

ผลและวิจารณ์

การรายงานผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างของโครงการตัวอย่าง ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกระบวนการก่อสร้างในแต่ละสภาพการทำงานโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ส่วนที่สามเป็นการเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานและอุปสรรคที่ทำให้การทำงานหยุดชะงักของโครงการตัวอย่าง

โครงการตัวอย่างเป็นโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรรประเภททาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น แผนการก่อสร้างจะถูกกำหนดให้สอดคล้องกับผังอัตราการขาย โดยแต่ละถนนซอยในโครงการจะประกอบด้วยบ้านที่มีลักษณะเหมือนกัน 12 หลัง (ด้านละ 6 หลังหันหน้าเข้าหากัน) ดังนั้นหน่วยที่เล็กที่สุดของการก่อสร้างจึงพิจารณาให้เท่ากับบ้าน 6 หลังหรือเรียกว่าแปลง (Block) ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยบ้าน 1 หลังมีพื้นที่ดินเท่ากับ 19.7 ตารางวา คิดเป็นพื้นที่ใช้สอยเท่ากับ 102 ตารางเมตร ลักษณะการทำงานของผู้ประกอบการจะดำเนินการก่อสร้างทุกวัน (วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์) และทำการก่อสร้างบ้านทีละ 1 แปลง โดยที่ทุกแปลงก่อสร้างจะประกอบด้วยกิจกรรม 38 กิจกรรมที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน การจัดทรัพยากรจะกำหนดให้กลุ่มคนงานแต่ละกลุ่มทำงานเฉพาะกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งของทุกแปลง ดังแสดงในตารางที่ 6 ส่วนวิธีการวางแผนงานผู้ประกอบการเลือกใช้การวางแผนแบบเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method, CPM) กรณีเริ่มงานเร็วสุด (Early Start, ES)

การเก็บข้อมูลจะเข้าทำการบันทึกข้อมูลก่อสร้างทุกวันเป็นระยะเวลา 4 เดือน ได้ข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้าง 35 แปลง ซึ่งจัดให้อยู่ในรูปแบบตารางดังแสดงอยู่ในภาคผนวก ก โดยยกตัวอย่างผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานของแปลงที่ 14 (ตารางที่ 8) ซึ่งรายละเอียดอธิบาย ดังนี้

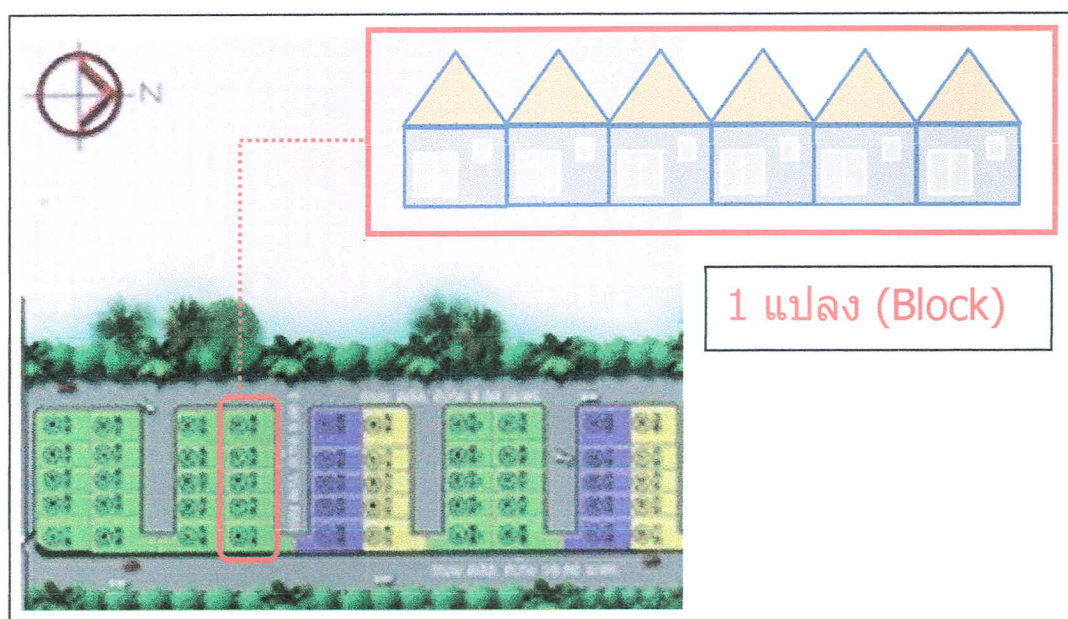
1. ระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) คือระยะเวลาการทำงานที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยระยะเวลาทำงานนับตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทำงานจนถึงวันที่แล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม

2. จำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) คือ ระยะเวลาทำงาน โดยนับเฉพาะจำนวนวันทำงานที่เกิดขึ้นจริงตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทำงานจนถึงวันที่แล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม

3. เปอร์เซ็นต์เวลาการทำงาน (% Utilization) คือ เปอร์เซ็นต์ของจำนวนวันทำงานจริง เทียบกับระยะเวลาจริงที่ใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรม ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

$$\% \text{ Utilization} = \frac{\text{Actual Working Days}}{\text{Actual Duration}} \times 100$$

4. สาเหตุที่ทำให้การทำงานหยุดชะงัก (Causes of interruption) คือ อุปสรรคหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของกิจกรรมส่งผลให้การทำงานหยุดชะงัก โดยจากการศึกษาในส่วนการตรวจสอบเอกสารพบอุปสรรคที่ส่งผลให้การก่อสร้างหยุดชะงักดังแสดงในตารางที่ 7



ภาพที่ 8 ลักษณะผังโครงการตัวอย่าง

ตารางที่ 6 กิจกรรมที่ใช้ในการก่อสร้างแต่ละแปลง

ลำดับ	กิจกรรม	สัญลักษณ์
1	ตอกเข็ม	Footing
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	San 1
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	Slab
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	Wall 1
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	Wall FH
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	Wall B
7	แผ้วรื้อหลังบ้าน	Fence
8	เสาตอกแต่งชั้น 1	Column
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	Wall 2
10	ตอกเข็มรื้อ	F_Pile
11	Footing รื้อ	F_Foot
12	แผ้วรื้อ	F_Panel
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	Drain
14	บัวปูน	Cornice
15	โครงหลังคาเหล็ก	Roof
16	มุงหลังคา	Roof_T
17	ระบบท่อประปา	San 2
18	รื้อเหล็ก	F_Steel
19	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	Elec 1
20	ฝ้าเพดานชั้น 2	Ceiling 1
21	เก็บรายละเอียดงานปูน	Con
22	สีรองพื้น	Paint 1
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	Tile_B
24	งานปูกระเบื้องพื้น	Tile_F
25	ลานจอด	DriveWay
26	ทางเท้า	Con_V
27	ประตูอลูมิเนียม	Dor_Aluminum

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	สัญลักษณ์
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	Win_Alu
29	ประตูรั้วเหล็ก	Dor_St
30	สุขภัณฑ์	San 3
31	บันไดไม้	Ladder
32	บัวไม้	Lutus_T
33	ฝ้าชั้น 1	Ceiling 2
34	ประตูไม้	Indoor
35	ลามิเนต	Laminate
36	กริ่งไฟฟ้า	Elec 2
37	สีจริง	Paint 2
38	ทำความสะอาด	Cleaning

ตารางที่ 7 สัญลักษณ์ของอุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงัก

ลำดับ	อุปสรรค	สัญลักษณ์
1	สภาพภูมิอากาศ	A
2	ขาดวัสดุอุปกรณ์	B
3	ขาดแคลนคนงานหรือเครื่องจักร	C
4	การแทรกแซงงาน	D
5	การโยกย้ายชุดคนงาน	E
6	เครื่องจักรกีดขวางพื้นที่การทำงาน	F1
7	วัสดุและอุปกรณ์กีดขวางพื้นที่การทำงาน	F2
8	งานก่อนหน้าล่าช้า	G
9	มีการแก้ไขงาน	H
10	ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ	I
11	พื้นที่การทำงานทับซ้อนกัน	J
12	เนื่องจากสภาพดิน	K

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ	อุปสรรค	สัญลักษณ์
13	ขอบเขตการทำงานไม่ชัดเจน	L

ตารางที่ 8 ตัวอย่างผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานของแปลงที่ 14

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนวัน ทำงาน	จำนวนวัน ไม่ทำงาน	% เวลา การทำงาน	สาเหตุของการหยุดชะงัก (วัน)												
						A	B	C	D	E	F1	F2	G	H	I	J	K	L
1	ตอกเข็ม	5	5	0	100%													
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1																	
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	14	9	5	64%	2	2									1		
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	3	3	0	100%													
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	4	4	0	100%							1						
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	3	3	0	100%							1						
7	แผ้วถางหลังบ้าน	3	2	1	67%							1						
8	เสาตอกแต่งชั้น 1	1	1	0	100%													
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	3	3	0	100%													
10	ตอกเข็มรั้ว	1	1	0	100%													
11	Footing รั้ว	4	3	1	75%	1												
12	แผ้วรั้ว	1	1	0	100%													
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	1	1	0	100%													
14	บัวปูน	9	2	7	22%													7

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนวัน ทำงาน	จำนวนวัน ไม่ทำงาน	% เวลา การทำงาน	สาเหตุของการหยุดชะงัก (วัน)												
						A	B	C	D	E	F1	F2	G	H	I	J	K	L
15	โครงหลังคาเหล็ก	2	2	0	100%													
16	มุงหลังคา	3	3	0	100%													
17	ระบบท่อประปา																	
18	เก็บรายละเอียดงานปูน	16	7	9	44%													9
19	สีรองพื้น																	
20	รื้อเหล็ก																	
21	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	3	3	0	100%													
22	ฝ้าเพดานชั้น 2	4	4	0	100%													
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ																	
24	งานปูกระเบื้องพื้น																	
25	ลานจอด	1	1	0	100%													
26	ทางเท้า																	
27	ประตูอลูมิเนียม																	
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	2	2	0	100%													

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนวัน ทำงาน	จำนวนวัน ไม่ทำงาน	% เวลา การทำงาน	สาเหตุของการหยุดชะงัก (วัน)											
						A	B	C	D	E	F1	F2	G	H	I	J	K L
29	ประตูลูกเหล็ก	2	2	0	100%												
30	สุขภัณฑ์	1	1	0	100%												
31	บันไดไม้	2	2	0	100%												
32	บัวไม้	1	1	0	100%												
33	ฝ้าชั้น 1	3	2	1	67%			1									
34	ประตูไม้	1	1	0	100%												
35	กริ่งไฟฟ้า	10	2	8	20%												
36	ลามิเนต	1	1	0	100%												
37	สีจริง	14	12	2	86%					2							
38	ทำความสะอาด	1	1	0	100%												

จากผลการเก็บข้อมูลดังแสดงในภาคผนวก ก นำมาวิเคราะห์ตามแนวทางการศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1.1 สร้างโครงข่ายการทำงานตามขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง

จากการศึกษาแผนการดำเนินงานก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงจาก Microsoft Project ของผู้ประกอบการพบว่าระยะเวลาทำงานและความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมตามแผนกำหนดแสดงอยู่ในตารางที่ 9 โดยความสัมพันธ์ของกิจกรรมอธิบายดังนี้

1. ความสัมพันธ์แบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start, FTS) คือ กิจกรรมตามหลังจะสามารถเริ่มงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จ

2. ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เริ่ม (Start to Start, STS) คือ กิจกรรมตามหลังจะสามารถเริ่มงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้เริ่มต้นการทำงานแล้ว

ส่วนขั้นตอนการทำงานผู้ประกอบการจะแบ่งลำดับการก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงออกเป็น 7 งาน (Sequence work, SQW) ในทุกงานประกอบด้วยกิจกรรมย่อยๆ ทั้งหมด 38 กิจกรรมที่ความสัมพันธ์ในการทำงานต่อกัน ดังแสดงในภาพที่ 9 พร้อมอธิบายรายละเอียดตามงาน (SQW) ดังนี้

1. งานที่ 1 (SQW 1) ประกอบด้วยกิจกรรมงานตอกเข็ม (Footing) วางระบบท่อพื้นชั้น 1 (San 1) โครงสร้างพื้นชั้น 1 (Slab) และ F1

2. งานที่ 2 (SQW 2) ประกอบด้วยกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 (Wall 1) โครงสร้างผนังหน้าบ้าน (Wall FH) โครงสร้างผนังห้องน้ำ (Wall B) แผงรั้วหลังบ้าน (Fence) และ F2

3. งานที่ 3 (SQW 3) ประกอบด้วยกิจกรรมเสาตอกแต่งชั้น 1 (Column) โครงสร้างผนังชั้น 2 (Wall 2) ตอกเข็มรั้ว (F_Pile) Footing รั้ว (F_Foot) แผงรั้ว (F_Panel) ระบบท่อน้ำทิ้ง (Drain) และ F3

4. งานที่ 4 (SQW 4) ประกอบด้วยกิจกรรมบัวปูน (Cornice) โครงหลังคาเหล็ก (Roof) มุงหลังคา (Roof_T) ระบบท่อประปา (San 2) รั้วเหล็ก (F_Steel) และ F4

5. งานที่ 5 (SQW 5) ประกอบด้วยกิจกรรมระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ (Elec 1) ฝ้าเพดานชั้น 2 (Ceiling 1) เก็บรายละเอียดงานปูน (Con) สีรองพื้น (Paint 1) ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ (Tile_B) และ F5

6. งานที่ 6 (SQW 6) ประกอบด้วยกิจกรรมปูกระเบื้องพื้น (Tile_F) ลานจอด (DriveWay) ทางเท้า (Con_V) ประตูอลูมิเนียม (Dor_Alu) หน้าต่างอลูมิเนียม (Win_Alu) ประตูรั้วเหล็ก (Dor_St) สุขภัณฑ์ (San 3) บันไดไม้ (Ladder) บัวไม้ชั้น (Lotus_T) ฝ้าชั้น 1 (Ceiling 2) และ F6

7. งานที่ 7 (SQW 7) ประกอบด้วยกิจกรรมประตูไม้ (Indoor) ลามิเนต (Laminate) กริ่งไฟฟ้า (Elec 2) สีจริง (Paint 2) ทำความสะอาด (Cleaning) และ F7

โดยที่กิจกรรม F1 F2 F3 F4 F5 F6 และ F7 เป็นกิจกรรมที่แสดงถึงจุดสิ้นสุดในการทำงานของแต่ละงาน (SQW) ดังนั้นจึงกำหนดให้ทุกกิจกรรมมีระยะเวลาทำงาน (Duration) เท่ากับ 0 วัน

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์และระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมตามแผนกำหนด

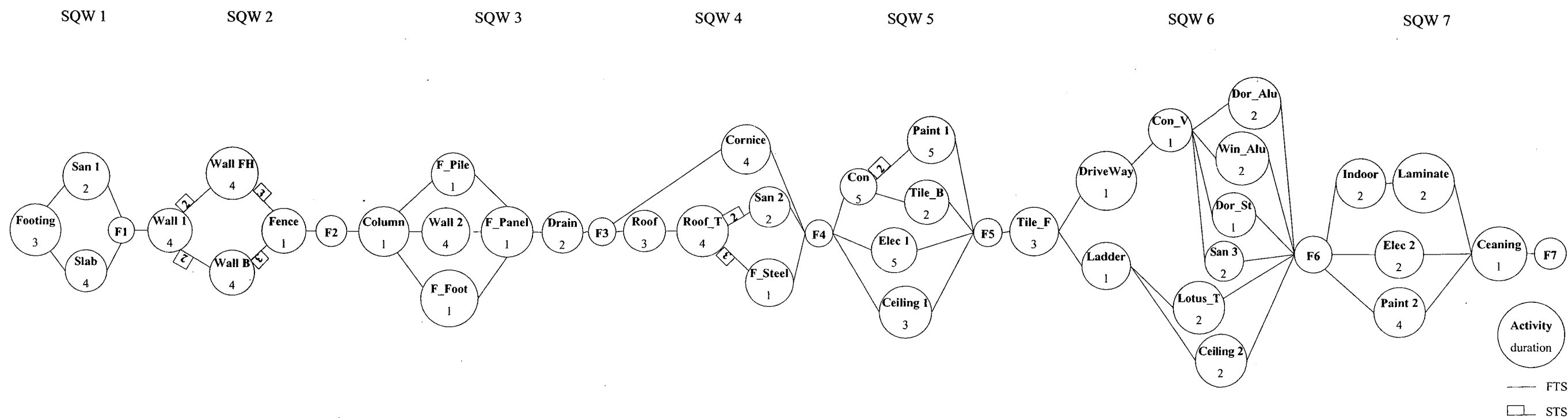
ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	กิจกรรมก่อนหน้า	ความสัมพันธ์
1	ตอกเข็ม	3	-	-
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	2	ตอกเข็ม	FTS
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	4	ตอกเข็ม	FTS
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	4	วางระบบท่อประปาชั้น 1, โครงสร้างพื้นชั้น 1	FTS
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	4	โครงสร้างผนังชั้น 1	STS+2
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	4	โครงสร้างผนังชั้น 1	STS+2
7	แผ้วถางหลังบ้าน	1	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน, โครงสร้างผนังห้องน้ำ	STS+3
8	เสาตอกแต่งชั้น 1	1	แผ้วถางหลังบ้าน	FTS
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	4	เสาตอกแต่งชั้น 1	FTS
10	ตอกเข็มรั้ว	1	เสาตอกแต่งชั้น 1	FTS
11	Footing รั้ว	1	เสาตอกแต่งชั้น 1	FTS
12	แผ้วถาง	1	โครงสร้างผนังชั้น 2, ตอกเข็มรั้ว, Footing รั้ว	FTS
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	2	แผ้วถาง	FTS
14	บิวปูน	4	ระบบท่อน้ำทิ้ง	FTS
15	โครงหลังคาเหล็ก	3	ระบบท่อน้ำทิ้ง	FTS
16	มุงหลังคา	4	โครงหลังคาเหล็ก	FTS

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	จำนวนวัน ทำงาน	จำนวนวัน ไม่ทำงาน	% เวลา การทำงาน	สาเหตุของการหยุดชะงัก (วัน)												
						A	B	C	D	E	F1	F2	G	H	I	J	K	L
15	โครงหลังคาเหล็ก	2	2	0	100%													
16	มุงหลังคา	3	3	0	100%													
17	ระบบท่อประปา																	
18	เก็บรายละเอียดงานปูน	16	7	9	44%													9
19	สีรองพื้น																	
20	รื้อเหล็ก																	
21	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	3	3	0	100%													
22	ฝ้าเพดานชั้น 2	4	4	0	100%													
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ																	
24	งานปูกระเบื้องพื้น																	
25	ลานจอด	1	1	0	100%													
26	ทางเท้า																	
27	ประตูอลูมิเนียม																	
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	2	2	0	100%													

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	กิจกรรมก่อนหน้า	ความสัมพันธ์
33	ฝ้าชั้น 1	2	บันไดไม้	FTS
34	ประตูไม้	2	ประตูอลูมิเนียม,หน้าต่างอลูมิเนียม,ประตูรั้วเหล็ก,สุขภัณฑ์,บัวไม้,ฝ้าชั้น 1	FTS
35	ลามิเนต	2	ประตูไม้	FTS
36	กริ่งไฟฟ้า	2	ประตูอลูมิเนียม,หน้าต่างอลูมิเนียม,ประตูรั้วเหล็ก,สุขภัณฑ์,บัวไม้,ฝ้าชั้น 1	FTS
37	สีจริง	4	ประตูอลูมิเนียม,หน้าต่างอลูมิเนียม,ประตูรั้วเหล็ก,สุขภัณฑ์,บัวไม้,ฝ้าชั้น 1	FTS
38	ทำความสะอาด	1	ลามิเนต,กริ่งไฟฟ้า,สีจริง	FTS



ภาพที่ 9 โครงข่ายความสัมพันธ์ของกิจกรรม

1.2 วิเคราะห์อัตราส่วนของระยะเวลาทำงาน

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาก่อสร้างบ้านจัดสรรจำนวน 35 แปลงที่ประกอบด้วย ระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) จำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) และอุปสรรคต่างๆที่ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงัก นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การทำงานของแต่ละกิจกรรมใน 35 แปลงก่อสร้าง ดังแสดงในภาคผนวก ก จากการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การทำงานของแต่ละกิจกรรมจากทุกแปลงก่อสร้างอยู่ในช่วง 50 % ถึง 100 % และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การทำงาน ของทุกกิจกรรมจากทุกแปลงการก่อสร้างเท่ากับ 86.86 % ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข ดังนั้นในส่วน การวิเคราะห์อัตราส่วนของระยะเวลาทำงานจะเลือกพิจารณาจากกิจกรรมที่มีเปอร์เซ็นต์การทำงาน ต่ำกว่า 80 % ซึ่งมี 11 กิจกรรมจากทั้งหมด 38 กิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยกิจกรรมที่ค่า เปอร์เซ็นต์การทำงานต่ำ แสดงถึงในระหว่างการก่อสร้างเกิดอุปสรรคขึ้น ส่งผลให้การทำงานของ แต่ละกิจกรรมนั้นหยุดชะงัก

ตารางที่ 10 กิจกรรมที่มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การทำงานต่ำกว่า 80 %

ลำดับ	กิจกรรม	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เวลาการทำงาน (%)
1	โครงสร้างพื้นฐาน 1	79
2	Footing รั้ว	77
3	บัวปูน	50
4	เก็บรายละเอียดงานปูน	79
5	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	73
6	งานปูกระเบื้องพื้น	79
7	หน้าต่างอลูมิเนียม	71
8	ประตูอลูมิเนียม	53
9	ประตูรั้วเหล็ก	78
10	กริ่งไฟฟ้า	74
11	สีจริง	76

1.3 วิเคราะห์อุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานของกิจกรรมหยุดชะงัก

จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การทำงานที่ต่ำกว่า 80 % พบว่ามีอยู่ 11 กิจกรรม จึงนำกิจกรรมเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อหาอุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานของกิจกรรมหยุดชะงัก โดยเรียงลำดับอุปสรรคที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรมจากมากไปน้อยดังแสดงในตารางที่ 11 ให้อยู่ในรูปแบบ ดังนี้

1. ความถี่ที่เกิดขึ้น (Frequency of Interruption) คือ จำนวนครั้งที่เกิดอุปสรรคนั้นๆ
ขึ้น
2. ผลกระทบที่เกิดขึ้น (Impact of Interruption) คือ จำนวนวันที่ไม่มีการทำงานเมื่อเกิดอุปสรรคนั้นๆขึ้น

ตารางที่ 11 จัดลำดับความถี่และผลกระทบของอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ลำดับ	กิจกรรม	ความถี่			ระดับของผลกระทบ		
		1 st	2 nd	3 rd	1 st	2 nd	3 rd
1	โครงสร้างพื้นฐาน 1	B,J	E	A	B	H	J
2	Footing รั้ว	E	A	C	E	C	A
3	บัวปูน	L	-	-	L	-	-
4	เก็บรายละเอียดงานปูน	L	-	-	L	-	-
5	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	C	E	D	B	G,E	C
6	งานปูกระเบื้องพื้น	B	C	E	C	H,B,E	-
7	หน้าต่างอลูมิเนียม	L	C	-	L	C	-
8	ประตูอลูมิเนียม	L	-	-	L	-	-
9	ประตูรั้วเหล็ก	E	B	-	E	B	-
10	กริ่งไฟฟ้า	L	-	-	L	-	-
11	สีจริง	E	-	-	E	-	-

จากการจัดอันดับอุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงักในรูปแบบความถี่และผลกระทบของกิจกรรมที่มีเปอร์เซ็นต์การทำงานต่ำกว่า 80 % พบว่าในบางกิจกรรมเกิดอุปสรรคขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การทำงานต่ำกว่าที่กำหนด เนื่องจากกิจกรรมนั้นมีลักษณะเฉพาะในด้านขอบเขตการทำงาน ยกตัวอย่างเช่นกิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูน มีลักษณะการทำงานที่กว้าง (งานจับฉ่าย) ซึ่งขึ้นกับคุณภาพของงานก่อนหน้า อาทิเช่นงานโครงสร้างผนังชั้น 1 งานโครงสร้างผนังบ้าน และงานโครงสร้างผนังห้องน้ำ คนงานของกิจกรรมเหล่านี้มักทำงานไม่ได้คุณภาพ ส่งผลให้ต้องมีการเก็บรายละเอียดของงานให้ดีขึ้น เพื่อให้การทำงานของกิจกรรมตามหลังสามารถเข้าทำงานได้อาทิเช่นกิจกรรมสีรองพื้น และกิจกรรมปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุให้กิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนใช้ระยะเวลามากในการทำงาน

การวิเคราะห์ปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลให้ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมเกิดการหยุดชะงัก สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. อุปสรรคที่ผู้ประกอบการสามารถควบคุมหรือป้องกันได้ประกอบด้วย การขาดวัสดุอุปกรณ์ (B) การขาดแคลนคนงานหรือเครื่องจักร (C) การแทรกแซงงาน (D) การโยกย้ายชุดการทำงาน (E) ข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ (F) งานก่อนหน้าล่าช้า (G) มีการแก้ไขงาน (H) งานไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ (I) พื้นที่การทำงานทับซ้อนกัน (J) ปัญหาจากสภาพดิน (K) และขอบเขตการทำงานที่ไม่ชัดเจน (L)

2. อุปสรรคที่ผู้ประกอบการไม่สามารถคาดการณ์และป้องกันได้ ประกอบด้วยสภาพอากาศ (A)

1.4 วิเคราะห์การกระจายตัวของระยะเวลาตามสภาพการทำงาน

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาดำเนินงานโครงการก่อสร้างตัวอย่างประกอบด้วยระยะเวลาทำงานจริง จำนวนวันทำงานจริง และระยะเวลาดำเนินงานตามแผนกำหนด รวมทั้งทำการวิเคราะห์ลักษณะปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของแต่ละกิจกรรม ดังอธิบายในหัวข้อก่อนหน้า ทำให้สามารถแบ่งสภาพการทำงานออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ระยะเวลาตามแผน (Budgeted duration) คือ ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมตามที่ถูกประกอบการกำหนดไว้ในแผนงาน

2. ระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) คือ ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยนับระยะเวลาทำงานตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทำงานจนถึงวันที่แล้วเสร็จ

3. จำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) คือ ระยะเวลาทำของแต่ละกิจกรรมที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยนับเฉพาะจำนวนวันที่มีการทำงานเกิดขึ้นจริง

4. ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้ (Actual duration without controllable disruption) คือ ระยะเวลาทำงานจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยนำจำนวนวันที่เกิดเฉพาะอุปสรรคที่สามารถควบคุมได้ออกจากระยะเวลาทำงานจริง

ปรับการแสดงผลให้สะดวกและเข้าใจง่ายจากข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างจำนวน 35 แปลง นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาทำงานในแต่ละกิจกรรมตามสภาพการทำงานดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในแต่ละสภาพการทำงาน (หน่วยเป็นวัน)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา ตามแผน	ระยะเวลาทำงานจริง		ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้			จำนวนวันทำงานจริง	
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
1	ตอกเข็ม	3	4.89	1.96	4.56	1.42	4.44	1.24	
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	2	1.85	0.66	1.77	0.60	1.77	0.60	
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	4	13.5	2.56	10.9	1.98	10.40	2.03	
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	4	4.38	1.72	3.86	1.28	3.76	1.14	
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	4	2.76	2.02	2.38	1.47	2.38	1.47	
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	4	4.55	1.57	4.05	1.15	3.85	0.93	
7	แผ้วถางหลังบ้าน	1	1.29	0.49	1.29	0.49	1.29	0.49	
8	เสาดกแต่งชั้น 1	1	1.44	0.78	1.28	0.46	1.28	0.46	
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	4	3.95	1.22	3.74	1.10	3.58	0.77	
10	ตอกเข็มรั้ว	1	1	0.00	1	0.00	1.00	0.00	
11	Footing รั้ว	1	2.47	1.47	2.16	1.34	1.58	0.51	
12	แผ้วรั้ว	1	2.81	1.64	2.13	1.02	2.06	0.85	
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	2	2.43	2.10	1.79	1.05	1.79	1.05	
14	บั่วปูน	4	7.36	2.95	3.36	1.22	3.36	1.22	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา ตามแผน	ระยะเวลาทำงานจริง		ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้			จำนวนวันทำงานจริง	
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
15	โครงหลังคาเหล็ก	3	3.06	1.21	2.89	0.96	2.83	0.86	
16	มุงหลังคา	4	3.8	0.83	3.75	0.85	3.75	0.85	
17	ระบบท่อประปา	2	3.47	1.73	2.6	0.99	2.60	0.99	
18	รั้วเหล็ก	1	2.06	0.77	1.94	0.68	1.94	0.68	
19	เก็บรายละเอียดงานปูน	5	15.3	1.50	12.30	2.29	12.30	2.29	
20	สีรองพื้น	5	18.7	2.98	16.40	1.81	16.40	1.81	
21	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	5	5.13	1.89	4.25	1.58	4.25	1.58	
22	ฝ้าเพดานชั้น 2	3	6	2.61	5.06	1.69	5.00	1.59	
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	2	14.4	3.78	10.40	1.59	10.20	1.56	
24	งานปูกระเบื้องพื้น	3	9.15	2.48	7.54	2.26	7.08	2.02	
25	ลานจอด	1	1.43	0.51	1.43	0.51	1.43	0.51	
26	ทางเท้า	1	1	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	
27	ประตูอลูมิเนียม	2	4	1.26	2.00	0.00	2.00	0.00	
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	2	3.87	3.48	1.67	0.72	1.67	0.72	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา ตามแผน	ระยะเวลาทำงานจริง		ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้			จำนวนวันทำงานจริง	
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
29	ประตูรั้วเหล็ก	1	2.67	1.63	1.87	0.99	1.67	0.49	
30	สุขภัณฑ์	2	2.14	2.14	1.29	0.47	1.29	0.47	
31	บันไดไม้	1	2.92	0.95	2.46	0.66	2.38	0.65	
32	บัวไม้	2	1.47	0.74	1.33	0.49	1.33	0.49	
33	ฝ้าชั้น 1	2	2.25	1.36	1.75	0.75	1.67	0.65	
34	ประตูไม้	2	1	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	
35	ลามิเนต	2	1.38	0.51	1.38	0.51	1.38	0.51	
36	กริ่งไฟฟ้า	2	4.31	4.07	2.08	1.12	2.08	1.12	
37	สีจริง	4	12.3	2.25	9.71	3.30	9.71	3.30	
38	ทำความสะอาด	1	1	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	

เพื่อความถูกต้องและเหมาะสมของระยะเวลาการทำงานในแต่ละกิจกรรม จึงทำการวิเคราะห์หาสมการการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานในแต่ละกิจกรรม ตามสภาพการทำงาน โดยใช้โปรแกรม Arena – Input Analyzer ดังแสดงในตารางที่ 13 พร้อมอธิบายสมการการกระจายดังนี้

1. สมการกระจายตัวแบบเบต้า (Beta)

คือ $\text{Beta}[a,b]$

โดยที่ $a = \beta_1$ และ $b = \beta_2$

2. สมการกระจายตัวแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential)

คือ $\text{Exponential}[a]$

โดยที่ $a = \text{mean}$

3. สมการกระจายตัวแบบแกมมา (Gamma)

คือ $\text{Gamma}[a,b]$

โดยที่ $a = \text{shape parameter}$ และ $b = \text{scale parameter}$

4. สมการกระจายตัวสามเหลี่ยม (Triangular)

คือ $\text{Triangular}[a,b,c]$

โดยที่ $a = \text{min}$ $b = \text{mode}$ และ $c = \text{max}$

5. สมการกระจายตัวแบบปกติ (Normal)

คือ $\text{Normal}[a,b]$

โดยที่ $a = \text{mean}$ และ $b = \text{standard}$

ตารางที่ 13 สมการการกระจายตัวของระยะเวลาในการทำงาน

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา ตามแผน	สมการการกระจายตัว		
			ระยะเวลาทำงานจริง	ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้	จำนวนวันทำงานจริง
1	ตอกเข็ม	3	$2.5+6*\text{Beta}[0.491,0.743]$	$2.5+5*\text{Beta}[0.816,1.17]$	$2.5+4*\text{Beta}[0.786,0.831]$
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	2	Normal[1.85,0.662]	Normal[1.85,0.662]	Normal[1.85,0.662]
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	4	$9.5+8*\text{Beta}[0.715, 0.727]$	$7.5+8*\text{Beta}[1.47,1.86]$	$6.5+8*\text{Beta}[1.82,1.95]$
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	4	$1.5+7*\text{Beta}[1.41, 1.96]$	$1.5+7*\text{Beta}[1.47,2.42]$	$1.5+5*\text{Beta}[1.82,2.16]$
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	4	$0.5+\text{Exponential}[2.26]$	$0.5+\text{Exponential}[1.88]$	$0.5+\text{Exponential}[1.88]$
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	4	$2.5+5*\text{Beta}[0.593, 0.854]$	$2.5+5*\text{Beta}[1.29,2.65]$	$2.5+4*\text{Beta}[1.37,2.47]$
7	แผ้วถางหลังบ้าน	1	Triangular[0.5, 0.857, 2.5]	Triangular[0.5, 0.857, 2.5]	Triangular[0.5, 0.857, 2.5]
8	เสาดกแต่งชั้น 1	1	$0.5+\text{Exponential}[0.944]$	$0.5+\text{Exponential}[0.778]$	$0.5+\text{Exponential}[0.778]$
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	4	$2.5+\text{Exponential}[1.45]$	$2.5+\text{Exponential}[1.24]$	$2.5+\text{Exponential}[1.08]$
10	ตอกเข็มรั้ว	1	1	1	1
11	Footing รั้ว	1	$0.5 + 5*\text{Beta}[0.701, 1.07]$	$0.5 + 5*\text{Beta}[0.685,1.38]$	$0.5+2*\text{Beta}[2.17,1.89]$
12	แผ้วรั้ว	1	$0.5 + \text{Gamma}[1.24, 1.87]$	$0.5 + \text{Gamma}[0.584,2.78]$	$0.5 + \text{Gamma}[0.495, 3.16]$
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	2	$0.5 + 7*\text{Beta}[0.334,0.88]$	$0.5 + 4*\text{Beta}[0.694,1.47]$	$0.5+4*\text{Beta}[0.694,1.47]$
14	บิวปูน	4	Normal[7.36, 2.84]	Normal[3.36, 1.17]	Normal[3.36, 1.17]

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	สมการการกระจายตัว		
		ตามแผน	ระยะเวลาทำงานจริง	ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้	จำนวนวันทำงานจริง
15	โครงหลังคาเหล็ก	3	$1.5 + 5 * \text{Beta}[0.825, 1.83]$	$1.5 + 4 * \text{Beta}[1.37, 2.46]$	$1.5 + 3 * \text{Beta}[0.899, 1.12]$
16	มุงหลังคา	4	$\text{Normal}[3.8, 0.812]$	$\text{Normal}[3.75, 0.829]$	$\text{Normal}[3.75, 0.829]$
17	ระบบท่อประปา	2	$1.5 + \text{Exponential}[1.97]$	$1.5 + \text{Exponential}[1.1]$	$1.5 + \text{Exponential}[1.1]$
18	รั้วเหล็ก	1	$0.5 + 3 * \text{Beta}[1.86, 1.72]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[2.21, 2.39]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[2.21, 2.39]$
19	เก็บรายละเอียดงานปูน	5	$12.5 + 5 * \text{Beta}[0.978, 0.778]$	$7.5 + 8 * \text{Beta}[1.4, 1.05]$	$7.5 + 8 * \text{Beta}[1.4, 1.05]$
20	สีรองพื้น	5	$12.5 + 11 * \text{Beta}[1.32, 1.02]$	$12.5 + 7 * \text{Beta}[1.59, 1.33]$	$12.5 + 7 * \text{Beta}[1.59, 1.33]$
21	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	5	$1.5 + 6 * \text{Beta}[0.86, 0.563]$	$1.5 + 6 * \text{Beta}[1.45, 1.66]$	$1.5 + 6 * \text{Beta}[1.45, 1.66]$
22	ฝ้าเพดานชั้น 2	3	$2.5 + 8 * \text{Beta}[0.845, 0.991]$	$2.5 + 6 * \text{Beta}[1.15, 1.45]$	$2.5 + 6 * \text{Beta}[1.28, 1.73]$
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	2	$8.5 + 10 * \text{Beta}[0.409, 0.279]$	$7.5 + 5 * \text{Beta}[0.821, 0.573]$	$7.5 + 5 * \text{Beta}[0.837, 0.7]$
24	งานปูกระเบื้องพื้น	3	$4.5 + \text{Gamma}[1.70, 2.74]$	$4.5 + \text{Gamma}[1.34, 2.61]$	$2.5 + \text{Gamma}[1.34, 3.4]$
25	ลานจอดรถ	1	$\text{Triangular}[0.5, 1.29, 2.5]$	$\text{Triangular}[0.5, 1.29, 2.5]$	$\text{Triangular}[0.5, 1.29, 2.5]$
26	ทางเท้า	1	1	1	1
27	ประตูอลูมิเนียม	2	$2.5 + 4 * \text{Beta}[0.504, 0.84]$	$1.5 + 3 * \text{Beta}[0.475, 1.23]$	2
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	2	$0.5 + 10 * \text{Beta}[0.283, 0.559]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[1.2, 1.88]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[1.2, 1.88]$

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	สมการการกระจายตัว		
		ตามแผน	ระยะเวลาทำงานจริง	ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้	จำนวนวันทำงานจริง
29	ประตูรั้วเหล็ก	1	$0.5 + 5 * \text{Beta}[0.564, 0.738]$	$0.5 + 5 * \text{Beta}[1.48, 3.5]$	$0.5 + 2 * \text{Beta}[2.58, 1.93]$
30	สุขภัณฑ์	2	$0.5 + 7 * \text{Beta}[0.215, 0.701]$	$0.5 + 7 * \text{Beta}[0.712, 2.56]$	$0.5 + 2 * \text{Beta}[1.94, 2.83]$
31	บันไดไม้	1	$1.5 + \text{Gamma}[0.602, 2.36]$	$1.5 + \text{Gamma}[0.349, 2.76]$	$1.5 + \text{Gamma}[0.323, 2.74]$
32	บัวไม้	2	$0.5 + \text{Exponential}[0.967]$	$0.5 + \text{Exponential}[0.833]$	$0.5 + \text{Exponential}[0.833]$
33	ฝ้าชั้น 1	2	$0.5 + 5 * \text{Beta}[0.731, 1.36]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[1.6, 2.17]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[2.03, 3.13]$
34	รั้วเหล็ก	1	$0.5 + 3 * \text{Beta}[1.86, 1.72]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[2.21, 2.39]$	$0.5 + 3 * \text{Beta}[2.21, 2.39]$
35	ลามิเนต	2	$\text{Triangular}[0.5, 1.15, 2.5]$	$\text{Triangular}[0.5, 1.15, 2.5]$	$\text{Triangular}[0.5, 1.15, 2.5]$
36	กริ่งไฟฟ้า	2	$0.5 + 12 * \text{Beta}[0.28, 0.603]$	$0.5 + 4 * \text{Beta}[0.817, 1.26]$	$0.5 + 4 * \text{Beta}[0.817, 1.26]$
37	สีจริง	4	$8.5 + 8 * \text{Beta}[1.23, 1.36]$	$4.5 + 9 * \text{Beta}[0.908, 0.694]$	$4.5 + 9 * \text{Beta}[0.908, 0.694]$
38	ทำความสะอาด	1	1	1	1

1.5 ทดสอบความถูกต้องของโครงข่ายการทำงานในแบบจำลอง

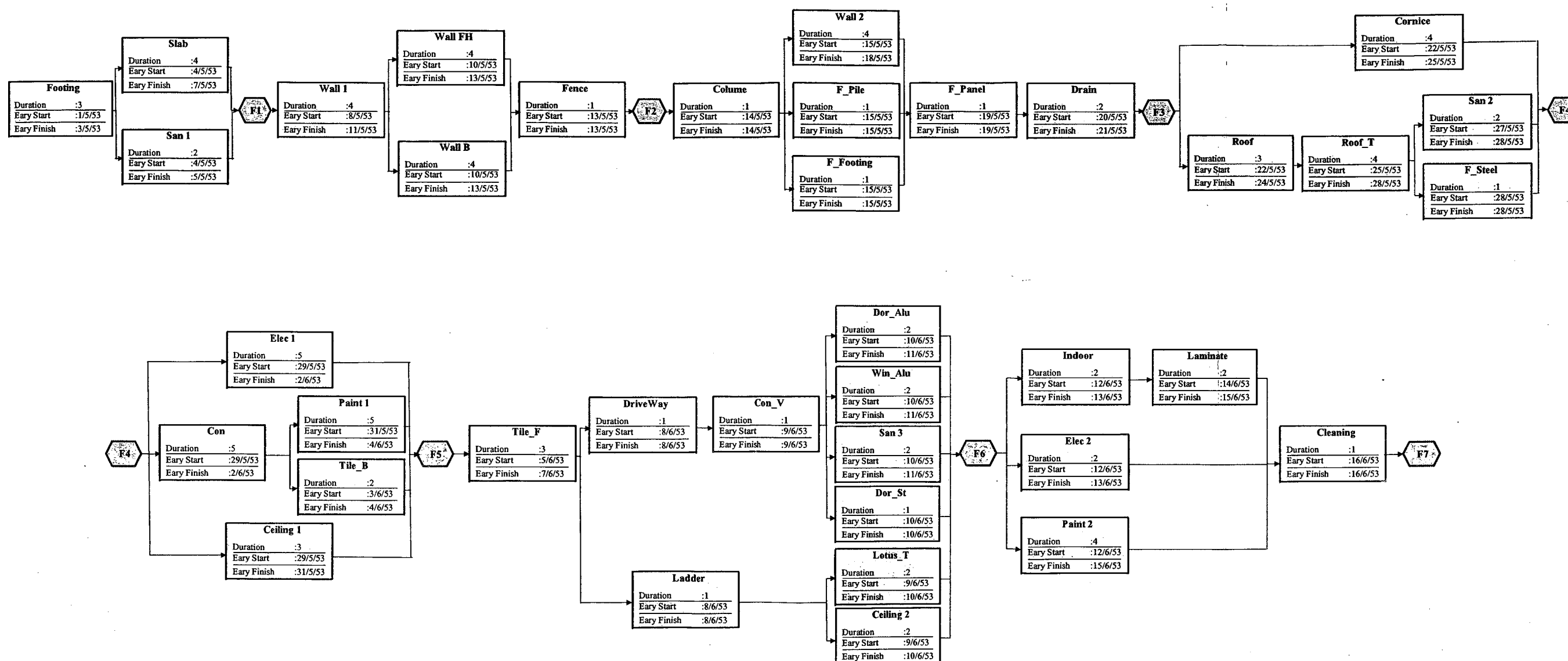
จากการสร้างโครงข่ายลำดับขั้นตอนก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลง ที่ประกอบ 38 กิจกรรม นำมาสร้างโครงข่ายความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมลงในแบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อความถูกต้องของโครงข่ายการทำงานในแบบจำลองผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากแบบจำลองและจาก Microsoft Project โดยยกตัวอย่างการก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลง กำหนดความสัมพันธ์และระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 9 ผลที่ได้จากแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 14 โดยในแต่ละกิจกรรมจะระบุวันเริ่มต้นเร็วสุด (Early Start) และวันเสร็จเร็วสุด (Early Finish) ส่วนผลที่ได้จาก Microsoft Project ดังแสดงในภาพที่ 10

ตารางที่ 14 วันที่เริ่มต้นและวันที่แล้วเสร็จในการก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงที่ได้จากแบบจำลอง

ลำดับ	กิจกรรม	วันเริ่มเร็วสุด	วันเสร็จเร็วสุด
1	Footing	0.00	3.00
2	San 1	3.00	5.00
3	Slab	3.00	7.00
4	Wall 1	7.00	11.00
5	Wall FH	9.00	13.00
6	Wall B	9.00	13.00
7	Fence	12.00	13.00
8	Column	13.00	14.00
9	Wall 2	14.00	18.00
10	F_Pile	14.00	15.00
11	F_Foot	14.00	15.00
12	F_Panel	18.00	19.00
13	Drain	19.00	21.00
14	Cornice	21.00	25.00
15	Roof	21.00	24.00
16	Roof_T	24.00	28.00
17	San 2	26.00	28.00

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	วันเริ่มเร็วสุด	วันเสร็จเร็วสุด
18	F_Steel	27.00	28.00
19	Elec 1	28.00	33.00
20	Ceiling 1	28.00	31.00
21	Con	28.00	33.00
22	Paint 1	30.00	35.00
23	Tile_B	33.00	35.00
24	Tile_F	35.00	38.00
25	DriveWay	38.00	39.00
26	Con_V	39.00	40.00
27	Dor_Alu	40.00	42.00
28	Win_Alu	40.00	42.00
29	Dor_St	40.00	41.00
30	San 3	40.00	42.00
31	Ladder	38.00	39.00
32	Lutus_T	39.00	41.00
33	Ceiling 2	39.00	41.00
34	Indoor	42.00	44.00
35	Laminate	44.00	46.00
36	Elec 2	42.00	44.00
37	Paint 2	42.00	44.00
38	Cleaning	46.00	47.00



ภาพที่ 10 แผนงานก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงจาก Microsoft Project

จากการทดสอบพบว่าระยะเวลาก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงที่ได้จากแบบจำลองใช้ระยะเวลาเท่ากับ 47 วัน เริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมตอมเข็ม (Footing) วันที่ 0 แล้วเสร็จในกิจกรรมทำความสะอาด (Cleaning) วันที่ 47 ดังแสดงในตารางที่ 14 ส่วนการวางแผนโดยใช้ Microsoft Project โดยกำหนดให้กิจกรรมตอมเข็มเริ่มต้นการทำงานวันที่ 1 พฤษภาคม 2553 แล้วเสร็จในกิจกรรมทำความสะอาดวันที่ 16 มิถุนายน 2553 จำนวนระยะเวลาก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงได้เท่ากับ 47 วัน ดังแสดงในภาพที่ 10 จากผลที่เท่ากันของระยะเวลาก่อสร้างบ้านจัดสรร 1 แปลงที่ได้จากแบบจำลองและ Microsoft Project แสดงให้เห็นว่าข้อมูลโครงข่ายการทำงานในแบบจำลอง STROBOSCOPE มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้าง

2. การวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE

จากการศึกษาในส่วนการตรวจเอกสารพบว่าการนำแบบจำลองเข้ามาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์การดำเนินงานก่อสร้าง เพื่อที่สามารถเรียนรู้พฤติกรรมของกระบวนการทำงานซับซ้อนได้ ดังนั้นแบบจำลอง STROBOSCOPE คือแบบจำลองสถานการณ์ทั่วไปที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้าง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการทำงานจริงที่เกิดขึ้น โดยอาศัยการเก็บข้อมูล อาทิเช่นกิจกรรมที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้าง ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานและปัญหาหรืออุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานของแต่ละกิจกรรมหยุดชะงัก เป็นต้น

จากการทดลองจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างในโครงการตัวอย่างพบว่า อาจกำหนดความสัมพันธ์ในการทำงานบางกิจกรรมตามแผนกำหนดไว้ลำบาก อาทิเช่นความสัมพันธ์แบบ Start to Start (STS) เนื่องจากการวางแผนใช้ Microsoft Project กำหนดความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามระยะเวลา ซึ่งในการทำงานจริงจากการเก็บข้อมูลพบว่า ความสัมพันธ์ที่เป็นตัวกำหนดการทำงานคือ ความสัมพันธ์ตามปริมาณงานเป็นหลักตัวอย่างเช่น แผนกำหนดให้กิจกรรมโครงสร้างผนังห้องน้ำจะเริ่มต้นทำงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 แล้วเสร็จ 2 วัน (STS+2) ดังแสดงในตารางที่ 9 แต่จากการเก็บข้อมูลพบว่ากิจกรรมโครงสร้างผนังห้องน้ำจะเริ่มต้นทำงานได้ก็ต่อเมื่อ กิจกรรมผนัง 1 แล้วเสร็จบ้านไปแล้ว 2 หลัง เป็นต้น แสดงให้เห็นถึงในการทำงานจริงจะยึดความสัมพันธ์ตามปริมาณงานที่ทำเป็นหลัก ดังนั้นการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เป็นการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างเสมือนจริง จึงขอเปลี่ยน

ความสัมพันธ์ตามแผนอาทิเช่นความสัมพันธ์แบบ StartToStart (STS) เป็นความสัมพันธ์ตามปริมาณงาน ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การปรับแก้ความสัมพันธ์จากแผนกำหนดเป็นตามสภาพการทำงานจริง

ลำดับ	กิจกรรม	กิจกรรมก่อนหน้า	แผน	ความสัมพันธ์ตามปริมาณงาน
1	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	โครงสร้างผนังชั้น 1	STS+2	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 แล้วเสร็จ 2 หลัง
2	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	โครงสร้างผนังชั้น 1	STS+2	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 แล้วเสร็จ 2 หลัง
3	แผ่รื้อหลังบ้าน	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	STS+3	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังห้องน้ำแล้วเสร็จ 4 หลัง
		โครงสร้างผนังห้องน้ำ	STS+3	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังหน้าบ้านแล้วเสร็จ 4 หลัง
4	ระบบท่อประปา	มุงหลังคา	STS+2	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมมุงหลังคาแล้วเสร็จ 2 หลัง
5	รื้อเหล็ก	มุงหลังคา	STS+3	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมมุงหลังคาแล้วเสร็จ 4 หลัง
6	สีรองพื้น	เก็บรายละเอียดงานปูน	STS+2	เริ่มต้นเมื่อกิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนแล้วเสร็จ 2 หลัง

จากการสร้างโครงข่ายลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมลงในแบบจำลอง STROBOSCOPE และกำหนดระยะเวลาทำงานของกิจกรรมด้วยสมการการกระจายตัวตามสภาพการทำงานที่จะทำการวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE จำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรรกำหนดที่ 20 แปลง เพื่อศึกษากระบวนการก่อสร้างตามสภาพการทำงานที่แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

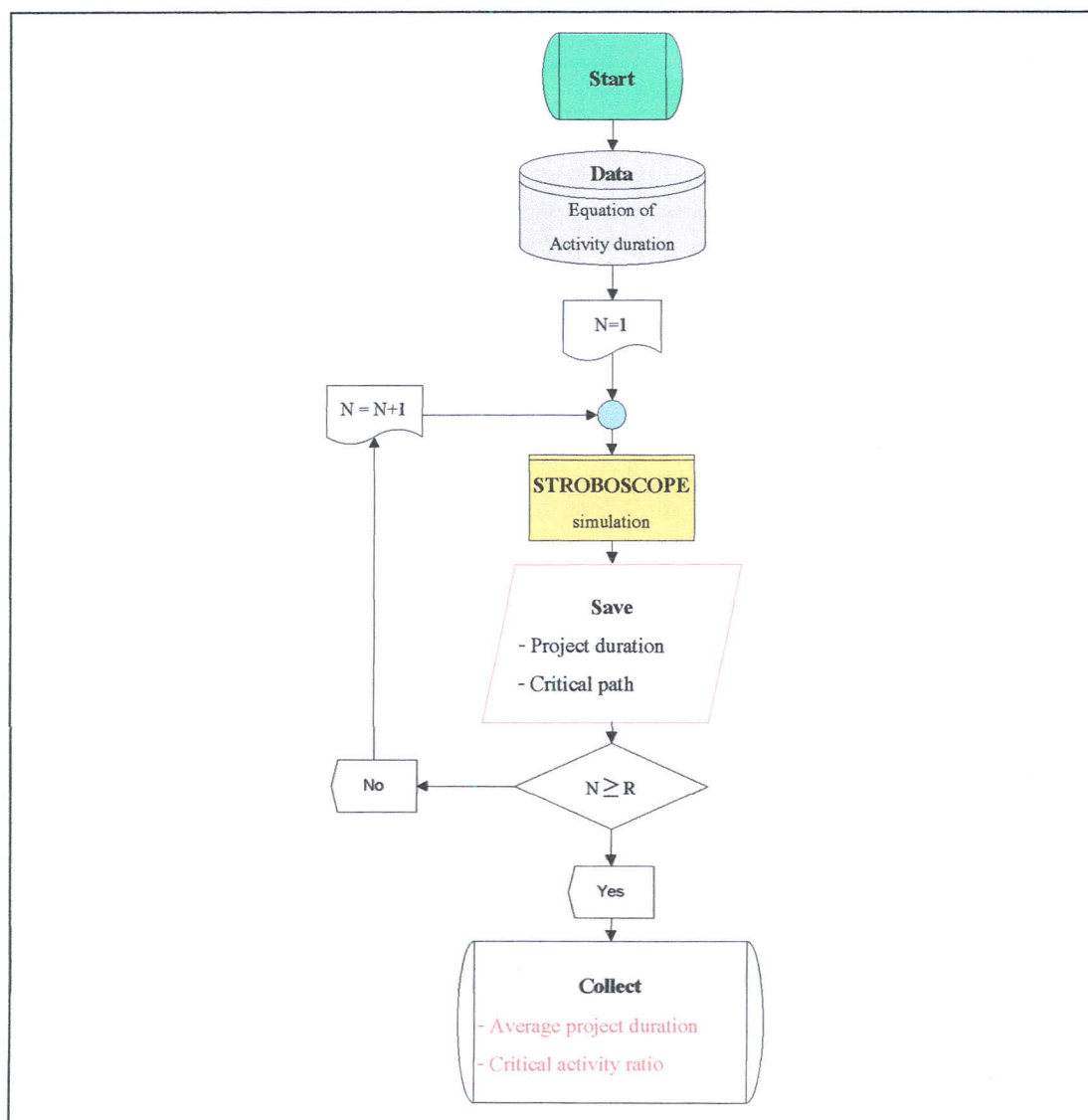
จำลองเหตุการณ์กรณีที่ 1 : ระยะเวลาตามแผนกำหนด (Budgeted duration) คือ การกำหนดระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมในการจำลองเหตุการณ์เท่ากับระยะเวลาตามแผนที่กำหนด

จำลองเหตุการณ์กรณีที่ 2 : ระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) คือ การกำหนดระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมในการจำลองเหตุการณ์เท่ากับระยะเวลาทำงานนับตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทำงานจนถึงวันที่แล้วเสร็จ

จำลองเหตุการณ์กรณีที่ 3 : ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้ (Actual duration without controllable disruption) คือ การกำหนดระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมในการจำลองเหตุการณ์เท่ากับระยะเวลาทำงานนับตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทำงานจนถึงวันที่แล้วเสร็จหักด้วยจำนวนวันที่เกิดอุปสรรคที่สามารถควบคุมได้

จำลองเหตุการณ์กรณีที่ 4 : จำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) คือ การกำหนดระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมในการจำลองเหตุการณ์เท่ากับจำนวนวันที่เกิดการ ทำงาน ซึ่งได้จากการนำระยะเวลาดังแต่เริ่มต้นกิจกรรมจนแล้วเสร็จหักด้วยจำนวนวันที่ไม่เกิดการ ทำงาน

กำหนดจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำ 1,000 รอบ (R เท่ากับ 1,000 รอบ) และเพื่อให้เกิดความมั่นใจจึงเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองเหตุการณ์ซ้ำกันเป็น 2,000 รอบ (R เท่ากับ 2,000 รอบ) โดยที่ในแต่ละรอบจะทำการบันทึกผลที่ได้ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาโครงการ (Project duration) และกิจกรรมวิกฤต (Critical activity) เมื่อครบจำนวนรอบที่ตั้งไว้จะได้ข้อมูลประกอบด้วย ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการ (Average project duration) และสัดส่วนของแต่ละกิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต (Critical activity ratio) ตามขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ขั้นตอนในการทำงานของแบบจำลอง STROBOSCOPE

2.1 ผลที่ได้จากวิเคราะห์โดยแบบจำลอง STROBOSCOPE

จากการวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างบ้านจัดสรรในแต่ละสภาพการทำงานที่แบ่งออกเป็น 4 ประเภทโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ผลลัพธ์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ระยะเวลาการก่อสร้างโดยเฉลี่ย (Average project duration) คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง จากการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง 1,000 รอบและ 2,000 รอบ ตามสภาพการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ระยะเวลาเฉลี่ยจากการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง

ลำดับ	สภาพการทำงาน	ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ย (วัน)	
		1,000 รอบ	2,000 รอบ
1	กรณีที่ 1	142.35	142.35
2	กรณีที่ 2	457.66	457.87
3	กรณีที่ 3	394.85	394.71
4	กรณีที่ 4	391.58	391.45

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยที่จำลองเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำกัน 1,000 รอบ และ 2,000 รอบในแต่ละสภาพการทำงานดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอใช้ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยจากการจำลองเหตุการณ์ในแต่ละสภาพการทำงานซ้ำกัน 1,000 รอบเป็นค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

2. สัดส่วนของกิจกรรมวิกฤต (Critical activity ratio) คือ ความน่าจะเป็นของแต่ละกิจกรรมที่มีโอกาสเป็นกิจกรรมวิกฤตในการก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง ซึ่งผลที่ได้จากจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง 1,000 รอบตามสภาพการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 17 โดยกิจกรรมที่มีโอกาสความน่าจะเป็นกิจกรรมวิกฤตมากกว่า 0.50 ของแต่ละสภาพการทำงานประกอบด้วย

1. การจำลองสถานการณ์เมื่อกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากับระยะเวลาตามแผน (Budgeted duration)

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ประกอบด้วยกิจกรรมตอกเข็ม โครงสร้างพื้นชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 1 โครงสร้างผนังหน้าบ้าน โครงสร้างผนังห้องน้ำ แผงรั้วหลังบ้าน เสาตกแต่งชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 2 แผงรั้ว ระบบท่อน้ำทิ้ง โครงหลังคาเหล็ก มุงหลังคา และระบบท่อประปา

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ถึงแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูน

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมปูกระเบื้องห้องน้ำ ปูกระเบื้องพื้น ลานจอด ทางเท้า ประตูลูมิเนียม หน้าต่างอลูมิเนียม สุขภัณฑ์ ประตูไม้ ลามิเนต สีจริง และทำความสะอาด

2. การจำลองสถานการณ์เมื่อกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากับระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration)

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ประกอบด้วยกิจกรรมตอกเข็ม โครงสร้างพื้นชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 1 โครงสร้างผนังห้องน้ำ แผงรั้วหลังบ้าน เสาตกแต่งชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 2 แผงรั้ว ระบบท่อน้ำทิ้ง และเก็บรายละเอียดงานปูน

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ถึงแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมสีรองพื้น

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมปูกระเบื้องพื้น ลานจอด ทางเท้า สีจริง และทำความสะอาด

3. การจำลองสถานการณ์เมื่อกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากับระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้ (Actual duration without controllable disruption)

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ประกอบด้วยกิจกรรมตอกเข็ม โครงสร้างพื้นชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 1 โครงสร้างผนังห้องน้ำ แผงรั้วหลังบ้าน เสาตกแต่งชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 2 แผงรั้ว ระบบท่อน้ำทิ้ง โครงหลังคาเหล็ก มุงหลังคา และเก็บรายละเอียดงานปูน

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ถึงแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมสีรองพื้น

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมปูกระเบื้องพื้น ลานจอด ทางเท้า สีจริงและทำความสะอาด

4. การจำลองสถานการณ์เมื่อกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากับจำนวนวันทำงานจริง (Actual working days)

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ประกอบด้วยกิจกรรมตอกเข็ม โครงสร้างพื้นชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 1 โครงสร้างผนังห้องน้ำ แผงรั้วหลังบ้าน เสาตกแต่งชั้น 1 โครงสร้างผนังชั้น 2 แผงรั้ว ระบบท่อน้ำทิ้ง โครงหลังคาเหล็ก มุงหลังคา และเก็บรายละเอียดงานปูน

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงแรก (Block 1) ถึงแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมสีรองพื้น

เส้นทางของกิจกรรมวิกฤตในแปลงที่ยี่สิบ (Block 20) ประกอบด้วยกิจกรรมปูกระเบื้องพื้น ลานจอด ทางเท้า สีจริงและทำความสะอาด

จากตารางที่ 17 ยกตัวอย่างกิจกรรมตอกเข็ม เมื่อจำเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำกัน 1,000 รอบตามสภาพการทำงานจริง (Actual duration) พบว่ากิจกรรมตอกเข็มแปลงที่ 1 เป็นกิจกรรมวิกฤต 620 รอบ คิดเป็นความน่าจะเป็นได้เท่ากับ 0.62 ซึ่งมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ (0.50) ส่วนแปลงที่ 2 ถึงแปลงที่ 20 พบว่าไม่มีแปลงใดเป็นกิจกรรมวิกฤตหรือคิดเป็นความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 50 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเพื่อง่ายต่อการแสดงผลที่สามารถเห็นภาพรวมทุกกิจกรรม ผู้วิจัยจึงขอระบุความน่าจะเป็นของกิจกรรมวิกฤตเฉพาะแปลงที่ 1 และแปลงที่ 20 ของทุกกิจกรรม

เพื่อให้เกิดความเข้าใจจะขอยกตัวอย่างผลที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์การก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง โดยแบ่งออกเป็น 3 ตัวอย่างประกอบด้วย ตัวอย่างแรกระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาตามแผนกำหนด (Budgeted duration) ตัวอย่างที่สองระยะเวลา

ทำงานของแต่ละกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาการทำงานจริง (Actual duration) และตัวอย่างที่สามารถระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมแทนค่าด้วยจำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) โดยตัวอย่างที่สองและตัวอย่างที่สามจะยกตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างเพียง 1 รอบ วันเริ่มต้นและวันที่แล้วเสร็จการทำงานของแต่ละกิจกรรมในแต่ละแปลงที่ได้จากแบบจำลองทั้งสามกรณีแสดงอยู่ในภาคผนวก ค ปรับวิธีแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบกราฟเส้นโดยที่แกนตั้งเป็นปริมาณการทำงาน (Unit) และแกนนอนเป็นระยะเวลา (Day) พร้อมกับระบุเส้นทางวิกฤต (เส้นทึบ) ทั้ง 3 กรณีดังแสดงในภาพที่ 12 13 และ 14 ตามลำดับ

จากตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง โดยใช้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมตามแผนกำหนด (Budgeted duration) ได้ระยะเวลาในการก่อสร้างเท่ากับ 142.35 วัน โดยสังเกตพบว่ากิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนเป็นที่กิจกรรมวิกฤต ตั้งแต่แปลงแรกจนถึงแปลงที่ยี่สิบ ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นกิจกรรมคอขวดในการทำงานซ้ำๆ ส่วนกิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้ากิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนที่เป็นกิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะแปลงแรก ส่วนกิจกรรมที่ทำงานตามหลังกิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนที่เป็นกิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะแปลงที่ยี่สิบ ดังแสดงในภาพที่ 12 เนื่องจากกิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูนเป็นกิจกรรมที่อยู่ในเส้นทางวิกฤตและเป็นกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาทำงานต่อแปลงมากที่สุดเท่ากับ 5 วัน ดังแสดงในตารางที่ 12

จากผลการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง 1 รอบ โดยใช้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมตามการทำงานจริง (Actual duration) ได้ระยะเวลาในการก่อสร้างเท่ากับ 448.68 วัน กิจกรรมสีรองพื้นเป็นที่กิจกรรมวิกฤต ตั้งแต่แปลงแรกจนถึงแปลงที่ยี่สิบ ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นกิจกรรมคอขวดในการทำงานซ้ำๆ ส่วนกิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้ากิจกรรมสีรองพื้นและเป็นการกิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะในแปลงแรก ส่วนกิจกรรมที่อยู่ตามหลังกิจกรรมสีรองพื้นและเป็นการกิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะแปลงที่ยี่สิบดังแสดงในภาพที่ 13 เนื่องจากกิจกรรมสีรองพื้นเป็นกิจกรรมที่อยู่ในเส้นทางวิกฤตและเป็นกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาทำงานต่อแปลงมากที่สุดโดยที่ระยะเวลาเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.7 วันและ 2.98 วัน ดังแสดงในตารางที่ 12

จากผลการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลง 1 รอบ โดยใช้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมตามจำนวนวันทำงานจริง (Actual working days) ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างเท่ากับ 389.19 วัน กิจกรรมสีรองพื้นเป็นกิจกรรมวิกฤต ตั้งแต่แปลงแรกจนถึงแปลงที่ยี่สิบ ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นกิจกรรมคอขวดในการทำงานซ้ำๆ ส่วนกิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้ากิจกรรมสีรองพื้นและเป็นการ

กิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะในแปลงแรก ส่วนกิจกรรมที่อยู่ตามหลังกิจกรรมสีรองพื้นและเป็นกิจกรรมวิกฤตจะวิกฤตเฉพาะแปลงที่สิบดังแสดงในภาพที่ 14 เนื่องจากกิจกรรมสีรองพื้นเป็นกิจกรรมที่อยู่ในเส้นทางวิกฤตและเป็นกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาทำงานต่อแปลงมากที่สุดโดยที่ระยะเวลาเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.4 วันและ 1.81 วัน ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 17 สัดส่วนของกิจกรรมวิกฤตในแต่ละสภาพการทำงาน

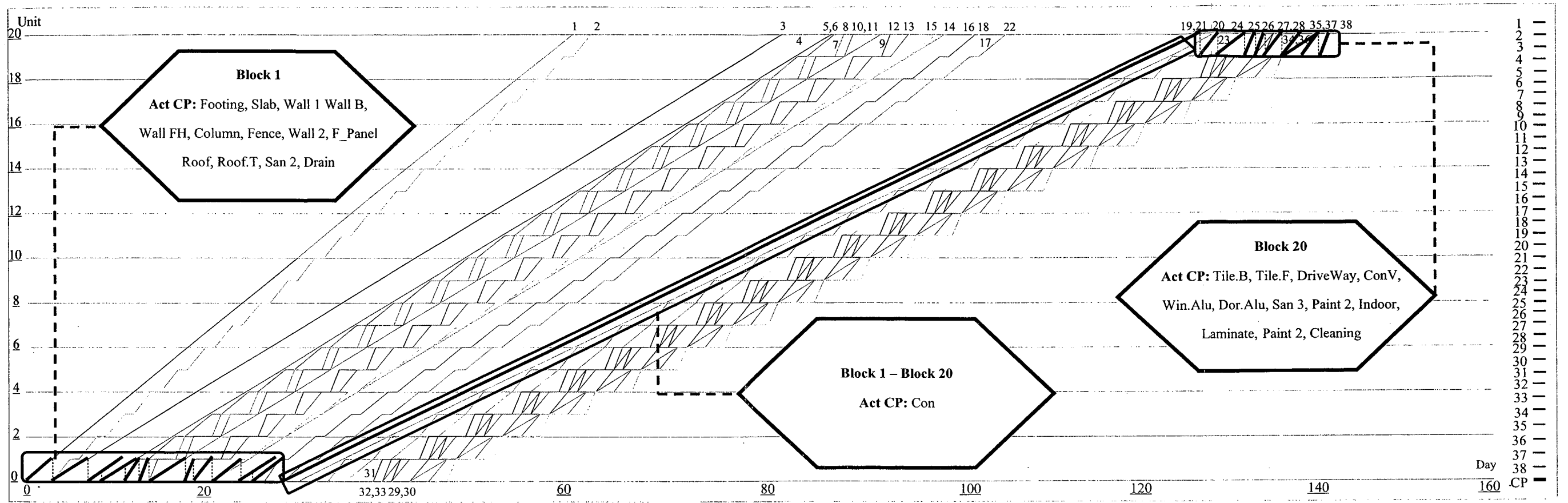
ลำดับ	กิจกรรม	ความน่าจะเป็น							
		กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3		กรณีที่ 4	
		แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20
1	ดอกเข็ม	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	1.00	0.00	0.12	0.00	0.11	0.00	0.17	0.00
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	1.00	0.00	0.50	0.00	0.70	0.00	0.68	0.00
7	เสาตอกแต่งชั้น 1	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
8	แผงรั้วหลังบ้าน	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	1.00	0.00	0.49	0.00	0.69	0.00	0.85	0.00
10	ดอกเข็มรั้ว	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Footing รั้ว	0.00	0.00	0.13	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
12	แผงรั้ว	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	1.00	0.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

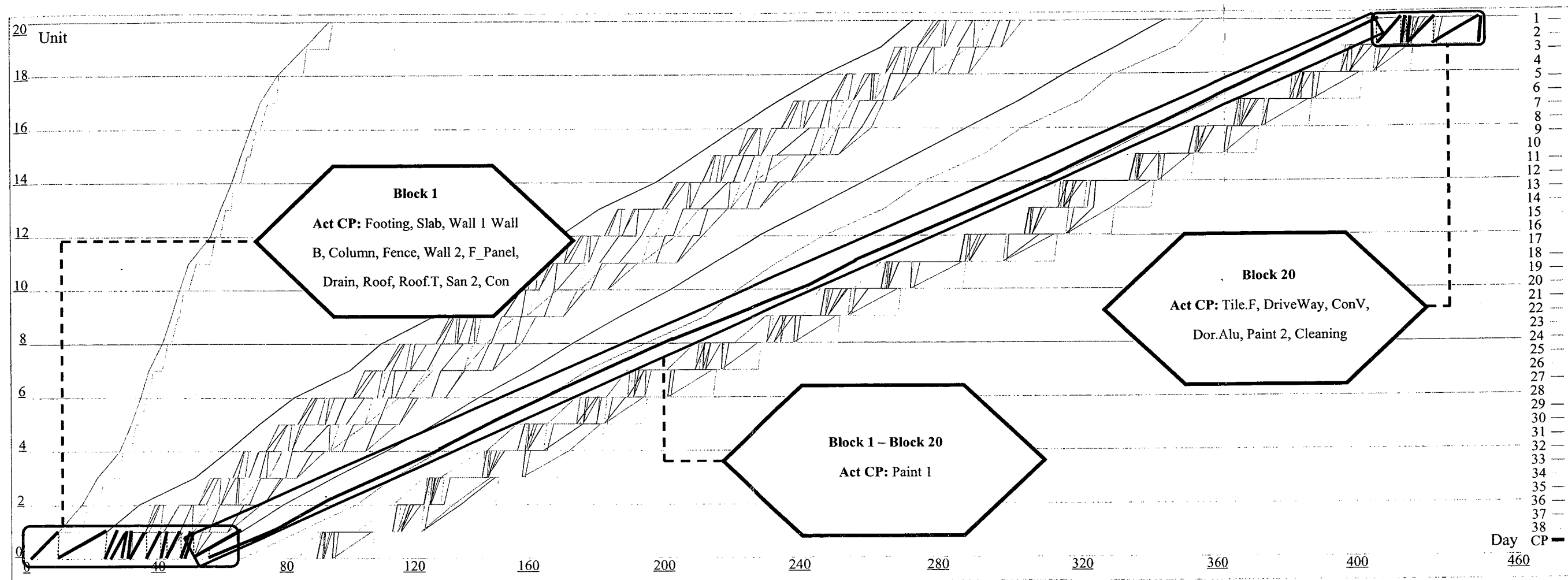
ลำดับ	กิจกรรม	ความน่าจะเป็น							
		กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3		กรณีที่ 4	
		แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20
14	บัวปูน	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	โครงหลังคาเหล็ก	1.00	0.00	0.38	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
16	มุงหลังคา	1.00	0.00	0.38	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
17	ระบบท่อประปา	1.00	0.00	0.28	0.00	0.47	0.00	0.49	0.00
18	รั้วเหล็ก	0.00	0.00	0.1	0.00	0.34	0.00	0.36	0.00
19	เก็บรายละเอียดงานปูน	1.00	1.00	0.62	0.00	0.81	0.00	0.85	0.00
20	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	ฝ้าเพดานชั้น 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
22	สีรองพื้น	0.00	0.00	0.62	0.82	0.81	0.88	0.85	0.81
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	ปูกระเบื้องพื้น	0.00	1.00	0.00	0.83	0.00	0.89	0.00	0.82
25	ลานจอด	0.00	1.00	0.00	0.70	0.00	0.70	0.00	0.59
26	ทางเท้า	0.00	1.00	0.00	0.70	0.00	0.70	0.00	0.59

ตารางที่ 17 (ต่อ)

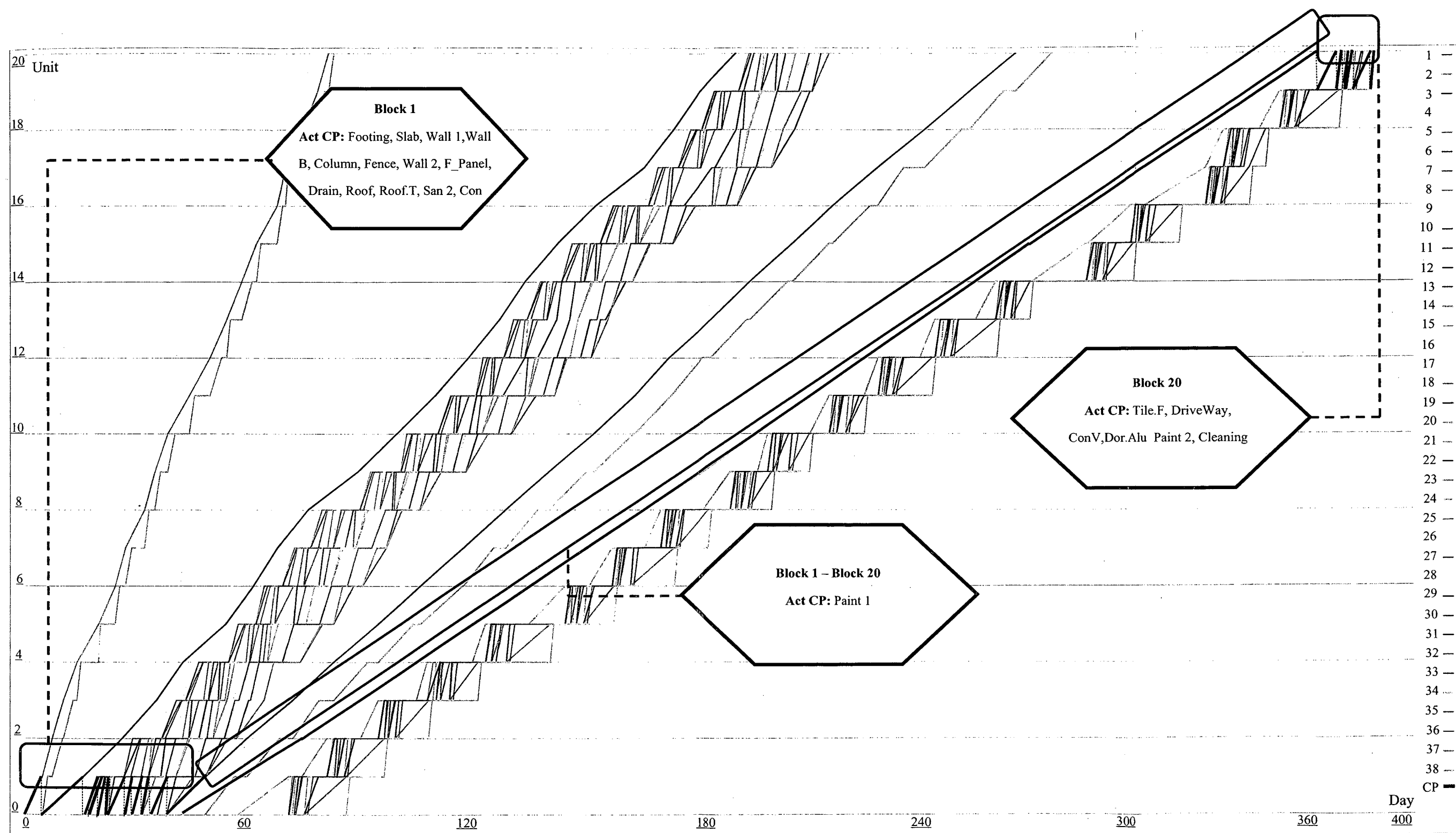
ลำดับ	กิจกรรม	ความน่าจะเป็น							
		กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3		กรณีที่ 4	
		แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20	แปลง 1	แปลง 20
27	ประตูอูมเนียม	0.00	1.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.30
28	หน้าต่างอูมเนียม	0.00	1.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.18
29	ประตูรั้วเหล็ก	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.17	0.00	0.09
30	สุขภัณฑ์	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
31	บันไดไม้	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.19	0.00	0.23
32	บัวไม้	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.09
33	ฝ้าชั้น 1	0.00	0.00	0.00	0.1	0.00	0.00	0.00	0.14
34	ประตูไม้	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
35	ลามิเนต	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	กริ่งไฟฟ้า	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
37	สีจริง	0.00	1.00	0.00	0.94	0.00	1.00	0.00	1.00
38	ทำความสะอาด	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างโดยใช้ระยะเวลาตามแผนกำหนด (Budgeted duration)

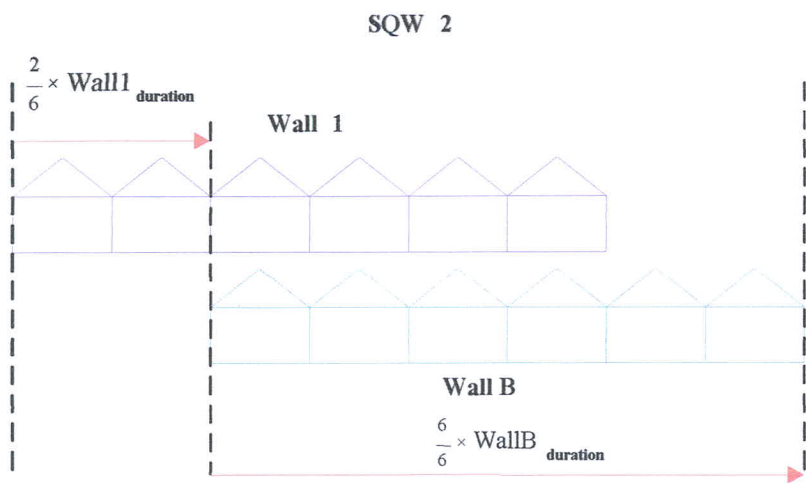


ภาพที่ 13 ตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างโดยใช้ระยะเวลาตามสภาพการทำงานจริง (Actual duration)



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างโดยใช้ระยะเวลาตามจำนวนวันทำงานจริง (Actual working days)

จากผลการจำลองเหตุการณ์จะเห็นได้ว่าระยะเวลาโครงการก่อสร้างตามแผนกำหนดเป็นเลขที่มีจุดทศนิยม (142.35 วัน) ดังนั้นเพื่อความเข้าใจผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างระยะเวลาทำงานในงวดงานที่ 2 (SQW 2) ระหว่างการทำงานของกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 (Wall 1) กับกิจกรรมโครงสร้างผนังห้องน้ำ (Wall B) ตามความสัมพันธ์คือกิจกรรมโครงสร้างผนังห้องน้ำจะเริ่มดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 แล้วเสร็จบ้าน 2 หลัง ตามขั้นตอนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 15 จากการสังเกตพบว่าความสัมพันธ์ของกิจกรรมแบบ STS ตามแผนเมื่อเปลี่ยนเป็นความสัมพันธ์ตามปริมาณงานจะส่งผลให้ระยะเวลาระยะเวลาโครงการมีเลขทศนิยม แม้กระทั่งกรณีใช้ระยะเวลาทำตามแผนงานกำหนด



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการทำงานระหว่างกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 กับโครงสร้างผนังห้องน้ำ

จากขั้นตอนการทำงานเมื่อแทนค่าระยะเวลาทำงาน (duration) ตามแผนของกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 และโครงสร้างผนังห้องน้ำที่มีค่าเท่ากันซึ่งเท่ากับ 4 วัน ระยะเวลาทำงานระหว่างกิจกรรมโครงสร้างผนังชั้น 1 และโครงสร้างผนังห้องน้ำเท่ากับ 5.33 วัน โดยอธิบายเป็นสมการดังนี้

$$\begin{aligned}
 Duration_{Wall1-WallB} &= \frac{2}{6} \times Wall1_{duration} + \frac{6}{6} \times WallB_{duration} \\
 Duration_{Wall1-WallB} &= \frac{2}{6} \times 4 + \frac{6}{6} \times 4 \\
 Duration_{Wall1-WallB} &= 5.33 \text{ วัน}
 \end{aligned}$$

2.2 วิเคราะห์การกระจายตัวของระยะเวลาโครงการ

จากการจำลองสถานการณ์ก่อสร้างจำนวน 1,000 รอบ ระยะเวลาโครงการในแต่ละรอบถูกนำมาคำนวณหาระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการก่อสร้าง (Average project duration) ดังแสดงในหัวข้อก่อนหน้านี้ และทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูล โดยผลการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) ของระยะเวลาก่อสร้าง ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระยะเวลาโครงการ

ลำดับ	สภาพการทำงาน	ระยะเวลาก่อสร้าง (วัน)			
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1	ระยะเวลาทำงานจริง	457.66	9.85	425.64	489.08
2	ระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้	394.85	7.39	375.72	425.55
3	จำนวนวันทำงานจริง	391.58	7.96	360.86	421.69

จากตารางที่ 18 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาโครงการก่อสร้างในแต่ละสภาพการทำงานมีการกระจายตัวเนื่องจากกิจกรรมที่อยู่ในเส้นทางวิกฤตมีระยะเวลาการทำงานไม่แน่นอน ดังนั้นจึงนำระยะเวลาโครงการที่ได้จากแบบจำลอง 1,000 รอบมาแสดงให้อยู่ในรูปแบบของกราฟเส้น โดยที่แกนตั้งเป็นความน่าจะเป็นที่ค่าระยะเวลาโครงการนั้นจะเกิดขึ้น (Probability density) และแกนนอนเป็นระยะเวลาหน่วยเป็นวัน (day) ดังแสดงในภาพที่ 16 เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจ (%Confidence) ที่ประกอบด้วย 68 % 95% และ 99% ดังแสดงในตารางที่ 19 โดยที่สูตรการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจ อธิบายดังนี้

1. Confidence level 68% = $Mean \pm 1Standard$

(1)

2. Confidence level 95% = $Mean \pm 2Standard$

(2)

3. Confidence level 99% = $Mean \pm 3Standard$

(3)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงขอยกตัวอย่างตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจที่ 68% 95% และ 99% ของระยะเวลาก่อสร้างในสภาพการทำงานจริง (Actual duration) ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณความมั่นใจ 68% ที่ผู้ประกอบการมีโอกาสใช้ระยะเวลาก่อสร้างในสภาพการทำงานจริงประกอบด้วย

จากสมการที่ 1	Confidence level 68% = $Mean \pm 1Standard$
โดย	$Mean + 1Standard = 457.66 + 9.85$ $= 467.51 \text{ วัน}$
โดย	$Mean - 1Standard = 457.66 - 9.85$ $= 447.81 \text{ วัน}$

ตัวอย่างการคำนวณความมั่นใจ 95 % ที่ผู้ประกอบการมีโอกาสใช้ระยะเวลาก่อสร้างในสภาพการทำงานจริงประกอบด้วย

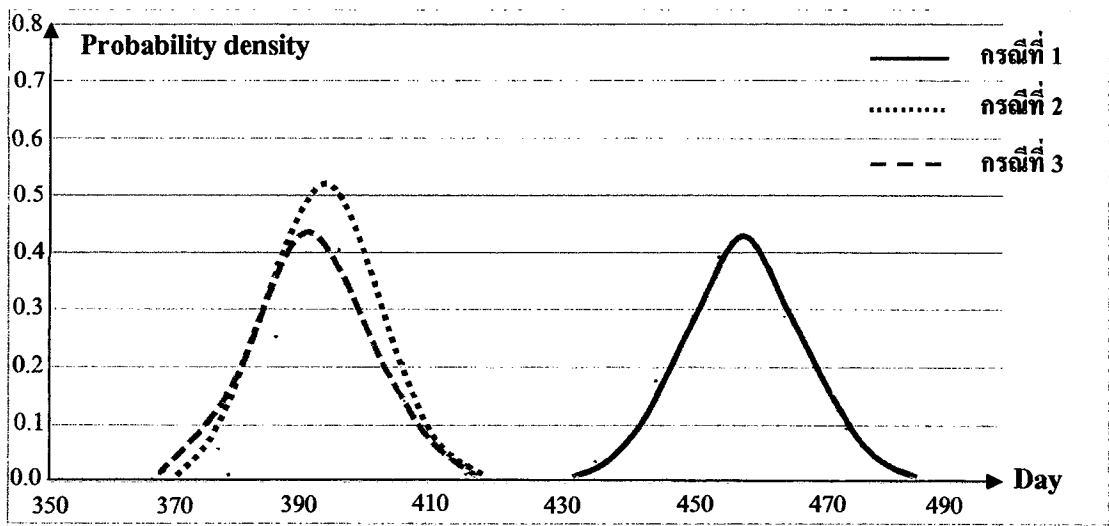
จากสมการที่ 2	Confidence level 95% = $Mean \pm 2Standard$
โดย	$Mean + 2Standard = 457.66 + 2 (9.85)$ $= 477.36 \text{ วัน}$
โดย	$Mean - 2Standard = 457.66 - 2 (9.85)$ $= 437.96 \text{ วัน}$

ตัวอย่างการคำนวณความมั่นใจ 99 % ที่ผู้ประกอบการมีโอกาสใช้ระยะเวลาก่อสร้างในสภาพการทำงานจริงประกอบด้วย

จากสมการที่ 3	Confidence level 99 % = $Mean \pm 3Standard$
โดย	$Mean + 3Standard = 457.66 + 3 (9.85)$ $= 487.21 \text{ วัน}$
โดย	$Mean - 3Standard = 457.66 - 3 (9.85)$ $= 428.11 \text{ วัน}$

ตารางที่ 19 ระดับความมั่นใจของระยะเวลาโครงการในแต่ละสภาพการทำงาน

ลำดับ	สภาพการทำงาน	ระดับความมั่นใจ					
		68%		95%		99%	
1	ระยะเวลาทำงานจริง	447.81	467.51	437.96	477.36	487.21	428.11
2	ระยะเวลาที่ปราศจากอุปสรรคที่ควบคุมได้	387.46	402.24	380.07	409.63	372.68	417.02
3	จำนวนวันทำงานจริง	383.62	399.54	375.66	407.5	367.70	415.46



ภาพที่ 16 การกระจายตัวของระยะเวลาโครงการในแต่ละสภาพการทำงาน

3. เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง STROBOSCOPE

ผลที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลงตามสภาพการทำงาน นำมาเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการในปัจจุบันของผู้ประกอบการ โดยอธิบายดังนี้

3.1 ผลที่จากแบบจำลองกรณีที่ 1 เปรียบเทียบกับกรณีที่ 2

การจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาทำงานจริง (กรณีที่ 2) ได้ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยเท่ากับ 457.66 วัน โดยที่ตามแผนกำหนดระยะเวลาไว้เท่ากับ 142.35 วัน (กรณีที่ 1) ดังแสดงในตารางที่ 16 แสดงให้เห็นถึงในสภาพการทำงานจริงที่เกิดขึ้น ผู้ประกอบการใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการก่อสร้างมากกว่าที่แผนกำหนดไว้

สัดส่วนกิจกรรมวิกฤตของสภาพการทำงานทั้งสองกรณีมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 17 สังเกตได้จากตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง 1 รอบ โดยที่ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาดำเนินการตามแผน (Budgeted duration) และระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13 ตามลำดับ เส้นทางวิกฤต (Critical path) กรณีระยะเวลาทำงานจริงที่แตกต่างจากกรณีแผนกำหนดไว้ อาทิเช่น กิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูน (Con) ในกรณีระยะเวลาดำเนินการตามแผนจะเป็นกิจกรรมวิกฤตตั้งแต่แปลงก่อสร้างแรก (Block 1) จนถึงแปลงก่อสร้างสุดท้าย (Block 20) ดังแสดงในภาพที่ 12 ส่วนกรณีระยะเวลาทำงานจริงกิจกรรมสีรองพื้น (Paint 1) จะเป็นกิจกรรมวิกฤตตั้งแต่แปลงก่อสร้างแรก (Block 1) จนถึงแปลงก่อสร้างสุดท้าย (Block 20) ดังแสดงในภาพที่ 13 เป็นต้น

จากการวิเคราะห์พบว่าสภาพการทำงานทั้งสองกรณีแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพการทำงานตามระยะเวลาทำงานจริงเกิดปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้การทำงานของแต่ละกิจกรรมหยุดชะงัก เกิดการขาดช่วงของการทำงาน ส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานจนถึงการทำงานแล้วเสร็จบางกิจกรรมใช้ระยะเวลามากกว่าที่แผนกำหนด ยกตัวอย่างเช่นกิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 แผนกำหนดระยะเวลาทำงานต่อแปลงเท่ากับ 4 วัน แต่ในสภาพการทำงานตามระยะเวลาทำงานจริง กิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 13.5 วันซึ่งมากกว่าแผนงานที่ตั้งไว้ ดังแสดงในตารางที่ 12 เป็นต้น อุปสรรคที่ส่งผลให้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 ต้องหยุดชะงักประกอบด้วยสภาพอากาศ (A) การขาดวัสดุอุปกรณ์ (B) การโยกย้ายชุดคนงาน (E) และพื้นที่การทำงานซ้อนทับกัน (J) ดังแสดงในตารางที่ 11 เป็นต้น ซึ่งนอกจากกิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 ยังมีกิจกรรม อาทิเช่น บัวปูน เก็บรายละเอียดงานปูน ฝ้าเพดานชั้น 2 สีรองพื้น ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ ปูกระเบื้องพื้น และสีจริง ที่ใช้ระยะเวลาทำงานเฉลี่ยต่อแปลงมากกว่าที่แผนกำหนดไว้ นอกจากนี้การที่สัดส่วนของกิจกรรมวิกฤตของสภาพการทำงานทั้งสองกรณีที่มีความแตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมที่ผู้ประกอบการควรให้ความสนใจหรือต้องควบคุมระยะเวลาทำงานไม่ตรงตามที่แผนงานกำหนดในสภาพการทำงานจริง

3.2 ผลที่จากแบบจำลองกรณีที่ 3 เปรียบเทียบกับกรณีที่ 4

การจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรที่ควบคุมได้ (กรณีที่ 3) ได้ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยเท่ากับ 394.85 วัน โดยที่สภาพการทำงานกรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยจำนวนวันทำงานจริง (กรณีที่ 4) ได้ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยเท่ากับ 391.58 วัน ดังแสดงในตารางที่ 16 แสดงให้เห็นถึงระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ยทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน

สัดส่วนกิจกรรมวิกฤตของสภาพการทำงานทั้งสองกรณีมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ยกตัวอย่างเช่นกรณีระยะเวลาทำงานแทนค่าด้วยระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรที่ควบคุมได้ กิจกรรมสิรองพื้นมีค่าความน่าจะเป็นของสัดส่วนกิจกรรมวิกฤตมาก 0.50 ตั้งแต่แปลงก่อสร้างแรก (Block 1) จนถึงแปลงก่อสร้างสุดท้าย (Block 20) เช่นเดียวกับกรณีระยะเวลาทำงานแทนค่าด้วยจำนวนวันทำงานจริงดังแสดงในตารางที่ 17 เป็นต้น

จากการวิเคราะห์พบว่าสภาพการทำงานทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากสภาพภูมิอากาศ (A) เพียงอย่างเดียวส่งผลกระทบต่อการทำงานก่อสร้างของผู้ประกอบการ เนื่องจากระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน ตัวอย่างเช่นกิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 กรณีระยะเวลาทำงานต่อแปลงตามระยะเวลาทำงานที่ปราศจากอุปสรรที่ควบคุมได้เท่ากับ 10.9 วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ระยะเวลาทำงานต่อแปลงตามจำนวนวันทำงานจริงที่กิจกรรมโครงสร้างพื้นชั้น 1 ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 10.4 วัน ดังแสดงในตารางที่ 12 เป็นต้น

3.3 ผลที่จากแบบจำลองกรณีที่ 1 เปรียบเทียบกับกรณีที่ 4

การจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง กรณีระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยจำนวนวันทำงานจริง (กรณีที่ 4) ได้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการมากกว่าที่แผนกำหนดไว้ (กรณีที่ 1) ดังแสดงในตารางที่ 16 แสดงให้เห็นถึงในสภาพการทำงานตามจำนวนวันทำงานจริงที่เกิดขึ้นผู้ประกอบการใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการก่อสร้างมากกว่าที่แผนกำหนดไว้

สัดส่วนกิจกรรมวิกฤตของสภาพการทำงานทั้งสองกรณีมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 17 สังเกตได้จากตัวอย่างการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง 1 รอบ โดยที่ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยระยะเวลาตามแผน และระยะเวลาทำงานของกิจกรรมแทนค่าด้วยจำนวนวันทำงานจริงดังแสดงในภาพที่ 12 และ 14 ตามลำดับ เส้นทางวิกฤต (Critical path) กรณีจำนวนวันทำงานจริงที่แตกต่างจากกรณีแผนกำหนดไว้ อาทิเช่น กิจกรรมเก็บรายละเอียดงานปูน (Con) ในกรณีระยะเวลาตามแผนจะเป็นกิจกรรมวิกฤตตั้งแต่แปลงก่อสร้างแรก (Block 1) จนถึงแปลงก่อสร้างสุดท้าย (Block 20) ดังแสดงในภาพที่ 12 แต่ในส่วนระยะเวลาทำงานตามจำนวนวันทำงานจริงกิจกรรมสีรองพื้น (Paint 1) จะเป็นกิจกรรมวิกฤตตั้งแต่แปลงก่อสร้างแรก (Block 1) จนถึงแปลงก่อสร้างสุดท้าย (Block 20) ดังแสดงในภาพที่ 14 เป็นต้น

จากการวิเคราะห์พบว่าสภาพการทำงานทั้งสองกรณีแตกต่างกัน เนื่องจากในสภาพการทำงานกรณีจำนวนวันทำงานจริงมีกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาทำงานมากกว่าแผนกำหนด ยกตัวอย่างเช่นกิจกรรมปูกระเบื้องพื้น แผนกำหนดระยะเวลาทำงานต่อแปลงเท่ากับ 3 วัน แต่ในสภาพการทำงานกรณีจำนวนวันทำงานจริง กิจกรรมปูกระเบื้องพื้นใช้ระยะเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 7.08 วันซึ่งมากกว่าแผนงานที่ตั้งไว้ ดังแสดงในตารางที่ 12 เป็นต้น แสดงถึงในสภาพการทำงานจริง อัตราการทำงานของกลุ่มคนงานกิจกรรมปูกระเบื้องห้องน้ำไม่สอดคล้องกับแผนที่ผู้ประกอบการกำหนดไว้ เป็นต้น

4. การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาโครงการก่อสร้างในแต่ละสภาพการทำงานโดยใช้แบบ STROBOSCOPE แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการทำงาน ทำให้ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนที่กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทำงานจากสภาพการทำงานจริง ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงที่ 1 ลดอุปสรรคการทำงานของกิจกรรมวิกฤต

จากการวิเคราะห์ในส่วนระยะเวลาทำงานของกิจกรรมตามสภาพการทำงานจริง (Actual duration) พบว่ากิจกรรมสีรองพื้น (Paint 1) ใช้ระยะเวลาทำงานเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 18.7 วัน ดังแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ และเมื่อทำการจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างพบว่า

กิจกรรมสีรองพื้นมีส่วนกิจกรรมวิกฤตที่มากกว่า 0.5 ในทุกแปลงก่อสร้าง แสดงถึงเป็นกิจกรรมวิกฤตตั้งแต่แปลงแรกจนถึงแปลงสุดท้าย ดังแสดงในภาพที่ 13 และจากการวิเคราะห์ในส่วนอุปสรรคพบว่า อุปสรรคที่เกิดในระหว่างการทำงานของกิจกรรมสีรองพื้นเป็นอุปสรรคที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นเมื่อผู้ประกอบการทำการควบคุมปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นของกิจกรรมสีรองพื้นในสภาพการทำงานจริง ระยะเวลาเฉลี่ยและสมการการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานกิจกรรมสีรองพื้นจะมีค่าลดลง ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมสีรองพื้น (Paint 1) เมื่อนำอุปสรรคออก

ลำดับ	สภาพการทำงาน	ระยะเวลา		สมการกระจายตัว
		เฉลี่ย	เบี่ยงเบน	
1	ระยะเวลาทำงานจริง (Paint 1)	18.7	2.98	$12.5+11*\text{Beta}[1.32, 1.02]$
2	ระยะเวลาที่มีการควบคุม (Paint 1)	16.4	1.81	$12.5+7*\text{Beta}[1.59, 1.33]$

วิเคราะห์ผลกระทบจากแนวทางการปรับปรุงที่ 1 โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE จำลองสถานการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลงซ้ำ 1,000 รอบ โดยที่ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมตามสภาพการทำงานจริง ดังแสดงในตารางที่ 13 ยกเว้นระยะเวลาของกิจกรรมสีรองพื้นใช้ระยะเวลาตามสภาพการทำงานที่มีการควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 20 เมื่อครบจำนวนรอบที่ตั้งไว้จะได้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการ (Average project duration) ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1

ลำดับ	สภาพการทำงาน (State)	ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ย (วัน)
1	ระยะเวลาจริง	457.66
2	ระยะเวลาที่มีการควบคุม (Paint 1)	413.81

ผลจากการจำลองเมื่อนำอุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงักออกเฉพาะกิจกรรมสีรองพื้นจะได้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการเท่ากับ 413.81 วัน ซึ่งในสภาพการทำงานจริงที่ผู้ประกอบการใช้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการเท่ากับ 457.66 วัน ดังแสดงในตารางที่ 21 แสดงถึงเมื่อ

ผู้ประกอบกรสามารถควบคุมปัญหาเฉพาะกิจกรรมสีรองพื้นได้จะส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างลดลงได้

แนวทางการปรับปรุงกรณีที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบกรสามารถคาดการณ์กิจกรรมวิกฤตได้จากการจำลองสถานการณ์ก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE วิเคราะห์สัดส่วนของกิจกรรมวิกฤตจากสภาพการทำงานจริงได้ ดังนั้นถ้าผู้ประกอบกรสามารถหาแนวทางในการป้องกันหรือควบคุมระยะเวลาทำงานของกิจกรรมวิกฤตอาทิเช่นควบคุมอุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานหยุดชะงัก หรือเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานเพื่อให้อัตราการทำงานของกิจกรรมนั้นสูงขึ้นจะส่งผลให้ระยะเวลาโครงการก่อสร้างลดลง

แนวทางการปรับปรุงที่ 2 เลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานบางกิจกรรมเพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่องและเหมาะสมต่อระยะเวลาโครงการ

จากการศึกษาในส่วนการตรวจเอกสารพบว่าวิธีการวางแผนแบบเริ่มงานได้เร็วสุด (Early Start, ES) เมื่อนำใช้กับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำๆ โดยส่วนมากจะส่งผลให้การทำงานของกิจกรรมเกิดความไม่ต่อเนื่อง มีการว่างงานของกลุ่มคนงาน (Idle time) ส่งผลให้ผู้ประกอบกรเสียประโยชน์จากความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน ดังนั้นจึงทำการเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานของกิจกรรมเพื่อให้การทำงานของกิจกรรมนั้นมีความต่อเนื่อง แต่ผลกระทบที่ตามมาคือระยะเวลาโครงการก่อสร้าง (Project duration) จะเพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมตามสภาพการทำงานจริง (Actual duration) ในโครงการตัวอย่าง เพื่อความต่อเนื่องของการทำงานและความเหมาะสมของระยะเวลาโครงการก่อสร้าง จึงกำหนดให้ตั้งแต่กิจกรรมตอกเข็มถึงกิจกรรมปูกระเบื้องพื้นสามารถเริ่มดำเนินการทำงานได้เร็วสุด ส่วนกิจกรรมที่ทำงานต่อจากกิจกรรมปูกระเบื้องพื้นจะกำหนดวันเริ่มต้นการทำงานตามทฤษฎีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำๆ ดังแสดงในตารางที่ 22

จำลองสถานการณ์ก่อสร้างบ้านจัดสรร 20 แปลงในสภาพการทำงานจริง (Actual duration) ซ้ำ 1,000 รอบ โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE วิเคราะห์หาระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการก่อสร้างและระยะเวลาว่างงานเฉลี่ยของกลุ่มคนงาน ดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24 ตามลำดับ

ผลที่ได้จากแบบจำลองพบว่าในโครงการตัวอย่างวิธีวางแผนแบบเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานบางกิจกรรมได้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการเท่ากับ 472.27 วัน ซึ่งมากกว่าวิธีการวางแผนแบบให้เริ่มงานได้เร็วสุดทุกกิจกรรมที่ได้ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการเท่ากับ 457.66 วัน ดังแสดงในตารางที่ 23 แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาว่างงานของกลุ่มคนงาน พบว่ากรณีเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานบางกิจกรรมมีระยะเวลาว่างงานของกลุ่มคนงานในเฉพาะกิจกรรมที่เลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานน้อยกว่ากรณีเริ่มต้นการทำงานได้เร็วสุด ตัวอย่างเช่นกิจกรรมประตูดูมเนียมกรณีเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานได้ระยะเวลาว่างงานเฉลี่ยเท่ากับ 154.86 วันซึ่งน้อยกว่ากรณีเริ่มต้นการทำงานได้เร็วสุดที่มีระยะเวลาว่างงานเฉลี่ยเท่ากับ 274.14 วัน ดังแสดงในตารางที่ 24 เป็นต้น ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการต้องการเปลี่ยนวิธีการวางแผน โดยเน้นให้การทำงานมีความต่อเนื่องหรือเน้นการทำงานที่เสร็จเร็วสุด ผู้ประกอบการควรพิจารณาผลกระทบในด้านระยะเวลาว่างงานและระยะเวลาโครงการในการเลือกวิธีการวางแผน

ตารางที่ 22 กำหนดวันเริ่มต้นการทำงานของแต่ละกิจกรรม

ลำดับ	กิจกรรม	วันเริ่มต้นการทำงาน
1	ตอกเข็ม	เริ่มเร็วสุด
2	วางระบบท่อพื้นชั้น 1	เริ่มเร็วสุด
3	โครงสร้างพื้นชั้น 1	เริ่มเร็วสุด
4	โครงสร้างผนังชั้น 1	เริ่มเร็วสุด
5	โครงสร้างผนังหน้าบ้าน	เริ่มเร็วสุด
6	โครงสร้างผนังห้องน้ำ	เริ่มเร็วสุด
7	แผงรั้วหลังบ้าน	เริ่มเร็วสุด
8	เสาตกแต่งชั้น 1	เริ่มเร็วสุด
9	โครงสร้างผนังชั้น 2	เริ่มเร็วสุด
10	ตอกเข็มรั้ว	เริ่มเร็วสุด
11	Footing รั้ว	เริ่มเร็วสุด
12	แผงรั้ว	เริ่มเร็วสุด
13	ระบบท่อน้ำทิ้ง	เริ่มเร็วสุด
14	บัวปูน	เริ่มเร็วสุด
15	โครงหลังคาเหล็ก	เริ่มเร็วสุด

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	วันเริ่มต้นการทำงาน
16	มุงหลังคา	เริ่มเร็วสุด
17	ระบบท่อประปา	เริ่มเร็วสุด
18	รั้วเหล็ก	เริ่มเร็วสุด
19	ระบบไฟฟ้า+อุปกรณ์	เริ่มเร็วสุด
20	ฝ้าเพดานชั้น 2	เริ่มเร็วสุด
21	เก็บรายละเอียดงานปูน	เริ่มเร็วสุด
22	สีรองพื้น	เริ่มเร็วสุด
23	ปูกระเบื้องผนังห้องน้ำ	เริ่มเร็วสุด
24	งานปูกระเบื้องพื้น	เริ่มเร็วสุด
25	ลานจอด	168.12
26	ทางเท้า	177.72
27	ประตูอลูมิเนียม	206.66
28	หน้าต่างอลูมิเนียม	206.79
29	ประตูรั้วเหล็ก	207.99
30	สุขภัณฑ์	208.52
31	บันไดไม้	178.72
32	บัวไม้	209.19
33	ฝ้าชั้น 1	208.41
34	ประตูไม้	428.06
35	ลามิเนต	424.06
36	กริ่งไฟฟ้า	370.46
37	สีจริง	210.66
38	ทำความสะอาด	437.66

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2

ลำดับ	สภาพการทำงาน (State)	ระยะเวลาก่อสร้างเฉลี่ย (วัน)
1	ระยะเวลาจริง	457.66
2	กรณีเลื่อนวันเริ่มต้นบางกิจกรรม	472.27

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบระยะเวลางานของแต่ละกิจกรรมตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลางาน (วัน)	
		กรณีเริ่มต้นการทำงานได้เร็ว	กรณีกำหนดวันเริ่มต้น
		สุดทุกกิจกรรม	การทำงานบางกิจกรรม
1	ลานจอด	322.97	240.09
2	ทางเท้า	331.13	240.11
3	ประตูอูมิเนียม	274.14	154.86
4	หน้าต่างอูมิเนียม	276.46	158.71
5	ประตูรั้วเหล็ก	299.34	179.63
6	สุขภัณฑ์	309.41	188.38
7	บันไดไม้	294.38	200.20
8	บัวไม้	322.40	201.46
9	ฝ้าชั้น 1	307.96	187.72
10	ประตูไม้	331.38	0.74
11	ลามิเนต	324.14	0.19
12	กริ่งไฟฟ้า	268.78	4.95
13	สีจริง	116.95	4.08
14	ทำความสะอาด	332.05	14.13