตั้งต้นที่ได้รับการกลายพันธุ์

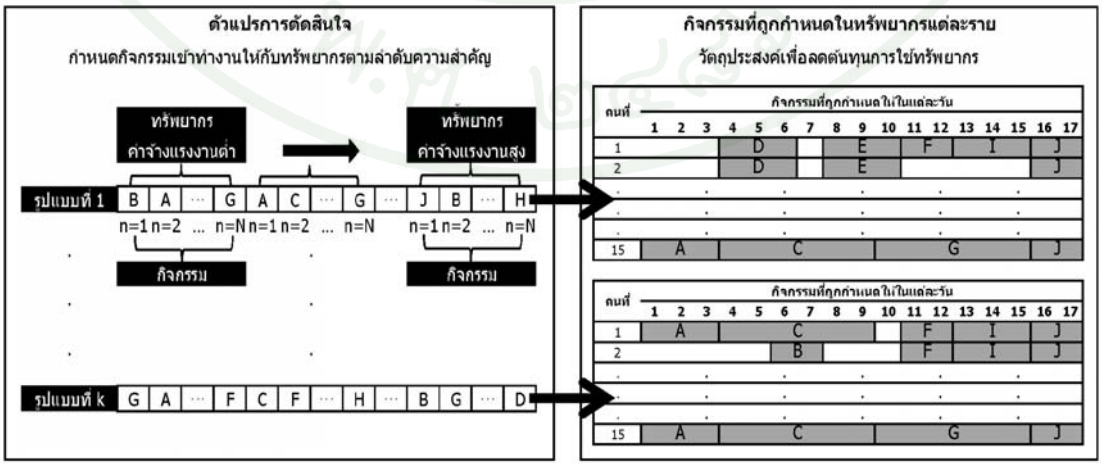
ภาพที่ 32 เป็นตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดไปถึงทรัพยากรที่มีค่าใช้จ่ายสูงสุดโดยยกตัวอย่างการจัดสรรทรัพยากร 3 ลำดับแรก จากโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ด้วยวิธีการกลายพันธุ์แบบ Swap mutation for permutations ผลปรากฏว่าทรัพยากรรายแรกได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม G, C, A และ J และได้จำนวนวันทำงาน 17 วัน ทรัพยากรรายที่ 2 ได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม C, J, G และ A และได้จำนวนวันทำงาน 17 วัน ทรัพยากรรายที่ 3 ได้กลุ่มกิจกรรมที่กำหนดได้คือ กิจกรรม J, A, C และ G ซึ่งกิจกรรม G ทรัพยากรจะใช้ความสามารถทักษะ Y เนื่องจากทักษะ X มีจำนวนทรัพยากรครบแล้ว และได้จำนวนวันทำงาน 17 วัน เป็นต้น โดยจะมีการกำหนดกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรจนครบทุกทรัพยากร และนำมาคำนวณเพื่อหาต้นทุนการใช้ทรัพยากรที่ต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 ตัวอย่างการกำหนดกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรที่โครโมโซมตั้งต้นผ่านขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

ภาพที่ 33 สรุปขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ โดยเรียงลำดับการจัดสรรโครโมโซมจากค่าใช้จ่ายต่ำสุดไปถึงสูงสุด โดยแต่ละโครโมโซมมีการพัฒนาจากรูปแบบที่ 1 ถึง k ตามขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ แสดงออกมาเป็นตารางกำหนดเวลาของกลุ่มกิจกรรมของทรัพยากรแต่ละรายเพื่อพัฒนาตารางการทำงานของทรัพยากรที่ให้ได้ผลรวมของต้นทุนทรัพยากรของโครงการที่ต่ำที่สุด



ภาพที่ 33 สรุปการวิเคราะห์การพัฒนาโครโมโซมเพื่อการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ โดยโปรแกรมต้นแบบนี้มีการวิเคราะห์หาแผนงาน/กำหนดเวลา และการจัดสรรตารางเวลาทำงานของทรัพยากรแต่ละราย โดยที่ต้นทุนในการใช้ทรัพยากรของโครงการมีค่าต่ำที่สุด โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) ในการกำหนดแผนงานและจัดตารางเวลาทำงานให้ทรัพยากรแต่ละราย

ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) โมดูลการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ และ 2) การแสดงผลของโปรแกรมต้นแบบ

2.1 โมดูลการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ

การทำงานของโปรแกรมต้นแบบถูกแบ่งออกเป็น 3 โมดูลย่อยได้แก่ 1) โมดูลการกำหนดแผนงานตั้งต้น 2) โมดูลการหาแผนงานที่เหมาะสม และ 3) โมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะ

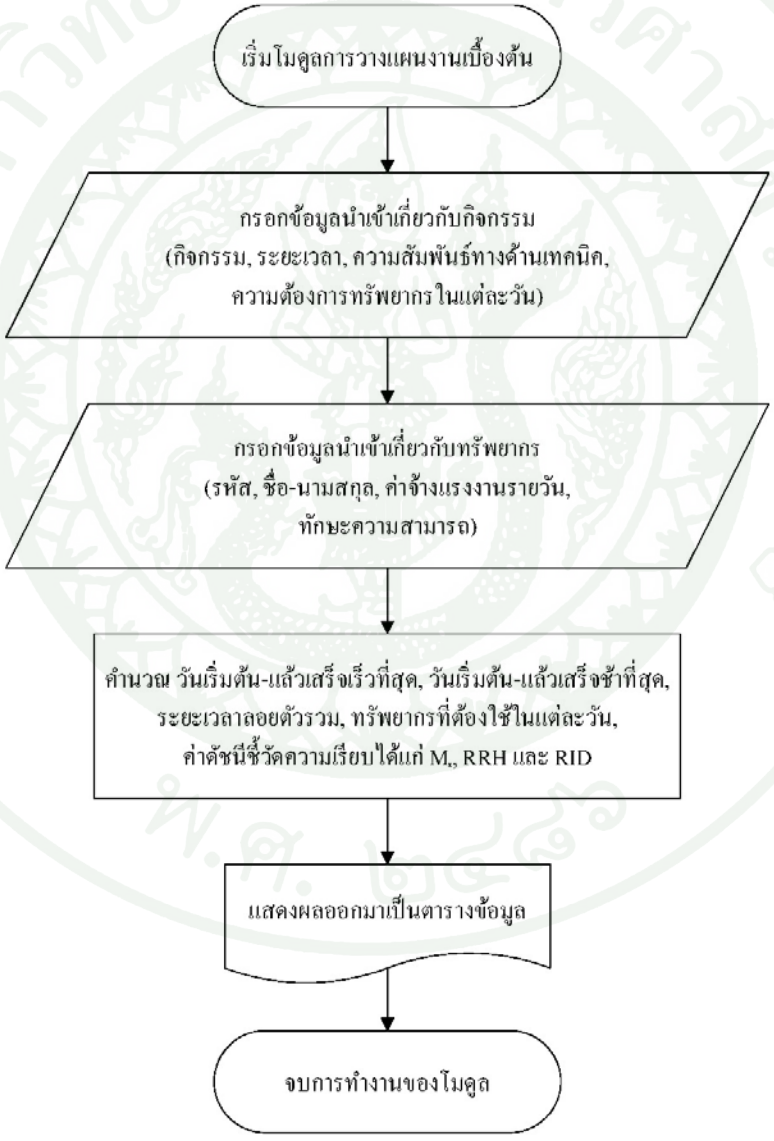
2.1.1 โมดูลการกำหนดแผนงานตั้งต้น (Initailization Module)

โมดูลนี้เป็นการวิเคราะห์หาขอบเขตของวันทำงานของแต่ละกิจกรรม ตั้งแต่วันเริ่ม-แล้วเสร็จของกิจกรรมที่เร็วที่สุด และช้าที่สุด รวมถึงระยะเวลาลอยตัวรวมของแต่ละกิจกรรม โดยใช้วิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) และคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความเรียบตามที่กำหนด

ภาพที่ 34 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลการกำหนดแผนงานตั้งต้น โดยเริ่มจากการกรอกข้อมูลที่เกี่ยวกับกิจกรรมเพื่อนำไปวิเคราะห์หากำหนดเวลาทำงาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย รหัสงาน (Act. ID) ชื่องาน (Activity) กิจกรรมก่อนหน้า (Predecessor) ระยะเวลาทำงาน (Duration) และจำนวนทรัพยากรตามความสามารถที่ต้องการ(Daily Resource Requirement) และกรอกข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับโมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายซึ่งประกอบด้วย รหัสทรัพยากร (Resource ID) ชื่อทรัพยากร (Rerource Name)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าใช้จ่ายทรัพยากร (Resource Cost) และทักษะความสามารถของแต่ละทรัพยากร ขั้นตอนถัดไปเป็นการวิเคราะห์หากำหนดเวลาเริ่มต้น-แล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดของกิจกรรม ระยะเวลาลอยตัวรวมของแต่ละกิจกรรม และผลรวมค่าดัชนีชี้วัดความเรียบได้แก่ M_x, *RRH* และ *RID* จากจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันของทรัพยากรแต่ละประเภท แสดงผลออกมาในรูปแบบของตารางกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม แผนงาน Bar Chart และตารางแสดงค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ



ภาพที่ 34 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการกำหนดแผนงานตั้งต้น

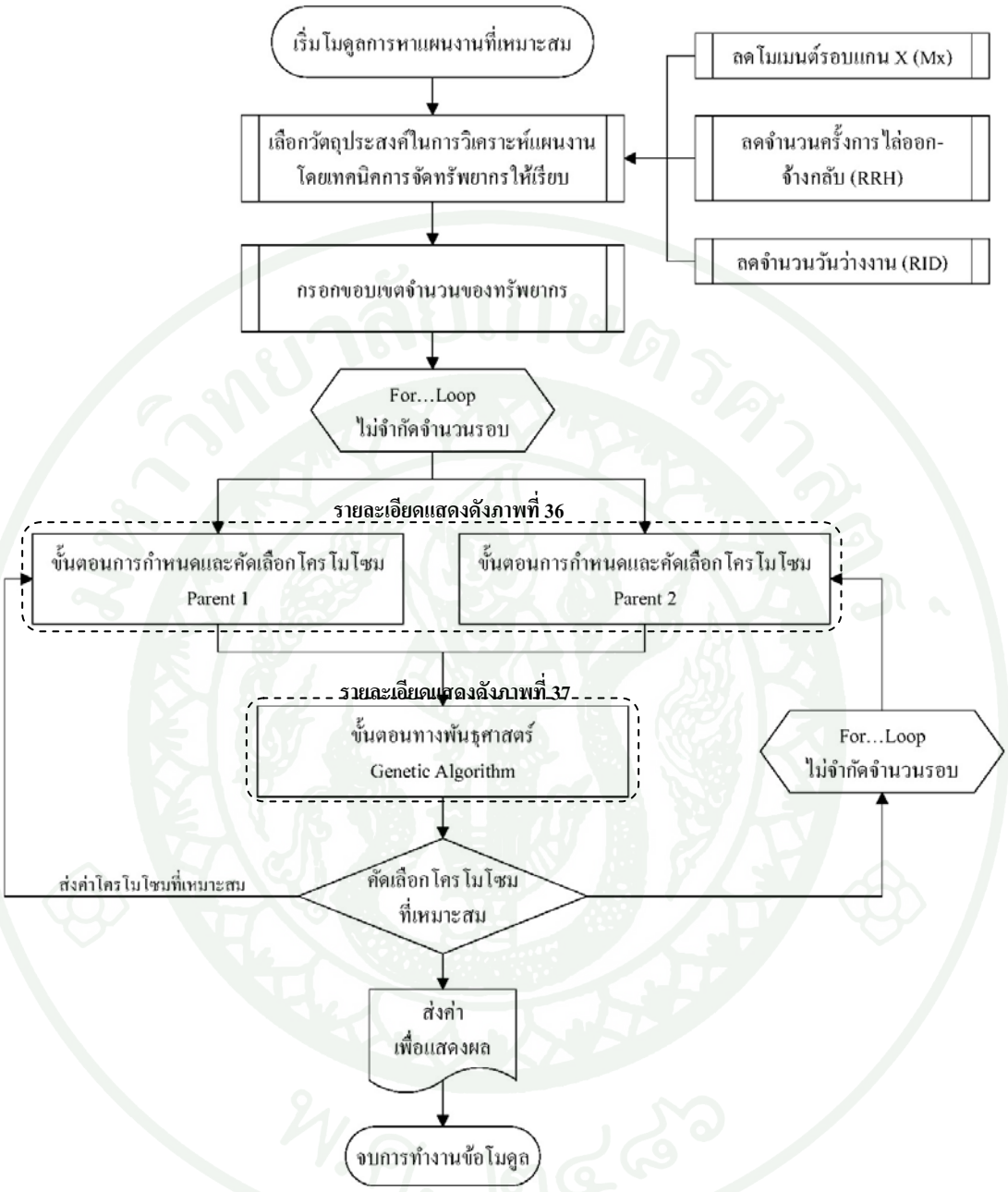
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 โมดูลการหาแผนงานที่เหมาะสม (Scheduling Module)

โมดูลนี้เป็นการวิเคราะห์หากำหนดเวลาที่เหมาะสมของกิจกรรม ภายในขอบเขตของกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมในโมดูลก่อนหน้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผนงานตามวัตถุประสงค์ของหลักการจัดทรัพยากรให้เรียบ โดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm) ในการหาจำนวนวันที่กิจกรรมถูกเลื่อนจากกำหนดเวลาเริ่มต้นที่เร็วที่สุด เพื่อให้อัตราการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือค่าดัชนีชี้วัดความเรียบที่กำหนด

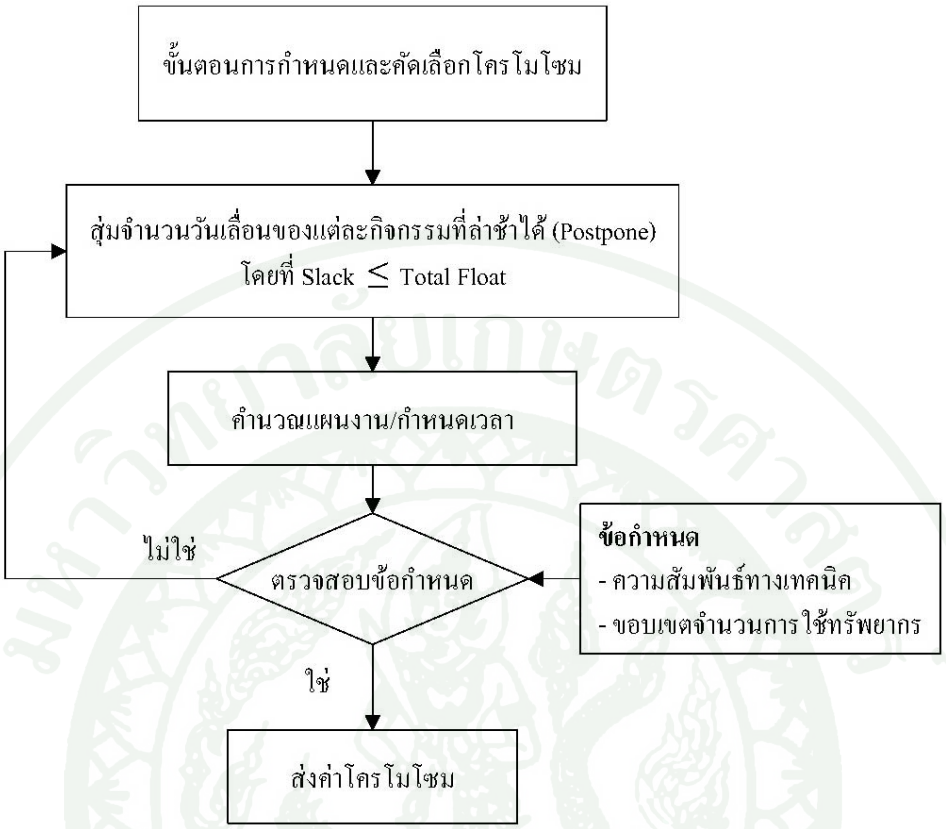
ภาพที่ 35 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลการหาแผนงานที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการเลือกวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ การเลือกดัชนีชี้วัดความเรียบ ได้แก่ โมเมนต์รอบแกน x (Minimum Moment Method, M_x) การเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ (Release and Re-Hire, *RRH*) และวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร (Resource Idle Days, *RID*) และกำหนดขอบเขตจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันของทรัพยากรแต่ละประเภท เพื่อลดระยะเวลาในการค้นหาคำตอบ ลำดับต่อไปเป็นขั้นตอนการกำหนดและคัดเลือกโครโมโซม แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 36 โดยผ่านการตรวจสอบตามข้อกำหนดเป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางเทคนิคและขอบเขตจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน โครโมโซมที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำมาเก็บไว้ทั้ง Parent 1 และ 2 เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ เพื่อค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสม แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 37 โดยจับคู่โครโมโซมระหว่าง Parent 1 และ 2 มาตัดต่อโครโมโซมด้วยวิธีการสืบพันธุ์ (Mating) และเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดมาทำการกลายพันธุ์ (Mutation) และนำโครโมโซมที่ผ่านข้อกำหนดจากวิธีสืบพันธุ์และกลายพันธุ์หรือโครโมโซมใหม่ นำมาวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมและค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ เพื่อนำค่าดัชนีชี้วัดมาเปรียบเทียบแต่ละโครโมโซม เพื่อคัดเลือกหาโครโมโซมที่ดีที่สุด ที่จะนำมาใช้ในวิเคราะห์ในรอบต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



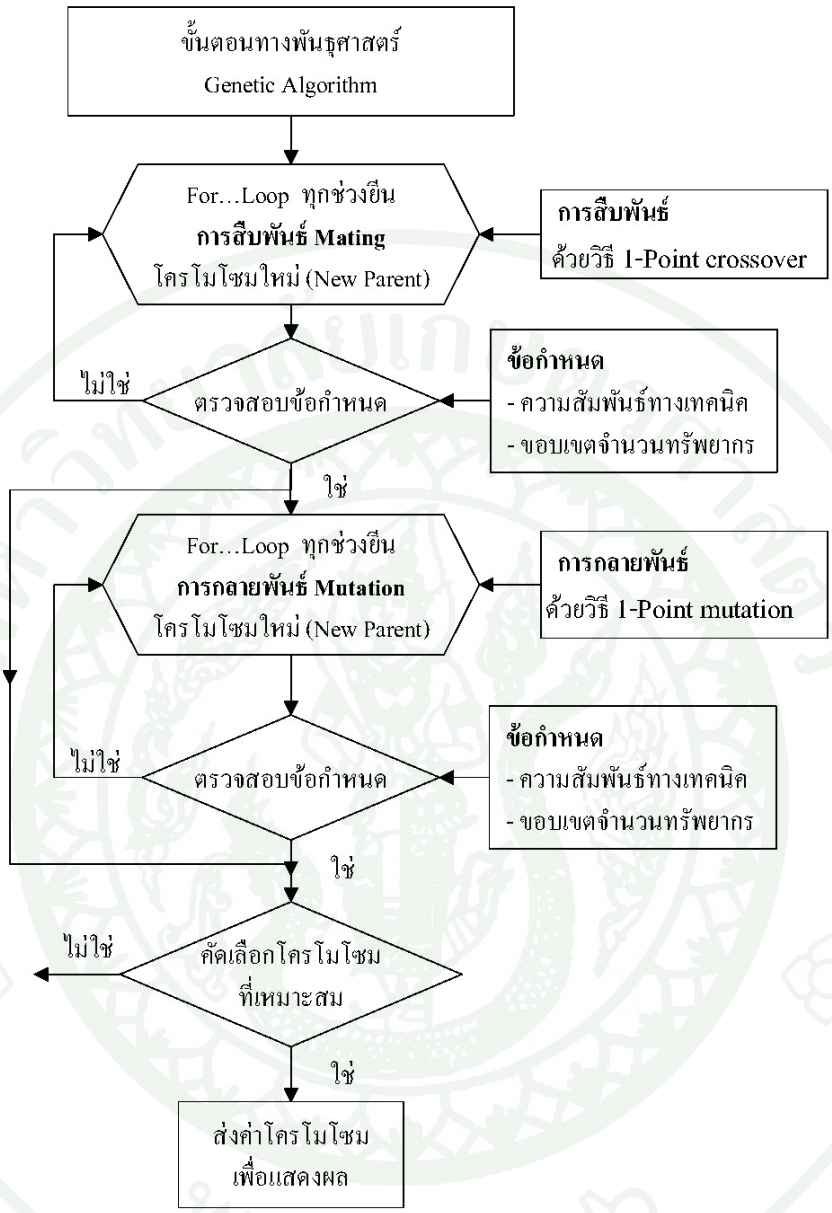
ภาพที่ 35 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการหาแผนงานที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 36 ขั้นตอนการกำหนดและคัดเลือกโครโมโซม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 ขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ของโปรแกรมต้นแบบ

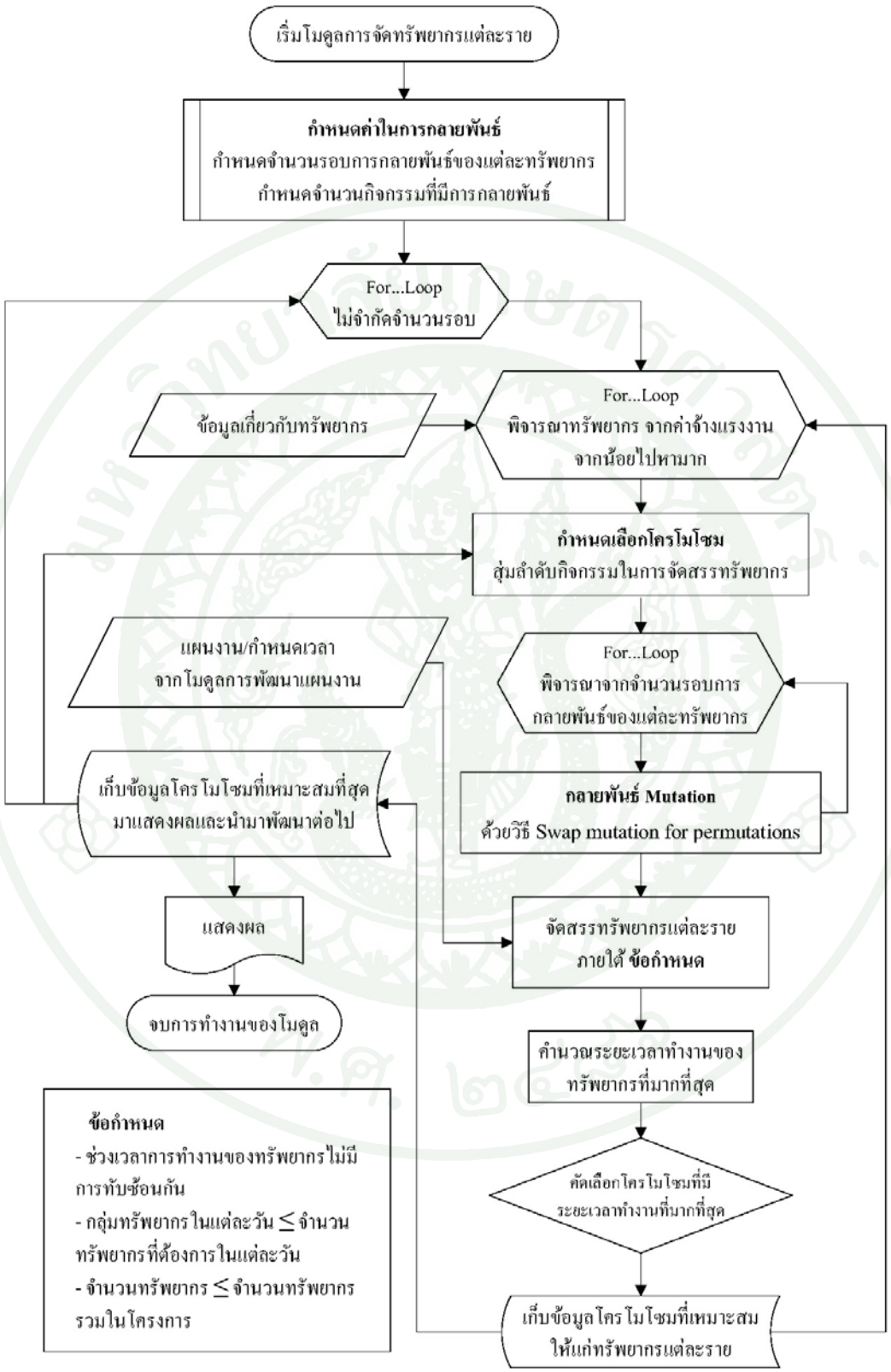
2.1.3 โมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย (Resource Module)

โมดูลนี้เป็นการวิเคราะห์หาตารางเวลาการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการใช้ทรัพยากรของโครงการให้ต่ำที่สุด เพื่อให้โปรแกรมต้นแบบประมวลผลได้รวดเร็วขึ้น โปรแกรมได้คัดเลือกทรัพยากรที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการจัดสรรทรัพยากรก่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 38 แสดงขั้นตอนการทำงานของโมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย โดยเริ่มจากกติกาในการหาคำตอบในกรณีนี้คือ การกำหนดจำนวนกิจกรรมของการกลายพันธุ์ เป็นการแสดงถึงความผันผวนของโครโมโซม ถ้าผู้ใช้โปรแกรมกำหนดจำนวนกิจกรรมของการกลายพันธุ์ ยิ่งมากจะยิ่งเข้าใกล้ค่า Random และกำหนดจำนวนรอบของการกลายพันธุ์ ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดค่าไว้โปรแกรมต้นแบบจะตั้งค่าจำนวนกิจกรรมของการกลายพันธุ์เท่ากับ 2 กิจกรรม และจำนวนรอบของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 5 แสดงว่าภายใน 1 โครโมโซมจะมีการสลับตำแหน่งของกิจกรรม 2 กิจกรรม โดยกำหนดให้หาโครโมโซมใหม่ 5 โครโมโซมเป็นต้น ขั้นตอนถัดไปโปรแกรมต้นแบบจะเรียงลำดับการจัดสรรทรัพยากรตามค่าใช้จ่ายต่ำสุดจนถึงสูงสุด และเลือกทรัพยากรเพื่อจะทำการกำหนดโครโมโซมตั้งต้น (Selection Chromosome) และหาโครโมโซมใหม่ 5 โครโมโซม จากโครโมโซมตั้งต้น โดยการสลับตำแหน่งของกิจกรรม 2 กิจกรรม หรือตามจำนวนรอบของการกลายพันธุ์ที่กำหนดไว้ นำมาหากลุ่มกิจกรรมให้แก่ทรัพยากรและหาจำนวนวันทำงานในแต่ละโครโมโซมของทรัพยากรแต่ละราย เพื่อนำมาเปรียบเทียบเลือกโครโมโซมที่ให้จำนวนวันทำงานที่มากที่สุดให้แก่ทรัพยากร จากนั้นทำการค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสมจนครบจำนวนทรัพยากรทั้งหมด จะได้การจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายของโครงการในรอบแรก และโปรแกรมจะคำนวณรอบใหม่ โดยนำข้อมูลโครโมโซมของทรัพยากรแต่ละรายในรอบก่อนหน้ามาทำการพัฒนาค้นหาโครโมโซมต่อไป เพื่อให้ได้ต้นทุนการใช้ทรัพยารกรของโครงการที่ต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 ขั้นตอนการทำงานของโมดูลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย

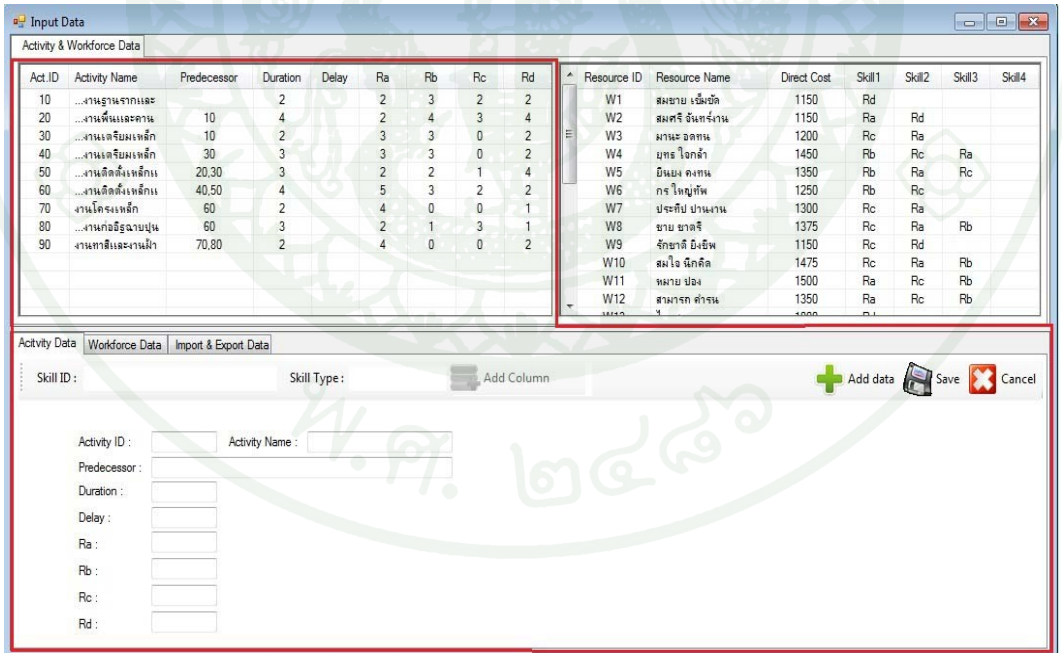
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 แสดงผลของโปรแกรมต้นแบบ

ฟังก์ชั่นการทำงานของโปรแกรมต้นแบบได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) การนำเข้าข้อมูล 2) การแสดงผลการวางแผนงาน 3) การแสดงผลการจัดตารางการทำงานของทรัพยากร

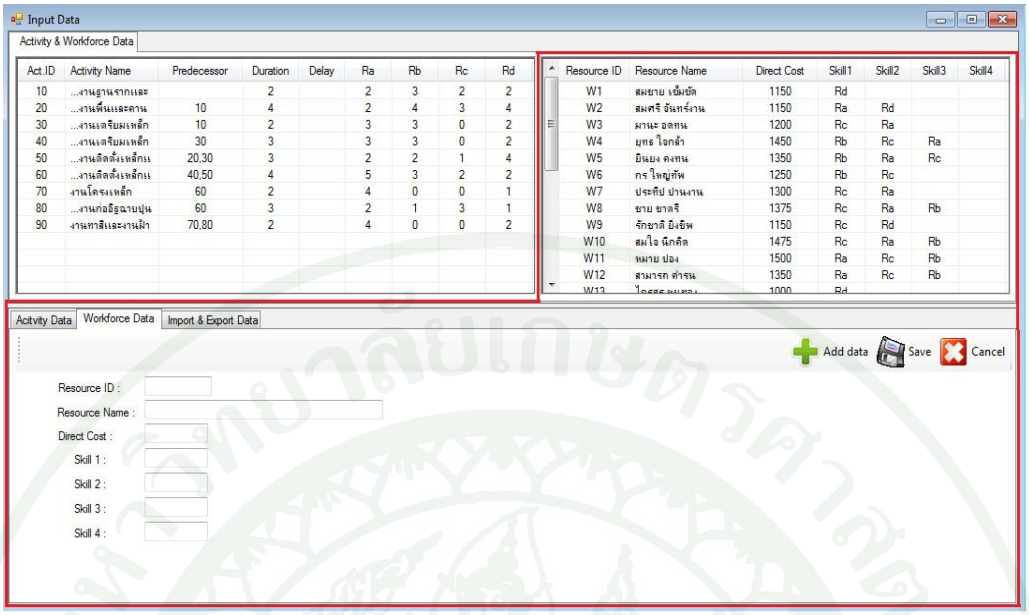
2.1.1 การนำเข้าข้อมูล สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

2.2.1.1 การนำเข้าข้อมูลโดยผู้ใช้เป็นผู้กรอก ภาพที่ 39 แสดงหน้าต่างการนำเข้าข้อมูลกิจกรรมของโครงการ ซึ่งข้อมูลหลักประกอบด้วยรหัสงาน (Activity ID) ชื่อกิจกรรม (Activity) กิจกรรมก่อนหน้า (Predecessor) ระยะเวลาของกิจกรรม (Duration) ระยะเวลาระหว่างกิจกรรม (Delay) และจำนวนทรัพยากรตามทักษะความสามารถ ส่วนภาพที่ 40 แสดงหน้าต่างการนำเข้าข้อมูลทรัพยากรแต่ละราย ซึ่งข้อมูลหลักประกอบด้วย รหัสคนงาน (Resource ID) ทรัพยากร (Resource Name) ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) และทักษะความสามารถของคนงานแต่ละคน



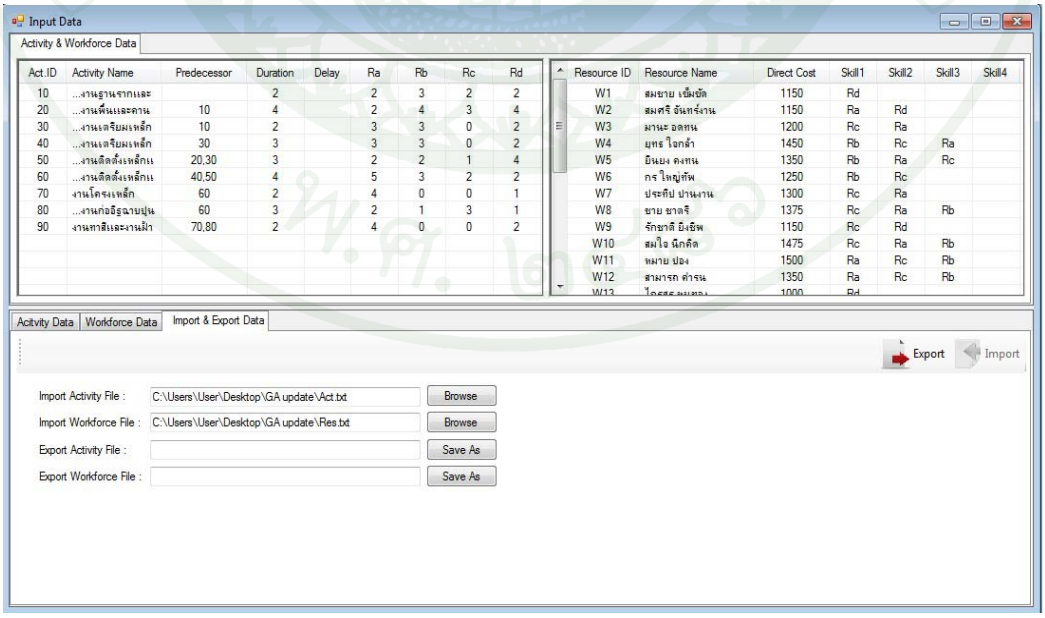
ภาพที่ 39 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 40 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลทรัพยากร

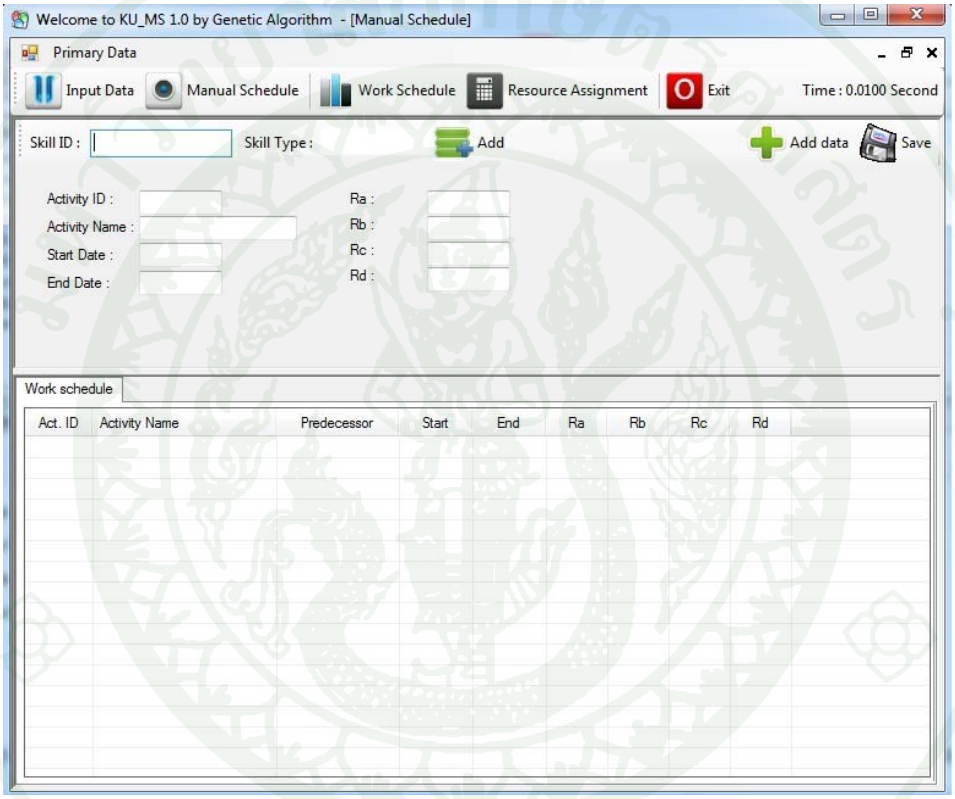
2.2.1.2 การนำเข้าโดยการ Import File ภาพที่ 41 เป็นการนำเข้าข้อมูลของกิจกรรมและข้อมูลของทรัพยากร จากข้อมูลที่เคยบันทึกไว้ ซึ่งในหน้าต่างนี้ผู้ใช้งานสามารถ Export File อยู่ในรูปแบบไฟล์ .text เพื่อบันทึกข้อมูล และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 41 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการ Import File

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.1.3 การนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม เกิดขึ้นในกรณีที่กิจกรรมได้ถูกกำหนดวันเริ่ม-เสร็จของแต่ละกิจกรรมแล้ว ดังนั้นผู้ใช้โปรแกรมสามารถกรอกข้อมูลที่ประกอบด้วย รหัสกิจกรรม (Activity ID) ชื่อกิจกรรม (Activity Name) กิจกรรมก่อนหน้า (Predecessor) วันเริ่มต้น-เสร็จของกิจกรรม (Start and End Date) และทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละกิจกรรมได้ทันที เพื่อใช้ในการจัดสรรทรัพยากร แสดงในภาพที่ 42



ภาพที่ 42 การนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงาน กรณีที่กิจกรรมได้ถูกกำหนดวันเริ่ม-เสร็จ

2.2.2 การแสดงผลการวางแผนงาน

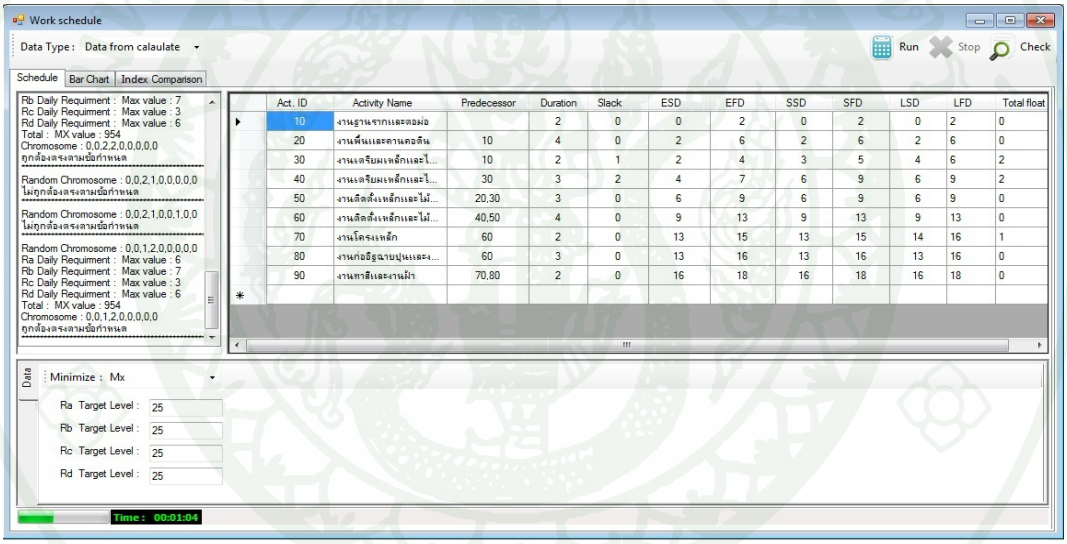
การแสดงผลการวางแผนงานได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ 1) ตารางกำหนดเวลาของกิจกรรม 2) Bar Chart และ 3) ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ

2.2.2.1 ตารางกำหนดเวลาของกิจกรรม เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมในรูปแบบของตารางข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจากหลักการ CPM และ

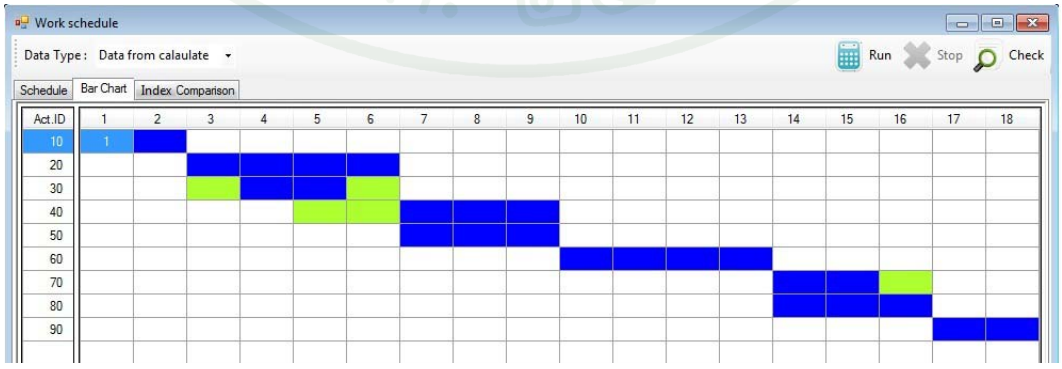
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลื่อนวันเริ่มต้นของกิจกรรมที่ไม่วิกฤตโดยอาศัยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ ดังภาพที่ 43 ซึ่งตารางจะแสดงข้อมูลกิจกรรม, วันเริ่ม-เสร็จเร็วสุดและช้าสุด (ESD, EFD, LSD และ LFD) และกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่ได้จากการเลื่อนวันเริ่มที่เร็วที่สุด (SSD และ SFD)

2.2.2.2 Bar chart เป็นการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์กำหนดเวลาการทำงานมาแสดงในรูปของ Bar Chart ตัวอย่างตามภาพที่ 44 โดยกำหนดให้สีเขียวหมายถึงขอบเขตของกำหนดเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมที่ทำให้ระยะเวลาโครงการไม่เปลี่ยนแปลง และสีน้ำเงินเป็นกำหนดเวลาของกิจกรรมที่โปรแกรมเลือกเพื่อให้ดัชนีชี้วัดความเรียบของทรัพยากรเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด



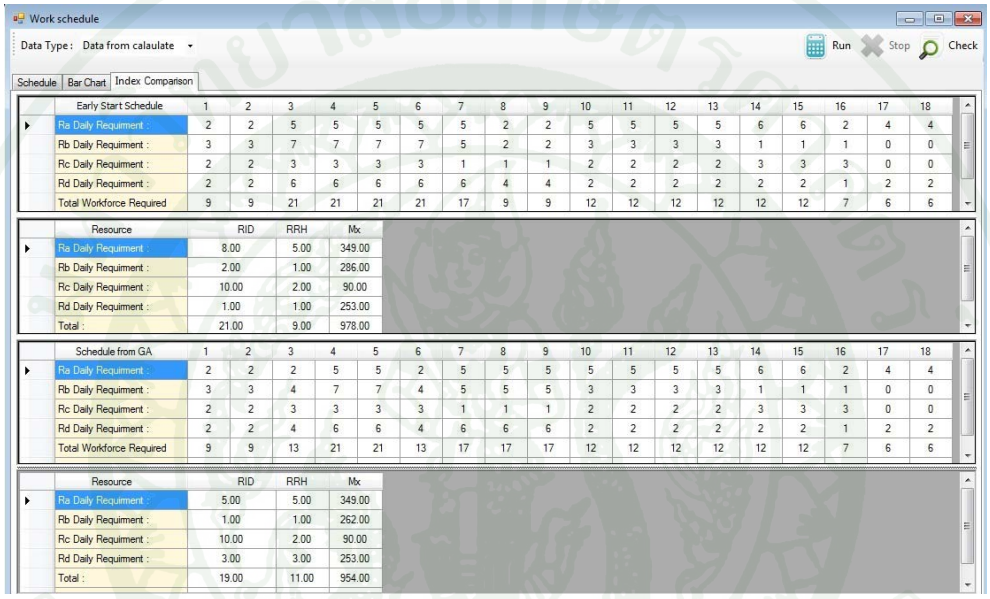
ภาพที่ 43 การแสดงผลในรูปแบบตารางแผนงาน/กำหนดเวลาทำงาน



ภาพที่ 44 การแสดงผลในรูปแบบ Bar Chart

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2.3 ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ แสดงค่าดัชนีชี้วัดต่างๆ ได้แก่ โมเมนต์รอบแกน X (Minimum Moment Method, M_x), จำนวนครั้งการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ (Release and Re-Hire, *RRH*) และจำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร (Resource Idle Days, *RID*) และจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันระหว่างแผนงานกำหนดเวลา Early Start Schedule กับแผนงานกำหนดเวลาที่มาจากการวิเคราะห์ตามดัชนีชี้วัดที่ผู้ใช้งานได้เลือกไว้

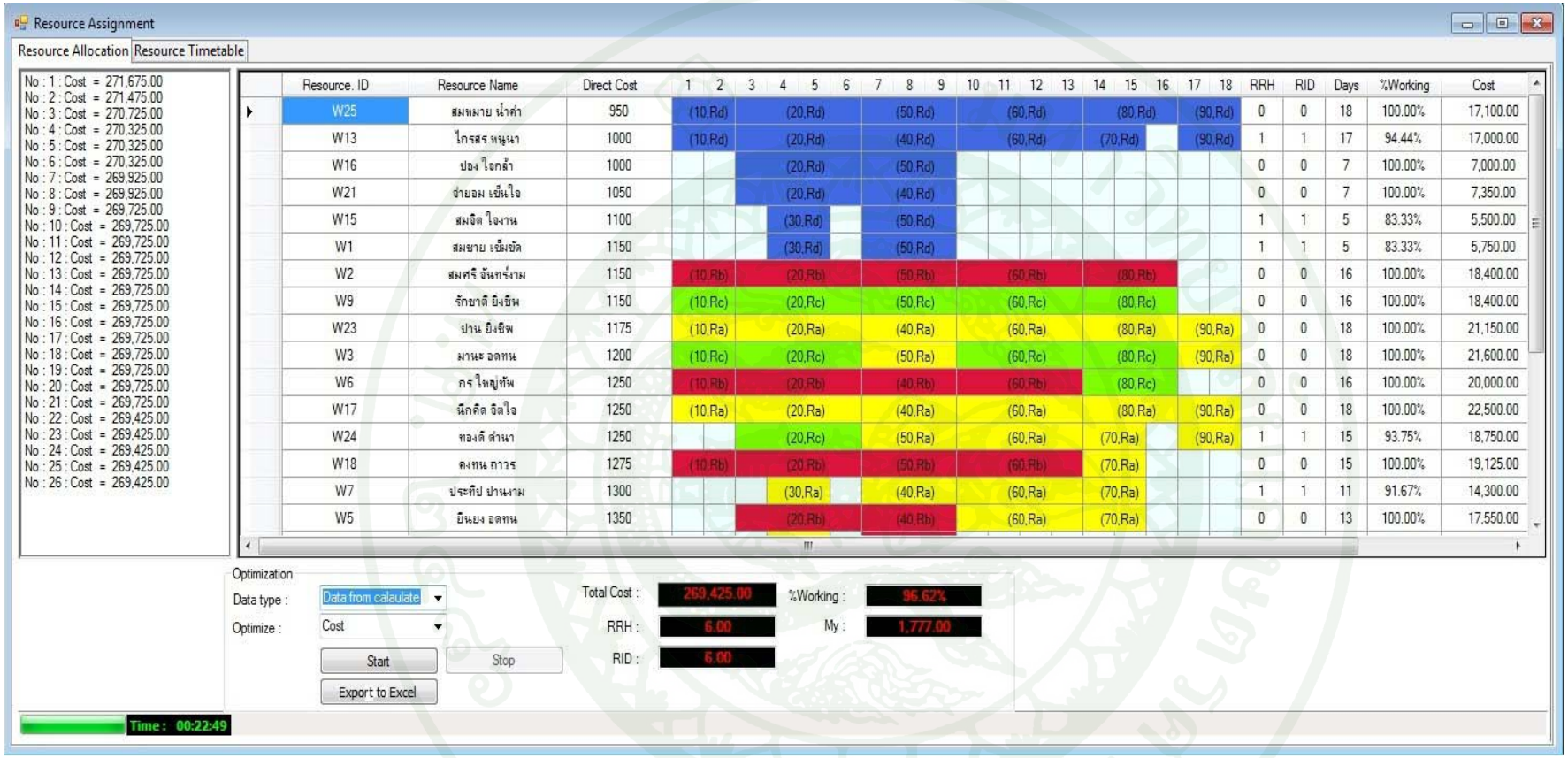


ภาพที่ 45 ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดประกอบด้วยโมเมนต์รอบแกน x, การเลิกจ้างแล้วจ้างกลับ และวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร

2.2.3 การแสดงผลการจัดตารางการทำงานของทรัพยากรแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.2.3.1 ตารางสรุปวันทำงานของทรัพยากร ในภาพที่ 46 เป็นตารางสรุปกำหนดเวลาของทรัพยากรแต่ละราย โดยภายในแท่ง Bar Chart แสดงถึงการมอบหมายให้ทรัพยากรแต่ละรายทำงานในกิจกรรมตามความสามารถที่กำหนดไว้ เช่น (10, Ra) หมายถึง (Activity ID, Skill ID) พร้อมทั้งมีการคำนวณค่า RRH, RID, %Working และ M_y ของแต่ละทรัพยากรนอกจากนี้ ส่วนล่างของตารางเป็นการแสดงค่าดัชนีชี้วัดต่างๆ ซึ่งเป็นผลรวมของทุกทรัพยากรได้แก่ ต้นทุน จำนวนครั้งการเลิกจ้างแล้วการจ้างกลับ จำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร เปอร์เซ็นการทำงาน และโมเมนต์รอบแกน ตามลำดับ และสามารถ Export ให้อยู่ในรูปแบบของตาราง Excel ได้โดยเลือกไปที่เมนู Export to Excel ดังภาพที่ 47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



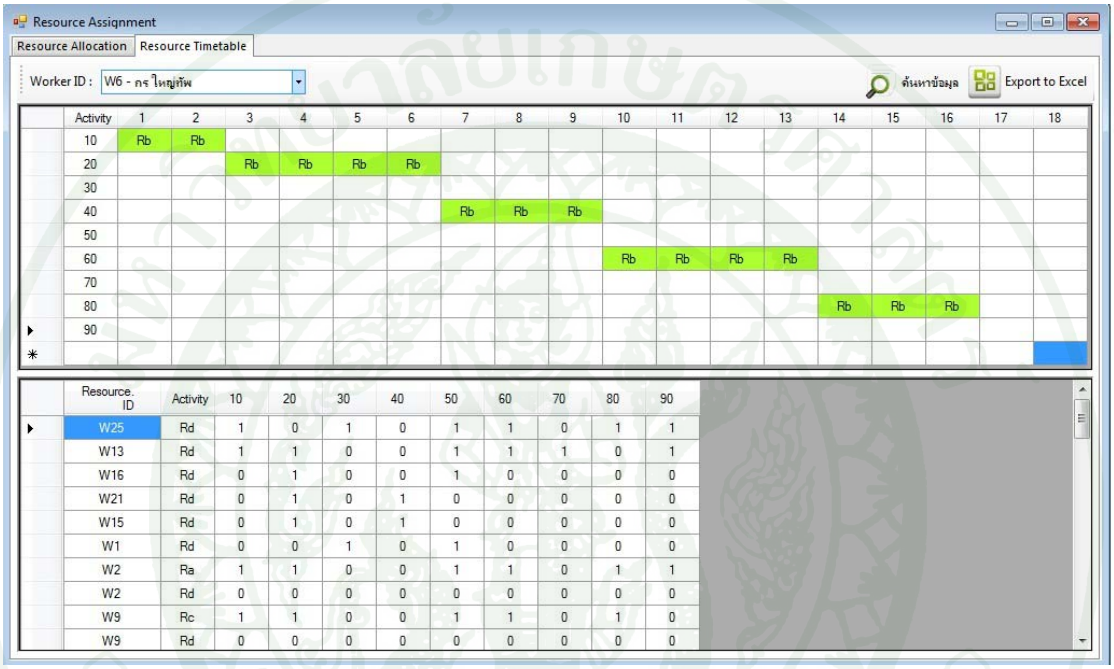
Resource. ID	Resource Name	Direct Cost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	RRH	RID	Days	%Working	Cost
W25	สมหมาย น้ำค่า	950	(10,Rd)		(20,Rd)				(50,Rd)			(60,Rd)				(80,Rd)			(90,Rd)		0	0	18	100.00%	17,100.00
W13	ไกรสร หนูนา	1000	(10,Rd)		(20,Rd)				(40,Rd)			(60,Rd)				(70,Rd)			(90,Rd)		1	1	17	94.44%	17,000.00
W16	ปอง ใจกล้า	1000			(20,Rd)				(50,Rd)												0	0	7	100.00%	7,000.00
W21	จำยอม เย็นใจ	1050			(20,Rd)				(40,Rd)												0	0	7	100.00%	7,350.00
W15	สมจิต ใจงาน	1100				(30,Rd)			(50,Rd)												1	1	5	83.33%	5,500.00
W1	สมชาย เข็มขัด	1150				(30,Rd)			(50,Rd)												1	1	5	83.33%	5,750.00
W2	สมศรี จันทร์งาม	1150	(10,Rb)		(20,Rb)				(50,Rb)			(60,Rb)				(80,Rb)					0	0	16	100.00%	18,400.00
W9	รักษาดี ยิ่งยิ่ง	1150	(10,Rc)		(20,Rc)				(50,Rc)			(60,Rc)				(80,Rc)					0	0	16	100.00%	18,400.00
W23	ปาน ยิ่งยิ่ง	1175	(10,Ra)		(20,Ra)				(40,Ra)			(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)		0	0	18	100.00%	21,150.00
W3	มานะ อดทน	1200	(10,Rc)		(20,Rc)				(50,Ra)			(60,Rc)				(80,Rc)			(90,Ra)		0	0	18	100.00%	21,600.00
W6	กร ใหญ่ทัพ	1250	(10,Rb)		(20,Rb)				(40,Rb)			(60,Rb)				(80,Rc)					0	0	16	100.00%	20,000.00
W17	นึกคิด จิตใจ	1250	(10,Ra)		(20,Ra)				(40,Ra)			(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)		0	0	18	100.00%	22,500.00
W24	ทองดี ดำนา	1250			(20,Rc)				(50,Ra)			(60,Ra)				(70,Ra)			(90,Ra)		1	1	15	93.75%	18,750.00
W18	คงทน ถาวร	1275	(10,Rb)		(20,Rb)				(50,Rb)			(60,Rb)				(70,Ra)					0	0	15	100.00%	19,125.00
W7	ประกิป ปานงาม	1300				(30,Ra)			(40,Ra)			(60,Ra)				(70,Ra)					1	1	11	91.67%	14,300.00
W5	ยินยง อดทน	1350			(20,Rb)				(40,Rb)			(60,Ra)				(70,Ra)					0	0	13	100.00%	17,550.00

ภาพที่ 46 ตารางสรุปผลการจัดสรรทรัพยากรและค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากร

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	Resource. ID	Resource Name	Direct Cost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	RRH	RID	Days	%Working	Cost	My
2	W25	สมหมาย น้ำค่ำ	950	(10,Rd)			(20,Rd)			(40,Rd)			(60,Rd)				(80,Rd)			(90,Rd)		0	0	18	100.00%	17,100	171
3	W13	ไกสร หนูนา	1000	(10,Rd)			(20,Rd)			(50,Rd)			(60,Rd)				(70,Rd)			(90,Rd)		1	1	17	94.44%	17,000	146
4	W16	ป่อง ใจกล้า	1000				(20,Rd)			(50,Rd)												0	0	7	83.33%	7,000	18
5	W21	จำยอม เข็นใจ	1050				(20,Rd)			(40,Rd)												0	0	7	100.00%	7,350	28
6	W15	สมจิต ใจงาน	1100				(30,Rd)			(50,Rd)												1	1	5	100.00%	5,500	28
7	W1	สมชาย เข็มขัด	1150				(30,Rd)			(50,Rd)												1	1	5	100.00%	5,750	28
8	W2	สมศรี จันทร์งาม	1150	(10,Rb)			(20,Rb)			(40,Rb)			(60,Rb)				(80,Rb)					0	0	16	100.00%	18,400	136
9	W9	รักชาติ ยิ่งชีพ	1150	(10,Rc)			(20,Rc)			(50,Rc)			(60,Rc)				(80,Rc)					0	0	16	100.00%	18,400	136
10	W23	ปาน ยิ่งชีพ	1175	(10,Ra)			(20,Ra)			(40,Ra)			(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)		0	0	18	94.44%	21,150	155
11	W3	มานะ อดทน	1200	(10,Rc)			(20,Rc)			(50,Ra)			(60,Rc)				(80,Rc)			(90,Ra)		0	0	18	100.00%	21,600	171
12	W6	กร ใหญ่ทัพ	1250	(10,Rb)			(20,Rb)			(40,Rb)			(60,Rb)				(80,Rc)					0	0	16	100.00%	20,000	136
13	W17	นึกคิด จิตใจ	1250	(10,Ra)			(20,Ra)			(40,Ra)			(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)		0	0	18	100.00%	22,500	171
14	W24	ทองดี ดำนา	1250				(20,Rc)			(50,Ra)			(60,Ra)				(70,Ra)			(90,Ra)		1	1	15	100.00%	18,750	136
15	W18	คงทน ถาวร	1275	(10,Rb)			(20,Rb)			(40,Rb)			(60,Rb)				(70,Ra)					0	0	15	100.00%	19,125	120
16	W7	ประทีป ปานงาม	1300				(30,Ra)			(40,Ra)			(60,Ra)				(70,Ra)					1	1	11	91.67%	14,300	75
17	W5	ยืนยง คงทน	1350				(20,Rb)			(50,Rb)			(60,Ra)				(70,Ra)					0	0	13	100.00%	17,550	91
18	W12	สามารถ คำรณ	1350				(30,Ra)			(50,Rb)												1	1	5	83.33%	6,750	18
19	W8	ชาย ชาตรี	1375				(30,Ra)															0	0	2	100.00%	2,750	3
20	W20	หนูทอง จันทร์งาม	1375				(30,Rb)															0	0	2	100.00%	2,750	3
21	W19	จันทร์ จันทร์งาม	1400				(30,Rb)															0	0	2	100.00%	2,800	3
22	W4	ยุทธ ใจกล้า	1450				(30,Rb)															0	0	2	100.00%	2,900	3
23	W10	สมใจ นึกคิด	1475																			0	0	0	0.00%	0	0
24	W11	หมาย ป่อง	1500																			0	0	0	0.00%	0	0
25	W22	ปานใจ ทัพใหญ่	1500																			0	0	0	0.00%	0	0
26	W14	กานต์ จำยอม	1550																			0	0	0	0.00%	0	0
27																						6	6	228	97.49%	269,425	1,776

ภาพที่ 47 Export ตารางสรุปผลการจัดสรรทรัพยากรและค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากรลงบน Microsoft Excel

2.2.3.2 ตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรในรูปแบบ Bar Chart ภาพที่ 48 แสดงกิจกรรมและทักษะที่ต้องดำเนินการของแต่ละทรัพยากร โดยผู้ใช้สามารถเลือกรหัสทรัพยากรเพื่อค้นหากำหนดเวลาการทำงานของทรัพยากรแต่ละรายและสามารถ Export ให้อยู่ในรูปแบบของตาราง Excel แสดงในภาพที่ 49



Activity	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	Rb	Rb																
20			Rb	Rb	Rb	Rb												
30																		
40							Rb	Rb	Rb									
50																		
60										Rb	Rb	Rb	Rb					
70																		
80														Rb	Rb	Rb		
90																		

Resource ID	Activity	10	20	30	40	50	60	70	80	90
W25	Rd	1	0	1	0	1	1	0	1	1
W13	Rd	1	1	0	0	1	1	1	0	1
W16	Rd	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W21	Rd	0	1	0	1	0	0	0	0	0
W15	Rd	0	1	0	1	0	0	0	0	0
W1	Rd	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W2	Ra	1	1	0	0	1	1	0	1	1
W2	Rd	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W9	Rc	1	1	0	0	1	1	0	1	0
W9	Rd	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 48 การแสดงแผนงาน Bar Chart ของคนงานแต่ละราย

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2	**ชื่อ : W24 - ทองดี**																		
3																			
4	**Activity**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
5	A																		
6	B			c	c	c	c												
7	C																		
8	D																		
9	E							a	a	a									
10	F										a	a	a	a					
11	G																		
12	H														c	c	c		
13	I																	a	a

ภาพที่ 49 Export ข้อมูลแผนงาน Bar Chart ของแต่ละทรัพยากรลงบน Microsoft Excel

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การตรวจสอบการทำงานและความถูกต้องของโปรแกรมต้นแบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบการใช้งานพร้อมกับตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม โดยอาศัยโครงการตัวอย่างซึ่งเป็นโครงการบ้านพักอาศัยชั้นเดียว ซึ่งมีกิจกรรมทั้งหมด 9 กิจกรรมราย แสดงในตารางที่ 6 และมีจำนวนทรัพยากรที่เป็นคนงานทั้งหมด 25 ราย แสดงในตารางที่ 7 ซึ่งทักษะความสามารถแสดงตามลำดับของตัวเลข นั้นหมายถึงหมายเลข 1 แสดงถึงทักษะความสามารถที่ถนัดที่สุด และรองลงมาตามลำดับของหมายเลข

การตรวจสอบจะแบ่งตามการใช้งาน ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การตรวสอบกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม ได้แยกออกเป็นการตรวจสอบกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรมเบื้องต้นตามหลักการ CPM และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์กำหนดเวลาทำงานที่เหมาะสม 2) การตรวจสอบการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่เหมาะสม ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Microsoft Solver ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถแก้ปัญหาสมการเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น โดยวิธี Simplex Method or Branch-and-Bound Method (linear); GRG2 (non-linear) โดยทำงานร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ

3.1 การตรวจสอบกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม

3.1.1 การตรวจสอบกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรมเบื้องต้นตามหลักการ CPM

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบผลการคำนวณของโปรแกรมต้นแบบเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือตามหลักการของ CPM จากการตรวจสอบกำหนดเวลาที่ได้จากโปรแกรมต้นแบบและการคำนวณด้วยมือพบว่ากำหนดเวลาเริ่มต้น-แล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมของทั้งสองวิธีตรงกัน ภาพที่ 50 แสดงกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่เขียนโครงข่ายเพื่อวิเคราะห์ตามหลักการ CPM ด้วยมือ และภาพที่ 51 แสดงตารางกำหนดเวลาที่วิเคราะห์ตามหลักการ CPM ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

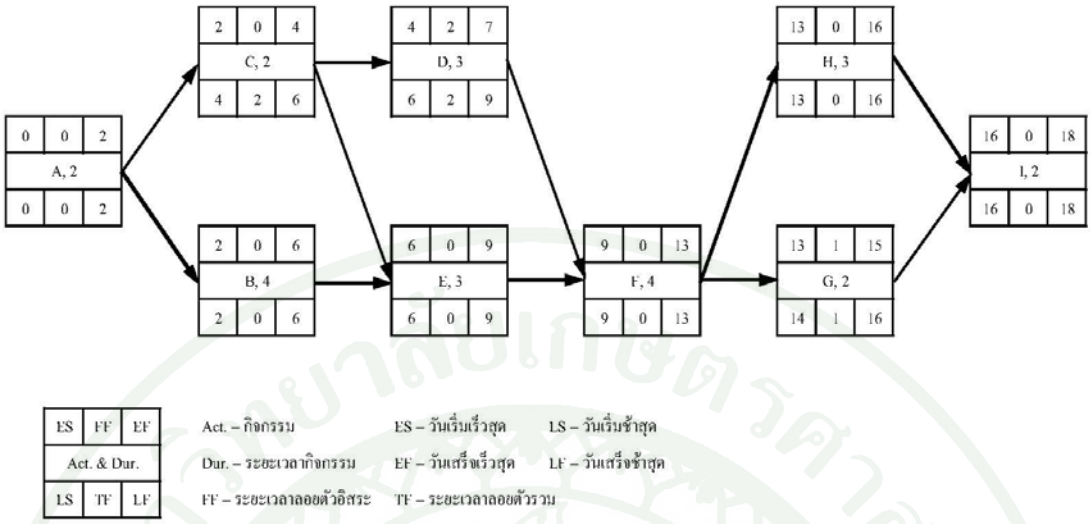
ตารางที่ 6 ข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ ระยะเวลา และความต้องการทรัพยากรของโครงการตัวอย่าง

กิจกรรม	รายละเอียดงาน	กิจกรรมก่อนหน้า	ระยะเวลาทำงาน (สัปดาห์)	ทรัพยากรที่ต้องการต่อวัน (คน)			
				ช่างไม้ (a)	ช่างเหล็ก (b)	ช่างปูน (c)	กรรมกร (d)
A	งานฐานรากและตอม่อ		2	2	3	2	2
B	งานพื้นและคานคอดิน	A	4	2	4	3	4
C	งานเตรียมเหล็กและไม้แบบเสา	A	2	3	3	-	2
D	งานเตรียมเหล็กและไม้แบบคาน	C	3	3	3	-	2
E	งานติดตั้งเหล็กและไม้แบบเสา, เทคอนกรีต	B,C	3	2	2	1	4
F	งานติดตั้งเหล็กและไม้แบบคาน, เทคอนกรีต	E,D	4	5	3	2	2
G	งานโครงหลังคา	F	2	4	-	-	1
H	งานก่ออิฐฉาบปูนและงานติดตั้งวงกบประตู-หน้าต่าง	F	3	2	1	3	1
I	งานทาสีและงานฝ้า	G,H	2	4	-	-	2

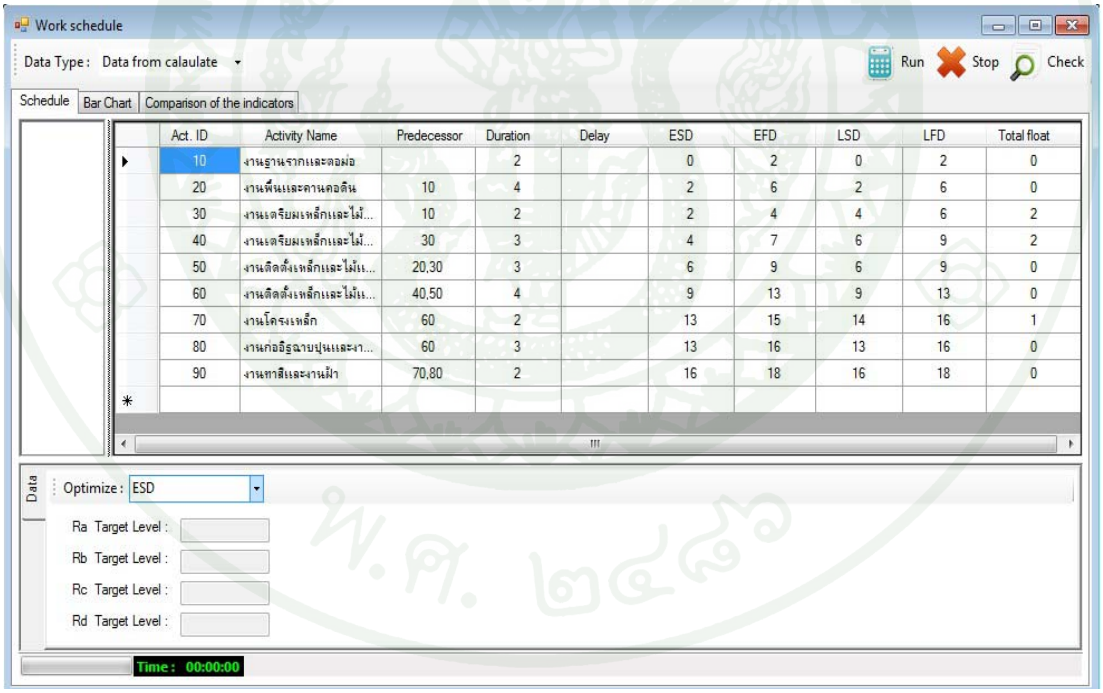
ตารางที่ 7 ข้อมูลทรัพยากร ค่าจ้างแรงงาน และทักษะความสามารถ

คนที่	ทรัพยากร		ค่าแรงต่อ	ทักษะความสามารถ			
	ชื่อ	นามสกุล	สัปดาห์ (บาท)	ช่างไม้ (a)	ช่างเหล็ก (b)	ช่างปูน (c)	กรรมกร (d)
1	สมชาย	เข็มขัด	1,150	-	-	-	1
2	สมศรี	จันทร์งาม	1,150	1	-	-	2
3	มานะ	อดทน	1,200	2	-	1	-
4	ยุทธ	ใจกล้า	1,450	3	1	2	-
5	ยืนยง	คงทน	1,350	2	1	3	-
6	กร	ใหญ่ทัพ	1,250	-	1	2	-
7	ประทีป	ปานงาม	1,300	2	-	1	-
8	ชาย	ชาตรี	1,375	2	3	1	-
9	รักชาติ	ยิ่งชีพ	1,150	-	-	1	2
10	สมใจ	นึกคิด	1,475	2	3	1	-
11	หมาย	ปอง	1,500	1	3	2	-
12	สามารถ	คำรน	1,350	1	3	2	-
13	ไกรสร	หนูนา	1,000	-	-	-	1
14	กานต์	จำยอม	1,550	1	2	3	-
15	สมจิต	ใจงาน	1,100	-	-	-	1
16	ปอง	ใจกล้า	1,000	-	-	-	1
17	นึกคิด	จิตใจ	1,250	1	2	-	-
18	คงทน	ถาวร	1,275	2	1	-	-
19	จันทร์	จันทร์งาม	1,400	1	2	3	-
20	หนูทอง	จันทร์งาม	1,375	3	2	1	-
21	จำยอม	เข็นใจ	1,050	-	-	-	1
22	ปานใจ	ทัพใหญ่	1,500	3	1	2	-
23	ปาน	ยิ่งชีพ	1,175	1	-	2	-
24	ทองดี	ดำนา	1,250	1	-	2	-
25	สมหมาย	น้ำคำ	950	-	-	-	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 50 โครงข่ายกิจกรรมของโครงการตัวอย่างจากการคำนวณมือตามหลักการ CPM



ภาพที่ 51 กำหนดเวลาของกิจกรรมตามหลักการ CPM ด้วยโปรแกรมต้นแบบของโครงการตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 การตรวจสอบผลการวิเคราะห์หากำหนดเวลาทำงานที่เหมาะสมของโปรแกรมต้นแบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการค้นหากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่ทำให้ค่าดัชนีชี้วัดที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยดัชนีชี้วัดประกอบไปด้วย M_x, *RRH* และ *RID* ซึ่งทำได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมต้นแบบกับ Microsoft Solver ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีการทำงานร่วมกับ Microsoft Excel โดยการสร้างเวิร์กชีทโมเดล เป็นตารางในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดบน Microsoft Excel ซึ่งมีขั้นตอนการใช้งาน Microsoft Solver โดยสังเขปดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เราจะแก้ด้วยโปรแกรม Microsoft Solver ได้แก่

1.1 กำหนดเป้าหมาย (Target Cells)

1.2 กำหนดตัวแปร (Changing Cells) หรือปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องโดยตรงหรือ ทางอ้อมกับคำตอบ หรือ เป้าหมายของเรา

1.3 กำหนดเงื่อนไข (Constraints) หรือข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร

2. สร้างเวิร์กชีทโมเดลที่เชื่อมโยงตัวแปรกับเป้าหมาย และอาจจะต้องสร้างสูตรที่จำเป็นสำหรับระบุเงื่อนไข ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด และผู้ใช้งานต้องเข้าใจเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น

ภาพที่ 52 ถึง 55 เป็นการสร้างเวิร์กชีทโมเดล ในภาพที่ 52 เป็นตารางการวิเคราะห์กำหนดเวลาของกิจกรรมบนเวิร์กชีทของ Microsoft Excel ซึ่งได้แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ ในส่วนที่ 1 เซลล์ B5 ถึง G13 เป็นส่วนของข้อมูลกิจกรรม ความสัมพันธ์ทางเทคนิค และระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรม ในส่วนที่ 2 เซลล์ H5 ถึง H13 (Changing Cell) เป็นตัวแปรที่ Solver เลือกค่าจำนวนวันนับจากกำหนดเวลาทำงานที่เร็วที่สุด เพื่อให้กำหนดเวลาทำงานใหม่ที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ในส่วนที่ 3 เซลล์ I5 ถึง M13 แสดงค่าวันเริ่ม-แล้วเสร็จ ที่เร็วที่สุดและช้าที่สุด และระยะเวลาลอยตัวรวมตาม CPM ในส่วนที่ 4 เซลล์ N5 ถึง O13 เป็นกำหนดเวลาใหม่ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้จากการเลื่อนวันตามค่าตัวแปรในเซลล์ ในส่วนที่ 5 เซลล์ P5 ถึง P13 เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิคของแต่ละกิจกรรม โดยมีการกำหนดค่าภายในเซลล์ในกรณีที่มีความสัมพันธ์เป็นจริงทางด้านเทคนิคให้แสดงค่าความถูกต้องออกมาเป็นค่า 1 ถ้าเป็นเท็จจะแสดงเป็นค่า 0 ซึ่งความสัมพันธ์ทางเทคนิคทุกกิจกรรมต้องมีค่าเท่ากับ 1 โดยการตรวจสอบข้อเท็จจริงระหว่างวันเสร็จของกิจกรรมก่อนหน้าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับวันเริ่มของกิจกรรมตามหลัง ในส่วนที่ 6 เซลล์ Q5 ถึง T13 เป็นข้อมูลการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภทในแต่ละกิจกรรม และส่วนที่ 7 เซลล์ S15 เป็นระยะเวลาโครงการที่สั้นที่สุด

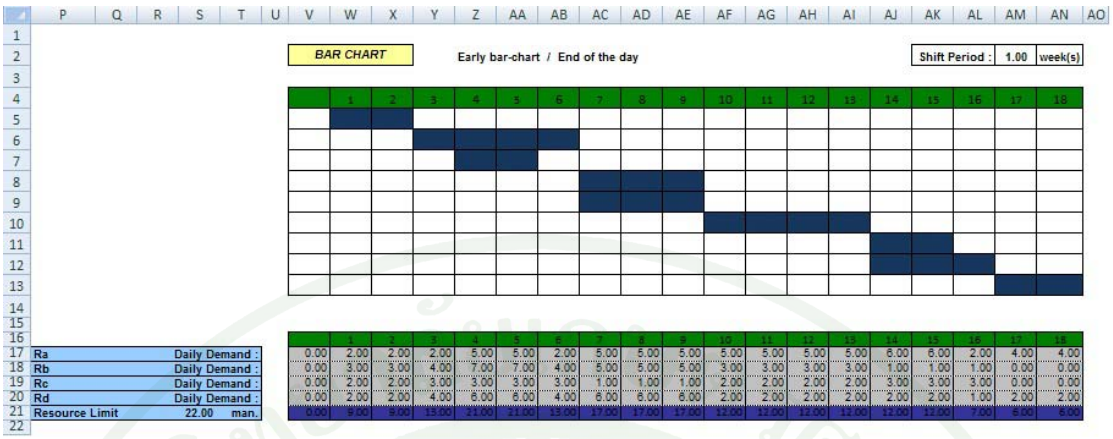
Act. No.	Act.	Predecceding Act.			Dur (Tn)	Delay	CPM Calculation					New Sch.		Check	Resource Required			
							ES	EF	LS	LF	TF	SD	FD	Constrain	Ra	Rb	Rc	Rd
10	A				2	0	-	2	-	2	-	-	2	1	2	3	2	2
20	B	A			4	0	2	6	2	6	-	2	6	1	2	4	3	4
30	C	A			2	1	2	4	4	6	2	3	5	1	3	3	-	2
40	D	C			3	2	4	7	6	9	2	6	9	1	3	3	-	2
50	E	B	C		3	0	6	9	6	9	-	6	9	1	2	2	1	4
60	F	D	E		4	0	9	13	9	13	-	9	13	1	5	3	2	2
70	G	F			2	0	13	15	14	16	1	13	15	1	4	-	-	1
80	H	F			3	0	13	16	13	16	-	13	16	1	2	1	3	1
90	I	G	H		2	0	16	18	16	18	-	16	18	1	4	-	-	2

Project Duration : 18.00 Weeks

ภาพที่ 52 เวิร์กชีทแสดงตารางการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสม

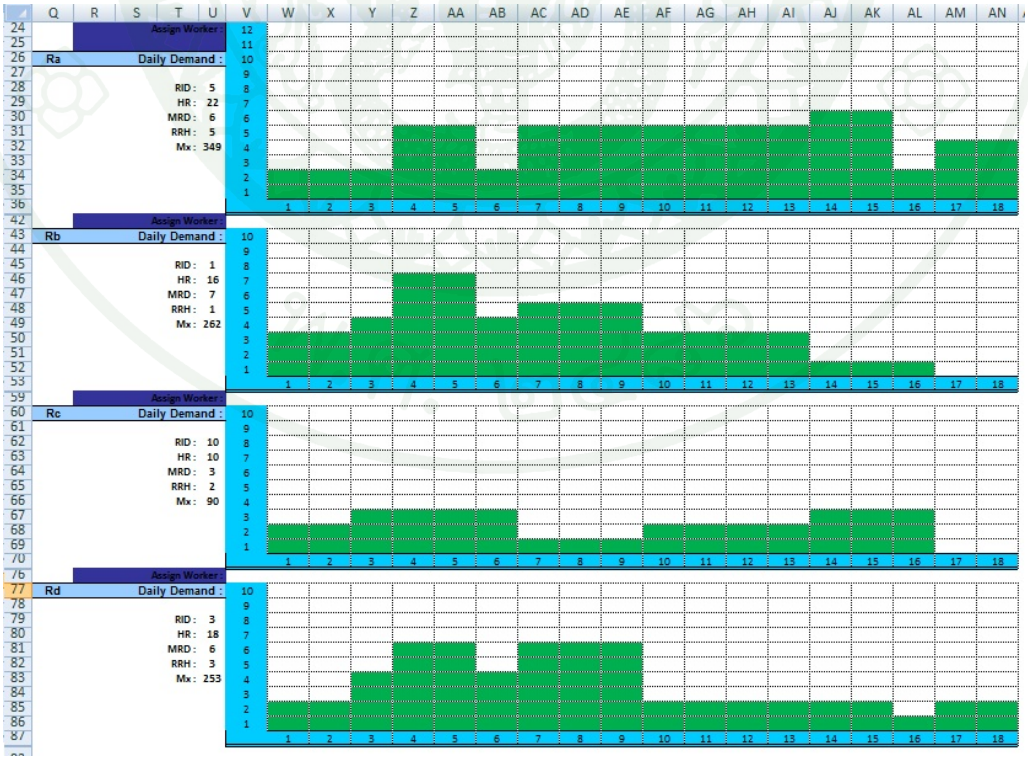
ภาพที่ 53 เป็นการนำข้อมูลกำหนดเวลาที่เหมาะสมมาสร้างแผนงานในรูปแบบของ Bar Chart ในเซลล์ V5 ถึง AN13 เพื่อจะนำไปหาจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวันของทรัพยากรแต่ละประเภท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



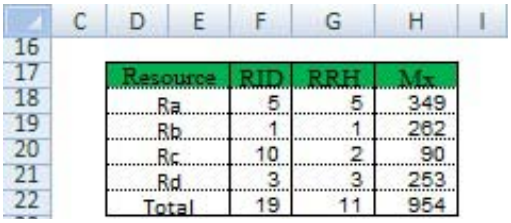
ภาพที่ 53 เวิร์กชีทแสดง Bar Chart และตารางจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน

ภาพที่ 54 เป็นการนำข้อมูลจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในแต่ละวันของทรัพยากรแต่ละประเภทจากเซลล์ที่ V17 ถึง AN21ในภาพที่ 53 มาแสดงในรูปแบบกราฟแท่งเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากรแต่ละประเภท และภาพที่ 55 เป็นตารางเพื่อหาผลรวมแต่ละค่าดัชนีชี้วัดจากค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากรแต่ละประเภท



ภาพที่ 54 เวิร์กชีทแสดงตารางกราฟแท่งและการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากรแต่ละประเภท

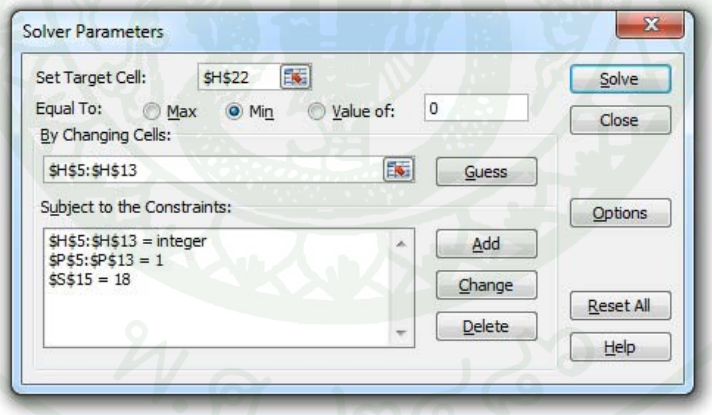
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Resource	RID	RRH	M_x
Ra	5	5	349
Rb	1	1	262
Rc	10	2	90
Rd	3	3	253
Total	19	11	954

ภาพที่ 55 เวิร์กชีทแสดงตารางผลรวมค่าดัชนีชี้วัดของทรัพยากร

ภาพที่ 56 เป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆใน Microsoft Solver จากตัวอย่างภาพที่ 52 ถึง 55 ใน Microsoft Excel โดยตั้งค่าเซลล์ H22 เป็นเซลล์เป้าหมาย (Target Cell) ในที่นี้คือดัชนีชี้วัด M_x โดยกำหนดให้มีค่าต่ำที่สุด และกำหนดเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าภายในเซลล์ (Changing Cell) H5 ถึง H13 และกำหนด Constrains ดังนี้ 1) เซลล์ H5 ถึง H13 เป็นค่าจำนวนเต็ม 2) เซลล์ P5 ถึง P13 ต้องเท่ากับ 1 เพื่อแสดงความถูกต้องของความสัมพันธ์ทางด้านเทคนิค และ 3) กำหนดเซลล์ H15 ต้องเท่ากับ 18 เพื่อกำหนดระยะเวลาโครงการที่น้อยที่สุด จากนั้นทำการประมวลผลได้ค่าดัชนีชี้วัด M_x เท่ากับ 954 แสดงในภาพที่ 57



ภาพที่ 56 การตั้งค่าพารามิเตอร์ใน Excel Solver ในการกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Target Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$H$22	Total Mx	978	954

Adjustable Cells

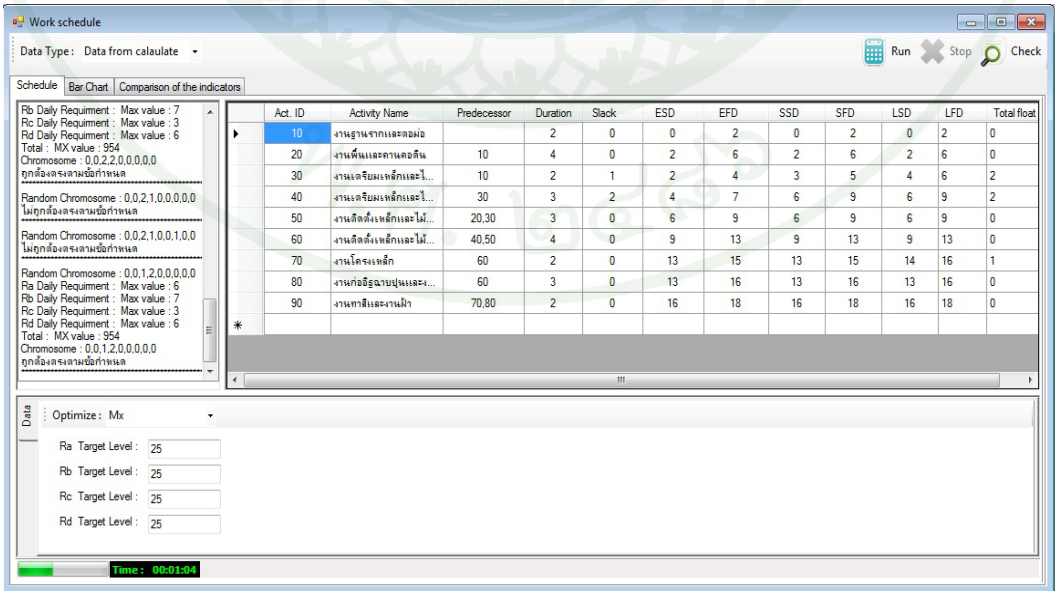
Cell	Name	Original Value	Final Value
$H$5	A Delay	0	0
$H$6	A Delay	0	0
$H$7	A Delay	0	1
$H$8	C Delay	0	2
$H$9	C Delay	0	0
$H$10	E Delay	0	0
$H$11	F Delay	0	0
$H$12	F Delay	0	0
$H$13	H Delay	0	0

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$P$5	A Constrain	1	$P$5=1	Not Binding	0
$P$6	A Constrain	1	$P$6=1	Not Binding	0
$P$7	A Constrain	1	$P$7=1	Not Binding	0
$P$8	C Constrain	1	$P$8=1	Not Binding	0

ภาพที่ 57 หน้าต่างแสดง Answer Report ของการวิเคราะห์หากำหนดเวลาของกิจกรรมที่เหมาะสม

ภาพที่ 58 แสดงผลการวิเคราะห์กำหนดเวลาของกิจกรรมด้วยโปรแกรมต้นแบบ โดยเลือก Optimize: M_x ซึ่งเป็นการหากำหนดเวลาของกิจกรรมที่ให้ค่าดัชนีชี้วัด M_x ต่ำที่สุด จากการเปรียบเทียบกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมจากทั้งสองวิธีพบว่ากำหนดเริ่มต้น-แล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมของทั้งสองวิธีตรงกัน และค่าดัชนีชี้วัดที่ได้รับคือ 954



ภาพที่ 58 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมต้นแบบโดย Optimize: M_x

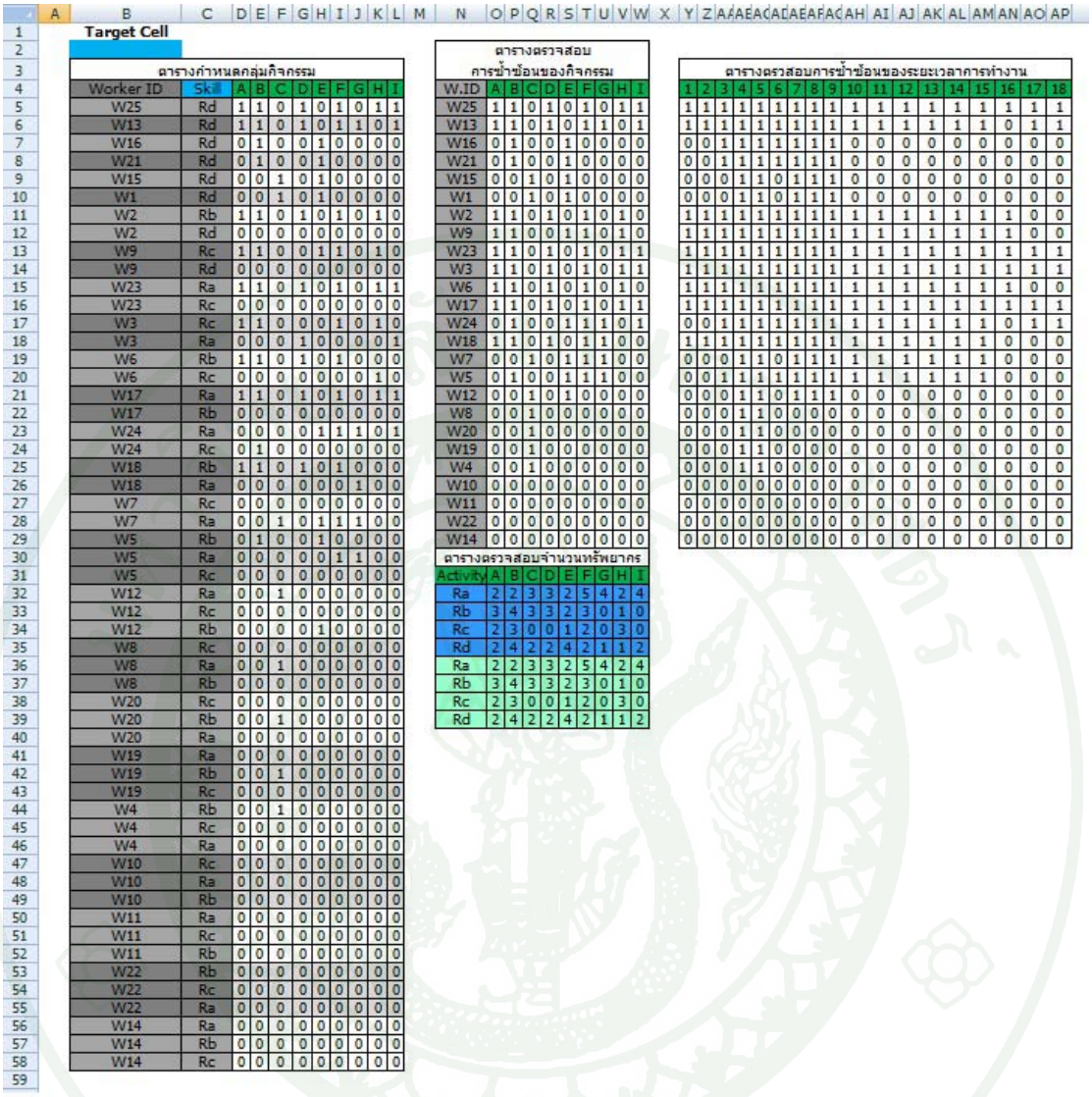
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การตรวจสอบผลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจัดสรรทรัพยากร เพื่อให้ต้นทุนการใช้ทรัพยากรที่ต่ำที่สุดนั้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จาก Microsoft Solver ที่มีการทำงานร่วมกับ Microsoft Excel

ภาพที่ 59 เป็นการสร้างเวิร์กชีทโมเดล เพื่อให้ Microsoft Solver ค้นหากิจกรรมที่จะให้แต่ละทรัพยากรดำเนินงาน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ ในส่วนที่ 1 เซลล์ D5 ถึง L58 (Changing Cell) เป็นช่วงเซลล์ที่ใช้ในการค้นหากลุ่มกิจรรมให้กับทรัพยากรแต่ละรายโดยเรียงลำดับตามต้นทุนทรัพยากรจากต่ำที่สุดถึงสูงที่สุด (W25 ถึง W14) ในส่วนที่ 2 เซลล์ O5 ถึง W29 เป็นช่วงเซลล์ที่ใช้ในการตรวจสอบข้อกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 1 เพื่อไม่ให้แต่ละทรัพยากรทำงานมากกว่าหนึ่งทักษะในหนึ่งกิจกรรม จากตัวอย่างทรัพยากร W2 เซลล์ O11 ซึ่งเป็นเซลล์ที่กำหนดให้ทรัพยากร W2 สามารถทำกิจกรรม A ไม่ให้มีค่าเกิน 1 ทักษะซึ่งมีการเชื่อมโยงสูตรเป็น $D11+D12 \leq 1$ ซึ่งเซลล์ D11 และ D12 เป็นเซลล์ที่ทรัพยากร W2 เลือกดำเนินงานในกิจกรรม A ในความสามารถทักษะ b และ d ตามลำดับ ในส่วนที่ 3 เซลล์ Y5 ถึง AP29 เป็นช่วงเซลล์ที่ใช้ในการตรวจสอบข้อกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 1 เพื่อตรวจสอบไม่ให้ทรัพยากรแต่ละรายดำเนินกิจกรรมซ้ำซ้อนกันในระยะเวลาเดียวกัน โดยการตรวจสอบกำหนดเวลาของกิจกรรมที่ได้ดำเนินงาน จากตัวอย่างทรัพยากร W2 จากเซลล์ O11 ถึง W11 โปรแกรมให้ทรัพยากรดำเนินงานในกิจกรรม A, B, D, F และ H นำกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมไปแทนค่าหาวันทำงานในช่วงเซลล์ Y11 ถึง AP11 เพื่อป้องกันการทำงานที่ซ้ำซ้อนกันของวันทำงาน ในส่วนที่ 4 เซลล์ O32 ถึง W39 เป็นช่วงเซลล์ที่ใช้ในการตรวจสอบจำนวนทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละประเภทในแต่ละกิจกรรม โดยทรัพยากรที่จัดสรรได้ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนทรัพยากรที่ต้องการ โดยที่เซลล์ O32 ถึง W35 เป็นช่วงเซลล์ของจำนวนทรัพยากรที่ต้องการ ส่วนเซลล์ O35 ถึง W39 เป็นช่วงเซลล์ของจำนวนทรัพยากรที่จัดสรรได้ จากข้อมูลการจัดสรรกิจกรรมในช่วงเซลล์ D5 ถึง L58 และในส่วนที่ 5 เซลล์ B2 (Target Cell) เป็นการเชื่อมโยงผลลัพธ์จากเซลล์ AA6 ถึง AA30 ในเวิร์กชีทตารางสรุปผลการวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากร เพื่อคำนวณระยะเวลาการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย แสดงในภาพที่ 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Target Cell

ตารางกำหนดกลุ่มกิจกรรม

Worker ID	Skill	A	B	C	D	E	F	G	H	I
W25	Rd	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W13	Rd	1	1	0	1	0	1	1	0	1
W16	Rd	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W21	Rd	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W15	Rd	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W1	Rd	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W2	Rb	1	1	0	1	0	1	0	1	0
W2	Rd	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W9	Rc	1	1	0	0	1	1	0	1	0
W9	Rd	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W23	Ra	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W23	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W3	Rc	1	1	0	0	0	1	0	1	0
W3	Ra	0	0	0	1	0	0	0	0	1
W6	Rb	1	1	0	1	0	1	0	0	0
W6	Rc	0	0	0	0	0	0	0	1	0
W17	Ra	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W17	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W24	Ra	0	0	0	0	1	1	1	0	1
W24	Rc	0	1	0	0	0	0	0	0	0
W18	Rb	1	1	0	1	0	1	0	0	0
W18	Ra	0	0	0	0	0	0	1	0	0
W7	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W7	Ra	0	0	1	0	1	1	1	0	0
W5	Rb	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W5	Ra	0	0	0	0	0	0	1	0	0
W5	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W12	Ra	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W12	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W12	Rb	0	0	0	0	1	0	0	0	0
W8	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W8	Ra	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W8	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W20	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W20	Rb	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W20	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W19	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W19	Rb	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W19	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W4	Rb	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W4	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W4	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W10	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W10	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W10	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W11	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W11	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W11	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W22	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W22	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W22	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W14	Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W14	Rb	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W14	Rc	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางตรวจสอบ
การซ้ำซ้อนของกิจกรรม

W.ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I
W25	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W13	1	1	0	1	0	1	1	0	1
W16	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W21	0	1	0	0	1	0	0	0	0
W15	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W2	1	1	0	1	0	1	0	1	0
W9	1	1	0	0	1	1	0	1	0
W23	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W3	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W6	1	1	0	1	0	1	0	1	0
W17	1	1	0	1	0	1	0	1	1
W24	0	1	0	0	1	1	1	0	1
W18	1	1	0	1	0	1	1	0	0
W7	0	0	1	0	1	1	1	0	0
W5	0	1	0	0	1	1	1	0	0
W12	0	0	1	0	1	0	0	0	0
W8	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W20	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W19	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
W14	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางตรวจสอบจำนวนทรัพยากร

Activity	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ra	2	2	3	3	2	5	4	2	4
Rb	3	4	3	3	2	3	0	1	0
Rc	2	3	0	0	1	2	0	3	0
Rd	2	4	2	2	4	2	1	1	2
Ra	2	2	3	3	2	5	4	2	4
Rb	3	4	3	3	2	3	0	1	0
Rc	2	3	0	0	1	2	0	3	0
Rd	2	4	2	2	4	2	1	1	2

ตารางตรวจสอบการซ้ำซ้อนของระยะเวลาการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 59 เวิร์กชีทแสดงตารางการค้นหากิจกรรมที่จะให้แต่ละทรัพยากรดำเนินงาน

ภาพที่ 60 เป็นการนำข้อมูลการดำเนินงานของทรัพยากรแต่ละรายมาวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้ทรัพยากร รวมถึงค่าดัชนีชี้วัดอื่นๆ ได้แก่ RRH, RID และ %Working ของทรัพยากรแต่ละรายและจำนวนรวมความต้องการทรัพยากร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

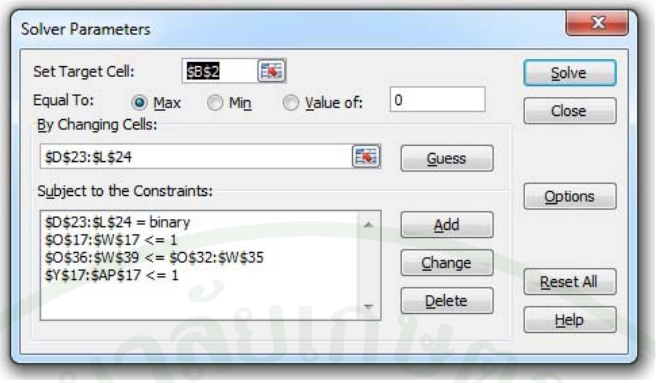
Summary					Day																						
Worker.No.	First Name	Last Name	Direct Cost	Indirect Cost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	RRH	RID	Days	%Working	Total Cost
W25	สมหมาย	น้ำค้า	950	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18	100.00%	17100
W13	ไกรสร	หนูนา	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	17	94.44%	17000
W16	ปอง	ใจกล้า	1000	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100.00%	7000
W21	จำยอม	เข็นใจ	1050	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100.00%	7350
W15	สมจิต	ใจงาน	1100	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	83.33%	5500
W1	สมชาย	เข็มขัด	1150	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	83.33%	5750
W2	สมศรี	จันทร์งาม	1150	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	16	100.00%	18400
W9	รักชาติ	ยิ่งชีพ	1150	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	16	100.00%	18400
W23	ปาน	ยิ่งชีพ	1175	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18	100.00%	21150
W3	มานะ	อดทน	1200	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18	100.00%	21600
W6	กร	ใหญ่ทัพ	1250	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	16	100.00%	20000
W17	นึกคิด	จิตใจ	1250	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	18	100.00%	22500
W24	ทองดี	ดำนา	1250	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	15	93.75%	18750
W18	คงทน	ถาวร	1275	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	15	100.00%	19125
W7	ประทีป	ปานงาม	1300	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	11	91.67%	14300
W5	ยืนยง	คงทน	1350	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	13	100.00%	17550
W12	สามารถ	คำรน	1350	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	83.33%	6750
W8	ชาย	ชาตรี	1375	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.00%	2750
W20	หนูทอง	จันทร์งาม	1375	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.00%	2750
W19	จันทร์	จันทร์งาม	1400	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.00%	2800
W4	ยุทธ	ใจกล้า	1450	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.00%	2900
W10	สมใจ	นึกคิด	1475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
W11	หมาย	ปอง	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
W22	ปานใจ	ทัพใหญ่	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
W14	กานต์	จำยอม	1550	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
																							6	6	228	96.66%	269425

ภาพที่ 60 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากร

ภาพที่ 61 แสดงตัวอย่างการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆใน Microsoft Solver ของทรัพยากร W24 หรือทรัพยากรลำดับที่ 24 จากตัวอย่างภาพที่ 59 ใน Microsoft Excel โดยตั้งค่าเซลล์ B2 เป็นเซลล์เป้าหมาย (Target Cell) เพื่อให้ได้ต้นทุนการใช้ทรัพยากรของโครงการต่ำที่สุด ตามขั้นตอนของโปรแกรมต้นแบบพยายามที่จะทำให้ทรัพยากรที่มีค่าจ้างแรงงานต่ำที่สุดมีจำนวนวันทำงานที่มากที่สุด ดังนั้นการกำหนดเซลล์เป้าหมายจึงเลือกไปที่ค่า Max เพื่อหาจำนวนวันทำงานที่มากที่สุดและกำหนดเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า (Changing Cell) เป็น D23 ถึง L24 และกำหนด Constrains โดยกำหนดให้เซลล์ D23 ถึง L24 เป็น binary และเซลล์ O17 ถึง W17 ให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง เพื่อกำหนดทรัพยากรไม่ให้ทรัพยากรทำงานมากกว่าหนึ่งทักษะในหนึ่งกิจกรรม ส่วนเซลล์ Y17 ถึง AP17 ให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่งเพื่อกำหนดเวลาของกิจกรรมที่ได้ดำเนินงานไม่ให้มีการทับซ้อนกัน และกำหนดเซลล์ O36 ถึง W39 ต้องเท่ากับ O32 ถึง W35 เพื่อตรวจสอบจำนวนทรัพยากรที่ต้องการ จากการวิเคราะห์ด้วย Microsoft Solver จนครบจำนวนทรัพยากรได้ต้นทุนการใช้ทรัพยากรเท่ากับ 269,425 บาท

ภาพที่ 62 เป็น Answer Report จากการวิเคราะห์หาวันทำงานที่มากที่สุดของทรัพยากรคนที่ 24 (W24) ซึ่งได้ระยะเวลาในการดำเนินงาน 15 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 61 การตั้งค่าพารามิเตอร์ใน Excel Solver ของทรัพยากรรายที่ 24 (W24)

Target Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
$B$2	Target Cell	0	15

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
$D$23	a A	0	6.5512E-12
$E$23	a B	0	6.5512E-12
$F$23	a C	0	0
$G$23	a D	0	6.5512E-12
$H$23	a E	0	1
$I$23	a F	0	1
$J$23	a G	0	1
$K$23	a H	0	6.5512E-12
$L$23	a I	0	1
$D$24	c A	0	6.5512E-12
$E$24	c B	0	1
$F$24	c C	0	0
$G$24	c D	0	0
$H$24	c E	0	0
$I$24	c F	0	0
$J$24	c G	0	0
$K$24	c H	0	6.5512E-12
$L$24	c I	0	0

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
$O$36	a A	2	$O$36<=$O$32	Binding	0
$P$36	a B	2	$P$36<=$P$32	Binding	0
$Q$36	a C	0	$Q$36<=$Q$32	Not Binding	3
$R$36	a D	3	$R$36<=$R$32	Binding	0
$S$36	a E	1	$S$36<=$S$32	Not Binding	1
$T$36	a F	3	$T$36<=$T$32	Not Binding	2
$U$36	a G	1	$U$36<=$U$32	Not Binding	3
$V$36	a H	2	$V$36<=$V$32	Binding	0
$W$36	a I	4	$W$36<=$W$32	Binding	0
$O$37	b A	2	$O$37<=$O$33	Not Binding	1
$P$37	b B	2	$P$37<=$P$33	Not Binding	2
$Q$37	b C	0	$Q$37<=$Q$33	Not Binding	3

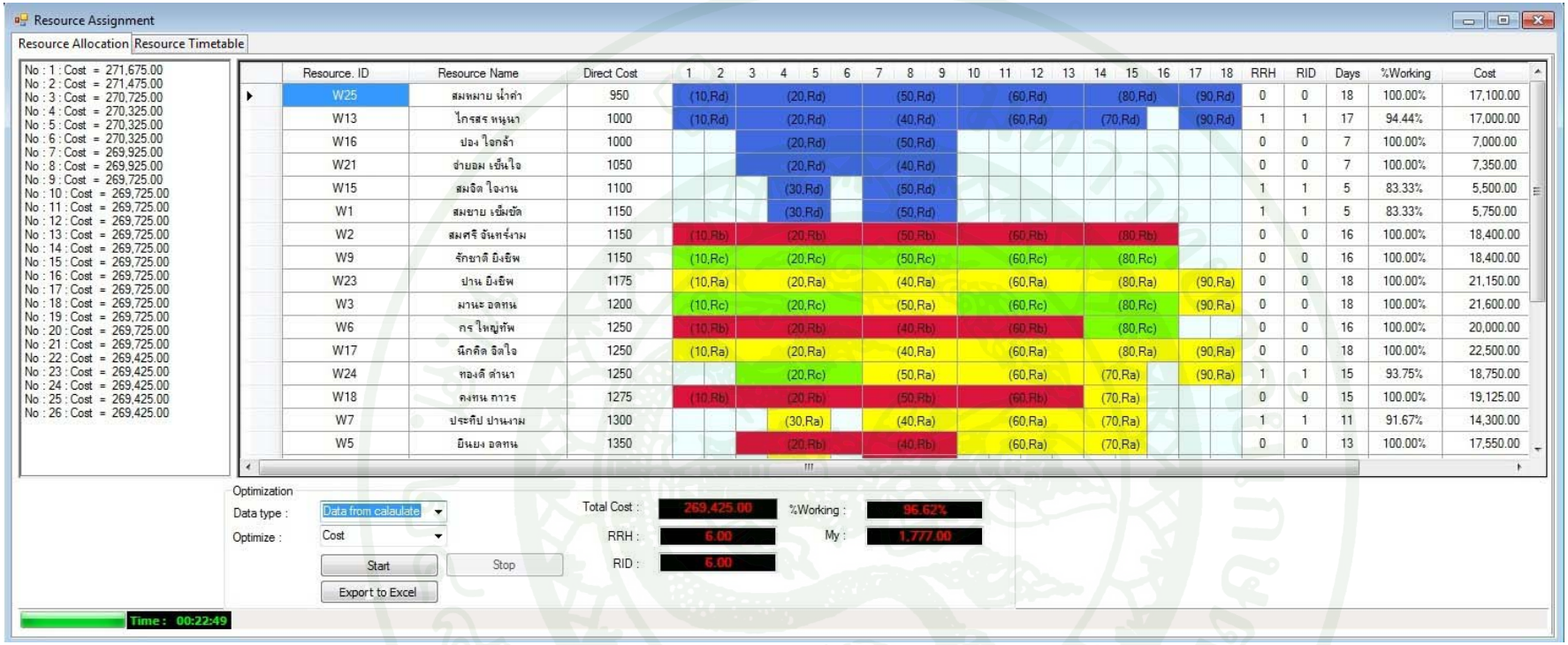
ภาพที่ 62 หน้าต่างแสดง Answer Report ของผลการวิเคราะห์วันทำงานของทรัพยากรรายที่ 24 (W24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 63 เป็นการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ เพื่อหาต้นทุนการใช้ทรัพยากรที่ต่ำที่สุด ได้ต้นทุนการใช้ทรัพยากรเท่ากับ 269,425 บาท ซึ่งให้ผลลัพธ์ตรงกับการจัดสรรทรัพยากรด้วย Microsoft Solver

จากการพิจารณาตรวจสอบการทำงานและความถูกต้องของโปรแกรมต้นแบบสำหรับการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายที่มีความสามารถหลายทักษะระหว่างโปรแกรมต้นแบบกับโปรแกรม Microsoft Solver การจัดสรรทรัพยากรของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบให้ต้นทุนการจัดสรรทรัพยากรแต่ละรายและดำเนินกิจกรรมได้ตรงกับการจัดสรรทรัพยากรด้วยโปรแกรม Microsoft Solver

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Resource. ID	Resource Name	Direct Cost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	RRH	RID	Days	%Working	Cost
W25	สมพมาย น้ำค้า	950	(10,Rd)			(20,Rd)			(50,Rd)				(60,Rd)				(80,Rd)			(90,Rd)	0	0	18	100.00%	17,100.00
W13	ไกรสร หนูนา	1000	(10,Rd)			(20,Rd)			(40,Rd)				(60,Rd)				(70,Rd)			(90,Rd)	1	1	17	94.44%	17,000.00
W16	ปอง ใจกล้า	1000				(20,Rd)			(50,Rd)												0	0	7	100.00%	7,000.00
W21	จำยอม เย็นใจ	1050				(20,Rd)			(40,Rd)												0	0	7	100.00%	7,350.00
W15	สมจิต ใจงาน	1100					(30,Rd)			(50,Rd)											1	1	5	83.33%	5,500.00
W1	สมชาย เข็มขัด	1150					(30,Rd)			(50,Rd)											1	1	5	83.33%	5,750.00
W2	สมศรี จันทร์งาม	1150	(10,Rb)			(20,Rb)			(50,Rb)				(60,Rb)				(80,Rb)				0	0	16	100.00%	18,400.00
W9	รักชาติ ยิงยิพ	1150	(10,Rc)			(20,Rc)			(50,Rc)				(60,Rc)				(80,Rc)				0	0	16	100.00%	18,400.00
W23	ปาน ยิงยิพ	1175	(10,Ra)			(20,Ra)			(40,Ra)				(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)	0	0	18	100.00%	21,150.00
W3	มานะ อดทน	1200	(10,Rc)			(20,Rc)			(50,Ra)				(60,Rc)				(80,Rc)			(90,Ra)	0	0	18	100.00%	21,600.00
W6	กร ใหญ่ทัพ	1250	(10,Rb)			(20,Rb)			(40,Rb)				(60,Rb)				(80,Rc)				0	0	16	100.00%	20,000.00
W17	นึกคิด จิตใจ	1250	(10,Ra)			(20,Ra)			(40,Ra)				(60,Ra)				(80,Ra)			(90,Ra)	0	0	18	100.00%	22,500.00
W24	ทองดี ดำนา	1250				(20,Rc)			(50,Ra)				(60,Ra)			(70,Ra)				(90,Ra)	1	1	15	93.75%	18,750.00
W18	คงทน ถาวร	1275	(10,Rb)			(20,Rb)			(50,Rb)				(60,Rb)			(70,Ra)					0	0	15	100.00%	19,125.00
W7	ประทีป ปานงาม	1300				(30,Ra)			(40,Ra)				(60,Ra)			(70,Ra)					1	1	11	91.67%	14,300.00
W5	ยินยง อดทน	1350				(20,Rb)			(40,Rb)				(60,Ra)			(70,Ra)					0	0	13	100.00%	17,550.00

ภาพที่ 63 ตารางผลการวิเคราะห์การจัดสรรทรัพยากรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเสนอแนวทางการใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบเพื่อช่วยในการค้นหารูปแบบการกำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากร จากผลการวิจัยพบว่าการนำเทคนิคทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm, GA) มาใช้ในการกำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรได้ และทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทรัพยากรมีค่าต่ำที่สุด

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบที่ได้พัฒนาจากงานวิจัยนี้สามารถคำนวณหากำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากร กรณีที่มีทรัพยากรเพียงพอต่อความต้องการ มีความสัมพันธ์ทางเทคนิคแบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start) โดยมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแผนงานที่ประกอบไปด้วย โมเมนต์รอบแกน x จำนวนครั้งของการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับเข้าทำงาน และจำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร

นอกจากนี้การตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์คำนวณหากำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ ทำได้โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณมือและการประมวลผลจาก Microsoft Excel Solver โดยการสร้างเวิร์คชีทบน Excel ในส่วนการวิเคราะห์หาแผนงานตั้งต้นสามารถเปรียบเทียบโดยการคำนวณมือ และในส่วนการวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสมและการจัดสรรทรัพยากรสามารถเปรียบเทียบโดย Microsoft Excel Solver จากการพิจารณาพบว่ากำหนดเวลาของวันเริ่มต้นและแล้วเสร็จ และการจัดสรรทรัพยากรให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องทรัพยากรที่ตรงกัน และการทดสอบกับโครงการตัวอย่างพบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบสามารถวิเคราะห์หากำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากรได้อย่างเหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบที่ได้พัฒนาจากงานวิจัยนี้ ยังขาดความสมบูรณ์ เนื่องจากมีการวางแผนงานกำหนดเวลาที่มีความสัมพันธ์ทางเทคนิคระหว่างกิจกรรมแบบ เสร็จ-เริ่ม (Finish to Start) เท่านั้น โดยไม่ได้พิจารณาความสัมพันธ์ทางเทคนิคระหว่างกิจกรรมแบบอื่นๆ อีกทั้งการใช้ GA ในการประมวลผลการจัดสรรตารางการทำงานนั้นใช้เวลาค่อนข้างนานขึ้นอยู่กับจำนวนกิจกรรม ระยะเวลาของโครงการ และจำนวนทรัพยากร ซึ่งอาจจะมีเทคนิคหรือวิธีการอย่างอื่นที่ช่วยพัฒนาเรื่องของเวลา สำหรับการประมวลผลที่งานวิจัยในอนาคตสามารถต่อยอดได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Brusco, M. J. and T. R. Johns. 1998. Staffing a multi-skilled workforce with varying levels of productivity: An analysis of cross-training policies. **Decision Sci. J** 29(2): 499-516.

Burleson, R. C., C. T. Hass., R. L. Tucker., and A. Stanley. 1998. Multiskilled labor utilization strategies in construction. **Journal of Construction Engineering and Management** 124(6): 480-489.

El-Rayes, K. and Dho Heon Jun. 2009. Optimizing Resource Leveling in Construction Project. **Journal of Construction Engineering and Management** 135(11): 1172-1180.

Goldberg, D. E. 1989. **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning**, Addison-Wesley, Reading, Mass.

Harris, R. B. 1978. **Precedence and arrow networking techniques for construction.** Wiley, New York.

Hegazy, T. 1999. Optimization of resource allocation and leveling using genetic algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management** 125(3): 167-175.

Hass, C. T. 2000. **Assignment and Allocation Optimization of a Partially Multiskilled Workforce.** M. S. Thesis, University of Texas at Austin**.**

Hegazy, T. and T. Ersahin. 2001. Simplified Spreadsheet Solutions II: Overall Schedule Optimization. **Journal of Construction Engineering and Management** 127(6): 469-475.

Walkenbach, J. 2010. **Microsoft Excel 2010 Power Programming with VBA**. Wile Indianapolis, Indiana

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rodriguez, A. 1998. **Planning and Scheduling a Multiskilled Workforce**. M. S. Thesis, University of Texas at Austin, Austin, TX.

Sysqe. 2002-2010. **Critical Path Method (CPM)**. Available Source: http://www.syque.com/improvement/Critical%20Path%20Method.htm, March 15, 2011.

The Code Project. 2005. **Genetic Algorithm, Theory**. Available Source: http://www.codeproject.com/KB/recipes/8queenssolution.aspx, January 20, 20011.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คู่มือการใช้งานโปรแกรม KU_MS 1.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำนำ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ KU_MS 1.0 สามารถคำนวณหากำหนดแผนการทำงานของกิจกรรมและตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากร กรณีที่มีทรัพยากรเพียงพอต่อความต้องการ มีความสัมพันธ์ทางเทคนิคแบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start) โดยมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแผนงานที่ประกอบไปด้วย โมเมนต์รอบแกน x จำนวนครั้งของการเลิกจ้างแล้วจ้างกลับเข้าทำงาน และจำนวนวันที่ไม่มีการใช้งานทรัพยากร ในส่วนของการจัดตารางการทำงานของแต่ละทรัพยากร โดยทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรของโครงการที่ต่ำที่สุด

ชาญวิทย์ กังพานิช
ผู้จัดทำ

\

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการประมวลผล 87

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม 88

1. การนำเข้าข้อมูล (Input Data) 89

1.1 การนำเข้าข้อมูลกิจกรรม (Activity data) 90

1.2 การนำเข้าข้อมูลทรัพยากร (Workforce Data) 91

1.3 การนำข้อมูลเข้า-ออกจากโปรแกรม (Import & Export Data) 92

2. การนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม (Manual Schedule) 94

3. การประมวลกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม (Work Schedule) 96

3.1 กำหนดเวลา (Schedule) 96

3.2 แผนงาน Bar chart 97

3.3 ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัด (Index Comparison) 98

4. การจัดตารางการทำงานของทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ (Resource Assignment) 98

4.1 ตารางสรุปการจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) 99

4.2 ตารางการทำงานของทรัพยากร (Resource Timetable) 100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการประมวลผล

ในการใช้งานโปรแกรมเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานผู้ใช้ควรทำการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลก่อนการใช้งานดังนี้

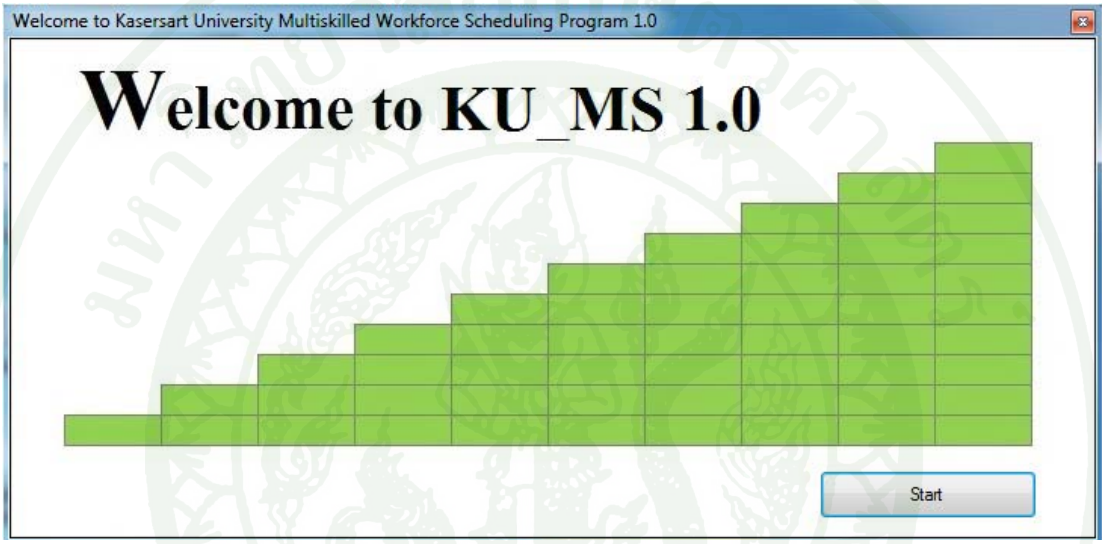
ตารางผนวกที่ 1 คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการใช้งานโปรแกรม

รายละเอียด	คุณสมบัติขั้นต่ำ
ระบบปฏิบัติการ	Window XP
ระบบประมวลผล	CPU 2.5 GHZ
หน่วยความจำสำหรับใช้งาน	RAM 2 GB
โปรแกรมสำหรับประมวลผล	มากกว่า 10 MB
	1. Microsoft Excel
	2. NetFramework 2.0 (Freeware)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการใช้งานของโปรแกรม

เริ่มการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบ KU_MS 1.0 โดยเลือกเมนูไอคอนโปรแกรมจะเริ่มต้นการทำงานจากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังภาพผนวกที่ 1 เป็นหน้าต่างแรกของโปรแกรม



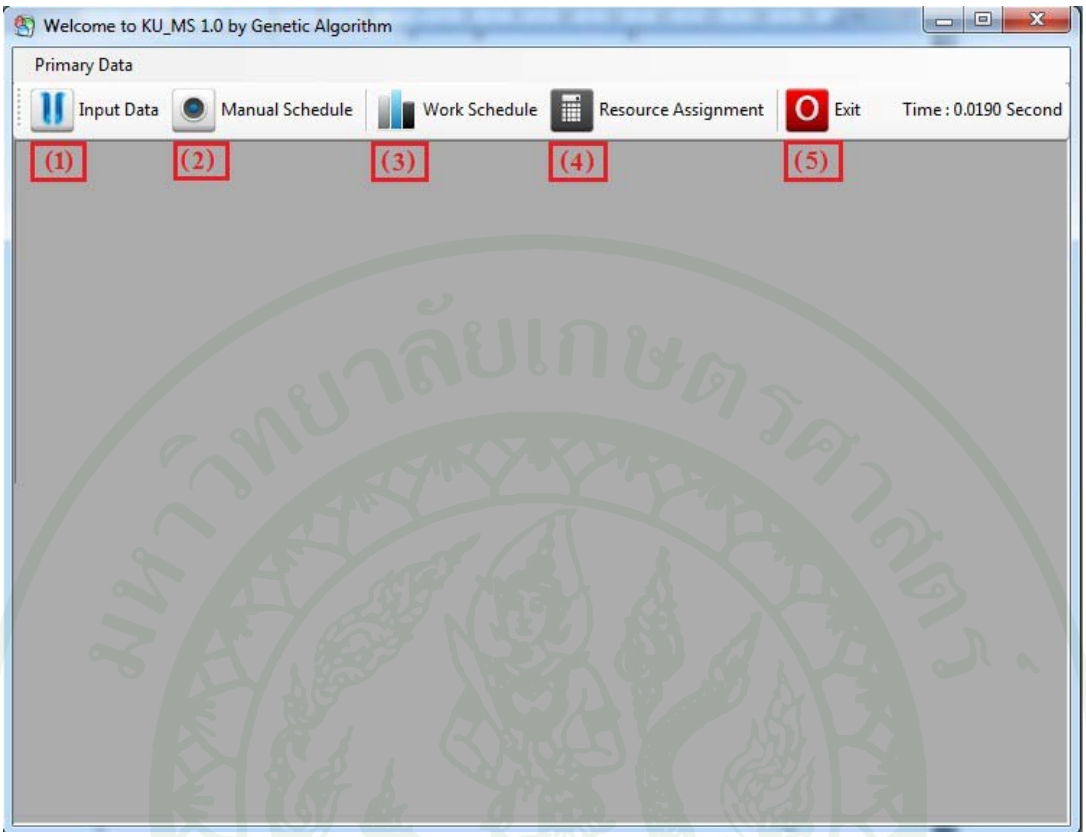
ภาพผนวกที่ 1 หน้าต่างแรกของโปรแกรม

ในการเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมเลือกไปที่ปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าต่างการทำงานในภาพผนวกที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยเมนูหลักต่างๆดังนี้

หมายเลข (1) Input Data	สำหรับการนำเข้าข้อมูลกิจกรรมและทรัพยากร
หมายเลข (2) Manual Schedule	สำหรับนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม
หมายเลข (3) Work Schedule	สำหรับประมวลกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม
หมายเลข (4) Resource Assignment	สำหรับการประมวลผลการจัดสรรทรัพยากร
หมายเลข (5) Exit	ออกจากการทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 2 หน้าต่างเริ่มการทำงานของโปรแกรมต้นแบบแสดงในหน้า Input Data

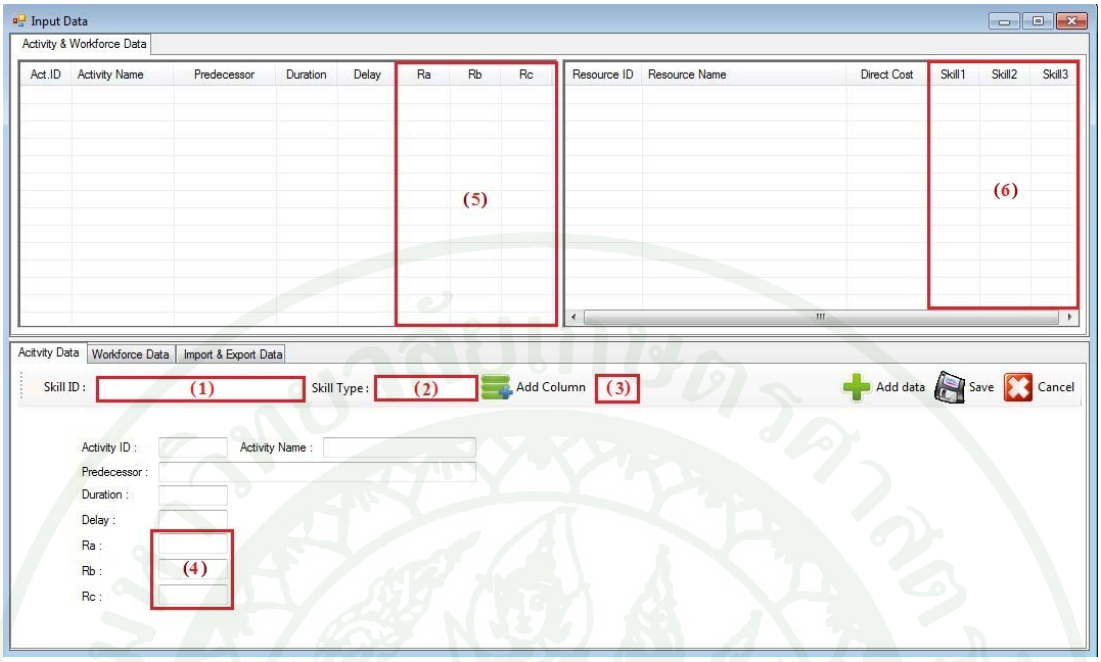
1. การนำเข้าข้อมูล (Input Data)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏตารางนำเข้าข้อมูลดังภาพผนวกที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 1) ตารางข้อมูลกิจกรรม 2) ตารางข้อมูลทรัพยากร 3) ส่วนของการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลจะแบ่งออกเป็นแท็บหน้าต่างได้แก่ Activity Data, Workforce Data และ Import & Export Data

ในแท็บ Activity Data การกรอกข้อมูลกิจกรรมเริ่มจากการให้ทรัพยากรที่จะต้องใช้งานก่อนดังภาพผนวกที่ 3 โดยการกรอก (1) รหัสทักษะ (Skill ID) และ (2) ชื่อทักษะ (Skill Type) หลังจากนั้นทำการเลือกไปที่ไอคอน (3) Add Column เพื่อเพิ่มประเภททักษะ จากนั้นจะปรากฏประเภททักษะขึ้นมา (4) และตาราง (5), (6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 3 การเพิ่มข้อมูลความต้องการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภท

1.1 การนำเข้าข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)

ในแท็บของ Activity Data ซึ่งแสดงดังภาพผนวกที่ 4 ผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลของกิจกรรมดังนี้

หมายเลข (1) Activity ID รหัสกิจกรรม

หมายเลข (2) Activity Name ชื่อกิจกรรม

หมายเลข (3) Predecesser กิจกรรมก่อนหน้า

หมายเลข (4) Duration ระยะเวลาของกิจกรรม

หมายเลข (5) Delay ระยะเวลาระหว่างวันเสร็จของกิจกรรมก่อน และวันเริ่มของกิจกรรมที่พิจารณา

หมายเลข (6) Ra, Rb, Rc จำนวนทรัพยากรทักษะ Ra, Rb, Rc ที่ต้องการต่อวัน

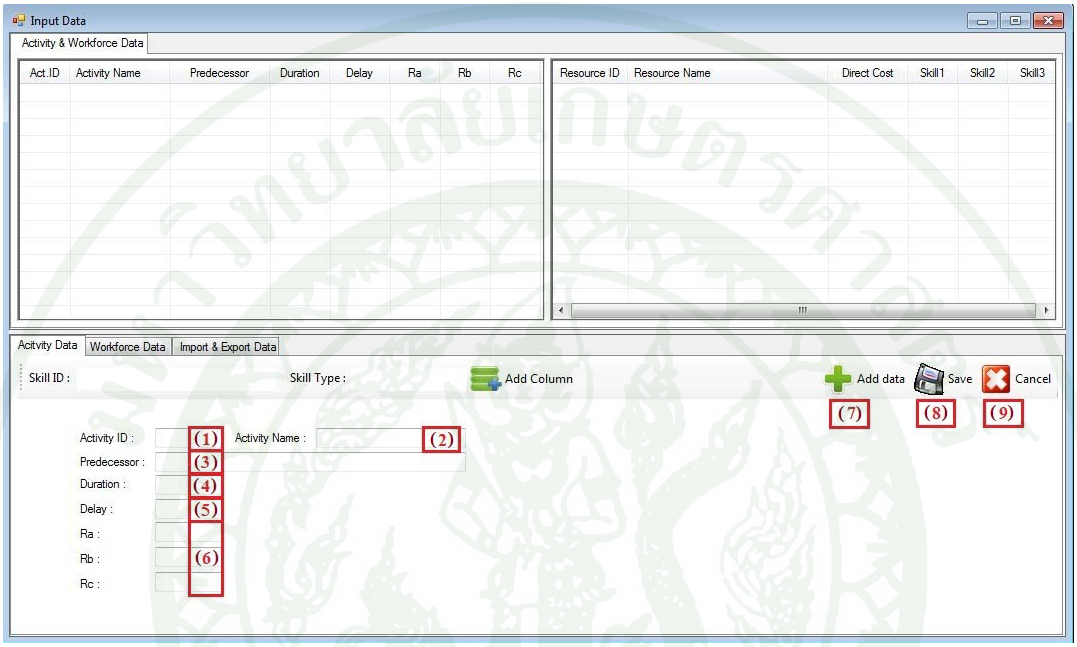
หมายเลข (7) Add data ปุ่มบันทึกข้อมูลลงในตาราง

หมายเลข (8) Save ปุ่มบันทึกข้อมูลทั้งหมดสำหรับการประมวลผล

หมายเลข (9) Cancel ปุ่มยกเลิกข้อมูลในตารางทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลังจากทำการกรอกข้อมูลให้เลือกไปที่ปุ่ม (6) Add data โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลลงในตาราง เมื่อทำการกรอกข้อมูลบันทึกในตารางเสร็จเรียบร้อยให้เลือกไปที่ปุ่ม (7) Save โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลในตารางทั้งหมดสำหรับการประมวลผล ดังภาพผนวกที่ 4



ภาพผนวกที่ 4 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลของกิจกรรม

1.2 การนำเข้าข้อมูลทรัพยากร (Workforce Data)

ในแท็บของ Workforce Data ดังภาพผนวกที่ 5 โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลนำเข้าของทรัพยากร โดยกรอกข้อมูลต่างๆ ดังนี้

หมายเลข (1) Resource ID รหัสทรัพยากร

หมายเลข (2) Resource Name รายชื่อทรัพยากรหรือเครื่องจักร

หมายเลข (3) Direct Cost ค่าใช้จ่ายทางตรงเช่น ค่าจ้างแรงงาน

หมายเลข (4) Skill (_) กรอกทักษะความสามารถเช่น ช่างไม้ ช่างปูน และช่างเหล็ก เรียงลำดับตามความถนัด

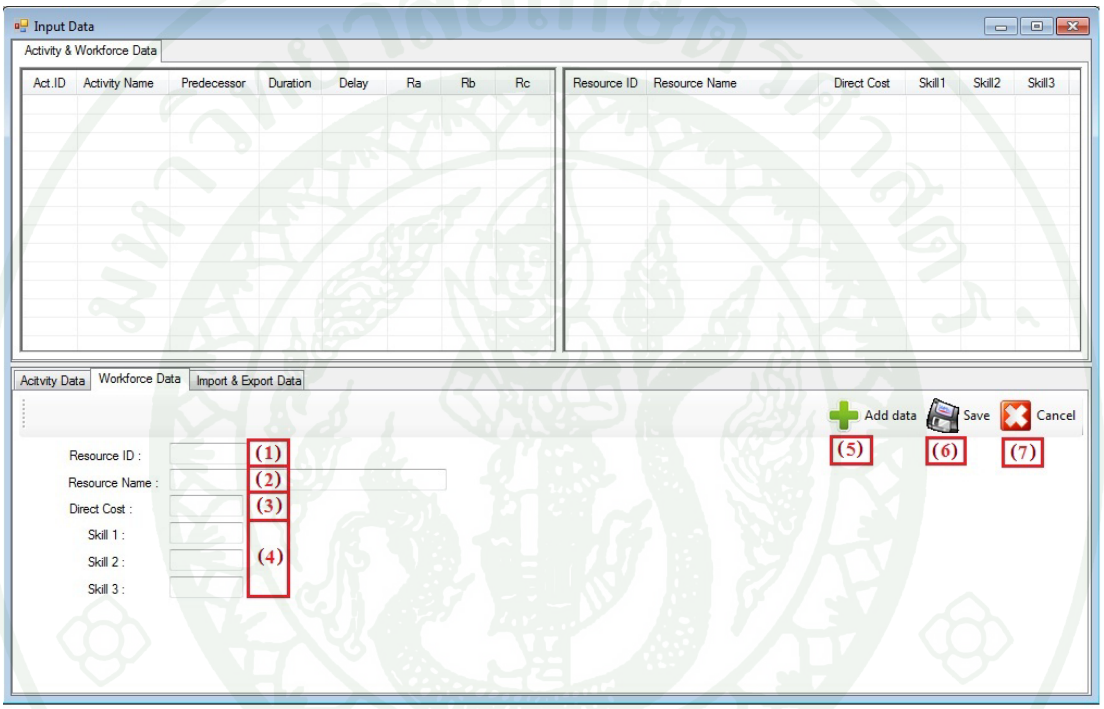
หมายเลข (5) Add data ปุ่มบันทึกข้อมูลลงในตาราง

หมายเลข (6) Save ปุ่มบันทึกข้อมูลทั้งหมดสำหรับการประมวลผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเลข (7) Cancel ปุ่มยกเลิกข้อมูลในตารางทั้งหมด

หลังจากทำการกรอกข้อมูลทรัพยากรให้เลือกไปที่ปุ่ม (6) Add data โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลลงในตาราง เมื่อทำการกรอกข้อมูลบันทึกในตารางเสร็จเรียบร้อยให้เลือกไปที่ปุ่ม (7) Save โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลในตารางทั้งหมดสำหรับการประมวลผล



ภาพผนวกที่ 5 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูลของทรัพยากร

1.3 การนำข้อมูลเข้า-ออกจากโปรแกรม (Import & Export Data)

ในแท็บของ Import & Export Data เป็นการนำเข้าข้อมูลโครงการที่เคยบันทึกไว้มาใช้ใหม่ ดังภาพผนวกที่ 6 โดยผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลที่เคย Export Data มาแสดงในตารางเพื่อนำกลับมาคำนวณได้ใหม่ โดยการค้นหาข้อมูลต่างๆ และมีปุ่มควบคุมดังนี้

หมายเลข (1) Import Activity File เพื่อนำเข้าข้อมูลกิจกรรม
หมายเลข (2) Import Workforce File เพื่อนำเข้าข้อมูลทรัพยากร
หมายเลข (3) Export Activity File บันทึกข้อมูลกิจกรรม

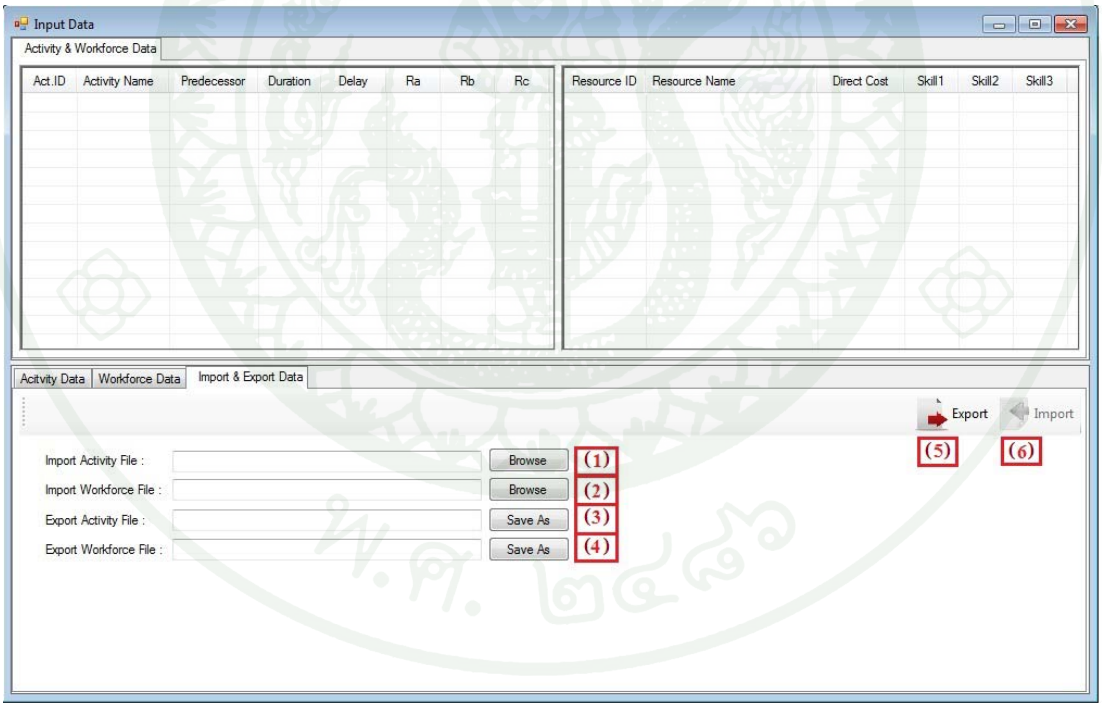
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเลข (4) Export Workforce File บันทึกข้อมูลทรัพยากร

หมายเลข (5) Export ปุ่มนำข้อมูลออกมาในรูปแบบของ .text ไฟล์

หมายเลข (6) Import ปุ่มนำข้อมูลเข้ามาในตารางข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลกิจกรรมและทรัพยากรโดยการเลือกไปที่ปุ่ม Browse เพื่อค้นหาที่อยู่ของข้อมูลและเลือกข้อมูล ข้อมูลจะปรากฏใน Text box จากนั้นทำการเลือกไปที่ปุ่ม (6) Import โปรแกรมจะทำการนำข้อมูลลงในตาราง และให้เลือกไปที่ปุ่ม Save ในแท็บ Input activity data และแท็บ Input resource data โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลในตารางทั้งหมดสำหรับการประมวลผล ในกรณีที่ต้องการบันทึกข้อมูลเก็บไว้ให้เลือกไปที่ปุ่ม Save As เพื่อค้นหาที่อยู่ที่จะบันทึก จากนั้นทำการเลือกไปที่ปุ่ม (5) Export โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดในตารางนำข้อมูลไปเก็บไว้ตามที่อยู่ที่กำหนดในรูปแบบของ .text ไฟล์

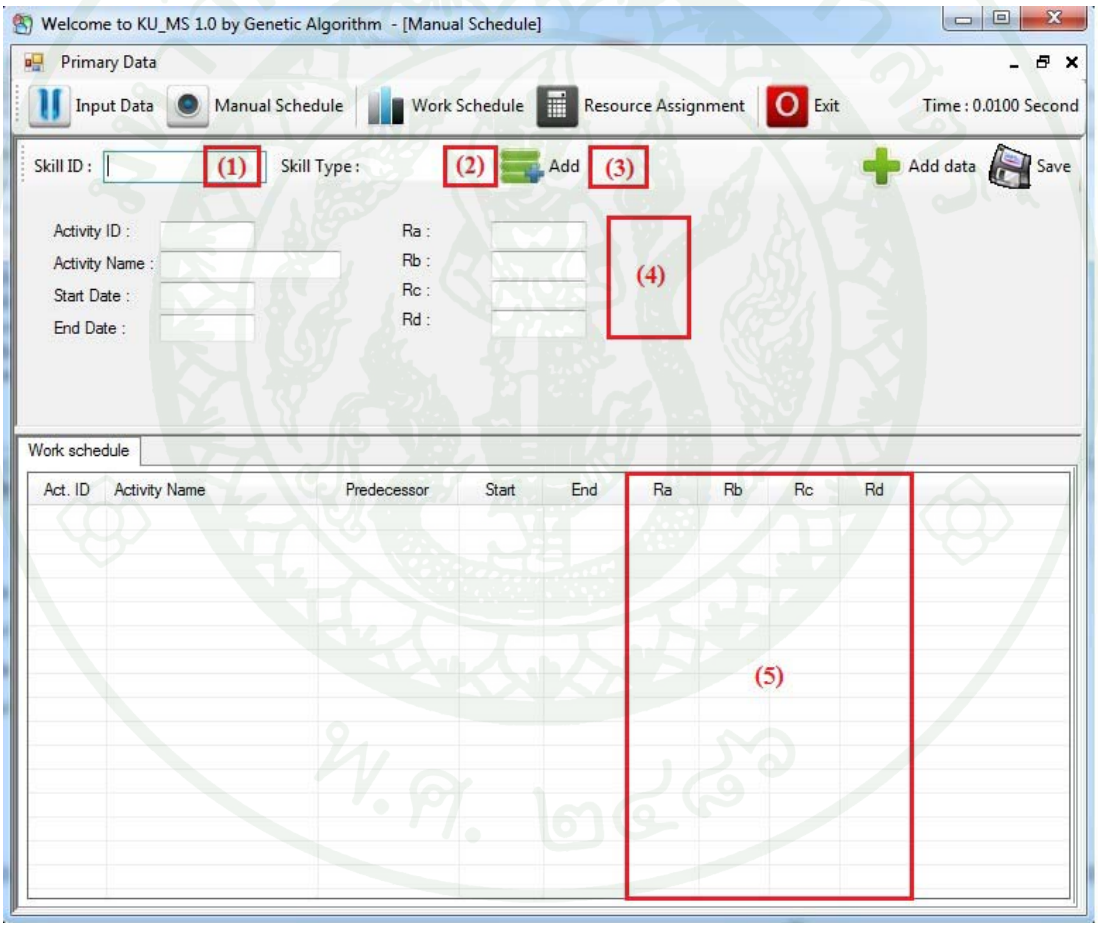


ภาพผนวกที่ 6 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล Import & Export Data

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรม (Manual Schedule)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 7 ซึ่งประกอบด้วย 1) ส่วนของกรอกข้อมูลแผนงานกำหนดเวลา 2) ส่วนของตารางแผนงานกำหนดเวลา ซึ่งเป็นการนำแผนงาน/กำหนดเวลาของกิจกรรมมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดสรรทรัพยากร โดยเริ่มจากการกรอกรหัสทักษะ (1) Skill ID และชื่อทักษะ (2) Skill Type หลังจากนั้นทำการคลิ๊กที่ไอคอน (3) Add จากนั้นจะปรากฏประเภททรัพยากรขึ้นมาสำหรับกรอกข้อมูล (4) และตาราง (5)



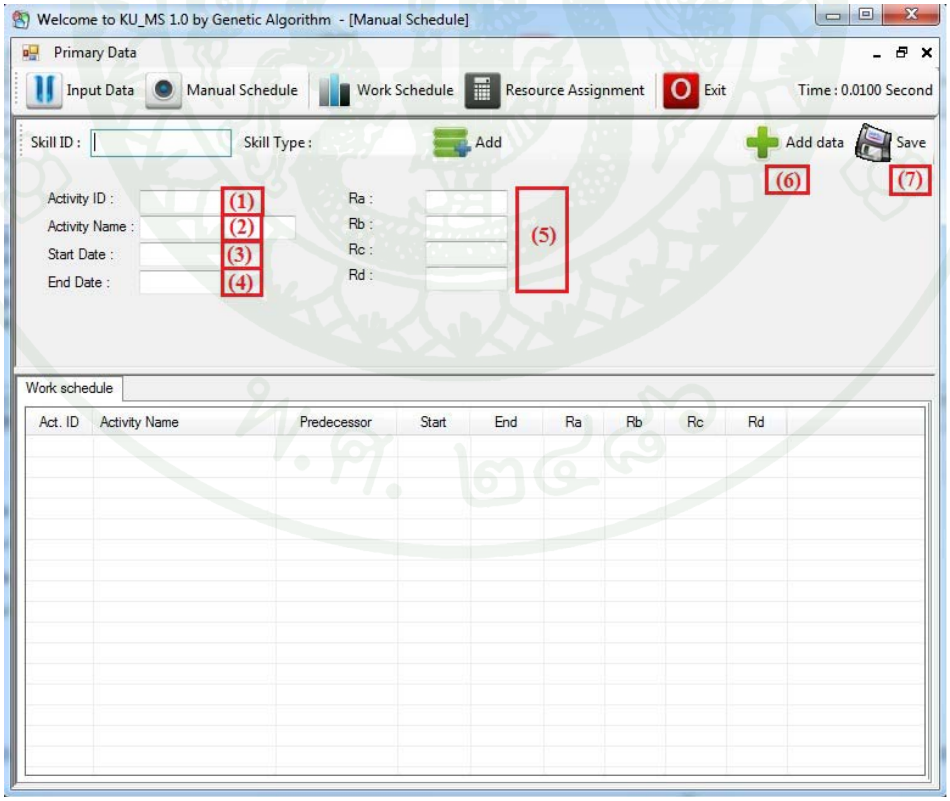
ภาพผนวกที่ 7 หน้าต่าง Manual Schedule

การกรอกข้อมูลใน Manual Schedule ดังภาพผนวกที่ 8 โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลกำหนดเวลาของกิจกรรม โดยกรอกข้อมูลต่างๆ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเลข (1) Activity ID	รหัสกิจกรรม
หมายเลข (2) Activity Name	ชื่อกิจกรรม
หมายเลข (3) Start Date	วันเริ่มของกิจกรรม
หมายเลข (4) End Date	วันเสร็จของกิจกรรม
หมายเลข (5) Ra, Rb, Rc, Rd	จำนวนทรัพยากรทักษะ Ra, Rb, Rc และ Rd ที่ต้องการต่อวัน
หมายเลข (6) Add data	ปุ่มบันทึกข้อมูลลงในตาราง
หมายเลข (7) Save	ปุ่มบันทึกข้อมูลทั้งหมดสำหรับการประมวลผล

หลังจากทำการกรอกข้อมูลกำหนดเวลาของกิจกรรมแล้วให้เลือกไปที่ปุ่ม (6) Add data โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลลงในตาราง เมื่อทำการกรอกข้อมูลบันทึกในตารางเสร็จเรียบร้อย ให้เลือกไปที่ปุ่ม (7) Save โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลในตารางทั้งหมดสำหรับใช้ในการประมวลผล



ภาพผนวกที่ 8 หน้าต่าง Manual Schedule เป็นการนำเข้าข้อมูลกำหนดเวลาของกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การประมวลกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม (Work Schedule)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 9 ซึ่งประกอบด้วย 1) แท็บ Schedule 2) แท็บ Bar Chart 3) แท็บ Index Comparison

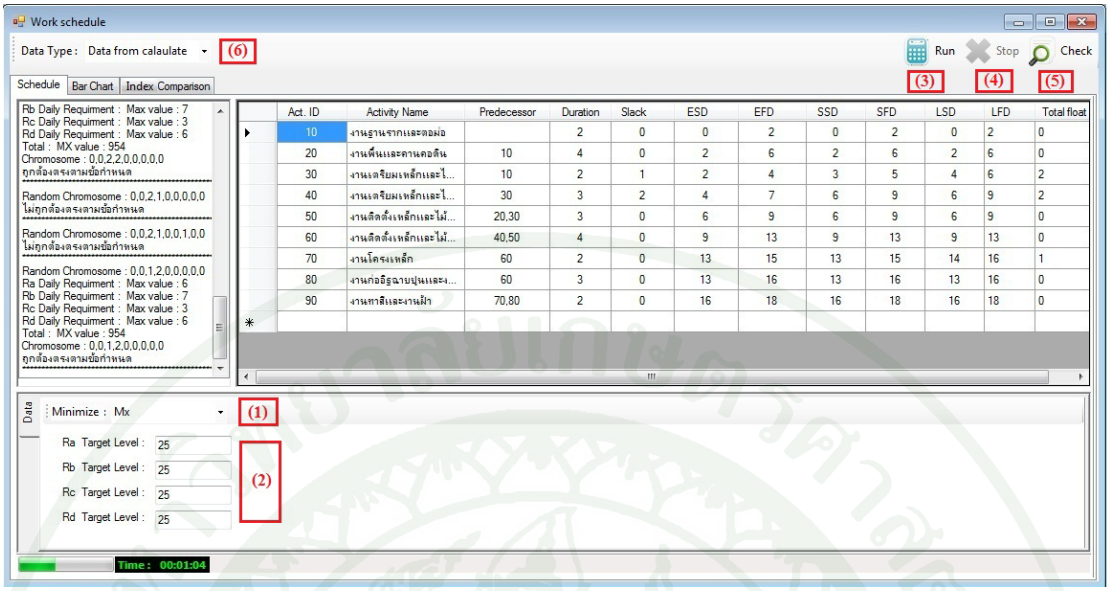
3.1 กำหนดเวลา (Schedule)

เมื่อผู้ใช้เลือกแท็บ Schedule จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 9 ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ส่วนของรายงานการประมวลผล 2) ส่วนของการแสดงผลตารางแผนงานที่ดีที่สุด 3) ส่วนของการกำหนดวัตถุประสงค์และระดับการใช้ทรัพยากรต่อวัน โดยมีการกรอกข้อมูลต่างๆ และมีปุ่มควบคุมดังนี้

หมายเลข (1) Minimize	เลือกวัตถุประสงค์ในการกำหนดแผนงาน
หมายเลข (2) Resource Target Level	กำหนดระดับทรัพยากรที่ใช้ได้สูงสุดต่อวัน
หมายเลข (3) Run	ปุ่มเพื่อเริ่มการวิเคราะห์
หมายเลข (4) Stop	ปุ่มเพื่อหยุดการวิเคราะห์
หมายเลข (5) Check	ปุ่มตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ
หมายเลข (6) Data Type	เลือกข้อมูลในการวิเคราะห์

ในการคำนวณกำหนดเวลาของกิจกรรมต้องเลือกวัตถุประสงค์ (1) Minimize และกำหนดขอบเขตจำนวนการใช้ทรัพยากร (2) Resource Target Level จากนั้นเริ่มการวิเคราะห์กำหนดเวลาของกิจกรรม โดยการเลือกไปที่ปุ่ม (3) Run และถ้าต้องการหยุดการวิเคราะห์ให้เลือกไปที่ปุ่ม (4) Stop ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้เลือกไปที่ปุ่ม (5) Check และเลือกที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจาก Drop Down ของ (6) Data Type

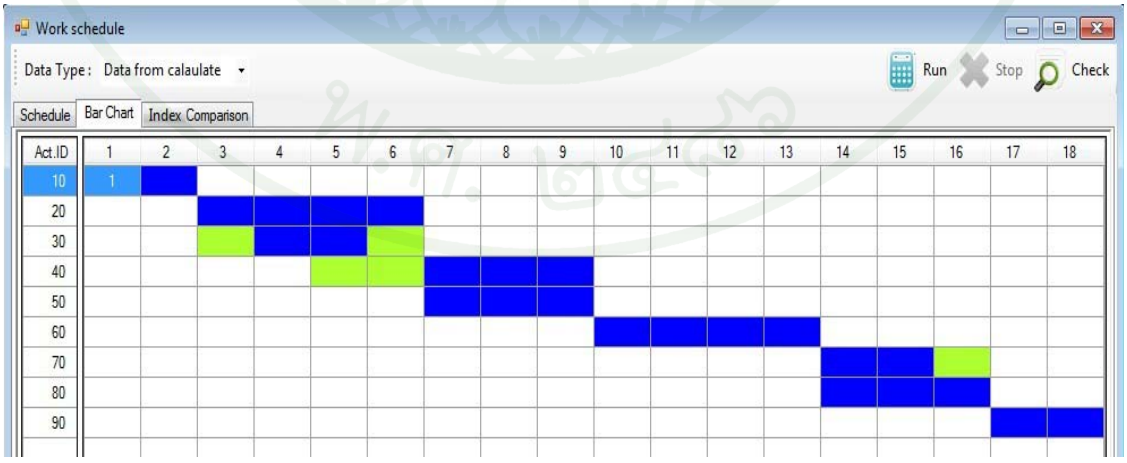
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 9 หน้าต่าง Schedule เพื่อหากำหนดเวลาที่เหมาะสม

3.2 แผนงาน Bar Chart

เมื่อผู้ใช้เลือกแท็บ Bar Chart จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 10 เป็นการแสดงแผนงานในรูปแบบ Bar Chart ที่ได้จากการประมวลผล โดยที่ Bar Chart แสดงการเลื่อนกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมภายในขอบเขตระหว่างแผนงาน Early Start กับ Late Start Schedule

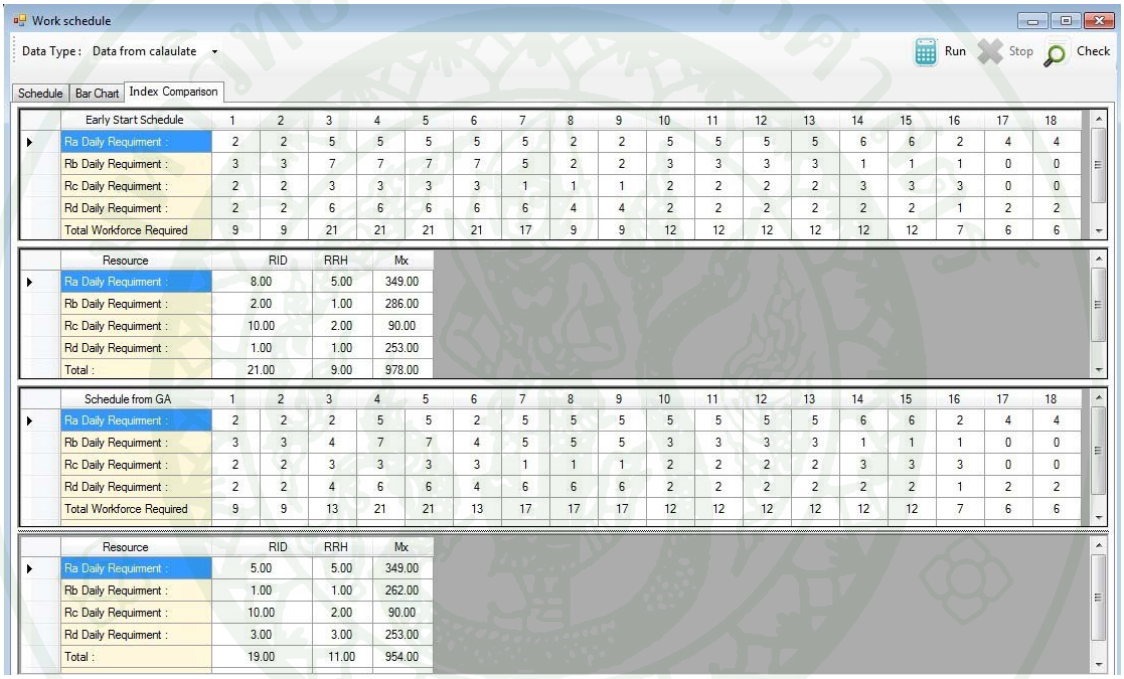


ภาพผนวกที่ 10 หน้าต่าง Bar Chart แสดงผลของแผนงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ตารางเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัด (Index Comparison)

เมื่อผู้ใช้เลือกแท็บ Index Comparison จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 11 ซึ่งเป็นตารางแสดงจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน และค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ เปรียบเทียบระหว่างแผนงานตั้งต้น Early Start Schedule กับ แผนงานที่เกิดจากการหาค่าดัชนีชี้วัดที่ต่ำที่สุดจากโปรแกรมต้นแบบ



ภาพผนวกที่ 11 หน้าต่าง Index Comparison ตารางจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน และค่าดัชนีชี้วัดความเรียบ

4. การจัดตารางการทำงานของทรัพยากรที่มีความสามารถหลายทักษะ (Resource Assignment)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 12 ซึ่งประกอบด้วย 1) แท็บ Resource Allocation 2) แท็บ Resource Timetable

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 ตารางสรุปการจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation)

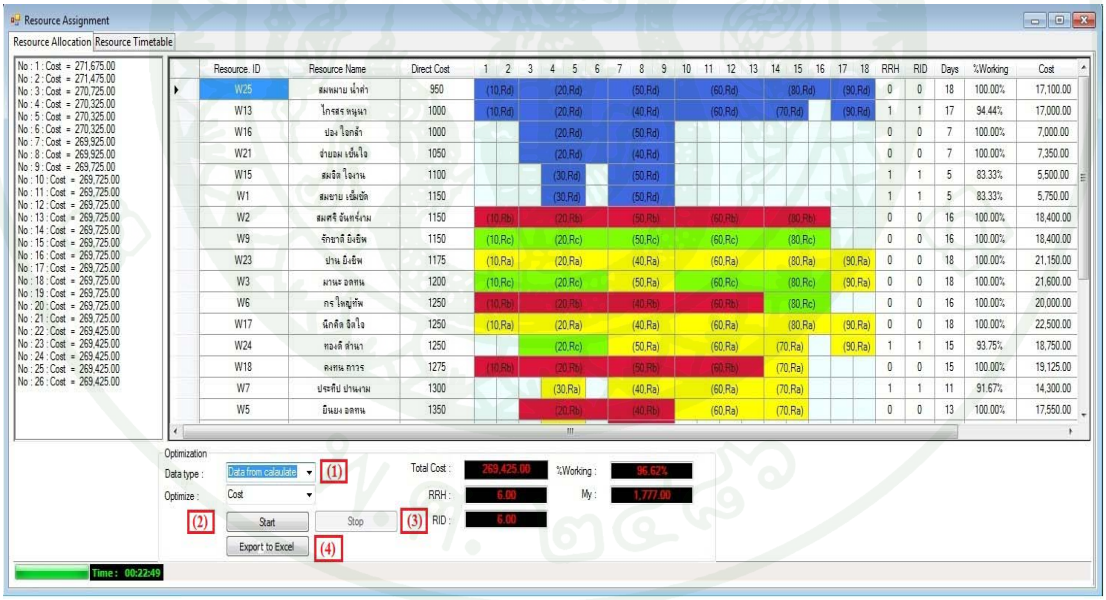
เมื่อผู้ใช้เลือกแท็บ Resource Allocation จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 12 ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ส่วนของรายงานการประมวลผล 2) ส่วนของตารางสรุปการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย 3) ส่วนของการสรุปผลรวมของค่าดัชนีชี้วัด และควบคุมการประมวลผล โดยมีปุ่มควบคุมดังนี้

หมายเลข (1) Data Type เลือกข้อมูลในการวิเคราะห์

หมายเลข (2) Start ปุ่มให้เริ่มการวิเคราะห์

หมายเลข (3) Stop ปุ่มให้หยุดการวิเคราะห์

หมายเลข (4) Export to Excel วิเคราะห์นำข้อมูลแผนงานบันทึกออกมาในรูปแบบของ Microsoft Excel



ภาพผนวกที่ 12 หน้าต่าง Resource Allocation แสดงตารางการทำงาน และผลรวมค่าดัชนีชี้วัดของแต่ละทรัพยากร

ในการประมวลผลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมจาก 1) การคำนวณแผนงานของโปรแกรมต้นแบบ (Data from calculated) และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) แผนงานจาก Manual schedule (Data from manual) จากนั้นกด Start เพื่อเริ่มการวิเคราะห์และกด Stop เพื่อหยุดการวิเคราะห์

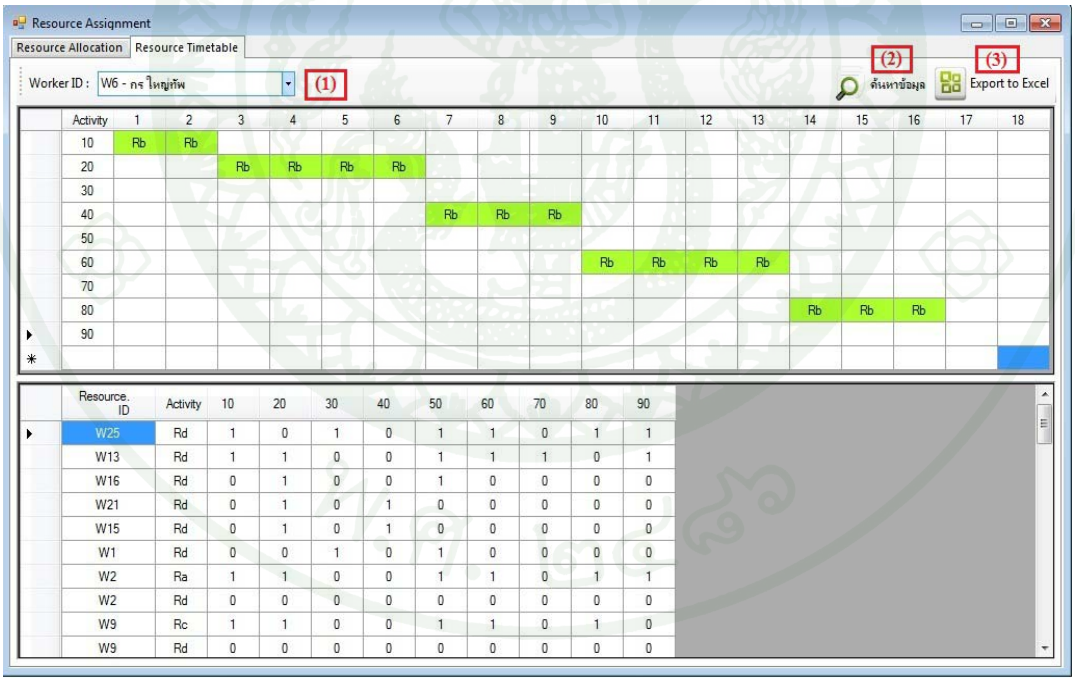
4.2 ตารางการทำงานของทรัพยากร (Resource Timetable)

เมื่อผู้ใช้เลือกแท็บ Resource Timetable จะปรากฏหน้าต่างข้อมูลดังภาพผนวกที่ 13 ซึ่งเป็นการแสดงตารางแผนการทำงานของทรัพยากรแต่ละราย โดยมีปุ่มควบคุมดังนี้

หมายเลข (1) Worker ID. ปุ่มเลือกทรัพยากรที่ต้องการทราบแผนการทำงาน

หมายเลข (2) ค้นหาข้อมูล ปุ่มค้นข้อมูลทรัพยากรที่เลือกเอาไว้

หมายเลข (3) Export to Excel นำข้อมูลแผนงานบันทึกออกมาในรูปแบบของ Microsoft Excel



ภาพผนวกที่ 13 หน้าต่าง Resource Timetable แสดงผลการจัดสรรทรัพยากรแต่ละราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายชาญวิทย์ กังพานิช
วัน เดือน ปี ที่เกิด	4 มกราคม 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดปัตตานี
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (โยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประวัติการทำงาน	2005-2008 บริษัท นันทวัน จำกัด
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรควบคุม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์