การหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนสำหรับการวางแผนงาน ภายใต้เงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงาน

นางสาวน้ำผึ้ง แซ่แต้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

TIME-COST TRADE-OFF SCHEDULING UNDER CONSTRUCTION LABOR RESOURCE CONSTRAINTS

Numphueng Sae-Tae

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in

Construction and Infrastructure Management

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนสำหรับการวางแผนงานภายใต้เงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอพาร)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.อำนาจ อภิชาติวัลลภ)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำผึ้ง แซ่แต้ : การหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนสำหรับการวางแผนงานภายใต้เงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงาน (TIME-COST TRADE-OFF SCHEDULING UNDER CONSTRUCTION LABOR RESOURCE CONSTRAINTS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 97 หน้า

เวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการถูกใช้เป็นเป้าหมายหลักในการบริหารงานโครงการก่อสร้างทำให้มีความพยายามที่จะหาจุดคำตอบของระยะเวลาในการทำงานที่เร็วที่สุดด้วยการใช้ต้นทุนในการทำงานต่ำที่สุดในหลาย ๆ งานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเสนอแบบจำลองในการหาจุดของคำตอบด้านระยะเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม หากแต่ในงานวิจัยเหล่านั้นไม่ได้ทำการพิจารณาปัญหาด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัดในขั้นตอนการสร้างสมการโจทย์ทำให้แบบจำลองที่ใช้ในการหาจุดคำตอบดังกล่าวไม่สามารถหาจุดคำตอบที่ดีให้กับปัญหาได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเสนอวิธีสร้างสมการโจทย์ภายใต้เงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัดด้วยวิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Multi-Objective Goal Programming and Binary Integer Programming) สมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้จะนำมาสร้างแบบจำลองสำหรับหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาและต้นทุนทางตรงเพื่อใช้วางแผนหรือบริหารงานโครงการ ขณะที่การแก้ปัญหาจะนำวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาใช้ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่จะให้ข้อสรุปของการนำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์สำหรับใช้สร้างแบบจำลองซึ่งได้ให้ผลลัพธ์ในการบริหารงานด้วยตัวเลขที่น้อยกว่าการไม่พิจารณานำประเด็นดังกล่าวมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NUMPHEUNGK SAE-TAE : TIME-COST TRADE-OFF SCHEDULING UNDER CONSTRUCTION LABOR RESOURCE CONSTRAINTS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. VACHARAPOOM BENJAORAN, Ph.D., 97 PP.

TIME-COST TRADE-OFF/LABOR RESOURCE CONSTRAINT

Time and cost are the main goals of the construction project management. Planners are searching for the optimal schedules, which give both early completion time and small total cost. The scheduling problem named Time-Cost Trade-off (TCT) is attended by previous research. From field surveys conducted in Thailand, contractors are also concerned at the fluctuation of labor resources supply. Most construction labor is seasonal workers who work in agriculture. This research, therefore, formulates the TCT model with labor resource constraints. Multi-objective goal programming and binary integer programming are used in the formulation. The mathematical expressions of this model are presented in the paper. Genetic Algorithm is used to search for optimal solutions. This new model is tested with the real data collected. The result shows that the scheduling model with labor resource constraints gives earlier project finish time and less project cost than the one without.

School of Civil Engineering

Academic Year 2010

Student's Signature 19 Mar 11

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเกิดขึ้นมิได้หากมิได้รับโอกาสในการเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค จาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข และความสำเร็จที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้หากมิได้รับคำแนะนำและให้ความรู้เพิ่มเติมในขณะทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้รวมถึงการประสิทธิประศาสตร์ความรู้ทางด้านการบริหารงานโครงการก่อสร้างเสมอมา จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอพาร ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาครั้งนี้เป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ผู้ให้ข้อมูลในการศึกษาในระดับปริญญาโทครั้งนี้และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา ที่ให้คำชี้แนะในการจัดทำรายงานและให้ความช่วยเหลือในขณะเริ่มต้นศึกษาในระดับปริญญาโท กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ อภิชาติวัลลภ ที่ได้ประสิทธิประศาสน์ความรู้และให้คำชี้แนะในช่วงกระบวนการจัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่านที่ได้ประสิทธิประศาสน์ความรู้ในระดับปริญญาตรี คุณครูในระดับมัธยมศึกษาและประถมศึกษาที่ได้ให้พื้นฐานความรู้เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาในระดับสูง นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณณัฐญา กิ่งโคกกรวด และคุณอักษร สุขรักษ์ ที่ได้ช่วยเหลือและแนะนำการจัดทำแอกสารในกระบวนการสอบวิทยานิพนธ์มา ณ ที่นี้

รูปเล่มรายงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้มิอาจได้รับการจัดพิมพ์ได้หากไม่ได้รับคำแนะนำจาก คุณเชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ คุณณัฐกานต์ สมตัว คุณสำราญ สันทาลุนัยและ คุณจริยาพร ศรีวิไลลักษณ์ ถึงวิธีดำเนินการในการจัดทำรูปแบบสำหรับการจัดพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์ ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณในความเมตตาในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อที่ได้ปลูกฝังนิสัยรักการอ่านตั้งแต่สมัยเด็ก ๆ และคุณแม่ที่คอยเฝ้าห่วงใย รวมถึงพี่น้องในครอบครัวทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการศึกษาและให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิตเสมอมาและขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในวิศวกรรมโยธา รุ่น 4 ทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจและคำแนะนำในทุก ๆ ด้านเสมอมา โดยเฉพาะคุณสุภฤกษ์ ภักดีเขียว คุณกฤษณะ เผ่าภคะ คุณสิทธิพงษ์ ทองผุด คุณณัฐพงษ์ ทองขาว และ ดร. รัตนา หอมวิเชียรที่ได้ให้ข้อมูลสำหรับใช้ในงานวิจัยและคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

น้ำผึ้ง แซ่แต้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ซ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 4
1.3 ขอบเขตและแนวทางในการศึกษา 5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 5
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ประวัติความเป็นมาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.2 ทฤษฎีและขั้นตอนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.3 ความสำคัญของเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานจำกัด ต่อการวางแผนงาน 24
2.4 บทวิจารณ์ 25
3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย 26
3.1 ขั้นตอนสัมภาษณ์การวางแผนงาน 27
3.2 ขั้นตอนการสร้างโจทย์ปัญหา 28
3.3 ขั้นตอนการสร้างและการทำงานของแบบจำลอง 36
3.4 การแก้ปัญหาด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม 50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล 60
4.1 ผลลัพธ์จากการสัมภาษณ์การวางแผนงาน 60
4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบเพื่อหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม 61
4.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบการให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม 66
4.4 ผลลัพธ์จากการทดสอบเรื่องเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงาน 67
5 สรุปผลจากการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุปผลการศึกษา 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
รายการอ้างอิง 74
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง 76
ภาคผนวก ข. ผลงานที่นำเสนอ 95
ประวัติผู้เขียน 97

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ชุดทางเลือกระยะเวลาในการทำงาน 51
3.2 ชุดทางเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงาน 52
3.3 ข้อมูลอัตราแรงงานต่อวันที่ใช้สำหรับทำงานในแต่ละกิจกรรม 54
3.4 ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมในการทำงาน 55
4.1 ผลลัพธ์ที่ที่สุดที่ได้จากการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในแต่พจน์เป้าหมาย 67
4.2 ชุดผลลัพธ์ Optimal Pareto ที่ได้จากการทดสอบเงื่อนไข
ด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน 69
4.3 ผลสรุปจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของโครโมโซมสำหรับ
วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) 22
2.2 กระบวนการปรับปรุงประชากรด้วยการข้ามกลุ่ม (Crossover Operation) 23
2.3 กระบวนการปรับปรุงประชากรด้วยการกลายพันธุ์ (Mutation Operation) 23
2.4 กระบวนขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms Process) 24
3.1 กระบวนการทำงานของแบบจำลอง 37
3.2 พื้นที่ทั่วไปสำหรับใส่ข้อมูลโครงการในแบบจำลอง 38
3.3 พื้นที่สำหรับใส่ข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง 39
3.4 การกำหนดพื้นที่ตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Microsoft Exel
และการให้ค่าเงื่อนไขที่เกี่ยวกับตัวแปรตัดสินใจ 41
3.5 การกำหนดสูตรให้กับการคำนวณเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม 43
3.6 การคำนวณเวลาเริ่มงานและเสร็จงานของแต่ละกิจกรรม 44
3.7 การคำนวณต้นทุนทางตรงสำหรับใช้ในการทำงาน 45
3.8 การคำนวณหาค่าผลรวมของผลต่างจากกำหนดเวลาที่กำหนดให้กับกิจกรรม 46
3.9 การคำนวณเลือกจำนวนคนงานให้แต่ละกิจกรรม 47
3.10 การคำนวณเพื่อหาจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันสำหรับ
การทำงานโครงการก่อสร้าง 48
3.11 การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองกับค่าเป้าหมาย
ที่ตั้งไว้และการตรวจสอบกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในโปรแกรม Evolver 49
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงาน
กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ 63
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน
กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ 64
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงาน
กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและต้นทุนทางตรง
ในการทำงานโครงการ 70
4.5 กราฟแสดงค่า Optimal Pareto Front จากชุดผลลัพธ์
Optimal Pareto Solution ที่ได้จากการทดสอบในการทำงานโครงการ 71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

a	=	จำนวนวันทำงานโครงการที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง (วัน)
c_{ik}	=	ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใด ๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใด ๆ
c_0	=	ต้นทุนทางอ้อมที่ใช้ในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง (หน่วย ต่อ วัน)
d_c	=	ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงที่มีความสัมพันธ์กับเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้าง
d_E	=	ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรม
df_i	=	ผลต่างจากเวลาเสร็จงานที่กำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ ในโครงการก่อสร้าง
d_R	=	ผลต่างจากเป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน
ds_i	=	ผลต่างจากเวลาเริ่มงานที่กำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ ในโครงการก่อสร้าง
d_t	=	ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านเวลาในการทำงานที่มาจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย
f_0	=	ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)
f_i	=	เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ
f_p	=	เวลาเสร็จงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ
i	=	กิจกรรมใด ๆ
k	=	ชุดทางเลือก
l_i	=	ระยะเวลาเหลื่อมล้ำของกิจกรรม i ใด ๆ
s_i	=	เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ
s_0	=	ระยะเวลาเริ่มต้นในการทำงาน
s_p	=	เวลาเริ่มงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ
t_{ik}	=	ชุดทางเลือกด้านเวลาที่ k สำหรับกิจกรรมที่ i
y_{ik}	=	ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ
B	=	โบนัสต่อวันเมื่อทำงานเสร็จก่อนกำหนดที่ได้ระบุไว้ในสัญญา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

C_{max} = ค่าต้นทุนทางตรงที่คาดการณ์ไว้สำหรับการทำงานมากสุด (บาท)

C_{min} = ค่าต้นทุนทางตรงที่คาดการณ์ไว้สำหรับการทำงานน้อยสุด (บาท)

D_{max} = ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการมากสุด (วัน)

D_{min} = ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการน้อยสุด (วัน)

D_{cr} = ผลลัพธ์จำนวนวันทำงานน้อยสุดที่ได้จากการการคำนวณ (วัน)

D_i = ค่าตัวเลขกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

D_n = ระยะเวลาของโครงการงานก่อสร้างก่อนการคำนวณ

D_{obj} = ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการ (วัน)

D_r = ระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้สำหรับการพิจารณาค่าปรับหรือโบนัส
อันเนื่องมาจากการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

E_i = ค่าตัวแปรที่จะมีค่าเป็น 0 เมื่อระยะเวลาเริ่มการทำงาน
ของกิจกรรมที่ i ใด ๆ มีค่าน้อยกว่าค่าเงื่อนไขด้านเวลาที่ถูกกำหนด
ให้ในกิจกรรมที่ i ใด ๆ

G_c = ค่าเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงที่มีความสัมพันธ์กับเวลา
ในการทำงานโครงการก่อสร้าง

G_E = ค่าผลรวมของผลต่างจากเป้าหมายของข้อกำหนดด้านระยะเวลา
ที่ถูกกำหนดให้ในแต่ละกิจกรรมที่ยอมรับได้

G_R = ค่าเป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้าง

G_t = ค่าเป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

H = จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J = จำนวนชุดทางเลือก

L_{ik} = ชุดทางเลือกด้านระยะเวลาที่ k ใด ๆ ของกิจกรรม i ใด ๆ ที่ได้จากการคำนวณ

L_i = ระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม i ใด ๆ ที่ได้จากการคำนวณ

M = ค่าคงที่ผันแปรที่มีค่ามากกว่าค่า f_0 และค่า D_r

N = ค่าคงที่แปรผันที่มีค่ามากกว่าค่าของ s_iและค่าของ D_i

P = ค่าปรับต่อวันเมื่อทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญาโครงการก่อสร้าง

Q = กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเริ่มการทำงานให้ไว้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

R_i = จำนวนแรงงานในการทำงานของกิจกรรมที่ i ใด ๆ (คน ต่อ วัน)

T = กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเสร็จการทำงานให้ไว้

W_t = ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงาน

W_c = ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน

W_E = ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรม

W_R = ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านทรัพยากรแรงงาน

X_1 = ผลรวมค่าปรับอันเนื่องจากความล่าช้าของการทำงาน

X_2 = ผลรวมโบนัสอันเนื่องมาจากทำงานเสร็จก่อนกำหนด

ε_1 = ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านระยะเวลา

ε_2 = ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านเงื่อนไขด้านระยะเวลา
ที่ถูกกำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

Ψ = ตัวแปรเสริมที่โดยจะมีค่าเป็น 0 เมื่อผลลัพธ์ด้านระยะเวลาจาก
การคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าระยะเวลา D_r ที่ได้กำหนดและทำให้โครงการ
ได้รับโบนัสและจะมีค่าเป็น 1 เมื่อผลลัพธ์ด้านระยะเวลาจากการคำนวณ
มีค่ามากกว่าค่าระยะเวลา D_r ที่ได้กำหนดและทำให้โครงการต้องจ่ายค่าปรับ

Λ = ค่าคงที่ผันแปรที่มีค่ามากกว่า $P f_0, P D_r, Bf_0$ และ BD_r

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โครงการก่อสร้างมีลักษณะและรูปแบบการทำงานที่ไม่แน่นอน ทรัพยากรและเงินลงทุนจำนวนมากถูกใช้ในการทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งด้านระยะเวลาและต้นทุนสำหรับใช้ในการทำงาน โครงการทำให้ระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานถูกใช้เป็นเป้าหมายหลักในการบริหารงานโครงการก่อสร้าง ในการบริหารงานได้พยายามที่จะใช้ระยะเวลาในการทำงานที่สั้นด้วยต้นทุนในการทำงานที่ต่ำเพื่อให้โครงการได้กำไรมาก จากเป้าหมายในการบริหารงานดังกล่าวทำให้ปัญหาการจัดสรรเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ได้รับความสนใจโดยการเสนอสมการสำหรับแก้ปัญหาดังกล่าวเพื่อได้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานกับต้นทุนที่เหมาะสมตามที่ได้เสนอในงานวิจัยจำนวนมาก

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้เริ่มจากการสำรวจความคิดเห็นวิศวกรผู้วางแผนงานสำหรับโครงการก่อสร้างของประเทศไทย พบว่าเวลาในการทำงานมีความสำคัญเพราะเป็นเป้าหมายหลักสำหรับการทำงานให้สำเร็จทันตามข้อกำหนดด้านเวลาที่ได้ถูกระบุไว้ในสัญญา ความพยายามที่จะทำให้ระยะเวลาในการทำงานเป็นไปตามเป้าหมายทำให้ต้องพิจารณาไปที่เวลาในการทำงานของกิจกรรมซึ่งเป็นผลจากการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน เช่น บางกิจกรรมที่ต้องรอให้กิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จก่อนที่กิจกรรมที่ตามมาจะเริ่มงานได้ ตามความสัมพันธ์แบบ *"เสร็จงานและเริ่มงาน"* (Finish to Start) หรือในบางกิจกรรมอาจเริ่มงานพร้อมกันได้ตามความสัมพันธ์แบบ *"เริ่มงานพร้อมกัน"* (Start to Start) นอกจากนี้กิจกรรมเดียวกันนี้อาจจะถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์ชนิด *"เสร็จงานและเริ่มงานโดยบวกหรือลบเวลาเหลื่อมล้ำ"* (Finish to Start with Lag or Lead time) หรืออาจมีการกำหนดเวลาให้กับกิจกรรม (Time Constraint) ชนิดของความสัมพันธ์ที่ถูกกำหนดให้ในแต่ละกิจกรรมนั้นจะส่งผลต่อระยะเวลาของโครงการได้ โดยอาจทำให้โครงการมีระยะเวลาการทำงานที่เกินไปจากที่ระบุไว้ในสัญญาทำให้โครงการอาจโดนค่าปรับด้านความล่าช้า (Penalty) หรืออาจทำให้โครงการมีระยะเวลาในการทำงานที่สั้นทำให้โครงการได้รับโบนัส (Bonus) อันเนื่องมาจากการทำงานที่เร็วกว่าที่ได้ระบุไว้ในสัญญาของโครงการ จากเหตุผลดังกล่าวจึงต้องทำการพิจารณาด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายในการสร้างสมการโจทย์

เวลาถูกใช้เป็นเป้าหมายหลักในการบริหารงานโครงการแต่ต้นทุนสำหรับใช้ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างที่ต่ำก็เป็นเป้าหมายที่สำคัญอีกเป้าหมายหนึ่งสำหรับการบริหารงานโดยต้นทุนสำหรับใช้ในการทำงานก่อสร้างได้จำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ ต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อม ต้นทุนทางอ้อมส่วนมากจะเป็นค่าใช้จ่ายส่วนกลางเพื่อใช้สนับสนุนการทำงานโครงการในขณะที่ต้นทุนทางตรง คือ ค่าใช้จ่ายที่ทำให้เกิดปริมาณผลงานของโครงการก่อสร้าง ซึ่งได้แก่ ค่าวัสดุและเครื่องจักรและค่าแรงคนงาน หากแต่ค่าวัสดุกับค่าเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้างมักมีค่าคงที่ไม่ผันแปรตามระยะเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้างแต่ค่าแรงคนงานเท่านั้นที่มักมีผลเกี่ยวเนื่องกับระยะเวลาในการทำงานเพราะค่าแรงคนงานจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนคนงานที่ถูกใช้ในการทำงาน หากการดำเนินงานโครงการมีจำนวนคนงานที่จำกัด เช่น กรณีจำนวนแรงงานที่ใช้ในโครงการงานก่อสร้างที่มีอยู่ได้มีจำนวนลดลงหรือขาดแคลนในช่วงฤดูกาลเกษตรกรรมทำให้ทางโครงการก่อสร้างต้องประสบกับปัญหาขาดแคลนแรงงานหรือมีแรงงานไม่เพียงพอและได้ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการทำงานนอกจากนี้ยังอาจทำให้ต้นทุนสำหรับใช้ในการบริหารงานเพิ่มขึ้นเพราะโครงการต้องจ่ายค่าแรงให้กับแรงงานที่มีจำกัดนี้เพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการเร่งการทำงานของโครงการโดยไม่ให้เกิดผลกระทบกับระยะเวลาของโครงการทำให้การนำข้อจำกัดด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการวิเคราะห์หาต้นทุนต่ำสุดภายใต้ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานโครงการให้สำเร็จตามเป้าหมายเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ความพยายามที่จะหาระยะเวลาในการทำงานที่เหมาะสมโดยใช้ต้นทุนในการทำงานที่ต่ำจึงทำให้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนได้รับความสนใจและมีผู้ทำการศึกษาปัญหาดังกล่าวจำนวนมาก ทั้งนี้การศึกษาปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 (Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005) และดำเนินการศึกษามาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation) ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) หรือ โปรแกรมเชิงเส้นชนิดจำนวนเต็ม (Linear Integer Programming) (Shtub et al., 1994; quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005) ในขณะที่วิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) ก็ได้มีการเสนออยู่หลายวิธี อาทิเช่น วิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง ซึ่งการแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้จะให้จุดของคำตอบที่ชัดเจนหากแต่วิธีนี้จะมีความยุ่งยากในการคำนวณเพราะมีจำนวนสมการที่มากและวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ ที่ช่วยลดปัญหาในการคำนวณที่ยุ่งยากจากวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงเพราะสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหามีจำนวนไม่มาก นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้ยังมีค่าใกล้กับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงนอกจากนี้ยังใช้เวลาในการคำนวณหาผลลัพธ์ที่เร็วกว่าอีกด้วยดังแสดงในผลการวิจัยของ Chassiakos and Sakellaropoulos แต่พบว่าวิธีที่นำมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ไม่เหมาะกับการบริหารงานที่จะมีการตั้งเป้าหมายไว้หลายเป้าหมายทำให้ผู้วิจัยนำโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวน

เต็มเลขฐานสอง (Multi-Objective Linear Goal Programming and Binary Integer Programming) มาใช้ในการสร้างสมการโจทย์และนำสมการที่ได้มาสร้างแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) ซึ่งเป็นหนึ่งในการแก้ปัญหาโดยวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ สำหรับขั้นตอนทางพันธุกรรมได้ถูกนำเสนอโดย John Holland (Goldberg, 1989) และได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนโดย Feng et al. (1997, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005) โดยช่วยให้ได้คำตอบที่รวดเร็วขึ้นในขณะที่คำตอบที่ได้มีความถูกต้องในช่วง 90% ถึง 95% ทำให้วิธีนี้ได้รับความสนใจและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหลายท่าน ได้แก่ Li et al. (1999, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); Leu and Yang (1999, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); Zheng et al. (2004, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005)

นอกจากการศึกษาด้านการแก้ปัญหาแล้วได้มีผู้ศึกษาวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้ให้ความสนใจไปที่องค์ประกอบหรือปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการทำงาน เช่น เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม เงื่อนไขด้านกำหนดเวลาของกิจกรรม เป็นต้น ผู้ที่ทำการศึกษาประเด็นดังกล่าวได้แก่ Elmaghraby and Kamburowski (1992, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); Bartusch et al. (1988, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); Neumann and Zhan (1995, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); Brucker et al. (1999, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005); O'Brien and Fischer (2000, quoted in Chassiakos and Sakellaropoulos, 2005)

การศึกษาที่มีมาก่อนหน้า บางส่วนได้นำเสนอสมการโจทย์เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิธีที่จะใช้ในการแก้ปัญหาแต่ไม่ได้นำปัจจัยด้านเงื่อนไขที่สะท้อนภาพความเป็นจริงในการทำงานมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ ในขณะที่การศึกษาทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและเงื่อนไขทางด้านทรัพยากรต่อการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนนั้นก็มิได้นำวิธีในการแก้ปัญหาตามวิธีที่ได้ถูกนำเสนอมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ทำให้ Chassiakos and Sakellaropoulos ได้เสนอสมการโจทย์ด้วยการนำผลจากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดอันได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย เงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาของกิจกรรม และค่าปรับหรือโบนัสอันเนื่องมาจากความล่าช้าหรือเร็วในการทำงานโครงการมาใช้สร้างสมการของปัญหาด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) และนำทั้งวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง (Exact Method) และวิธีการโดยประมาณ (Approximately Method) มาใช้ในการแก้ปัญหา

งานวิจัยของ Chassiakos and Sakellaropoulos พบว่า การสร้างสมการโจทย์ในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้นำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรด้านแรงงานมาใช้ในการสร้างสมการดังกล่าวทั้งที่จำนวนทรัพยากรแรงงานที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้างนั้นมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้างดังที่กล่าวแล้วก่อนหน้านี้ ทำให้สมการโจทย์และแบบจำลองที่นำเสนอโดย Chassiakos and Sakellaropoulos ไม่ให้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมกับปัญหาด้านจำนวนทรัพยากรที่มีในโครงการก่อสร้างนอกจากนี้ยังพบว่าการสร้างสมการโจทย์ด้วยการนำวิธีโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) มาใช้ยังไม่เหมาะสมหรือสอดคล้องกับการบริหารงานเพราะในการบริหารงานนั้นจะตั้งเป้าหมายในการทำงานไว้หลายเป้าหมาย ดังนั้นรูปแบบของวิธีที่ใช้ในการสร้างสมการโจทย์ในงานวิจัยล่าสุดที่มีเพียงการพิจารณาได้เพียงหนึ่งเป้าหมายเท่านั้น คือ การกำหนดให้ต้นทุนทางตรงเป็นผลลัพธ์ที่จะได้จากแบบจำลองเท่านั้นส่งผลให้เป้าหมายในการบริหารงานด้านอื่น ๆ ไม่มีความสำคัญ ดังนั้นเพื่อให้ทุกเป้าหมายในการบริหารงานโครงการมีความสำคัญโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองจึงถูกนำมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ และนำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานเพิ่มเข้าไปจากที่ไม่ได้พิจารณาไว้ในการวิจัยที่ผ่านมาล่าสุดโดยสมการโจทย์สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้จะสามารถสะท้อนสภาพปัญหาการทำงานและบริหารงานโครงการก่อสร้างได้อย่างแท้จริงมากยิ่งขึ้นโดยทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ที่เสนอในงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จะเสนอการปรับปรุงสมการโจทย์และนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม โดยสมการโจทย์ที่ได้สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะสะท้อนสภาพความเป็นจริงในการบริหารงานโครงการและให้ผลลัพธ์สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนงานและบริหารงานโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ทำการปรับปรุงวิธีในการสร้างสมการโจทย์โดยนำโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองมาใช้ นอกจากนี้ได้เพิ่มเติมประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานเข้าไว้ในการสร้างสมการโจทย์ โดยสมการที่ได้เสนอในงานวิจัยนี้จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาและต้นทุนทางตรงสำหรับการบริหารงานโครงการโดยนำวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาใช้ในการแก้ปัญหา

1.2.2 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ที่ได้เสนอในงานวิจัยนี้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาลำดับในการให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับแต่ละพจน์เป้าหมายในฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function)

1.2.3 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบข้อมูลกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นภายใต้ด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้สร้างจากประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA เพื่อสรุปผลจากการนำเงื่อนไขด้านทรัพยากรแรงงานมาใช้สร้างแบบจำลอง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะแบ่ง 2 หัวข้อได้แก่

1.3.1 ด้านการสร้างโจทย์ ในการสร้างสมการโจทย์เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้นจะนำเงื่อนไขที่ได้ส่งผลต่อเวลาและต้นทุนในการบริหารงานโครงการ อันได้แก่ ระยะเวลาในการทำงานโครงการ ต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย ข้อกำหนดเวลาของกิจกรรม และจำนวนคนแรงงานมาใช้

1.3.2 ด้านการทดสอบข้อมูลกับแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นครั้งนี้ ในการทดสอบข้อมูลกับแบบจำลองจะนำข้อมูลที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้างจริงมาใช้ในการทดสอบโดยจะพิจารณาไปที่โครงการก่อสร้างที่มีการวางแผนงานด้วยชนิดความสัมพันธ์ที่หลากหลายและมีระยะเวลาในการทำงานไม่เกิน 2 ปี การทดสอบจะใช้ข้อมูลจากโครงการเพียง 1 โครงการเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังต่อไปนี้

1.4.1 ทำให้ได้สมการโจทย์ที่ครอบคลุมกับปัญหาที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการก่อสร้าง

1.4.2 สามารถนำสมการโจทย์ที่ได้เสนอในงานวิจัยครั้งนี้มาใช้สร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่มีความถูกต้องในการนำไปใช้ในการบริหารงานโครงการก่อสร้าง

1.4.3 เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารโครงการงานก่อสร้างทั้งด้านเวลาและต้นทุนด้วยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองโดยการวิจัยครั้งนี้มาใช้

1.4.4 ทำให้โครงการก่อสร้างสามารถดำเนินงานได้อย่างราบรื่นเนื่องจากมีแผนงานด้านเวลาสำหรับการทำงานได้อย่างเหมาะสมภายใต้ต้นทุนและจำนวนแรงงานที่โครงการได้วางแผนไว้

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป้าหมายการบริหารงานโครงการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิผลและประสบความสำเร็จ คือ ความสามารถในการบริหารเวลาโครงการได้ทันตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดด้านเวลาในสัญญาและใช้ต้นทุนสำหรับการดำเนินงานโครงการด้วยตัวเลขที่ต่ำ จากเป้าหมายในการบริหารงานดังกล่าวทำให้เกิดความพยายามหาจุดที่เหมาะสมของระยะเวลาสำหรับการทำงานโครงการก่อสร้างกับต้นทุนที่ใช้ในการทำงานดังกล่าว ส่งผลให้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ได้รับความสนใจและให้ความสำคัญด้วยการพยายามที่จะหาวิธีในการแก้ปัญหาดังกล่าวเสมอมา

เนื่องจากปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน ได้รับความสนใจมากทำให้มีการเสนอสมการโจทย์เพื่อใช้สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนในหลาย ๆ วิธี อาทิเช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer Programming) วิธีโปรแกรมเชิงพลวัฒน์ (Dynamic Programming) และ วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยวิธีสำหรับใช้แก้ปัญหาดังกล่าวสามารถนำมาจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มของวิธีการแก้ปัญหา ได้ 2 กลุ่มวิธี อันได้แก่ กลุ่มที่ 1 การแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง (Exact Methods) เช่น การแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้นและโปรแกรมจำนวนเต็ม สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน ในขณะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ การแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) เช่น การแก้ปัญหาโดยการแยกพิจารณาวัตถุประสงค์หลักของปัญหาออกเป็นส่วนย่อย (Decomposition Approaches) หรือจะเป็นวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยวิธีในกลุ่มที่ 2 นี้ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อลดปัญหาด้านการคำนวณที่ยุ่งยากจากกลุ่มแรกลง

ในการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงจะมีจำนวนสมการโจทย์ที่มากทำให้แบบจำลองมีขนาดใหญ่ส่งผลให้การคำนวณเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวมีความยุ่งยากดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการโดยประมาณ จึงถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวแทนวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง เพราะวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการโดยประมาณ มีจำนวนสมการน้อยทำให้แบบจำลองมีขนาดไม่ใหญ่มากและการคำนวณไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไปส่งผลให้วิธีนี้ได้รับความนิยมเป็นวงกว้างดังจะเห็นได้จากผลงานวิจัยที่ได้นำวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาใช้

ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนจำนวนมากอาทิเช่น ผลงานวิจัยที่ได้นำเสนอโดย Feng et al. (1997) ด้วยการนำเสนอแบบจำลองบนพื้นฐานขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยในแบบจำลองจะทำการเลือกชุดคำตอบของต้นทุนทางตรงกับระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขของโครงการเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่เหมาะสม นั่นคือ ใช้ระยะเวลาการทำงานสั้นสุดด้วยต้นทุนในการทำงานที่ต่ำโดยผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ ต้นทุนทางตรงต่ำสุดสำหรับการทำงานโครงการจากนั้นนำตัวเลขที่ได้บวกเข้ากับต้นทุนทางอ้อม โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้ให้ความถูกต้องอยู่ในช่วง 90% ถึง 95% ซึ่งเป็นตัวเลขที่เชื่อถือได้ ในขณะที่ Leu and Yang (1999) ได้นำทั้งแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Model) แบบจำลองจำนวนจำกัดของทรัพยากร (Resource Limited Model) และแบบจำลองการปรับระดับทรัพยากร (Resource Leveling Model) มารวมไว้ด้วยกันและใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) ในการแก้ปัญหาโดยแบบจำลองได้ให้ผลลัพธ์เป็นชุดคำตอบของระยะเวลาการทำงาน จำนวนทรัพยากรที่ใช้ ต้นทุนทางตรงของโครงการต่ำสุดและระยะเวลาในการทำงานโครงการต่ำสุดภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากร และ Zheng et al. (2004) ได้นำเสนอวิธีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Approach) โดยการกำหนดให้เป้าหมาย คือ ระยะเวลาและต้นทุนในการดำเนินงานคูณด้วยค่าน้ำหนักตามลำดับความสำคัญและได้นำวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาใช้ในการแก้ปัญหา

นอกจากการศึกษาวิจัยที่ได้มีการนำเสนอสมการโจทย์ (Problem Formulation) และวิธีแก้ปัญหา (Problem Solving) แล้วยังพบว่าการศึกษาวิจัยส่วนหนึ่งได้ให้ความสนใจในการศึกษาด้านเงื่อนไขความสัมพันธ์ด้านเวลาและเงื่อนไขทางด้านทรัพยากรที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการก่อสร้างการศึกษาถึงประเด็นดังกล่าวได้เริ่มขึ้นโดย Elmaghraby and Kamburowski (1992) ที่ทำการศึกษาถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ชนิดต่าง ๆ ระหว่างกิจกรรมที่มีผลต่อระยะเวลาและต้นทุนของโครงการเพื่อให้สะท้อนสภาพที่เกิดขึ้นจริงในการดำเนินงานโครงการ หลังจากนั้น Bartusch et al. (1988); Neumann and Zhan (1995) ทำการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ทั่วไปด้านปัญหาเงื่อนไขทางด้านทรัพยากรของแผนงาน และได้รับการพัฒนาต่อมาโดย Brucker et al. (1999) ด้วยการปรับแก้และพัฒนาปัญหาเงื่อนไขทางด้านทรัพยากรของแผนงานและนำเสนอในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่ O' Brien and Fischer (2000) ได้กล่าวถึงความสำคัญทางด้านความสามารถของฟังก์ชั่นเงื่อนไขที่มีต่อต้นทุนและแผนงานก่อสร้าง

จะเห็นว่าปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน มีประโยชน์ในการวางแผนงานและบริหารงานโครงการอย่างมากทำให้มีผู้ทำการการศึกษาและมีการเสนอผลงานวิจัยจำนวนมาก หากแต่การสร้างสมการโจทย์สำหรับนำไปสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการหาผลลัพธ์สำหรับใช้ในการวางแผนงานหรือบริหารงานโครงการก็ยังไม่สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการทำงานหรือ

บริหารงานโครงการ จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนหนึ่งได้ศึกษาถึงปัจจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและเงื่อนไขทางด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีผลต่อระยะเวลาในการทำงานโครงการ ในขณะที่การศึกษาอีกส่วนหนึ่งกับเสนอสมการโจทย์ที่ไม่ได้สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายหรือนำเงื่อนไขด้านเวลาของกิจกรรมมาสร้างสมการโจทย์เพื่อใช้สร้างแบบจำลองเพื่อใช้หาผลลัพธ์ด้านเวลาและต้นทุนในการทำงาน ทำให้ Chassiakos and Sakellaropoulos ได้ให้ความสนใจการศึกษาทั้งสองกลุ่มดังกล่าวโดยการนำประเด็นด้านระยะเวลาสำหรับใช้ในการทำงานโครงการ ต้นทุนทางตรงสำหรับใช้ในการทำงานโครงการที่สัมพันธ์กับระยะเวลาในการทำงานโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย ข้อกำหนดด้านเวลาสำหรับกิจกรรมและค่าปรับหรือโบนัสอันเนื่องมาจากความล่าช้าหรือเร็วในการทำงานโครงการ มาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation) และนำสมการโจทย์ดังกล่าวไปใช้สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักแบบจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) เพื่อนำมาใช้ในการหาระยะเวลาในการทำงานที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับต้นทุนทางตรงที่ใช้ในการทำงานดังกล่าว นอกจากนี้ในงานวิจัยที่ผ่านมาล่าสุดได้แก้ปัญหาด้วยการใช้วิธีการหาคำตอบที่แท้จริง (Exact Method) และการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) โดยใช้โปรแกรม Lingo และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาทั้งสองวิธีดังกล่าวเพื่อได้ข้อสรุปของวิธีในการแก้ปัญหาเหมาะสมในการนำไปใช้ในการทำงานจริง

2.2 ทฤษฎีและขั้นตอนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยของ Chassiakos and Sakellaropoulos (2005) ที่ผ่านมาล่าสุดได้นำเสนอวิธีในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ด้วยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงและการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ด้านเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการก่อสร้างที่เหมาะสมด้วยการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation) โดยนำวิธีโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) มาใช้และนำสมการโจทย์ที่ได้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองให้กับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) โดยในการสร้างสมการโจทย์นั้นได้มีการกำหนดให้ประกอบด้วยหลายพจน์ของวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Function) ในการบริหารงานโครงการก่อสร้าง โดยกำหนดให้ค่าต้นทุนต่ำสุดในการทำงานที่สอดคล้องกับระยะเวลาในการทำงานเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งจะมีรายละเอียดในการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation) และกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving) ดังนี้

2.2.1 กระบวนการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation)

ในการสร้างสมการสำหรับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) นั้น Chassiakos and Sakellaropoulos ได้นำวิธีโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักแบบจำนวนเต็มมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์และสร้างแบบจำลองของปัญหาดังกล่าวดังนี้

ก. การสร้างสมการโจทย์โดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง

ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่สร้างขึ้นสำหรับนำไปแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ด้วยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงนั้น Chassiakos and Sakellaropoulos ได้นำวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการบริหารงานโครงการงานก่อสร้างมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ (Problem Formulation) โดยแต่ละพจน์วัตถุประสงค์ที่นำมาสร้างสมการโจทย์การหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off) มีรายละเอียดดังนี้

พจน์เป้าหมายด้านต้นทุน (Cost Objective) คือ การกำหนดให้ผลรวมของต้นทุนที่ถูกเลือกในทุกกิจกรรมของโครงข่ายการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาทางเลือกที่ใช้สำหรับเร่งเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมมีค่าน้อยสุดซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในการเลือกระยะเวลาในการทำงานที่เหมาะสมให้กับแต่ละกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานของโครงการที่มีการกำหนดให้มีความสัมพันธ์ที่หลากหลาย โดยจะกำหนดให้ต้นทุน c_{ik} ของชุดทางเลือกเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ คูณกับตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable; y_{ik}) ที่จะมีค่าเป็น 1 เมื่อค่าต้นทุน c_{ik} ในชุดทางเลือกเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ถูกเลือกและจะมีค่าเป็น 0 เมื่อค่าต้นทุน c_{ik} ในชุดทางเลือกเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ไม่ถูกเลือก ดังแสดงสมการที่ (2.1)

$$\sum_{i=1}^{H}\sum_{k=1}^{J} c_{ik} y_{ik} \qquad (2.1)$$

โดยที่ c_{ik} คือ ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใด ๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

พจน์เป้าหมายด้านผลรวมต้นทุนทางอ้อม (Summary of Indirect Cost Objective) ที่ถูกใช้ในการทำงานซึ่งเป็นผลลัพธ์อันเนื่องมาจากระยะเวลารวมของโครงการก่อสร้าง (f_0) ที่เป็นผลลัพธ์มาจากการคำนวณของแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Model) คูณกับค่าต้นทุนทางอ้อมซึ่งมีค่าเท่ากับ c_0 หน่วยต่อวัน สมการที่ (2.2)

$$c_0 f_0 \tag{2.2}$$

โดยที่ c_0 คือ ต้นทุนทางอ้อมที่ใช้ในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง (หน่วย ต่อ วัน)
f_0 คือ ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)

พจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง (Time Objective) โดยจะกำหนดให้ผลรวมด้านเวลาในการทำงานของทุกกิจกรรมที่ i ใด ๆ ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายมีค่าเวลาในการทำงานสั้นสุดโดยผลรวมดังกล่าวจะมีผลลัพธ์มาจากการเลือกระยะเวลาการทำงานให้กับแต่ละกิจกรรมจากชุดทางเลือกด้านเวลาและต้นทุนที่ได้นำเสนอไว้คูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญ ε_1

$$\varepsilon_1 f_0 \tag{2.3}$$

โดยที่ ε_1 คือ ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านระยะเวลา
f_0 คือ ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)

พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาของกิจกรรม (Time Condition) อันได้แก่ เงื่อนไขด้านเวลาในการเริ่มงานเร็วสุด (s_i) คูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญ ε_2 และ เงื่อนไขด้านเวลาในการเสร็จงานเร็วสุด (f_i) คูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญ ε_2

$$\varepsilon_2 \sum_{i \in Q} s_i - \varepsilon_2 \sum_{i \in T} f_i \tag{2.4}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยที่ i คือ กิจกรรมใด ๆ

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

Q คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเริ่มการทำงานให้ไว้

T คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเสร็จการทำงานให้ไว้

ε_1 คือ ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านระยะเวลา

ε_2 คือ ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านเงื่อนไขด้านระยะเวลาที่ถูกกำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

พจน์เป้าหมายด้านค่าปรับหรือโบนัสอัน (Penalty or Bonus Objective) โดยจะเป็นผลลัพธ์อันเนื่องมาจากระยะเวลาสำหรับใช้ในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดอันได้มาจากการคำนวณซึ่งจะกำหนดให้ค่าปรับเนื่องจากใช้เวลาในการทำงานที่ล่าช้าออกกว่าที่ระบุไว้แทนด้วย P และโบนัสอันเนื่องจากการเสร็จงานได้เร็วกว่ากำหนดแทนด้วย B โดยในการทำงานโครงการต้องการค่าโบนัสที่มีค่ามากหากแต่มีการกำหนดให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากสมการวัตถุประสงค์อยู่ในรูปต้นทุนในการทำงานต่ำสุดทำให้ต้องใส่เครื่องหมายลบให้กับค่า B ดังสมการ (2.5)

$$P - B \tag{2.5}$$

โดยที่ P คือ ค่าปรับต่อวันเมื่อทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญาโครงการงานก่อสร้าง

B คือ โบนัสต่อวันอันเมื่อทำงานเสร็จก่อนกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญา

จากแต่ละวัตถุประสงค์ ได้นำมารวมเข้าเป็นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) ให้กับแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักแบบจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าต้นทุนต่ำสุดในการทำงานโครงการก่อสร้างที่ระยะเวลาในการทำงานสั้นสุด ดังแสดงในสมการที่ (2.6)

$$\min\left[\sum_{i=1}^{H}\sum_{k=1}^{J} c_{ik} y_{ik} + c_0 f_0 + \varepsilon_1 f_0 + \varepsilon_2 \sum_{i \in Q} s_i - \sum_{i \in T} f_i + P - B\right] \tag{2.6}$$

โดยที่ i คือ กิจกรรมใด ๆ

c_{ik} คือ ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใด ๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

c_0 คือ ต้นทุนทางอ้อมที่ใช้ในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง (หน่วย ต่อ วัน)

f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

f_0 คือ ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

B คือ โบนัสต่อวันอันเมื่อทำงานเสร็จก่อนกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญา

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

P คือ ค่าปรับต่อวันเมื่อทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญาโครงการงานก่อสร้าง

Q คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเริ่มการทำงานให้ไว้

T คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเสร็จการทำงานให้ไว้

ε_1 คือ ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านระยะเวลา

ε_2 คือ ค่าน้ำหนักที่ให้กับวัตถุประสงค์ด้านเงื่อนไขด้านระยะเวลาที่ถูกกำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable); y_{ik} จะทำการกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นเลขฐานสอง (Binary Number) โดยมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดคำตอบของเวลาและต้นทุน k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดคำตอบของเวลาและต้นทุน k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

ฟังก์ชั่นเงื่อนไข (Constraint Function) เป็นชุดสมการที่ใช้กำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งเป็นเงื่อนไขของการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) โดยแต่ละสมการจะมีความสัมพันธ์กับแต่ละวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ดังในสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การกำหนดให้เวลาเริ่มต้นในการทำงานมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงในสมการที่ (2.7)

$$s_0 = 0 \tag{2.7}$$

โดยที่ s_0 คือ ระยะเวลาเริ่มต้นในการทำงาน

การตรวจสอบความถูกต้องของระยะเวลาของกิจกรรมกับระยะเวลาที่ถูกเลือกให้แต่ละกิจกรรมที่ต้องมีค่าเท่ากันตามสมการที่ (2.8)

$$f_i - s_i = \sum_{i=1}^{H} \sum_{k=1}^{J} L_i y_{ik} \tag{2.8}$$

โดยที่ f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

i คือ กิจกรรมใด ๆ

k คือ ชุดทางเลือก

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

L_i คือ ระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม i ใด ๆ ที่ได้จากการคำนวณ

การกำหนดให้ค่าตัวแปรตัดสินใจในแต่ละกิจกรรมมีค่าเท่ากับ 1 เพื่อให้มีการเลือกระยะเวลาในการเร่งการทำงานและต้นทุนในการทำงานให้กับทุก ๆ กิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการก่อสร้างและในขณะเดียวกันจะมีค่าระยะเวลาและต้นทุนเพียง 1 ค่าจากชุดทางเลือกทั้งหมด k ชุด ถูกเลือกให้ในแต่ละกิจกรรมนั้นเอง ดังแสดงในสมการที่ (2.9)

$$\sum_{k \in k(i)} y_{ik} = 1 \qquad \forall i \in H \tag{2.9}$$

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยที่ y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

การกำหนดเงื่อนไขของเวลาเริ่มงานหรือเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละกิจกรรมให้อยู่ในขอบเขตในเวลาของการเริ่มงานและเสร็จสิ้นงานของโครงการ ดังแสดงในสมการที่ (2.10) ถึง (2.11)

$$f_0 \geq f_i \qquad \forall i \in H \qquad (2.10)$$

$$s_0 \leq s_i \qquad \forall i \in H \qquad (2.11)$$

$$s_i \geq 0 \qquad \forall i \in H \qquad (2.12)$$

$$f_i \geq 0 \qquad \forall i \in H \qquad (2.13)$$

โดยที่ f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

f_0 คือ ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)

i คือ กิจกรรมใด ๆ

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

s_0 คือ ระยะเวลาเริ่มต้นในการทำงาน

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นชนิดเลขฐานสอง(Binary Value) ดังสมการ (2.14)

$$y_{ik} = binary \qquad \forall i \in H \qquad (2.14)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การกำหนดขอบเขตด้านเวลาของชนิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ดังแสดงในสมการที่ (2.15) ถึง สมการที่ (2.20)

- กรณีเสร็จงานแล้วเริ่มงาน (Finish to Start; FS)

$$s_p - f_i \geq 0 \tag{2.15}$$

- กรณีเสร็จงานแล้วเริ่มงานบวกหรือลบเวลาเหลื่อมล้ำ (Finish to Start with lag/lead ; FS$\pm$l)

$$s_p - f_i \geq l_i \tag{2.16}$$

- กรณีเริ่มงานพร้อมกัน (Start to Start ; SS)

$$s_p - s_i \geq 0 \tag{2.17}$$

- กรณีเริ่มงานพร้อมกันบวกหรือลบเวลาเหลื่อมล้ำ (Start to Start with lag/lead ; SS$\pm$l)

$$s_j - s_i \geq \pm l \tag{2.18}$$

- กรณีเสร็จงานพร้อมกัน (Finish to Finish ; FF)

$$f_p - f_i \geq 0 \tag{2.19}$$

- กรณีเสร็จงานพร้อมกันบวกหรือลบเวลาเหลื่อมล้ำ (Finish to Finish with lag/lead ; FF$\pm$l)

$$f_p - f_i \geq \pm l \tag{2.20}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยที่ f_p คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ

l_i คือ ระยะเวลาเหลื่อมล้ำของกิจกรรม i ใด ๆ

s_p คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ

การกำหนดขอบเขตเงื่อนไขด้านข้อจำกัดของเวลาที่ถูกกำหนดให้แต่ละกิจกรรม ดังแสดงในสมการที่ (2.21) ถึง (2.26)

- เริ่มงานไม่เร็วกว่าเวลาที่กำหนด (Start no earlier than time D_i)

$$s_i \geq D_i \tag{2.21}$$

- เริ่มงานไม่ช้ากว่าเวลาที่กำหนด (Start no later than time D_i)

$$s_i \leq D_i \tag{2.22}$$

- เริ่มตามที่กำหนด (Start on time D_i)

$$s_i = D_i \tag{2.23}$$

- เสร็จงานไม่เร็วกว่า (Finish no earlier than time D_i)

$$f_i \geq D_i \tag{2.24}$$

- เสร็จงานไม่ช้ากว่าเวลาที่กำหนด (Finish no later than time D_i)

$$f_i \leq D_i \tag{2.25}$$

เสร็จงานตามที่กำหนด (Finish on time D_i)

$$f_i = D_i \tag{2.26}$$

การกำหนดให้ผลลัพธ์ด้านเวลาในการทำงานโครงการที่ได้จากการคำนวณต้องมีค่าน้อยกว่าค่าระยะเป้าหมายที่ตั้งไว้เบื้องต้นดังแสดงในสมการที่ (2.27)

$$f_0 \le D_{obj} \qquad \forall D_{obj} \in \Delta\{D_n, D_{n-1}, D_{n-2}, \ldots, D_{cr}\} \qquad (2.27)$$

โดยที่ D_{cr} คือ ผลลัพธ์จำนวนวันทำงานน้อยสุดที่ได้จากการการคำนวณ (วัน)

D_i คือ ค่าตัวเลขกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

D_n คือ ระยะเวลาของโครงการงานก่อสร้างก่อนการคำนวณ

D_{obj} คือ ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการ (วัน)

การกำหนดเงื่อนไขด้านค่าปรับและโบนัสอันเนื่องมาจากความล่าช้ากับระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้ในสัญญาด้านเวลาในการทำงานซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ (2.28) ถึง (2-35)

$$f_0 - D_r \le \Psi M \qquad (2.28)$$

$$f_0 - D_r \ge (\Psi - 1)M \qquad (2.29)$$

$$\Psi = binary \qquad (2.30)$$

$$X_1 \ge P(f_0 - D_r) \qquad (2.31)$$

$$X_1 \ge 0 \qquad (2.32)$$

$$X_2 \le B(D_r - f_0) + \Lambda\Psi \qquad (2.33)$$

$$X_2 \le \Lambda(1 - \Psi) \qquad (2.34)$$

$$X_2 \ge 0 \qquad (2.35)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยที่ f_0 คือ ระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้างน้อยสุดหลังเสร็จสิ้นการคำนวณ (วัน)

D_r คือ ระยะเวลาที่ถูกกำหนดไว้สำหรับการพิจารณาค่าปรับหรือโบนัสอันเนื่องมาจากการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

M คือ ค่าคงที่ผันแปรที่มีค่ามากกว่าค่า f_0 และค่า D_r

X_1 คือ ผลรวมค่าปรับอันเนื่องจากความล่าช้าของการทำงาน

X_2 คือ ผลรวมโบนัสอันเนื่องมาจากทำงานเสร็จก่อนกำหนด

Ψ คือ ตัวแปรเสริมที่โดยจะมีค่าเป็น 0 เมื่อผลลัพธ์ด้านระยะเวลาจากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าระยะเวลา D_r ที่ได้กำหนดและทำให้โครงการได้รับโบนัสและจะมีค่าเป็น 1 เมื่อผลลัพธ์ด้านระยะเวลาจากการคำนวณมีค่ามาดกว่าค่าระยะเวลา D_r ที่ได้กำหนดและทำให้โครงการต้องจ่ายค่าปรับ

Λ คือ ค่าคงที่เท่ากับค่ามากที่สุดของ $P f_0, P D_r, Bf_0$ และ BD_r

ข. การสร้างสมการโจทย์โดยวิธีประมาณ

ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) สมการที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ด้วยการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) จะมีจำนวนพจน์วัตถุประสงค์ในการสร้างที่น้อยกว่าเนื่องจาก Chassiakos and Sakellaropoulos ต้องการนำเพียงผลลัพธ์ด้านเวลามาใช้ในการเปรียบเทียบและนำมาใช้ในการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเร่งเวลาในการทำงานและต้นทุนด้วยการหาค่าเวลาในการเร่งงานต่ำสุดเป็นค่าผลลัพธ์ที่ต้องการดังแสดงในสมการที่

$$\min\left[f_0 + \varepsilon_2 \sum_{i \in Q} s_i - \varepsilon_2 \sum_{i \in T} f_i + \sum_{i \in o} E_i \right] \tag{2.36}$$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ทำการกำหนดให้ระยะเวลาที่ถูกปรับลดเป็นตัวแปรตัดสินใจ กล่าวคือ แบบจำลองจะทำการให้ค่าระยะเวลาที่จะทำการปรับลดที่สัมพันธ์กับต้นทุนในการใช้ในการเร่งเวลาในการทำงานให้กับแบบจำลอง โดยระยะเวลาที่ใช้ในการปรับลดจะมีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก

ฟังก์ชั่นเงื่อนไข (Constraint Function) ที่ใช้กำหนดขอบเขตความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่ต้องการที่สัมพันธ์กับสมการที่ (2.36) มีรายละเอียดดังนี้

การกำหนดให้ระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมต้องมีค่าเท่ากับผลต่างของเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของกิจกรรมใด ๆ กับเวลาเริ่มทำงานของกิจกรรมใด ๆ ดังแสดงในสมการที่ (2.37)

$$f_i - s_i = L_i \qquad \forall i \in H \tag{2.37}$$

โดยที่ f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

L_i คือ ระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม i ใด ๆ ที่ได้จากการคำนวณ

ข้อกำหนดของเงื่อนไขของกิจกรรมภายนอกที่ถูกกำหนดให้แต่ละกิจกรรมดังแสดงในสมการที่ (2.39) และ (2.40)

$$E_i \geq N(s_i - D_i) \qquad \forall i \in H \tag{2.39}$$

$$E_i \geq 0 \tag{2.40}$$

โดยที่ s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

D_i คือ ค่าตัวเลขกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

E_i คือ ค่าตัวแปรที่จะมีค่าเป็น 0 เมื่อระยะเวลาเริ่มการทำงานของกิจกรรมที่ i ใด ๆ มีค่าน้อยกว่าค่าเงื่อนไขด้านเวลาที่ถูกกำหนดให้ในกิจกรรมที่ i ใด ๆ

N คือ ค่าคงที่แปรผันที่มีค่ามากกว่าค่าของ s_i และค่าของ D_i

จะพบว่าในกระบวนการสร้างสมการโจทย์ที่ผู้ศึกษาวิจัยล่าสุดได้นำเสนอนั้นได้นำโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Weighted Multi-Objective Linear Programming and Binary Integer Programming) มาใช้ในการสร้างสมการให้กับปัญหาดังกล่าวนี้ แต่ในการบริหารงานโครงการโดยทั่วไปมักจะทำการตั้งเป้าหมายด้านตัวเลขในการบริหารงานโครงการเอาไว้ทำให้การนำวิธีการดังกล่าวที่นำเสนอนั้นไม่สามารถตอบรับการวิธีในการบริหารงานโครงการได้อย่างเต็มที่และผลลัพธ์ที่ตั้งไว้สำหรับฟังก์ชั่นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ทำการพิจารณาไปที่ต้นทุนทางในการทำงานเท่านั้นซึ่งความเป็นจริงควรให้ความสำคัญต่อทุกเป้าหมายในการบริหารงานโครงการ ทำให้ในการวิจัยนี้ได้เห็นว่ายังมีวิธีที่จะนำมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์อีก

วิธีหนึ่งที่สามารถตอบรับในการบริหารงานโครงการและลดความซับซ้อนในการสร้างสมการจำนวนมากลงได้ ซึ่งวิธีดังกล่าวได้แก่ วิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง

2.2.2 หลักการโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมาย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้มีการนำทฤษฎีหลาย ๆ ทฤษฎีมาใช้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ โดยในการกระบวนการศึกษาวิจัยนั้นผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการในการทำงานออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ ๆ ได้แก่ กระบวนการสร้างสมการโจทย์และกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อทั้งสองกระบวนการในงานวิจัยครั้งนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอกล่าวถึงหลักการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในกระบวนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อันได้แก่ หลักการโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายที่จะนำเสนอรายละเอียดของหลักการต่อไป (จะนำเสนอเพียงเฉพาะในส่วนของทฤษฎีเท่านั้น ส่วนรายละเอียดในการสร้างสมการโจทย์จะนำเสนอไว้ในบทที่ 3 ต่อไป) และหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม

ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างทั่วไปจะมีการตั้งเป้าหมายในเชิงตัวเลขสำหรับการทำงานอยู่หลาย ๆ เป้าหมายทำให้การนำโปรแกรมชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองมาใช้ในการสร้างแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เหล่านั้นอาจไม่ตอบรับกับลักษณะในการบริหารงานโครงการได้ ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้การสร้างสมการโจทย์เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการหาผลลัพธ์ของปัญหาที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำมาใช้ในการบริหารงานได้อย่างเหมาะสม ทำให้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำวิธีโปรแกรมชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยการให้ค่าน้ำหนักชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Hillier and Lieberman, 2001; Rardin, 1998; Ragsdale, 2004; Chong and Zak, 2008; Walker, 1999) มาใช้โดยสามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

ก. วิธีพรีเอมทีพ (Preemptive) คือ การพิจารณาไปที่ค่าผลรวมของตัวเลขผลต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของแต่ละสมการวัตถุประสงค์กับค่าตัวเลขเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการบริหารงานโครงการงานก่อสร้าง โดยการกำหนดให้ค่าผลรวมของผลต่างในทุก ๆ พจน์วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการบริหารงานโครงการมีค่าตัวเลขน้องสุดหรือมากสุด ซึ่งก็คือค่าผลลัพธ์จากฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์โดยค่าผลลัพธ์ดังกล่าวได้มาจากค่าตัวแปรตัดสินใจที่ได้ถูกกำหนดโดยค่าผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ภายใต้สมการเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในแต่ละพจน์วัตถุประสงค์ที่จะใช้ในการบริหารงานโครงการนั้นเอง

ข. วิธีโดยน้ำหนัก (Weighted) จะเป็นการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับเป้าหมายในแต่ละพจน์ในสมการโจทย์ (Problem Equation) ที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณกล่าวคือในการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์นั้นจะพิจารณาไปที่พจน์ที่มีการให้ค่าน้ำหนักหรือความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับแรกในการพิจารณาและจะทำการพิจารณาในลำดับถัดไปตามค่าน้ำหนักที่ได้ให้

ไว้จนได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับทุกเป้าหมายและความสำคัญที่ให้ไว้ สำหรับวิธีนี้จะกำหนดให้สมการวัตถุประสงค์ประกอบด้วยพจน์วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการบริหารงานโครงการงดูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญให้วัตถุประสงค์ที่จะใช้ในการบริหารงานโครงการเหล่านั้น ในขณะที่สมการเงื่อนไขจะเป็นค่าสมการที่มีความเกี่ยวข้องหรือกล่าวว่าเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ในแต่ละพจน์วัตถุประสงค์ที่ต้องการนั่นเอง

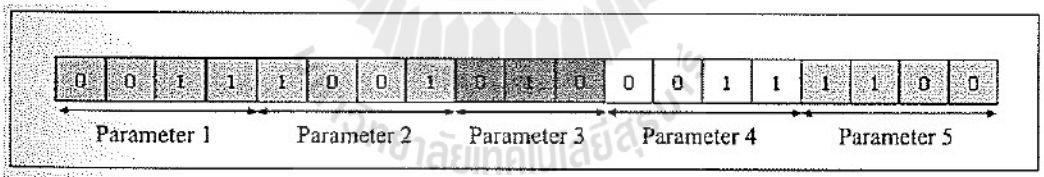
2.2.3 กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Process)

ในกระบวนการแก้ปัญหาได้มีการแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ ได้แก่ วิธีที่หนึ่งการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงและวิธีที่สอง การแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ หากแต่พบว่าผลสรุปในงานวิจัยที่ผ่านมาวิธีทั้งสองนั้นได้ให้คำตอบของผลลัพธ์ที่เท่ากันหรือมีค่าแตกต่างกันที่ยอมรับได้หากแต่วิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณซึ่งช่วยทำให้แบบจำลองในการหาผลลัพธ์ของปัญหามีขนาดเล็กลง ความซับซ้อนไม่มากและมีความรวดเร็วในการได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการ จากเหตุผลข้างต้นทำให้ในงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกการแก้ปัญหาด้วยวิธีประมาณด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนสำหรับการวางแผนงานภายใต้เงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัด

2.2.4 หลักการวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms)

การจำลองการทำงานในคอมพิวเตอร์ได้นำเสนอโดย Barriceli (1954, quoted in wikipedia, www, 2010) แต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก จนกระทั่ง Fraser (1957, quoted in wikipedia, www, 2010) ได้นำเสนอแบบจำลองการเลือกสรรในสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาแบบจำลองโดยคอมพิวเตอร์โดยนักชีววิทยาขึ้นในช่วงต้นปี ค.ศ. 1960 โดยรายละเอียดของขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ได้ถูกอธิบายไว้ในหนังสือที่เขียนโดย Frazer and Burnell (1960, quoted in wikipedia, www, 2010) จนกระทั่ง Rechenberg and Schwefel (1970, quoted in wikipedia, www, 2010) ได้นำวิธีดังกล่าวมาใช้ในกับปัญหาทางวิศวกรรมทำให้เป็นที่รู้จักกันมากขึ้น ในช่วงเวลาดังกล่าว Holland (1970, quoted in man et al., 1999; quoted in Goldberg, 1989) ได้เสนอผลงานทางหนังสือเรื่องระบบการประดิษฐ์กับการปรับตัวตามธรรมชาติ (Adaptation in Natural and Artificial Systems) ซึ่งเขาได้ทำการศึกษาขั้นตอนและการวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตเพื่อให้อยู่ได้ในธรรมชาติและนำมาใช้ในการออกแบบประดิษฐ์ระบบทางพันธุกรรมในธรรมชาติเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมด้วยปัญญาประดิษฐ์ โดยในกระบวนการแลกเปลี่ยนรหัสทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตนั้นจะเริ่มจากรหัสทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่จะถูกจัดเก็บไว้ในยีน (Genes) ซึ่งสร้างขึ้นมาจากกรดอะมีโนหรือนิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) ที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ อะดีไนท์ (Adenine: A) กัวไนน์ (Guanine: G) ไซโตไซน์ (Cytosine: C) และไทไมน์ (Thymine: T or U) โดยคลีโอไทด์ (Nucleotides) แต่ละชนิดจะมาจับตัวกันทำให้เกิดสายโปรตีนที่

แตกต่างกันไป สายโปรตีนหลายสายประกอบขึ้นเป็นยีน กลุ่มยีนจับคู่กันเกิดเป็นโครโมโซม (Chromosome) ที่ใช้ระบุลักษณะทางกายภาพของสิ่งมีชีวิต การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมระหว่างสิ่งมีชีวิตส่งผลให้เกิดการวิวัฒนาการขึ้น โดยกระบวนการที่ทำให้เกิดการวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตมี 2 วิธี ได้แก่ ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนโครโมโซมระหว่างกันของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนรหัสทางพันธุกรรมหรือการตัดต่อยีน โดยเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า การข้ามกลุ่ม (Crossover) ส่งผลให้ได้ประชากรชนิดใหม่ (Offspring) ขึ้นมา ในขณะที่วิธีที่สอง ได้แก่การเปลี่ยนชนิดของนิวคลีโอไทด์ที่เป็นส่วนประกอบในยีนของสิ่งมีชีวิตหรือกล่าวได้ว่าทำให้เกิดยีนชนิดใหม่บนโครโมโซมโดยเปลี่ยนชนิดของนิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) ถือว่าเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในตัวเองของโครโมโซมเองซึ่งมิใช่การเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนของโครโมโซมระหว่างสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่าการกลายพันธุ์ (Mutation) วิธีนี้ทำให้ได้ประชากรใหม่อีกวิธีหนึ่ง โดยกระบวนการทั้งหมดทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นฮอลแลนด์จึงได้นำกระบวนการดังกล่าวมาทำการประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบระบบการทำงานของซอฟแวร์ด้วยการกำหนดให้มีกลุ่มประชากร (Population) ที่มีผลต่อผลลัพธ์ที่ต้องการโดยให้ประชากรหรือที่เรียกว่า โครโมโซม มีองค์ประกอบเป็นตัวเลข 0 หรือ 1 โดยตัวเลขดังกล่าวเทียบได้กับ ยีนดังแสดงในรูปที่ 2.1 ในสิ่งมีชีวิตและสร้างระบบการทำงานเลียนแบบกระบวนการทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น



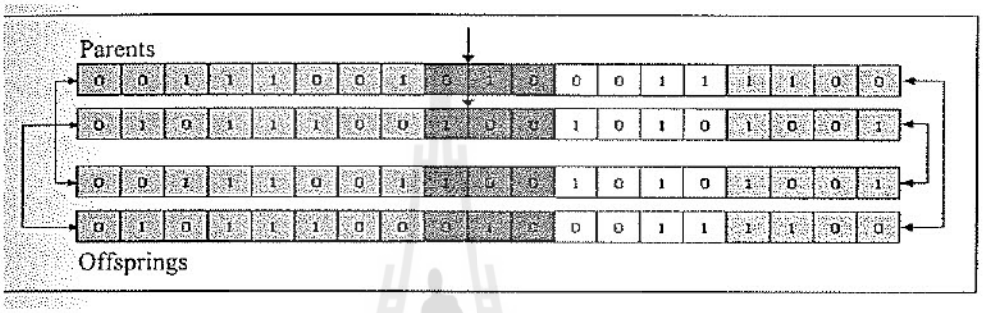
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของโครโมโซม (Chromosomes) สำหรับวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (GeneticAlgorithms) ที่มา http://www.intelligentsolutionsinc.com/part2.htm

ก. ขั้นตอนประเมินกลุ่มประชากร นำตัวเลขของแต่ละกลุ่มประชากรหรือตัวแปรตัดสินใจมาแทนค่าในสมการวัตถุประสงค์และแทนค่าในกลุ่มสมการเงื่อนไขเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้และจะเป็นตัวแทนสำหรับกลุ่มประชากรเพื่อเลือกใช้ในกระบวนการต่อไป

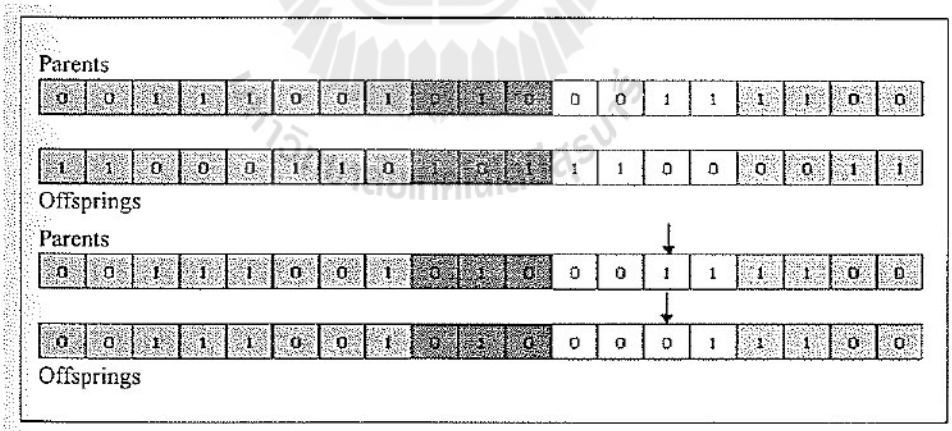
ข. ขั้นตอนการปรับปรุงประชากรด้วยการข้ามกลุ่ม (Crossover) ในขั้นตอนนี้จะนำประชากรจากที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนที่ ก มาทำการแลกเปลี่ยนกลุ่มยีนต่อกัน ในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ประชากรใหม่ออกมาโดยเรียกประชากรใหม่ว่า ออฟสปริง (Offspring) ดังแสดงในรูป 2.2

ค. ขั้นตอนการปรับปรุงประชากรใหม่ด้วยการกลายพันธุ์ด้วยการนำประชากรใหม่มาทำการปรับปรุงตำแหน่งนิวคลีโอไทน์ในกลุ่มยีนเพื่อให้ได้กลุ่มของประชากรใหม่ที่เรียกว่าออฟสปริงอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.3

ง. ขั้นตอนการประเมินค่ากลุ่มประชากรใหม่ (Evaluation New Population) นำประชากรที่ได้จากการพัฒนาปรับปรุงแล้วทำการตรวจสอบค่าผลลัพธ์โดยแทนค่ากลับเข้าไปในสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขอีกครั้งจนกว่าจะได้ค่าที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.4



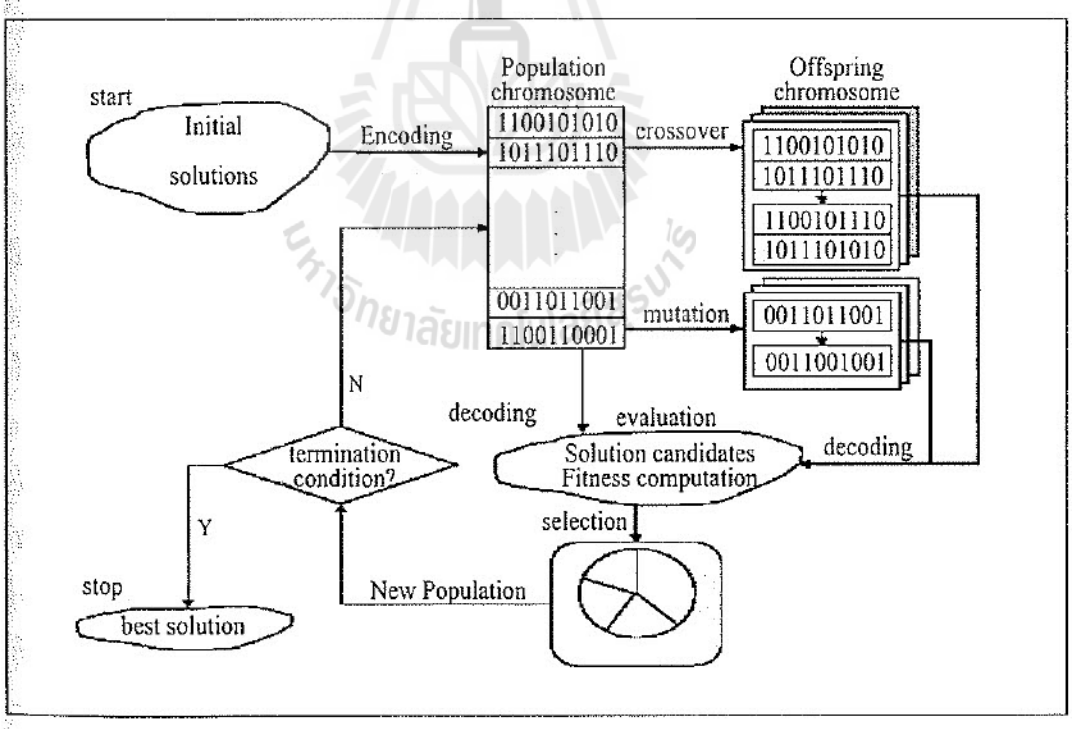
รูปที่ 2.2 กระบวนการปรับปรุงประชากรด้วยการข้ามกลุ่ม (Crossover Operation)
ที่มา http://www.intelligentsolutionsinc.com/part2.htm



รูปที่ 2.3 กระบวนการปรับปรุงประชากรด้วยการกลายพันธุ์ (Mutation Operation)
ที่มา http://www.intelligentsolutionsinc.com/part2.htm

2.3 ความสำคัญของเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานจำกัดต่อการวางแผนงาน

ในกระบวนการทำงานโครงการก่อสร้างจำนวนทรัพยากรด้านแรงงานมีความสำคัญโดยตรงต่อระยะเวลาของโครงการโดยหากต้องการให้ระยะเวลาในการทำงานของโครงการเร็วขึ้นจำเป็นต้องใช้จำนวนคนงานจำนวนมากแต่ก็จะส่งผลให้จำนวนต้นทุนมีค่าเพิ่มขึ้นได้ จากการสำรวจปัญหาด้านการวางแผนงานโครงการของบริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด ผู้จัดการโครงการได้เสนอปัญหาหนึ่งที่เกี่ยวเนื่องต่อการวางแผนการทำงาน นั่นคือ ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในช่วงเทศกาลหรือช่วงเวลาเกษตรกรรมและได้ส่งผลให้ระยะเวลาในการทำงานล่าช้าออกไปการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ทำให้ทางโครงการต้องจ่ายค่าล่วงเวลาในการทำงานให้คนงานที่มีอยู่ในจำนวนที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ระยะเวลาในการทำงานไม่ล่าช้าออกไป ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้อจำกัดด้านแรงงานในการทำงานนั่นมีผลกระทบต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงาน ทำให้การพิจารณาด้านข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากรแรงงานจึงมีความสำคัญและควรนำมาใช้ในการสร้างหรือพัฒนาแบบจำลอง เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองได้ให้ผลลัพธ์ด้านเวลาและต้นทุนที่เหมาะสมในการดำเนินงานและสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการบริหารงานโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 2.4 กระบวนขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms Process)

2.4 บทวิจารณ์

งานวิจัยของ Chassiakos and Sakellaropoulos ได้นำกระบวนการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณมาใช้โดยได้ให้ค่าผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนที่เท่ากันกับวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงและยังใช้จำนวนสมการโจทย์ในการแก้ปัญหาที่น้อยกว่าทำให้แบบจำลองที่ได้มีขนาดไม่ใหญ่ นอกจากนี้การนำความสัมพันธ์ที่หลากหลายระหว่างกิจรรมมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ได้ให้ผลดีต่อการคำนวณของแบบจำลองเพราะการกำหนดชนิดความสัมพันธ์แต่ละชนิดได้ส่งผลโดยตรงกับระยะเวลาในการทำงานโครงการแต่งานวิจัยของ Chassiakos and Sakellaropoulos ไม่ได้นำเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัดมาเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งในการสร้างสมการโจทย์ทั้งที่งานวิจัยในหลาย ๆ งานก่อนหน้างานวิจัยล่าสุดนี้ได้มีการนำเสนอความสำคัญของปัญหาเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัดมีผลต่อการบริหารงานโครงการทั้งในด้านต้นทุนและเวลา ทำให้สามารถสรุปได้ว่าสมการโจทย์ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสำหรับแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนไม่สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือเพราะผลลัพธ์ดังกล่าวไม่ได้อยู่ในขอบเขตเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัด ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานด้านระยะเวลาและด้านต้นทุนสำหรับการบริหารงานโครงการก่อสร้างให้ประสบความสำเร็จได้นอกจากนี้วิธีการที่นำมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์และแบบจำลองของปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนนั้นไม่สอดคล้องกับการบริหารงานโครงการก่อสร้างทั่ว ๆ ไปที่มักมีการตั้งเป้าหมายในการบริหารงานไว้ เช่น การตั้งเป้าหมายในด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการในรูปตัวเลขหรือการตั้งเป้าหมายทางตัวเลขของต้นทุนที่จะใช้ในการทำงานเอาไว้ในรูปแบบของงบประมาณโครงการที่ใช้ในการทำงานหรืองบประมาณที่จะใช้เร่งระยะเวลาของโครงการก่อสร้างให้เร็วขึ้น เป็นต้น จากการตั้งเป้าหมายในเชิงตัวเลขไว้ให้กับการบริหารงานทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นจากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นชนิดหลายวัตถุประสงค์ชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองที่นำเสนอโดย Chassiakos and Sakellaropoulos อาจให้ค่าผลลัพธ์ของปัญหาเกินไปจากเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ส่งผลให้ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างด้านเวลาและต้นทุนได้ ดังนั้นเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการบริหารงานด้านเวลาและต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีจำกัด มาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างสมการโจทย์สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาด้วยการนำวิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองมาใช้ ส่วนกระบวนการแก้ปัญหานั้นผู้วิจัยได้นำวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ ด้วยขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้สำหรับแก้ปัญหาซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้นแต่ยังคงให้ความถูกต้องและยอมรับได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จำนวนแรงงานส่วนใหญ่ในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทยเป็นแรงงานที่มาจากภาคการเกษตรเมื่อถึงฤดูการเก็บเกี่ยวทำให้จำนวนแรงงานในตลาดแรงงานของภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างมีไม่เพียงพอในการทำงานและได้ส่งผลต่อการบริหารงานโครงการก่อสร้างในด้านระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการ ในการทำงานด้านการวางแผนงานโครงการหรือบริหารงานโครงการเองไม่มีเครื่องมือใดที่ช่วยในการหาระยะเวลาและต้นทุนทางตรงในการทำงานที่สอดคล้องกับจำนวนแรงงานที่ทางโครงการมีหรือวางแผนด้านจำนวนแรงงานไว้และเมื่อได้ทำการศึกษากับบทความทางวิชาการที่เกี่ยวกับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนได้พบว่างานวิจัยบางส่วนได้เสนอการสร้างสมการโจทย์ที่ไม่ได้นำประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาใช้ในการสร้างสมการดังกล่าวหรือหากมีการนำประเด็นดังกล่าวเข้าไว้ในการศึกษาแต่ก็ไม่ได้นำเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายรวมเข้าไว้ทำให้แบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์เหล่านั้นไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่อยู่ภายใต้ปัญหาจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ขาดแคลนพร้อมกับเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายทั้งที่ประเด็นและเงื่อนไขดังกล่าวได้มีผลโดยตรงต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการ ในขณะเดียวกันวิธีในการสร้างสมการโจทย์ที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยก่อนนี้ก็ได้ให้ความสนใจไปที่เป้าหมายด้านระยะเวลาหรือด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานเพียงเป้าหมายใดเป้าหมายหนึ่งเท่านั้นแต่ในการบริหารงานโครงการจริงจะทำการพิจารณาเป้าหมายในหลาย ๆ ด้านพร้อมกัน ได้แก่ เป้าหมายด้านระยะเวลาการทำงานโครงการ เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการ เป้าหมายด้านจำนวนแรงงานในการทำงาน เป็นต้น จะเห็นว่าจำนวนทรัพยากรด้านแรงงานมีผลต่อระยะเวลาในการทำงานโครงการและวิธีในการสร้างสมการโจทย์ที่สอดคล้องกับการบริหารงานโครงการที่ดีจะทำให้ได้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาที่สอดคล้องกับทุกเป้าหมายในการบริหารงานโครงการ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรด้านแรงงานเข้าไว้ในการสร้างสมการโจทย์โดยเป็นประเด็นที่ได้ทำการเพิ่มเติมจากที่ได้มีการนำเสนอไว้ในงานวิจัยก่อนหน้า ได้แก่ ประเด็นด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ประเด็นด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการ เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายและเงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาในการทำงานในแต่ละกิจกรรม ในการสร้างสมการโจทย์ครั้งนี้ได้นำวิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Multi-Objective Goal Programming and Binary Integer Programming) มาใช้เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงในการบริหารงานโครงการ วิธีในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) สัมภาษณ์การ

วางแผนงาน (2) การสร้างสมการโจทย์ (3) การสร้างและการทำงานของแบบจำลอง และ (4) การแก้ปัญหาด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในการทำงานวิจัย ดังนี้

3.1 สัมภาษณ์การวางแผนงาน

การทราบถึงขั้นตอนการวางแผนงาน วิธีในการวางแผนงาน เครื่องมือหรือปัญหาที่มีผลต่อการวางแผนงานจะทำให้มีความเข้าใจกระบวนการวางแผนงานและนำมาเป็นพื้นฐานในการสร้างสมการโจทย์ที่เหมาะสมสำหรับใช้สร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการหาระยะเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้างที่สอดคล้องกับจำนวนคนงานที่โครงการมีหรือจำนวนคนงานที่โครงการวางแผนไว้สำหรับการดำเนินงานโครงการ ในขั้นตอนได้มีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

3.1.1 วิธีการสัมภาษณ์

ในการสัมภาษณ์จะดำเนินการสัมภาษณ์กับผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนงานหรือผู้วางกลยุทธ์ในการทำงานและสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์โดยแบ่งออกเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและแบบสอบถามชนิดปลายปิดโดยลักษณะและเนื้อหาในแบบสอบถามชนิดปลายเปิดจะเป็นการตั้งคำถามด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ให้คำตอบได้อย่างอิสระเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นธรรมชาติและสะท้อนความเป็นจริงในกระบวนการวางแผนงานมากที่สุด ในขณะที่แบบสอบถามชนิดปลายปิดจะใช้คำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check list) ที่จะมีรายละเอียดและโครงสร้างหลัก ดังนี้

ก) ข้อมูลทั่วไปของบริษัทและผู้ให้ข้อมูล

ข) ขั้นตอนการวางแผนงาน
- การใช้โปรแกรม
- การนำเข้าข้อมูล
- การวิเคราะห์ข้อมูล

ค) ขั้นตอนการติดตามงาน
- วิธีการติดตามข้อมูล
- ผู้ติดตามข้อมูล

ง) การติดตามปรับปรุงแผนงานและปัญหาในการวางแผนงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.2 จำนวนตัวอย่างในการสัมภาษณ์

ในการสัมภาษณ์จะเลือกสัมภาษณ์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนงานหรือกลยุทธ์ในการทำงานจำนวน 3 บริษัท ได้แก่

ก) บริษัท แบล็คแอนด์วิช (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารโรงไฟฟ้า ที่มีทั้งกระบวนการออกแบบและก่อสร้างโดยจะทำการสัมภาษณ์กับ คุณสมสวรรค์ เลาหวีรภาพ ที่รับตำแหน่ง วิศวกรวางแผนโครงงาน โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานโครงการก่อสร้าง

ข) บริษัท ซินเทคคอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารสูงในส่วนการก่อสร้างเท่านั้น โดยสัมภาษณ์กับคุณวีรพงษ์ ตั้งเบญจาธิกุล ที่ดำรงตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนกลยุทธในการทำงานทั้งด้านแผนงานและกระบวนการทำงาน

ค) บริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารสูง โดยสัมภาษณ์กับคุณองอาจ พูลสุข ที่ดำรงตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนกลยุทธในการทำงานทั้งด้านแผนงานและกระบวนการทำงาน

ผลสรุปลจากการสัมภาษณ์กับทั้ง 3 บริษัทจะให้ความสนใจไปที่ประเด็นปัญหาหลักที่ส่งผลกับระยะเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้างเพื่อจะนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในงานวิจัยนี้ สำหรับใช้เป็นกรอบความคิดในการสร้างสมการโจทย์เพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองสำหรับนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณหาระยะเวลาการทำงานภายใต้จำนวนแรงงานที่โครงการมีและนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้ในวางแผนงานโครงการต่อไป

3.2 การสร้างสมการโจทย์

กระบวนการวางแผนการทำงานได้เริ่มต้นก่อนการทำงานโครงการก่อสร้างจริง จากการสัมภาษณ์การวางแผนงานทำให้ทราบกระบวนการทำงานในการวางแผนงานโครงการก่อสร้างโดยทุกบริษัทจะเริ่มต้นด้วยการพิจารณาไปที่บัญชีปริมาณงานและราคา (Budget of Quantity: BOQ) รายการประกอบแบบและสัญญาก่อสร้างเพื่อกำหนดกิจกรรมสำหรับการทำงานงาน ขณะที่การกำหนดเวลาสำหรับทำงานในแต่ละกิจกรรมจะพิจารณาจากลักษณะงานหรือสถิติของกิจกรรมการทำงานที่เคยทำหรือกิจกรรมที่คล้าย ๆ กันในอดีตมาเป็นข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นว่าการกำหนดเวลาให้กับแต่ละกิจกรรมไม่ได้คำนึงถึงจำนวนแรงงานที่โครงการสามารถจัดหามาได้สำหรับไว้ใช้ในการทำงานโครงการทำให้แผนงานที่ได้สร้างขึ้นไม่ได้ครอบคลุมกับกรณีที่โครงการอาจประสบกับปัญหาจำนวนแรงงานที่ไม่พอในระหว่างการดำเนินการโครงการได้ นอกจากนี้ยังพบว่าใน

การวางแผนงานยังไม่มีเครื่องมือใดที่ช่วยหาระยะเวลาสำหรับการทำงานที่สัมพันธ์กับจำนวนคนงานที่โครงการมีหรือสามารถจัดหามาได้ในกระบวนการวางแผนงานเลย

ปัญหาด้านจำนวนแรงงานได้ส่งผลต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานก่อสร้างโดยตรงแต่ก็ไม่ได้มีการนำจำนวนแรงงานที่โครงการมีอยู่หรือตามแผนด้านกำลังคนที่โครงการสามารถจัดหามาได้มาใช้เพื่อหาระยะเวลาเพื่อใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรมดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการสร้างสมการโจทย์ด้วยการนำประเด็นจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงานเพิ่มเติมเข้าไปจากประเด็นที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยล่าสุดก่อนหน้านี้ ได้แก่ ประเด็นด้านระยะเวลาในการทำงาน ต้นทุนทางตรงในการทำงาน เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย เงื่อนไขด้านข้อกำหนดระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม ในการสร้างสมการโจทย์ได้ใช้วิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง เพราะวิธีดังกล่าวจะช่วยให้ทุกเป้าหมายในการบริหารงานโครงการมีความสำคัญที่เท่ากันทุกเป้าหมาย สมการโจทย์ที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้หาผลลัพธ์ให้กับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมซึ่งจะเป็นเครื่องมือหนึ่งสำหรับใช้ในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานภายใต้จำนวนแรงงานที่โครงการมีหรือได้วางแผนจำนวนคนไว้ นอกจากนี้การนำประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาใช้สร้างสมการโจทย์เพื่อใช้สร้างแบบจำลองการหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาและต้นทุนยังทำให้โครงการสามารถทราบเวลาที่ต้องใช้จำนวนคนมากสุดว่าอยู่ช่วงใดของการทำงานเพื่อให้สามารถวางแผนในการจัดหาคนให้เพียงพอกับความต้องการระหว่างการดำเนินการโครงการได้

การสร้างสมการโจทย์ครั้งนี้ได้นำข้อมูลที่ได้จากโครงการก่อสร้างจริงเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองโดยโครงการดังกล่าวมีกิจกรรมในการทำงานทั้งสิ้น 23 กิจกรรมแต่ละกิจกรรมถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์ที่หลากหลายและบางกิจกรรมยังมีการกำหนดเวลาการทำงานไว้ให้ (โดยจะแสดงในตารางที่ 3.3) ทุกกิจกรรมจะมีทางเลือกเวลา ต้นทุนทางตรง (ค่าแรงและค่าวัสดุ) และจำนวนคนงานสำหรับใช้ในการทำงาน 2 ทางเลือก ทางเลือกที่ 1 จะแสดงระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานที่สภาพการทำงานปกติ ในขณะที่ทางเลือกที่ 2 จะเป็นระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานในกรณีใช้เวลาในการทำงานให้เร็วขึ้นโดยยอมเสียค่าล่วงเวลาในการทำงานที่อัตรา 1.5 เท่าต่อชั่วโมงการทำงานในหนึ่งวัน (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) แต่ละกิจกรรมจะให้ค่าล่วงเวลาในการทำงานแต่ละวันไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อคน (รวมถึงคนงานเฉพาะทางและฝ่ายสนับสนุนโดยให้เป็นไปตามอำนาจตัดสินใจของผู้คุมคนงานในกิจกรรมนั้น ๆ) โดยขึ้นอยู่กับความสมัครใจของคนงานแต่ละคน สำหรับจำนวนคนในการทำงาน (ปกติ) ต่อวันจะคิดจากอัตราผลผลิตในการทำงานหรือสถิติที่ได้จากอดีตแต่จำนวนคนในการเร่งการทำงานจะเป็นจำนวนคนที่ทางโครงการคิดจะใช้เพื่อเร่งการทำงานที่สัมพันธ์กับงบประมาณค่าแรงสำหรับการเร่งงาน (ดังแสดงในตารางที่ 3.2) โดยข้อมูล

ทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในการทดสอบกับแบบจำลองอีกครั้ง สำหรับการสร้างสมการโจทย์ในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มสมการวัตถุประสงค์ กลุ่มที่ 2 กลุ่มของตัวแปรวัตถุประสงค์ และกลุ่มที่ 3 กลุ่มสมการเงื่อนไข โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 สมการฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

สมการวัตถุประสงค์ที่สร้างในครั้งนี้ได้นำเป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงาน เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในกิจกรรม เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างสมการโจทย์ ด้วยวิธีโปรแกรมชนิดหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็ม และกำหนดให้ฟังก์ชั่นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ มีค่าเท่ากับค่าน้อยสุดของค่าผลรวมของผลต่างจากค่าเป้าหมายในทุก ๆ เป้าหมายที่นำมาใช้สร้างสมการโจทย์คูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักที่กำหนดให้กับพจน์เป้าหมายของสมการโจทย์ (การให้ลำดับค่าค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบในหัวข้อ 3.4.2 เรื่องการทดสอบหาลำดับการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละพจน์เป้าหมายในสมการโจทย์ที่จะให้ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนทรัพยากรแรงงานด้วยตัวเลขที่ดีที่สุด) ดังแสดงในสมการที่ (3.1)

$$Minimize\ [\ W_t d_t + W_c d_c + W_E d_E + W_R d_R\ ] \tag{3.1}$$

โดยที่ d_t คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านเวลาในการทำงานที่มาจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย

d_c คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงที่มีความสัมพันธ์กับเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้าง

d_E คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรม

d_R คือ ผลต่างจากเป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน

W_t คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงาน

W_c คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน

W_E คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรม

W_R คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของพจน์เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยค่าตัวเลขผลต่างในสมการที่ (3.1) จะหาได้จากสมการที่ (3.2) ถึงสมการที่ (3.7) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ค่าผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านเวลาในการทำงาน (d_t) จะได้จากค่าตัวเลขเป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงานลบค่ามากสุดเวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ ในโครงข่ายการทำงานของโครงการ ดังสมการที่ (3.2)

$$d_t = G_t - \max f_i \tag{3.2}$$

โดยที่ d_t คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านเวลาในการทำงานที่มาจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย

f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

G_t คือ เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

ค่าผลต่างจากเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการก่อสร้างจะได้จากค่าตัวเลขเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานลบผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง ดังแสดงในสมการที่ (3.3)

$$d_c = G_c - \sum_{i=1}^{H}\sum_{k=1}^{J} c_{ik} y_{ik} \tag{3.3}$$

โดยที่ c_{ik} คือ ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใด ๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

d_c คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงที่มีความสัมพันธ์กับเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้าง

y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

G_c คือ เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงที่มีความสัมพันธ์กับเวลาในการทำงานโครงการก่อสร้าง

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าผลต่างจากเป้าหมายด้านกำหนดเวลาในกิจกรรมจะได้จากค่าตัวเลขเป้าหมายที่ยอมให้ของผลรวมผลต่างจากกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ได้กำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ ลบด้วยผลรวมผลต่างจากกำหนดเวลาเริ่มงานและเวลาเสร็จงานของทุกกิจกรรม i ใด ๆ ที่มีการกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานไว้ ดังแสดงในสมการที่ (3.4)

$$d_E = G_E - (\sum_{i=1}^{Q} ds_i + \sum_{i=1}^{T} df_i) \tag{3.4}$$

ค่าผลต่างจากกำหนดเวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ (ds_i) คำนวณได้จากค่าสัมบูรณ์ของกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ (D_i) ลบกับเวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ ดังแสดงในสมการที่ (3.5) ในขณะค่าผลต่างจากกำหนดเวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ (df_i) คำนวณได้จากค่าสัมบูรณ์ของกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ (D_i) ลบกับเวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ ดังแสดงในสมการที่ (3.6)

$$ds_i = |D_i - s_i| \tag{3.5}$$

$$df_i = |D_i - f_i| \tag{3.6}$$

โดยที่ d_E คือ ผลต่างจากค่าเป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรม

df_i คือ ผลต่างจากเวลาเสร็จงานที่กำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ ในโครงการก่อสร้าง

ds_i คือ ผลต่างจากเวลาเริ่มงานที่กำหนดให้กับกิจกรรม i ใด ๆ ในโครงการก่อสร้าง

f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

i คือ กิจกรรมใด ๆ

s_i คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรม i ใด ๆ

D_i คือ ค่าตัวเลขกำหนดเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ให้กับกิจกรรม i ใด ๆ

G_E คือ ผลรวมของผลต่างจากเป้าหมายของข้อกำหนดด้านระยะเวลาที่ถูกกำหนดให้ในแต่ละกิจกรรมที่ยอมรับได้

Q คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเริ่มการทำงานให้ไว้

T คือ กลุ่มของกิจกรรมที่มีการกำหนดระยะเวลาในการเสร็จการทำงานให้ไว้

ผลต่างจากเป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงานจะได้จากค่าตัวเลขเป้าหมายจำนวนแรงงานที่โครงการใช้ในการทำงานลบด้วยจำนวนแรงงานในการทำงานมากสุดต่อวันที่ใช้ในโครงการจากการคำนวณของแบบจำลอง ดังสมการที่ (3.7)

$$d_R = G_R - \max(\sum_{i=1}^{H} R_i)_a \qquad \text{เมื่อ } a = \{1,...,\max f_i\} \tag{3.7}$$

โดยที่ a คือ จำนวนวันทำงานโครงการที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง (วัน)

d_R คือ ผลต่างจากเป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน

i คือ กิจกรรมใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

G_R คือ เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้าง

R_i คือ จำนวนแรงงานในการทำงานของกิจกรรมที่ i ใด ๆ (คน ต่อ วัน)

3.2.2 ตัวแปรตัดสินใจ (y_{ik})

กำหนดให้ y_{ik} เป็นตัวแทนของการตัดสินใจเลือกชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ในการคำนวณของแบบจำลองให้กับแต่ละกิจกรรม i ในโครงข่ายการทำงานโครงการก่อสร้าง ซึ่งชุดทางเลือก k จะประกอบไปด้วยค่าตัวเลข 3 ชนิด ได้แก่ ค่าระยะเวลาในการทำงานสำหรับกิจกรรม ค่าต้นทุนทางตรงสำหรับใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรมและตัวเลขจำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรม นอกจากนี้ยังกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจ y_{ik} ค่าเป็นตัวเลขฐานสองเพื่อใช้แสดงการเลือกหรือไม่เลือกชุดทางเลือกที่ได้นำมาใช้ในการคำนวณ โดยกำหนดให้มีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกด้านเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ไม่ถูกเลือก และจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกด้านเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i

3.2.3 ฟังก์ชั่นเงื่อนไข

กลุ่มสมการเงื่อนไขจะสร้างขึ้นมาเพื่อกำหนดคุณลักษณะและขอบเขตของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้และรวมถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้ส่งผลต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการ ในงานวิจัยนี้จึงนำเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม เงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาในการทำงานของกิจกรรม ขอบเขตของระยะเวลาในการทำงานโครงการที่ยอมรับได้ในการบริหารงาน ขอบเขตของงบประมาณในการทำงานที่โครงการได้คาดการณ์ไว้ จำนวนคนงานต่อวันที่ได้มีการวางแผนไว้สำหรับใช้ในการทำงานจนเสร็จสิ้นการทำงานโครงการและข้อกำนดลักษณะของตัวแปร การนำข้อกำหนดและเงื่อนไขดังกล่าวมาใช้สร้างสมการเงื่อนไขจะช่วยให้แบบจำลองที่สร้างจากสมการ

เหล่านี้ให้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมกับปัญหาที่ได้ส่งผลต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานและจะทำให้ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวางแผนงานและบริหารงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ก) เงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มชนิดเลขฐานสองแทนการกำหนดให้มีค่าเป็นเพียงจำนวนเต็มเพียงอย่างเดียวซึ่งจะส่งผลต่อการคำนวณด้านระยะเวลาและจำนวนคนในการทำงานที่จะมีค่าเป็นจำนวนทศนิยมไม่ได้ ตัวอย่างเช่น หากกำหนดให้กิจกรรม A มีทางเลือกจำนวนคนทำงานที่ 1 เท่ากับ 5 คน และมีทางเลือกจำนวนคนทำงานที่ 2 เท่ากับ 2 คน และกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มเพียงอย่างเดียว แบบจำลองอาจมีการสุ่มเลือกค่าสำหรับตัวแปรตัดสินใจโดยกำหนดให้ค่าตัวแปรตัดสินใจในทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 2 ด้วยค่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งจะทำให้จำนวนคนในการทำงานนี้มีค่าเท่ากับ 3.5 คน จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ดังกล่าวไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงเพราะจำนวนคนที่เลือกได้ไม่ควรมีค่าเป็นจำนวนทศนิยม จากตัวอย่างดังกล่าวจึงต้องกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นเลขฐานสองซึ่งจะเป็นไปตามสมการที่ (3.8) ในขณะเดียวกันจะกำหนดให้กิจกรรมที่ i ใด ๆ ในโครงข่ายการทำงานจะมีการเลือกชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ให้แต่ละกิจกรรมในโครงการก่อสร้างได้เพียงหนึ่งชุดทางเลือกเท่านั้น ดังแสดงในสมการที่ (3.9)

$$y_{ik} = \textit{Binary Value} \tag{3.8}$$

$$\left(\sum_{k=1}^{J} y_k\right)_i = 1 \qquad \text{เมื่อ } i = [1, 2, 3, \ldots, H] \tag{3.9}$$

โดยที่ i คือ กิจกรรมใด ๆ

k คือ ชุดทางเลือก

y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข) เงื่อนไขค่าตัวเลขขอบเขตที่ยอมรับได้ของเป้าหมายด้านระยะเวลาและต้นทุนทางตรงที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้างจะแสดงในสมการที่ (3.10) และ (3-11) ตามลำดับ สำหรับค่าจำนวนคนงานมากสุดต่อวันที่โครงการได้วางแผนไว้ในการทำงานโครงการจนเสร็จสิ้นจะเป็นไปตามสมการที่ (3.12)

$$D_{\min} \le \max f_i \le D_{\max} \tag{3-10}$$

$$C_{\min} \le \sum_{i=1}^{H} \sum_{k=1}^{J} c_{ik} \le C_{\max} \tag{3-11}$$

$$(\sum_{i=1}^{H} R_i)_a \le G_R \tag{3.12}$$

โดยที่ a คือ จำนวนวันทำงานโครงการที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง (วัน)

$C_{\max}$ คือ ค่าต้นทุนทางตรงที่คาดการณ์ไว้สำหรับการทำงานมากสุด (บาท)

$C_{\min}$ คือ ค่าต้นทุนทางตรงที่คาดการณ์ไว้สำหรับการทำงานน้อยสุด (บาท)

$D_{\max}$ คือ ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการมากสุด (วัน)

$D_{\min}$ คือ ระยะเวลาเป้าหมายในการบริหารงานโครงการน้อยสุด (วัน)

G_R คือ เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้าง

H คือ จำนวนกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการงานก่อสร้าง

J คือ จำนวนชุดทางเลือก

R_i คือ จำนวนแรงงานในการทำงานของกิจกรรมที่ i ใด ๆ (คน ต่อ วัน)

ค) เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย ได้แก่ ความสัมพันธ์ชนิด "*เสร็จงานแล้วเริ่มงาน*" "เริ่มงานแล้วเสร็จงาน" "*เริ่มงานพร้อมกัน*" และ "*เสร็จงานพร้อมกัน*" ดังแสดงในสมการที่ (3.13) ถึง (3.16) ตามลำดับ

$$f_i = \max s_p + l_i \tag{3.13}$$

$$s_i = \max f_p + l_i \tag{3.14}$$

$$s_i = \max s_j + l_i \tag{3.15}$$

$$f_i = \max f_j + l_i \tag{3.16}$$

โดยที่ f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

f_p คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ

l_i คือ ระยะเวลาเหลื่อมล้ำของกิจกรรม i ใด ๆ

s_i คือ เวลาเริ่มการทำงานของกิจกรรม i ใด ๆ

s_p คือ เวลาเริ่มงานของกิจกรรมก่อนหน้าที่ p ใด ๆ

ง) การคำนวณระยะเวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ ในกรณีกิจกรรมมีความสัมพันธ์กันแบบ *"เสร็จงานแล้วเริ่มงาน"* หรือ *"เริ่มงานพร้อมกัน"* จะคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (3.17) หากกิจกรรมมีความสัมพันธ์ระหว่างกันแบบ *"เริ่มงานแล้วเสร็จงาน"* หรือ *"เสร็จงานพร้อมกัน"* จะคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (3.18)

$$f_i = s_i + t_{ik} \tag{3.17}$$

$$f_i = s_i - t_{ik} \tag{3.18}$$

โดยที่ f_i คือ เวลาเสร็จงานของกิจกรรม i ใด ๆ

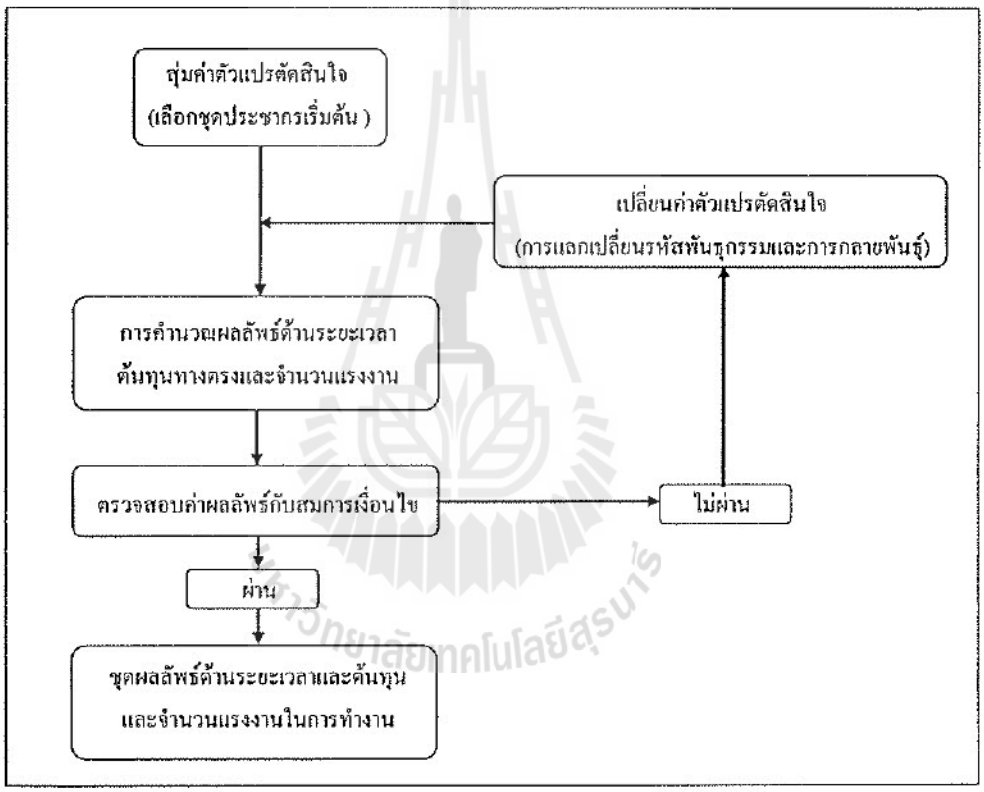
s_i คือ เวลาเริ่มการทำงานของกิจกรรม i ใด ๆ

t_{ik} คือ ชุดทางเลือกด้านเวลาที่ k สำหรับกิจกรรมที่ i

3.3 การสร้างและการทำงานของแบบจำลอง

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะแสดงการสร้างแบบจำลองและอธิบายขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองควบคู่กันไปเพื่อที่จะให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงลำดับความคิดในการสร้างแบบจำลองที่ได้อ้างอิงจากลำดับขั้นตอนในการทำงานของแบบจำลองตามหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม สำหรับการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม Evolver ควบคู่กัน อันเนื่องมาจากโปรแกรม Microsoft Excel ไม่สามารถใช้สั่งให้แบบจำลองทำงานได้เองตามลำพัง นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้และโปรแกรม

Evolver เองก็ทำถูกสร้างขึ้น (palisade, www, 2010) จากหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรมดังกล่าวทำให้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองจึงต้องนำโปรแกรมทั้งสองมาใช้พร้อมกันทั้งการสร้างและใช้งานแบบจำลอง การอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการอ้างอิงและนำมาใช้ใน การคำนวณซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการทำงานของแบบจำลองที่ต้องเริ่มต้นด้วยการนำเข้าข้อมูล และขั้นตอนที่ 2 การสร้างพื้นที่สำหรับการคำนวณของแบบจำลองซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยตามลำดับในการทำงานของแบบจำลองภายใต้พื้นฐานของหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม ดังแสดงในรูปที่ 3.1

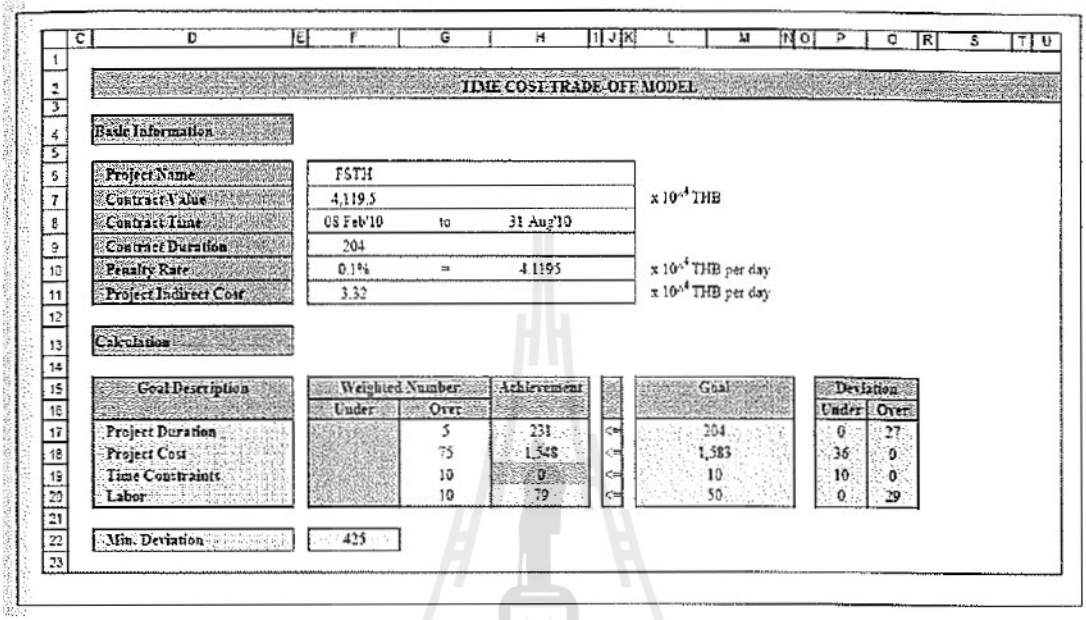


รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของแบบจำลอง

3.3.1 การสร้างพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณ

การสร้างพื้นที่สำหรับนำเข้าข้อมูลของโครงการก่อสร้างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาและต้นทุนทางตรงได้ทำการออกแบบให้เซลล์ที่จะใช้เก็บข้อมูลมีสีพื้นเป็นสีขาวเพื่อความสะดวกและง่ายต่อความเข้าใจของผู้ใช้งานในการนำเข้าข้อมูลโดยแบ่งชนิดข้อมูลที่จะจัดเก็บออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ก) ข้อมูลทั่วไปของโครงการสำหรับการอ้างอิง ข้อมูลส่วนนี้จะไม่มีผลโดยตรงต่อการคำนวณ ได้แก่ ชื่อโครงการ ราคาค่าก่อสร้างโครงการ และระยะเวลาตามสัญญาดังแสดงในหัวข้อ "Basic Information" ในรูปที่ 3.2



TIME COST TRADE OFF MODEL

Basic Information

Project Name	FSTH			
Contract Value	4,119.5			x 10^{-4} THB
Contract Time	08 Feb'10	to	31 Aug'10	
Contract Duration	204			
Penalty Rate	0.1%	=	4.1195	x 10^{-4} THB per day
Project Indirect Cost	3.32			x 10^{-4} THB per day

Calculation

Goal Description	Weighted Number		Achievement		Goal	Deviation	
	Under	Over				Under	Over
Project Duration		5	231	<=	204	0	27
Project Cost		75	1,548	<=	1,583	36	0
Time Constraints		10	0	<=	10	10	0
Labor		10	79	<=	50	0	29

Min. Deviation 425

รูปที่ 3.2 พื้นที่ทั่วไปสำหรับใส่ข้อมูลโครงการในแบบจำลอง

ข) ข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณ เป็นส่วนของข้อมูลที่จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ชื่อกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานของโครงการ ชุดตัวเลือกระยะเวลาของการทำงานในแต่ละกิจกรรม ชุดตัวเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงานของแต่ละกิจกรรม ชุดตัวเลือกจำนวนคนสำหรับการทำงานในแต่ละกิจกรรม ชนิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และข้อกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม จะอยู่ในส่วนของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นข้อมูลจากโครงการ FSTH (ข้อมูลที่จะนำมาทดสอบในหัวข้อที่ 3.4 โดยรูป 3.4 (a) จะแสดงรายละเอียดกิจกรรมการทำงานของโครงการซึ่งมีอยู่ทั้งสิ้น 23 กิจกรรมโดยแต่ละกิจกรรมจะมีทางเลือกเวลา (วัน) สำหรับการทำงานเร็วสุดและช้าสุดสำหรับการทำงานโครงการไว้เพื่อให้แบบจำลองใช้เลือกเวลาที่เหมาะสมกับต้นทุนทางตรง ส่วนรูปที่ 3.4 (b) จะเป็นส่วนพื้นที่ข้อมูลด้านชนิดความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางเลือกต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานที่จะใช้ในการทำงานที่สัมพันธ์กับทางเลือกเวลาสำหรับการทำงานที่แสดงในรูปที่ 3.4 (a) สุดท้ายได้แก่รูปที่ 3.4 (c) เป็นพื้นที่สำหรับการเก็บข้อมูลด้านข้อกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรมในโครงการ FSTH

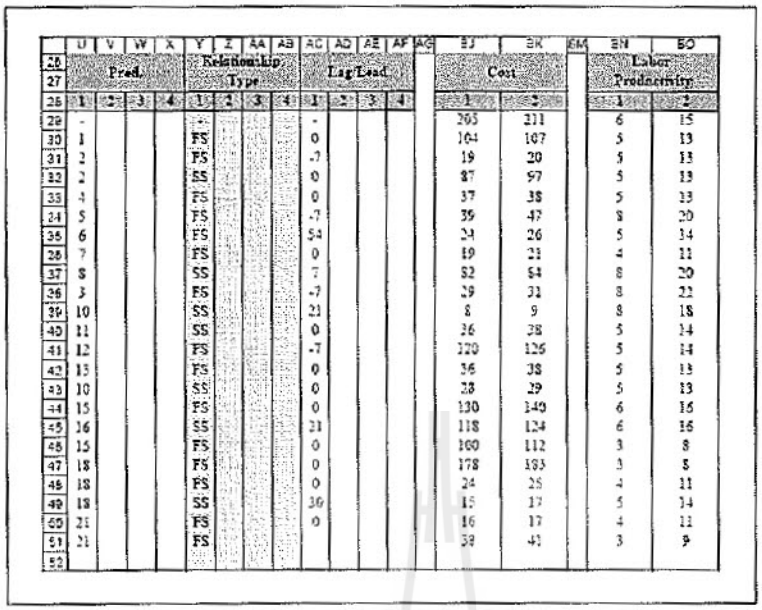
3.3.2 การสร้างพื้นที่สำหรับการคำนวณ

การสร้างพื้นที่สำหรับใช้ในการคำนวณจะอ้างอิงจากกระบวนการทำงานของแบบจำลองตามหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยการคำนวณจะเริ่มต้นจากการกำหนดค่าให้กับตัวแปรตัดสินใจ การคำนวณหาผลลัพธ์ (ในที่นี้ได้แก่ การคำนวณค่าระยะเวลาต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานต่อวันในการทำงานโครงการ) การตรวจสอบค่าผลลัพธ์กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ในการทำงาน โดยพื้นที่ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ในแบบจำลองบนโปรแกรม Microsoft Excel จะถูกกำหนดให้มีพื้นที่เป็นสีเหลืองเพื่อแยกจากส่วนพื้นที่ในการใส่ข้อมูลและลดความสับสนของผู้ใช้งานแบบจำลอง โดยแต่ละขั้นตอนในการสร้างมีรายละเอียดดังนี้

Activity	Description	Alternative Duration	
		1	2
1	Temporary Work , Mobilization	14	7
2	Piling Work (Pre-Bore 14.00 m.)	30	15
3	Footing	30	15
4	Sinking Pit	50	25
5	Machine Base	35	17
6	Slab	14	7
7	Steel Wall Frame And Ceiling Support	21	10
8	Gypsum Wall and Ceiling	21	10
9	M&E Work	30	15
10	Ground Beam And Water Tank (65 m3)	56	26
11	Ground Floor Slab	50	28
12	1st. Column	21	10
13	2nd. Floor Beam ,Slab & PC.Slab	21	10
14	2nd. Column And Roof Beam	14	7
15	Middle Beam & Roof Beam (PC.)	56	28
16	Steel Structure For Roof & Siding Frame	63	31
17	Metal Sheet Roofing Work And Siding	21	10
18	Concrete Block , Plastering Work	50	25
19	Doors & Windows Installation	21	10
20	Ceiling Work	21	10
21	Ceramic Tiles Work	29	14
22	Floor Finishing (PVC .Carpet)	30	15
23	Painting Work	72	36

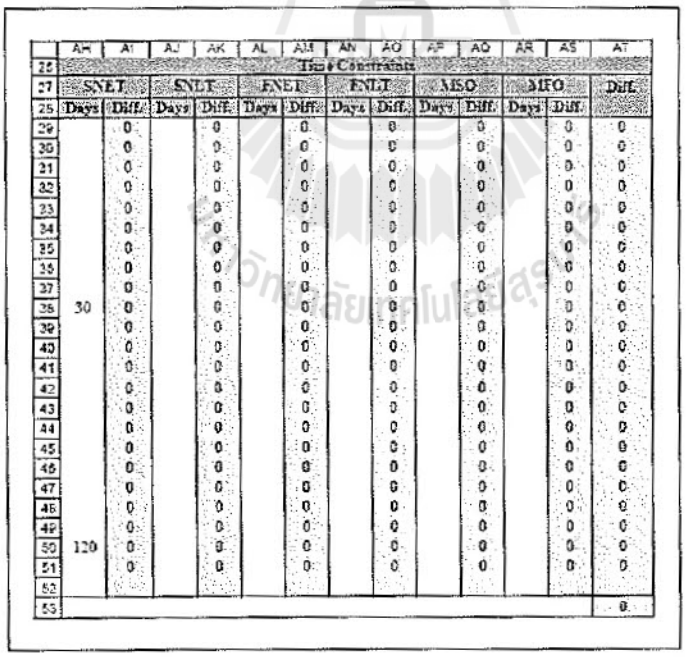
(a) พื้นที่เก็บข้อมูลชุดทางเลือกระยะเวลาในการคำนวณ

รูปที่ 3.3 พื้นที่สำหรับใส่ข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง



	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	BJ	BK	BM	BN	BO
26	Pred.				Relationship Type				Lag/Lead					Cost			Labor Productivity	
27																		
28	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2		1	2
29	-				-				-					265	211		6	15
30	1				FS				0					164	167		5	13
31	2				FS				-7					19	20		5	13
32	2				SS				0					87	97		5	13
33	4				FS				0					37	38		5	13
34	5				FS				-7					39	47		8	20
35	6				FS				54					24	26		5	14
36	7				FS				0					19	21		4	11
37	8				SS				7					82	84		8	20
38	3				FS				-7					29	31		8	22
39	10				SS				21					8	9		8	18
40	11				SS				0					26	28		5	14
41	12				FS				-7					120	126		5	14
42	13				FS				0					36	38		5	13
43	10				SS				0					28	29		5	13
44	15				FS				0					130	140		6	16
45	16				SS				21					118	124		6	16
46	15				FS				0					160	112		3	8
47	18				FS				0					178	183		3	8
48	18				FS				0					24	26		4	11
49	18				SS				36					15	17		5	14
50	21				FS				0					16	17		4	11
51	21				FS									38	41		3	9
52																		

(b) พื้นที่เก็บข้อมูลลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรง และชุดทางเลือกด้านจำนวนแรงงาน



	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
26	Time Constraints												
27	SNET		SNLT		FNET		FNLT		MSO		MFO		Diff.
28	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	
29		0		0		0		0		0		0	0
30		0		0		0		0		0		0	0
31		0		0		0		0		0		0	0
32		0		0		0		0		0		0	0
33		0		0		0		0		0		0	0
34		0		0		0		0		0		0	0
35		0		0		0		0		0		0	0
36		0		0		0		0		0		0	0
37		0		0		0		0		0		0	0
38	30	0		0		0		0		0		0	0
39		0		0		0		0		0		0	0
40		0		0		0		0		0		0	0
41		0		0		0		0		0		0	0
42		0		0		0		0		0		0	0
43		0		0		0		0		0		0	0
44		0		0		0		0		0		0	0
45		0		0		0		0		0		0	0
46		0		0		0		0		0		0	0
47		0		0		0		0		0		0	0
48		0		0		0		0		0		0	0
49		0		0		0		0		0		0	0
50	120	0		0		0		0		0		0	0
51		0		0		0		0		0		0	0
52													
53													0

(c) พื้นที่เก็บข้อมูลด้านข้อกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม

รูปที่ 3.3 พื้นที่สำหรับใส่ข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณของแบบจำลอง (ต่อ)

ก) การสุ่มเลือกค่าตัวแปรตัดสินใจ แบบจำลองจะทำการสุ่มเลือกค่าให้กับตัวแปรตัดสินใจ เพื่อใช้ระบุว่าจะเลือกชุดทางเลือกด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานใดให้กับแต่ละกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการซึ่งพื้นที่สำหรับเก็บค่าตัวเลขตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Microsoft Excel ได้แสดงดังรูปที่ 3.4 (a) โดยค่าของตัวแปรตัดสินใจจะถูกกำหนดให้มีค่าได้เพียงสองค่า (ตามสมการที่ 3.8) คือ มีค่าเป็น 0 เพื่อแสดงว่าชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมและจะมีค่าเป็น 1 เพื่อแสดงว่าชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรม ในขณะเดียวกันแต่ละกิจกรรมจะกำหนดให้มีค่าตัวเลขไม่ซ้ำกันหรือกล่าวได้ว่ามีเพียงหนึ่งชุดทางเลือกเท่านั้นที่ถูกเลือก (ตามสมการที่ 3.9) ในการกำหนดเงื่อนไขทั้งสองดังกล่าวจะทำการกำหนดไว้ในโปรแกรม Evolver ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (b) และ 3.4 (c)

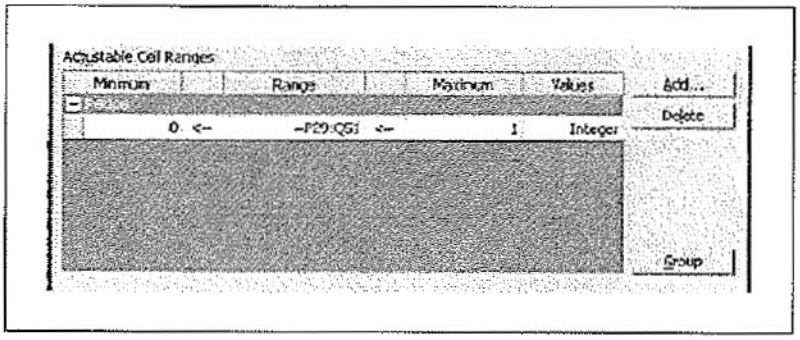
	P	Q
26	Xi	
27		
28	1	2
29	1	0
30	0	1
31	1	0
32	0	1
33	1	0
34	0	1
35	1	0
36	0	1
37	1	0
38	0	1
39	1	0
40	0	1
41	1	0
42	0	1
43	1	0
44	0	1
45	1	0
46	0	1
47	1	0
48	0	1
49	1	0
50	0	1
51	1	0
52		

	BR
26	Sum
27	Xi
28	
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	

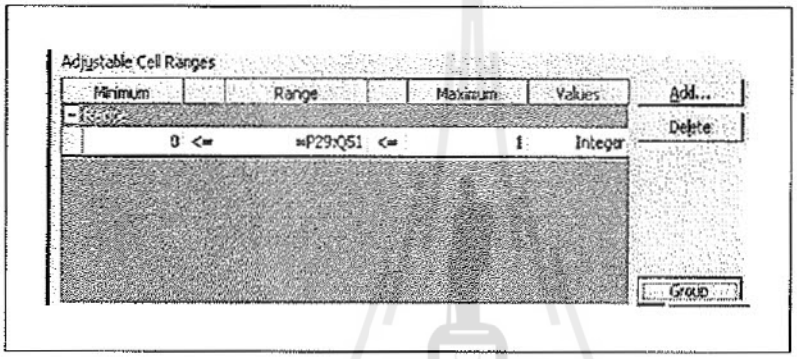
	BR
26	Sum
27	Xi
28	
29	=SUM(P29:Q29)
30	=SUM(P30:Q30)
31	=SUM(P31:Q31)
32	=SUM(P32:Q32)
33	=SUM(P33:Q33)
34	=SUM(P34:Q34)
35	=SUM(P35:Q35)
36	=SUM(P36:Q36)
37	=SUM(P37:Q37)
38	=SUM(P38:Q38)
39	=SUM(P39:Q39)
40	=SUM(P40:Q40)
41	=SUM(P41:Q41)
42	=SUM(P42:Q42)
43	=SUM(P43:Q43)
44	=SUM(P44:Q44)
45	=SUM(P45:Q45)
46	=SUM(P46:Q46)
47	=SUM(P47:Q47)
48	=SUM(P48:Q48)
49	=SUM(P49:Q49)
50	=SUM(P50:Q50)
51	=SUM(P51:Q51)
52	

(a) พื้นที่เก็บค่าตัวแปรตัดสินใจ

รูปที่ 3.4 การกำหนดพื้นที่ตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Microsoft Exel และการให้ค่าเงื่อนไขที่เกี่ยวกับตัวแปรตัดสินใจ



(b) การกำหนดค่าตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Evolver



(c) การกำหนดค่าเงื่อนไขของตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Evolver

รูปที่ 3.4 การกำหนดพื้นที่ตัวแปรตัดสินใจในโปรแกรม Microsoft Exel และการให้ค่าเงื่อนไขที่เกี่ยวกับตัวแปรตัดสินใจ (ต่อ)

ข) การคำนวณหาผลลัพธ์ต่าง ๆ หลังจากแบบจำลองได้ทำการสุ่มเลือกค่าให้กับตัวแปรตัดสินใจแล้วแบบจำลองจะเริ่มกระบวนการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์อันได้แก่ ค่าระยะเวลาในการทำงานโครงการ ค่าต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการ ค่าผลรวมของผลต่างของข้อกำหนดเวลาทำงานของกิจกรรรมและค่าตัวเลขมากสุดของจำนวนคนงานในการทำงานต่อวันตลอดระยะเวลาโครงการ โดยมีรายละเอียดการคำนวณผลลัพธ์ดังกล่าวข้างต้นดังนี้

- การคำนวณระยะเวลาการทำงานโครงการ การคำนวณหาระยะเวลาทำงานโครงการจะเริ่มหลังจากที่ได้มีการสุ่มเลือกค่าให้กับทุกตัวแปรตัดสินใจแล้วโดยแบบจำลองจะนำค่าตัวแปรตัดสินใจดังกล่าวคูณกับชุดทางเลือกด้านเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมทำให้ได้ค่าเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมสำหรับการสร้างสูตรในแต่ละเซลล์จะแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.5 เมื่อได้เวลาการทำงานในแต่ละกิจกรรมแล้วแบบจำลองจะทำการตรวจสอบชนิดความสัมพันธ์

ระหว่างกิจกรรมในพื้นที่ข้อมูลด้านความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.3 (b) เพื่อทำการเปรียบเทียบและเลือกค่าเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานในกรณีที่กิจกรรมที่พิจารณามีกิจกรรมก่อนหน้าอยู่หลายกิจกรรมและทำการคำนวณเวลาเริ่มงานซึ่งจะเป็นไปตามสมการที่ 3.13 ถึงสมการที่ 3.18 โดยสูตรสำหรับใช้ในการคำนวณค่าตัวเลขเวลาเริ่มงานและเสร็จงานจะแสดงดังในรูปที่ 3.6

	K	L	M	N
26		Alternative		
27		Duration		
28		1	2	
29		14	7	
30		30	15	
31		30	15	
32		50	25	
33		35	17	
34		14	7	
35		21	10	
36		21	10	
37		30	15	
38		56	26	
39		50	28	
40		21	10	
41		21	10	
42		14	7	
43		56	28	
44		63	31	
45		21	10	
46		50	25	
47		21	10	
48		21	10	
49		29	14	
50		30	15	
51		72	36	

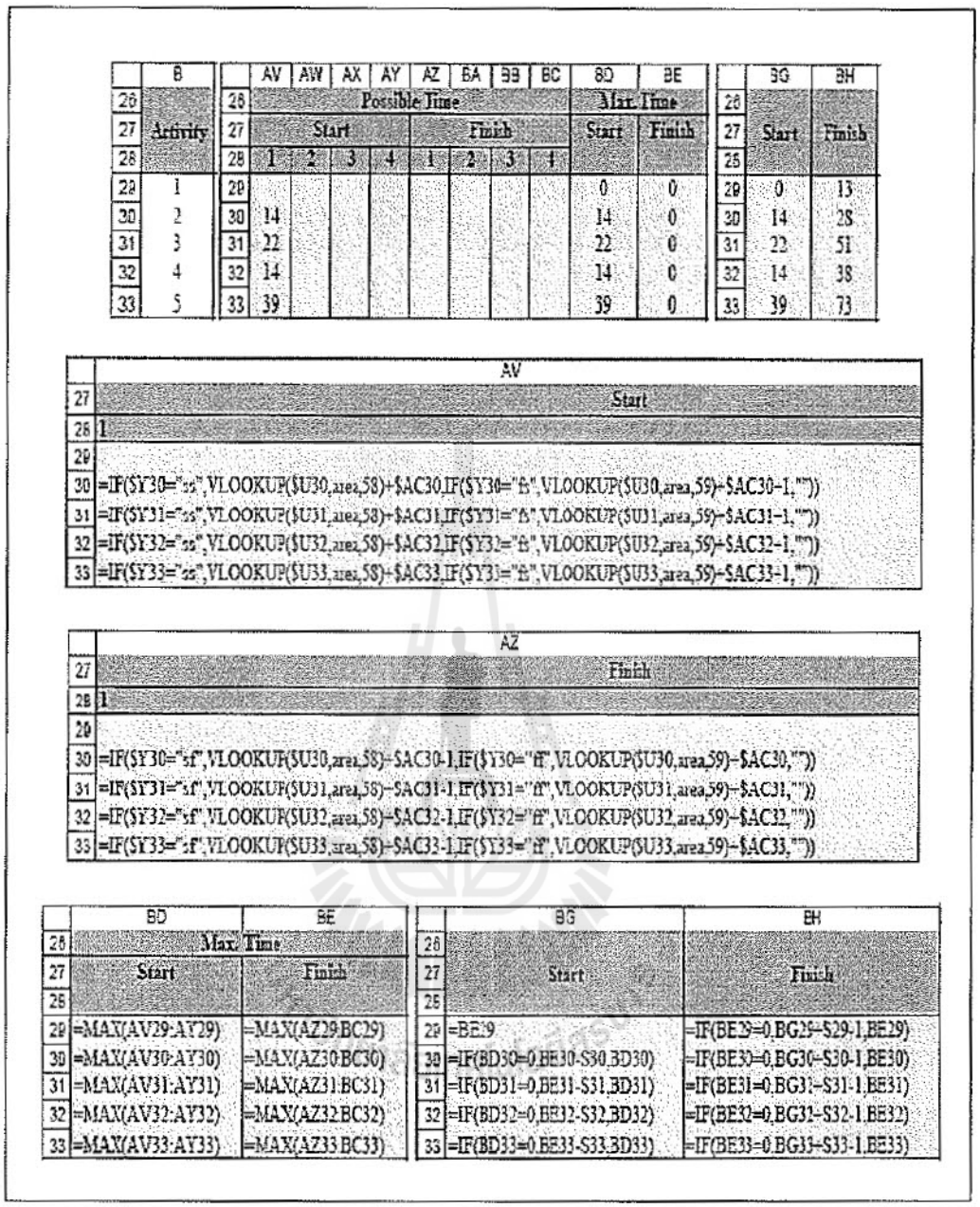
	BR
26	Sum
27	y_i
28	
29	1
30	1
31	1
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
41	1
42	1
43	1
44	1
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1

	S
26	
27	Duration
28	
29	14
30	15
31	30
32	25
33	35
34	7
35	21
36	10
37	30
38	26
39	50
40	10
41	21
42	7
43	56
44	31
45	21
46	25
47	21
48	10
49	29
50	15
51	72

	S
26	
27	Duration
28	
29	=SUMPRODUCT(L29:M29,P29:Q29)
30	=SUMPRODUCT(L30:M30,P30:Q30)
31	=SUMPRODUCT(L31:M31,P31:Q31)
32	=SUMPRODUCT(L32:M32,P32:Q32)
33	=SUMPRODUCT(L33:M33,P33:Q33)
34	=SUMPRODUCT(L34:M34,P34:Q34)
35	=SUMPRODUCT(L35:M35,P35:Q35)
36	=SUMPRODUCT(L36:M36,P36:Q36)
37	=SUMPRODUCT(L37:M37,P37:Q37)
38	=SUMPRODUCT(L38:M38,P38:Q38)
39	=SUMPRODUCT(L39:M39,P39:Q39)
40	=SUMPRODUCT(L40:M40,P40:Q40)
41	=SUMPRODUCT(L41:M41,P41:Q41)
42	=SUMPRODUCT(L42:M42,P42:Q42)
43	=SUMPRODUCT(L43:M43,P43:Q43)
44	=SUMPRODUCT(L44:M44,P44:Q44)
45	=SUMPRODUCT(L45:M45,P45:Q45)
46	=SUMPRODUCT(L46:M46,P46:Q46)
47	=SUMPRODUCT(L47:M47,P47:Q47)
48	=SUMPRODUCT(L48:M48,P48:Q48)
49	=SUMPRODUCT(L49:M49,P49:Q49)
50	=SUMPRODUCT(L50:M50,P50:Q50)
51	=SUMPRODUCT(L51:M51,P51:Q51)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.5 การกำหนดสูตรให้กับการคำนวณเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม



	B
26	
27	Activity
28	
29	1
30	2
31	3
32	4
33	5

	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
26	Possible Time								Max Time	
27	Start				Finish				Start	Finish
28	1	2	3	4	1	2	3	4		
29									0	0
30	14								14	0
31	22								22	0
32	14								14	0
33	39								39	0

	BG	BH
26		
27	Start	Finish
25		
29	0	13
30	14	28
31	22	51
32	14	38
33	39	73

	AV
27	Start
26	1
29	
30	=IF($Y30="ss",VLOOKUP($U30,area,58)+$AC30,IF($Y30="fs",VLOOKUP($U30,area,59)+$AC30-1,""))
31	=IF($Y31="ss",VLOOKUP($U31,area,58)+$AC31,IF($Y31="fs",VLOOKUP($U31,area,59)+$AC31-1,""))
32	=IF($Y32="ss",VLOOKUP($U32,area,58)+$AC32,IF($Y32="fs",VLOOKUP($U32,area,59)+$AC32-1,""))
33	=IF($Y33="ss",VLOOKUP($U33,area,58)+$AC33,IF($Y31="fs",VLOOKUP($U33,area,59)+$AC33-1,""))

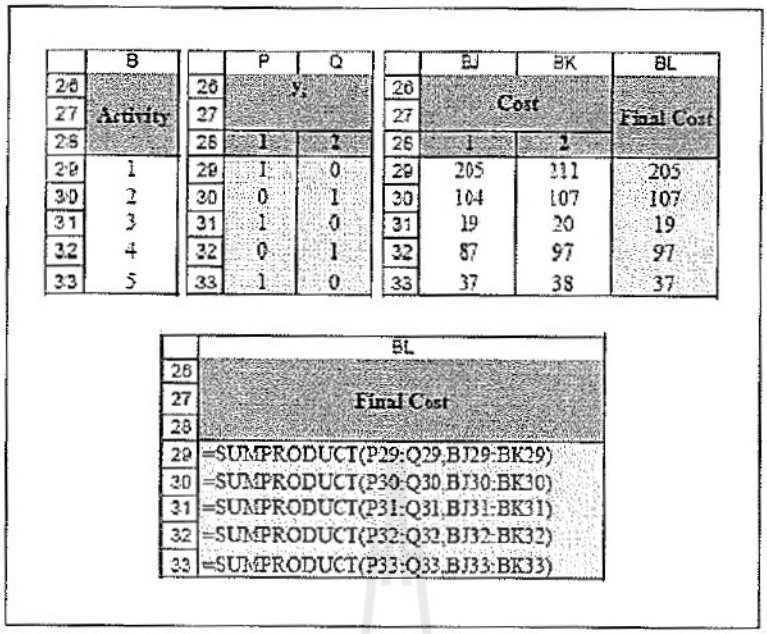
	AZ
27	Finish
28	1
29	
30	=IF($Y30="sf",VLOOKUP($U30,area,58)+$AC30-1,IF($Y30="ff",VLOOKUP($U30,area,59)+$AC30,""))
31	=IF($Y31="sf",VLOOKUP($U31,area,58)+$AC31-1,IF($Y31="ff",VLOOKUP($U31,area,59)+$AC31,""))
32	=IF($Y32="sf",VLOOKUP($U32,area,58)+$AC32-1,IF($Y32="ff",VLOOKUP($U32,area,59)+$AC32,""))
33	=IF($Y33="sf",VLOOKUP($U33,area,58)+$AC33-1,IF($Y33="ff",VLOOKUP($U33,area,59)+$AC33,""))

	BD	BE
26	Max Time	
27	Start	Finish
28		
29	=MAX(AV29:AY29)	=MAX(AZ29:BC29)
30	=MAX(AV30:AY30)	=MAX(AZ30:BC30)
31	=MAX(AV31:AY31)	=MAX(AZ31:BC31)
32	=MAX(AV32:AY32)	=MAX(AZ32:BC32)
33	=MAX(AV33:AY33)	=MAX(AZ33:BC33)

	BG	BH
26		
27	Start	Finish
28		
29	=BE29	=IF(BE29=0,BG29+S29-1,BE29)
30	=IF(BD30=0,BE30-S30,BD30)	=IF(BE30=0,BG30+S30-1,BE30)
31	=IF(BD31=0,BE31-S31,BD31)	=IF(BE31=0,BG31+S31-1,BE31)
32	=IF(BD32=0,BE32-S32,BD32)	=IF(BE32=0,BG32+S32-1,BE32)
33	=IF(BD33=0,BE33-S33,BD33)	=IF(BE33=0,BG33+S33-1,BE33)

รูปที่ 3.6 การคำนวณเวลาเริ่มงานและเสร็จงานของแต่ละกิจกรรม

- การคำนวณต้นทุนทางตรงสำหรับการทำงานโครงการ ผลจากการสุ่มเลือกค่าให้ตัวแปรตัดสินใจจะทำให้ได้ค่าตัวเลขต้นทุนทางตรงในการทำงานซึ่งคำนวณได้โดยนำค่าตัวเลขตัวแปรตัดสินใจคณกับค่าตัวเลขชุดทางเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.7



	B
26	
27	Activity
28	
29	1
30	2
31	3
32	4
33	5

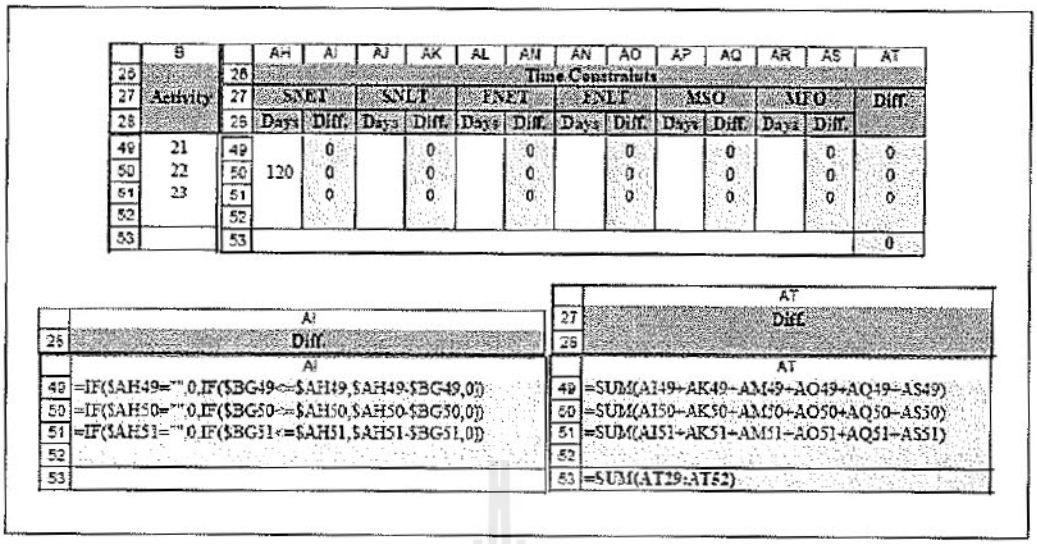
	P	Q
26	y_i	
27		
28	1	2
29	1	0
30	0	1
31	1	0
32	0	1
33	1	0

	BJ	BK	BL
26	Cost		Final Cost
27			
28	1	2	
29	205	211	205
30	104	107	107
31	19	20	19
32	87	97	97
33	37	38	37

	BL
26	
27	Final Cost
28	
29	=SUMPRODUCT(P29:Q29,BJ29:BK29)
30	=SUMPRODUCT(P30:Q30,BJ30:BK30)
31	=SUMPRODUCT(P31:Q31,BJ31:BK31)
32	=SUMPRODUCT(P32:Q32,BJ32:BK32)
33	=SUMPRODUCT(P33:Q33,BJ33:BK33)

รูปที่ 3.7 การคำนวณต้นทุนทางตรงสำหรับใช้ในการทำงาน

- การคำนวณหาผลรวมผลต่างของข้อกำหนดเวลาในการทำงาน ชนิดของข้อกำหนดเวลาในการทำงานมีทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ กำหนดให้เริ่มงานก่อนเวลาที่กำหนด กำหนดให้เริ่มงานหลังเวลาที่กำหนด กำหนดให้เสร็จงานก่อนเวลาที่กำหนด กำหนดให้เสร็จงานหลังเวลาที่กำหนด กำหนดให้เริ่มงานในเวลาที่กำหนดและกำหนดให้เสร็จงานในเวลาที่กำหนด ดังนั้นในการสร้างพื้นที่เพื่อคำนวณหาผลต่างจากเวลาที่ได้กำหนดไว้ให้ในกิจกรรมจึงแบ่งออกพื้นที่ในการคำนวณตามชนิดของข้อกำหนด ในการคำนวณจะเริ่มจากการนำค่าตัวเลขกำหนดเวลาที่ได้ระบุไว้ให้ในกิจกรรมไปเปรียบเทียบกับเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานที่ได้จากการคำนวณในหัวข้อก่อนหน้านี้ หากเวลาเริ่มงานหรือเสร็จงานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อกำหนดเวลาแต่ละชนิดแบบจำลองจะคำนวณหาผลต่างจากกำหนดเวลาดังกล่าวสุดท้ายจะคำนวณผลรวมของตัวเลขผลต่างดังกล่าวเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ต่อไป รายละเอียดในการกำหนดสูตรเพื่อคำนวณจะแสดงไว้ในรูปที่ 3.8



	B	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
26		Time Constraints												
27	Activity	SNET		SNLT		FNET		FNLT		MSO		MFO		Diff.
28		Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	Days	Diff.	
49	21	120	0		0		0		0		0		0	0
50	22		0		0		0		0		0		0	0
51	23		0		0		0		0		0		0	0
52														
53														0

	AI
25	Diff.
	AI
49	=IF($AH49="",0,IF($BG49<=$AH49,$AH49-$BG49,0))
50	=IF($AH50="",0,IF($BG50<=$AH50,$AH50-$BG50,0))
51	=IF($AH51="",0,IF($BG51<=$AH51,$AH51-$BG51,0))
52	
53	

	AT
27	Diff.
28	
	AT
49	=SUM(AI49+AK49+AM49+AO49+AQ49+AS49)
50	=SUM(AI50+AK50+AM50+AO50+AQ50+AS50)
51	=SUM(AI51+AK51+AM51+AO51+AQ51+AS51)
52	
53	=SUM(AT29:AT52)

รูปที่ 3.8 การคำนวณหาค่าผลรวมของผลต่างจากกำหนดเวลาที่กำหนดให้กับกิจกรรม

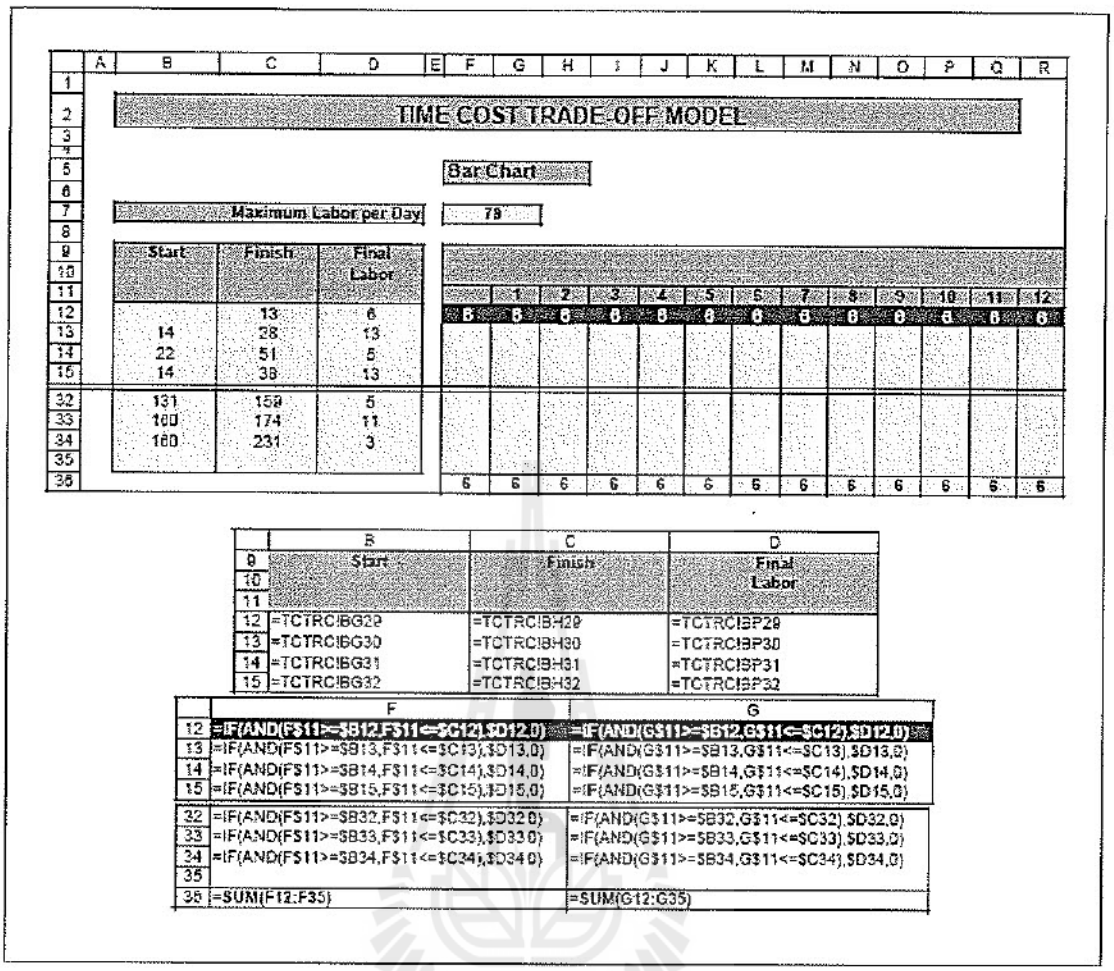
- การคำนวณจำนวนทรัพยากรในการทำงานมากสุดต่อวันตลอดระยะเวลาโครงการ สำหรับการคำนวณหาจำนวนทรัพยากรแรงงานจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสุ่มเลือกค่าให้กับตัวแปรตัดสินใจ โดยค่าตัวเลขของตัวแปรตัดสินใจที่แบบจำลองได้สุ่มค่าให้จะนำไปคูณกับค่าตัวเลขในชุดทางเลือกจำนวนแรงงานสำหรับใช้ในการทำงานของกิจกรรมดังแสดงในรูปที่ 3.9 จากนั้นแบบจำลองจะส่งค่าตัวเลขจำนวนคนงานที่ใช้สำหรับการทำงานของแต่ละกิจกรรมไปยังส่วนการคำนวณหาจำนวนแรงงานในการทำงานต่อวันมากสุดตลอดระยะเวลาการทำงานโครงการก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.10 โดยการคำนวณในส่วนนี้แบบจำลองจะนำค่าตัวเลขแรงงานที่ใช้ในการทำงานของแต่ละวันมาเปรียบเทียบเพื่อเลือกค่าตัวเลขจำนวนแรงงานมากสุดสำหรับนำไปใช้ในการตรวจสอบค่าผลลัพธ์ในหัวข้อต่อไป

	B	BN	BO	BP
26		Labor		
27	Activity	Productivity		Final Labor
28		1	2	
29	1	6	15	6
30	2	5	13	13
31	3	5	13	5
32	4	5	13	13
33	5	5	13	5
34	6	8	20	20
35	7	5	14	5
36	8	4	11	11
37	9	8	20	8
38	10	8	22	22
39	11	8	18	8
40	12	5	14	14
41	13	5	14	5
42	14	5	13	13
43	15	5	13	5
44	16	6	16	16
45	17	6	16	6
46	18	3	8	8
47	19	3	8	3
48	20	4	11	11
49	21	5	14	5
50	22	4	11	11
51	23	3	9	3

	BP
26	
27	Final Labor
28	
29	=SUMPRODUCT(P29:Q29,BN29:BO29)
30	=SUMPRODUCT(P30:Q30,BN30:BO30)
31	=SUMPRODUCT(P31:Q31,BN31:BO31)
32	=SUMPRODUCT(P32:Q32,BN32:BO32)
33	=SUMPRODUCT(P33:Q33,BN33:BO33)
34	=SUMPRODUCT(P34:Q34,BN34:BO34)
35	=SUMPRODUCT(P35:Q35,BN35:BO35)
36	=SUMPRODUCT(P36:Q36,BN36:BO36)
37	=SUMPRODUCT(P37:Q37,BN37:BO37)
38	=SUMPRODUCT(P38:Q38,BN38:BO38)
39	=SUMPRODUCT(P39:Q39,BN39:BO39)
40	=SUMPRODUCT(P40:Q40,BN40:BO40)
41	=SUMPRODUCT(P41:Q41,BN41:BO41)
42	=SUMPRODUCT(P42:Q42,BN42:BO42)
43	=SUMPRODUCT(P43:Q43,BN43:BO43)
44	=SUMPRODUCT(P44:Q44,BN44:BO44)
45	=SUMPRODUCT(P45:Q45,BN45:BO45)
46	=SUMPRODUCT(P46:Q46,BN46:BO46)
47	=SUMPRODUCT(P47:Q47,BN47:BO47)
48	=SUMPRODUCT(P48:Q48,BN48:BO48)
49	=SUMPRODUCT(P49:Q49,BN49:BO49)
50	=SUMPRODUCT(P50:Q50,BN50:BO50)
51	=SUMPRODUCT(P51:Q51,BN51:BO51)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

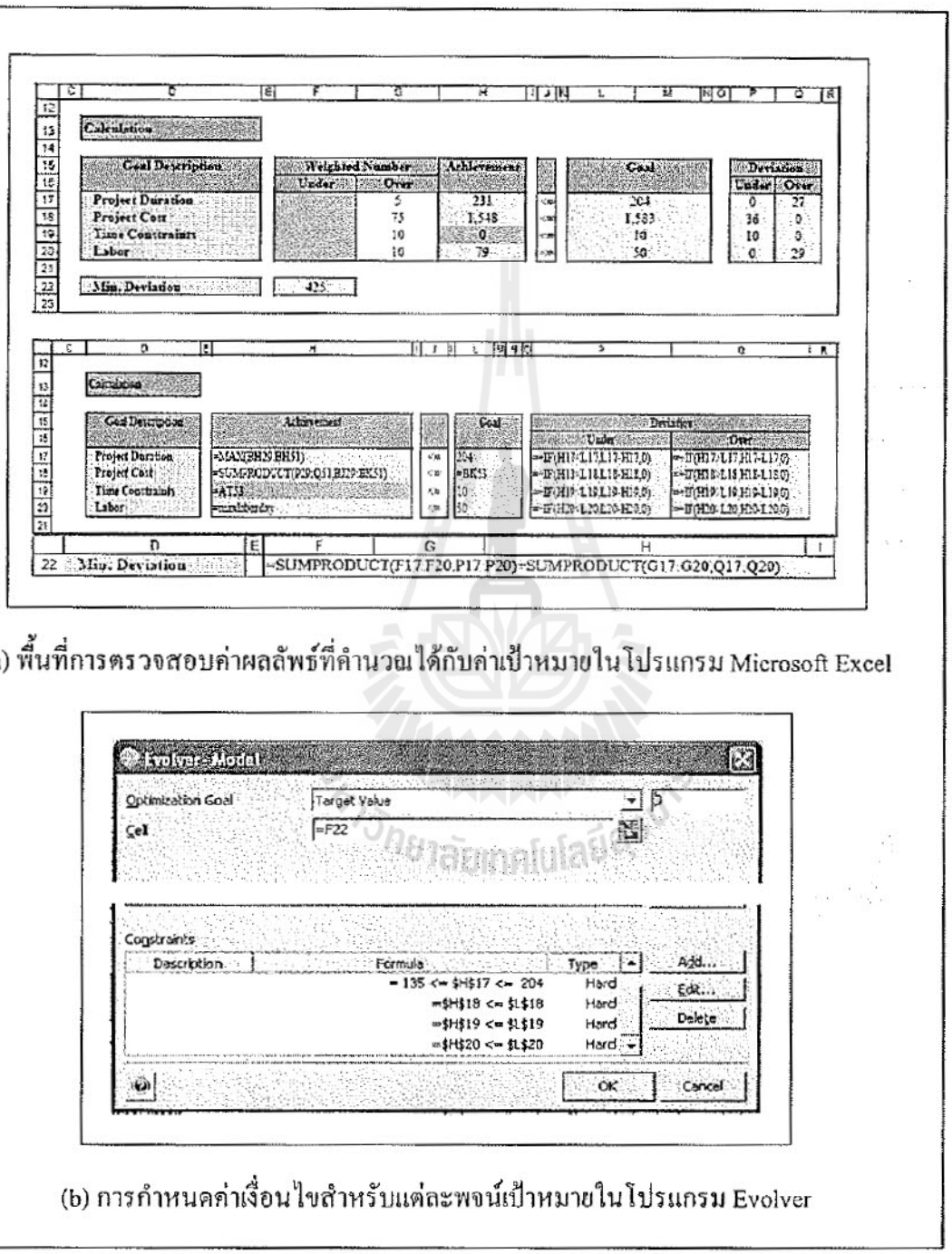
รูปที่ 3.9 การคำนวณเลือกจำนวนคนงานให้แต่ละกิจกรรม



รูปที่ 3.10 การคำนวณเพื่อหาจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันสำหรับการทำงานโครงการก่อสร้าง

ค) การสร้างพื้นที่สำหรับขั้นตอนการสอบผลลัพธ์ หลักจากการคำนวณค่าผลลัพธ์ในข้อ ข ค่าผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกนำมาตรวจสอบกับค่าเป้าหมายและเงื่อนไขเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ให้กับสมการวัตถุประสงค์ (สมการที่ 3.1) การตรวจสอบจะเริ่มจากการนำค่าผลลัพธ์ของตัวเลขมากสุดที่ได้จากวันเสร็จงานของแต่ละกิจกรรม ผลรวมต้นทุนทางตรงสำหรับการทำงาน ค่าผลรวมของผลต่างของเวลาในการทำงานกับกำหนดเวลาที่ได้ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรมและจำนวนทรัพยากรแรงงานมากสุดตลอดระยะเวลาในการทำงานโครงการเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ (คอลัมน์ชื่อ "*Goal*") หากค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ค่าผลต่างจากค่าเป้าหมาย (คอลัมน์ชื่อ "Deviation") จะถูกนำไปคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (คอลัมชื่อ "*Weighted Number*") ที่ให้ไว้ สุดท้ายแบบจำลองจะคำนวณค่าผลรวมของ "ผลต่างจากค่าเป้าหมายคูณด้วยค่าน้ำหนัก"จะปรากฏในเซลล์ที่ "F22" ส่วนการกำหนดเงื่อนไขดังแสดงในสมการที่ 3.10 ถึง สมการที่ 3.12 จะถูกกำหนดใน

โปรแกรม Evolver โดยมีรายละเอียดในการกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวกับการเขียนสูตรในโปรแกรม Microsoft Excel ดังแสดงในรูปที่ 3.11



(a) พื้นที่การตรวจสอบค่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้กับค่าเป้าหมายในโปรแกรม Microsoft Excel

(b) การกำหนดค่าเงื่อนไขสำหรับแต่ละพจน์เป้าหมายในโปรแกรม Evolver

รูปที่ 3.11 การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้และการตรวจสอบกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในโปรแกรม Evolver

ง) การเปลี่ยนค่าตัวแปรตัดสินใจ ขั้นตอนนี้จะเริ่มขึ้นเมื่อการตรวจสอบค่าในหัวข้อ ค. ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ แบบจำลองจะเริ่มการเปลี่ยนค่าตัวแปรตัดสินใจหรือสลับค่าตัวเลขระหว่างชุดทางเลือกก่อนจะเริ่มขบวนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.1 แต่ถ้าหากการคำนวณตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้แบบจำลองจะหยุดการทำงานเพื่อหาค่าผลลัพธ์ซึ่งจะทำให้ได้ระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานมากสุดสำหรับใช้ในการทำงานตลอดระยะเวลาโครงการ

3.4 การแก้ปัญหาด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม

ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน จะมีลักษณะของปัญหาที่มีความซับซ้อนและทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีขนาดใหญ่ทำให้การแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหา ดังนั้นการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณจะมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งงานวิจัยล่าสุดได้ให้ผลสรุปว่าการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณได้ให้ผลลัพธ์ที่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง แต่วิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณจะใช้จำนวนสมการในการแก้ปัญที่น้อยกว่าและมีความซับซ้อนของสมการที่น้อยกว่าด้วยจึงเป็นเหตุผลที่งานวิจัยครั้งนี้ได้นำการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้ โดยรายละเอียดความเป็นมาและหลักการในการทำงานนั้นได้แสดงไว้ในบทที่ 2 สำหรับโปรแกรมที่นำมาใช้ในการหาผลลัพธ์นั้นผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Evolver (palisade, www, 2010) ในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวทำงานภายใต้หลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม และมีงานวิจัยหลาย ๆ งาน ได้นำมาใช้ในการหาผลลัพธ์ให้กับปัญหาที่ได้ให้ค่าของคำตอบที่เชื่อถือได้ สำหรับการแก้ปัญหาในครั้งนี้ได้นำข้อมูลกิจกรรมการทำงาน แผนงานโครงการเบื้องต้น ข้อมูลงบประมาณในการทำงานของโครงการและจำนวนคนงานที่ทางโครงการคาดการณ์ว่าจะใช้ในการทำงานจากโครงการก่อสร้างอาคารโรงงานของบริษัท Nishimitsu Construction Company มาใช้เป็นข้อมูลการทดสอบแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นจากสมการโจทย์ที่เสนอในงานวิจัยนี้ ในการนำเสนอจะแบ่งหัวข้อออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ รายละเอียดของโครงการที่นำมาใช้ในการทดสอบกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ รายละเอียดของการทดสอบในงานวิจัยนี้และรายละเอียดในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบในครั้งนี้

3.4.1 ข้อมูลโครงการก่อสร้างสำหรับใช้ในการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาผลลัพธ์ในการวางแผนหรือบริหารงานโครงการจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นในครั้งนี้จะนำข้อมูลงานโครงการก่อสร้างอาคารโรงงานที่ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก คุณศุภฤกษ์ ภักดีเขียว วิศวกรโยธาผู้รับผิดชอบงานควบคุมต้นทุนและการติดตามความก้าวหน้าโครงการของบริษัท Thai Nishimatsu Construction Co., Ltd. โดยมีรายละเอียดของโครงการ ดังนี้

ก) ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อโครงการ FSTH
- สถานที่ตั้งโครงการ นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- มูลค่าโครงการ 41,195,000 บาท (Include VAT.)
- ระยะเวลาการทำงาน 204 วัน
- งบประมาณในการทำงาน 34,475,592 บาท
- งานที่รับผิดชอบ: งานโครงสร้างอาคารและงานสถาปัตยกรรม

ข) ข้อมูลในการคำนวณ

- ชุดข้อมูลทางเลือกเวลาในการทำงานสำหรับกิจกรรมในโครงข่ายการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชุดทางเลือกระยะเวลาในการทำงาน

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
	Structure Work		
1	Temporary Work , Mobilization	14	10
2	Piling Work (Pre-Bore 14.00 m.)	30	25
3	Footing	30	25
	Machine Foundation		
4	Sinking Pit	50	40
5	Machine Base	35	30
6	Slab	14	12
7	Steel Wall Frame And Ceiling Support	21	18
8	Gypsum Wall and Ceiling	21	17
9	M&E Work	30	26
10	Ground Beam And Water Tank (65 m3)	56	50
11	Ground Floor Slab	50	40
12	1st. Column	21	18
13	2nd. Floor Beam ,Slab & PC.Slab	21	18
14	2nd. Column And Roof Beam	14	12

ตารางที่ 3.1 ชุดทางเลือกระยะเวลาในการทำงาน (ต่อ)

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
15	Middle Beam & Roof Beam (PC.)	56	50
16	Steel Structure For Roof & Siding Frame	63	58
17	Metal Sheet Roofing Work And Siding	21	18
	Architectural Work		
18	Concrete Block , Plastering Work	50	45
19	Doors & Windows Installation	21	16
20	Ceiling Work	21	16
21	Ceramic Tiles Work	29	22
22	Floor Finishing (PVC ,Carpet)	30	25
23	Painting Work	72	65

- ชุดข้อมูลทางเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงานสำหรับกิจกรรมในโครงข่ายการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชุดทางเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงาน

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ต้นทุน (บาท)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
	Structure Work		
1	Temporary Work , Mobilization	2,052,137.72	2,087,044.51
2	Piling Work (Pre-Bore 14.00 m.)	1,044,834.04	1,054,850.71
3	Footing	191,350.35	193,872.69
	Machine Foundation		
4	Sinking Pit	872,015.27	913,088.72
5	Machine Base	365,671.90	370,937.67
6	Slab	394,752.40	415,528.54

ตารางที่ 3.2 ชุดทางเลือกต้นทุนทางตรงในการทำงาน (ต่อ)

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ต้นทุน (บาท)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
7	Steel Wall Frame And Ceiling Support	238,897.17	243,996.15
8	Gypsum Wall and Ceiling	192,128.00	197,615.43
9	M&E Work	822,739.74	826,586.94
10	Ground Beam And Water Tank (65 m3)	293,099.81	296,559.79
11	Ground Floor Slab	83,383.56	85,528.81
12	1st. Column	361,877.95	366,291.98
13	2nd. Floor Beam ,Slab & PC.Slab	1,204,466.36	1,220,718.57
14	2nd. Column And Roof Beam	361,877.95	366,291.98
15	Middle Beam & Roof Beam (PC.)	280,920.84	283,730.19
16	Steel Structure For Roof & Siding Frame	1,303,028.85	1,318,453.46
17	Metal Sheet Roofing Work And Siding	1,181,860.05	1,197,060.05
	Architectural Work		
18	Concrete Block , Plastering Work	998,790.00	1,023,513.10
19	Doors & Windows Installation	1,779,571.94	1,804,208.37
20	Ceiling Work	238,211.00	245,576.60
21	Ceramic Tiles Work	154,890.00	162,982.48
22	Floor Finishing (PVC ,Carpet)	160,696.00	165,034.17
23	Painting Work	377,079.00	382,729.41

- ชุดข้อมูลทางเลือกจำนวนคนงานในการทำงานต่อวันสำหรับกิจกรรมในโครงข่ายการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลอัตราแรงงานต่อวันที่ใช้สำหรับทำงานในแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	อัตราแรงงาน (คนต่อวัน)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
	Structure Work		
1	Temporary Work , Mobilization	6	10
2	Piling Work (Pre-Bore 14.00 m.)	5	8
3	Footing	5	7
	Machine Foundation		
4	Sinking Pit	5	7
5	Machine Base	5	7
6	Slab	8	12
7	Steel Wall Frame And Ceiling Support	5	7
8	Gypsum Wall and Ceiling	4	6
9	M&E Work	8	12
10	Ground Beam And Water Tank (65 m3)	8	10
11	Ground Floor Slab	8	10
12	1st. Column	5	7
13	2nd. Floor Beam ,Slab & PC.Slab	5	7
14	2nd. Column And Roof Beam	5	7
15	Middle Beam & Roof Beam (PC.)	5	7
16	Steel Structure For Roof & Siding Frame	6	9
17	Metal Sheet Roofing Work And Siding	6	9
	Architectural Work		
18	Concrete Block , Plastering Work	3	5
19	Doors & Windows Installation	3	5
20	Ceiling Work	4	7
21	Ceramic Tiles Work	5	7

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลอัตราแรงงานต่อวันที่ใช้สำหรับทำงานในแต่ละกิจกรรม (ต่อ)

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	อัตราแรงงาน (คนต่อวัน)	
		เวลาปกติ	เร่งงาน
22	Floor Finishing (PVC ,Carpet)	4	6
23	Painting Work	3	6

- ชุดข้อมูลชนิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและกำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมในการทำงาน

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม	เงื่อนไขด้านเวลาของกิจกรรม
	Structure Work		
1	Temporary Work , Mobilization	-	
2	Piling Work (Pre-Bore 14.00 m.)	1FS	
3	Footing	2FS-7	
	Machine Foundation		
4	Sinking Pit	2SS	
5	Machine Base	4FS	
6	Slab	5FS-7	
7	Steel Wall Frame And Ceiling Support	6FS+54	
8	Gypsum Wall and Ceiling	7FS	
9	M&E Work	8SS+7	
10	Ground Beam And Water Tank (65 m3)	3FS-7	SNET, 30 days
11	Ground Floor Slab	10SS+21	
12	1st. Column	11SS	
13	2nd. Floor Beam ,Slab & PC.Slab	12FS-7	
14	2nd. Column And Roof Beam	13FS	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมในการทำงาน (ต่อ)

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม	เงื่อนไขด้านเวลาของกิจกรรม
15	Middle Beam & Roof Beam (PC.)	10SS	
16	Steel Structure For Roof & Siding Frame	15FS	
17	Metal Sheet Roofing Work And Siding	16SS+21	
	Architectural Work		
18	Concrete Block , Plastering Work	15FS	
19	Doors & Windows Installation	18FS	
20	Ceiling Work	18FS	
21	Ceramic Tiles Work	18SS+30	
22	Floor Finishing (PVC ,Carpet)	21FS	SNET, 120 days
23	Painting Work	21SS	

ค) การกำหนดค่าสำหรับโปรแกรม Evolver

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณในข้อ 3.4.1 ข จะนำมาใช้ในการทดสอบโดยการนำเข้าข้อมูลตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.3 และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโปรแกรม Evolver อันได้แก่ ค่าอัตราการการแลกเปลี่ยนยีนส์โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.5 (Yu et al., 2009) โดยค่าดังกล่าวได้ให้ค่าผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ สำหรับค่าอัตราการกลายพันธุ์กำหนดให้มีค่าอัตโนมัติ เพื่อให้แบบจำลองเลือกตัวเลขที่เหมาะสมกับค่าตัวเลขอัตราการแลกเปลี่ยนยีนส์ที่กำหนดไว้ในเบื้องต้น การกำหนดขนาดประชากรในโปรแกรม Evolver ด้วยจำนวนตัวเลขประชากรเท่ากับ 50 เพราะการกำหนดตัวเลขประชากรที่มากจะส่งผลระยะเวลาในการให้ค่าผลลัพธ์แต่ไม่มีผลต่อค่าผลลัพธ์ใด ๆ ทั้งสิ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกจำนวนประชากรที่ไม่มีขนาดใหญ่มากเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เร็ว จำนวนการลองผิด-ลองถูก (Number of Trials) กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100

3.4.2 กระบวนการทดสอบข้อมูล

หลังจากได้นำเข้าข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณให้กับโปรแกรม Microsoft Excel และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโปรแกรม Evolver แล้วจะนำข้อมูลในหัวข้อที่ 3.4.1 (ข) มาใช้ทดสอบแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาและต้นทุนทางตรงในการทำงานภายใต้จำนวนแรงงานที่โครงการวางแผนหรือคาดการณ์สำหรับใช้ในการทำงาน ในการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 3 กรณี ในทุกกรณีการทดสอบ (ยกเว้นกรณีที่ 1) จะใช้จำนวนการทดสอบเพื่อหาระยะเวลา

ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานจากค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบของกรณีที่ 1 การทดสอบทั้ง 3 กรณี มีรายละเอียด ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u> การหาจำนวนครั้งในการทดสอบ การทดสอบนี้จะหาจำนวนครั้งในการทดสอบเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ด้านต้นทุนทางตรงและด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงานที่ดีสำหรับการวางแผนงาน การทดสอบจะเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลสำหรับการคำนวณที่ปรากฏในข้อ 3.4.1 (ข) และสั่งให้แบบจำลองทำงานผ่านทางโปรแกรม Evolver โดยโปรแกรมดังกล่าวจะเริ่มต้นทำงานตามหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรมด้วยการสุ่มค่าตัวเลขสำหรับตัวแปรตัดสินใจและคำนวณหาค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรง ผลรวมผลต่างของเวลากับกำหนดเวลาทำงานและจำนวนแรงงานเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปตรวจสอบด้วยการเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้และเงื่อนไขที่เป็นไปตามสมการโจทย์ เมื่อแบบจำลองได้ให้ค่าผลลัพธ์ที่เป็นไปตามเป้าหมายและเงื่อนไขจะหยุดกระบวนการทำงานและได้ค่าผลลัพธ์ที่ได้กล่าวถึง โดยผลลัพธ์ที่ได้จำนำมาหาค่าเฉลี่ยในทุกครั้งของการทดสอบและนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการทดสอบกับค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้เพื่อหาตัวเลขจำนวนครั้งในการทดสอบที่จะให้ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่คงที่

<u>กรณีที่ 2</u> การหาลำดับค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมของแต่ละพจน์เป้าหมายในสมการโจทย์ กระบวนการทดสอบจะเหมือนในกรณีที่ 1 ที่ได้กล่าวถึงไว้แล้ว การทดสอบครั้งนี้อันจะทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ดีสำหรับการนำไปใช้ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างด้านการวางแผนงาน การทดสอบจะทำการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากให้กับทุก ๆ พจน์เป้าหมายในสมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้ แต่จะทำการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากนั้นทีละหนึ่งพจน์จากจำนวนพจน์เป้าหมายในสมการทั้งสิ้นสี่พจน์และให้ค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 100 ส่วนในอีกสามพจน์เป้าหมายที่เหลือจะกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักที่เท่ากันทั้งสามพจน์ด้วยค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 1 เมื่อทำการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากไปที่ทุกพจน์เป้าหมายจนครบแล้วจะทำการเลือกค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (ด้านระยะเวลาในการทำงาน ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานและด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน) ของทุกกรณีการให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไปยังพจน์เป้าหมายเพื่อนำค่าผลลัพธ์เหล่านั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

<u>กรณีที่ 3</u> การทดสอบเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน กระบวนการทดสอบในกรณีนี้จะเหมือนในกรณีที่ 1 ที่ได้นำเสนอไปแล้ว หากแต่ในการทดสอบนี้จะนำผลสรุปจากกรณีการทดสอบที่ 1 และกรณีการทดสอบที่ 2 มาใช้ โดยการทดสอบได้แบ่งการออกเป็นข้อย่อยได้อีก 3 ข้อย่อย ได้แก่

ก) การทดสอบข้อมูลที่ปรากฏในข้อ 3.4.1 (ข) ด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากสมการโจทย์ที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อที่ 3.1 ในงานวิจัยนี้ หลังการทดสอบจะได้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการและจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันสำหรับใช้ทำงานโครงการ

ข) การทดสอบข้อมูลที่ปรากฏในข้อ 3.4.1 (ข) ด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยไม่นำสมการที่ 3-12 มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง หลังการทดสอบจะได้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการและจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันสำหรับใช้ทำงานโครงการ

ค) การทดสอบข้อมูลที่ปรากฏในข้อ 3.4.1 (ข) ด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยไม่นำสมการที่ 3-7 และ สมการที่ 3-12 มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง หลังการทดสอบจะได้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการและจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันสำหรับใช้ทำงานโครงการ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบในกรณีที่ 3 นี้จะนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA เพื่อวิเคราะห์ผลจากการนำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานโครงการก่อสร้าง

3.4.3 กระบวนการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

ประเด็นในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง หลังจากดำเนินการทดสอบทั้ง 3 กรณีแล้วเสร็จผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 กรณีมาทำการวิเคราะห์ผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากกรณีที่ 1 จะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ดังกล่าวจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวอย่างกับผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงาน ต้นทุนทางตรงในการทำงานและจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน ผลจากการวิเคราะห์ครั้งนี้จะทำให้ได้จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการทดสอบในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3

ข) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากกรณีที่ 2 ในกรณีนี้จะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้านค่าถ่วงน้ำหนักที่จะให้กับแต่ละพจน์เป้าหมายในสมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้โดยจะทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยการพิจารณาว่าการให้ค่าถ่วงน้ำหนักไปที่พจน์เป้าหมายใดแล้วจะทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ทั้งสามค่า อันได้แก่ ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ค่าผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการและค่าผลลัพธ์ด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานด้วยค่าตัวเลขที่ดีที่สุดเพื่อจะทำให้สามารถกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับแต่ละพจน์เป้าหมายได้อย่างเหมาะต่อการได้ค่าผลลัพธ์ในการบริหารงานโครงการก่อสร้างดีที่สุด

ค) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากกรณีที่ 3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีที่ 3 นี้จะนำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA มาใช้ เพื่อพิจาณาว่าการนำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากร

แรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจะมีผลต่อการได้มาซึ่งผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานหรือไม่ ในการวิเคราะห์จะใช้ฟังก์ชั่นเพิ่มเติมในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งจะกำหนดให้มีค่าระดับนัยสำคัญ (α) มีค่าเท่ากับ 0.05 และตั้งตั้งสมมติฐานเบื้องต้น (H_0) ไว้ว่า "*การกำหนดเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานให้แบบจำลองไม่มีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง*" การพิจารณาการยอมรับสมมติฐานเบื้องหรือไม่จะพิจารณาเปรียบเทียบค่า F และค่า F_{crit} โดยถ้าค่า F ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F_{crit} นั่นแสดงว่าสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้เบื้องต้น (H_0) จะถูกปฏิเสธ หากแต่ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ชุดข้อมูลต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้นเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีดังกล่าวได้จึงต้องใช้ค่าจำนวนตัวอย่างสำหรับการทดสอบอย่าง 30 ตัวอย่างขึ้นไปซึ่งได้มีการนำเสนอ ๆ ไว้ในงานวิจัยของอำนาจ วังจีน (2550) ว่า "ถ้าเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทดลองหรือการวัดตัวอย่างที่มีขนาด 30 ตัวอย่างก็ถือว่ามากพอที่จะทำให้เกิดการแจกแจงแบบปกติได้" ทำให้การทดสอบในกรณีที่ 3 จึงใช้การทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ตัวอย่างซึ่งจะต้องสอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ได้ในการทดสอบกรณีที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงสมการโจทย์ของการศึกษาที่ผ่านมาด้วยการเพิ่มประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานเข้าไว้ในการสร้างสมการโจทย์และเปลี่ยนวิธีที่ใช้สร้างสมการโจทย์โดยการนำวิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสองมาใช้ สมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยได้นำมาสร้างแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาและต้นทุนทางตรงในการทำงานด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม ในการทดสอบได้นำข้อมูลจริงจากโครงการก่อสร้างอาคารโรงงานมาใช้และได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.4.2 ในบทนี้จะเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 กรณีดังกล่าว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผลลัพธ์จากการสัมภาษณ์การวางแผนงาน

งานวิจัยครั้งนี้ได้เริ่มต้นด้วยการสัมภาษณ์กระบวนการวางแผนงานกับบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างในประเทศไทย จำนวน 3 บริษัท ได้แก่ บริษัท แบล็คแอนด์วิช (ประเทศไทย) จำกัด (สมสวรรค์ เลาหวีรภาพ, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) บริษัท ซินเทค คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) (วีรพงษ์ ตั้งเบญจาธิกุล, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) และบริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด (องอาจ พูลสุข, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) ผู้ให้สัมภาษณ์ได้ให้ความเห็นจากมุมมองแต่ละท่านต่อปัญหาที่มีในการวางแผนงานได้แก่ ปัญหาอันเนื่องมาจากการสื่อสารที่ไม่ตรงกันหรือไม่เข้าใจกันในช่วงการติดตามความก้าวหน้างาน ปัญหาอันเนื่องมาจากระบบที่ใช้ในการวางแผนการทำงานและปัญหาด้านจำนวนคนงานที่ไม่เพียงพอในขณะที่โครงการได้เริ่มงานไปแล้ว (โดยประเด็นด้านจำนวนคนงานไม่เพียงพอได้เป็นประเด็นที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ) โดยประเด็นด้านจำนวนแรงงานไม่เพียงพอได้รับทราบข้อมูลจากบริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด ที่กล่าวว่าโครงการได้ประสบปัญหาความล้าช้าในการทำงานอันเนื่องมาจากจำนวนคนงานที่ไม่เพียงพอ (องอาจ พูลสุข, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) การขาดแคลนแรงงานในโครงการก่อสร้างเป็นผลมาจากคนงานส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรมเมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวหรือฤดูกาลเพาะปลูกคนงานดังกล่าวจะกลับเข้าสู่ภาคเกษตรกรรมทำให้จำนวนแรงงานในอุตสาหกรรมก่อสร้างมีจำนวนลดลงและเกิดการแย่งคนงานกันในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างขึ้นซึ่งทางผู้วางแผนไม่ได้ทำการวางแผนงานไว้ในกรณีที่โครงการมีแรงงานไม่มีพอในการทำงาน ดังนั้นบริษัทจึงต้องจ่ายค่าล่วงเวลาเพื่อแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน

ในขณะที่การกำหนดเวลาในการทำงานได้ใช้ข้อมูลจากสถิติที่มีหรือจากประสบการณ์ที่ผู้วางแผนหรือวางกลยุทธ์มีมาใช้และไม่ได้นำจำนวนคนงานมาใช้ประกอบการคำนวณเพื่อกำหนดเวลาในการทำงานให้กับแต่ละกิจกรรมหลังจากกำหนดเวลาให้แต่ละกิจกรรมในโครงข่ายการทำงานโครงการแล้วจะใช้โปรแกรมควบคุมแผนงาน เช่น Microsoft Project หรือ Primavera มาใช้สร้างแผนการทำงานเพื่อควบคุมและติดตามความคืบหน้าในการทำงานต่อไป ผู้วิจัยได้สังเกตจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์การทำงานด้านการวางแผนงานได้พบว่าในการกำหนดเวลาสำหรับแต่ละกิจกรรมไม่ได้มีเครื่องมือใดมาช่วยในการหาเวลาในการทำงานที่สอดคล้องกับจำนวนคนงานในการทำงานที่โครงการสามารถจัดหาไว้ได้ทำให้ผู้วิจัยได้นำประเด็นนี้มาสร้างสมการโจทย์เพื่อใช้สร้างแบบจำลองสำหรับหาระยะเวลาในการทำงานที่สอดคล้องกับจำนวนคนงานที่โครงการคาดการณ์หรือวางแผนไว้สำหรับใช้ในการทำงานซึ่งจะช่วยให้กระบวนการวางแผนงานมีเครื่องมือสำหรับใช้ในกระบวนการดังกล่าว

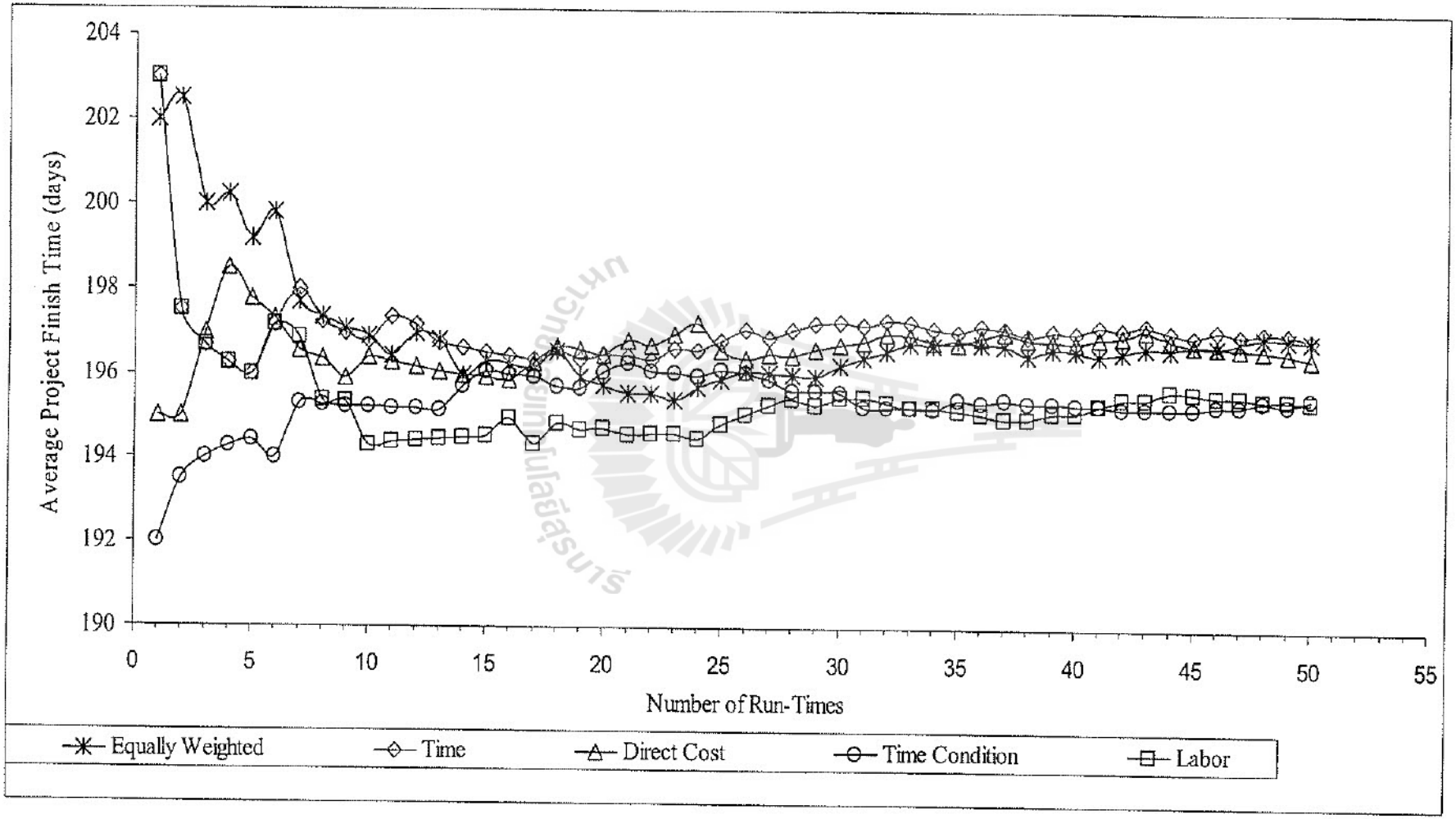
4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบเพื่อหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม

การทดสอบเพื่อหาค่าจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งในการทดสอบจนทำให้ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้มีค่าคงที่หรือทำให้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวอย่างในการทดสอบและค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (ระยะเวลาในการทำงาน ต้นทุนทางตรงในการทำงานและจำนวนแรงงานในการทำงาน) มีความชันของเส้นกราฟเข้าใกล้หรือเท่ากับศูนย์โดยผลลัพธ์ดังกล่าวได้แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 6 และค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบได้นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวอย่างในการทดสอบกับค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3

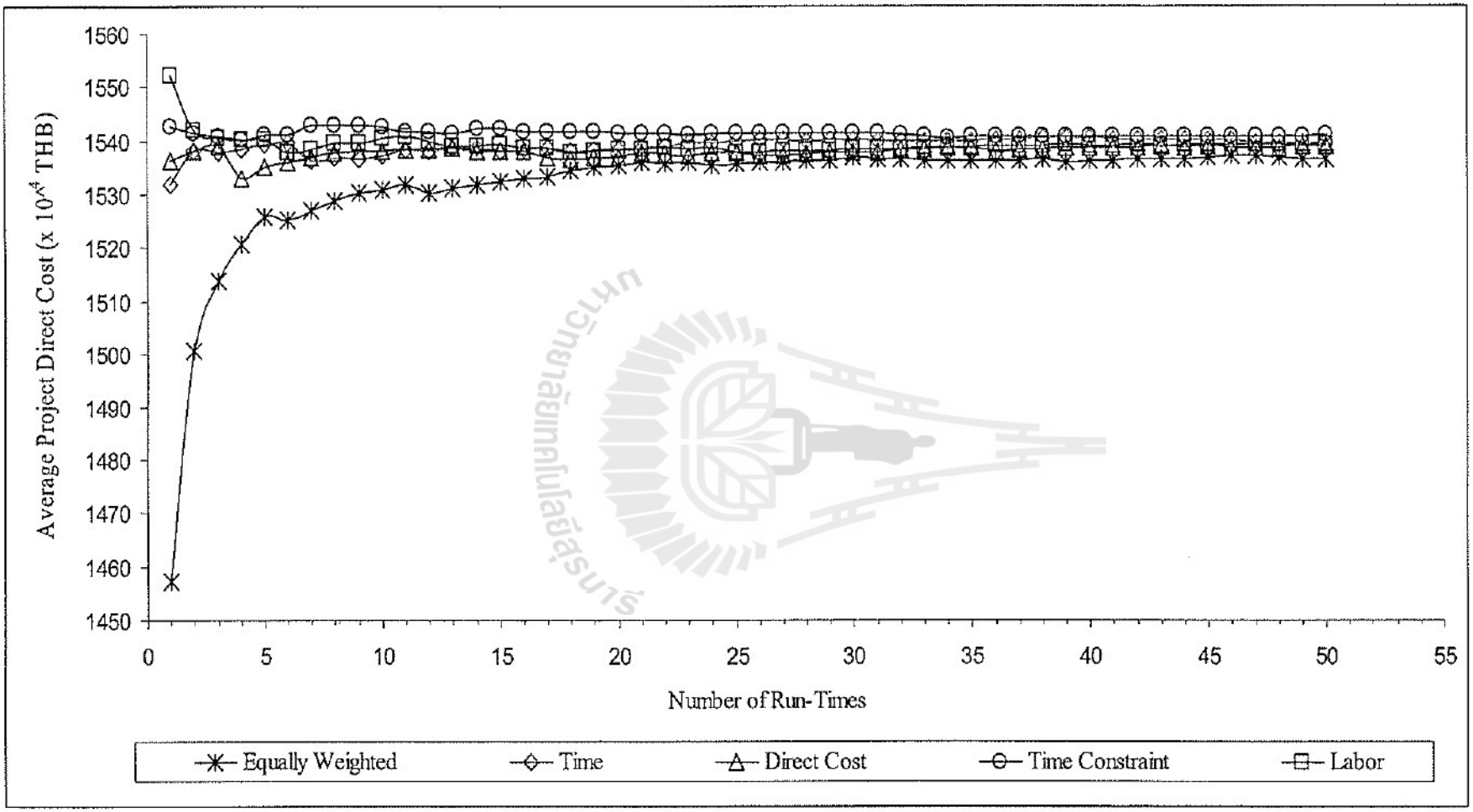
รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบ รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบ และรูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบทุกกราฟจะประกอบด้วยเส้นกราฟ 5 เส้น อันได้แก่ เส้นกราฟที่แสดงผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้เท่ากับ 1 ในทุกพจน์เป้าหมาย (สัญลักษณ์–✳–) เส้นกราฟที่แสดงผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไปที่พจน์เป้าหมายด้านระยะเวลา (สัญลักษณ์–○–) เส้นกราฟที่แสดงผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไปที่พจน์ต้นทุนทางตรง (สัญลักษณ์–△–) เส้นกราฟที่แสดงผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการกำหนด ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไปที่พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลา (สัญลักษณ์–⊖–) และเส้นกราฟที่แสดงผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณเมากไปที่พจน์เป้าหมายด้านจำนวนแรงงาน (สัญลักษณ์–⊟–) จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่อจำนวนตัวอย่างสำหรับใช้ในการทดสอบมี

ค่าอย่างน้อยเท่ากับ 40 ตัวอย่างขึ้นไปได้ทำให้เส้นกราฟทุกเส้นมีความชันของเส้นกราฟเข้าสู่ศูนย์ หมายความว่าหากต้องการให้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานมีความน่าเชื่อถือควรทำการทดสอบด้วยจำนวนตัวอย่างอย่างน้อยที่สุด 40 ตัวอย่างขึ้นไป สำหรับค่าผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานพบว่าเส้นกราฟจะมีค่าความชันเข้าสู่ศูนย์เมื่อมีค่าจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 20 ตัวอย่างขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และค่าผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงานจะให้ค่าผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้เมื่อมีการทดสอบด้วยจำนวนตัวอย่างอย่างน้อย 40 ตัวอย่างขึ้นไปดังเห็นได้จากรูปที่ 4.3 ที่เส้นกราฟเริ่มมีความชันเข้าสู่ศูนย์ จากผลลัพธ์ในการทดสอบเกี่ยวกับจำนวนตัวอย่างและจากงานวิจัยของ อำนาจ วังจีน (2550) เกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่ได้พูดถึงจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดสอบ ทำให้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 50 ตัวอย่างกับทุกการทดสอบในลำดับถัดไป เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ดังกล่าวมีการกระจายตัวแบบปกติสำหรับนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA อีกทั้งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือต่อผลลัพธ์ที่ได้อีกด้วย

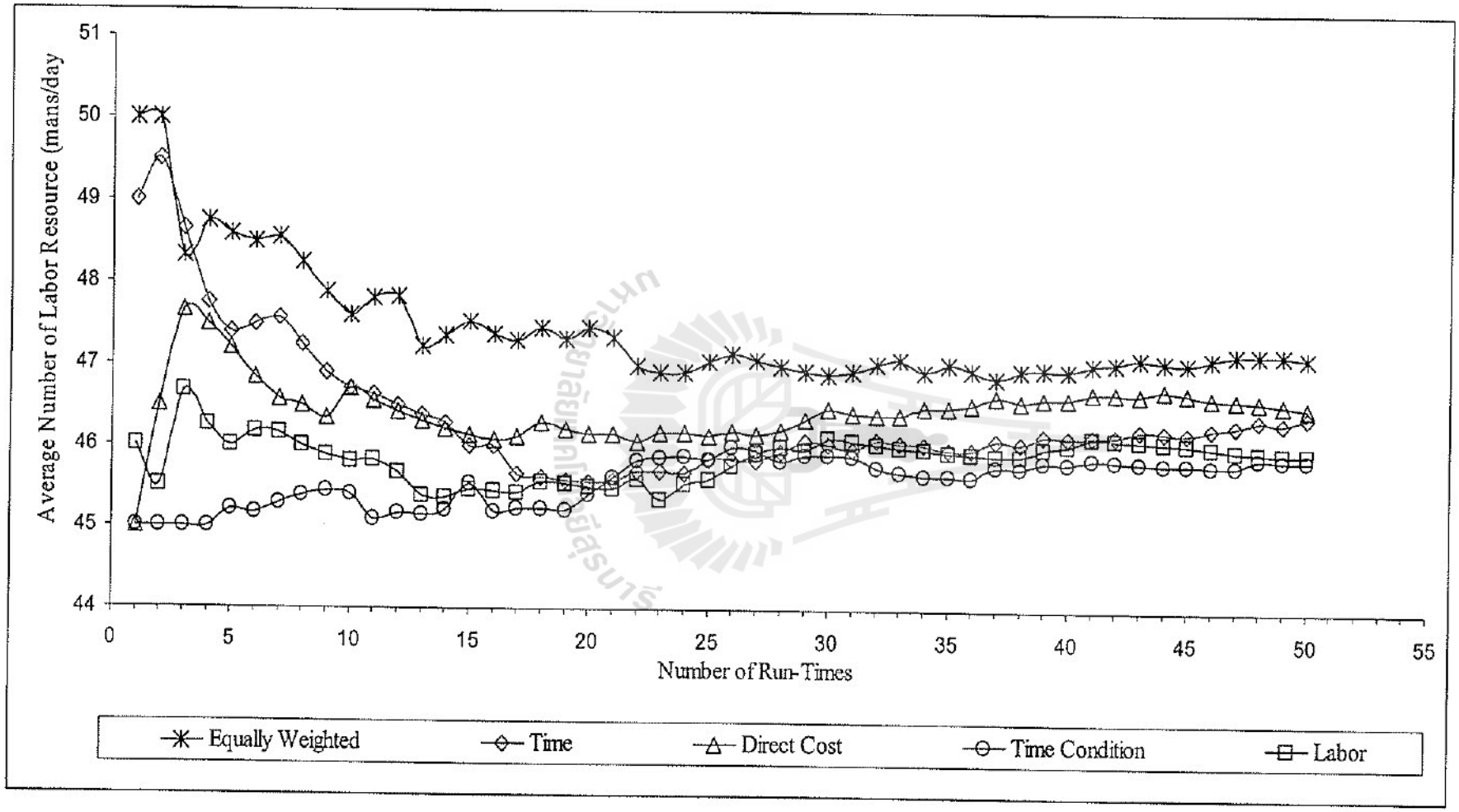
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบ



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบ



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงานกับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

4.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบการให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม

จากการทดสอบด้วยการให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไปที่แต่ละพจน์เป้าหมายในสมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยการทดสอบได้กำหนดให้ค่าน้ำหนักในปริมาณมากมีค่าเท่ากับ 100 และใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบทั้งสิ้น 50 ตัวอย่าง ได้ให้ชุดผลลัพธ์อันประกอบด้วยผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานโครงการ ผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการและผลลัพธ์ด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงาน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 6 ในภาคผนวก ข เมื่อทำการพิจารณาเลือกหาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละด้านของผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากไปในแต่ละพจน์เป้าหมายในการบริหารงานโครงการ โดยค่าที่เลือกมาได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จากค่าผลลัพธ์จะพบว่าไม่มีชุดผลลัพธ์ใดที่ให้ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงาน ผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานและผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงานด้วยค่าน้อยที่สุดพร้อมกันทั้งสามผลลัพธ์ดังกล่าวแต่เมื่อทำการพิจารณาไปในทุกชุดผลลัพธ์สำหรับการให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีสำหรับนำไปใช้ในการวางแผนงานพบว่าการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากไปที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน (ชุดผลลัพธ์ที่ 7) จะให้ชุดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด กล่าวคือชุดผลลัพธ์ดังกล่าวได้ให้ค่าระยะเวลาในการทำงานโครงการด้วยตัวเลขที่น้อยที่สุดเท่ากับ 181 วันโดยใช้ต้นทุนทางตรงในการทำงานเท่ากับ 15,400,000 บาท และจำนวนคนในการทำงานต่อวันมากสุดที่ 45 คน (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) จากชุดผลลัพธ์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาไปที่ผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานจะเห็นได้ว่าชุดผลลัพธ์นี้ไม่ได้ให้ค่าต้นทุนทางตรงในการทำงานด้วยตัวเลขต่ำที่สุดเพราะค่าต้นทุนในการทำงานต่ำสุดจะอยู่ที่ชุดผลลัพธ์ที่ 14 แต่ชุดผลลัพธ์ที่ 14 กับต้องใช้เวลาในการทำงานโครงการให้เสร็จที่ 203 วันด้วยจำนวนคนงานมากสุดต่อวันที่ 47 คน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วชุดผลลัพธ์ที่ 7 จึงดีกว่าเพราะใช้เวลาในการทำงานโครงการก่อสร้างและจำนวนคนทำงานด้วยตัวเลขที่น้อยกว่า หากทำการพิจารณาไปที่ผลลัพธ์ด้านจำนวนทรัพยากรในการทำงานที่น้อยที่สุดจะพบว่าชุดทางเลือกที่ 15 เป็นชุดทางเลือกที่ให้ค่าตัวเลขน้อยที่สุดเมื่อพิจารณาไปที่ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานจะเห็นว่าชุดผลลัพธ์ที่ 7 ได้ให้เวลาในการทำงานโครงการด้วยตัวเลขที่น้อยกว่าอยู่ 14 วัน โดยใช้ต้นทุนทางตรงในการทำงานด้วยตัวเลขที่ใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าหากทำการเพิ่มจำนวนคนงานให้มากขึ้น 5 คนจะทำให้เสร็จงานได้เร็วขึ้นถึง 14 วันทำให้มีความเหมาะสมสำหรับการนำชุดผลลัพธ์ที่ 7 ไปใช้ในการทำงานมากกว่าจึงสามารถสรุปได้ว่าการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากควรกำหนดไปที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานเพราะจะทำให้ได้ชุดผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงาน ต้นทุนทางตรงในการทำงานและจำนวนทรัพยากรแรงงานในการทำงานจากแบบจำลองด้วยค่าตัวเลขสำหรับการวางแผนที่น้อยกว่าการให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากไม่ที่พจน์เป้าหมายอื่นในสมการวัตถุประสงค์

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ที่สุดที่ได้จากการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในแต่พจน์เป้าหมาย

ชุดผลลัพธ์	ค่าถ่วงน้ำหนัก				ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง		
	เวลา	ต้นทุนทางตรง	เงื่อนไขเวลา	ทรัพยากรแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	1	1	1	1	185	1,537	49
2	1	1	1	1	203	1,516	48
3	1	1	1	1	195	1,534	40
4	100	1	1	1	192	1,515	48
5	100	1	1	1	192	1,515	48
6	100	1	1	1	195	1,542	40
7	1	100	1	1	181	1,540	45
8	1	100	1	1	203	1,515	47
9	1	100	1	1	195	1,535	44
10	1	1	100	1	185	1,536	45
11	1	1	100	1	195	1,528	44
12	1	1	100	1	195	1,534	40
13	1	1	1	100	185	1,542	45
14	1	1	1	100	203	1,514	47
15	1	1	1	100	195	1,532	40

4.4 ผลลัพธ์จากการทดสอบเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงาน

การทดสอบเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานต่อผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ด้วยวิธีโปรแกรมชนิดหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมาย (Multi-Objective Goal Programming) แบบจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Binary Integer Programming) ในการทดสอบได้กำหนดลำดับการให้ค่าถ่วงน้ำหนักในปริมาณมากจากผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 4.3 โดยให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานด้วยค่าตัวเลขเท่ากับ 75 และให้ค่าถ่วงน้ำหนักในลำดับถัดไปอยู่ที่พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลาและพจน์เป้าหมายด้านจำนวนแรงงานในการทำงานด้วยค่าที่เท่า ๆ กัน คือ 10 และให้ค่าตัวเลขถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 5 สำหรับพจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาเป็นลำดับสุดท้าย ในการทดสอบข้อที่ 3.4.2 กรณี 3ก และ 3ข แต่ข้อที่ 3.4.2 กรณี 3ค ได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักในลำดับที่หนึ่ง

ไปที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงด้วยค่าตัวเลขที่เท่ากับในข้อที่ 3.4.2 กรณี 3ก และ 3ข ขณะที่ค่าถ่วงน้ำหนักในลำดับที่สองจะให้ค่าตัวเลขเท่ากับ 20 ที่พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลา (เนื่องจากการทดสอบในข้อที่ 3.4.2 กรณี 3ค จะไม่พิจารณาเรื่องจำนวนแรงงานทำให้พจน์เป้าหมายแรงงานถูกตัดออกไป) ในการทำงานและลำดับค่าถ่วงน้ำหนักลำดับสุดท้ายที่พจน์ด้านระยะเวลาด้วยตัวเลขเท่ากับ 5 หลังจากกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักจึงเริ่มทำการทดสอบหาค่าผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นตามกรณีในการทดสอบที่ได้นำเสนอไว้โดยในการทดสอบแต่ละกรณีจะใช้จำนวนครั้งในการหาผลลัพธ์ทั้งสิ้น 50 ครั้ง ข้อมูลของผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองดังกล่าวถูกนำแสดงไว้ในตารางที่ ก6 ถึงตารางที่ ก8 ในภาคผนวก ก.

ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดได้ถูกนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทำงานโครงการและต้นทุนทางตรง ดังรูปที่ 4.4 และกราฟแสดงค่า Opitmal Pareto Front ดังรูปที่ 4.5 กราฟทั้งสองจะแสดงอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างกับจำนวนวันในการทำงานโครงการและต้นทุนทางตรงที่ใช้ในการทำงานโครงการ เมื่อพิจารณาที่รูปดังกล่าวพบว่า

1) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่ไม่ได้กำหนดเงื่อนไขจำนวนแรงงานแต่มีการตั้งเป้าหมายจำนวนแรงงานไว้ (แทนด้วยสัญลักษณ์ ■) กับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่ไม่ได้มีการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง (แทนด้วยสัญลักษณ์ ●) ได้ให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน เพราะตำแหน่งจุดผลลัพธ์จากทั้งสองกรณีจะอยู่ในบริเวณเดียวกัน

2) ตำแหน่งของผลลัพธ์ที่ได้มีการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาสร้างแบบจำลอง (แทนด้วยสัญลักษณ์ ▲) จะอยู่ในตำแหน่งด้านล่างค่อนไปทางขวาของกราฟ ในขณะที่ผลลัพธ์ที่ได้จากการไม่ได้พิจารณษประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจะอยู่ในตำแหน่งสูงกว่ากรณีการนำประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาสร้างแบบจำลองโดยมีลักษณะการกระจายตัวตามแนวนอน

3) ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละกรณีของการทดสอบเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ได้เลือกจากกราฟค่า Opitmal Pareto Front ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 จากค่าในตารางดังกล่าวจะพบว่าค่าระยะเวลาโครงการจะมีค่าตัวเลขที่ใกล้กันหากแต่เมื่อนำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาตั้งเป็นเป้าหมายและเงื่อนไขให้กับแบบจำลองจะทำให้ได้ค่าตัวเลขต้นทุนทางตรงและจำนวนคนงานมากสุดต่อวันตลอดระยะเวลาโครงการด้วยค่าที่น้อยกว่าการไม่นำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง

จากลักษณะดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่าการนำประเด็นด้านจำนวนแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจะทำให้โครงการสามารถหาแผนงานสำหรับทำงานโดยใช้ต้นทุนทางตรงด้วยตัวเลขที่น้อยกว่าแม้ว่าจะใช้จำนวนเวลาในการทำงานมากกว่าซึ่งเป็นผลมากจากการตั้งค่าตัวเลขของจำนวนคนงานที่โครงการมีหรือได้มีการวางแผนด้านจำนวนคนไว้ในเบื้องต้นก่อนการทำงานส่งผลให้แบบจำลองพยายามเลือกระยะเวลาสำหรับแต่ละกิจกรรมในการทำงานโครงการให้สอดคล้องกับ

จำนวนแรงงานที่โครงการมีหรือสามารถหาได้และการกำหนดค่าจำนวนคนงานจะทำให้พื้นที่ของคำตอบสำหรับแบบจำลองจะมีขนาดที่แคบกว่าในกรณีที่ไม่ได้มีการพิจารณาด้านจำนวนแรงงานในการสร้างแบบจำลองที่จะมีพื้นที่คำตอบมากกว่า ทำให้จุดคำตอบมีการกระจายตัวไปตลอดแนวแกนนอน การที่ไม่มีการกำหนดจำนวนแรงงานให้แบบจำลองทำให้ในการคำนวณแบบจำลองไม่ได้ให้ความสำคัญกับจำนวนแรงงานดังนั้นแบบจำลองจึงเลือกเวลาในการทำงานให้สอดคล้องกับต้นทุนเท่านั้นส่งผลได้แผนในการทำงานด้วยตัวเลขคนงานที่สูง (ดังแสดงในรูปที่ 4.5) การที่ต้องใช้คนจำนวนมากในการทำงานจะทำให้โครงการต้องใช้ต้นทุนทางตรงในการทำงานด้วยตัวเลขที่สูง

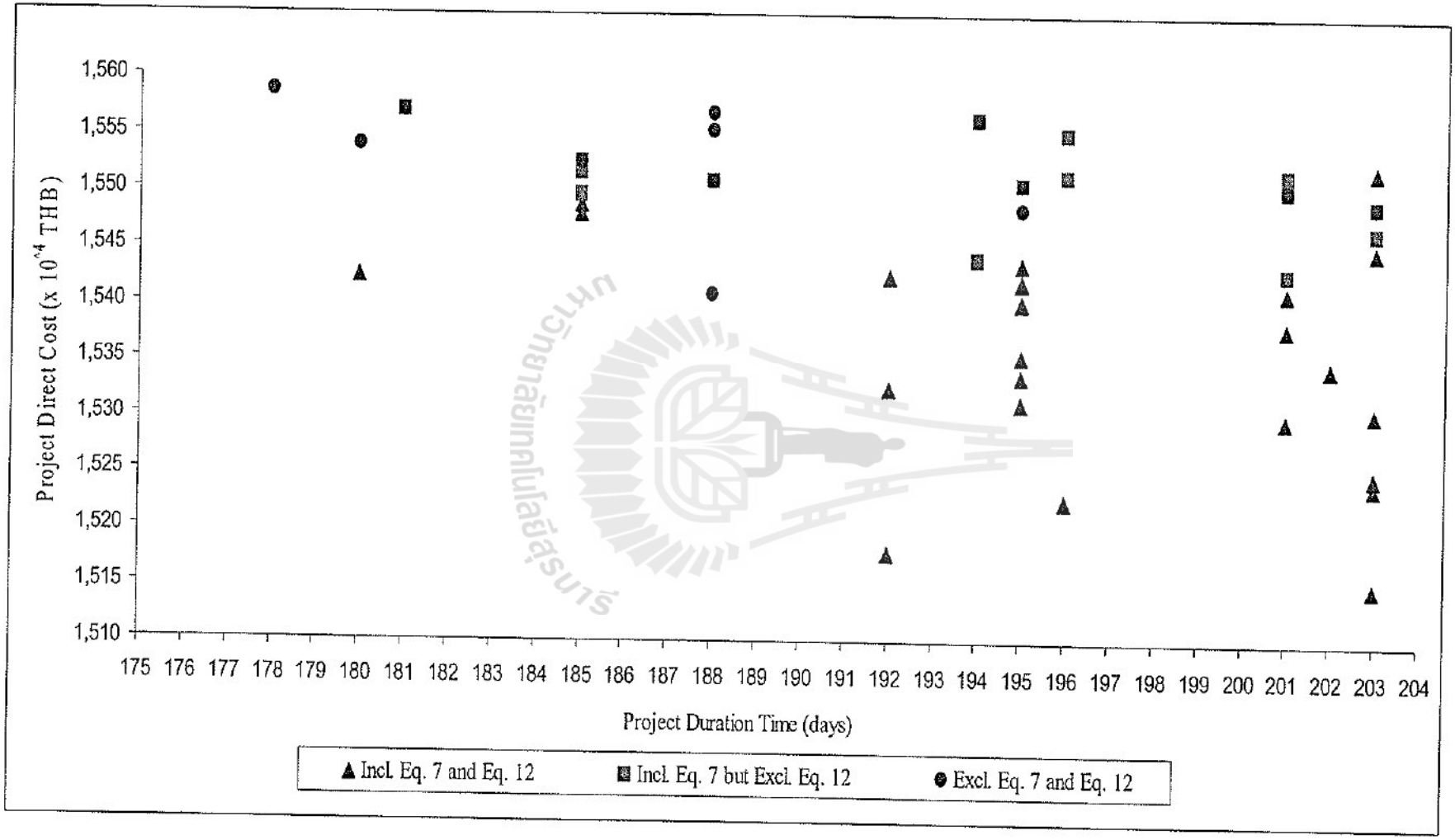
นอกจากนี้ผลลัพธ์จากการทดสอบดังกล่าวได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA จากการวิเคราะห์ผลดังกล่าวจะพบว่า ค่า F จากผลลัพธ์ด้านระยะเวลามีค่าเท่ากับ 3.50 ค่า F จากผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงมีค่าเท่ากับ 75.68 และค่า F จากผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานมีค่าเท่ากับ 244.62 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า F_{crit} ที่มีค่าเท่ากับ 3.06 (ดังแสดงในตารางที่ 4.3) ดังนั้นทำให้สมมติฐานที่ได้ตั้งไว้เบื้องต้น (H_0)ได้ถูกปฏิเสธ หมายความว่าประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมีผลต่อการคำนวณหาผลลัพธ์ของแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน

ตารางที่ 4.2 ชุดผลลัพธ์ Optimal Pareto ที่ได้จากการทดสอบเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

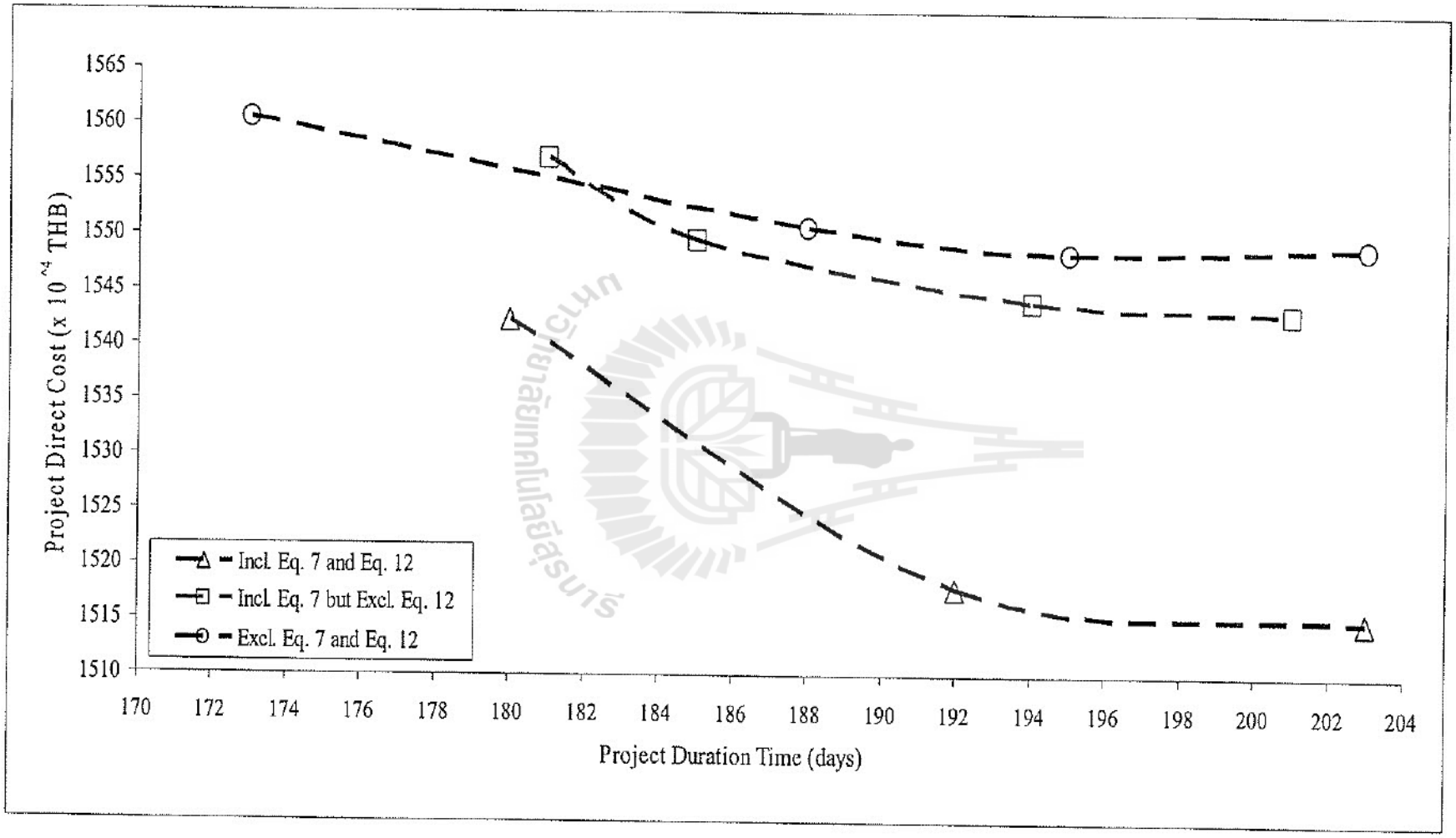
กรณีการทดสอบ	สมการที่		ค่าตัวเลขผลลัพธ์		
	3.7	3.12	ระยะเวลา (วัน)	ต้นทุนทางตรง (x 10^4บาท)	จำนวนคนงานมากสุดต่อวัน (คน)
3 ก	มี	มี	203	1,515	48
3 ข	มี	ไม่มี	201	1,543	59
3 ค	ไม่มี	ไม่มี	203	1,549	87

ตารางที่ 4.3 ผลสรุปจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA

ผลลัพธ์ด้าน	ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA	
	ค่า F	ค่า F_{crit}
ระยะเวลา	3.50	3.06
ต้นทุนทางตรง	75.68	3.06
จำนวนแรงงาน	244.62	3.06



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและต้นทุนทางตรงในการทำงานโครงการ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า Optimal Pareto Front จากชุดผลลัพธ์ Optimal Pareto Solution ที่ได้จากการทดสอบ

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้เสนอสมการโจทย์สำหรับการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Multi-Objective Goal Programming and Binary Integer Programming) การสร้างสมการโจทย์ในงานวิจัยนี้ได้นำเป้าหมายในการบริหารงานโครงการก่อสร้างอันได้แก่ ระยะเวลาในการทำงาน ต้นทุนทางตรงในการทำงาน เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย เงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาของแต่ละกิจกรรมและเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างสมการให้กับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) แบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ในครั้งนี้ได้จะนำมาใช้แก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) ด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) และทำการทดสอบแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรง และจำนวนแรงงานสำหรับใช้ในการวางแผนงานด้วยข้อมูลในการทำงานจริงในโครงการก่อสร้าง

ในการสร้างสมการโจทย์ด้วยการนำวิธีโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็มเลขฐานสอง (Multi-Objective Goal Programming and Binary Integer Programming) มาใช้ในการสร้างสมการพบว่าวิธีดังกล่าวนี้จะทำให้ใช้จำนวนสมการสำหรับนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองมีจำนวนลดลงส่งผลให้แบบจำลองที่ได้มีขนาดเล็กลงในขณะเดียวกันได้ทำให้ทุกเป้าหมายในการทำงานมีความสำคัญที่เท่ากันเพราะค่าผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของปัญหาไม่ได้เน้นไปที่เป้าหมายในด้านใดด้านหนึ่งหากแต่พิจารณาที่ผลรวมอันเนื่องมาจากผลลัพธ์ของผลต่างจากทุกเป้าหมายที่ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการ วิธีแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม Evolver ที่ทำงานด้วยหลักการขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) ก็มีความสะดวกในการใช้งานและให้ค่าผลลัพธ์ที่รวดเร็วและเชื่อถือได้

แบบจำลองที่ได้สร้างจากสมการโจทย์ที่เสนอในงานวิจัยนี้ได้นำมาใช้ทดสอบ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี อันได้แก่ การทดสอบเพื่อหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม การทดสอบการให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมกับแต่ละพจน์เป้าหมายในสมการโจทย์และการทดสอบเงื่อนไขจำนวนทรัพยากรแรงงานต่อผลลัพธ์จากแบบจำลอง จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของทุกผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าคงที่ตั้งแต่จำนวนตัวอย่างที่ 50 ตัวอย่างขึ้นไป ขณะที่การให้ค่าถ่วงน้ำหนัก

ในปริมาณมากไปที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรงจะทำให้ได้ค่าตัวเลขในการทำงานโครงการที่ดีกว่าจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักไปที่พจน์เป้าหมายด้านอื่น ๆ ในสมการวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้พบว่าแบบจำลองที่ได้นำประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานมาใช้ในการสร้างแบบจำลองจะให้ค่าตัวเลขต้นทุนทางตรงในการทำงานที่น้อยกว่าการไม่นำประเด็นดังกล่าวมาใช้ในการสร้างแบบจำลองอีก ในขณะเดียวกันแผนงานด้านระยะเวลาที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างจากประเด็นด้านจำนวนแรงงานยังสอดคล้องกับจำนวนคนงานที่โครงสามารถจัดหามาได้หรือที่โครงการได้มีการวางแผนด้านแรงงานไว้ก่อนเริ่มโครงการแล้วซึ่งจะทำให้โครงการลดความเสี่ยงจากความล่าช้าในการทำงานอันเนื่องมาจากการขาดแคลนแรงงานในการทำงานโครงการก่อสร้าง

แบบจำลองที่สร้างขึ้นจากสมการโจทย์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้จะเป็นเครื่องมือหนึ่งให้กับผู้รับเหมาก่อสร้างที่ประสบปัญหาเรื่องการขาดแคลนจำนวนทรัพยากรแรงงานเพื่อใช้กำหนดแรงงานที่มีเพื่อใช้คำนวณหาระยะเวลาในการทำงานให้กับโครงการก่อสร้างที่สัมพันธ์กับจำนวนแรงงานที่มีอยู่ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถนำมาใช้ในการบริหารงานโครงการให้ประสบผลสำเร็จในการบริหารงานโครงการทั้งด้านระยะเวลาและต้นทุนในการทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่การสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในกระบวนการวางแผนงานด้านระยะเวลาสำหรับโครงการก่อสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับประเด็นด้านจำนวนแรงงานที่โครงการสามารถหามาได้ ทำให้ไม่ได้ทำการวิจัยในเชิงลึกถึงประเด็นด้านจำนวนแรงงานที่ขาดแคลนในการทำงานโครงการก่อสร้างว่าแรงงานที่ขาดแคลนส่วนใหญ่เป็นแรงงานด้านใด ขาดแคลนในช่วงระยะเวลาใดในหนึ่งปี และอัตราการขาดแคลนเป็นเช่นไร ซึ่งจะเป็นประเด็นสำหรับงานวิจัยในอนาคตต่อไป

ค่าผลลัพธ์ด้านระยะเวลา ต้นทุนทางตรงและจำนวนแรงงานที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองในงานวิจัยนี้เป็นเป็นผลลัพธ์จากการกำหนดค่าจำนวนแรงงานมากสุดที่ 50 คนต่อวันซึ่งในการนำไปใช้สามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวเลขจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันได้เพื่อให้แบบจำลองคำนวณหาระยะเวลาในการทำงานและต้นทุนทางตรงสำหรับการทำงานที่เหมาะสมกับค่าตัวเลขจำนวนแรงงานมากสุดต่อวันได้ โดยผลลัพธ์ทั้ง 3 ด้านจะนำไปใช้กับโปรแกรมการบริหารงานด้านเวลา เช่น ไมโครซอฟท์โปรแจค (Microsoft Project) หรือ โปรแกรม Primavera ต่อไป

งานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อในด้านการวางแผนด้านกระแสเงินสดในโครงการก่อสร้างเพื่อให้โครงการสามารถจัดการบริหารกระแสเงินสดของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

รายการอ้างอิง

อำนาจ วังจีน (2550). ทางออกของการใช้ One-Way ANOVA กับการวิจัยทางสังคมศาสตร์เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนด. **วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2550.**

Bartusch, M., Möhring, R. H., and Radermacher, F. J. (1988). Scheduling project networks with resource constraints and time windows. **Ann. Operat. Res.**, 16, 201–240.

Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., and Pesch, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. **Eur. J. Oper. Res.**, 112, 3–41.

Chassiakos, A. P., and Sakellaropoulos, S. P. (2005). Time-cost optimization of construction projects with generalized activity constraints. **J. Constr. Eng. Manage**, 131(10), 1115-1124.

Chong, E. K. P., and Zak, S. H. (2008). **An Introduction to Optimization. 3rd Edition**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Elmaghraby, S. E., and Kamburowski, J. (1992). The analysis of activity networks under generalized precedence relations. **Manage. Sci.**, 38, 1245–1263.

Evolver: **Genetic Algorithm Optimization Software for Excel-Palisade** [Online]. Available: http://www.palisade.com/evolver

Feng, C. W., Liu, L., and Burns, S. A. (1997). Using genetic algorithms to solve construction time-cost trade-off problems. **J. Comput. Civ. Eng.**, 11(3), 184–189.

Goldberg, D. E. (1989). **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**. United States of America: Addison Wesley Longman.

Genetic Algorithm [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_algorithm

Hillier, F. S., and Lieberman, G. J. (2001). **Introduction to Operations Research**. New York: McGraw Hill.

Leu, S. S., and Yang, C. H. (1999). GA-based multicriteria optimal model for construction scheduling. **J. Constr. Eng. Manage.**, 125(6), 420–427.

Man, K.F., Tang, K.S. and Kwong, S. (1999). **Genetic Algorithms Concepts and Designs**. Great Britain: Springer-Verlag London.

Neumann, K., and Zhan, J. (1995). Heuristics for the minimum project duration problem with minimal and maximal time lags under fixed resource constraints. **J. Intell. Manufact.**, 6, 145–154.

O'Brien, W. J., and Fischer, M. A. (2000). Importance of capacity constraints to construction cost and schedule. **J. Constr. Eng. Manage.**, 126(5), 366–373.

Rardin, R. L. (1998). **Optimization in Operations Research**. New Jersey: Prentice-Hall.

Ragsdale, C. T. (2004). **Spreadsheet Modeling & Decision Analysis** : A Practical Introduction to Management Science. 4th Edition. Ohio: Thomson South-Western.

Shtub, A., Bard, J., and Globerson, S. (1994). **Project management: Engineering, technology and implementations**, Prentice Hall International Eds., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 382–392.

Walker, R. C. (1999). **Introduction to Mathematical Programming**, New Jersey: Prentice-Hall.

Yu, S. S., June, C. S., and Dah, C. G. (2009). **Genetic Algorithms Application to a Production-Inventory Model of Imperfect Process with Deteriorating Items under two Dispatching Policies**. International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization.

Zheng, D. X. M., Ng, S. T., and Kumaraswamy, M. M. (2004). Applying a genetic algorithm-based multiobjective approach for time-cost optimization. **J. Constr. Eng. Manage**, 130(2), 168–176.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ผลลัพธ์จากการทดสอบข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก1 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากันในทุกพจน์เป้าหมายในการทำงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	202	1,457	50	202	1,457	50
2	203	1,544	50	203	1,501	50
3	195	1,540	45	200	1,514	48
4	201	1,541	50	200	1,521	49
5	195	1,546	48	199	1,526	49
6	203	1,524	48	200	1,525	49
7	185	1,537	49	198	1,527	49
8	195	1,542	46	197	1,529	48
9	195	1,540	45	197	1,530	48
10	195	1,536	45	197	1,531	48
11	192	1,541	50	196	1,532	48
12	203	1,516	48	197	1,530	48
13	195	1,542	40	197	1,531	47
14	185	1,539	49	196	1,532	47
15	201	1,541	50	196	1,533	48
16	195	1,540	45	196	1,533	47
17	195	1,541	46	196	1,533	47
18	203	1,552	50	197	1,534	47
19	185	1,549	45	196	1,535	47
20	192	1,542	50	196	1,536	47
21	192	1,542	45	196	1,536	47
22	195	1,534	40	196	1,536	47
23	192	1,541	45	195	1,536	47
24	203	1,525	47	196	1,536	47
25	201	1,541	50	196	1,536	47
26	201	1,541	50	196	1,536	47
27	195	1,540	45	196	1,536	47

ตารางที่ ก1 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากันในทุกพจน์เป้าหมายในการทำงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
28	195	1,540	45	196	1,536	47
29	195	1,540	45	196	1,536	47
30	203	1,552	46	196	1,537	47
31	203	1,524	48	196	1,537	47
32	201	1,541	50	197	1,537	47
33	2203	1,529	49	197	1,536	47
34	195	1,531	42	197	1,536	47
35	201	1,541	50	197	1,536	47
36	195	1,535	44	197	1,536	47
37	195	1,534	44	197	1,536	47
38	188	1,548	50	197	1,537	47
39	203	1,516	48	197	1,536	47
40	195	1,542	46	197	1,536	47
41	192	1,542	50	197	1,536	47
42	199	1,540	48	197	1,536	47
43	201	1,543	50	197	1,537	47
44	195	1,539	45	197	1,537	47
45	203	1,552	46	197	1,537	47
46	195	1,541	50	197	1,537	47
47	201	1,540	50	197	1,537	47
48	203	1,526	47	197	1,537	47
49	196	1,523	47	197	1,537	47
50	195	1,536	45	197	1,537	47

ตารางที่ ก2 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	203	1,532	49	203	1,532	49
2	192	1,544	50	198	1,538	50
3	195	1,537	47	197	1,538	49
4	195	1,540	45	196	1,538	48
5	195	1,544	46	196	1,539	47
6	203	1,541	48	197	1,540	48
7	203	1,516	48	198	1,536	48
8	192	1,541	45	197	1,537	47
9	195	1,535	44	197	1,537	47
10	195	1,540	45	197	1,537	47
11	203	1,552	46	197	1,538	47
12	195	1,536	45	197	1,538	47
13	192	1,542	45	197	1,539	46
14	195	1,540	45	197	1,539	46
15	195	1,531	42	197	1,538	46
16	195	1,542	46	196	1,538	46
17	195	1,542	40	196	1,539	46
18	201	1,527	45	197	1,538	46
19	192	1,542	45	196	1,538	46
20	199	1,541	45	197	1,538	46
21	195	1,544	46	196	1,539	46
22	195	1,544	48	196	1,539	46
23	203	1,552	46	197	1,539	46
24	195	1,540	45	197	1,540	46
25	203	1,547	50	197	1,540	46
26	203	1,552	46	197	1,540	46
27	192	1,542	45	197	1,540	46

ตารางที่ ก2 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านระยะเวลาในการทำงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
28	203	1,532	49	197	1,540	46
29	201	1,541	50	197	1,540	46
30	199	1,541	45	197	1,540	46
31	195	1,534	44	197	1,540	46
32	201	1,541	50	197	1,540	46
33	195	1,540	45	197	1,540	46
34	192	1,542	45	197	1,540	46
35	195	1,535	44	197	1,540	46
36	203	1,552	46	197	1,540	46
37	194	1,543	50	197	1,540	46
38	192	1,542	45	197	1,540	46
39	201	1,541	50	197	1,540	46
40	195	1,540	45	197	1,540	46
41	203	1,532	47	197	1,540	46
42	195	1,544	46	197	1,540	46
43	201	1,541	50	197	1,540	46
44	192	1,541	45	197	1,540	46
45	192	1,542	45	197	1,540	46
46	203	1,532	49	197	1,540	46
47	192	1,515	48	197	1,540	46
48	201	1,541	50	197	1,540	46
49	195	1,540	45	197	1,540	46
50	192	1,542	50	197	1,540	46

ตารางที่ ก3 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรง

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	195	1,536	45	195	1,536	45
2	195	1,540	48	195	1,538	47
3	201	1,541	50	197	1,539	48
4	203	1,515	47	199	1,533	48
5	195	1,544	46	198	1,535	47
6	195	1,540	45	197	1,536	47
7	192	1,542	45	197	1,537	47
8	195	1,544	46	196	1,538	47
9	192	1,542	45	196	1,538	46
10	201	1,538	50	196	1,538	47
11	195	1,540	45	196	1,538	47
12	195	1,540	45	196	1,539	46
13	195	1,540	45	196	1,539	46
14	195	1,529	45	196	1,538	46
15	195	1,540	45	196	1,538	46
16	195	1,540	45	196	1,538	46
17	203	1,516	47	196	1,537	46
18	203	1,532	49	197	1,537	46
19	195	1,540	45	197	1,537	46
20	195	1,540	45	197	1,537	46
21	203	1,552	46	197	1,538	46
22	195	1,535	44	197	1,538	46
23	203	1,529	49	197	1,537	46
24	203	1,552	46	197	1,538	46
25	181	1,540	45	197	1,538	46
26	192	1,517	48	196	1,537	46
27	199	1,541	45	197	1,537	46

ตารางที่ ก3 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านต้นทุนทางตรง (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
28	195	1,546	48	196	1,538	46
29	201	1,541	50	197	1,538	46
30	201	1,541	50	197	1,538	46
31	199	1,541	45	197	1,538	46
32	203	1,552	46	197	1,538	46
33	195	1,542	46	197	1,538	46
34	192	1,544	50	197	1,539	47
35	195	1,541	46	197	1,539	46
36	203	1,522	48	197	1,538	47
37	201	1,540	50	197	1,538	47
38	192	1,542	45	197	1,538	47
39	195	1,546	48	197	1,539	47
40	195	1,544	46	197	1,539	47
41	201	1,541	50	197	1,539	47
42	199	1,533	47	197	1,539	47
43	203	1,552	46	197	1,539	47
44	188	1,534	49	197	1,539	47
45	192	1,542	45	197	1,539	47
46	195	1,535	44	197	1,539	47
47	195	1,541	46	197	1,539	47
48	195	1,539	45	197	1,539	47
49	192	1,542	45	197	1,539	47
50	192	1,542	45	197	1,539	47

ตารางที่ ก4 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลา

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	192	1,542	45	192	1542	45
2	195	1,540	45	194	1541	45
3	195	1,540	45	194	1541	45
4	195	1,538	45	194	1540	45
5	195	1,544	46	194	1541	45
6	192	1,542	45	194	1541	45
7	203	1,552	46	195	1543	45
8	195	1,544	46	195	1543	45
9	195	1,544	46	195	1543	45
10	195	1,540	45	195	1543	45
11	195	1,531	42	195	1542	45
12	195	1,542	46	195	1542	45
13	195	1,540	45	195	1542	45
14	203	1,552	46	196	1542	45
15	201	1,541	50	196	1542	46
16	195	1,534	40	196	1542	45
17	195	1,542	46	196	1542	45
18	192	1,542	45	196	1542	45
19	195	1,540	45	196	1542	45
20	203	1,536	49	196	1541	45
21	201	1,541	50	196	1541	46
22	192	1,542	50	196	1541	46
23	195	1,537	47	196	1541	46
24	195	1,544	46	196	1541	46
25	199	1,541	45	196	1541	46
26	195	1,544	50	196	1541	46
27	192	1,542	45	196	1541	46

ตารางที่ ก4 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านข้อกำหนดเวลา (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
28	188	1,537	42	196	1541	46
29	195	1,546	48	196	1541	46
30	195	1,541	46	196	1541	46
31	185	1,536	45	195	1541	46
32	195	1,531	42	195	1541	46
33	195	1,534	44	195	1541	46
34	195	1,528	44	195	1540	46
35	203	1,552	46	195	1541	46
36	192	1,542	45	195	1541	46
37	199	1,539	50	195	1541	46
38	192	1,542	45	195	1541	46
39	195	1,541	49	195	1541	46
40	195	1,540	45	195	1541	46
41	195	1,546	48	195	1541	46
42	192	1,542	45	195	1541	46
43	195	1,540	45	195	1541	46
44	195	1,536	45	195	1541	46
45	195	1,544	46	195	1541	46
46	199	1,541	45	195	1541	46
47	195	1,542	46	195	1541	46
48	201	1,541	50	195	1541	46
49	192	1,542	45	195	1541	46
50	203	1,552	46	196	1541	46

ตารางที่ ก5 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	203	1,552	46	203	1552	46
2	192	1,532	45	198	1542	46
3	195	1,537	49	197	1540	47
4	195	1,540	45	196	1540	46
5	195	1,540	45	196	1540	46
6	203	1,525	47	197	1538	46
7	195	1,542	46	197	1538	46
8	185	1,549	45	195	1540	46
9	195	1,540	45	195	1540	46
10	185	1,549	45	194	1541	46
11	195	1,544	46	194	1541	46
12	195	1,528	44	194	1540	46
13	195	1,530	42	194	1539	45
14	195	1,540	45	195	1539	45
15	195	1,541	47	195	1539	45
16	201	1,529	45	195	1539	45
17	185	1,542	45	194	1539	45
18	203	1,524	48	195	1538	46
19	192	1,542	45	195	1538	46
20	195	1,540	45	195	1538	46
21	192	1,542	45	195	1538	45
22	195	1,546	48	195	1539	46
23	195	1,532	40	195	1539	45
24	192	1,544	50	195	1539	46
25	203	1,514	47	195	1538	46
26	201	1,541	50	195	1538	46

ตารางที่ ก5 ผลลัพธ์กรณีให้ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณมากที่พจน์เป้าหมายด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
27	201	1,541	50	195	1538	46
28	199	1,540	48	195	1538	46
29	192	1,542	45	195	1538	46
30	201	1,541	50	196	1538	46
31	195	1,540	45	195	1538	46
32	192	1,542	45	195	1539	46
33	192	1,542	45	195	1539	46
34	195	1,540	45	195	1539	46
35	192	1,542	45	195	1539	46
36	192	1,542	45	195	1539	46
37	192	1,542	45	195	1539	46
38	195	1,544	46	195	1539	46
39	201	1,541	50	195	1539	46
40	195	1,536	47	195	1539	46
41	202	1,535	50	195	1539	46
42	203	1,552	46	196	1539	46
43	195	1,530	45	195	1539	46
44	203	1,545	45	196	1539	46
45	195	1,540	45	196	1539	46
46	192	1,542	45	196	1539	46
47	195	1,535	44	196	1539	46
48	192	1,542	45	195	1539	46
49	195	1,540	45	195	1539	46
50	195	1,542	46	195	1539	46

ตารางที่ ก6 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ด้วยการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	195	1,534	40	195	1,534	40
2	195	1,540	45	195	1,537	43
3	201	1,541	50	197	1,538	45
4	203	1,552	46	199	1,542	45
5	195	1,540	45	198	1,541	45
6	195	1,540	45	197	1,541	45
7	185	1,548	50	196	1,542	46
8	192	1,518	50	195	1,539	46
9	203	1,552	46	196	1,541	46
10	195	1,531	42	196	1,540	46
11	196	1,523	48	196	1,538	46
12	203	1,524	47	197	1,537	46
13	195	1,544	46	196	1,537	46
14	203	1,552	46	197	1,538	46
15	192	1,542	45	197	1,539	46
16	201	1,538	50	197	1,539	46
17	195	1,542	46	197	1,539	46
18	192	1,542	45	196	1,539	46
19	195	1,540	45	196	1,539	46
20	203	1,552	46	197	1,540	46
21	203	1,545	46	197	1,540	46
22	192	1,542	45	197	1,540	46
23	195	1,540	45	197	1,540	46
24	203	1,525	47	197	1,540	46
25	192	1,542	45	197	1,540	46
26	201	1,541	50	197	1,540	46

ตารางที่ ก6 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ด้วยการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
27	180	1,542	48	196	1,540	46
28	195	1,540	45	196	1,540	46
29	192	1,542	45	196	1,540	46
30	201	1,541	50	196	1,540	46
31	201	1,541	50	196	1,540	46
32	201	1,541	50	197	1,540	47
33	195	1,540	45	197	1,540	46
34	203	1,531	49	197	1,540	47
35	195	1,544	46	197	1,540	47
36	192	1,542	45	197	1,540	47
37	203	1,552	46	197	1,540	46
38	195	1,542	50	197	1,540	47
39	195	1,540	45	197	1,540	47
40	192	1,542	45	197	1,540	47
41	195	1,540	45	196	1,540	46
42	203	1,515	48	197	1,540	47
43	185	1,549	45	196	1,540	46
44	195	1,535	44	196	1,540	46
45	201	1,541	50	196	1,540	46
46	192	1,532	45	196	1,540	46
47	201	1,530	45	196	1,540	46
48	195	1,544	46	196	1,540	46
49	203	1,552	46	197	1,540	46
50	202	1,535	50	197	1,540	46

ตารางที่ ก7 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ด้วยการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานแต่ไม่กำหนดเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	194	1,544	59	194	1,544	59
2	195	1,551	79	195	1,547	69
3	194	1,556	59	194	1,550	66
4	195	1,551	79	195	1,550	69
5	203	1,549	87	196	1,550	73
6	195	1,551	79	196	1,550	74
7	195	1,551	79	196	1,550	74
8	195	1,551	79	196	1,550	75
9	194	1,556	59	196	1,551	73
10	185	1,551	59	195	1,551	72
11	195	1,551	79	195	1,551	72
12	195	1,551	79	195	1,551	73
13	196	1,551	87	195	1,551	74
14	201	1,550	59	195	1,551	73
15	195	1,551	79	195	1,551	73
16	195	1,551	79	195	1,551	74
17	194	1,556	59	195	1,551	73
18	185	1,552	79	195	1,551	73
19	203	1,549	87	195	1,551	74
20	195	1,551	79	195	1,551	74
21	196	1,555	87	195	1,551	75
22	195	1,551	79	195	1,551	75
23	185	1,552	79	195	1,551	75
24	188	1,551	87	194	1,551	76
25	201	1,550	59	195	1,551	75
26	201	1,552	59	195	1,551	74

ตารางที่ ก7 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ด้วยการพิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงานแต่ไม่กำหนดเงื่อนไขด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
27	194	1,556	59	195	1,552	74
28	201	1,543	59	195	1,551	73
29	203	1,549	87	195	1,551	74
30	188	1,551	87	195	1,551	74
31	185	1,552	79	195	1,551	74
32	188	1,551	87	195	1,551	75
33	195	1,551	79	195	1,551	75
34	195	1,551	79	195	1,551	75
35	195	1,551	79	195	1,551	75
36	188	1,551	87	194	1,551	75
37	195	1,551	79	194	1,551	76
38	185	1,552	79	194	1,551	76
39	203	1,547	76	194	1,551	76
40	195	1,551	79	194	1,551	76
41	185	1,552	79	194	1,551	76
42	195	1,551	79	194	1,551	76
43	194	1,556	59	194	1,551	75
44	201	1,550	59	194	1,551	75
45	185	1,550	75	194	1,551	75
46	201	1,550	59	194	1,551	75
47	195	1,551	79	194	1,551	75
48	195	1,551	79	194	1,551	75
49	181	1,557	87	194	1,551	75
50	203	1,549	87	194	1,551	75

ตารางที่ ก8 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ที่ไม่พิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
1	201	1,550	59	201	1,550	59
2	195	1,551	79	198	1,550	69
3	188	1,551	87	195	1,551	75
4	195	1,551	79	195	1,551	76
5	195	1,551	79	195	1,551	77
6	195	1,551	79	195	1,551	77
7	201	1,550	59	196	1,551	74
8	178	1,559	79	194	1,552	75
9	203	1,549	87	195	1,551	76
10	185	1,552	79	194	1,551	77
11	195	1,551	79	194	1,551	77
12	201	1,550	59	194	1,551	75
13	185	1,552	79	194	1,551	76
14	201	1,550	59	194	1,551	74
15	188	1,555	79	194	1,552	75
16	195	1,551	79	194	1,551	75
17	195	1,551	79	194	1,551	75
18	188	1,551	87	194	1,551	76
19	195	1,551	79	194	1,551	76
20	180	1,554	79	193	1,552	76
21	195	1,551	79	193	1,551	76
22	203	1,549	87	194	1,551	77
23	195	1,551	79	194	1,551	77
24	195	1,551	79	194	1,551	77
25	195	1,551	79	194	1,551	77
26	195	1,551	79	194	1,551	77

ตารางที่ ก8 ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่สร้างจากสมการโจทย์ที่ไม่พิจารณาประเด็นด้านจำนวนทรัพยากรแรงงาน (ต่อ)

ครั้งที่ทดสอบ	ผลลัพธ์จากการทดสอบ			ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากการทดสอบ		
	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน	ระยะเวลา	ต้นทุนทางตรง	จำนวนแรงงาน
27	195	1,551	79	194	1,551	77
28	195	1,548	79	194	1,551	77
29	201	1,550	59	194	1,551	77
30	188	1,541	87	194	1,551	77
31	195	1,551	79	194	1,551	77
32	195	1,551	79	194	1,551	77
33	201	1,550	59	194	1,551	77
34	195	1,551	79	194	1,551	77
35	195	1,551	79	194	1,551	77
36	188	1,557	79	194	1,551	77
37	195	1,551	79	194	1,551	77
38	195	1,551	79	194	1,551	77
39	203	1,549	87	194	1,551	77
40	195	1,551	79	194	1,551	77
41	203	1,549	87	195	1,551	77
42	173	1,560	65	194	1,551	77
43	195	1,551	79	194	1,551	77
44	195	1,551	79	194	1,551	77
45	188	1,551	87	194	1,551	77
46	195	1,551	79	194	1,551	77
47	195	1,551	79	194	1,551	78
48	194	1,556	59	194	1,551	77
49	181	1,557	87	194	1,551	77
50	195	1,551	79	194	1,551	77

ตารางที่ ก9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA กับผลลัพธ์ด้านระยะเวลาในการทำงานจากแบบจำลอง

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	50	9,832	197	29
Column 2	50	9,710	194	33

ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	148.84	1.00	148.84	4.83	0.03	3.94
Within Groups	3,017.52	98.00	30.79	-	-	-
Total	3,166.36	99.00	-	-	-	-

ตารางที่ ก10ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA กับผลลัพธ์ด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานจากแบบจำลอง

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Column 1	50	76,987	1,540	71
Column 2	50	77,558	1,551	7

ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	3,254.43	1.00	3,254.43	83.14	0.00	3.94
Within Groups	3,836.33	98.00	39.15	-	-	-
Total	7,090.76	99.00	-	-	-	-

ตารางที่ ก11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA กับผลลัพธ์ด้านจำนวนแรงงานในการทำงานจากแบบจำลอง

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	*Count*		*Sum*	*Average*	*Variance*	
Column 1	50		2,324	46	5	
Column 2	50		3,771	75	108	
ANOVA						
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	20,938.09	1.00	20,938.09	369.67	0.00	3.94
Within Groups	5,550.66	98.00	56.64	-	-	-
Total	26,488.75	99.00	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

น้ำผึ้ง แซ่แต้ และวชรภูมิ เบญจโอพาร (2553). **ปัญหาจำนวนทรัพยการกรแรงงานในการวางแผนงานโครงการก่อสร้าง.** การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12 (The 12th Graduate Research Conference), มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. 28 มกราคม 2553. (ได้รับการตอบรับ)

น้ำผึ้ง แซ่แต้ และวชรภูมิ เบญจโอพาร (2553). **การจัดสรรเวลาและต้นทุนด้วยเงื่อนจำนวนทรัพยากรแรงงานและชนิดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลาย.** การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16 (The 16th National Convention on Civil Engineering), โรงแรมเดอะซายน์ จังหวัดชลบุรี. 18-20 พฤกษภาคม 2554. (อยู่ระหว่างดำเนินการพิจารณา)

Sae-Tae, N., and Benjaoran, V. (2010). **Time-Cost Trade-Off Scheduling under Construction Labor Resource Constraints.** Suranaree Journal of Science and Techology (Accepted)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวน้ำผึ้ง แซ่แต้ เกิดเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2521 มีภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา ได้รับการศึกษาในระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนเทศบาล 3 (ยมราชสามัคคี) และเข้ารับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนโคราชพิทยาคม และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา หลังจากจบการศึกษาได้เริ่มทำงานที่บริษัท บ้านอลังการ ในตำแหน่ง วิศวกรโยธา จากนั้นเข้าร่วมงานในตำแหน่งวิศวกรควบคุมต้นทุน ที่บริษัท ซินเทคคอนสรัคชั่น จำกัด (มหาชน) และ บริษัท Technip Engineering (Thailand) จำกัด และสุดท้ายได้ร่วมงานกับบริษัท Black and Veatch จำกัด ในตำแหน่ง วิศวกรควบคุมโครงการ ระหว่างที่ทำงานได้มีความสนใจที่จะพัฒนาศักยภาพให้กับตนเองจึงได้สมัครเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ด้านการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีรายละเอียดปรากฏดังภาคผนวก ข. และในระหว่างศึกษาได้ดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนงานเพื่อใช้ในการบริหารงานก่อสร้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี