การหารูปแบบและผลประกอบการที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบไฟฟ้าอาคารด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง

The Optimization of the Installation Pattern and Profit Cost of Building Electrical Installation by Linear Programming

นิมิต บุญภิรมย์ สำเริง ฮินท่าไม้ ฐาปนา วงษ์วิบูลย์สิน กทัญญู น้อยหุ่น ฤทธิรงค์ ห่วงไธสง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการหารูปแบบการติดตั้งและผลประกอบการที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบไฟฟ้าอาคารด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง โดยรายละเอียดของบทความจะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือการหาจำนวนอุปกรณ์และราคาที่เหมาะสมด้วยวิธีกราฟ โดยสร้างรูปแบบการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารสามรูปแบบด้วยโปรแกรมสองมิติ ถอดจำนวนอุปกรณ์จากแบบด้วยวิธีดั่งเดิม และนำไปหาราคาวัสดุน้อยที่สุดเพื่อใช้ในการประมาณราคา ส่วนที่สอง นำรูปแบบการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้า ส่วนที่หนึ่งมาใช้กับบ้านพักอาศัย โดยสร้างแบบสามมิติและประเมินปริมาณงานทั้งหมดของการติดตั้งทั้งสามรูปแบบด้วยระบบข้อมูลแบบจำลองอาคาร หาผลกำไรสูงสุดการของดำเนินงานโดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ประมวลผลด้วยโปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์ผลการทดลองสามารถหาค่าจำนวนอุปกรณ์ รูปแบบที่เหมาะสมและกำไรสูงสุดได้

คำสำคัญ: โปรแกรมเชิงเส้นตรง ระบบข้อมูลแบบจำลองอาคาร
วิธีซิมเพล็ก

Abstract

This paper presents the optimization of the installation pattern and profit cost of building electrical installation by linear programming. The main objective consists of two parts. First, the graph linear programming method using two-dimensions drawing of three electrical cable installation patterns are created and estimated, respectively. Also, the minimum material estimation prices by graph method is obtained. Furthermore, second paths, three patterns of first path and building information system(BIM) for quantity estimating are carried on three dimension house electrical system drawing. Moreover, the simplex optimization method using excel solver for maximum profit evaluation is significantly applied. As simulation results shown the optimization of maximize cost profit of the process.

Keyword: Linear Programming, Building Information System(BIM), Simplex Method.

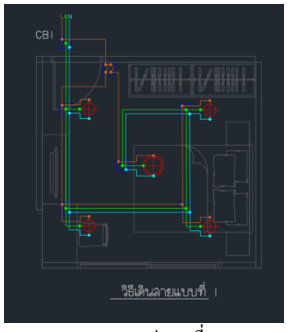
1. บทนำ

ในงานการติดตั้งระบบไฟฟ้าการเดินท่อร้อยสายไฟฟ้าถือว่ามีความสำคัญต่อการติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารสำนักงานหรือพักอาศัย การเดินท่อร้อยสายไฟฟ้ามักจะต้องให้สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมของอาคาร แนวของท่อร้อยสายจะต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อรูปลักษณ์ของห้องหรืออาคารนั้น ๆ ดังนั้นแนวท่อร้อยสายมักจะถูกฝังหรือซ่อนไว้อย่างมิดชิด รูปแบบ(Pattern) การติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ถูกดีจะมีผลต่อมูลค่างาน เวลา มาตรฐาน และผลกำไรของงาน การประเมิน การวิเคราะห์ และการถอดปริมาณงาน ได้มีการพัฒนาจากทำด้วยแรงคน มาใช้ระบบข้อมูลแบบจำลองอาคาร (Building Information System: BIM)[1] โดยใช้แบบ 3 มิติมาใช้เพื่อวิเคราะห์สถานะของการติดตั้งให้ถูกต้องตามมาตรฐานและเกิดประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในแทบทุกระบบ บทความนี้ได้นำเสนอการหารูปแบบและปริมาณที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคาร โดยได้นำระบบ BIM มาถอดข้อมูลรายการวัสดุของรูปแบบการติดตั้งแบบต่าง ๆ เพื่อหาค่ารูปแบบการติดตั้ง ที่ทำให้การดำเนินการเกิดกำไรสูงสุด โดยหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง(Linear Programming)[2] 2 วิธีคือวิธีกราฟ และวิธีซิมเพล็กซ์ด้วยโปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์[3]

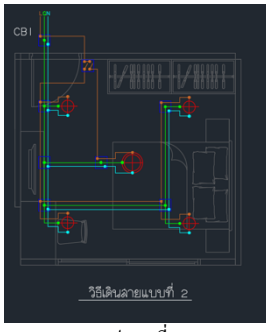
2. การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง

2.1 การสร้างรูปแบบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้ได้กล่าวถึงการสร้างรูปแบบการติดตั้งแนวท่อร้อยสายในฟังก์ชันห้องย่อยของอาคารพักอาศัย เพื่อจะหารูปแบบที่ใช้วัสดุและราคาน้อยที่สุด สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมของห้องไม่ขัดขวางกับระบบอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 ก.,ข.,ค. ตามลำดับ

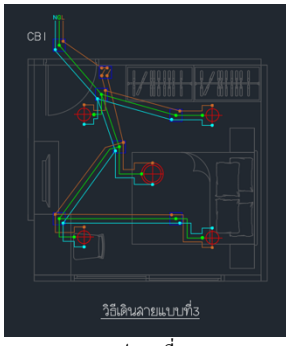


ก. รูปแบบที่ 1



ข. รูปแบบที่ 2

GN-20



ค. รูปแบบที่ 3

รูปที่ 1 รูปแบบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้า

จากรูปแบบที่ 1,2 และ 3 นำมาหาค่าปริมาณอุปกรณ์ในโปรแกรมแบบ 2 มิติ จากตารางที่ 1 แสดงจำนวนของอุปกรณ์ 2 ชนิด คือ จำนวนท่อร้อยสายและจำนวนกล่องพักสายที่ถอดมาด้วยวิธีดั่งเดิมเพื่อนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปสร้างสมการเงื่อนไขเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในหัวข้อที่ 2.2

ตารางที่ 1 การกำหนดอุปกรณ์ในเงื่อนไขต่าง ๆ

อุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์		
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3
Upvc1/2"(ม.)	420	450	400
กล่องพักสาย(กล่อง)	60	50	65

2.2 การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์(Objective Function)

การกำหนดสมการวัดประสงค์เป็นกำหนดให้ Z เท่ากับราคารวมของวัสดุต่ำสุด ในรูปแบบที่ 1 – รูปแบบที่ 3 เป็นเงื่อนไขที่ 1- เงื่อนไขที่ 3 ตามลำดับ การกำหนดสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขนี้ได้จากข้อมูลผู้ประกอบการด้านติดตั้งระบบไฟฟ้า

ก. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : $Z_{min} = 400X_1 + 50X_2$

โดยที่

Z_{min} เท่ากับราคาวัสดุรวมที่ต่ำที่สุดในการประมาณการ, X_1 เท่ากับราคาท่อร้อยสายต่อเมตร, X_2 เท่ากับราคากล่องพักสาย

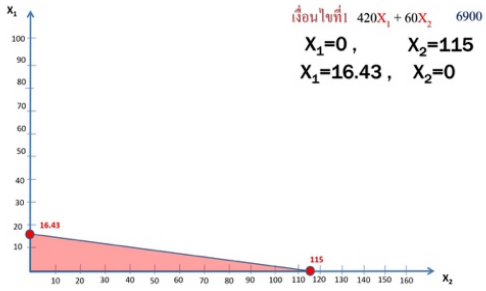
ข. สมการเงื่อนไข

เงื่อนไขที่1 : $450X_1 + 60X_2 \geq 6{,}900$

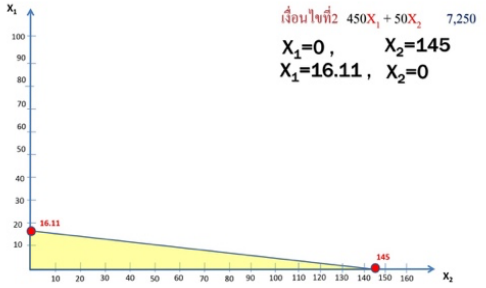
เงื่อนไขที่2 : $450X_1 + 50X_2 \geq 7{,}250$

เงื่อนไขที่3 : $400X_1 + 65X_2 \geq 6{,}650$

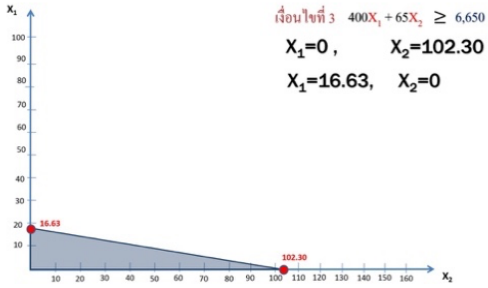
2.3 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีกราฟ นำเงื่อนไขที่ 1- เงื่อนไขที่ 3 มาเขียนกราฟ ดังรูปที่ 2 – รูปที่ 4 ตามลำดับ รูปที่ 5 แสดงการนำรูปกราฟทั้ง 3 รูปมาหาพื้นที่ที่ร่วมกัน จุด P จะเป็นจุดตัดที่แสดงค่าที่เหมาะสม จะได้ค่า $X_1 = 15$ และ $X_2 = 17$ เป็นราคาที่ต่ำที่สุดในการที่นำไปใช้ในการประมาณราคาวัสดุ (ซึ่งราคาเหล่านี้จะเป็นราคาที่สามารถจัดซื้อได้ในท้องตลาด) ซึ่งหลังจากไปแทนค่าในสมการเงื่อนไข ทั้ง 3 กรณี จะได้ราคาวัสดุทั้งสองรายการรวมในรูปแบบที่ 1 - รูปแบบที่ 3 เท่ากับ 7320 บาท, 7600 บาท และ 7105 บาท ตามลำดับ แสดงว่าในรูปแบบที่ 3 จะประหยัดที่สุด



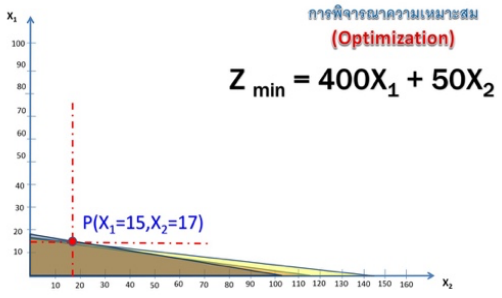
รูปที่ 2 รูปแบบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้ารูปแบบที่ 1



รูปที่ 3 รูปแบบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้ารูปแบบที่ 2



รูปที่ 4 รูปแบบการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้ารูปแบบที่ 3



รูปที่ 5 การหาจุดตัดค่าที่เหมาะสมจากการรวมทั้ง 3 รูปแบบ

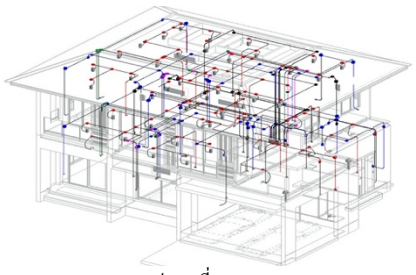
ข้อจำกัดในการใช้การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีกราฟ จะใช้ได้เพียง 2 ตัวแปร ซึ่งถ้าตัวแปรมากขึ้น การหาวิธีกราฟ จะมีความซับซ้อนหาค่าได้ยากดังนั้น จะมีวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงอีกวิธีที่ได้รับความนิยมคือวิธีซิมเพล็กซ์

GN-20

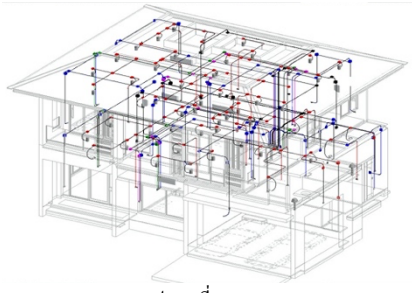
3. การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีซิมเพล็กซ์จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมในกรณีที่มีตัวแปรหลายตัว แต่เนื่องจากกระบวนการคำนวณด้วยมือจะค่อนข้างยาว[3][4]จึงไม่ได้นำมากล่าวในที่นี้ ขอนำวิธีประมวลด้วยโปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์ เพื่อเกิดความสะดวกทางปฏิบัติ ในหัวข้อนี้เป็นการเพิ่มขอบเขตของการโครงการเป็นการพิจารณาเป็นการติดตั้งระบบไฟฟ้ากับบ้านพักอาศัย จากรูปแบบทั้ง 3 รูปแบบโดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

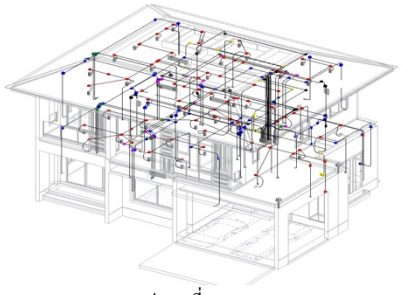
3.1 สร้างแบบ 3 มิติ สำหรับบ้านพักอาศัย 1 หลังตามรูปแบบทั้ง 3 รูปแบบ ดังหัวข้อที่ 2.1 ด้วยโปรแกรม 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 6 ก. ถึงรูปที่ 6 ค.ตามลำดับ



ก. รูปแบบที่ 1



ข. รูปแบบที่ 2



ค. รูปแบบที่ 3

รูปที่ 6 รูปแบบของการติดตั้งท่อร้อยสายไฟฟ้าในบ้านหนึ่งหลัง

3.2 การถอดและประเมินปริมาณงานและขอบเขตของงานใช้ระบบ BIM จากโปรแกรม 3 มิติ ดำเนินการจนครบในแต่ละรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 2 – ตารางที่ 3 แสดงปริมาณของงานแต่ละส่วนจะเป็นตัวบอกราคาของวัสดุและค่าแรง

ตารางที่ 2 การกำหนรายละเอียดของงานในรูปแบบที่ 1

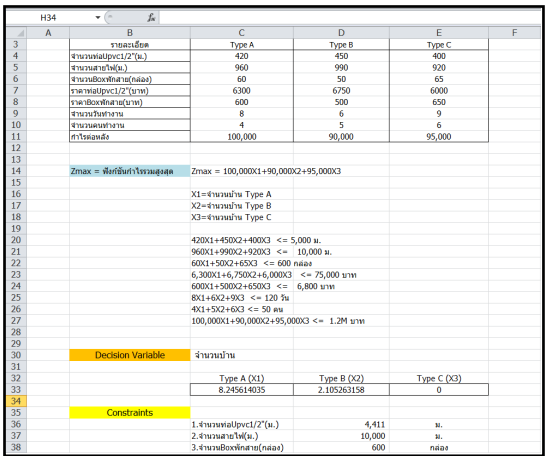
แบบที่	รายละเอียด	ปริมาณงาน	หน่วย
1	งานกีดผนังฝังท่อ	46	จุด
	งานเดินท่อ	420	เมตร
	งานติดตั้ง Boxพักสาย	60	ใบ
	งานร้อยสายไฟ + สื่อสาร	960	เมตร
	งานตรวจเช็ควงจรไฟฟ้า	1	งาน
	งานติดตั้งโคมไฟ	53	จุด
	งานติดตั้งสวิตช์,ปลั๊ก	55	จุด
	งานเก็บรายละเอียด	1	งาน

ตารางที่ 3 การกำหนรายละเอียดของงานในรูปแบบที่ 2

แบบที่	รายละเอียด	ปริมาณงาน	หน่วย
2	งานกีดผนังฝังท่อ	46	จุด
	งานเดินท่อ	450	เมตร
	งานติดตั้ง Boxพักสาย	50	ใบ
	งานร้อยสายไฟ + สื่อสาร	990	เมตร
	งานตรวจเช็ควงจรไฟฟ้า	1	งาน
	งานติดตั้งโคมไฟ	53	จุด
	งานติดตั้งสวิตช์,ปลั๊ก	55	จุด
	งานเก็บรายละเอียด	1	งาน

ตารางที่ 4 การกำหนรายละเอียดของงานในรูปแบบที่ 3

แบบที่	รายละเอียด	ปริมาณงาน	หน่วย
3	งานกีดผนังฝังท่อ	46	จุด
	งานเดินท่อ	400	เมตร
	งานติดตั้ง Boxพักสาย	65	ใบ
	งานร้อยสายไฟ + สื่อสาร	920	เมตร
	งานตรวจเช็ควงจรไฟฟ้า	1	งาน
	งานติดตั้งโคมไฟ	53	จุด
	งานติดตั้งสวิตช์,ปลั๊ก	55	จุด
	งานเก็บรายละเอียด	1	งาน



	A	B	C	D	E	F
3		รายละเอียด	Type A	Type B	Type C	
4		จำนวนท่อUpvc1/2"(ม.)	420	450	400	
5		จำนวนสายไฟ(ม.)	960	990	920	
6		จำนวนBoxพักสาย(กล่อง)	60	50	65	
7		ราคาท่อUpvc1/2"(บาท)	6300	6750	6000	
8		ราคาBoxพักสาย(บาท)	600	500	650	
9		จำนวนวันทำงาน	8	6	9	
10		จำนวนคนทำงาน	4	5	6	
11		กำไรต่อหลัง	100,000	90,000	95,000	
12						
13						
14		Zmax = ฟังก์ชันกำไรรวมสูงสุด	Zmax = 100,000X1+90,000X2+95,000X3			
15						
16			X1=จำนวนบ้าน Type A			
17			X2=จำนวนบ้าน Type B			
18			X3=จำนวนบ้าน Type C			
19						
20			420X1+450X2+400X3 <= 5,000 ม.			
21			960X1+990X2+920X3 <= 10,000 ม.			
22			60X1+50X2+65X3 <= 600 กล่อง			
23			6,300X1+6,750X2+6,000X3 <= 75,000 บาท			
24			600X1+500X2+650X3 <= 6,800 บาท			
25			8X1+6X2+9X3 <= 120 วัน			
26			4X1+5X2+6X3 <= 50 คน			
27			100,000X1+90,000X2+95,000X3 <= 1.2M บาท			
28						
29						
30		Decision Variable	จำนวนบ้าน			
31						
32			Type A (X1)	Type B (X2)	Type C (X3)	
33			8.245614035	2.105263158	0	
34						
35		Constraints				
36			1.จำนวนท่อUpvc1/2"(ม.)	4,411	ม.	
37			2.จำนวนสายไฟ(ม.)	10,000	ม.	
38			3.จำนวนBoxพักสาย(กล่อง)	600	กล่อง	

รูปที่ 6 ข้อมูลเพื่อหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ากำไรสูงสุด

GN-20

3.3 จากตารางต้องการคำนวณหากำไรสูงที่สุด ตามข้อมูลของการติดตั้งทั้ง 3 รูปแบบ โดยหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้เครื่องมือโปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์มาช่วยในการคำนวณ[4],[5]

3.4 สร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยกำหนดตัวแปรตัวสินใจ

กำหนดตัวแปรตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 6

กำหนดให้

X_1 = จำนวนบ้าน Type A , X_2 = จำนวนบ้าน Type B ,

X_3 = จำนวนบ้าน Type C และ สร้างข้อจำกัด (Constraints) ดังนี้

ก. จำนวนท่อร้อยสาย(ม.) เท่ากับหรือไม่เกิน 5,000 เมตร

ข. จำนวนสายไฟ(ม.) เท่ากับหรือไม่เกิน 10,000 เมตร

ค. จำนวนกล่องพักสาย เท่ากับหรือไม่เกิน 600 กล่อง

ง. ราคาท่อร้อยสายเท่ากับหรือไม่เกิน 75,000 บาท

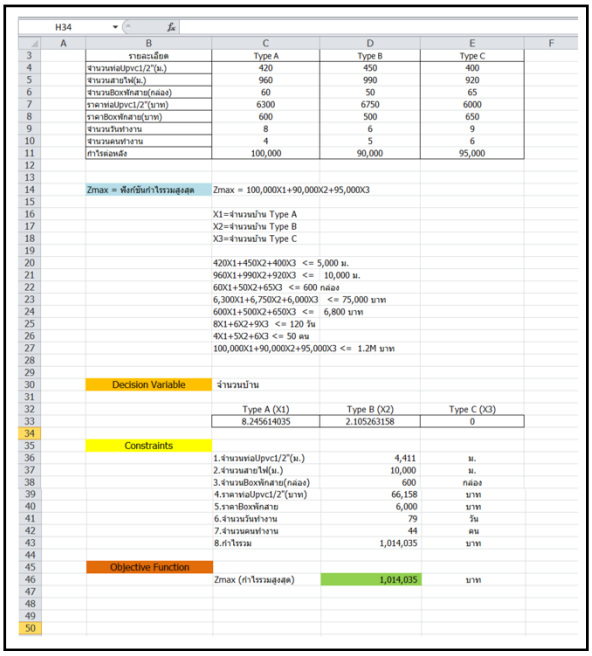
จ. ราคากล่องพักสาย เท่ากับหรือไม่เกิน 6,800 บาท

ฉ. จำนวนวันทำงาน เท่ากับหรือไม่เกิน 120 วัน

ช. จำนวนคนทำงาน เท่ากับหรือไม่เกิน 50 คน

ซ. กำไรต่อหลัง เท่ากับหรือไม่เกิน 1,200,000 บาท

เงื่อนไขต่าง ๆ เหล่านี้จะได้จากประสบการณ์ของผู้ประกอบการ ซึ่งอาจจะพิจารณาวัสดุที่ค้างอยู่ในคลังพัสดุด้วย หรือจำนวนคนงานที่ไม่มากนัก นำข้อมูลนี้ไปเขียนในโปรแกรมเอ็กเซล



รายละเอียด	Type A	Type B	Type C
จำนวนท่อUpvc1/2"(ม.)	420	450	400
จำนวนสายไฟ(ม.)	960	990	920
จำนวนBoxพักสาย(กล่อง)	60	50	65
ราคาท่อUpvc1/2"(บาท)	6300	6750	6000
ราคาBoxพักสาย(บาท)	600	500	650
จำนวนวันทำงาน	8	6	9
จำนวนคนทำงาน	4	5	6
กำไรต่อหลัง	100,000	90,000	95,000

Zmax = ฟังก์ชันกำไรรวมสูงสุด : Zmax = 100,000X1+90,000X2+95,000X3

X1=จำนวนบ้าน Type A
X2=จำนวนบ้าน Type B
X3=จำนวนบ้าน Type C

420X1+450X2+400X3 <= 5,000 ม.
960X1+990X2+920X3 <= 10,000 ม.
60X1+50X2+65X3 <= 600 กล่อง
6,300X1+6,750X2+6,000X3 <= 75,000 บาท
600X1+500X2+650X3 <= 6,800 บาท
8X1+6X2+9X3 <= 120 วัน
4X1+5X2+6X3 <= 50 คน
100,000X1+90,000X2+95,000X3 <= 1.2M บาท

Decision Variable : จำนวนบ้าน

Type A (X1)	Type B (X2)	Type C (X3)
8.245614035	2.105263158	0

Constraints

1.จำนวนท่อUpvc1/2"(ม.)	4,411	ม.
2.จำนวนสายไฟ(ม.)	10,000	ม.
3.จำนวนBoxพักสาย(กล่อง)	600	กล่อง
4.ราคาท่อUpvc1/2"(บาท)	66,158	บาท
5.ราคาBoxพักสาย	6,000	บาท
6.จำนวนวันทำงาน	79	วัน
7.จำนวนคนทำงาน	44	คน
8.กำไรรวม	1,014,035	บาท

Objective Function

Zmax (กำไรรวมสูงสุด)	1,014,035	บาท

รูปที่ 7 ผลลัพธ์ของการหากำไรสูงสุดของการดำเนินการและอัตราจำนวนรูปแบบการติดตั้งในแต่ละแบบ

จากรูปที่ 7 แสดงผลลัพธ์ของการหากำไรที่สูงสุดของการดำเนินการติดตั้งระบบไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ ได้รับกำไรทั้งสิ้น 1,014035 บาทโดยติดตั้งบ้านจำนวน 10 หลัง ในรูปแบบที่ 1 จำนวน 8 หลัง และรูปแบบที่ 2 จำนวน 2 หลัง

4. สรุป

การนำเสนอการหาค่าปริมาณที่เหมาะสมโดยใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงทั้ง 2 กรณี คือในกรณีที่ 1 เป็นการหาจำนวนวัสดุที่เหมาะสม ในแบบวิธีกราฟ 2 ตัวแปรเพื่อหาราคาวัสดุในการประมาณการจากรูปแบบการติดตั้ง 3 รูปแบบ และ กรณีที่ 2 เป็นการหากำไรของการติดตั้งระบบไฟฟ้าของบ้านใน 3 รูปแบบ โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ผ่านโปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์ จากผลที่ได้นำไปตรวจสอบจากผู้ประกอบการถึงความเป็นไปได้จำนวน 2 รายสามารถจะสร้างกำไรได้ในขอบเขตนี้ได้จริง จะเห็นได้ว่าวิธีนี้เป็นแนวทางที่เกิดประโยชน์กับผู้ประกอบการติดตั้งระบบไฟฟ้าโดยเฉพาะรายใหม่ ๆ ที่ยังมีประสบการณ์ไม่มากในการทำธุระกิจ และเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก ในการพัฒนาต่อไปอาจจะเป็นการเพิ่มขนาดหรือประเภทของโครงการให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จุดสำคัญอยู่ที่การสร้างเงื่อนไขและจำนวนเงื่อนไข ถ้าข้อมูลสำรวจได้มากจากผู้เชี่ยวชาญ หลายกรณีจะทำให้เกิดความแม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Wael Abdelhameed, “BIM from Conceptual Model to Construction,” *IEEE International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies*,18-20 Nov. 2018.

[2] Fahad.H , Suhail. A, “Development of New Technique to Solve Degeneracy in Linear Programming by Simplex Method,” *Applied Mathematics and Optimization* , December 2018.

[3] Changhyun Kwon, “ The Simplex Method”, Julia Programming for Operations Research :A Primer on Computing, December, 2017.

[4] พิศาล สีนวล, การใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาจัดสรรทรัพยากร เพื่อลดเวลาในการวางแผนการผลิตสาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2559.

GN-20