



เอกสารประกอบการสอน
รายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ

ปิติพัฒน์ นิตยกุลพันธุ์

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2564

เอกสารประกอบการสอน
รายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ

ปิติพัฒน์ นิตยกุลพันธุ์
ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2564

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนวิชา การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ รหัส 3593105 เล่มนี้เป็นเอกสารประกอบการสอนในระดับปริญญาตรีที่มุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน ความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางธุรกิจ

สำหรับปัญหาในทางธุรกิจที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานโดยเฉพาะด้านการผลิต อาทิ ปัญหาในการกำหนดสัดส่วนในการผลิต การจัดการสินค้าคงเหลือ การบริหารโครงการ และปัญหาแฉกคอย รวมไปถึงปัญหาด้านการตลาด การตัดสินใจในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ การเลือกกลยุทธ์ในการแข่งขัน และการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค เป็นต้น

ดังนั้นเอกสารประกอบการสอนนี้ได้นำเสนอตัวแบบเชิงปริมาณต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจ จึงได้เนื้อหาแบ่งออกเป็น 11 บท ประกอบไปด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ตัวแบบการตัดสินใจ โปรแกรมเชิงเส้น การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบสินค้าคงเหลือ การวิเคราะห์และบริหารโครงการ ทฤษฎีเกม ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแฉกคอย ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ และการใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์ โดยได้ยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหา รวมไปถึงแสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ในตัวแบบต่างๆ อย่างละเอียด เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจได้

ผู้เขียนหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจและผู้ที่เกี่ยวข้องไม่มากนักน้อย หากท่านมีข้อเสนอแนะประการใดโปรดติดต่อผู้เขียนเพื่อนำไปพัฒนาเอกสารประกอบการสอนให้ดียิ่งขึ้น และขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ปิติพัฒน์ นิตยกุลพันธุ์

กันยายน 2564

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
แผนบริหารการสอนตามกรอบมาตรฐานอุดมศึกษา (TQF)	1
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	17
บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	19
ความหมายและความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	19
กระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	22
การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อตัดสินใจทางธุรกิจ	27
การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	31
ข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	33
บทสรุป	34
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	35
เอกสารอ้างอิง	37
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2 ตัวแบบการตัดสินใจ	39
บทที่ 2 ตัวแบบการตัดสินใจ	41
ประเภทของการตัดสินใจ	41
โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจ	43
ลักษณะการแสดงข้อมูล	44
ขั้นตอนในการตัดสินใจ	46
การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน	51
การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง	52
การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน	59
การใช้แขนงในการตัดสินใจ	67
บทสรุป	73
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	79
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3 โปรแกรมเชิงเส้น	81
บทที่ 3 โปรแกรมเชิงเส้น	83
สมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น	83
โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้น	85
การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น	87
การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ	94
บทสรุป	111
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	112
เอกสารอ้างอิง	115
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น	117
บทที่ 4 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น	119
การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์	119
การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINDO	147
บทสรุป	154
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4	156
เอกสารอ้างอิง	159
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5 ตัวแบบสินค้าคงเหลือ	161
บทที่ 5 ตัวแบบสินค้าคงเหลือ	163
ความหมายและประเภทของสินค้าคงเหลือ	163
ข้อดีและข้อเสียของสินค้าคงเหลือ	164
ต้นทุนของสินค้าคงเหลือ	166
การตัดสินใจและตัวแบบสินค้าคงเหลือ	168
ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด	170
ประยุกต์ใช้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ	174
บทสรุป	192
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5	193

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	197
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6 การวิเคราะห์และบริหารโครงการ	199
บทที่ 6 การวิเคราะห์และบริหารโครงการ	201
กระบวนการบริหารจัดการโครงการ	201
การวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT และ CPM	203
การสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM	206
การวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM	212
การคำนวณระยะเวลาดูด้วยเทคนิค PERT	229
การเร่งโครงการ	234
บทสรุป	239
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6	240
เอกสารอ้างอิง	245
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7 ทฤษฎีเกม	247
บทที่ 7 ทฤษฎีเกม	249
ความหมายและองค์ประกอบของเกม	249
รูปแบบของเกม	250
การแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์	251
หลักเกณฑ์และการตัดสินใจเกี่ยวกับทฤษฎีเกม	254
การใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขัน	261
การใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขัน	267
กลยุทธ์เด่น	282
บทสรุป	286
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7	287
เอกสารอ้างอิง	291

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8 ตัวแบบมาร์คอฟ	293
บทที่ 8 ตัวแบบมาร์คอฟ	295
ลักษณะและสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ	295
การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ	298
การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่	309
การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืน	316
บทสรุป	321
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8	322
เอกสารอ้างอิง	325
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9 ตัวแบบแถวคอย	327
บทที่ 9 ตัวแบบแถวคอย	329
ลักษณะของตัวแบบแถวคอย	329
องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย	330
ต้นทุนของแถวคอย	336
การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐาน	337
การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจ	353
บทสรุป	358
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9	359
เอกสารอ้างอิง	361
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 10 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์	363
บทที่ 10 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์	365
ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแบบการจำลองสถานการณ์	365
ขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์	367
การใช้ตัวเลขสุ่มกับการจำลองสถานการณ์	369
การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล	372
การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาแถวคอย	377
การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือ	382

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทสรุป	388
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10	389
เอกสารอ้างอิง	395
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 11 การใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์	397
บทที่ 11 การใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์	401
โปรแกรม QM for Windows	401
การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดด้วยโปรแกรม QM for Windows	403
การวิเคราะห์ต้นทุนมาร์คอัพด้วยโปรแกรม QM for Windows	411
การวิเคราะห์ต้นทุนแวลวคอยด้วยโปรแกรม QM for Windows	416
การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows	422
บทสรุป	427
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 11	429
เอกสารอ้างอิง	433
บรรณานุกรม	435
ภาคผนวก	441
ภาคผนวก ก ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ	443

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางผลตอบแทนจากการตัดสินใจ หรือเมทริกซ์การตัดสินใจ	45
2.2 เมทริกซ์การตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	48
2.3 เมทริกซ์การตัดสินใจของบริษัทซีซี จำกัด (บาทต่อเดือน)	51
2.4 การตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	52
2.5 ข้อมูลความต้องการสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษของลูกค้า	53
2.6 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ	53
2.7 ค่าคาดหวังของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	54
2.8 ค่าเสียโอกาสของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	55
2.9 การตัดสินใจภายใต้ค่าเสียโอกาสของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	56
2.10 ค่าคาดหวังเมื่อมีสารสนเทศที่สมบูรณ์ของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)	58
2.11 เกณฑ์แมกซิแมกซ์	60
2.12 เกณฑ์แมกซิมิน	61
2.13 ค่าเสียโอกาสของบริษัทซีซี จำกัด (พันบาทต่อเดือน)	62
2.14 เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท	63
2.15 เกณฑ์ของลาปลาซ	64
2.16 เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์	66
3.1 ราคาของวัตถุดิบในการผสมอาหารสัตว์ และความต้องการสารอาหาร	89
3.2 จำนวนครั้ง และค่าใช้จ่ายในการโฆษณา	90
3.3 ช่วงเวลาที่พนักงานทำงาน	91
3.4 จำนวนพนักงานขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลา	92
3.5 ต้นทุนในการขนส่ง	93
3.6 การทดสอบจุดยอด	100
3.7 การทดสอบจุดยอดตัวอย่างที่ 3.7	106
3.8 การทดสอบจุดยอดตัวอย่างที่ 3.8	110
4.1 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.1	121
4.2 การพิจารณาตัวแปรรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.1	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.1	126
4.4 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.1	127
4.5 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.1	129
4.6 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.2	130
4.7 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.2	131
4.8 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.2	132
4.9 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.3	135
4.10 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.3	136
4.11 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.3	137
4.12 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.3	138
4.13 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.3	140
4.14 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.4	142
4.15 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.4	143
4.16 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.4	144
4.17 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.4	145
4.18 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.4	147
5.1 ส่วนลดเชิงปริมาณในการสั่งซื้อเครื่องซิงกาแพของห้างสรรพสินค้าสายฝน	179
5.2 เปรียบเทียบต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องซิงกาแพของห้างสรรพสินค้าสายฝน	181
5.3 เปรียบเทียบต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศของบริษัทสายลม จำกัด	183
5.4 ความต้องการซื้อชิปประมวลผลของบริษัทสายฟ้า จำกัด	186
5.5 เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้าของบริษัทสายฟ้า จำกัด	188
6.1 กิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่	205
6.2 กิจกรรมย่อยในการผลิตสินค้าชนิดใหม่	211
6.3 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)	218
6.4 ระยะเวลาที่เร็วและช้าที่สุดของกิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)	224
6.5 ระยะเวลาคงเหลือในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)	226

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.6 กิจกรรมย่อยวิกฤตในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)	227
6.7 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน	230
6.8 ระยะเวลาเฉลี่ย และระยะเวลาแปรปรวนของตัวอย่างที่ 6.4	231
6.9 สรุประยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน (วัน)	232
6.10 ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการติดตั้งเครื่องจักรใหม่	235
6.11 กิจกรรมย่อยวิกฤตในการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ (สัปดาห์)	236
6.12 ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเร่งกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม	237
7.1 รูปแบบทั่วไปของตารางผลลัพธ์จากการแข่งขัน	252
7.2 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A (ร้อยละ)	253
7.3 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท B (ร้อยละ)	253
7.4 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A และ B (ร้อยละ)	254
7.5 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท AA (ร้อยละ)	255
7.6 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมีนของบริษัท AA (ร้อยละ)	256
7.7 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท BB (ร้อยละ)	257
7.8 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมีนของบริษัท BB (ร้อยละ)	257
7.9 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ของบริษัท AA (ร้อยละ)	258
7.10 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ของบริษัท BB (ร้อยละ)	259
7.11 ค่าของเกมของบริษัท A ของตัวอย่างที่ 7.1 (ร้อยละ)	260
7.12 ค่าของเกมของบริษัท AA ของตัวอย่างที่ 7.2 (ร้อยละ)	261
7.13 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของห้างสรรพสินค้า BC (ล้านบาท)	262
7.14 ค่าของเกมของห้างสรรพสินค้า BC (ล้านบาท)	264
7.15 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย (ล้านบาท)	265
7.16 ค่าของเกมของบริษัทสุราไทย (ล้านบาท)	266
7.17 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทโคคา (ร้อยละ)	268
7.18 ค่าของเกมของบริษัทบริษัทโคคา (ร้อยละ)	270
7.19 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของร้านข้าว (ล้านบาท)	273
7.20 ค่าของเกมของร้านข้าว (ล้านบาท)	274

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.21 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของร้านขาวในตัวอย่างที่ 7.7 (ล้านบาท)	278
7.22 ค่าของเกมของร้านขาวของตัวอย่างที่ 7.7 (ล้านบาท)	278
7.23 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทยกรณีกลยุทธ์เด่น (ล้านบาท)	282
7.24 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากลยุทธ์เด่นครั้งที่ 1 (ล้านบาท)	283
7.25 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากลยุทธ์เด่นครั้งที่ 2 (ล้านบาท)	283
7.26 ค่าของเกมของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากลยุทธ์เด่น (ล้านบาท)	284
8.1 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B	298
8.2 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ดอกบัว	305
8.3 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ดอกบัว	305
8.4 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ซีซูเปอร์	306
8.5 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ซีซูเปอร์	306
8.6 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ศูนย์กลาง	307
8.7 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ศูนย์กลาง	307
8.8 ความน่าจะเป็นของสถานะในระยะยาวของน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B	311
8.9 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการเข้าพักรีสอร์ททั้ง 3 แห่ง	312
8.10 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องจักร	314
9.1 ตัวอย่างปัญหาแถวคอย	330
9.2 ต้นทุนของระบบแถวคอยของตัวอย่างที่ 9.8	357
10.1 ชุดตัวเลขสุ่ม	370
10.2 การจำลองสถานการณ์ของตัวอย่างที่ 10.1	372
10.3 จำนวนขนมไทยที่ลูกค้าเข้ามาซื้อต่อวัน (ชุด)	373
10.4 การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวอย่างที่ 10.2	374

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10.5 การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างที่ 10.2	375
10.6 การกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของตัวอย่างที่ 10.2	375
10.7 การจำลองสถานการณ์ของตัวอย่างที่ 10.2	376
10.8 ระยะเวลาในการเข้ามาใช้บริการและให้บริการของตัวอย่างที่ 10.3	378
10.9 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการเข้ามาใช้บริการ	379
10.10 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการให้บริการ	379
10.11 การจำลองสถานการณ์ของร้านอาหารฯ	381
10.12 ความต้องการซื้อ และระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ	383
10.13 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของความต้องการซื้อฯ	384
10.14 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการสั่งซื้อฯ	384
10.15 การจำลองสถานการณ์กรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 10 เครื่องของตัวอย่างที่ 10.4	386
10.16 การจำลองสถานการณ์กรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 15 เครื่องของตัวอย่างที่ 10.4	387
11.1 ส่วนลดเชิงปริมาณในการสั่งซื้อเครื่องขงกาแฟของห้างสรรพสินค้าสายฝน	409
11.2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการชื้อน้ำดื่มทั้ง 2 ยี่ห้อ	413
11.3 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการชื้ออาหารทะเลแปรรูป	415
11.4 จำนวนขนมไทยที่ขายได้ต่อวัน (ชุด)	424

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงกระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	23
2.1 แผนงานการตัดสินใจ	46
2.2 แผนงานการตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด	49
2.3 ทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด	68
2.4 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น	68
2.5 ความน่าจะเป็นและผลลัพธ์ของทางเลือกทั้งหมดในแต่ละเหตุการณ์	69
2.6 แผนงานการตัดสินใจเป็นลำดับขั้น	69
2.7 การวิเคราะห์แผนงานการตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด	71
2.8 แผนงานการตัดสินใจเป็นลำดับขั้นของบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด	72
3.1 แผนภาพการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ผลิตอาหารแปรรูป	93
3.2 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$	95
3.3 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2X_1 + 4X_2 \leq 480$	96
3.4 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ และ $2X_1 + 4X_2 \leq 480$	97
3.5 การเขียนเส้นวัตถุประสงค์	98
3.6 การเขียนเส้นวัตถุประสงค์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม	98
3.7 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$	101
3.8 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$ และ $X_1 \geq 80$	102
3.9 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$, $X_1 \geq 80$ และ $X_2 \geq 100$	103
3.10 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$, $X_1 \geq 80$, $X_2 \geq 100$ และ $X_1 + X_2 \geq 300$	103
3.11 การเขียนเส้นวัตถุประสงค์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ตัวอย่างที่ 3.7	104
3.12 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$	108
3.13 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$ และ $X_1 + X_2 \leq 180$	108
3.14 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$, $X_1 + X_2 \leq 180$ และ $2X_2 \leq 200$	109
4.1 รูปแบบการคำนวณวิธีซิมเพล็กซ์	120

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2 การป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1	148
4.3 การหาผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1	149
4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.1	149
4.5 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1	150
4.6 การป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.5	153
4.7 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.5	153
5.1 การเคลื่อนไหวของปริมาณสินค้าคงเหลือ	171
5.2 ต้นทุนของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด	172
5.3 จุดสั่งซื้อซ้ำ	177
5.4 จุดสั่งซื้อซ้ำของตัวอย่างที่ 5.3	178
5.5 สินค้าขาดแคลน	184
5.6 จุดสั่งซื้อซ้ำเมื่อมีสินค้าสำรอง	185
5.7 การแจกแจงแบบปกติ	189
5.8 การแจกแจงแบบปกติและสินค้าสำรอง	189
5.9 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 1	190
5.10 การแจกแจงแบบปกติและสินค้าสำรองของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 1	190
5.11 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 2	191
5.12 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 3	191
6.1 ตัวอย่างโครงข่ายงาน	203
6.2 สัญลักษณ์แสดงกิจกรรมย่อย	207
6.3 สัญลักษณ์แสดงกิจกรรมย่อยสมมติ	207
6.4 รูปแบบของจุดเชื่อม	208
6.5 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อม	208
6.6 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	209
6.7 การสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อมของตัวอย่างที่ 6.2	209
6.8 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อม	210
6.9 การสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1	210

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.10 การสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.3	211
6.11 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย A ของตัวอย่างที่ 6.1	213
6.12 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย B ของตัวอย่างที่ 6.1	213
6.13 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย C ของตัวอย่างที่ 6.1	214
6.14 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย D ของตัวอย่างที่ 6.1	214
6.15 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย E ของตัวอย่างที่ 6.1	215
6.16 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย F ของตัวอย่างที่ 6.1	215
6.17 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย H ของตัวอย่างที่ 6.1	216
6.18 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย G ของตัวอย่างที่ 6.1	216
6.19 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย I ของตัวอย่างที่ 6.1	217
6.20 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1	217
6.21 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย I ของตัวอย่างที่ 6.1	219
6.22 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย G ของตัวอย่างที่ 6.1	220
6.23 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย H ของตัวอย่างที่ 6.1	220
6.24 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย D ของตัวอย่างที่ 6.1	221
6.25 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย F ของตัวอย่างที่ 6.1	221
6.26 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย B ของตัวอย่างที่ 6.1	221
6.27 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย C ของตัวอย่างที่ 6.1	222
6.28 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย E ของตัวอย่างที่ 6.1	222
6.29 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย A ของตัวอย่างที่ 6.1	223
6.30 ระยะเวลาที่เร็วและช้าที่สุดของโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1	223
6.31 เส้นทางวิกฤตของตัวอย่างที่ 6.1	228
6.32 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้า	229
6.33 โครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.4	231
6.34 ความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติ	233
6.35 การแจกแจงแบบปกติของระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ	233
6.36 การแจกแจงแบบปกติของระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการของตัวอย่างที่ 6.5	234

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.37 โครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.6	236
6.38 เส้นทางวิกฤตภายหลังจากการเร่งโครงการครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 6.6	238
6.39 เส้นทางวิกฤตภายหลังจากการเร่งโครงการครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 6.6	238
7.1 วิเคราะห์ค่าของเกนด้วยกราฟของตัวอย่างที่ 7.6	275
7.2 วิเคราะห์ค่าของเกนด้วยกราฟของตัวอย่างที่ 7.7	280
8.1 แขนงของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของตัวอย่างที่ 8.2	299
9.1 ระบบแถวคอย	333
9.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว	334
9.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว หลายขั้นตอน	334
9.4 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว	334
9.5 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง หลายขั้นตอน	335
9.6 ต้นทุนของแถวคอย	336
10.1 การใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์	369
10.2 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของร้านทองชนมไทย	377
10.3 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของร้านอาหารฯ	380
10.4 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของบริษัทผู้นำ จำกัด	385
11.1 โปรแกรม QM for Windows	402
11.2 การเลือกวิธีการวิเคราะห์ตามหนังสือในโปรแกรม QM for Windows	403
11.3 EOQ เมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งในโปรแกรม QM for Windows	404
11.4 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 1	405
11.5 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 1	406
11.6 EOQ เมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งในโปรแกรม QM for Windows	406
11.7 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 2	407
11.8 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 2	407
11.9 EOQ เมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณในโปรแกรม QM for Windows	408
11.10 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2	409
11.11 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2	410

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
11.12 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2 (เปรียบเทียบ)	410
11.13 การสร้างตัวแบบมาร์คอฟในโปรแกรม QM for Windows	411
11.14 ตัวแบบมาร์คอฟในโปรแกรม QM for Windows	412
11.15 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 8.2	413
11.16 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 8.2	414
11.17 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.3	415
11.18 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.3	416
11.19 ตัวแบบ M/M/s ในโปรแกรม QM for Windows	417
11.20 ตัวแบบ M/M/s และวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอยในโปรแกรม QM for Windows	418
11.21 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 9.8 กรณีที่ 1	419
11.22 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 9.8 กรณีที่ 1	419
11.23 ผลลัพธ์ของระบบแถวคอย เมื่อมีจุดให้บริการในจำนวนต่างๆ	420
11.24 ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมของแถวคอย เมื่อมีจุดให้บริการในจำนวนต่างๆ	421
11.25 การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม QM for Windows	422
11.26 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม QM for Windows	423
11.27 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2	424
11.28 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2	425
11.29 รายละเอียดของการจำลองสถานการณ์ของตัวอย่างที่ 10.2	425
11.30 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2 ครั้งใหม่	426
11.31 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2 กรณี 200 วัน	427



รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
คณะ/ภาควิชา/สาขาวิชา	คณะวิทยาการจัดการ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา	
3593105	ชื่อรายวิชา (ภาษาไทย) : การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ ชื่อรายวิชา (ภาษาอังกฤษ) : Business Quantitative Analysis
2. จำนวนหน่วยกิต	
3(2-2-5)	จำนวนหน่วยกิต (บรรยาย-ปฏิบัติ-ศึกษาด้วยตนเอง)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา	
3.1 สำหรับหลักสูตรเศรษฐศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการธุรกิจ
3.2 ประเภทของรายวิชา	วิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาบังคับ
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน	
อาจารย์ปิติพัฒน์ นิตยกุลพันธุ์	ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน	
ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 3 (ตามแผนการเรียน)	
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite)	
ไม่มี	
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites)	
ไม่มี	
8. สถานที่เรียน	
อาคาร 24 คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์	

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

วันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อเรียนจบรายวิชานี้แล้วนักศึกษาจะสามารถ

- 1.1 เข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญและการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ
- 1.2 ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยวิธีต่างๆ กับปัญหาทางธุรกิจ
- 1.3 วิเคราะห์และประเมินผลจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
- 1.4 นำความรู้ที่ได้มาใช้เป็นแนวในการศึกษาและปรับใช้กับการทำงานในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้จากการเรียนการสอนที่มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันไปปรับใช้ในการทำงานในทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ในอนาคต

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินงาน

1. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาความเป็นมาของวิชาวิเคราะห์เชิงปริมาณ โปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบการตัดสินใจ การวิเคราะห์และบริหารโครงการ (PERT/CPM) ตัวแบบมาร์คอฟ ทฤษฎีเกม ตัวแบบแถวคอย การจำลองสถานการณ์ และการใช้โปรแกรมเพื่อคำนวณและวิเคราะห์			
2. ลักษณะและการดำเนินงาน			
บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม /การฝึกงาน	การศึกษาด้วย ตนเอง
30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการ ของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	5 ชั่วโมงต่อ สัปดาห์
3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3.1 อาจารย์ประกาศเวลาให้คำปรึกษาที่หน้าห้องทำงานและในเว็บไซต์ 3.2 อาจารย์ให้คำปรึกษาผ่านทาง E-mail : npitipatt@gmail.com 3.3 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์			

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1. ด้านคุณธรรมจริยธรรม

การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา	กลยุทธ์/วิธีการสอน	กลยุทธ์/วิธีการประเมิน
● 1.1 ตระหนักในคุณค่าและคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต	1. เชื้อเชื้อก่อนทำการสอนทุกครั้ง 2. การทำแบบฝึกหัดท้ายบท	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม การตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย และการคัดลอกแบบฝึกหัดท้ายบท
● 1.2 มีวินัย ตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม	1. เชื้อเชื้อก่อนทำการสอนทุกครั้ง 2. การทำแบบฝึกหัดท้ายบท	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม การตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย
○ 1.3 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามสามารถทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งและลำดับความสำคัญ	-	-
● 1.4 เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์ และเคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม	1. แบ่งกลุ่มทำแบบฝึกหัด 2. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม การรับฟังผู้อื่น ในขณะที่ผู้อื่นกำลังนำเสนอหน้าชั้นเรียน
○ 1.5 สามารถวิเคราะห์ธุรกิจโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์ หรือสามารถวิเคราะห์การเมืองและการบริหารโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์	-	-
○ 1.6 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ	-	-

2. ด้านความรู้

การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา	กลยุทธ์/วิธีการสอน	กลยุทธ์/วิธีการประเมิน
● 2.1 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการธุรกิจหรือ เศรษฐศาสตร์การเมืองและการบริหาร	1. บรรยาย 2. ศึกษาเอกสารประกอบการสอน 3. แก้ไขโจทย์ปัญหาในชั้นเรียน 4. การถามและตอบในชั้นเรียน 5. ทำแบบฝึกหัดท้ายบท	1. ประเมินจากความถูกต้องในการทำแบบฝึกหัด 2. ประเมินจากการสอบกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน 3. ประเมินจากการสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม
● 2.2 สามารถวิเคราะห์ปัญหา เข้าใจสถานการณ์ต่างๆ โดยสามารถที่จะประยุกต์ความรู้ ทักษะและการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการแก้ไข ปัญหาสามารถต่อยอดองค์ความรู้ตนเองได้	1. มอบหมายงานรายบุคคลและรายกลุ่ม 2. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้นเรียน	1. ประเมินจากความถูกต้องในการทำแบบฝึกหัด 2. ประเมินจากการสอบกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน 3. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
○ 2.3 สามารถติดตามความก้าวหน้าและวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่ใช้งานภายในสำนักงานทั้งนี้เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการประกอบวิชาชีพทางเศรษฐศาสตร์	-	-
○ 2.4 สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการธุรกิจ หรือเศรษฐศาสตร์การเมือง และการบริหาร กับความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	-	-

3. ด้านทักษะทางปัญญา

การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา	กลยุทธ์/วิธีการสอน	กลยุทธ์/วิธีการประเมิน
● 3.1 สามารถพัฒนาความคิด อย่างเป็นระบบจากหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่ได้ศึกษา	1. มอบหมายงานรายบุคคลและ รายกลุ่ม 2. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้น เรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ประเมินจากการสอบกลางภาค เรียนและปลายภาคเรียน
● 3.2 สามารถวิเคราะห์ปัญหาด้าน เศรษฐกิจ การเมือง แล้วแก้ไข ปัญหาได้โดยนำหลักการต่างๆ มา อ้างอิงอย่างมีเหตุผล	1. มอบหมายงานรายบุคคลและ รายกลุ่ม 2. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้น เรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ประเมินจากการสอบกลางภาค เรียนและปลายภาคเรียน
○ 3.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ หลักและกระบวนการค้นหา ข้อเท็จจริง การทำความเข้าใจ และ การประเมินข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ หลากหลาย	-	-
○ 3.4 สามารถสร้างองค์ความรู้ ใหม่ โดยใช้กระบวนการวิจัย	-	-

4. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา	กลยุทธ์/วิธีการสอน	กลยุทธ์/วิธีการประเมิน
● 4.1 พัฒนาทักษะในการสร้างสัมพันธภาพระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี	1. มอบหมายงานกลุ่ม 2. จัดกิจกรรมกลุ่มให้วิเคราะห์โจทย์ปัญหาาร่วมกัน 3. การถามและตอบในชั้นเรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากการสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม
● 4.2 พัฒนาความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบในงานที่มอบหมายให้ครบถ้วนตามกำหนดเวลา	1. มอบหมายงานกลุ่ม 2. จัดกิจกรรมกลุ่มให้วิเคราะห์โจทย์ปัญหาาร่วมกัน 3. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้นเรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย 2. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ประเมินจากการสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม
○ 4.3 มีภาวะความเป็นผู้นำ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบ และปฏิบัติหน้าที่ของตนเองและผู้อื่นในการทำงานและการอยู่ร่วมกันอย่างเป็นกัลยาณมิตรและในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองในศาสตร์และวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง	-	-
○ 4.4 ตระหนักถึงคุณค่าของการมีความรับผิดชอบ การอยู่ร่วมกับผู้อื่น และการปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานอย่างเป็นกัลยาณมิตร	-	-

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา	กลยุทธ์/วิธีการสอน	กลยุทธ์/วิธีการประเมิน
● 5.1 สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในการเก็บข้อมูล นำเสนอและสามารถเลือกรูปแบบ การนำเสนอที่เหมาะสม	1. มอบหมายงานกลุ่ม 2. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้นเรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
● 5.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ และคณิตศาสตร์และสถิติพื้นฐานเพื่อการวิจัย การสื่อสารการเรียนรู้ การเก็บรวบรวมและนำเสนอข้อมูล และการแก้ปัญหาในการดำรงชีวิต	1. มอบหมายงานกลุ่ม 2. นำเสนอและอภิปรายหน้าชั้นเรียน 3. การถามและตอบในชั้นเรียน	1. ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม 2. ประเมินจากใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ประเมินจากการสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม
○ 5.3 สามารถสื่อสารและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในการพูด การเขียน และความคิดเชิงวิเคราะห์	-	-
○ 5.4 พัฒนาทักษะในการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ การเมือง เชิงปริมาณ การนำเสนอที่เหมาะสมโดยผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งการพูดและเขียน	-	-

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

ลำดับ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการ เรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	บทที่ 1 บทนำ 1.1 ความหมายและความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ 1.2 กระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ 1.3 การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อตัดสินใจทางธุรกิจ 1.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ 1.5 ข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	4	1. บรรยาย 2. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
2-3	บทที่ 2 ตัวแบบการตัดสินใจ 2.1 ประเภทของการตัดสินใจ 2.2 โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจ 2.3 ลักษณะการแสดงข้อมูล 2.4 ขั้นตอนในการตัดสินใจ 2.5 การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน 2.6 การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง 2.7 การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน 2.8 การใช้แผนงในการตัดสินใจ	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
3-4	บทที่ 3 โปรแกรมเชิงเส้น 3.1 สมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น 3.2 โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้น 3.3 การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น 3.4 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการ เรียนการสอน	สื่อที่ใช้
5-6	บทที่ 4 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น 4.1 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธี ซิมเพล็กซ์ 4.2 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วย โปรแกรม LINDO	8	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน 4. นำเสนอหน้าชั้น เรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน 3. โปรแกรม LINDO
6-7	บทที่ 5 ตัวแบบสินค้าคงเหลือ 5.1 ความหมายและประเภทของสินค้า คงเหลือ 5.2 ข้อดีและข้อเสียของสินค้าคงเหลือ 5.3 ต้นทุนของสินค้าคงเหลือ 5.4 การตัดสินใจและตัวแบบสินค้าคงเหลือ 5.5 ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด 5.6 ประยุกต์ใช้ปริมาณการสั่งซื้อที่ ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ	8	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
8	สอบกลางภาค			
9-10	บทที่ 6 การวิเคราะห์และบริหารโครงการ 6.1 กระบวนการบริหารจัดการโครงการ 6.2 การวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วย เทคนิค PERT และ CPM 6.3 การสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM 6.4 การวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM 6.5 การคำนวณระยะเวลาด้วยเทคนิค PERT 6.6 การเร่งโครงการ	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการ เรียนการสอน	สื่อที่ใช้
10-11	บทที่ 7 ทฤษฎีเกม 7.1 ความหมายและองค์ประกอบของเกม 7.2 รูปแบบของเกม 7.3 การแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวม เป็นศูนย์ 7.4 หลักเกณฑ์และการตัดสินใจเกี่ยวกับ ทฤษฎีเกม 7.5 การใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขัน 7.6 การใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขัน 7.7 กลยุทธ์เด่น	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
12-13	บทที่ 8 ตัวแบบมาร์คอฟ 8.1 ลักษณะและสมมติฐานของตัวแบบ มาร์คอฟ 8.2 การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ 8.3 การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟใน สถานะคงที่ 8.4 การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟใน สถานะดูดกลืน	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
13-14	บทที่ 9 ตัวแบบแถวคอย 9.1 ลักษณะของตัวแบบแถวคอย 9.2 องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย 9.3 ต้นทุนของแถวคอย 9.4 การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐาน 9.5 การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อ การตัดสินใจ	6	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการ เรียนการสอน	สื่อที่ใช้
15	บทที่ 10 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ 10.1 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแบบ การจำลองสถานการณ์ 10.2 ขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลอง สถานการณ์ 10.3 การใช้ตัวเลขสุ่มกับการจำลอง สถานการณ์ 10.4 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติ คาร์โล 10.6 การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลอง สถานการณ์กับปัญหาแถวคอย 10.5 การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลอง สถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือ 10.5 การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลอง สถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือ	4	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน
16	บทที่ 10 การใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณ และวิเคราะห์ 11.1 โปรแกรม QM for Windows 11.2 การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ ประหยัดที่สุดด้วยโปรแกรม QM for Windows 11.3 การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟด้วย โปรแกรม QM for Windows 11.4 การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยด้วย โปรแกรม QM for Windows 11.5 การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows	4	1. บรรยายประกอบ กับยกตัวอย่างโจทย์ 2. ฝึกทำโจทย์ แบบฝึกหัด 3. ร่วมกันอภิปราย ในชั้นเรียน 4. นำเสนอหน้าชั้น เรียน	1. Power point ประกอบการ บรรยาย 2. เอกสาร ประกอบการสอน 3. โปรแกรม QM for Windows
17	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลการเรียนรู้	สัปดาห์ที่ประเมิน
1.คุณธรรมจริยธรรม 1.1, 1.2, 1.4	1. การสังเกตพฤติกรรมการตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย และการคัดลอกแบบฝึกหัดท้ายบท	ตลอดภาคการศึกษา
	2. การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	
	3. การสังเกตพฤติกรรมการรับฟังผู้อื่น ในขณะที่ผู้อื่นกำลังนำเสนอหน้าชั้นเรียน	
2. ความรู้ 2.1, 2.2	1. การสอบกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน	8 และ 17
	2. ความถูกต้องในการทำแบบฝึกหัด	ตลอดภาคการศึกษา
	3. การสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม	
	4. จากใบงาน การอภิปรายและการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	6, 7, 13 ถึง 16

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลการเรียนรู้	สัปดาห์ที่ประเมิน
3. ทักษะทางปัญญา 3.1, 3.2	1. การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ตลอดภาคการศึกษา
	2. ใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	6, 7, 13 ถึง 16
	3. การสอบกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน	8 และ 17
4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 4.1, 4.2	1. การสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม	ตลอดภาคการศึกษา
	2. การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย	
	3. ใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	6, 7, 13 ถึง 16
5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 5.1, 5.2	1. ใบงาน การอภิปราย และการนำเสนอหน้าชั้นเรียน	6, 7, 13 ถึง 16
	2. การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ตลอดภาคการศึกษา
	3. การสังเกตการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม	

เกณฑ์การประเมินผล

คะแนนระหว่าง	80 – 100	ได้ระดับคะแนนที่ได้ A
คะแนนระหว่าง	75 – 79	ได้ระดับคะแนนที่ได้ B+
คะแนนระหว่าง	70 – 74	ได้ระดับคะแนนที่ได้ B
คะแนนระหว่าง	65 – 69	ได้ระดับคะแนนที่ได้ C+
คะแนนระหว่าง	60 – 64	ได้ระดับคะแนนที่ได้ C
คะแนนระหว่าง	55 – 59	ได้ระดับคะแนนที่ได้ D+
คะแนนระหว่าง	50 – 54	ได้ระดับคะแนนที่ได้ D
คะแนนระหว่าง	0 – 49	ได้ระดับคะแนนที่ได้ F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- สุทธิมา ขำนาญเวช. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์ และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Render, B., Stair, Jr., R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน
ห้องสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน
ห้องสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ค้นคว้าเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา 1.1 ใช้แบบประเมินผลการสอนของมหาวิทยาลัย โดยนักศึกษาเข้าไปประเมินในระบบ 1.2 นักศึกษาให้ข้อเสนอแนะผ่านเว็บไซต์ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารกับนักศึกษา
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน 2.1 ใช้แบบประเมินผลการสอนของมหาวิทยาลัย โดยนักศึกษาเข้าไปประเมินในระบบ 2.2 นักศึกษาให้ข้อเสนอแนะผ่านเว็บไซต์ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารกับนักศึกษา 2.3 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา 2.4 การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้
3. การปรับปรุงการสอน 3.1 สังเกตพฤติกรรมและความเข้าใจของนักศึกษา เพื่อนำไปปรับปรุงในภาคเรียนถัดไป 3.2 บูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับการฝึกปฏิบัติ โดยให้นักศึกษาค้นคว้าแบบฝึกหัดจากแหล่งอื่นเพิ่มเติม รวมไปถึงนำบทความวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณมาศึกษา
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา 4.1 การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร 4.2 ตั้งคณะกรรมการในหลักสูตรฯ ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษาในแต่ละด้าน โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงาน วิธีการให้คะแนนสอบ และการให้คะแนนพฤติกรรม
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา 5.1 นำข้อเสนอแนะ และผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อที่ 4 มาพิจารณาปรับปรุงทั้งเนื้อหาวิชา และวิธีการสอนให้ทันสมัย 5.2 เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ความหมายและความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
2. กระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
3. การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อตัดสินใจทางธุรกิจ
4. การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
5. ข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
6. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 1 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ความเป็นมา และกระบวนการของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ รวมไปถึงข้อจำกัดของการแก้ปัญหาด้วยแบบเชิงปริมาณด้วยมือ และข้อดีของการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
2. สามารถวิเคราะห์กระบวนการของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และยกตัวอย่างการนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณกับงานทางธุรกิจได้
3. สามารถสังเคราะห์กระบวนการของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และการนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณกับงานทางธุรกิจได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปประยุกต์ใช้เพื่อตัดสินใจทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. ให้นักศึกษาเขียนความรู้สึกหรือมุมมองเกี่ยวกับรายวิชาวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ ก่อนการเรียน เพื่อตรวจสอบทัศนคติต่อการเรียนในรายวิชานี้ โดยไม่มีผลต่อการวัดผลในการเรียน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับทัศนคติหลังจากเรียนรายวิชานี้จบแล้วในสัปดาห์สุดท้ายของการเรียน

2. ปฐมนิเทศและแนะนำวิธีการเรียน การปฏิบัติตนหรือการปรับตัวในการเรียน เกณฑ์การทำงานและแบบฝึกหัด
3. อธิบายลักษณะของเนื้อหารายวิชา เพื่อทำความเข้าใจกับนักศึกษา
4. เสริมกำลังใจในการเรียนวิชาคำนวณ โดยการยกตัวอย่างการเรียนของนักศึกษารุ่นก่อนๆ ที่ประสบผลสำเร็จ และที่ไม่ประสบผลสำเร็จ เพื่อเป็นแนวทางและแรงผลักดันให้ผู้เรียน
5. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและอภิปราย เกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอน ตลอดจนเงื่อนไขการเข้าชั้นเรียน การส่งแบบฝึกหัด และการสอบ
6. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
7. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
8. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 1
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. ใบแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจก่อนเรียน
4. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
5. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่มีความผันผวน ซับซ้อน และ
คลุมเครือมากขึ้น ประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดด ทำให้เข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่
เกี่ยวข้องกับธุรกิจได้ง่ายขึ้น เป็นผลให้การแข่งขันทางธุรกิจทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น รวมไปถึงปัญหาที่
เกิดจากการขยายขนาดของธุรกิจและรูปแบบในการดำเนินงาน ตลอดจนผลกระทบที่เกิดจากปัจจัย
ภายนอกธุรกิจทั้งปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในประเทศ และต่างประเทศ ส่งผลให้มีบางธุรกิจ
ที่ประสบความสำเร็จ และบางธุรกิจประสบความล้มเหลว ดังนั้นการตัดสินใจของผู้บริหารที่จะนำ
ธุรกิจประสบความสำเร็จได้ จะอาศัยประสบการณ์จากอดีตและวิจารณ์ญาณเพียงอย่างเดียว คงไม่
เพียงพอต่อการตัดสินใจ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงและสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันได้ ด้วยเหตุนี้
ผู้บริหารจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์อย่างมีหลักเกณฑ์ โดยอาศัยแนวคิดและวิธีการ เพื่อช่วยเพิ่ม
ประสิทธิภาพในการตัดสินใจ ซึ่งความรู้ทางด้านการวิเคราะห์เชิงปริมาณถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญ
อย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความหมายและความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ความหมายของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis) เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้
ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทางธุรกิจ (Render, Stair, & Hanna, 2011 : 2) ภายใต้เงื่อนไขด้าน
ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ และ
หลักการทางวิทยาศาสตร์ (Taylor, 2009 : 756) ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจอย่างเป็นระบบ โดยมี
ขั้นตอนและการใช้ข้อมูลประกอบการพิจารณา (Anderson et al., 2013 : 2)

ทั้งนี้ กุลริศา คำสิงห์ (2559 : 7-8) สรุปว่าการวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ในการรวบรวมข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาประเมินขึ้นเป็นตัวเลข โดยใช้
หลักตรรกวิทยา คณิตศาสตร์และสถิติ เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาในการตัดสินใจในการปฏิบัติงาน และ
หาวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ภายในกิจการหรือองค์กรให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับวินัย พุทธิกุล
(2551 : 1) ที่อธิบายว่าการวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นการประยุกต์วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยการ
ตัดสินใจของผู้บริหารในการจัดการทางธุรกิจ เช่นเดียวกันกับสมพล ท่งหว่า (2562 : 2) ที่สรุปเพิ่มเติม
ว่าการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิตินั้นจำเป็นต้องสร้างเป็นตัวแบบ
(Model) ทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น และการตัดสินใจแก้ปัญหาจะอาศัย

คำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารดำเนินธุรกิจภายใต้สภาพการแข่งขันที่รุนแรง รวมถึงสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้กัลยา วานิชย์บัญชา (2553 : 1) กล่าวว่า การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นศาสตร์การบริหาร (Management science) ที่นำระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตัดสินใจในงานด้านบริหาร โดยมีพื้นฐานหลักคิดมาจากทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ในประเด็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาด้านบริหาร เพื่อช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพิพัฒน์ (2558 : 10) ที่สรุปว่าการวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นการนำเอาข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตัวเลขวมาประมวลผลให้ได้เป็นองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อใช้ตัดสินใจทางธุรกิจ เช่นเดียวกันกับสุทธิมา ขำนาญเวช (2555 : 11) ที่สรุปเพิ่มเติมว่าการวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทางธุรกิจ โดยมีวิวัฒนาการมาจากการวิจัยดำเนินงานหรือวิจัยปฏิบัติการ (Operation research)

ในขณะที่สมเกียรติ เกตุเอี่ยม (2550 : 1) ได้อธิบายว่าการวิจัยดำเนินงานเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักตรรกวิทยา คณิตศาสตร์และสถิติ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานภายในองค์กรให้ดีขึ้น มากกว่าการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ เช่นเดียวกันกับรุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์ (2556 : 11) ที่สรุปว่าการวิจัยดำเนินงานเป็นการสร้างตัวแบบแทนปัญหาและวิเคราะห์ให้ได้แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นกระบวนการโดยทั่วไป แต่การวิเคราะห์เชิงปริมาณนั้นจะมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ ดังนั้นสมพล พงษ์ว่า (2562 : 2-3) จึงสรุปลักษณะที่สำคัญของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการวิจัยดำเนินงานกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ รวมไปถึงเพื่อให้ความหมายของการวิเคราะห์เชิงปริมาณมีความสมบูรณ์มากขึ้นไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะต้องมีข้อสมมติ
2. ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จะเป็นตัวเลขและสามารถพิสูจน์ได้
3. การวิเคราะห์จะใช้หลักการอย่างมีหลักเกณฑ์
4. การวิเคราะห์จะต้องพิจารณาถึงเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของธุรกิจที่ได้ทำการศึกษา
5. การวิเคราะห์จะต้องตระหนักถึงตัวแปรต่างๆ ของระบบที่ศึกษา
6. การวิเคราะห์จะเน้นการบรรลุสิ่งที่ดีที่สุด
7. โดยปกติการวิเคราะห์จะใช้ระบบการทำงานเป็นทีม
8. การวิเคราะห์โดยมากต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณเมื่อปัญหามีความยุ่งยาก

ดังนั้น จึงสามารถสรุปความหมายของการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ว่า การวิเคราะห์เชิงปริมาณ หมายถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ ภายใต้เงื่อนไขการจัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแก่ธุรกิจ

ความเป็นมาของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทางธุรกิจที่มีวิวัฒนาการมาจากทางด้านการวิจัยดำเนินงาน หรือการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งได้มีผู้คิดค้นพัฒนาทฤษฎีและหลักการต่างๆ มาเป็นระยะเวลากว่าร้อยปี และกล่าวพอสังเขปได้ดังนี้ (ซัคตตรัย รัชสวัสดิ์, 2555 : 2)

เริ่มในช่วงปลายศตวรรษที่ 18 เฟรเดอริก เทย์เลอร์ (Frederick W. Taylor) ได้เริ่มประยุกต์วิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ากับงานด้านอุตสาหกรรม โดยศึกษาการทำงานของคนงานในโรงงานและกำหนดเวลามาตรฐานของงานแต่ละประเภทขึ้น ต่อมาในต้นศตวรรษที่ 19 เฮนรี แกนต์ (Henry L. Gantt) ได้พัฒนาแผนภูมิ (Gantt chart) ขึ้นใช้ในการจัดตารางการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการผลิต โดยพยายามลดเวลาการหยุดชะงักของสินค้าในกระบวนการผลิตให้มากที่สุด ต่อมาได้นำมาพัฒนาใช้ในการวางแผนและควบคุมงานที่มีลักษณะเป็นงานโครงการได้ด้วย

อังเดร มาร์คอฟ (Andrei A. Markov) ได้พัฒนาแนวคิดในการพยากรณ์การเปลี่ยนของระบบจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่งขึ้นในปี ค.ศ. 1906 หรือที่เรียกว่า กระบวนการมาร์คอฟ

แฟรงก์ กิลเบรท (Frank Gilbreth) และลิลเลียน กิลเบรท (Lillian Gilbreth) ได้ค้นพบวิธีการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวในการทำงาน (Time and motion study) ในปี ค.ศ. 1907 และนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมทำให้สามารถกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงานแต่ละหน้าที่ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานของคนงาน (Baumgart & Neuhauser, 2009 : 413)

จอร์จ แบ็บค็อก (George H. Babcock) ได้สร้างแนวความคิดพื้นฐานเกี่ยวกับปริมาณการผลิตที่ประหยัดขึ้นในปี ค.ศ. 1912 และฟอร์ด แฮร์ริส (Ford W. Harris) ได้นำแนวความคิดนี้ไปทดลองใช้ในโรงงานของบริษัทเวสต์อิงโกล์ในปี ค.ศ. 1915 ซึ่งได้รับความสำเร็จเป็นอย่างดี และได้พัฒนาให้ดีขึ้นเรื่อยมาจนใช้กันแพร่หลายทั้งในด้านการบริหารการผลิตและการบริหารพัสดุคงคลัง หรือที่เรียกว่า Economic order quantity (EOQ) ในปัจจุบัน

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 กองทัพเรือสหรัฐอเมริกาได้มอบหมายให้ทอมัส เอดิสัน (Thomas A. Edison) ทำการศึกษาการกำหนดเส้นทางการเดินเรือที่ปลอดภัยจากเรือดำน้ำของข้าศึกมากที่สุด ทำให้สามารถลดความเสียหายด้านการขนส่งสินค้าลงได้จำนวนมาก

ในปี ค.ศ. 1917 แอ็กเนอร์ เออร์แลง (Agner K. Erlang) วิศวกรชาวเดนมาร์กได้คิดค้นทฤษฎีแถวคอย (Queuing theory) เพื่อใช้แก้ปัญหาการให้บริการโทรศัพท์ที่ให้เกิดความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

ในปี ค.ศ. 1928 จอห์น ฟอน นอยมันน์ (John Von Neumann) ได้พัฒนาการเลือกใช้กลยุทธ์จากประมินสถานการณ์เพื่อใช้ตัดสินใจในการแข่งขัน หรือทฤษฎีเกม (Game theory) และในปี

ค.ศ. 1944 ได้ร่วมกับ ออสการ์ มอร์เกนสเติร์น (Oskar Morgenstern) ซึ่งนำทฤษฎีเกมมาอธิบายในเชิงพฤติกรรมทางด้านเศรษฐศาสตร์

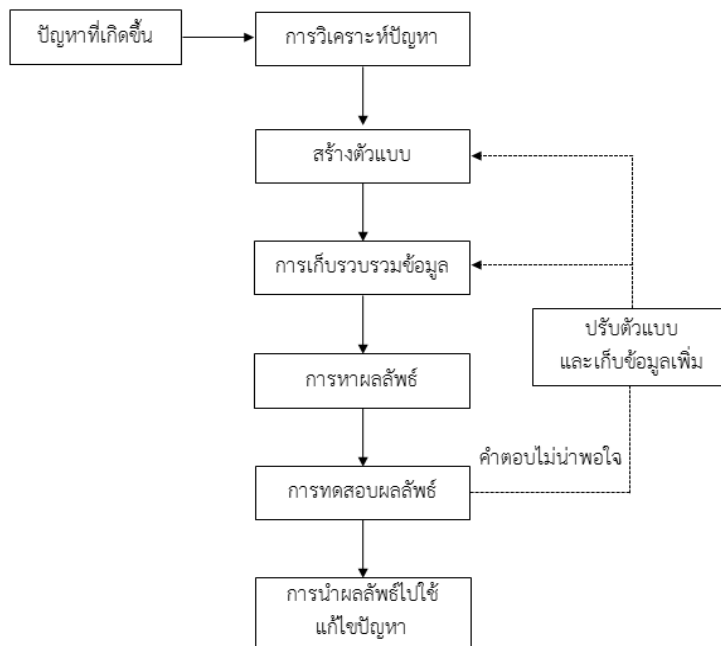
นอกจากนี้สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 12-13) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศอังกฤษได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นมาคณะหนึ่ง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญฝ่ายต่างๆ ภายใต้การนำของแพทริก แบล็กเกตต์ (Patrick M.S. Blackett) เพื่อทำการวิเคราะห์การปฏิบัติงานของเครื่องบิน โดยประสานงานกับกองทัพอากาศอังกฤษให้สามารถจับสัญญาณเครื่องบินของข้าศึกได้รวดเร็ว และส่งเครื่องบินไปประจัญบานได้ทันที่ คณะทำงานคณะนี้เรียกว่า กลุ่มวิจัยการดำเนินงาน (Operations research task group) ต่อจากนั้นเป็นต้นมาการจัดตั้งคณะทำงานในลักษณะเดียวกันนี้ได้แพร่หลายไปในวงการทหารของสหรัฐอเมริกา และได้ดำเนินงานจนประสบผลสำเร็จก่อให้เกิดประโยชน์แก่วงการทหารเป็นอย่างยิ่ง

ดังนั้นเมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลง จึงได้มีการนำหลักการของการวิจัยการดำเนินงานมาใช้ในองค์กรอุตสาหกรรมทั้งในประเทศอังกฤษ และประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบกับเป็นช่วงที่วงการอุตสาหกรรมมีการขยายตัวสูง มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ และมีการแข่งขันทางธุรกิจกันอย่างกว้างขวาง ส่งผลทำให้ปัญหาต่างๆ มีความซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่จะคอยช่วยในการตัดสินใจแก้ปัญหาเหล่านั้น โดยมุ่งหวังให้ได้กำไรสูงสุด หรือใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์เชิงปริมาณจึงได้เข้ามามีบทบาทในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ และได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยมีผู้นำไปใช้อย่างแพร่หลายในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ มากมาย และเรียกชื่อได้ว่าเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 12-13)

กระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การนำการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในทางธุรกิจนั้น ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญเท่าๆ กัน ดังนี้ (สรชัย พิศาลบุตร พิชิต สุขเจริญพงษ์ และสุรีย์ เข้มทอง, 2559 : 21-25; Render et al., 2011 : 3)

1. การวิเคราะห์ปัญหา (Problem analysis)
2. การสร้างตัวแบบ (Model development)
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collecting data)
4. การหาผลลัพธ์ (Calculation)
5. การทดสอบผลลัพธ์ (Testing the solution)
6. การนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ไขปัญหา (Implementation)



ภาพที่ 1.1 แสดงกระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2011 : 3)

1. การวิเคราะห์ปัญหา

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาที่ธุรกิจกำลังประสบอยู่ โดยทั่วไป ปัญหาที่ผู้บริหารประสบอยู่มักจะกว้างและไม่เด่นชัด เช่น ผู้บริหารอาจเผชิญปัญหาด้านต้นทุนการผลิตที่สูงเกินไป เผชิญปัญหาขายสินค้าไม่ได้ และเผชิญปัญหาการขาดทุน เป็นต้น ปัญหาต่างๆ เหล่านี้แท้ที่จริงอาจมีสาเหตุหลายประการ เช่น ปัญหาด้านต้นทุนสูง อาจเกิดจากการขาดการควบคุมต้นทุนอย่างรัดกุม หรือเกิดจากการจัดซื้อวัตถุดิบที่มีราคาสูงเกินไป หรือเกิดจากการใช้เครื่องจักรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และอื่นๆ การวิเคราะห์ปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้การประยุกต์การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนนี้ ผู้บริหารจะต้องรวบรวมข่าวสารข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาที่แท้จริงที่ตนเองเผชิญอยู่

2. การสร้างตัวแบบ

ภายหลังจากการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การสร้างตัวแบบซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เนื่องจากเป็นที่มาของผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้แก้ไขปัญหานั้น โดยตัวแบบคือสิ่งซึ่งจำลองสภาพของปัญหา เพื่อให้ผู้บริหารวิเคราะห์และหาผลลัพธ์อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาในที่สุด ตัวแบบทั่วไปที่ใช้ในการตัดสินใจจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

2.1 ตัวแบบกายภาพ (Physical model) หรือตัวแบบสัญลักษณ์ (Iconic model) คือตัวแบบที่มีลักษณะจำลองสิ่งของต่างๆ จากของจริง แต่มีขนาดเล็กกว่า เช่น แบบจำลองบ้าน อาคาร

โรงงาน รถยนต์ เครื่องบิน เครื่องจักร ฯลฯ ตัวแบบกายภาพนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงรูปร่างและสัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆ ตัวอย่างการใช้ตัวแบบกายภาพ ได้แก่ การใช้แบบจำลองรถยนต์หรือเครื่องบินเพื่อทดสอบความต้านทานของกระแสลม และการใช้แบบจำลองโรงงานเพื่อศึกษาการวางตำแหน่งของเครื่องจักร เป็นต้น

2.2 ตัวแบบแผนภาพ (Schematic model) หรือตัวแบบอุปมาน (Analog model) คือตัวแบบที่มีลักษณะเป็นแผนภูมิ กราฟ หรือรูปภาพ โดยนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายหรือแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบหรือปัญหาที่ทำการศึกษา ตัวอย่างของตัวแบบแผนภาพ ได้แก่ ผังการจัดองค์กร ผังงานสำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการทำงาน มาตราวัดความเร็วของรถ เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องหมายจราจร และกราฟแสดงยอดขาย เป็นต้น ตัวแบบแผนภาพนี้จะช่วยให้ผู้บริหารวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์อย่างคร่าวๆ ระหว่างองค์ประกอบหรือตัวแปรของระบบ หรือปัญหาที่ทำการศึกษาได้

2.3 ตัวแบบคณิตศาสตร์ (Mathematical model) คือตัวแบบที่มีลักษณะเป็นสมการหรือสมการ หรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตัวแปรต่างๆ จะแทนองค์ประกอบหรือปัจจัยของระบบ หรือปัญหาที่ต้องการศึกษา ตัวแบบคณิตศาสตร์มีระดับความยากง่ายแตกต่างกันไป ตั้งแต่ตัวแบบที่มีตัวแปรเดียว ฟังก์ชันเดียว จนถึงตัวแบบที่มีตัวแปรและฟังก์ชันนับพัน

ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ตัวแบบคณิตศาสตร์อาจจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ ตัวแบบตามสภาพที่แน่นอน (Deterministic model) และตัวแบบตามสภาพที่ไม่แน่นอน (Stochastic model) โดยตัวแบบตามสภาพที่แน่นอน หมายถึงตัวแบบที่สามารถกำหนดค่าของตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ของตัวแบบได้อย่างแน่นอน เช่น รู้แน่นอนว่าราคาสินค้าจะเป็นเท่าใด หรือรู้แน่นอนว่าปริมาณความต้องการสินค้าเป็นเท่าใด เป็นต้น ตัวแบบตามสภาพที่ไม่แน่นอน หมายถึงตัวแบบที่สร้างขึ้นภายใต้เงื่อนไขของความไม่แน่นอนของค่าตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ของตัวแบบ เช่น เวลาที่ผู้ค้าส่งจะส่งสินค้าให้เราไม่แน่นอน บางครั้งอาจส่งภายใน 3 วัน บางครั้งอาจส่งภายใน 5 วัน อย่างนี้เป็นต้น

นอกจากนี้การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์โดยทั่วไปมีองค์ประกอบ คือชุดตัวแปรที่ควบคุมได้และชุดตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งเป็นปัจจัยสำหรับการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ และประกอบไปด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และชุดของเงื่อนไขบังคับจากตัวแบบคณิตศาสตร์ เมื่อผ่านการหาคำตอบแล้วจะได้ผลลัพธ์ของตัวแปร ซึ่งผู้บริหารสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจต่อไป ทั้งนี้ องค์ประกอบของตัวแบบคณิตศาสตร์มีลักษณะดังนี้

2.3.1 ชุดตัวแปรที่ควบคุมได้ คือชุดของตัวแปรหรือปัจจัยที่ผู้บริหารสามารถควบคุมได้ ปัจจัยเหล่านี้สามารถกำหนดได้โดยการหาผลลัพธ์จากตัวแบบ เช่น จำนวนเสื้อที่ทำการผลิต เป็นสิ่งที่ผู้บริหารกำหนดได้ หรือการกำหนดให้เครื่องจักรใดผลิตสินค้าโดยอ้อมเป็นสิ่งที่กำหนดและความคุมได้ ตัวแปรกลุ่มนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตัวแปรเพื่อการตัดสินใจ เพราะเป็นสิ่งที่ผู้บริหารจะใช้ในการตัดสินใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

2.3.2 ชุดตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ คือชุดตัวแปรหรือปัจจัยที่ผู้บริหารไม่สามารถควบคุมได้ หรืออยู่นอกเหนืออำนาจในการควบคุม ปัจจัยเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม หรือสภาพการณ์ที่ควบคุมได้ยาก เช่น สภาพเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และการแข่งขัน ตัวอย่างตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ราคาของสินค้าที่จำหน่ายในตลาดการค้าเสรี ซึ่งขึ้นลงตามสภาพการแข่งขัน การเสียของเครื่องจักร ความต้องการของลูกค้า หรืออุปสงค์และอุปทาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้เหล่านี้เราอาจรู้ล่วงหน้า ซึ่งหากเราสามารถกำหนดได้แน่นอน ก็จะเป็นตัวแบบชนิดตามสภาพที่แน่นอน แต่ถ้าตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้นี้ไม่สามารถรู้ค่าได้ล่วงหน้า หรือรู้ค่าไม่แน่นอน ก็จะเป็นตัวแบบชนิดตามสภาพที่ไม่แน่นอน

2.3.3 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงถึงเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของผู้บริหาร ค่าของฟังก์ชันนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของตัวแปรเพื่อการตัดสินใจ เช่น ฟังก์ชันของรายได้ขึ้นอยู่กับปริมาณการขาย ถ้าผู้บริหารผลิตสินค้ามากขึ้น (ปริมาณมากขึ้น) จะมีรายได้มากขึ้นตามไปด้วย

2.3.4 ชุดของเงื่อนไขบังคับ คือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เขียนขึ้นแทนข้อจำกัดต่างๆ ตามสภาพของปัญหา ซึ่งอาจมีผลจากข้อจำกัดเชิงเทคนิค เชิงเศรษฐกิจ เชิงการตลาด และอื่นๆ เงื่อนไขบังคับนี้จะตีกรอบค่าของตัวแปร เพื่อการตัดสินใจให้มีค่าไม่ต่ำกว่าหรือเกินกว่าค่าใดค่าหนึ่ง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญ และระมัดระวัง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องจากในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ ถึงแม้ว่าจะมีตัวแบบที่ดีและสะท้อนถึงปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่ถ้าข้อมูลที่ใช้กับตัวแบบไม่ถูกต้อง จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เกิดข้อผิดพลาด และไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ทั้งนี้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะเป็นการรวบรวมข้อมูล (Data) และสารสนเทศ (Information) ที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ของปัญหาข้อมูลโดยทั่วไปจะได้รับการจัดบันทึกข้อมูลในอดีต เช่น จากระบบบัญชี ระบบรับ-จ่ายสินค้า และระบบการควบคุมคุณภาพ เป็นต้น ตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น กำไรจากการขายสินค้า เวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้า กำลังการผลิตของโรงงาน และจำนวนสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเก็บรวบรวมข้อมูลจะเป็นสิ่งที่ยากลำบาก หากข้อมูลที่ต้องการไม่เคยมีการเก็บบันทึก หรือจัดเก็บในรูปแบบที่แตกต่างกัน หรือหน่วยวัดต่างกัน ทำให้มีปัญหาในการนำไปใช้

ซึ่งในกรณีนี้ผู้บริหารจะต้องมีการจัดเก็บขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการตัดสินใจ ทั้งนี้การรวบรวมข้อมูลสามารถจัดเก็บได้จากแหล่งอื่นที่นอกเหนือจากรายงาน และเอกสาร เช่น ประสพการณ์ การสอบถาม การทดสอบ การสังเกตการณ์ ทั้งนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องมีจำนวนข้อมูลที่มากเพียงพอที่จะใช้แทนสภาพความเป็นจริงได้ หรือจะต้องมีความเชื่อมั่นว่าข้อมูลที่จัดเก็บมานั้นมีความแม่นยำ มิฉะนั้นการหาผลลัพธ์จากตัวแบบจะไม่ได้ผลที่ดี

4. การหาผลลัพธ์

เมื่อได้สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์และรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้บริหารจะสามารถหาผลลัพธ์จากตัวแบบด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น การหาจำนวนที่ผลิตเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดของบริษัท ปลายใหม่จำกัด การหาคำตอบของตัวแบบโดยทั่วไปต้องอาศัยระเบียบวิธีที่เป็นระบบ การหาผลลัพธ์ที่เป็นขั้นตอนและแต่ละรูปแบบของตัวแบบคณิตศาสตร์จะมีวิธีหาผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป เช่น ตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) ซึ่งต้องหาผลลัพธ์ด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex) หรือตัวแบบ PERT/CPM ที่หาผลลัพธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เส้นทางวิกฤต (Critical path analysis) เป็นต้น สำหรับตัวแบบคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนตัวแปรและฟังก์ชันจำนวนมาก การหาผลลัพธ์โดยวิธีการคำนวณด้วยมือเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและเสียเวลา การใช้คอมพิวเตอร์ในการหาผลลัพธ์จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปจำนวนมากที่สามารถใช้หาผลลัพธ์ของตัวแบบคณิตศาสตร์ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

5. การทดสอบผลลัพธ์

เมื่อได้ผลลัพธ์จากตัวแบบแล้ว ผู้บริหารจะต้องมีการทดสอบและวิเคราะห์ผลลัพธ์อย่างระมัดระวัง และรอบคอบ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลและสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาได้ เนื่องจากเป็นไปได้ที่ตัวแบบที่สร้างขึ้นอาจผิดพลาด คลาดเคลื่อนไปจากสภาพจริง หรือข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้อาจไม่ถูกต้อง โดยทั่วไปก่อนการหาผลลัพธ์ของปัญหาจริง มักจะนิยมที่จะทดสอบตัวแบบโดยใช้ข้อมูลจำลอง หรือสร้างชุดข้อมูลหลายๆ ชุดให้ตัวแบบ แล้วหาผลลัพธ์จากตัวแบบภายใต้ชุดข้อมูลต่างๆ และทดสอบให้แน่ใจเสียก่อน ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นถูกต้องและสมเหตุสมผล หากผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้อง จะต้องกลับไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือสร้างตัวแบบหรือปรับปรุงตัวแบบใหม่จนได้ผลลัพธ์จากตัวแบบที่น่าพอใจ และแน่ใจว่าตัวแบบและข้อมูลต่างๆ มีความถูกต้อง จึงใช้ตัวแบบหาผลลัพธ์ตามชุดข้อมูลของปัญหาที่แท้จริง ขั้นตอนการทดสอบผลลัพธ์นี้กล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนในการทบทวนและประเมินผลตัวแบบว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์มากเพียงที่จะนำไปใช้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

6. การนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ไขปัญหา

ขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ คือการนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบไปใช้ในการแก้ไขปัญหา ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งอีกขั้นตอนหนึ่ง ผู้บริหารจะพึงระมัดระวัง

เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ผู้บริหารจะต้องตัดสินใจว่าเวลา ต้นทุน และความพยายามที่ได้ใช้ไปใน 5 ขั้นตอนแรกนั้นจะสูญเปล่าหรือไม่ เพราะผลลัพธ์จากตัวแบบนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากตัวแบบที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองสภาพปัญหา ซึ่งอาจไม่สามารถแทนสภาพจริงได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามตัวแบบคณิตศาสตร์โดยทั่วไปจะสร้างภายใต้ข้อสมมติฐานต่างๆ เนื่องจากสภาพจริงของปัญหามีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะจำลองเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ทั้งหมด ดังนั้นในการจะนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้หรือปฏิบัตินั้นผู้บริหารจะต้องระลึกรออยู่เสมอถึงสมมติฐานต่างๆ ของการสร้างตัวแบบ การนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ไขปัญหาก็ได้สภาพการณ์ที่แตกต่างไปจากสมมติฐานที่กำหนดจะต้องใช้วิจารณ์ญาณประกอบด้วย มิใช่มุ่งแต่นำผลลัพธ์จากตัวแบบไปทำตามโดยไม่คำนึงถึงสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

นอกจากนี้สภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัต และมีความผันผวนไม่แน่นอน อีกทั้งข้อมูลบางอย่างไม่สามารถแสดงเป็นตัวเลขได้ เช่น สภาพดินฟ้าอากาศ ความพึงพอใจ ความรู้สึก ผลกระทบทางการเมืองและสังคม ฯลฯ ดังนั้นผู้บริหารไม่ควรจะต้องยึดเอาผลลัพธ์จากตัวแบบและนำไปใช้แก้ไขปัญหาลงมือไป ซึ่งอาจใช้ผลลัพธ์จากตัวแบบเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสภาพการณ์ในระหว่างตัดสินใจแตกต่างไปจากสภาพการณ์ที่กำหนดเป็นสมมติฐานของการสร้างตัวแบบ

การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อตัดสินใจทางธุรกิจ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจทางธุรกิจมีความถูกต้องแม่นยำ และแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้ ทั้งนี้เทคนิคในการวิเคราะห์เชิงปริมาณสามารถนำไปใช้กับปัญหาในลักษณะต่างๆ ได้หลากหลาย ซึ่งจำแนกปัญหาที่เกิดขึ้นออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้ (เอกรัตน์ เอกศาสตร์, 2558 : 17-19)

1. ปัญหาที่มีลักษณะที่เกิดขึ้นตามสภาพที่แน่นอน

1.1 ปัญหาการจัดสรร (Allocation problem) เนื่องจากทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงต้องมีการจัดสรรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยทรัพยากรในการดำเนินงานหรือดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ที่ดิน วัตถุดิบ เงินทุน แรงงาน เครื่องมือ เครื่องจักร ตลอดจนความสามารถของพนักงาน ฯลฯ ซึ่งล้วนมีจำกัด ทั้งนี้การดำเนินธุรกิจมีหลากหลายทางเลือก เช่น ในการผลิตเสื้อ และกางเกง จะใช้วัตถุดิบเดียวกัน ใช้แรงงานกลุ่มเดียวกัน และใช้เครื่องจักรเดียวกัน เป็นต้น ดังนั้นผู้บริหารจะต้องตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไปใช้ในการผลิตสินค้าและบริการให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารกำหนดได้ว่าควรใช้ทรัพยากรเหล่านั้นอย่างไรจึงจะให้ผลที่ดีที่สุด

1.2 ปัญหาการกำหนดส่วนผสม (Blending problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้วัตถุดิบต่างๆ ในการผลิตสินค้าที่ต้องการ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิต หรือคุณภาพการผลิต รวมไปถึงการผลิตอาหารให้มีรสชาติที่ดี ภายใต้เงื่อนไขของต้นทุนที่ต่ำ เช่น การผลิตอาหารแช่แข็งมีวัตถุดิบที่จะใช้การผลิตได้หลายอย่าง บางอย่างทดแทนกันได้โดยที่วัตถุดิบเหล่านั้นมีส่วนประกอบของสารอาหาร หรือคุณค่าทางโภชนาการที่ต้องการเท่าๆ กัน และมีต้นทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะเข้ามาช่วยให้ผู้บริหารสามารถกำหนดได้ว่าอาหารแช่แข็งประเภทนั้นๆ ควรใช้วัตถุดิบอะไรบ้างเป็นสัดส่วนเท่าใด จึงจะทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุดและมีคุณภาพ เป็นต้น

1.3 ปัญหาการขนส่ง (Transportation problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้บริหารตัดสินใจในกรณีที่ธุรกิจต้องการกำหนดปริมาณการขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตหรือต้นทางหลายๆ แหล่ง ไปยังปลายทางหรือลูกค้าหลายๆ แหล่ง ให้เป็นไปตามข้อจำกัดทั้งปริมาณสินค้า และต้นทุนในการขนส่งสินค้า เช่น ต้องการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิต 2 แห่งไปยังคลังสินค้า 4 แห่ง ซึ่งอาจทำให้เกิดเส้นทางการขนส่ง 8 เส้นทาง โดยโรงงานทั้ง 2 แห่ง มีกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน และคลังสินค้าทั้ง 4 แห่ง มีความสามารถในการจัดเก็บสินค้าที่แตกต่างกัน รวมไปถึงเส้นทางทั้ง 8 เส้นทาง มีต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อหน่วยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะทาง เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้ว่าจะขนส่งสินค้าโดยใช้เส้นทางใด และปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้เสียต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด

1.4 ปัญหาการกำหนดงาน (Assignment problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่องค์กร หรือหน่วยงานมีพนักงานหลายคน และมีงานที่ต้องการมอบหมายให้ทำหลายงาน หรือกล่าวได้ว่าเป็นการจัดสรรทรัพยากรบุคคลในการปฏิบัติงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้หลักการบริหารงานโดยทั่วไปผู้บริหารควรพิจารณาว่า พนักงานคนใดมีความเหมาะสมกับงานใด ตามศักยภาพ ตามความสามารถ หรือประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานแต่ละคน ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องจัดสรรคนกับงานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาว่าควรมอบหมายให้พนักงานคนใดรับผิดชอบงานใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

1.5 ปัญหาการควบคุม (Control problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมและการติดตามงานที่ใช้ระยะเวลานานและซับซ้อน หรืองานที่มีความสัมพันธ์กันตามลำดับเวลาหรือระยะทางซึ่งสามารถใช้งานหรือกิจกรรมแสดงถึงการไหลของของเหลวในท่อ เช่นการส่งน้ำมัน หรือแสดงการติดต่อสื่อสารทางสาย เช่น โทรศัพท์ หรือแสดงเส้นทางที่เป็นไปได้จากจุดเริ่มต้นจุดหนึ่งไปยังจุดหมายจุดหนึ่ง หรืออาจหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นโครงการ เช่นงานก่อสร้างอาคาร ที่ต้องแบ่งงานบางส่วนให้ผู้รับเหมารายย่อยรับผิดชอบ ในขณะที่เดียวกันงานที่ทำบางตอนจะต้องเสร็จเรียบร้อยก่อน เพื่อไปรับงานอีกช่วงหนึ่งต่อไปได้ เป็นต้น

ปัญหาในลักษณะนี้จะนำการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปใช้ในการแก้ไขปัญหา คือ การวางแผนและควบคุมโครงการที่เรียกว่า เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการเพิร์ต (Program evaluation and review technique: PERT) และเทคนิคระเบียบวิธีวิถีวิกฤตซีพีเอ็ม (Critical path method: CPM) เพื่อช่วยในการควบคุมและวิเคราะห์งานที่ทำในขณะนั้นมีความเป็นไปได้เท่าใดที่จะเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด และงานที่ต้องทำต่อจากงานที่ทำอยู่มีอะไรบ้าง ระยะเวลาที่เป็นจริงเท่ากับเท่าใด หากต้องการเร่งรัดให้โครงการเสร็จเร็วขึ้นจะมีต้นทุนเพิ่มขึ้นเท่าใด คุ่มค่าหรือไม่ ซึ่งต้นทุนควรต่ำที่สุด

2. ปัญหาที่มีลักษณะที่เกิดขึ้นตามสภาพที่ไม่แน่นอน

2.1 ปัญหาการควบคุมพัสดุหรือสินค้าคงเหลือ (Inventory problem) เป็นปัญหาที่แทบทุกองค์กรต้องเผชิญในการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากสินค้าคงเหลือเป็นสินทรัพย์อย่างหนึ่งที่ธุรกิจต้องจัดหาไว้เพื่อตอบสนองความต้องการในอนาคต เช่น วัตถุดิบ งานระหว่างทำ และสินค้าสำเร็จรูป เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ผู้บริหารจะต้องตัดสินใจว่าควรกำหนดปริมาณสินค้าคงเหลือไว้เท่าใด ควรสั่งซื้อสินค้าเมื่อใดควรสั่งซื้อครั้งละเท่าใด ถึงจะเพียงพอต่อการดำเนินธุรกิจ ในขณะเดียวกันจะต้องไม่ควรมียอดสินค้าคงเหลือมากเกินไป ซึ่งจะทำให้มีต้นทุนสูง โดยหากมีสินค้าจำนวนมากจะทำให้เสียดอกเบี้ย เงินลงทุน และต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า แต่หากมีสินค้าจำนวนน้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า จะสร้างความเสียหายให้กับธุรกิจได้ เช่น สินค้าไม่พอขาย และวัตถุดิบไม่พอต่อการผลิต เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ปัญหาการควบคุมสินค้าคงเหลือจึงเป็นปัญหาที่ผู้บริหารต้องตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจในการวางแผนควบคุมสินค้าคงเหลือได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีต้นทุนต่ำที่สุด

2.2 ปัญหาแถวคอย (Queuing problem) เป็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับธุรกิจบริการ หรือทำหน้าที่ในการให้บริการเป็นหลัก โดยธุรกิจต้องการจะจัดบริการให้เพียงพอแก่ลูกค้า หรือผู้ที่เข้ามาใช้บริการ ซึ่งในธุรกิจมีหลากหลายงานที่จะทำให้เกิตรอคอยขึ้น เช่น การรับฝากเงินของธนาคาร การรักษาผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล การให้บริการร้านเสริมสวยแห่งหนึ่ง การให้บริการของพนักงานแคชเชียร์ในห้างสรรพสินค้า หรือซูเปอร์มาร์เก็ต เป็นต้น ทั้งนี้การเข้ามาใช้บริการของลูกค้าอาจจะต้องเสียเวลาในการรอคอยมาก เป็นผลทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ หรือทำให้เสียเวลาในการรับบริการในขั้นตอนต่อไป เป็นผลให้เกิดความสูญเสียประโยชน์ของการใช้บริการนั้นและถือเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมหาศาล ดังนั้นเพื่อให้ลูกค้าจะไม่ต้องเสียเวลารอนาน ผู้บริหารจะต้องมีการจัดการให้บริการอย่างเพียงพอ รวดเร็ว เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ลูกค้ามาใช้บริการมากขึ้น อย่างไรก็ตามการจัดบริการให้เพียงพอ ธุรกิจจะมีต้นทุนในการจัดการแถวคอยมากขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้ว่าควรมีการจัดพนักงานไว้คอยบริการลูกค้ากี่คนจึงจะเพียงพอ และการ

ให้บริการของพนักงานควรใช้เวลาที่น้อยที่สุด โดยพิจารณาถึงต้นทุนที่ลูกค้าต้องเสียเวลารอและต้นทุนในการให้บริการเปรียบเทียบกัน

2.3 ปัญหาการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน (Decision under uncertainty problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อผู้บริหารจะต้องตัดสินใจระหว่างเผชิญกับปัญหาที่สภาพแวดล้อมมีความไม่แน่นอน เช่น การตัดสินใจในกรณีที่ผลผลิตสินค้าชนิดใหม่ออกจำหน่ายหรือไม่ ถ้าผลิตแล้วจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ และหากต้องการผลิตก็จำเป็นต้องประมาณการยอดขายในอนาคต ซึ่งยอดขายในอนาคตเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน ดังนั้นจึงเป็นการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน อย่างไรก็ตามในบางกรณีผู้บริหารอาจทราบความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น สภาพเศรษฐกิจ นโยบายของรัฐบาล และดัชนีตลาด เป็นต้น จะเรียกว่าเป็นการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง และการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกในการดำเนินงานที่ดีที่สุดได้

2.4 ปัญหาการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov analysis) เป็นการประยุกต์ใช้ความน่าจะเป็นเพื่ออธิบายพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรบางตัว เพื่อใช้ในการพยากรณ์พฤติกรรมของตัวแปรนั้นในอนาคต เช่น การวิเคราะห์ส่วนแบ่งทางการตลาด พฤติกรรมของลูกค้าในด้านความจงรักภักดีต่อตราสินค้า (Brand loyalty) การพยากรณ์โอกาสที่เครื่องจักรทำงานไม่ได้ การพยากรณ์การเปลี่ยนตำแหน่งของพนักงาน และการพยากรณ์การชำระหนี้ของลูกค้า เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่จะช่วยให้ผู้บริหารพยากรณ์พฤติกรรมต่างๆ ของลูกค้า เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตได้

2.5 ปัญหาการแข่งขัน (Competitive problem) เป็นปัญหาในการกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขัน ซึ่งเป็นการตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการแข่งขันกับคู่แข่ง ทั้งนี้การศึกษาปัญหาการแข่งขันได้มีการค้นคว้ากันอย่างกว้างขวางจนได้มีการพัฒนาทฤษฎีขึ้นที่เรียกว่าทฤษฎีเกม ซึ่งในสถานการณ์ที่มีการแข่งขันหรือมีความขัดแย้งตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป โดยส่วนใหญ่จะคุ้นเคยกับเกมกีฬาอย่างไรก็ตามในทางธุรกิจจะมีสถานการณ์ที่มีความขัดแย้งเกิดขึ้น และการตัดสินใจจะประกอบไปด้วยผู้แข่งขันหรือผู้เล่น 2 ฝ่ายหรือมากกว่า ซึ่งผู้เล่นแต่ละฝ่ายจะมีทางเลือกหลายทางที่เรียกว่ากลยุทธ์ โดยผลจากการแข่งขันจะมีทั้งฝ่ายได้และฝ่ายเสีย รวมไปถึงผลได้เสียจะมีจำนวนเท่าใด และผลจากการแข่งขันนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ในการแข่งขันได้ดีขึ้น

การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ปัจจุบันการดำเนินธุรกิจประสบกับปัญหาที่หลากหลาย โดยปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีความยุ่งยากและซับซ้อน รวมไปถึงมีตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องจำนวนมาก เป็นผลให้ตัวแบบที่สร้างขึ้นแทนสภาพจริงของปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น การคำนวณหาผลลัพธ์ด้วยมือจึงไม่สามารถทำได้ ด้วยเหตุนี้ จึงมีผู้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้น เพื่อช่วยในการคำนวณหาผลลัพธ์ ทั้งที่ใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ (Mainframe) และโปรแกรมขนาดเล็กที่ใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Microcomputer) โดยมุ่งเน้นให้เกิดการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน รวมไปถึงการนำเข้าข้อมูล จึงทำให้การแก้ไขปัญหามีความรวดเร็วขึ้น อีกทั้งยังมีความถูกต้อง แม่นยำ และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ได้จริง โดยมีตัวอย่างโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2555 : 19-24)

1. โปรแกรม LINDO (Linear interactive discrete optimizer)

เป็นโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้น หรือโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งถูกพัฒนาโดยไลนัส ชราจ (Linus E. Schrage) ในปี ค.ศ. 1979 ซึ่งมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และในปี ค.ศ. 2001 บริษัท LINDO System Inc ได้เสนอ LINDO API (LINDO application programming interface) ที่คำนวณได้รวดเร็วขึ้น และมีลักษณะพิเศษที่รองรับการใช้งานด้านต่างๆ ได้สะดวกมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น การป้อนข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การแก้ปัญห การแสดงผลลัพธ์ การจัดการข้อมูล และการแสดงผลการวิเคราะห์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ อีกทั้งยังใช้ในการแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นที่มีจำนวนตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ จำนวนมากและมีข้อมูลขนาดใหญ่

2. โปรแกรม QSB+ (Quantitative systems for business plus)

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยยี่ ลอง ชาง (Yih-Long Chang) และร็อบเบิร์ต ซัลลิแวน (Robert S. Sullivan) ในปี ค.ศ. 1989 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถแก้ปัญหในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 14 ตัวแบบ เช่น ตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง ตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบแถวคอย ตัวแบบ PERT และ CPM เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่ถูกนำไปใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจอย่างกว้าง และถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันอยู่ที่เวอร์ชัน 3.0

3. โปรแกรม QS (Quant system)

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยยี่ ลอง ชาง และร็อบเบิร์ต ซัลลิแวนในปี ค.ศ. 1991 หรือเรียกว่า QS เวอร์ชัน 2.0 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรม QSB+ แต่ได้พัฒนาให้มีตัวแบบอื่นๆ ด้านการวิจัยดำเนินงานเพิ่มเติมขึ้นอีก 12 ตัวแบบ เช่น ตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นยกกำลังสอง (Quadratic programming) ตัวแบบโปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal programming) และตัวแบบการควบคุมคุณภาพ (Quality control) เป็นต้น

4. โปรแกรม D&D

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยเทอร์รี เดนนิส (Terry L. Dennis) และลอรี เดนนิส (Laurie B. Dennis) ในปี ค.ศ. 1993 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรม QSB+ และประกอบไปด้วยตัวแบบในการวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้งหมด 14 ตัวแบบ เช่น ตัวแบบการตัดสินใจ หรือทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision theory) ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ (Simulation) และตัวแบบมาร์คอฟ เป็นต้น

5. โปรแกรม Micro Manager

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยซาง ลี (Sang M. Lee) และจุง ชิม (Jung P. Shim) ในปี ค.ศ. 1990 ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 17 ตัวแบบ เช่น ตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง ตัวแบบการกำหนดงาน และทฤษฎีเกม เป็นต้น

6. โปรแกรม AB:QM

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยแบร์รี เรนเดอร์ (Barry Render) และราล์ฟ สแตร์ จูเนียร์ (Ralph M. Stair, Jr.) ในปี ค.ศ. 1991 ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 17 ตัวแบบ เช่นเดียวกับกับโปรแกรม Micro Manager

7. โปรแกรม QM for windows

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยโฮวาร์ด เวสส์ (Howard Weiss) ในปี ค.ศ. 1999 ซึ่งมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และมีลักษณะเป็นโปรแกรมที่มีเมนูคำสั่งให้เลือกใช้ (Menu-driven software) ทำให้ง่ายต่อการใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องพิมพ์คำสั่ง (Command) อีกทั้งยังมีโปรแกรม Excel QM ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นตารางทำงาน (Spreadsheet) ที่สร้างสูตรการคำนวณไว้ให้เรียบร้อยแล้ว และผู้ใช้โปรแกรมสามารถดูสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้ โดยแตกต่างจากโปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ ที่ไม่สามารถทราบได้ว่าคำนวณผลลัพธ์ออกมาอย่างไร ทั้งนี้โปรแกรม QM for windows สามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 19 ตัวแบบ โดยแบ่งเป็นมอดูล (Module) ย่อยตามตัวแบบ เช่น ตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบการกำหนดงาน ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ตัวแบบมาร์คอฟ และตัวแบบการควบคุมคุณภาพ เป็นต้น

8. โปรแกรม Quick Quant

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยลอว์เรนซ์ ลาพิน (Lawrence L. Lapin) ในปี ค.ศ. 1991 ซึ่งมีการพัฒนาให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น โดยมีลักษณะเป็นโปรแกรมประยุกต์ (Application) และสามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 7 ตัวแบบ เช่น ตัวแบบการขนส่ง ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo simulation) ตัวแบบ PERT และ CPM เป็นต้น

9. โปรแกรม Microsoft Office Project Professional

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการโครงการ โดยช่วยในการวางแผนและควบคุมโครงการทั้งการกำหนดเวลา การใช้ทรัพยากร และการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ อีกทั้งยังสามารถแสดงข้อมูล และรายงานต่างๆ ของโครงการได้อย่างละเอียดครบถ้วน

10. โปรแกรม Microsoft Excel

เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านตารางคำนวณเป็นโปรแกรมในชุด Microsoft Office มีความสามารถในการสร้างตาราง การคำนวณ การวิเคราะห์ การออกรายงานในรูปแบบตารางและกราฟ โดยมีข้อได้เปรียบมากกว่าโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น คือผู้ใช้โปรแกรมสามารถสร้างสูตรในการคำนวณได้เอง และสร้างสูตรในการคำนวณได้มากกว่า อีกทั้งยังสามารถกำหนดรูปแบบการนำเข้าข้อมูล ออกแบบลักษณะการนำเสนอข้อมูล กำหนดหรือบรรจุรายละเอียดต่างๆ ตามที่ต้องการได้

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การตัดสินใจของผู้บริหาร หรือเจ้าของธุรกิจ มักจะเผชิญกับปัญหาที่สำคัญ คือการตัดสินใจ การเลือกทางเลือกในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งอาจมีหลากหลายทางเลือก และมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันตามสถานการณ์ที่เป็นอยู่ ดังนั้นผู้บริหารควรพิจารณาทางเลือกและเงื่อนไขให้ละเอียดถี่ถ้วนก่อนตัดสินใจเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่ง โดยคำนึงถึงผลลัพธ์ทั้งที่อยู่ในรูปแบบตัวเงิน และไม่ใช้ตัวเงิน ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์เชิงปริมาณจึงเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำมากขึ้น

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงปริมาณไม่สามารถแสดงลักษณะของสถานการณ์จริงที่ธุรกิจกำลังเผชิญอยู่ได้อย่างสมบูรณ์ และไม่สามารถใช้ได้กับทุกปัญหา ดังนั้นการนำการวิเคราะห์เชิงปริมาณไปประยุกต์ใช้ควรคำนึงถึงข้อจำกัด ซึ่งมีประเด็นที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้ (ชัคตตรัย รัชเสวส์ตี, 2555 : 9)

1. ตัวแบบหรือแบบจำลอง กับสถานการณ์จริงมีความแตกต่างกัน ซึ่งในบางครั้งสถานการณ์บางอย่างไม่สามารถนำมาสร้างลงในตัวแบบได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาและทางด้านเทคนิค
2. ข้อมูลที่ใช้ในตัวแบบต้องมีจำนวนมากเพียงพอต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างตัวแบบ การหาผลลัพธ์ และการทดสอบผลลัพธ์ อาจมีข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาและต้นทุนในการดำเนินงาน

3. การสร้างตัวแบบที่สามารถแก้ไขปัญหที่ความซับซ้อนให้มีความสมบูรณ์มีต้นทุนที่สูง ในขณะที่สามารถใช้แก้ไขปัญหได้เพียงครั้งเดียว อาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

4. การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ทางคณิตศาสตร์ ไม่เช่นนั้นอาจเลือกตัวแบบที่ไม่เหมาะสม หรือไม่เข้าใจในตัวแบบที่ใช้ และทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถแก้ไขปัญหได้

5. ข้อมูลบางอย่างไม่สามารถแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ โดยเฉพาะข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งอาจทำให้ละเลยข้อมูลที่สำคัญบางอย่างไป เป็นผลให้ตัวแบบที่ใช้อาจไม่สะท้อนลักษณะของปัญหาได้ตรงประเด็น เนื่องจากตัวแบบคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่สามารถแสดงออกเป็นตัวเลขได้

6. ข้อสมมติฐานของตัวแบบต่างๆ ที่ลดความซับซ้อน หรือลดความไม่แน่นอนของปัญหาลง อาจทำให้ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหานั้น ได้ละเลยสิ่งที่เป็ปัญหาจริงของธุรกิจไป

บทสรุป

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหทางธุรกิจ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ และสถิติในการช่วยตัดสินใจแก้ไขปัญหทางธุรกิจ ซึ่งในการวิเคราะห์เชิงปริมาณมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การสร้างตัวแบบ การเก็บรวบรวมข้อมูล การหาผลลัพธ์ การทดสอบผลลัพธ์ และการนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ไขปัญห ทั้งนี้การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ปริมาณในการแก้ไขปัญหทางธุรกิจได้หลากหลายปัญหา เช่น ปัญหาการจัดสรรทรัพยากร ปัญหาการควบคุมสินค้าคงเหลือ ปัญหาแถวคอย ปัญหาการแข่งขัน ปัญหาการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน การวิเคราะห์และบริหารโครงการ การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ และการจำลองสถานการณ์ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการคำนวณตัวแบบเชิงปริมาณ เช่น โปรแกรม LINDO และโปรแกรม QM for Windows เป็นต้น

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

1. จงอธิบายความหมายของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
2. จงอธิบายกระบวนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
3. ตัวแบบมีกี่ประเภท อะไรบ้าง จงอธิบาย
4. จงอธิบายองค์ประกอบของการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์
5. ตัวแบบคณิตศาสตร์จำแนกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง จงอธิบาย
6. จงยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณในการตัดสินใจทางธุรกิจมา 5 ตัวอย่าง
7. จงยกตัวอย่างตัวแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณมา 5 ตัวแบบ
8. จงอธิบายข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
9. จงบอกชื่อผู้ริเริ่มใช้หลักการวิเคราะห์เชิงปริมาณ
10. หากต้องเลือกใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป จะเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปใด เพราะเหตุใด จงอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลริศา คำสิงห์. (2559). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชัคตตรัย ทยะสวัสดี. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพัฒน์ (2558). การวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงานในธุรกิจ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 1**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 1-1 – 1-41. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- รุ่งรัตน์ ภิธัชเพ็ญ และพรธิภา องค์กรคุณารักษ์. (2556). **การวิจัยดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วินัย พุทธิกุล. (2551). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการทางธุรกิจ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมเกียรติ เกตุเยี่ยม. (2550). **การวิจัยดำเนินการ: การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สมพล หุ่นหว่า. (2562). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณขั้นสูงเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สรชัย พิศาลบุตร พิชิต สุขเจริญพงษ์ และสุรีย์ เข้มทอง. (2559). สถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 1**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 1-1 – 1-40. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- _____. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- เอกรัตน์ เอกศาสตร์. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. นครราชสีมา: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.

Baumgart, A., & Neuhauser, D. (2009). "Frank and Lillian Gilbreth: scientific management in the operating room," **Quality & safety in health care**. 18(5) : 413-415.

Render, B., Stair Jr., R. M., & Hanna, M. E. (2011). **Quantitative analysis for management**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Taylor, B. W. (2009). **Introduction to management science**. 10th ed. New Jersey: Prentice Hall.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

ตัวแบบการตัดสินใจ

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ประเภทของการตัดสินใจ
2. โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจ
3. ลักษณะการแสดงผล
4. ขั้นตอนในการตัดสินใจ
5. การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน
6. การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง
7. การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน
8. การใช้แขนงในการตัดสินใจ
9. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 2 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทของการตัดสินใจ โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจได้ สร้างตาราง หรือเมทริกซ์ของผลตอบแทน และค่าเสียโอกาส รวมไปถึงการสร้างแขนงการตัดสินใจ และการหาผลลัพธ์ของตัวแบบการตัดสินใจได้
2. สามารถวิเคราะห์การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน และสภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง โดยใช้เกณฑ์ทั้งค่าคาดหวัง ค่าเสียโอกาส และค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ รวมไปถึงวิเคราะห์การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน โดยใช้เกณฑ์ทั้งแมกซ์แมกซ์ แมกซ์มิน มินิแมกซ์ รีเกรท ลาปลาซ และเฮอร์วิซ ตลอดจนการใช้แขนงการตัดสินใจได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลจากการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง และสภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน รวมไปถึงการใช้แขนงการตัดสินใจได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง และสภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน รวมไปถึงการใช้แขนงการตัดสินใจในกรณีปัญหาที่มีความซับซ้อนไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 2
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 2

ตัวแบบการตัดสินใจ

การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรง และสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลทำให้ธุรกิจต้องมีการปรับตัวให้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้บริหารจำเป็นต้องปรับตัว และมีการวางแผนการดำเนินงานรองรับสถานการณ์ดังกล่าวไว้ล่วงหน้า อีกทั้งผู้บริหารจะต้องตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการวางแผนกลยุทธ์ การแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการดำเนินงาน ทั้งเรื่องเล็กน้อยไปจนถึงเรื่องที่เกี่ยวข้องกับผลได้ผลเสียที่มีมูลค่าสูง อันจะก่อให้เกิดความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของธุรกิจ ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารต้องสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตซึ่ง是不能ควบคุมได้ และเพื่อให้การตัดสินใจของผู้บริหารเป็นไปอย่างมีระบบ มีหลักเกณฑ์ สร้างความมั่นใจเกี่ยวกับการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ผู้บริหารสามารถใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ตัวแบบการตัดสินใจ (Decision model) ซึ่งเป็นตัวแบบในการวิเคราะห์เชิงปริมาณอย่างหนึ่งโดยอาศัยรูปแบบทางคณิตศาสตร์และความน่าจะเป็นมาอธิบายสภาพปัญหาที่ต้องตัดสินใจ แสดงทางเลือก เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ และผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือก ทั้งนี้ลักษณะของการตัดสินใจอาจอยู่ในรูปแบบของตาราง หรือเมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision matrix) หรือแผนการตัดสินใจ (Decision tree) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด และจะส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจ

ประเภทของการตัดสินใจ

การตัดสินใจของผู้บริหารในการดำเนินธุรกิจสามารถแบ่งตามเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาได้ดังนี้ (Heizer & Render, 2006 : 660)

1. เกณฑ์ด้านรูปแบบ

เกณฑ์ด้านรูปแบบเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 การตัดสินใจที่มีแบบแผน (Programmed decision making) คือ การตัดสินใจปัญหาง่ายๆ ตรงไปตรงมา มีรูปแบบและมีเป้าหมายในการตัดสินใจอย่างชัดเจน ทำให้มีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ รวมทั้งมีการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาเอาไว้ล่วงหน้าในลักษณะที่อ้างอิงขั้นตอนการปฏิบัติ กฎ ระเบียบ หรือนโยบาย ดังนั้นเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงสามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว

1.2 การตัดสินใจที่ไม่มีแบบแผน (Non-programmed decision making) คือ การตัดสินใจปัญหาที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ หรือไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งแตกต่างจากปัญหาที่เคยพบในอดีต ข้อมูลมีความซับซ้อน คลุมเครือและไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการตัดสินใจจึงไม่มีแนวทางที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารจะต้องหาวิธีการสำหรับแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะ

2. เกณฑ์ด้านลักษณะของข้อมูล

เกณฑ์ด้านลักษณะของข้อมูลเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 การตัดสินใจเชิงปริมาณ (Quantitative decision making) เป็นการตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลด้านตัวเลขเป็นเกณฑ์สำคัญต่อการตัดสินใจ โดยมีการใช้ระบบสารสนเทศต่างๆ ที่สำคัญ เช่น ข้อมูลจากการพยากรณ์ยอดขาย ข้อมูลจากการวิจัยตลาด การวิเคราะห์และการประเมินการลงทุน การใช้ตารางการตัดสินใจ แผนงานตัดสินใจ และตัวแบบคณิตศาสตร์อื่นๆ เป็นต้น การตัดสินใจเชิงปริมาณจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อปัญหาเหล่านั้นมีเป้าหมายที่ชัดเจน มีทางเลือกหลายทางเลือก และสามารถคำนวณหาผลลัพธ์ที่เกิดจากทางเลือกเหล่านั้น และนำมาเปรียบเทียบกับกันได้ โดยมีการเลือกใช้ตัวแบบเชิงปริมาณต่างๆ เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ

2.2 การตัดสินใจเชิงคุณภาพ (Qualitative decision making) เป็นการตัดสินใจที่เกิดขึ้นในบางกรณีที่เป็นปัญหาหรือเรื่องใหม่ ซึ่งผู้บริหารอาจมีข้อมูลในอดีตไม่เพียงพอ หรือไม่มีประสบการณ์ที่เพียงพอต่อการตัดสินใจดังกล่าว ดังนั้นการตัดสินใจอาจจะใช้วิธีการจากการสอบถามและสำรวจความคิดเห็นของผู้บริหาร พนักงาน ผู้เชี่ยวชาญ หรือใช้วิธีการระดมสมอง (brainstorm) ในการตัดสินใจ เป็นต้น ซึ่งแนวทางในการตัดสินใจในกรณีนี้เรียกว่าเป็นการตัดสินใจเชิงคุณภาพ

3. เกณฑ์ด้านสถานการณ์ในการตัดสินใจ

เกณฑ์ด้านสถานการณ์ในการตัดสินใจเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.1 การตัดสินใจภายใต้ความแน่นอน (Decision making under certainty) เป็นการตัดสินใจที่ผู้บริหารมีความสามารถในการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตได้อย่างถูกต้องแน่นอน ทั้งนี้เกิดจากผู้บริหารมีข้อมูลที่สมบูรณ์ มีประสบการณ์ ทราบข้อเท็จจริง หรือมีความเชี่ยวชาญในเรื่องที่ต้องการตัดสินใจ เช่น ผู้บริหารตัดสินใจสร้างโรงงานใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อมูลที่ชัดเจนว่าธุรกิจมีการทำสัญญาล่วงหน้าในการผลิตสินค้าเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าในปริมาณที่มากขึ้นทุกปี ในขณะที่โรงงานเดิมมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างโรงงานใหม่และจากข้อมูลข้างต้น จะพิจารณาได้ว่าผู้บริหารทราบข้อมูลที่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้การตัดสินใจสร้างโรงงานใหม่จึงเป็นการตัดสินใจภายใต้ความแน่นอน

3.2 การตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง (Decision making under risk) เป็นการตัดสินใจที่ผู้บริหารไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่าในอนาคตจะเกิดเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นอย่างแน่นอน แต่สามารถคาดการณ์ โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้นได้ ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลในอดีต ประสบการณ์ หรือวิจารณ์ญาณของผู้บริหาร

3.3 การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน (Decision making under uncertainty) เป็นการตัดสินใจที่ผู้บริหารไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่าในอนาคตจะเกิดเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นอย่างแน่นอน และไม่สามารถคาดการณ์ โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้นได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลในอดีตที่เพียงพอ หรือเป็นปัญหาที่ผู้บริหารไม่เคยเผชิญมาก่อน หรือเป็นปัญหาใหม่ที่ไม่มีข้อมูลเดิมอยู่ ดังนั้นผู้บริหารจะเลือกใช้เกณฑ์ต่างๆ ในการพิจารณาตัดสินใจให้มีประสิทธิภาพ ด้วยการพยายามลดความไม่แน่นอนของเหตุการณ์เหล่านั้นลง เพื่อให้การตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม

4. เกณฑ์ด้านการแข่งขัน

เกณฑ์ด้านการแข่งขันเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

4.1 การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่ไม่มีคู่แข่ง (Decision making under no competitor) เป็นการตัดสินใจที่ผู้บริหารจะพิจารณาข้อมูลเฉพาะภายในธุรกิจเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ โดยไม่ต้องคำนึงถึงการตัดสินใจของธุรกิจรายอื่น หรือคู่แข่งรายอื่น ซึ่งแบ่งเป็นออกเป็น การตัดสินใจโดยอาศัยความน่าจะเป็นและไม่อาศัยความน่าจะเป็น เข้ามาใช้ในการพิจารณา

4.2 การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีคู่แข่ง (Decision making under competitor) เป็นการตัดสินใจในกรณีที่มีการแข่งขันตั้ง 2 ฝ่ายขึ้นไป โดยมีผลประโยชน์ที่ขัดแย้งกัน ซึ่งในกรณีนี้ผู้บริหารจะมีการวางแผนในการกำหนดกลยุทธ์ของตนเอง เพื่อนำไปใช้ในการแข่งขันกับอีกฝ่ายหนึ่ง หรือสามารถนำทฤษฎีเกมมาใช้พิจารณาในการตัดสินใจ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 7

โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจ

โครงสร้างของตัวแบบการตัดสินใจ (Structure of decision model) โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนดังต่อไปนี้ (ชนินทร์ ชุมพันธ์รักษ์, 2559 : 8-9)

1. ผู้ตัดสินใจ (Decision maker)

ผู้ตัดสินใจ หมายถึงบุคคลที่ต้องรับผิดชอบต่อผลการตัดสินใจ ซึ่งอาจเป็นบุคคลเดียวหรือหลายคน โดยส่วนใหญ่แล้วในธุรกิจผู้ตัดสินใจจะเป็นผู้บริหาร เช่น การตัดสินใจของผู้ประกอบการในการผลิตสินค้าใหม่ออกสู่ตลาด การตัดสินใจของคณะผู้บริหารขององค์กรในการพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการลงทุน หรือผู้บริหารมหาวิทยาลัยตัดสินใจเลือกบุคคลเข้าทำงาน เป็นต้น

2. ทางเลือก (Alternative course actions)

ทางเลือก หมายถึงทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ผู้บริหารต้องพิจารณาว่าในการแก้ไขปัญหานี้ๆ มีทางเลือกใดบ้างในการแก้ไขปัญหา โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีมากกว่า 1 ทางเลือกขึ้นไป ซึ่งในการพิจารณาเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งจะต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ หรือผลตอบแทนที่ดีที่สุด

3. สภาวะการณ์ (State of nature)

สภาวะการณ์ หมายถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เมื่อเลือกทางใดทางเลือกหนึ่งแล้ว อาจเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เหล่านี้จริง ซึ่งสามารถจำแนกได้ออกได้เป็น 3 ประเภท

3.1 สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน เป็นสภาวะการณ์ที่ผู้ตัดสินใจทราบแน่นอนว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น เมื่อเลือกทางเลือกที่มีอยู่จะได้ผลลัพธ์อย่างไร

3.2 สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง เป็นสภาวะการณ์ที่ผู้ตัดสินใจไม่ทราบแน่ชัดว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น แต่สามารถใช้ข้อมูลและกำหนดความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้นในการคาดการณ์ผลลัพธ์ได้

3.3 สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน เป็นสภาวะการณ์ที่ผู้ตัดสินใจไม่ทราบแน่นอนว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น ซึ่งไม่สามารถใช้ข้อมูลและกำหนดความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์เหล่านั้นได้เลย โดยการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่แตกต่างกันจะใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาที่แตกต่างกัน

4. ผลตอบแทน (Pay off)

ผลตอบแทน หมายถึงผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่ง ซึ่งผู้ตัดสินใจจะประเมินผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นตัวเลขที่เรียกว่าผลตอบแทน โดยจะอยู่ในรูปแบบของกำไร รายได้ ยอดขาย ดอกเบี้ย ต้นทุน และค่าเสียโอกาส อย่างใดอย่างหนึ่ง

ลักษณะการแสดงข้อมูล

สำหรับการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหา ผู้บริหารหรือผู้ตัดสินใจสามารถเลือกแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงข้อมูลในรูปแบบของตาราง ซึ่งเรียกว่าเมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision matrix) และการแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟ หรือแผนภาพ ซึ่งเรียกว่าแผนผังการตัดสินใจ (Decision tree) (สุทธิมา ขำนาญเวช, 2555 : 343-345)

1. เมทริกซ์การตัดสินใจ

เมทริกซ์การตัดสินใจจะมีลักษณะการจัดข้อมูลในรูปแบบของแถวอน (Row) และแถวตั้ง (Column) โดยกำหนดให้แถวอนแสดงถึงทางเลือกต่างๆ ที่มีอยู่ ซึ่งจำนวนของแถวอน ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) จะขึ้นอยู่กับจำนวนทางเลือกของปัญหา เช่น มี 7 ทางเลือก จะมีแถวอนทั้งหมด 7 แถว เป็นต้น ส่วนแถวตั้งแสดงถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นภายหลังจากมีการตัดสินใจเลือกทางเลือก

นั้นๆ แล้ว ซึ่งจำนวนของแถวตั้ง ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) จะขึ้นอยู่กับจำนวนเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดผลตอบแทนของการตัดสินใจ โดยผลตอบแทนของทางเลือกที่ i เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ j จะแสดงได้ด้วยค่า C_{ij} และสามารถแสดงในรูปแบบของตารางผลตอบแทนได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางผลตอบแทนจากการตัดสินใจ หรือเมทริกซ์การตัดสินใจ

ทางเลือก	เหตุการณ์				
	1	2	3	...	n
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	...	C_{1n}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	...	C_{2n}
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	...	C_{3n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
m	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	...	C_{mn}

ที่มา: ปรับปรุงจาก กุลริศา คำสิงห์ (2559 : 30)

2. แขนงการตัดสินใจ

แขนงการตัดสินใจจะมีลักษณะการจัดข้อมูลในรูปแบบของแผนภาพ (Diagram) ซึ่งแตกต่างจากเมทริกซ์การตัดสินใจคือ การใช้สัญลักษณ์แทนการใช้ตาราง โดยสัญลักษณ์ที่ใช้จะประกอบไปด้วยจุดของการตัดสินใจ (Decision point or node) และจุดของเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น (State of nature point or node) ซึ่งแสดงเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้ (ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2559 : 43)

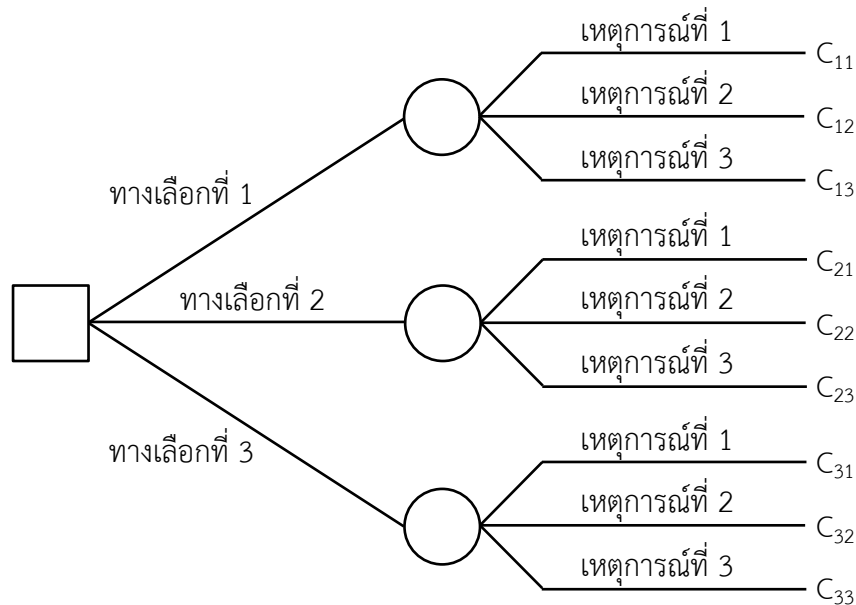
2.1 สัญลักษณ์  แทนจุดที่ต้องตัดสินใจ

2.2 สัญลักษณ์  แทนจุดของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

2.3 สัญลักษณ์  แทนแขนง หรือทางเลือกของการตัดสินใจและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้นๆ แล้ว

ดังนั้นทางเลือกของจุดของการตัดสินใจจะต้องมีมากกว่า 1 ทางเลือก และปลายทางของแขนง หรือทางเลือกทุกทางเลือกจะต้องมีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างน้อย 1 เหตุการณ์ โดยผลตอบแทน

ของแต่ละทางเลือกเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ (C_{ij}) จะเป็นตัวเลขกำกับอยู่ที่ปลายทางแขนงของเหตุการณ์นั้นๆ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แขนงการตัดสินใจ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Lawrence and Pasternack (1998 : 355)

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะสร้างตัวแบบการตัดสินใจ ผู้บริหารจะต้องศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นโดยละเอียด ทั้งลักษณะของปัญหา สาเหตุของปัญหา ประเด็นที่ต้องการตัดสินใจ ความวิกฤตของปัญหา รวมไปถึงเป้าหมายของธุรกิจหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ เพื่อนำไปกำหนดเป็นทางเลือกที่จะเป็นไปได้ ตลอดจนระบุเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากจากการตัดสินใจเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งได้ ทั้งนี้ตัวแบบการตัดสินใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาทางธุรกิจในลักษณะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านบุคลากร การเงิน การตลาด หรือการผลิต เช่น การคัดเลือกบุคคลเข้าทำงาน การจัดหาแหล่งเงินทุน การนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ การเลือกช่องทางการจัดจำหน่าย และการเลือกผลิตสินค้า เป็นต้น โดยในการตัดสินใจจะประเมินผลลัพธ์ในแต่ละทางเลือกด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้การตัดสินใจของผู้บริหารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนในการตัดสินใจ

การตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาจะมีขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Render, Stair, & Hanna, 2011 : 78)

1. การกำหนดปัญหา

ในการกำหนดปัญหา ผู้ตัดสินใจจะต้องระบุถึงปัญหาหรือเรื่องที่จะทำการพิจารณาตัดสินใจ ซึ่งอาจเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับผลตอบแทนในรูปของรายได้หรือกำไร หรือพิจารณาในแง่ของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย เช่น ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปิตอล จำกัด กำลังพิจารณาตัดสินใจในการเลือกที่จะลงทุนก่อสร้างศูนย์ประชุม เพื่อรองรับการจัดประชุมต่างๆ ว่าสมควรจะสร้างศูนย์ประชุมขนาดใดจึงจะได้รับผลตอบแทนสูงสุด เป็นต้น

2. การกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้

การกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา หรือเรื่องที่จะทำการพิจารณาตัดสินใจมีทางเลือกใดบ้างนั้น ในการพิจารณาตัดสินใจโดยทั่วไปจะมีทางเลือกมากกว่าหนึ่งทางเลือก และจากตัวอย่างเดิม ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปิตอล จำกัด มีทางเลือกในการลงทุนก่อสร้างศูนย์ประชุมอยู่ 3 ทางเลือก คือ

ทางเลือกที่ 1 สร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก

ทางเลือกที่ 2 สร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง

ทางเลือกที่ 3 สร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่

ทั้งนี้ในการสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ จะมีความเสี่ยงสูงกว่า เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างที่จอดรถ ห้องน้ำ ค่าสถานที่ ขนาดของพื้นที่ รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกภายในศูนย์ประชุม ตลอดจนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่สูงขึ้น ฯลฯ แต่ถ้าหากประสบความสำเร็จ โดยมีลูกค้ามาขอใช้บริการจำนวนมากจะทำให้มีกำไรเป็นหลายเท่ากว่าศูนย์ประชุมขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามในการกำหนดทางเลือกอาจต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ ตลอดจนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้ตัดสินใจ นอกจากนี้ในการกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้อาจมีข้อจำกัดด้านเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องอีกด้วย

3. การระบุถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

การระบุถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของแต่ละทางเลือกนั้น ผู้ตัดสินใจจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนที่จะเลือกเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจให้กับเหตุการณ์ดังกล่าว ทั้งนี้ปัญหาที่ต้องตัดสินใจส่วนใหญ่จะมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง และในขั้นตอนนี้จะเป็นการพยายามระบุถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นหลังจากการตัดสินใจแล้ว หรือศัพท์ในทางทฤษฎีการตัดสินใจเรียกว่า State of nature ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ และจากตัวอย่างเดิม ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปิตอล จำกัด ได้ระบุถึงเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคตทั้งหมดอยู่ 3 เหตุการณ์คือ สภาวะการณ์เศรษฐกิจดี สภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ และสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ อย่างไรก็ตามการระบุเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จะแยกออกเป็น 5 เหตุการณ์หรือมากกว่า เป็นเรื่องที่สามารถทำได้

4. การระบุผลตอบแทน

การระบุผลตอบแทนเป็นผลลัพธ์จากการตัดสินใจในแต่ละทางเลือกจากเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีจำนวนเท่าใดนั้น ผู้ตัดสินใจจะต้องทำการคาดการณ์ผลตอบแทนที่จะได้รับ เพื่อประเมินค่าออกมา แล้วทำการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ผลตอบแทนควรอยู่ในลักษณะใดขึ้นอยู่กับปัญหาที่พิจารณาตัดสินใจและสามารถวัดเป็นตัวเลขได้ เช่น กำไร ยอดขาย ดอกเบี้ย ต้นทุน เป็นต้น

จากตัวอย่างเดิม ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด ได้คาดการณ์ผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนสร้างศูนย์ประชุมว่าถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจดี การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็กจะได้รับกำไร 8 ล้านบาท การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางจะได้รับกำไร 15 ล้านบาท และการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่จะได้รับกำไร 25 ล้านบาท ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็กจะได้รับกำไร 4 ล้านบาท การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางจะได้รับกำไร 12 ล้านบาท และการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่จะได้รับกำไร 10 ล้านบาท ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็กจะได้รับกำไร 2 ล้านบาท การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางจะขาดทุน 1 ล้านบาท และการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่จะขาดทุน 10 ล้านบาท ดังนั้นผู้บริหารบริษัทฯ ควรตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใด

5. การเลือกเครื่องมือที่จะใช้ในการตัดสินใจ

ในการเลือกเครื่องมือที่จะใช้ในการตัดสินใจนั้น ผู้ตัดสินใจจะนำข้อมูลเกี่ยวกับทางเลือกผลตอบแทนของแต่ละทางเลือกจากเหตุการณ์ต่างๆ มาจัดอยู่ในรูปแบบของตารางผลตอบแทนจากการตัดสินใจ (Table payoff) ซึ่งเรียกว่าเมทริกซ์การตัดสินใจ หรืออยู่ในรูปแบบของแผนงานตัดสินใจ และจากตัวอย่างเดิม ข้อมูลในการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด สามารถแสดงในรูปแบบของเมทริกซ์การตัดสินใจได้ดังตารางที่ 2.2 (ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2558 : 11)

ตารางที่ 2.2 เมทริกซ์การตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สภาวะการณ์เศรษฐกิจ		
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	8	4	2
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	15	12	-1
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	25	10	-10

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์ (2558 : 12)

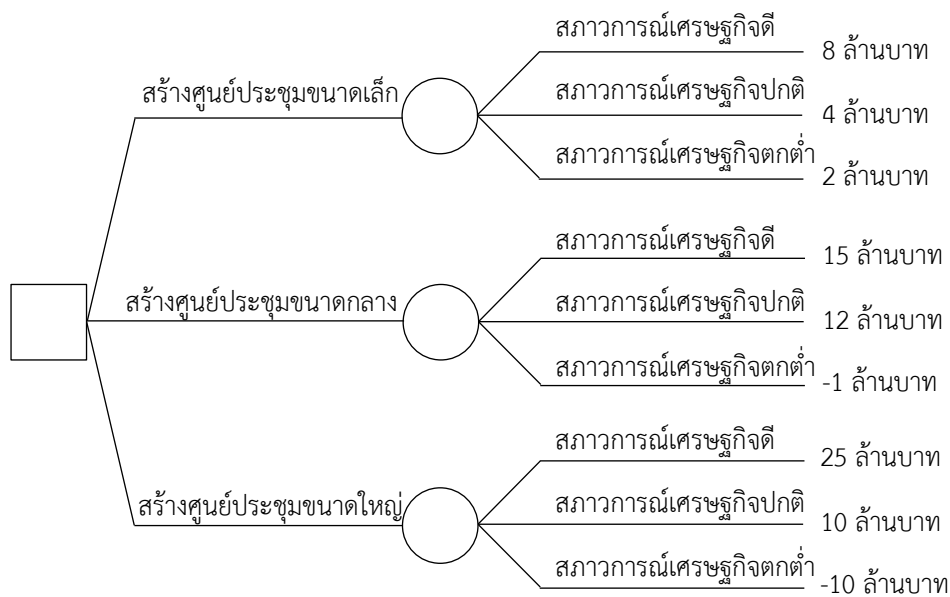
จากตารางที่ 2.2 สามารถสรุปทางเลือกในการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ แคมป์ตอล จำกัด ได้ 3 ทางเลือก คือ

5.1 การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจดี บริษัทฯ จะได้กำไร 8 ล้านบาท ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ บริษัทฯ จะได้กำไร 4 ล้านบาท และถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ บริษัทฯ จะได้กำไร 2 ล้านบาท

5.2 การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจดี บริษัทฯ จะได้กำไร 15 ล้านบาท ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ บริษัทฯ จะได้กำไร 12 ล้านบาท และถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ บริษัทฯ จะขาดทุน 1 ล้านบาท

5.3 การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจดี บริษัทฯ จะได้กำไร 25 ล้านบาท ถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ บริษัทฯ จะได้กำไร 10 ล้านบาท และถ้าสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ บริษัทฯ จะขาดทุน 10 ล้านบาท

หรือจากข้อมูลการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคมป์ตอล จำกัด สามารถแสดงในรูปแบบของแผนการตัดสินใจได้ภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนการตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคมป์ตอล จำกัด

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชรินทร์ ชุนพันธ์ (2558 : 12)

6. การตัดสินใจเลือกทางเลือก

ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้น ผู้ตัดสินใจจะพิจารณาผลตอบแทนและเหตุการณ์จากข้อมูลในตาราง หรือแผนแล้ว จึงจะพิจารณาเกณฑ์เพื่อทำการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ทางเลือกที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึงปัญหาที่ต้องตัดสินใจว่าเป็นปัญหาอะไร หาก

เป็นปัญหาเกี่ยวกับรายได้ หรือกำไร จะพิจารณาผลตอบแทนสูงสุด (Maximum) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ และในทำนองเดียวกัน หากเป็นปัญหาเกี่ยวกับต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย จะพิจารณาผลตอบแทนต่ำสุด (Minimum) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (เอกรัตน์ เอกศาสตร์, 2558 : 24-27)

ตัวอย่างที่ 2.1 บริษัทซีซี จำกัด เป็นตัวแทนจำหน่ายสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ โดยจะรับมาจากกองสลาก และสามารถนำหน่วยได้ทันที โดยมีราคาต้นทุนรวมภาษีแล้วคิดเป็นใบละ 100 บาท และจำหน่ายในราคา 155 บาท ซึ่งจะได้รับมาทุกเดือน ตามสัญญาที่ตกลงกัน ทั้งนี้ในการจำหน่ายหากจำหน่ายไม่หมดภายในหนึ่งเดือนจะต้องทิ้งสลากไปไม่สามารถนำมาจำหน่ายคืนให้กองสลากได้ ทางบริษัทฯ กำลังพิจารณาว่าควรทำสัญญาสั่งซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษนี้ เดือนละ 400 ใบ 600 ใบ หรือ 800 ใบ จึงจะได้ผลตอบแทนสูงที่สุด โดยเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนในแต่ละทางเลือกคือ ความต้องการของลูกค้า โดยบริษัทฯ คาดว่าจะมีความต้องการของลูกค้าอยู่ในระดับที่แตกต่างกันคือ 400 ใบ 500 ใบ 600 ใบ 700 ใบ และ 800 ใบ

ซึ่งสามารถคำนวณผลตอบแทน (กำไรต่อเดือน) ของทางเลือกต่างๆ ได้ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 สั่งซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ เดือนละ 400 ใบ

ต้นทุนเท่ากับ $100 \times 400 = 40,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 400 ใบ จะได้กำไร $= (155 \times 400) - 40,000$

$= 62,000 - 40,000$

$= 22,000$ บาท

ในกรณีที่ลูกค้ามีความต้องการมากกว่า 400 ใบ แสดงว่าบริษัทฯ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้นบริษัทฯ จะได้กำไรเพียง 22,000 บาท

ทางเลือกที่ 2 สั่งซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ เดือนละ 600 ใบ

ต้นทุนเท่ากับ $100 \times 600 = 60,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 400 ใบ จะได้กำไร $= (155 \times 400) - 60,000 = 2,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 500 ใบ จะได้กำไร $= (155 \times 500) - 60,000 = 17,500$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 600 ใบ จะได้กำไร $= (155 \times 600) - 60,000 = 33,000$ บาท

ในกรณีที่ลูกค้ามีความต้องการมากกว่า 600 ใบ แสดงว่าบริษัทฯ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้นบริษัทฯ จะได้กำไรเพียง 33,000 บาท เนื่องจากมีสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษไว้จำหน่ายเพียง 600 ใบ เท่านั้น

ทางเลือกที่ 3 สั่งซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ เดือนละ 800 ใบ

ต้นทุนเท่ากับ $100 \times 800 = 80,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 400 ใบ จะได้กำไร $= (155 \times 400) - 80,000 = -18,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 500 ใบ จะได้กำไร = $(155 \times 500) - 80,000 = -2,500$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 600 ใบ จะได้กำไร = $(155 \times 600) - 80,000 = 13,000$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 700 ใบ จะได้กำไร = $(155 \times 700) - 80,000 = 28,500$ บาท

ถ้าลูกค้าต้องการ 800 ใบ จะได้กำไร = $(155 \times 800) - 80,000 = 44,000$ บาท

จากข้อมูลการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทซีซี จำกัด สามารถแสดงในรูปแบบของเมทริกซ์การตัดสินใจได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เมทริกซ์การตัดสินใจของบริษัทซีซี จำกัด (บาทต่อเดือน)

จำนวนสั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)				
	400	500	600	700	800
400	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
600	2,000	17,500	33,000	33,000	33,000
800	-18,000	-2,500	13,000	28,500	44,000

ที่มา: ปรับปรุงจาก เอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 25)

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน หมายถึงการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจมีข้อมูลที่สมบูรณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะทำการตัดสินใจ และสามารถที่จะทราบถึงผลที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด หรือให้ผลตอบแทนสูงสุดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในกรณีที่เป็นการพิจารณาทางด้านรายได้หรือกำไร ส่วนในกรณีที่เป็นการพิจารณาทางด้านต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย จะพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด หรือให้ผลลัพธ์ต่ำสุดเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2550 : 293)

ในการพิจารณาการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอน ข้อมูลปัญหาประเภทนี้จะมีทางเลือกอยู่หลายทาง แต่ละทางเลือกเหล่านี้จะเกิดขึ้นในเหตุการณ์ที่แน่นอนเพียงอย่างเดียว และจากตัวอย่างเดิม ข้อมูลในการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด ในตารางที่ 2.2 ถ้าบริษัทฯ ทราบแน่นอนว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจที่เกิดขึ้น จะมีแนวโน้มที่สภาวะการณ์เศรษฐกิจจะดี ผู้บริหารบริษัทฯ ควรก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ เนื่องจากจะได้รับกำไรสูงสุดเท่ากับ 25 ล้านบาท แต่ถ้าหากบริษัทฯ ทราบแน่นอนว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจที่เกิดขึ้น จะมีแนวโน้มสภาวะการณ์เศรษฐกิจเป็นปกติ ผู้บริหารบริษัทฯ ควรก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง เนื่องจากจะได้รับกำไรสูงสุดเท่ากับ 12 ล้านบาท ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สภาวะการณ์เศรษฐกิจ		
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	8	4	2*
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	15	12*	-1
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	25*	10	-10

* ผลตอบแทนสูงสุด

ที่มา: ปรับปรุงจาก สมเกียรติ เกตุเอี่ยม (2550 : 293)

และถ้าหากบริษัทฯ ทราบแน่นอนว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจที่เกิดขึ้น จะมีแนวโน้มที่สภาวะการณ์เศรษฐกิจจะตกต่ำ ผู้บริหารบริษัทฯ ควรก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก ซึ่งจะได้รับเท่ากับ 2 ล้านบาท ในขณะที่การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ และขนาดกลาง บริษัทฯ จะขาดทุนเท่ากับ 10 ล้านบาท และ 1 ล้านบาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.4

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความแน่นอนเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้น้อย โดยส่วนใหญ่แล้วการตัดสินใจจะอยู่ภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน หรือภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือถ้าหากมีความแน่นอนในเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งจะทำให้ทางเลือกในการตัดสินใจมากขึ้น จนไม่สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ทุกทางเลือก เพื่อทำการตัดสินใจได้ภายในเวลาที่จำกัด

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง หมายถึงการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่าเหตุการณ์ใดจะเกิดขึ้น แต่สามารถที่จะคาดการณ์ หรือกำหนดความน่าจะเป็น (Probability) ในแต่ละเหตุการณ์ได้ โดยอาศัยข้อมูลในอดีต ประสบการณ์ หรือวิจรรย์ญาณของผู้ตัดสินใจเอง ทั้งนี้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 31-32)

1. ความน่าจะเป็นที่ได้มาอย่างมีหลักเกณฑ์ (Objective probability) เป็นความน่าจะเป็นที่ได้มาจากการทดลองหรือจำลองเหตุการณ์ขึ้น หรือการเก็บข้อมูลหลายๆ ครั้ง ซ้ำๆ กัน หรือจากการบันทึกข้อมูลจริงที่เคยเกิดขึ้นในอดีต เช่น จากตัวอย่างที่ 2.1 บริษัทซีซี จำกัด ได้ทำการจดบันทึกข้อมูลการขายสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษในอดีตที่ผ่านมาดังนี้

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลความต้องการสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษของลูกค้า

จำนวนที่จำหน่ายได้ต่อเดือน (ใบ)	จำนวนเดือนที่จำหน่ายได้	ความน่าจะเป็น
400	3	$3/30 = 0.10$
500	6	$6/30 = 0.20$
600	9	$9/30 = 0.30$
700	8	$8/30 = 0.27$
800	4	$4/30 = 0.13$
รวม	30	1.00

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 31)

2. ความน่าจะเป็นที่ได้มาจากการวิเคราะห์แนวโน้ม (Subjective probability) เป็นความน่าจะเป็นที่ไม่ได้กำหนดขึ้นอย่างมีหลักเกณฑ์ แต่กำหนดขึ้นมาโดยใช้ประสบการณ์ ความชำนาญ หรือวิจรรย์ญาณของผู้ตัดสินใจ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการไม่มีข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา หรือเป็นการตัดสินใจในเรื่องใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยทำการตัดสินใจมาก่อน เช่น จากตัวอย่างเดิม บริษัทบุรีรัมย์ แคปิตอล จำกัด ไม่มีข้อมูลในอดีตเกี่ยวกับการก่อสร้างศูนย์ประชุม จึงได้เรียกประชุมคณะผู้บริหารของบริษัทฯ มาร่วมพิจารณาโดยอาศัยข้อคิดเห็นต่างๆ ซึ่งข้อมูลของผู้บริหารแต่ละคนนำมาเสนอในที่ประชุมทั้งข้อมูลสถานการณ์ทางการเมือง โรคระบาด นโยบายทางเศรษฐกิจ การค้า การลงทุน ราคา น้ำมัน การจ้างงาน อัตราเงินเฟ้อ และอัตราแลกเปลี่ยน เป็นต้น แล้วร่วมกันกำหนดความน่าจะเป็นของสถานการณ์เศรษฐกิจว่าจะมีแนวโน้มของความน่าจะเป็นดังนี้ สถานการณ์เศรษฐกิจดี ปกติ และตกต่ำ มีโอกาสเกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.2, 0.5 และ 0.3 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สถานการณ์เศรษฐกิจ		
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	8	4	2
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	15	12	-1
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	25	10	-10
ความน่าจะเป็น	0.2	0.5	0.3

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 32)

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยงนั้น มีเกณฑ์ที่สำคัญอยู่ 3 เกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ค่าคาดหวัง (Expected value: EV)

เกณฑ์ค่าคาดหวัง เป็นเกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจจะพิจารณาค่าคาดหวังของผลตอบแทนที่ดีที่สุด โดยสามารถคำนวณค่าคาดหวังของแต่ละทางเลือกได้จากผลบวกของผลคูณระหว่างความน่าจะเป็นในแต่ละเหตุการณ์กับผลลัพธ์ในแต่ละทางเลือก ซึ่งในกรณีที่ทำการตัดสินใจเกี่ยวกับรายได้หรือกำไร การพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด จะพิจารณาจากค่าคาดหวังที่สูงที่สุด ส่วนในกรณีที่ทำการตัดสินใจเกี่ยวกับต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย การพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด จะพิจารณาจากค่าคาดหวังที่ต่ำที่สุด และสามารถแสดงสูตรในการคำนวณค่าคาดหวังได้ดังนี้ (พัชฎาภรณ์ แสงทามาศย์, 2556 : 49-50)

$$EV = \sum_{i,j=1}^{m,n} C_{ij}P_j \quad \dots (2.1)$$

โดยที่ EV หมายถึงค่าคาดหวัง

P_j หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ j โดยที่ $\sum_{j=1}^n p_j = 1$

C_{ij} หมายถึงผลตอบแทนของทางเลือกที่ i เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ j

m หมายถึงจำนวนทางเลือก

n หมายถึงจำนวนเหตุการณ์

จากข้อมูลของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด รวมไปถึงข้อมูลผลตอบแทนของทางเลือกแต่ละทาง และค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ นำมาคำนวณค่าคาดหวังของทางเลือกแต่ละทางได้ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าคาดหวังของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สภาวะการณ์เศรษฐกิจ			ค่าคาดหวัง (กำไร)
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ	
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	8	4	2	4.2
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	15	12	-1	8.7*
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	25	10	-10	7.0
ความน่าจะเป็น	0.2	0.5	0.3	

* ผลตอบแทนสูงสุด

ที่มา: ปรับปรุงจาก พัชฎาภรณ์ แสงทามาศย์ (2556 : 53)

จากตารางที่ 2.7 สามารถแสดงการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก} &= (8)(0.2) + (4)(0.5) + (2)(0.3) \\ &= 4.2 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง} &= (15)(0.2) + (12)(0.5) + (-1)(0.3) \\ &= 8.7 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่} &= (25)(0.2) + (10)(0.5) + (-10)(0.3) \\ &= 7.0 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

จากค่าคาดหวังที่คำนวณได้ในตารางที่ 2.7 สามารถพิจารณาเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ โดยจะเลือกทางเลือกที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งก็คือ การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง เนื่องจากมีค่าคาดหวัง (EV) ที่สูงที่สุดเท่ากับ 8.7 ล้านบาท ทั้งนี้ถ้าที่คำนวณจากค่าคาดหวังยังไม่ใช้กำไรที่บริษัทฯ จะได้รับจริง แต่เป็นเพียงกำไรเฉลี่ยจากการถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความน่าจะเป็นที่จะได้รับเท่านั้น ซึ่งกำไรที่บริษัทฯ ได้รับจริงอาจจะเป็น 15 ล้านบาท ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสถานการณ์เศรษฐกิจดี หรือบริษัทฯ อาจจะได้รับกำไร 12 ล้านบาท ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสถานการณ์เศรษฐกิจปกติ หรือบริษัทฯ อาจจะได้รับกำไร 1 ล้านบาท ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสถานการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ

2. เกณฑ์ค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง (Expected opportunity loss: EOL)

เกณฑ์ค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง เป็นเกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจจะพิจารณาค่าเสียโอกาส โดยคาดหวังว่าจะมีค่าเสียโอกาสที่ต่ำที่สุด ซึ่งค่าเสียโอกาสนี้จะได้มาจากผลต่างระหว่างกำไรหรือผลตอบแทนที่ดีที่สุดกับผลตอบแทนที่ได้รับจริงในแต่ละเหตุการณ์ โดยมีการจัดทำตารางค่าเสียโอกาสขึ้นมาก่อน (Opportunity loss table) แล้วผู้ตัดสินใจทำการคำนวณค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง จากนั้นตัดสินใจเลือกทางเลือกที่มีค่าเสียโอกาสที่คาดหวังที่ต่ำที่สุด และจากข้อมูลของบริษัทบุรีรัมย์ แคมป์ตอล จำกัด สามารถคำนวณค่าโอกาสของทางเลือกแต่ละทางได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าเสียโอกาสของบริษัทบุรีรัมย์แคมป์ตอล จำกัด (ล้านบาท)

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สถานการณ์เศรษฐกิจ		
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	$25 - 8 = 17$	$12 - 4 = 8$	$2 - 2 = 0$
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	$25 - 15 = 10$	$12 - 12 = 0$	$2 - (-1) = 3$
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	$25 - 25 = 0$	$12 - 10 = 2$	$2 - (-10) = 12$

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุปัญญา ไชยชาญ (2553 : 66-68)

จากตารางที่ 2.8 สามารถอธิบายได้ว่าในกรณีที่สภาวะการณ์เศรษฐกิจดี การตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่จะให้ผลตอบแทนดีที่สุดคือ 25 ล้านบาท ดังนั้นถ้าผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกทางเลือกนี้จะเป็นการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือจะไม่มีค่าเสียโอกาสเกิดขึ้น หรือมีค่าเสียโอกาสเท่ากับศูนย์ แต่ถ้าหากผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง หรือขนาดเล็ก จะได้รับผลตอบแทนเท่ากับ 15 ล้านบาท หรือ 8 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 10 ล้านบาท (25 – 15 ล้านบาท) หรือ 17 ล้านบาท (25 – 8 ล้านบาท) ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ในกรณีที่สภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ การตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางจะให้ผลตอบแทนดีที่สุดคือ 12 ล้านบาท ดังนั้นถ้าผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกทางเลือกนี้จะเป็นการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือจะไม่มีค่าเสียโอกาสเกิดขึ้น หรือมีค่าเสียโอกาสเท่ากับศูนย์ แต่ถ้าหากผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็ก จะได้รับผลตอบแทนเท่ากับ 10 ล้านบาท หรือ 4 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 2 ล้านบาท (12 – 10 ล้านบาท) หรือ 8 ล้านบาท (12 – 4 ล้านบาท) ตามลำดับ และในกรณีที่สภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ การตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็กจะให้ผลตอบแทนดีที่สุดคือ 2 ล้านบาท ดังนั้นถ้าผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกทางเลือกนี้จะเป็นการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือจะไม่มีค่าเสียโอกาสเกิดขึ้น หรือมีค่าเสียโอกาสเท่ากับศูนย์ แต่ถ้าหากผู้บริหารบริษัทฯ ตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ หรือขนาดกลาง จะได้รับผลตอบแทนเท่ากับ -10 ล้านบาท หรือ -1 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 12 ล้านบาท (2 – (-10) ล้านบาท) หรือ 3 ล้านบาท (2 – (-1) ล้านบาท) ตามลำดับ และจากข้อมูลข้างต้นสามารถคำนวณค่าโอกาสที่คาดหวังของทางเลือกแต่ละทางได้ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การตัดสินใจภายใต้ค่าเสียโอกาสของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)

ทางเลือกในการตัดสินใจ	สภาวะการณ์เศรษฐกิจ			ค่าเสียโอกาส (กำไร)
	ดี	ปกติ	ตกต่ำ	
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	17	8	0	7.4
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	10	0	3	2.9*
การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	0	2	12	4.6
ความน่าจะเป็น	0.2	0.5	0.3	

* ค่าเสียโอกาสต่ำสุด

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุปัญญา ไชยชาญ (2553 : 66-68)

จากตารางที่ 2.9 สามารถแสดงการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่า EOL ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก} &= (17)(0.2) + (8)(0.5) + (0)(0.3) \\ &= 7.4 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EOL ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง} &= (10)(0.2) + (0)(0.5) + (3)(0.3) \\ &= 2.9 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EOL ของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่} &= (0)(0.2) + (2)(0.5) + (12)(0.3) \\ &= 4.6 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

จากค่าคาดหวังที่คำนวณได้ในตารางที่ 2.9 สามารถพิจารณาเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ โดยจะเลือกทางเลือกที่ให้ค่าเสียโอกาสที่ต่ำที่สุด ซึ่งก็คือ การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง เนื่องจากมีค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง (EOL) ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.9 ล้านบาท ทั้งนี้ค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นไม่ใช่ค่าเสียโอกาสที่บริษัทฯ จะได้รับจริง แต่เป็นเพียงค่าเสียโอกาสเฉลี่ยจากการถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความน่าจะเป็นที่จะได้รับเท่านั้น ซึ่งค่าเสียโอกาสที่บริษัทฯ ได้รับจริงอาจจะเป็น 10 ล้านบาท ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสภาวะการณ์เศรษฐกิจดี หรือบริษัทฯ อาจจะมีค่าเสียโอกาส 3 ล้านบาท ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสภาวะการณ์เศรษฐกิจตกต่ำ หรือบริษัทฯ อาจจะมีค่าเสียโอกาสเลย ถ้าหากสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลางแล้วเกิดสภาวะการณ์เศรษฐกิจปกติ

นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตเพิ่มเติมคือ ไม่ว่าผู้ตัดสินใจจะใช้เกณฑ์ค่าคาดหวัง (EV) หรือค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง (EOL) จะมีผลต่อการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมือนกันคือ การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง

3. ค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ (Expected value with perfect information: EVPI)

สารสนเทศที่สมบูรณ์ (Perfect information) หมายถึงข้อมูลข่าวสารที่ทำให้ผู้ตัดสินใจทราบได้แน่ชัดว่าเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจะเป็นไปในทิศทางใด ซึ่งในการตัดสินใจหากมีสารสนเทศที่สมบูรณ์จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการที่ผู้ตัดสินใจจะได้รับสารสนเทศที่สมบูรณ์นั้น จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เช่น ค่าใช้จ่ายในการสำรวจตลาด การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ หรือการจ้างบริษัทในการเก็บสำรวจข้อมูลให้ ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปนั้นจะต้องคุ้มค่ากับประโยชน์ที่จะได้รับ หรือเรียกค่าใช้จ่ายส่วนนี้ว่า ค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ (EVPI) ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้ (รัชรินทร์ กุลชาติ, 2558 : 208)

$$\text{EVPI} = \text{ค่าคาดหวังเมื่อมีสารสนเทศที่สมบูรณ์} - \text{ค่าคาดหวังที่สูงที่สุดเมื่อไม่มีสารสนเทศ}$$

จากข้อมูลของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด สามารถคำนวณค่าคาดหวังของ
สารสนเทศที่สมบูรณ์ ได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ค่าคาดหวังเมื่อมีสารสนเทศที่สมบูรณ์ของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด (ล้านบาท)

สภาวะการณ์เศรษฐกิจ	ทางเลือกในการตัดสินใจ	กำไร	ความน่าจะเป็น
ดี	การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่	25	0.2
ปกติ	การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง	12	0.5
ตกต่ำ	การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก	2	0.3

ที่มา: ปรับปรุงจาก รัชรินทร์ กุลชาติ (2558 : 209)

จากตารางที่ 2.10 สามารถอธิบายได้ว่า ในกรณีที่มีสารสนเทศที่สมบูรณ์หากผู้เชี่ยวชาญ
ระบุว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจในอนาคตจะดี บริษัทฯ จะก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้รับ
กำไร 25 ล้านบาท และมีโอกาสเกิดขึ้นร้อยละ 20 แต่หากผู้เชี่ยวชาญระบุว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจใน
อนาคตจะเป็นปกติ บริษัทฯ จะก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง ซึ่งจะได้รับกำไร 12 ล้านบาท และมี
โอกาสเกิดขึ้นร้อยละ 50 และหากผู้เชี่ยวชาญระบุว่าสภาวะการณ์เศรษฐกิจในอนาคตจะตกต่ำ บริษัทฯ
จะก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก ซึ่งจะได้รับกำไร 2 ล้านบาท และมีโอกาสเกิดขึ้นร้อยละ 30 ทั้งนี้
จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังเมื่อมีสารสนเทศที่สมบูรณ์} &= (25)(0.2) + (12)(0.5) + (2)(0.3) \\ &= 11.6 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น ค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ (EVPI)} &= 11.6 - 8.7 \\ &= 2.9 \text{ ล้านบาท}\end{aligned}$$

จากคำนวณค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด มี
ค่าเท่ากับ 2.9 ล้านบาท หมายความว่าบริษัทฯ จะได้รับกำไรเพิ่มขึ้นจากข้อมูลสารสนเทศที่สมบูรณ์
โดยการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้หากพิจารณาเฉพาะกำไรที่เพิ่มขึ้นก็ควรจะปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้
ได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของข้อมูลสารสนเทศที่
สมบูรณ์ด้วย โดยข้อมูลสารสนเทศที่บริษัทฯ ได้มา จะต้องมียค่าใช้จ่ายในการได้มาของข้อมูล
สารสนเทศนั้น ไม่เกิน 2.9 ล้านบาท จึงจะคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่สมบูรณ์
หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ (EVPI) กับค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง (EOL)
ที่ต่ำที่สุด จะมีค่าเท่ากัน

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน หมายถึงการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจไม่สามารถทราบได้ว่าเหตุการณ์ใดจะเกิดขึ้นภายหลังจากการตัดสินใจเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งไปแล้ว และไม่อาจกำหนดหรือประมาณค่าความน่าจะเป็นในแต่ละเหตุการณ์ได้ ดังนั้นเกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจนำมาใช้พิจารณาส่วนใหญ่ จะขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้ตัดสินใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้ (Render et al., 2018 : 84)

1. เกณฑ์แมกซิแมกซ์ (Maximax criterion)
2. เกณฑ์แมกซิมิน (Maximin criterion)
3. เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท (Minimax regret criterion)
4. เกณฑ์ของลาปลาซ (Laplace criterion) หรือ Equality likely
5. เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ (Hurwicz criterion) หรือ Criterion of realism

จากตัวอย่างที่ 2.1 บริษัทซีซี จำกัด ที่เป็นตัวแทนจำหน่ายสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ และกำหนดให้บริษัทฯ ไม่สามารถประมาณค่าความน่าจะเป็น หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ลูกค้ามีความต้องการซื้อสลากได้ เนื่องจากเป็นครั้งแรกที่ได้สิทธิเป็นตัวแทนจำหน่ายสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษ จึงต้องใช้เกณฑ์การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน และจากข้อมูลการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทฯ สามารถแสดงในรูปแบบของตารางกำไรในแต่ละทางเลือกได้เช่นเดียวกันกับตารางเมทริกซ์การตัดสินใจของบริษัทซีซี จำกัด ดังตารางที่ 2.3

1. เกณฑ์แมกซิแมกซ์ (Maximax criterion)

เกณฑ์แมกซิแมกซ์ เป็นเกณฑ์ในการเลือกผลตอบแทนที่สูงที่สุดจากทางเลือกแต่ละทางที่มีอยู่ จากนั้นเลือกผลตอบแทนที่มีค่าสูงที่สุด หรือเป็นการหาค่าสูงสุด 2 ครั้ง ซึ่งกล่าวได้ว่าผู้ตัดสินใจเป็นผู้มองโลกในแง่ดี โดยเชื่อว่าเมื่อเลือกทางใดทางเลือกหนึ่งแล้วเหตุการณ์ที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นในอนาคต ด้วยเหตุนี้เกณฑ์แมกซิแมกซ์ จะใช้ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของรายได้หรือกำไร อย่างไรก็ตามในกรณีที่ผู้ตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย การใช้เกณฑ์แมกซิแมกซ์ในการตัดสินใจจะพิจารณาค่าที่ต่ำที่สุดแทน (อุไรวรรณ แยมเนียม, 2554 : 63)

จากตัวอย่างที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรที่บริษัทซีซี จำกัด จะได้รับ ซึ่งสามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิแมกซ์ได้ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์แมกซิแมกซ์

จำนวน สั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)					กำไรสูงสุด (บาท)
	400	500	600	700	800	
400	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
600	2,000	17,500	33,000	33,000	33,000	33,000
800	-18,000	-2,500	13,000	28,500	44,000	44,000*

* ผลตอบแทนที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก อุไรวรรณ แยมเนียม (2554 : 63)

จากตารางที่ 2.11 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์แมกซิแมกซ์ได้ดังนี้

1.1 หาค่าสูงสุดครั้งที่ 1 โดยพิจารณาผลตอบแทนที่ได้รับสูงสุด จากทางเลือกแต่ละทางและเหตุการณ์ทั้งหมดดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 400 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ 22,000 บาท ทั้ง 5 เหตุการณ์ ดังนั้นผลตอบแทนสูงสุดของทางเลือกที่ 1 คือ
บริษัทฯ ได้รับกำไร 22,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 2 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 600 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ 2,000 บาท 17,500 บาท 33,000 บาท 33,000 บาท และ 33,000 บาท
ตามลำดับ ดังนั้นผลตอบแทนสูงสุดของทางเลือกที่ 2 คือ บริษัทฯ ได้รับกำไร 33,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 3 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 800 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ -18,000 บาท -2,500 บาท 13,000 บาท 28,500 บาท และ 44,000 บาท
ตามลำดับ ดังนั้นผลตอบแทนสูงสุดของทางเลือกที่ 3 คือ บริษัทฯ ได้รับกำไร 44,000 บาทต่อเดือน

1.2 หาค่าสูงสุดครั้งที่ 2 โดยพิจารณาผลตอบแทนที่ได้รับสูงสุด จากทางเลือกแต่ละทางทั้งหมด อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นผู้บริหารของบริษัทฯ จึงจำกัด ควรตัดสินใจเลือกรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 800 ใบ เนื่องจากได้รับกำไรสูงสุดเท่ากับ 44,000 บาทต่อเดือน

2. เกณฑ์แมกซิมิน (Maximin criterion)

เกณฑ์แมกซิมิน เป็นเกณฑ์ในการเลือกผลตอบแทนที่ต่ำที่สุดจากทางเลือกแต่ละทางที่มีอยู่ จากนั้นเลือกผลตอบแทนที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่าผู้ตัดสินใจเป็นผู้มีความระมัดระวัง โดยเชื่อว่าเมื่อเลือกทางใดทางเลือกหนึ่งแล้วเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดอาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ด้วยเหตุนี้เกณฑ์แมกซิมิน จะใช้ในกรณีที่ตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของรายได้หรือกำไร อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย การใช้เกณฑ์แมกซิมินในการ

ตัดสินใจจะพิจารณาค่าที่สูงที่สุดก่อนจากนั้นเลือกผลตอบแทนที่มีค่าต่ำที่สุดแทน (ชนินทร์ ชุณหพันธ์รักษ์, 2558 : 18)

จากตัวอย่างที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรที่บริษัทซีซี จำกัด จะได้รับ ซึ่งสามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมินได้ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 เกณฑ์แมกซิมิน

จำนวน สั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)					กำไรต่ำสุด (บาท)
	400	500	600	700	800	
400	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000*
600	2,000	17,500	33,000	33,000	33,000	2,000
800	-18,000	-2,500	13,000	28,500	44,000	-18,000

* ผลตอบแทนที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชนินทร์ ชุณหพันธ์รักษ์ (2558 : 19)

จากตารางที่ 2.12 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์แมกซิมินได้ดังนี้

2.1 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลตอบแทนที่ได้รับต่ำที่สุด จากทางเลือกแต่ละทางและเหตุการณ์ทั้งหมดดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 400 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ 22,000 บาท ทั้ง 5 เหตุการณ์ ดังนั้นผลตอบแทนต่ำสุดของทางเลือกที่ 1 คือ
บริษัทฯ ได้รับกำไร 22,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 2 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 600 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ 2,000 บาท 17,500 บาท 33,000 บาท 33,000 บาท และ 33,000 บาท
ตามลำดับ ดังนั้นผลตอบแทนต่ำสุดของทางเลือกที่ 2 คือ บริษัทฯ ได้รับกำไร 2,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 3 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 800 ใบ
กำไรที่จะได้รับคือ -18,000 บาท -2,500 บาท 13,000 บาท 28,500 บาท และ 44,000 บาท
ตามลำดับ ดังนั้นผลตอบแทนต่ำสุดของทางเลือกที่ 3 คือ บริษัทฯ ได้รับขาดทุน 18,000 บาทต่อ
เดือน

2.2 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลตอบแทนที่ได้รับสูงที่สุด จากทางเลือกที่ต่ำที่สุดแต่ละ
ทาง ดังนั้นผู้บริหารของบริษัท ซีซี จำกัด ควรตัดสินใจเลือกรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมา
จำหน่ายจำนวน 400 ใบ เนื่องจากได้รับกำไรสูงที่สุดเท่ากับ 22,000 บาทต่อเดือน

3. เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท (Minimax regret criterion)

เกณฑ์เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท หรือเกณฑ์ค่าเสียโอกาส ซึ่งเป็นเกณฑ์ผู้ตัดสินใจจะพิจารณาจากแนวคิดในเรื่องค่าเสียโอกาส โดยจะพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ให้ค่าเสียโอกาสที่ต่ำที่สุดจากทางเลือกที่ให้ค่าเสียโอกาสที่สูงที่สุดในแต่ละทางเลือก โดยการสร้างตารางค่าเสียโอกาสจะพิจารณาจากข้อมูลผลตอบแทนในเหตุการณ์ต่างๆ ทั้งนี้ตารางค่าเสียโอกาสจะคำนวณจากผลต่างระหว่างกำไรหรือผลตอบแทนที่ดีที่สุดกับผลตอบแทนที่ได้รับจริงในแต่ละเหตุการณ์ ด้วยเหตุนี้เกณฑ์มินิแมกซ์รีเกรท จึงเหมาะสำหรับผู้ตัดสินใจที่มีความระมัดระวังในการตัดสินใจ (Wisniewski & Shafti, 2020 : 185-186)

จากตัวอย่างที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 สามารถคำนวณค่าเสียโอกาสในแต่ละทางเลือกของบริษัทซีซี จำกัด ได้ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ค่าเสียโอกาสของบริษัทซีซี จำกัด (พันบาทต่อเดือน)

จำนวนสั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)				
	400	500	600	700	800
400	$22 - 22 = 0$	$22 - 22 = 0$	$33 - 22 = 11$	$33 - 22 = 11$	$44 - 22 = 22$
600	$22 - 2 = 20$	$22 - 17.5 = 4.5$	$33 - 33 = 0$	$33 - 33 = 0$	$44 - 33 = 11$
800	$22 - (-18) = 40$	$22 - (-2.5) = 24.5$	$33 - 13 = 20$	$33 - 28.5 = 4.5$	$44 - 44 = 0$

ทั้งนี้สามารถศึกษาวิธีการคำนวณค่าเสียโอกาสได้จากตัวอย่างของตารางที่ 2.7

ที่มา: ปรับปรุงจาก Wisniewski and Shafti (2020 : 186)

จากตารางที่ 2.13 สามารถแสดงการตัดสินใจของบริษัทซีซี จำกัด ด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท ได้ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท

จำนวน สั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)					ค่าเสียโอกาส สูงสุด (บาท)
	400	500	600	700	800	
400	0	0	11,000	11,000	22,000	22,000
600	20,000	4,500	0	0	11,000	20,000*
800	40,000	24,500	20,000	4,500	0	40,000

* ผลตอบแทนที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Wisniewski and Shafti (2020 : 186)

จากตารางที่ 2.14 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรทได้ดังนี้

3.1 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาค่าเสียโอกาสที่ได้รับสูงสุด จากทางเลือกแต่ละทางและเหตุการณ์ทั้งหมดดังนี้

ทางเลือกที่ 1 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 400 ใบ ค่าเสียโอกาสที่จะได้รับคือ 0 บาท 0 บาท 11,000 บาท 11,000 บาท และ 22,000 บาท ตามลำดับ ดังนั้นค่าเสียโอกาสสูงสุดของทางเลือกที่ 1 คือ บริษัทฯ มีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 22,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 2 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 600 ใบ ค่าเสียโอกาสที่จะได้รับคือ 20,000 บาท 4,500 บาท 0 บาท 0 บาท และ 11,000 บาท ตามลำดับ ดังนั้นค่าเสียโอกาสสูงสุดของทางเลือกที่ 2 คือ บริษัทฯ มีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 20,000 บาทต่อเดือน

ทางเลือกที่ 3 คือ การรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 800 ใบ ค่าเสียโอกาสที่จะได้รับคือ 40,000 บาท 24,500 บาท 20,000 บาท 4,500 บาท และ 0 บาท ตามลำดับ ดังนั้นค่าเสียโอกาสสูงสุดของทางเลือกที่ 3 คือ บริษัทฯ มีค่าเสียโอกาสเท่ากับ 40,000 บาทต่อเดือน

3.2 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาค่าเสียโอกาสที่ได้รับต่ำที่สุด จากค่าเสียโอกาสที่สูงที่สุดในแต่ละทางเลือก ดังนั้นผู้บริหารของบริษัท ซีซี จำกัด ควรตัดสินใจเลือกรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 600 ใบ เนื่องจากมีค่าเสียโอกาสต่ำที่สุดเท่ากับ 20,000 บาทต่อเดือน

4. เกณฑ์ของลาปลาซ (Laplace criterion)

เกณฑ์ของลาปลาซ เป็นเกณฑ์ที่กำหนดความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นเท่าๆ กัน เช่น หากเหตุการณ์ทั้งหมดมี 3 เหตุการณ์ความน่าจะเป็นของแต่ละเหตุการณ์จะเท่ากับ $\frac{1}{3}$ หรือหากเหตุการณ์ทั้งหมดมี 2 เหตุการณ์ความน่าจะเป็นของแต่ละเหตุการณ์จะเท่ากับ $\frac{1}{2}$ เป็นต้น หรือกล่าวได้ว่าเป็นการหาค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนในแต่ละทางเลือก โดยผู้ตัดสินใจจะพิจารณา

เลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากค่าคาดหวังที่สูงที่สุดในกรณีที่ต้องตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของ รายได้หรือกำไร อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย การใช้เกณฑ์ของลาปลาซในการตัดสินใจจะพิจารณาเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากค่าคาดหวังที่ต่ำที่สุด แทน (Render et al., 2018 : 85)

จากตัวอย่างที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรเฉลี่ยที่บริษัทซีซี จำกัด จะได้รับ ซึ่งสามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์ของลาปลาซ ได้ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 เกณฑ์ของลาปลาซ

จำนวน สั่งซื้อ (ใบ)	ความต้องการของลูกค้า (ใบ)					กำไรเฉลี่ย (บาท)
	400	500	600	700	800	
400	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
600	2,000	17,500	33,000	33,000	33,000	23,700*
800	-18,000	-2,500	13,000	28,500	44,000	13,000

* ผลตอบแทนที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 85)

จากตารางที่ 2.15 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์ของลาปลาซได้ดังนี้

4.1 หาค่าคาดหวังที่จะได้รับ จากทางเลือกแต่ละทางและเหตุการณ์ทั้งหมด โดย เหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมดมีจำนวน 5 เหตุการณ์ ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์ขึ้น จึงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{5} = 0.2$ และสามารถคำนวณค่าคาดหวังในแต่ละทางเลือกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังของทางเลือกที่ 1} &= 22,000(0.2) + 22,000(0.2) + 22,000(0.2) \\ &\quad + 22,000(0.2) + 22,000(0.2) \\ &= 22,000 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังของทางเลือกที่ 2} &= 2,000(0.2) + 17,500(0.2) + 33,000(0.2) \\ &\quad + 33,000(0.2) + 33,000(0.2) \\ &= 23,700 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังของทางเลือกที่ 3} &= (-18,000)(0.2) + (-2,500)(0.2) + 13,000(0.2) \\ &\quad + 28,500(0.2) + 44,000(0.2) \\ &= 13,000 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

4.2 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาค่าคาดหวังที่จะได้รับสูงสุด จากค่าคาดหวังของทางเลือกแต่ละทาง ดังนั้นผู้บริหารของบริษัทซีซี จำกัด ควรตัดสินใจเลือกรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 600 ใบ เนื่องจากได้รับผลตอบแทน หรือกำไรเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 23,700 บาทต่อเดือน

5. เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ (Hurwicz criterion)

เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ เป็นเกณฑ์ที่นำวิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average) มาใช้ในการพิจารณา ซึ่งเป็นการผสมผสานแนวความคิดของผู้ตัดสินใจที่มองโลกในแง่ดี หรือ เกณฑ์แมกซิแมกซ์ กับผู้ตัดสินใจที่มีความระมัดระวัง หรือเกณฑ์แมกซิมิน เข้าด้วยกัน โดยกำหนดให้ผู้ตัดสินใจประเมินตนเอง และกำหนดระดับของการหวังผล หรือค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ ซึ่งเรียกว่าค่าแอลฟา (Alpha: α) และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ทั้งนี้หากกำหนดให้ค่า α เข้าใกล้ 0 แสดงว่าผู้ตัดสินใจมีแนวคิดที่แน่วแน่ไปยังทางเกณฑ์แมกซิมิน และในทางตรงกันข้ามหากกำหนดให้ค่า α เข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ตัดสินใจมีแนวคิดที่แน่วแน่ไปยังทางเกณฑ์แมกซิแมกซ์ (Render et al., 2018 : 85)

ทั้งนี้เมื่อผู้ตัดสินใจได้กำหนดค่า α แล้ว จากนั้นทำการคำนวณหาผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก} = \alpha (\text{ผลตอบแทนสูงสุด}) + (1 - \alpha) (\text{ผลตอบแทนต่ำสุด})$$

จากผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก ผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่สูงที่สุดในกรณีที่ต้องตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของรายได้หรือกำไร อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องตัดสินใจในปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย การใช้เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ในการตัดสินใจจะพิจารณาเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่ต่ำที่สุดแทน

จากตัวอย่างที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่บริษัทซีซี จำกัด จะได้รับ โดยกำหนดให้ค่า α เท่ากับ 0.7 ซึ่งสามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ ได้ดังตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 เกณฑ์ของเฮอร์วิกซ์

จำนวนสั่งซื้อ (ใบ)	ผลตอบแทนสูงสุด ($\alpha = 0.7$)	ผลตอบแทนต่ำสุด ($1 - \alpha = 0.3$)	ผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก
400	22,000	22,000	22,000
600	33,000	2,000	23,700
800	44,000	-18,000	25,400*

* ผลตอบแทนที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 85)

จากตารางที่ 2.16 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์ของเฮอร์วิกซ์ได้ดังนี้

5.1 หาผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่จะได้รับ จากทางเลือกแต่ละทาง โดยกำหนดให้ค่า α เท่ากับ 0.7 ซึ่งสามารถคำนวณผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักในทางเลือกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของทางเลือกที่ 1} &= (0.7)(22,000) + (0.3)(22,000) \\ &= 22,000 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของทางเลือกที่ 2} &= (0.7)(33,000) + (0.3)(2,000) \\ &= 23,700 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของทางเลือกที่ 3} &= (0.7)(44,000) + (0.3)(-18,000) \\ &= 25,400 \text{ บาทต่อเดือน}\end{aligned}$$

5.2 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่จะได้รับสูงที่สุด จากผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของทางเลือกแต่ละทาง ดังนั้นผู้บริหารของบริษัทซีซี จำกัด ควรตัดสินใจเลือกรับสลากกินแบ่งรัฐบาลชนิดพิเศษมาจำหน่ายจำนวน 800 ใบ เนื่องจากได้รับผลตอบแทนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก หรือกำไรเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 25,400 บาทต่อเดือน ทั้งนี้จากค่า α เท่ากับ 0.7 ซึ่งเข้าใกล้ 1 ด้วยเหตุนี้ผู้ตัดสินใจจึงเป็นผู้มองโลกในแง่ดี และผลจากการตัดสินใจจึงสอดคล้องกับการใช้เกณฑ์แมกซ์แมกซ์ในการตัดสินใจ (อุไรวรรณ แยมนิยม, 2554 : 68)

จากตัวอย่างในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอนทั้ง 5 วิธีข้างต้น ผู้ตัดสินใจสามารถพิจารณาเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง โดยใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ ซึ่งในแต่ละเกณฑ์นั้น ไม่สามารถระบุเจาะจง หรือบอกได้ว่าเกณฑ์ใดมีความถูกต้อง แม่นยำ หรือมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน เนื่องจากการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอนนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรม แนวคิด หลักการ ประสบการณ์ และลักษณะเฉพาะของผู้ตัดสินใจด้วย ด้วยเหตุนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอนจึงแตกต่างกันในแต่ละเกณฑ์

ทั้งนี้หากผู้ตัดสินใจเป็นผู้ที่มีความเชื่อมั่นในตนเองสูง ชอบความท้าทายและความไม่แน่นอนจะเลือกเกณฑ์แมกซีแมกซ์ในการตัดสินใจ ในขณะที่เดียวกันหากผู้ตัดสินใจเป็นผู้ที่ไม่ชอบความเสี่ยง และตัดสินใจอยู่บนพื้นฐานความแน่นอนจะเลือกเกณฑ์แมกซ์มินในการตัดสินใจ และหากผู้ตัดสินใจที่เป็นผู้ที่รับความเสี่ยงได้บ้าง และมีความระมัดระวังร่วมด้วย หรือเป็นผู้ที่ถือคติเดินทางสายกลางจะเลือกเกณฑ์ของลาปลาซในการตัดสินใจ นอกจากนี้ ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจเป็นผู้ที่พิจารณาถึงค่าเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้นจะเลือกเกณฑ์เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรทในการตัดสินใจ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความไม่แน่นอน อาจพิจารณาเกณฑ์ต่างๆ ประกอบกัน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

การใช้แขนงในการตัดสินใจ

แขนงการตัดสินใจ (Decision tree) เป็นตัวแบบอีกอย่างหนึ่งของการตัดสินใจที่ใช้ในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นการตัดสินใจที่ผู้ตัดสินใจสามารถกำหนดความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยที่แขนงการตัดสินใจจะแสดงข้อมูลต่างๆ เช่น ทางเลือก เหตุการณ์ ผลตอบแทนในรูปของแผนภาพ ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพรวมของปัญหาในการตัดสินใจทั้งหมดได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ทั้งนี้แขนงการตัดสินใจนอกจากจะใช้กับปัญหาที่ต้องมีการตัดสินใจครั้งเดียวแล้ว ยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่มีการตัดสินใจเป็นลำดับขั้น (Sequential decision) หรือมีการตัดสินใจมากกว่าหนึ่งครั้งได้อีกด้วย (Anderson, Sweeney, & Williams, 2000 : 645-646)

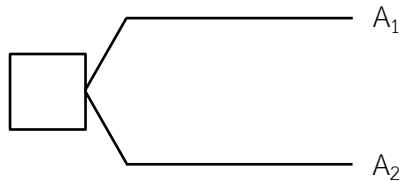
สำหรับการใช้แขนงในการตัดสินใจ จำเป็นต้องมีข้อมูลทั้งทางเลือกในการตัดสินใจ เหตุการณ์ต่างๆ ที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับทางเลือกแต่ละทาง รวมไปถึงผลลัพธ์ที่จะได้รับจากเหตุการณ์ต่างๆ และความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ในแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้จะได้มาจากการคาดการณ์ของผู้ตัดสินใจ โดยอาศัยข้อมูลในอดีต ประสบการณ์ หรือวิจรรย์ญาณของผู้ตัดสินใจ ทั้งนี้จากการจัดข้อมูลให้อยู่ในลักษณะของแผนภาพ จึงจำเป็นต้องใช้สัญลักษณ์ในการสร้างแขนงในการตัดสินใจ ซึ่งมีสัญลักษณ์มาตรฐานที่ใช้ทั่วไปดังนี้ (ชนินทร์ ชุนหพันธ์, 2559 : 43; เอกรัตน์ เอกศาสตร์, 2558 : 31)

1. สัญลักษณ์ ☐ แทนจุดที่ต้องตัดสินใจ
2. สัญลักษณ์ ☐ แทนจุดของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ
3. สัญลักษณ์ — แทนแขนง หรือทางเลือกของการตัดสินใจและเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นภายหลังจากมีการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้นๆ แล้ว

1. การสร้างแขนงในการตัดสินใจ

การสร้างแขนงในการตัดสินใจจะมีลำดับดังนี้

1.1 เริ่มสร้างจากทางด้านซ้ายไปขวา โดยใช้สัญลักษณ์ $\square$ เป็นจุดเริ่มต้น ซึ่งจะแสดงทางเลือกทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการตัดสินใจ ดังนั้นเส้นที่แยกออก หรือแขนง หมายถึงทางเลือกต่างๆ ทั้งนี้ถ้ามีทางเลือก 2 ทางเลือกจะมีแขนง 2 แขนง ดังภาพที่ 2.3

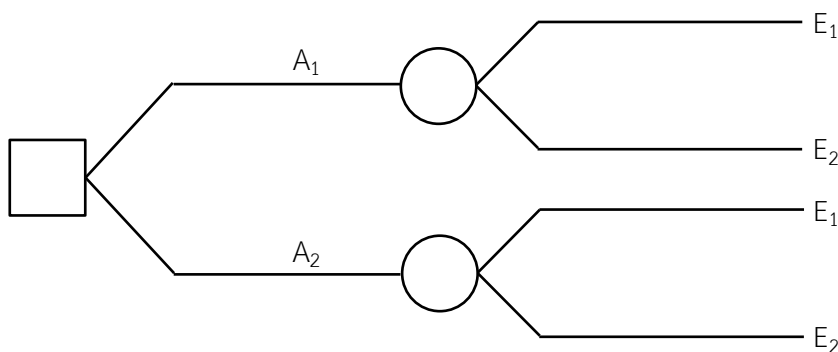


ภาพที่ 2.3 ทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด

ที่มา: ปรับปรุงจาก เอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 31)

อย่างไรก็ตามหากในการตัดสินใจมีทางเลือก n ทางจะมีแขนง n แขนง ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$) เป็นต้น

1.2 จุดปลายของแต่ละทางเลือกจะมีเหตุการณ์ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ $\bigcirc$ แทนเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นหลังจากการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้นแล้ว โดยเส้นที่แยกออก หรือแขนง หมายถึงเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์ เช่น ทางเลือกมี 2 ทางเลือก และแต่ละทางเลือกมี 2 เหตุการณ์ (E_1, E_2) ดังภาพที่ 2.4

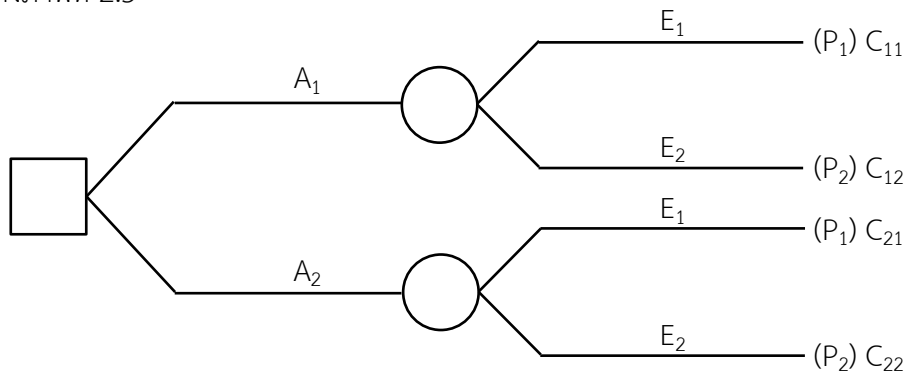


ภาพที่ 2.4 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น

ที่มา: ปรับปรุงจาก เอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 32)

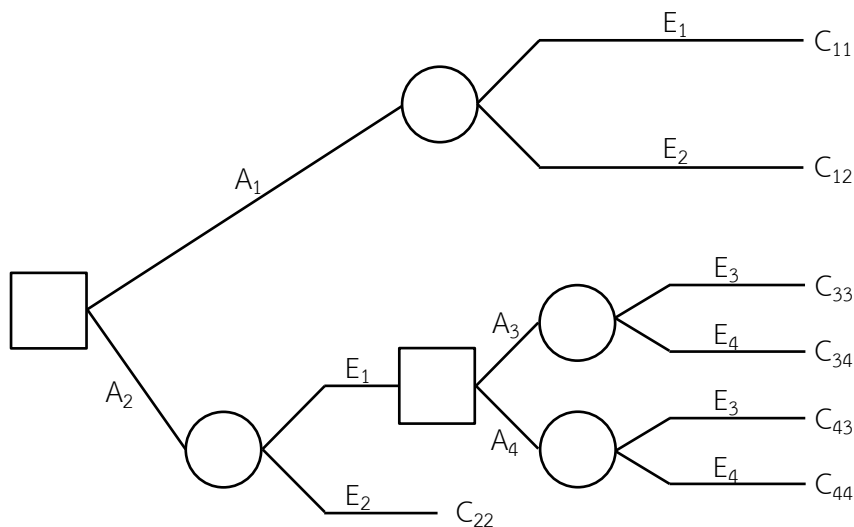
อย่างไรก็ตามหากในการตัดสินใจในแต่ละทางเลือกมีเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น m เหตุการณ์จะมีแขนง m แขนง ($E_1, E_2, E_3, \dots, E_m$) เป็นต้น

1.3 แต่ละจุดปลายของแต่ละเหตุการณ์จะแสดงค่าความน่าจะเป็น (P_j) ของแต่ละเหตุการณ์ และผลลัพธ์ (C_{ij}) ที่จะได้รับในแต่ละเหตุการณ์ภายหลังจากการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้นแล้ว ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ความน่าจะเป็นและผลลัพธ์ของทางเลือกทั้งหมดในแต่ละเหตุการณ์
ที่มา: ปรับปรุงจาก เอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 33)

จากภาพที่ 2.5 เรียกได้ว่าเป็นแขนงการตัดสินใจสำหรับปัญหาการตัดสินใจขั้นตอนเดียว ทั้งนี้ในกรณีที่แขนงการตัดสินใจเป็นลำดับขั้น หรือหลายขั้นตอน จะสามารถแสดงได้ดังภาพ 2.6



ภาพที่ 2.6 แขนงการตัดสินใจเป็นลำดับขั้น

ที่มา: ปรับปรุงจาก เอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 34)

2. การวิเคราะห์แขนงในการตัดสินใจ

การวิเคราะห์แขนงในการตัดสินใจ ใช้หลักการเดียวกันกับการตัดสินใจที่ใช้ในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีความเสี่ยง ซึ่งผู้ตัดสินใจจะพิจารณาค่าคาดหวังของผลตอบแทนที่ดีที่สุด โดยจะเป็นการคำนวณย้อนกลับ (Backward) เริ่มจากทางด้านขวาสุดกลับมามาด้านซ้ายสุด (จุดเริ่มต้นของภาพ หรือจุดตัดสินใจ) ทั้งนี้ค่าคาดหวังที่คำนวณได้ในแต่ละทางเลือกจะกำกับไว้ที่ปลายของแขนงที่แสดงทางเลือกลักษณะนั้นๆ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด จะพิจารณาจากค่าคาดหวังที่สูงที่สุด หรือที่ต่ำที่สุด จะขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ เช่น รายได้ กำไร ต้นทุน ค่าใช้จ่าย หรือค่าเสียโอกาส เป็นต้น (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 43)

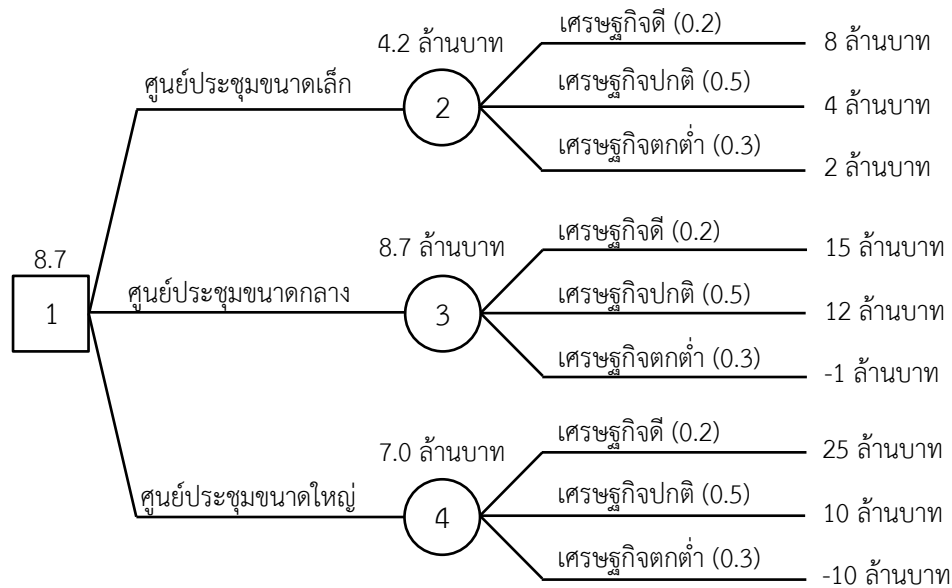
จากข้อมูลการตัดสินใจของผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด ซึ่งเป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรที่บริษัทฯ ที่จะได้รับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลของบริษัทฯ รวมไปถึงข้อมูลผลตอบแทนของทางเลือกแต่ละทาง และค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ นำมาคำนวณค่าคาดหวังของทางเลือกแต่ละทางได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของจุดที่ 2} &= (8)(0.2) + (4)(0.5) + (2)(0.3) \\ &= 4.2 \text{ ล้านบาท (การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดเล็ก)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของจุดที่ 3} &= (15)(0.2) + (12)(0.5) + (-1)(0.3) \\ &= 8.7 \text{ ล้านบาท (การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า EV ของจุดที่ 4} &= (25)(0.2) + (10)(0.5) + (-10)(0.3) \\ &= 7.0 \text{ ล้านบาท (การก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดใหญ่)}\end{aligned}$$

ค่าคาดหวังของการก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง หรือจุดที่ 3 มีค่าคาดหวังที่สูงที่สุดเท่ากับ 8.7 ล้านบาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ณ จุดตัดสินใจที่ 1 ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด ตัดสินใจเลือกก่อสร้างศูนย์ประชุมขนาดกลาง เนื่องจากมีค่าคาดหวังสูงกว่าทางเลือกอื่น ซึ่งสามารถสร้างแผนการตัดสินใจได้ดังภาพที่ 2.7



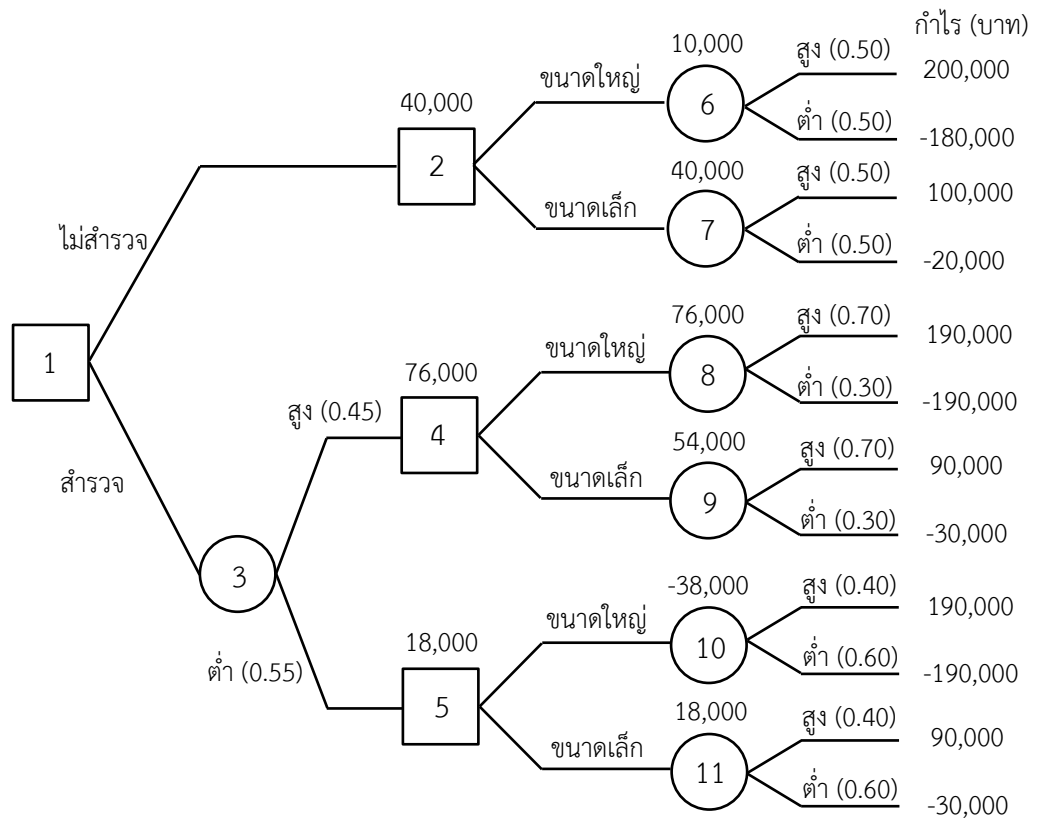
ภาพที่ 2.7 การวิเคราะห์แผนการตัดสินใจของบริษัทบุรีรัมย์แคปปิตอล จำกัด

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 44)

ตัวอย่างที่ 2.2 บริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด ซึ่งผลิตอาหารสำเร็จรูปออกจำหน่าย โดยผู้บริหารบริษัทฯ ต้องการขยายกิจการให้ครอบคลุมลูกค้ากลุ่มใหม่ที่รักสุขภาพ จึงต้องตัดสินใจว่าควรสร้างโรงงานผลิตอาหารเพื่อสุขภาพออกจำหน่ายขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็ก ทั้งนี้ก่อนการตัดสินใจผู้บริหารบริษัทฯ ต้องการทราบเหตุการณ์ หรือความต้องการของลูกค้าว่ามีสูงหรือต่ำ เพื่อให้การตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง จึงมีบริษัทวิจัยเสนอว่าจะทำการสำรวจความต้องการของลูกค้า โดยคิดค่าใช้จ่าย 10,000 บาท ทั้งนี้การสำรวจความต้องการของลูกค้ามีโอกาสที่ลูกค้ามีความต้องการสูงเท่ากับ 0.45 และจะทำให้เมื่อผลิตอาหารเพื่อสุขภาพออกมาแล้ว โอกาสที่ลูกค้ามีความต้องการสูงเท่ากับ 0.70 ในขณะที่หากทำการสำรวจตลาดแล้วพบว่าลูกค้ามีความต้องการต่ำ จะทำให้เมื่อผลิตอาหารเพื่อสุขภาพออกมาแล้ว โอกาสที่ลูกค้ามีความต้องการต่ำเท่ากับ 0.60 แต่ถ้าไม่สำรวจความต้องการของลูกค้า โอกาสที่ลูกค้ามีความต้องการสูงเท่ากับ 0.50

ในกรณีที่บริษัทฯ สร้างโรงงานขนาดใหญ่แล้ว ลูกค้ามีความต้องการสูงบริษัทฯ จะได้กำไร 200,000 บาท แต่ถ้าลูกค้ามีความต้องการต่ำบริษัทฯ จะได้ขาดทุน 180,000 บาท ส่วนในกรณีที่บริษัทฯ สร้างโรงงานขนาดเล็กแล้ว ลูกค้ามีความต้องการสูงบริษัทฯ จะได้กำไร 100,000 บาท แต่ถ้าลูกค้ามีความต้องการต่ำบริษัทฯ จะได้ขาดทุน 20,000 บาท ดังนั้นผู้บริหารบริษัทฯ ควรตัดสินใจอย่างไร จึงจะได้รับกำไรสูงสุด

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงให้อยู่ในรูปแบบของแผนการตัดสินใจได้ดังนี้



ภาพที่ 2.8 แผนงานตัดสินใจเป็นลำดับขั้นของบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 45)

จากภาพที่ 2.8 ซึ่งเป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกำไรที่บริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะได้รับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลของบริษัทฯ รวมไปถึงข้อมูลผลตอบแทนของทางเลือกแต่ละทาง และค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ นำมาคำนวณค่าคาดหวังของทางเลือกแต่ละทาง โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 คำนวณค่าคาดหวังเพื่อใช้ในการตัดสินใจครั้งที่ 1 ณ จุดที่ 4

ค่า EV ของจุดที่ 8 = $(190,000)(0.70) + (-190,000)(0.30) = 76,000$ บาท

ค่า EV ของจุดที่ 9 = $(90,000)(0.70) + (-30,000)(0.30) = 54,000$ บาท

จากค่าคาดหวังของการโรงงานขนาดใหญ่ ซึ่งมีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 76,000 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ณ จุดตัดสินใจที่ 4 ถ้ามีการสำรวจความต้องการของลูกค้าแล้วพบว่าลูกค้ามีความต้องการสูง ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะเลือกสร้างโรงงานขนาดใหญ่

2.2 คำนวณค่าคาดหวังเพื่อใช้ในการตัดสินใจครั้งที่ 1 ณ จุดที่ 5

ค่า EV ของจุดที่ 10 = $(190,000)(0.40) + (-190,000)(0.60) = -38,000$ บาท

ค่า EV ของจุดที่ 11 = $(90,000)(0.40) + (-30,000)(0.60) = 18,000$ บาท

จากค่าคาดหวังของการโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งมีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 18,000 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ณ จุดตัดสินใจที่ 5 ถ้ามีการสำรวจความต้องการของลูกค้าแล้วพบว่าลูกค้ามีความต้องการต่ำ ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะเลือกสร้างโรงงานขนาดเล็ก

2.3 คำนวณค่าคาดหวังเพื่อใช้ในการตัดสินใจครั้งที่ 1 ณ จุดที่ 2

ค่า EV ของจุดที่ 6 = $(200,000)(0.50) + (-180,000)(0.50) = 10,000$ บาท

ค่า EV ของจุดที่ 7 = $(100,000)(0.50) + (-20,000)(0.50) = 40,000$ บาท

จากค่าคาดหวังของการโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งมีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 40,000 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ณ จุดตัดสินใจที่ 2 ถ้าไม่มีการสำรวจความต้องการของลูกค้า ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะเลือกสร้างโรงงานขนาดเล็ก

2.4 คำนวณค่าคาดหวังเพื่อใช้ในการตัดสินใจครั้งที่ 2 ณ จุดที่ 1

ค่า EV ของจุดที่ 2 = 40,000 บาท

ค่า EV ของจุดที่ 3 = $(76,000)(0.45) + (18,000)(0.55) = 44,100$ บาท

จากค่าคาดหวังของจุดที่ 3 ซึ่งมีค่าที่สูงที่สุดเท่ากับ 44,100 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ณ จุดตัดสินใจที่ 1 ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะเลือกทำการสำรวจความต้องการของลูกค้า และสร้างโรงงานขนาดใหญ่

จากการวิเคราะห์แขนงในการตัดสินใจ สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ฟู้ด จำกัด จะว่าจ้าง บริษัทวิจัยทำการสำรวจความต้องการของลูกค้าก่อน จากนั้นจึงตัดสินใจสร้างโรงงานผลิตอาหารเพื่อสุขภาพออกจำหน่ายขนาดใหญ่ ซึ่งจะได้รับกำไรสูงที่สุดเท่ากับ 44,100 บาท

บทสรุป

การบรรลุเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ในการดำเนินธุรกิจจะขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของผู้บริหาร และการตัดสินใจจะเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ไปใช้อย่างถูกวิธี โดยตัวแบบการตัดสินใจมีโครงสร้างทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ ผู้ตัดสินใจ ทางเลือกในการตัดสินใจ สภาวะการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ และผลตอบแทน ทั้งนี้เทคนิคที่นำมาใช้ในการตัดสินใจมีอยู่ 2 รูปแบบ ได้แก่ เมทริกซ์การตัดสินใจ ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของกำไร ต้นทุน หรือค่าเสียโอกาส และแขนงการตัดสินใจ ซึ่งมีทั้งการตัดสินใจแบบขั้นตอนเดียว และแบบหลายขั้นตอน ทั้งนี้การตัดสินใจโดยทั่วไปจะอยู่ภายใต้ความแน่นอน และความไม่แน่นอน รวมไปถึงความเสี่ยง ซึ่งการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนนี้ผู้ตัดสินใจจะไม่ทราบโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้น จึงมีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ เกณฑ์แมกซิมัมกซ์ เกณฑ์แมกซิมิน เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท เกณฑ์ของลาปลาซ และเกณฑ์ของเฮอร์วิกซ์ โดยแต่ละเกณฑ์จะได้ผลลัพธ์จากการตัดสินใจที่แตกต่างกัน สำหรับการตัดสินใจภายใต้ความ

เสี่ยง ผู้ตัดสินใจจะทราบโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้น และมีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือเกณฑ์ค่าคาดหวัง และเกณฑ์ค่าเสียโอกาสที่คาดหวัง รวมไปถึงค่าคาดหวังของสารสนเทศที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นการตัดสินใจภายใต้ข้อมูลสารสนเทศที่สมบูรณ์ของผู้ตัดสินใจ โดยจะได้ผลลัพธ์จากการตัดสินใจที่เหมือนกัน

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

1. ตารางผลตอบแทน (บาท) จากการจำหน่ายสินค้าชนิดหนึ่งของนายที เป็นดังนี้

ทางเลือก	ความต้องการซื้อ		
	มาก	ปานกลาง	น้อย
1	18,000	8,000	2,000
2	15,000	12,000	5,000
3	16,000	12,000	3,000
4	11,000	10,000	8,000

จากข้อมูลข้างต้น จงวิเคราะห์ว่านายที ควรตัดสินใจเลือกทางเลือกใดในการจำหน่ายสินค้า โดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 1.1 เกณฑ์แมกซ์ซิแมกซ์
- 1.2 เกณฑ์แมกซ์มิน
- 1.3 เกณฑ์มินิแมกซ์ รีเกรท
- 1.4 เกณฑ์ของลาปลาซ
- 1.5 เกณฑ์ของเฮอว์วิกซ์ (กำหนดให้ $\alpha = 0.7$)

2. ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ก่อสร้าง จำกัด กำลังพิจารณาตัดสินใจก่อสร้างคอนโดมิเนียม ได้แก่ ขนาด 50 ห้อง หรือขนาดเล็ก ขนาด 80 ห้อง หรือขนาดกลาง และขนาด 120 ห้อง หรือขนาดใหญ่ เพื่อจำหน่ายให้กับลูกค้าที่สนใจ โดยคาดว่าจะได้รับผลตอบแทน หรือกำไรจากการจำหน่าย แตกต่างกัน ในแต่ละขนาดและสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ ดังนี้

ขนาดคอนโดมิเนียม	สถานการณ์ทางเศรษฐกิจ	
	เติบโต	ถดถอย
เล็ก	3 ล้านบาท	1 ล้านบาท
กลาง	5 ล้านบาท	3 ล้านบาท
ใหญ่	10 ล้านบาท	-4 ล้านบาท

ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์ก่อสร้าง จำกัด ควรตัดสินใจเลือกก่อสร้างคอนโดมิเนียมขนาดใด จึงจะได้รับผลตอบแทนที่ดีที่สุด โดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 2.1 เกณฑ์แมกซ์ิเมกซ์
- 2.2 เกณฑ์แมกซ์มิน
- 2.3 เกณฑ์มินแมกซ์ รีเกรท
- 2.4 เกณฑ์ของลาปลาซ
- 2.5 เกณฑ์ของเฮอริวิกซ์ (กำหนดให้ $\alpha = 0.4$)

3. ผู้จัดการฝ่ายการตลาดของร้านอาหารเกาหลีแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ จะต้องตัดสินใจว่าจะเปิดสาขาแห่งใหม่ที่จังหวัดอุดรธานี ขอนแก่น และบุรีรัมย์ หรือไม่ ซึ่งความสำเร็จของจำหน่ายอาหารเกาหลีจะขึ้นอยู่กับอุปสงค์ของลูกค้าในจังหวัดทั้ง 3 โดยผู้จัดการฝ่ายการตลาดคาดว่าจะได้กำไร 200,000 บาท 300,000 บาท และ 100,000 บาท ตามลำดับ ถ้ามีอุปสงค์สูง และคาดว่าจะได้กำไร 20,000 บาท 30,000 บาท และ 10,000 บาทตามลำดับ ถ้ามีอุปสงค์ปานกลาง ส่วนถ้ามีอุปสงค์ต่ำ ผู้จัดการฝ่ายการตลาดคาดว่าจะขาดทุน 60,000 บาท 80,000 บาท และ 40,000 บาท ตามลำดับ และจากประสบการณ์ของผู้จัดการฝ่ายการตลาดคาดว่าจะมีโอกาสร้อยละ 40 ที่อุปสงค์ของลูกค้าจะมีปานกลาง ส่วนโอกาสที่อุปสงค์ของลูกค้าจะมีสูง และต่ำจะเท่ากันทั้ง 3 จังหวัด ด้วยเหตุนี้ผู้จัดการฝ่ายการตลาดควรตัดสินใจอย่างไร โดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 3.1 เกณฑ์ค่าคาดหวังในการตัดสินใจ
- 3.2 เกณฑ์ค่าเสียโอกาสในการตัดสินใจ
- 3.3 ถ้าผู้จัดการฝ่ายการตลาดไม่สามารถคาดการณ์อุปสงค์ได้ จึงใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ

ดังนี้

- 3.3.1 เกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจเป็นผู้มองโลกในด้านดี
- 3.3.2 เกณฑ์ที่ผู้ตัดสินใจมีความระมัดระวังสูง
- 3.4 เกณฑ์ค่าคาดหวังในการตัดสินใจโดยใช้แขนงในการตัดสินใจ

4. ผู้ประกอบการท่านหนึ่ง เป็นผู้ผลิตผ้าทอภูอัคนีเพื่อจำหน่ายในแต่ละเดือน โดยมีต้นทุนการผลิตผ้าผืนละ 400 บาท โดยจำหน่ายได้ผืนละ 500 บาท ซึ่งในการจำหน่ายผู้ประกอบการพบว่า ในบางเดือนสินค้ามีไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย และในบางเดือนประสบปัญหาสินค้าเหลือจำนวนมาก หากสินค้าเหลือก็จำเป็นต้องลดราคาเหลือผืนละ 200 บาท เนื่องจากตลาดไม่เป็นที่นิยม หรือล้าสมัย ซึ่งจะสามารถขายได้หมดภายในสิ้นเดือน และจากการเก็บข้อมูลสถิติการจำหน่ายผ้าทอภูอัคนีใน 30 เดือนที่ผ่านมา มีรายละเอียดดังนี้

จำนวนผ้า (ผืนต่อเดือน)	จำนวนเดือน
100	3
120	12
140	9
160	6

จากข้อมูลข้างต้น จงวิเคราะห์กำไรที่ผู้ประกอบการรายนี้จะได้รับ และแนะนำผู้ประกอบการรายนี้ว่า ควรตัดสินใจที่จะผลิตผ้าทอภูอัคนีครั้งละกี่ผืน และจะได้รับกำไรเท่าใด

5. โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป กำลังพิจารณาความเป็นไปได้ในการเปิดร้านเสื้อผ้าใหม่ ซึ่งอยู่ใจกลางเมือง โดยมีทางเลือกที่จะเปิดร้านเสื้อผ้าคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือไม่เปิดเลย ทั้งนี้ความต้องการเสื้อผ้าของตลาดมีโอกาสเกิดขึ้นทั้งดี ปานกลาง หรือแย่ โดยมีความน่าจะเป็นทั้ง 3 กรณีคือ 0.2, 0.5 และ 0.3 สำหรับกำไรและขนาดทุนสุทธิในการเปิดร้านเสื้อผ้าขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือไม่เปิดเลย มีรายละเอียดดังนี้

ทางเลือก	ตลาดดี	ตลาดปานกลาง	ตลาดแย่
ขนาดเล็ก	75,000	25,000	-40,000
ขนาดกลาง	100,000	35,000	-60,000
ไม่เปิด	0	0	0

จากข้อมูลข้างต้น โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปควรตัดสินใจอย่างไร โดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

5.1 เกณฑ์ค่าคาดหวังในการตัดสินใจ

5.2 เกณฑ์ค่าเสียโอกาสในการตัดสินใจ

5.3 เกณฑ์ค่าเสียโอกาสในการตัดสินใจโดยใช้แขนงในการตัดสินใจ

6. ผู้บริหารบริษัทบีเค จำกัด กำลังพิจารณาตัดสินใจเลือกวิธีการในการระดมทุน ระหว่างขายหุ้นกู้ ขายหุ้นสามัญ และขายหุ้นให้บริษัทอื่น โดยการตัดสินใจเลือกทางใดเลือกทางหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด โดยผู้บริหารคาดว่าโอกาสที่ความต้องการของตลาดมีสูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.20, 0.45 และ 0.35 ตามลำดับ ซึ่งผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ หรือกำไรสุทธิมีดังนี้

1. การขายหุ้นกู้แล้ว ถ้าตลาดมีความต้องการสูง บริษัทฯ จะได้รับกำไร 12 ล้านบาท ถ้าตลาดมีความต้องการปานกลาง บริษัทฯ จะได้รับกำไร 6 ล้านบาท แต่ถ้าตลาดมีความต้องการต่ำ บริษัทฯ จะขาดทุน 1 ล้านบาท

2. การขายหุ้นสามัญแล้ว ถ้าตลาดมีความต้องการสูง บริษัทฯ จะได้รับกำไร 8 ล้านบาท ถ้าตลาดมีความต้องการปานกลาง บริษัทฯ จะได้รับกำไร 8 ล้านบาท แต่ถ้าตลาดมีความต้องการต่ำ บริษัทฯ จะได้รับกำไร 3 ล้านบาท

3. การขายหุ้นให้บริษัทอื่นแล้ว ถ้าตลาดมีความต้องการสูง ปานกลาง และต่ำ บริษัทฯ จะได้รับกำไรเท่ากันคือ 5 ล้านบาท

จากข้อมูลข้างต้น ผู้บริหารบริษัทปีเค จำกัด ควรตัดสินใจอย่างไร โดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

6.1 เกณฑ์ค่าคาดหวังในการตัดสินใจ

6.2 เกณฑ์ค่าเสียโอกาสในการตัดสินใจ

6.3 เกณฑ์ค่าเสียโอกาสในการตัดสินใจโดยใช้แขนงในการตัดสินใจ

7. บริษัทผู้พัฒนาระบบการชำระเงินระหว่างประเทศ และมีทางเลือกในการลงทุนพัฒนาระบบอยู่ 3 ทางเลือกได้แก่ การลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง การลงทุนในเทคโนโลยีพื้นฐาน และไม่ทำอะไรเลยเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความเสี่ยง ซึ่งหากเป็นที่ยอมรับของตลาดจะทำให้บริษัทฯ กำไร 90,000 บาท และ 60,000 บาท และหากไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดจะทำให้บริษัทฯ ขาดทุน 20,000 บาท และ 10,000 บาท ตามลำดับ

ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากการลงทุน บริษัทฯ จึงทำการสำรวจความต้องการระบบการชำระเงินระหว่างประเทศรูปแบบใหม่ โดยมีค่าใช้จ่ายจำนวน 10,000 บาท ซึ่งพบว่าร้อยละ 65 เป็นที่ชื่นชอบของประชาชน ดังนั้นหากบริษัทฯ ทำการสำรวจก่อนการลงทุนพัฒนาระบบจะทำให้โอกาสที่จะเป็นที่ยอมรับของตลาดเท่ากับ 0.8 ในขณะที่หากทำการสำรวจแล้วปรากฏว่าไม่เป็นที่ชื่นชอบของประชาชนจะทำให้โอกาสที่จะเป็นที่ยอมรับของตลาดเท่ากับ 0.1 และหากไม่ทำการสำรวจเลยจะมีโอกาสที่จะเป็นที่ยอมรับของตลาดเท่ากับ 0.6 นอกจากนี้การนำระบบการชำระเงินระหว่างประเทศมาใช้ในการให้บริการ บริษัทฯ จะมีค่าใช้จ่ายอีก 10,000 บาท บริษัทฯ ควรตัดสินใจอย่างไร โดยใช้แขนงการตัดสินใจในการอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

- กุลริศา คำสิงห์. (2559). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2558). ทฤษฎีการตัดสินใจ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการดำเนินงาน หน่วยที่ 3**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 3-1 – 3-67. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2559). การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ และทฤษฎีเกม. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 9**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 9-1 – 9-94. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์. (2556). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. อุดรธานี: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2550). **การวิจัยดำเนินการ: การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- _____. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- สุปัญญา ไชยชาญ. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- อุไรวรรณ แยมเนียม. (2554). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เอกรัตน์ เอกศาสตร์. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. นครราชสีมา: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2000). **Quantitative methods for business**. 8th ed. California: South-Western College.
- Heizer, J., & Render, B. (2006). **Operations management**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Lawrence, J. A., & Pasternack, B. A. (1998). **Applied management science: a computer-integrated approach for decision making**. New York: John Wiley & Sons.

- Render, B., Stair Jr., R. M., & Hanna, M. E. (2011). **Quantitative analysis for management**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Wisniewski, M., & Shafti, F. (2020). **Quantitative analysis for decision makers**. 7th ed. London: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

โปรแกรมเชิงเส้น

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. สมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น
2. โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้น
3. การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น
4. การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟ
5. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 3 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้น สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น และการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟ รวมไปถึงยกตัวอย่างปัญหาทางธุรกิจสำหรับการใช้โปรแกรมเชิงเส้นทั้งปัญหาการผลิตสินค้าหลายชนิด ปัญหาการกำหนดส่วนผสมการผลิตอาหารสัตว์ ปัญหาการเลือกซื้อโฆษณา ปัญหาการจัดสรรพนักงาน ปัญหาการขนส่ง และปัญหาการจัดสรรเงินลงทุนได้
2. สามารถวิเคราะห์ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น และแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟทั้งในกรณีปัญหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด รวมไปถึงวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดสอบจุดยอด และวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ ตลอดจนการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟในกรณีที่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีหลายค่าได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลที่จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟทั้งในกรณีปัญหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด รวมไปถึงวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดสอบจุดยอด และวิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ ตลอดจนการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟในกรณีที่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีหลายค่าได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น และการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการกราฟไปประยุกต์ใช้กับปัญหาทางธุรกิจ และแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 3
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 3

โปรแกรมเชิงเส้น

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) เป็นวิธีการที่ใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ในการอธิบายปัญหาที่ทำการศึกษา ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของสมการต่างๆ ทั้งนี้สมการที่สร้างขึ้นจะเป็นตัวแทนของปัญหาที่เกิดขึ้นกับธุรกิจ เพื่อหาผลลัพธ์ หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหา โดยจะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตาม การบรรลุเป้าหมายในการดำเนินธุรกิจ ผู้บริหารจะเผชิญกับการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย รวมถึงเงื่อนไขต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์กับธุรกิจสูงสุด ซึ่งทรัพยากรในธุรกิจ ได้แก่ เงินทุน เครื่องจักร บุคลากร วัตถุดิบ เวลา และสิ่งอื่นๆ ที่จำเป็นในการผลิตสินค้า หรือการให้บริการ ทั้งนี้ลักษณะของปัญหาการจัดสรรทรัพยากรในการผลิต จะพบข้อจำกัดในการบริหารจัดการทรัพยากรเหล่านี้อยู่เสมอ และปัญหาความจำกัดของทรัพยากรนี้สามารถแก้ไขได้ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น สำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เป้าหมายของธุรกิจอาจไม่ใช่การหากำไรสูงสุดเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจรวมไปถึงการทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด หรือลดระยะเวลาการทำงานให้น้อยที่สุดด้วย ดังนั้นหากผู้บริหารสามารถตัดสินใจผลิตสินค้าหรือบริการ ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้การดำเนินธุรกิจประสบผลสำเร็จ

สมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น

การนำวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ จะต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องกับสมมติฐานในเบื้องต้นของโปรแกรมเชิงเส้นหรือไม่ หากไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการนำวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้แก้ไขปัญหา จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารแก้ไข ปัญหาทางธุรกิจได้ โดยสมมติฐานของโปรแกรมเชิงเส้น มีดังต่อไปนี้ (จิราภรณ์ สุธัมมสภา, 2558 : 8-9; สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 54-55)

1. ความแน่นอน (Certainty)

ความแน่นอน หมายความว่าต้องทราบข้อมูลปัจจัยการผลิต หรือข้อมูลนำเข้าต่างๆ อย่างแน่นอน ยกเว้นค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ เช่น จำนวนการใช้ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ กำไรต่อหน่วย ต้นทุนต่อหน่วย เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูลบางอย่างอาจได้มาจากการคาดการณ์ หรือการประมาณตัวเลข ซึ่งอาจเกิดค่าความคลาดเคลื่อนได้ ด้วยเหตุนี้ในบางกรณีจึงมี

ความไม่แน่นอนแฝงอยู่ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปัจจัยการผลิตเหล่านี้จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงที่ทำการศึกษา

2. ความเป็นสัดส่วน (Proportionality)

ความเป็นสัดส่วน หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรจะมีผลกระทบที่แน่นอนทั้งในเป้าหมายของธุรกิจและเงื่อนไขต่างๆ ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ กล่าวคือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าจะเป็นมีความเป็นสัดส่วนกับจำนวนสินค้าที่ผลิต เช่น ในการผลิตกาแฟหนึ่งแก้ว จะได้กำไรเท่ากับ 20 บาท ถ้าผลิตกาแฟ 10 แก้ว จะได้กำไร $(10 \times 20) = 200$ บาท ดังนั้นหากผลิต X แก้ว จะได้กำไรเท่ากับ $10X$ หรือ ในการผลิตรถยนต์ใช้เวลา 5 ชั่วโมงต่อคัน ถ้าผลิตรถยนต์ 10 คัน จะใช้เวลา $(5 \times 10) = 50$ ชั่วโมง ดังนั้นหากผลิตรถยนต์ Y คัน จะใช้เวลาเท่ากับ $5Y$ ชั่วโมงต่อคัน เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (Linear relationship)

ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง หมายความว่าเป้าหมายของธุรกิจและเงื่อนไขต่างๆ ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ สามารถสร้างเป็นฟังก์ชัน หรือสมการทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยนำมาบวกหรือลบกัน กล่าวคือกำไรที่ได้จากการจำหน่ายผลิตสินค้า หรือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด จะมีค่าเท่ากับผลรวมของกำไรที่ได้จากการจำหน่ายผลิตสินค้า หรือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าทุกชนิด เช่น บริษัทผลิตสินค้า 2 ชนิด โดยชนิด X กำไร 5 บาทต่อหน่วย ส่วนชนิด Y กำไร 10 บาทต่อหน่วย ดังนั้นหากผลิตสินค้าอย่างละ 10 หน่วย บริษัทจะได้กำไรรวมเท่ากับ 150 บาท ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการกำไรได้โดย กำไรรวม $= 5X + 10Y$ บาท เป็นต้น ทั้งนี้สมการทางคณิตศาสตร์จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง หรือตัวแปรทุกตัวมีลักษณะยกกำลังหนึ่ง

4. ตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง (Continuous variable)

ตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง หมายความว่าผลลัพธ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจทุกตัวที่มีอยู่ในปัญหาของธุรกิจจะมีค่าเป็นจำนวนเต็ม เศษส่วน หรือทศนิยมได้ เช่น ผลลัพธ์จากการคำนวณกำหนดให้ผลิตสินค้า X จำนวน 24.75 หน่วย เป็นต้น ทั้งนี้หากต้องการผลลัพธ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มย่อมสามารถปัดเศษส่วนได้ อย่างไรก็ตาม ในการปัดเศษส่วนจะต้องตรวจสอบให้แน่นอนว่าเมื่อปัดเศษส่วนแล้วยังคงอยู่ภายใต้เงื่อนไขจะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ และในกรณีที่ต้องการผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มอาจใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer programming) ในการหาคำตอบ

5. ตัวแปรที่มีค่าไม่ติดลบ (Non-negativity)

ตัวแปรที่มีค่าไม่ติดลบ หมายความว่าตัวแปรทุกตัวในโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งรวมทั้งตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ และปัจจัยการผลิต หรือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต จะต้องไม่ติดลบ หรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (≥ 0)

6. ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เดียว (One objective)

ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เดียว หมายความว่า การแก้ไขปัญหของธุรกิจด้วยโปรแกรมเชิงเส้นจะมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการแก้ไขปัญหเพียงข้อเดียวเท่านั้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของการหาค่าสูงสุดในการพิจารณาถึงรายได้หรือกำไร หรืออยู่ในรูปแบบของการหาค่าต่ำสุดในการพิจารณาถึงต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ในการแก้ไขปัญหของธุรกิจในบางครั้ง ผู้บริหารอาจต้องเผชิญกับปัญหาหลายด้าน เช่น ต้องการให้ยอดขายสูงสุด ในขณะที่ต้องการให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด หรือต้องการลงทุนให้ได้รับผลตอบแทนที่สูงที่สุด ในขณะเดียวกันต้องการให้มีความเสี่ยงที่ต่ำที่สุดด้วย เป็นต้น ซึ่งกรณีนี้หากต้องการหาผลลัพธ์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น ผู้บริหารจำเป็นต้องพิจารณาเลือกเป้าหมายที่สำคัญที่สุดเป็นวัตถุประสงค์ ส่วนเป้าหมายที่สำคัญรองลงมาให้เป็นเงื่อนไขที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ

โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้น

วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาผลลัพธ์ เพื่อแก้ไขปัญหของธุรกิจ ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้นนั้น สามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์ปัญหาของธุรกิจที่กำลังเผชิญอยู่ ทั้งการสร้างความแบบให้สอดคล้องกับปัญหา ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ เป้าหมายของธุรกิจ และเงื่อนไขต่างๆ ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ ซึ่งจะต้องแสดงให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันหรือสมการ โดยโครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้นจะมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (รัชรินทร์ กุลชาติ, 2558 : 63-64; Taylor, 2016 : 54-56)

1. ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ (Decision variable)

ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ คือสิ่งที่ต้องการหาผลลัพธ์ หรือเป็นตัวแปรที่ผู้บริหารต้องตัดสินใจในการแก้ไขปัญหของธุรกิจ ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากต้องใช้เป็นส่วนประกอบของสมการต่างๆ ทั้งสมการเป้าหมายของธุรกิจและเงื่อนไขต่างๆ ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ ซึ่งนิยมใช้เป็นตัวอักษร เช่น $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ หรือ A, B, C,... หรือ X, Y, Z,... เป็นต้น

2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือสมการวัตถุประสงค์ คือเป้าหมายในการแก้ไขปัญหของธุรกิจ โดยจะมีวัตถุประสงค์เพียงอย่างเดียว ซึ่งพิจารณาได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การหาค่าสูงสุด (Maximize) ในกรณีที่ต้องการหายอดขาย กำไร หรือผลตอบแทนสูงสุด และการหาค่าต่ำสุด (Minimize) ในกรณีที่ต้องการหาค่าใช้จ่าย ต้นทุน หรือความเสี่ยงต่ำสุด ทั้งนี้สัญลักษณ์ที่นิยมใช้ตัวแปร Z แทนกำไร หรือต้นทุน ที่ได้จากการนำค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจไปแทนค่าในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3. เงื่อนไข (Constraints)

เงื่อนไข คือข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรในการผลิตสินค้าหรือบริการ หรือเงื่อนไขที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ เช่น เงินทุน เครื่องจักร บุคลากร วัตถุดิบ เวลา เป็นต้น ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบของสมการ หรืออสมการ ทั้งนี้ตัวแปรในเงื่อนไขแต่ข้อจะต้องมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง เช่นเดียวกันกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตาม จำนวนของเงื่อนไขจะขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาที่ธุรกิจกำลังเผชิญอยู่

4. ข้อจำกัดของตัวแปร (Restriction)

ข้อจำกัดของตัวแปร คือตัวแปรที่ต้องตัดสินใจจะต้องสอดคล้องกับข้อสมมติฐานข้างต้น โดยจะต้องมีค่าไม่เป็นลบ ทั้งนี้จะแสดงต่อจากเงื่อนไขข้อสุดท้าย

จากโครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้นทั้งการกำหนดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ เพื่อให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีค่าสูงสุด หรือต่ำสุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และข้อจำกัดของตัวแปร สามารถเขียนวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: Maximize $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$

หรือ Minimize $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$

เงื่อนไข: $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \quad (\geq, \leq, =) \quad b_1$

$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \quad (\geq, \leq, =) \quad b_2$

$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \quad (\geq, \leq, =) \quad b_m$

ข้อจำกัดของตัวแปร $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \quad \geq 0$

โดยที่ Z หมายถึงฟังก์ชันวัตถุประสงค์

X_j หมายถึงตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ เมื่อ $j = 1, 2, \dots, n$

C_j หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_j ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เมื่อ $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_j ในเงื่อนไขข้อที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$ และ $j = 1, 2, \dots, n$

b_i หมายถึงปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ของเงื่อนไขข้อที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$

ตัวแบบคณิตศาสตร์ข้างต้นนี้เป็นตัวแบบมาตรฐานสำหรับการหาค่าสูงสุด หรือต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตามวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น

การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น

การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น เป็นการนำปัญหาทางธุรกิจที่เกิดขึ้นมาแสดงให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้สัญลักษณ์ เครื่องหมาย และตัวแปรต่างๆ แทนปัญหาที่ธุรกิจกำลังเผชิญอยู่ ซึ่งต้องให้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากการนำผลลัพธ์จากโปรแกรมเชิงเส้นไปแก้ไขปัญหาทางธุรกิจจะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการสร้างตัวแบบแทนปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นได้จากปัญหาต่างๆ ดังต่อไปนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553 : 55-61; รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรักษ์ณ์, 2556 : 21-26; Hillier & Lieberman, 2015 : 44-62)

ตัวอย่างที่ 3.1 ปัญหาการผลิตสินค้าหลายชนิด (Product mix problem)

บริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ทำการผลิตสินค้า 2 ชนิดคือ โต๊ะและเก้าอี้ ซึ่งมีไม้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าทั้งหมด 600 แผ่น และพนักงานมีเวลาในการประกอบโต๊ะและเก้าอี้ทั้งหมด 480 ชั่วโมงต่อเดือน ทั้งนี้การผลิตโต๊ะหนึ่งตัวจะใช้ไม้ 4 แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ 2 ชั่วโมง ส่วนการผลิตเก้าอี้หนึ่งตัวจะใช้ไม้ 2 แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ 4 ชั่วโมง ถ้ากำไรที่ได้จากการจำหน่ายโต๊ะและเก้าอี้เป็น 320 บาท และ 240 บาทต่อตัว ตามลำดับ ผู้บริหารบริษัทฯ จะต้องผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนอย่างละกี่ตัวจึงจะได้รับกำไรสูงสุด

จากตัวอย่าง 3.1 สามารถสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ โดยปัญหาที่ต้องการแก้ไขเป็นการหาจำนวนโต๊ะและเก้าอี้ที่ควรผลิตต่อเดือน ดังนั้นสามารถกำหนดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจได้ดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือจำนวนของโต๊ะที่ทำการผลิต (ตัว)

X_2 คือจำนวนของเก้าอี้ที่ทำการผลิต (ตัว)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยเป้าหมายของปัญหาคือ การหากำไรสูงสุดที่บริษัทฯ จะได้รับ ซึ่งกำไรที่บริษัทฯ จะได้รับเป็นกำไรรวมจากการจำหน่ายโต๊ะ (X_1) และเก้าอี้ (X_2) ต่อเดือนดังนั้นสามารถสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

$$\text{Maximize total profit หรือ Maximize } Z = 320X_1 + 240X_2$$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างเงื่อนไข โดยเงื่อนไขในการผลิตโต๊ะและเก้าอี้มีอยู่ 2 ประเด็นคือ วัตถุดิบในการผลิต และเวลาในการประกอบสินค้า โดยในการผลิตโต๊ะหนึ่งตัวจะใช้ไม้ 4 แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ 2 ชั่วโมง ดังนั้นในการผลิตโต๊ะ X_1 ตัวจะใช้ไม้ $4X_1$ แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ $2X_1$ ชั่วโมง ส่วนการผลิตเก้าอี้หนึ่งตัวจะใช้ไม้ 2 แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ 4 ชั่วโมง ดังนั้นการผลิตเก้าอี้ X_2 ตัวจะใช้ไม้ $2X_2$ แผ่น และใช้เวลาในการประกอบ $4X_2$ ชั่วโมง ซึ่งรวมจำนวนไม้ที่ใช้ในการผลิตคือ $4X_1 + 2X_2$ และรวมระยะเวลาที่ใช้ประกอบสินค้าคือ $2X_1 + 4X_2$ ทั้งนี้บริษัทฯ มีไม้

ทั้งหมดจำนวน 600 แผ่น และพนักงานมีเวลาในการประกอบโต๊ะและเก้าอี้ทั้งหมด 480 ชั่วโมงต่อเดือน ด้วยเหตุนี้สามารถสร้างฟังก์ชันเงื่อนไขได้ดังนี้

$$\text{เงื่อนไขข้อที่ 1: } 4X_1 + 2X_2 \leq 600 \text{ แผ่น (ไม้)}$$

$$\text{เงื่อนไขข้อที่ 2: } 2X_1 + 4X_2 \leq 480 \text{ ชั่วโมง (เวลาในการประกอบ)}$$

การใช้เครื่องหมาย $\leq$ ของฟังก์ชันเงื่อนไขหมายความว่าในการผลิตโต๊ะและเก้าอี้จะไม่ในการผลิตได้ไม่เกิน 600 แผ่น และใช้เวลาในการประกอบโต๊ะและเก้าอี้ไม่เกิน 480 ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งจากขั้นตอนทั้ง 3 สามารถสรุปตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นในการแก้ไขปัญหาของบริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ในการกำหนดจำนวนการผลิตโต๊ะและเก้าอี้ เพื่อที่จะได้รับกำไรสูงสุดได้ดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือจำนวนของโต๊ะที่ทำการผลิต (ตัว)

X_2 คือจำนวนของเก้าอี้ที่ทำการผลิต (ตัว)

วัตถุประสงค์ $\text{Maximize } Z = 320X_1 + 240X_2$

เงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600 \text{ แผ่น}$

$2X_1 + 4X_2 \leq 480 \text{ ชั่วโมง}$

$X_1, X_2 \geq 0$

ตัวอย่างที่ 3.2 ปัญหาการกำหนดส่วนผสมการผลิตอาหารสัตว์ (Feed mix problem)

สิริฟาร์ม เลี้ยงห่าน 20,000 ตัว โดยใช้เวลา 12 สัปดาห์ก่อนการจำหน่ายสู่ท้องตลาด ถึงแม้ว่าห่านแต่ละตัวจะกินอาหารไม่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างกันตามอายุ แต่โดยเฉลี่ยแล้วห่านจะกินอาหาร 0.5 กิโลกรัม ตลอดอายุ 12 สัปดาห์ เพื่อให้ห่านเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตามที่ต้องการ อาหารที่ผสมให้ห่านจะต้องมีสารอาหารที่เหมาะสม โดยสารอาหารหลักที่ห่านต้องการมี 3 ชนิดคือ แคลเซียม โปรตีน และไขมัน ทั้งนี้สิริฟาร์มได้นำวัตถุดิบที่จะมาผสมเป็นอาหารสัตว์ ได้แก่ กระดูกป่น ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง ซึ่งปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในแต่ละวัตถุดิบแต่ละชนิด และความต้องการสารอาหารของห่าน ตลอดจนราคาของวัตถุดิบแต่ละชนิดแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ราคาของวัตถุดิบในการผสมอาหารสัตว์ และความต้องการสารอาหาร

วัตถุดิบ	ปริมาณสารอาหาร (ก.ก.)			ราคา (บาท/ก.ก.)
	แคลเซียม	โปรตีน	ไขมัน	
กระดูกป่น	0.380	0.000	0.000	0.500
ข้าวโพด	0.001	0.090	0.020	3.500
กากถั่วเหลือง	0.002	0.500	0.080	6.750
ความต้องการ	อย่างน้อย 0.8%	ไม่ต่ำกว่า 22%	ไม่เกิน 5%	

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ และพรธิภา องค์กรักษ์ณ์ (2556 : 24)

จากข้อมูลข้างต้น สิริฟาร์มต้องการทราบว่าควรนำวัตถุดิบแต่ละชนิดจำนวนกี่กิโลกรัม เพื่อมาผสมเป็นอาหารสัตว์ให้มีสารอาหารและปริมาณตามที่ต้องการ รวมไปถึงมีต้นทุนต่ำที่สุด

วิธีทำ กำหนดให้ X_1 คือปริมาณของกระดูกป่น (กิโลกรัม)

X_2 คือปริมาณของข้าวโพด (กิโลกรัม)

X_3 คือปริมาณของกากถั่วเหลือง (กิโลกรัม)

Z คือต้นทุนรวมการผลิตอาหารสัตว์ (บาท)

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 0.50X_1 + 3.50X_2 + 6.75X_3$

เงื่อนไข $0.38X_1 + 0.001X_2 + 0.002X_3 \geq 0.008$ (แคลเซียม)

$0.09X_2 + 0.50X_3 \geq 0.220$ (โปรตีน)

$0.02X_2 + 0.08X_3 \leq 0.050$ (ไขมัน)

$X_1 + X_2 + X_3 \geq 10,000$ (ปริมาณอาหารสัตว์)

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

ตัวอย่างที่ 3.3 ปัญหาการเลือกสื่อโฆษณา (Media selection problem)

บริษัทอเมซิ่ง จำกัด ผลิตเครื่องชงกาแฟออกจำหน่าย ซึ่งผู้บริหารบริษัทฯ กำลังพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการโฆษณาที่มีค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงประเมินประสิทธิภาพของสื่อในการโฆษณาต่างๆ จาก 3 ช่องทางคือ โทรทัศน์ วิทยุ และออนไลน์ โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่าย และจำนวนผู้ที่ชมและฟังโฆษณา ทั้งนี้บริษัทฯ ตั้งงบประมาณในการโฆษณาไว้ที่ 500,000 บาท และต้องการให้สื่อโฆษณาเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายให้มากที่สุดภายใต้งบประมาณที่ตั้งไว้ โดยบริษัทฯ ได้กำหนดจำนวนครั้งสูงสุดที่จะโฆษณา และค่าใช้จ่ายในการโฆษณาต่อครั้ง รวมไปถึงจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่จะชมและฟังโฆษณา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 จำนวนครั้ง และค่าใช้จ่ายในการโฆษณา

สื่อโฆษณา	ค่าโฆษณา (บาท/ครั้ง)	จำนวนผู้ที่ชมและฟังโฆษณา (คน/ครั้ง)	จำนวนครั้งสูงสุดที่จะ โฆษณา
โทรทัศน์	9,000	120,000	15
วิทยุ	2,000	25,000	22
ออนไลน์	12,000	150,000	45

ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา วาณิชยปัญญา (2553 : 57-58)

จากข้อมูลข้างต้น บริษัทฯ ควรทำการโฆษณาเครื่องชงกาแฟ ผ่านช่องทางโทรทัศน์ วิทยุ และออนไลน์กี่ครั้ง จึงจะสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายให้มากที่สุดภายใต้เงื่อนไขของบริษัทฯ

วิธีทำ กำหนดให้ X_1 คือจำนวนครั้งที่โฆษณาผ่านทางโทรทัศน์

X_2 คือจำนวนครั้งที่โฆษณาผ่านทางวิทยุ

X_3 คือจำนวนครั้งที่โฆษณาผ่านทางออนไลน์

Z คือจำนวนรวมของผู้ที่ชมและฟังโฆษณา (คน)

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 120,000X_1 + 25,000X_2 + 150,000X_3$

เงื่อนไข $X_1 \leq 15$ (จำนวนสูงสุด)

$X_2 \leq 22$ (จำนวนสูงสุด)

$X_3 \leq 45$ (จำนวนสูงสุด)

$9,000X_1 + 2,000X_2 + 12,000X_3 \leq 500,000$ (งบประมาณ)

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

ตัวอย่างที่ 3.4 ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุน (Investment problem)

นายปิติพัฒน์ วางแผนนำเงินโบนัสทั้งหมดจำนวน 500,000 บาท ไปลงทุน ทั้งนี้ปัจจุบันมีการลงทุนที่หลากหลายและมีความเสี่ยงที่แตกต่างกันไป ซึ่งนายปิติพัฒน์จึงวางแผนกระจายความเสี่ยง โดยศึกษารูปแบบและผลตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งพบว่า ถ้าฝากประจำจะได้รับดอกเบี้ย 4% ต่อปี ถ้าซื้อพันธบัตรรัฐบาลจะได้รับดอกเบี้ย 5% ต่อปี ถ้าซื้อหุ้นสามัญจะได้ผลตอบแทน 7% ต่อปี และถ้าลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลจะได้รับผลตอบแทน 10% ต่อปี ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระจายความเสี่ยง ดังนั้นนายปิติพัฒน์ จึงกำหนดว่าควรนำเงินไปฝากประจำไม่เกิน 200,000 บาท ซื้อพันธบัตรรัฐบาลไม่เกิน 150,000 บาท ซื้อหุ้นสามัญไม่น้อยกว่า 100,000 บาท และลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลไม่เกิน 120,000 บาท ทั้งนี้ฝากประจำและพันธบัตรรัฐบาลไม่น้อยกว่า 150,000 บาท ส่วนซื้อหุ้นสามัญและ

ลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลไม่ควรเกิน 300,000 บาท จากข้อมูลข้างต้นนายปิติพัฒน์ ควรจัดสรรเงินลงทุนอย่างไร จึงจะได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนสูงที่สุด

วิธีทำ กำหนดให้ X_1 คือจำนวนเงินที่ฝากประจำ (บาท)

X_2 คือจำนวนเงินที่ซื้อพันธบัตรรัฐบาล (บาท)

X_3 คือจำนวนเงินที่ซื้อหุ้นสามัญ (บาท)

X_4 คือจำนวนเงินที่ลงทุนในสกุลเงินดิจิทัล (บาท)

Z คือผลตอบแทนรวมใน 1 ปี (บาท)

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 0.04X_1 + 0.05X_2 + 0.07X_3 + 0.10X_4$

เงื่อนไข

$X_1 \leq 200,000$ (ฝากประจำไม่เกิน 200,000 บาท)

$X_2 \leq 150,000$ (ซื้อพันธบัตรรัฐบาลไม่เกิน 150,000 บาท)

$X_3 \geq 100,000$ (ซื้อหุ้นสามัญไม่น้อยกว่า 100,000 บาท)

$X_4 \leq 120,000$ (ลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลไม่เกิน 120,000 บาท)

$X_1 + X_2 \geq 150,000$ (ฝากประจำและพันธบัตรรัฐบาลไม่น้อยกว่า 150,000 บาท)

$X_3 + X_4 \leq 300,000$ (ซื้อหุ้นสามัญและลงทุนในสกุลเงินดิจิทัลไม่เกิน 300,000 บาท)

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 500,000$ (เงินลงทุนทั้งหมดจำนวน 500,000 บาท)

$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$

ตัวอย่างที่ 3.5 ปัญหาการจัดสรรพนักงาน (Staff allocation problem)

ร้านสะดวกซื้อแห่งหนึ่งเปิดบริการ 24 ชั่วโมง โดยจะให้บริการทั้งขายสินค้าทั่วไป อาหาร และเครื่องดื่ม ซึ่งจะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการตลอดระยะเวลาทำการ และผู้จัดการได้แบ่งการชั่วโมงทำงานของพนักงานออกเป็น 6 กะ แต่ละกะพนักงานจะต้องทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง ซึ่งกำหนดจำนวนพนักงานขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลาดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 ช่วงเวลาที่พนักงานทำงาน

กะที่	ช่วงเวลา	กะที่	ช่วงเวลา
1	08.00 – 16.00 น.	4	20.00 – 04.00 น.
2	12.00 – 20.00 น.	5	24.00 – 08.00 น.
3	16.00 – 24.00 น.	6	04.00 – 12.00 น.

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 58)

ตารางที่ 3.4 จำนวนพนักงานขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนพนักงานขั้นต่ำ (คน)	ช่วงเวลา	จำนวนพนักงานขั้นต่ำ (คน)
08.00 – 12.00 น.	10	20.00 – 24.00 น.	8
12.00 – 16.00 น.	6	24.00 – 04.00 น.	3
16.00 – 20.00 น.	10	04.00 – 08.00 น.	5

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 58)

จากข้อมูลข้างต้น ผู้จัดการฯ ควรจัดสรรให้มีพนักงานบริการลูกค้าอย่างไรให้เพียงพอต่อความต้องการใช้บริการลูกค้าและมีต้นทุนต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่พนักงานจะต้องทำงาน 8 ชั่วโมง

วิธีทำ กำหนดให้ X_1 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 1 (คน)

X_2 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 2 (คน)

X_3 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 3 (คน)

X_4 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 4 (คน)

X_5 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 5 (คน)

X_6 คือจำนวนพนักงานที่ทำงานในกะที่ 6 (คน)

Z คือจำนวนพนักงานรวมในแต่ละวัน (คน)

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$

เงื่อนไข $X_1 + X_2 \geq 6$ (12.00 – 16.00 น.)

$X_2 + X_3 \geq 10$ (16.00 – 20.00 น.)

$X_3 + X_4 \geq 8$ (20.00 – 24.00 น.)

$X_4 + X_5 \geq 3$ (24.00 – 04.00 น.)

$X_5 + X_6 \geq 5$ (04.00 – 08.00 น.)

$X_6 + X_1 \geq 10$ (08.00 – 12.00 น.)

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$

ตัวอย่างที่ 3.6 ปัญหาการขนส่ง (Transportation problem)

บริษัทผู้ผลิตอาหารแปรรูปแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีโรงงานผลิตสินค้าจำนวน 2 โรงงาน และมีศูนย์กระจายสินค้าอยู่ในภูมิภาคในการจัดเก็บสินค้าจำนวน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุดรธานี นครราชสีมา และอุบลราชธานี เพื่อรอจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป โดยโรงงานที่ 1 ผลิตสินค้าได้วันละ 6,800 กล่อง และโรงงานที่ 2 ผลิตสินค้าได้วันละ 3,200 กล่อง ส่วนศูนย์กระจายสินค้า

สามารถจัดเก็บได้เต็มที่แห่งละ 3,500 กล้อง 5,500 กล้อง และ 2,000 กล้อง ตามลำดับ โดยมีต้นทุนในการขนส่งจากแต่ละโรงงานไปแต่ละศูนย์กระจายสินค้าได้ดังตารางต่อไปนี้

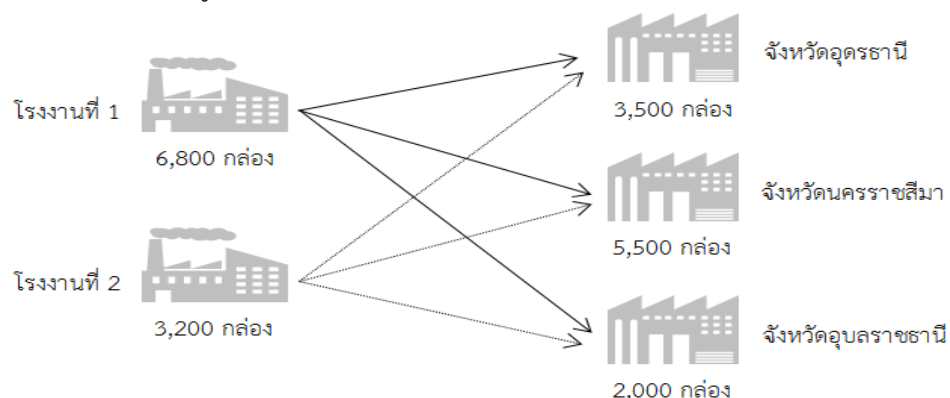
ตารางที่ 3.5 ต้นทุนในการขนส่ง

ถึง \ จาก	ศูนย์กระจายสินค้า (บาท/กล้อง)		
	อุดรธานี	นครราชสีมา	อุบลราชธานี
โรงงานที่ 1	3	4	8
โรงงานที่ 2	5	1	6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 61)

จากข้อมูลข้างต้น บริษัทผู้ผลิตอาหารแปรรูปควรขนส่งสินค้าจากโรงงานทั้ง 2 โรงงาน ไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 จังหวัดอย่างไรจึงจะทำให้มีต้นทุนต่ำที่สุด

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น สามารถเขียนเป็นแผนภาพการขนส่งสินค้าได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ผลิตอาหารแปรรูป

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 58)

กำหนดให้ X_{11} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 1 ไปยังจังหวัดอุดรธานี (กล้อง)

X_{12} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 1 ไปยังจังหวัดนครราชสีมา (กล้อง)

X_{13} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 1 ไปยังจังหวัดอุบลราชธานี (กล้อง)

X_{21} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 2 ไปยังจังหวัดอุดรธานี (กล้อง)

X_{22} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 2 ไปยังจังหวัดนครราชสีมา (กล้อง)

X_{23} คือจำนวนสินค้าจากโรงงานที่ 2 ไปยังจังหวัดอุบลราชธานี (กล้อง)

Z คือต้นทุนในการขนส่งรวม (บาท)

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 3X_{11} + 4X_{12} + 8X_{13} + 5X_{21} + X_{22} + 6X_{23}$

เงื่อนไข $X_{11} + X_{12} + X_{13} = 6,800$ (กำลังการผลิตของโรงงานที่ 1)

$X_{21} + X_{22} + X_{23} = 3,200$ (กำลังการผลิตของโรงงานที่ 2)

$X_{11} + X_{12} = 3,500$ (ความสามารถในการจัดเก็บของศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานี)

$X_{12} + X_{22} = 5,500$ (ความสามารถในการจัดเก็บของศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดนครราชสีมา)

$X_{13} + X_{23} = 2,000$ (ความสามารถในการจัดเก็บของศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุบลราชธานี)

$X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{21}, X_{22}, X_{23} \geq 0$

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการ

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นเป็นการหาผลลัพธ์จากโปรแกรมเชิงเส้นที่ได้สร้างไว้ดังตัวอย่างข้างต้น เพื่อนำมาพิจารณาตัดสินใจทางธุรกิจ ทั้งนี้วิธีการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่นิยมใช้มี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการ (Graphical method) วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex method) และการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ทั้งนี้ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการ ส่วนอีก 2 วิธีจะแสดงรายละเอียดในบทที่ 4

สำหรับการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีการเป็นวิธีการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นในกรณีที่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ปัญหาของธุรกิจที่เกิดขึ้นจริงอาจไม่ได้มีขนาดเล็กเช่นนี้ ทั้งนี้การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ (Feasible region) และการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Optimal solution) ที่ทำให้เกิดค่าสูงสุด หรือค่าต่ำสุดตามเป้าหมายของธุรกิจ (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2559 : 8-9)

จากตัวอย่างที่ 3.1 บริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ผู้บริหารบริษัทฯ จะต้องผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนอย่างละกี่ตัวจึงจะได้รับกำไรสูงสุด ซึ่งมีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือจำนวนของโต๊ะที่ทำการผลิต (ตัว)

X_2 คือจำนวนของเก้าอี้ที่ทำการผลิต (ตัว)

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 320X_1 + 240X_2$

เงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ แผ่น

$2X_1 + 4X_2 \leq 480$ ชั่วโมง

$X_1, X_2 \geq 0$

การหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ หรือการหาค่าของ X_1 และ X_2 ที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุด ซึ่งมีวิธีการหาผลลัพธ์ดังนี้ (Render et al., 2018 : 259-268)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ โดยพิจารณาจากฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อมา กำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ กล่าวคือผลลัพธ์ของปัญหาจะต้องอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดด้วยการเปลี่ยนให้เป็นสมการให้เป็นสมการดังนี้ (อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์, 2558 : 174-187)

จากเงื่อนไขข้อที่ 1 คือ $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ เปลี่ยนเป็น $4X_1 + 2X_2 = 600$ จากนั้นเขียนเส้นตรงแทนสมการข้างต้น หรือหาจุดตัดของแกน โดยกำหนดให้จุด $X_2 = 0$ แล้วหาจุด X_1 ซึ่งจะได้จุดตัดของแกน X_1 และกำหนดให้จุด $X_1 = 0$ แล้วหาจุด X_2 ซึ่งจะได้จุดตัดของแกน X_2 ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$4X_1 + 2(0) = 600$$

$$4X_1 = 600$$

$$X_1 = 600/4 = 150$$

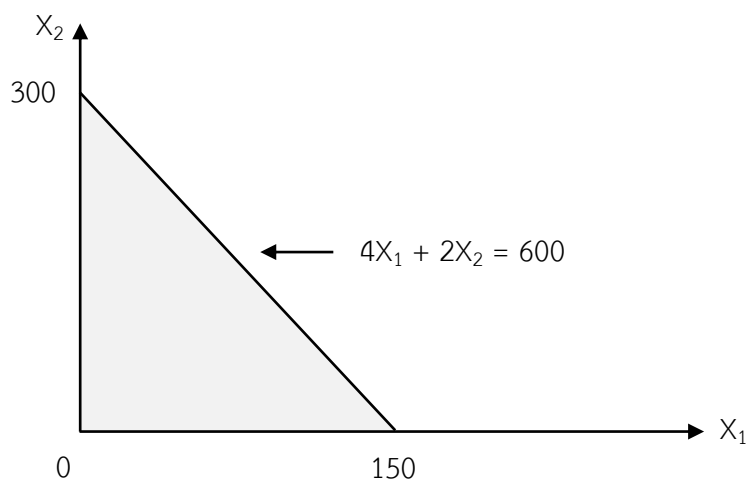
หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$4(0) + 2X_2 = 600$$

$$2X_2 = 600$$

$$X_2 = 600/2 = 300$$

เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ (150, 0) และ (0, 300) ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $4X_1 + 2X_2 = 600$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 1 ที่ทำให้ค่า $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$

ที่มา: ปรับปรุงจาก อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ (2558 : 178)

จากเงื่อนไขข้อที่ 2 คือ $2X_1 + 4X_2 \leq 480$ เปลี่ยนเป็น $2X_1 + 4X_2 = 480$ จากนั้นเขียนเส้นตรงแทนสมการข้างต้น หรือหาจุดตัดของแกน โดยกำหนดให้จุด $X_2 = 0$ แล้วหาจุด X_1 ซึ่งจะได้จุดตัดของแกน X_1 และกำหนดให้จุด $X_1 = 0$ แล้วหาจุด X_2 ซึ่งจะได้จุดตัดของแกน X_2 ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$2X_1 + 4(0) = 480$$

$$2X_1 = 480$$

$$X_1 = 480/2 = 240$$

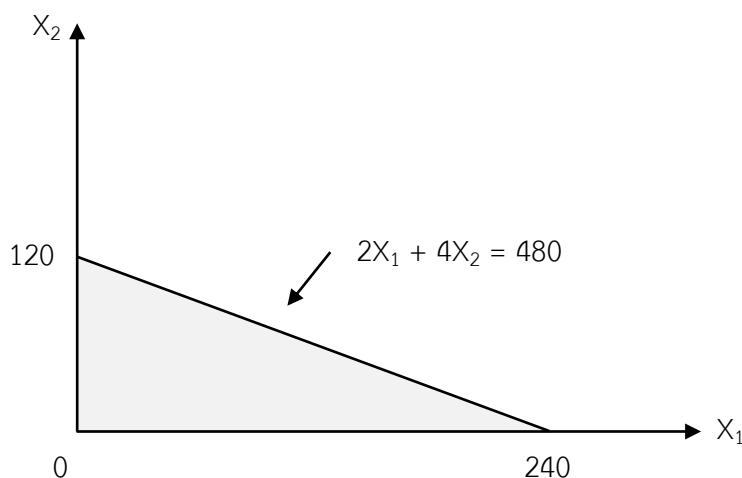
หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$2(0) + 4X_2 = 480$$

$$4X_2 = 480$$

$$X_2 = 480/4 = 120$$

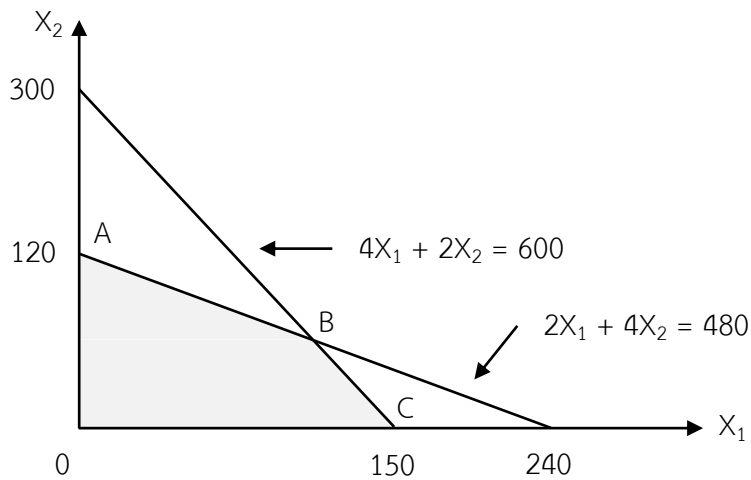
เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ $(240, 0)$ และ $(0, 120)$ ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $2X_1 + 4X_2 = 480$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 2 ที่ทำให้ค่า $2X_1 + 4X_2 \leq 480$ ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.3 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2X_1 + 4X_2 \leq 480$

ที่มา: ปรับปรุงจาก อุดมศักดิ์ ศิลประชาวศ์ (2558 : 178)

จากภาพที่ 3.2 และ 3.3 พื้นที่ที่แรเงาหมายถึงขอบเขตของผลลัพธ์จากเงื่อนไขแต่ละข้อ ซึ่งจากเงื่อนไขทั้ง 2 ข้อ สามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ร่วมกัน กล่าวคือขอบเขตของผลลัพธ์ที่จะทำให้เงื่อนไขทั้งหมดเป็นจริง ซึ่งเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่ต้องการหาปริมาณการผลิตและแก้ไขต่อเดือนที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ $320X_1 + 240X_2$ มีค่าสูงสุด โดยจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขทั้ง 2 ข้อ หรือพื้นที่ ABCO และแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ และ $2X_1 + 4X_2 \leq 480$

ที่มา: ปรับปรุงจาก อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ (2558 : 178)

ขั้นตอนที่ 2 การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม เป็นการหาผลลัพธ์หลังจากการกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์แล้ว ซึ่งแต่ละทางเลือกจะเป็นการผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนในจำนวนที่แตกต่างกันและทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไรที่แตกต่างกัน โดยมีเป้าหมายคือกำไรสูงสุด ซึ่งสามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้จากการพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และสามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการทดสอบจุดยอด (Corner point) หรือการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ (Isoprofit or isocost line) ดังนี้ (Mariappan, 2013 : 35-39; Taha, 2017 : 49-50)

1. การเขียนเส้นวัตถุประสงค์ เป็นการหาผลลัพธ์ด้วยการนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์มาเขียนเป็นกราฟ ด้วยการสมมติค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ขึ้น เนื่องจากยังไม่สามารถทราบค่าสูงสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังนั้นจึงกำหนดกำไรที่บริษัทฯ ต้องการ เช่น กำไรเท่ากับ 24,000 บาท ($Z_1 = 24,000$) เป็นต้น และสามารถหาจุดตัดแกนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังนี้

$$\text{จาก } 320X_1 + 240X_2 = 24,000$$

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$320X_1 + 240(0) = 24,000$$

$$320X_1 = 24,000$$

$$X_1 = 24,000/320 = 75$$

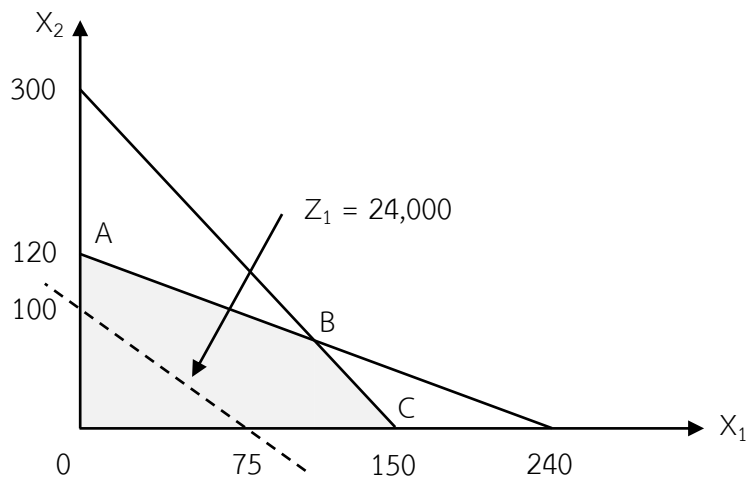
หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$320(0) + 240X_2 = 24,000$$

$$240X_2 = 24,000$$

$$X_2 = 24,000/240 = 100$$

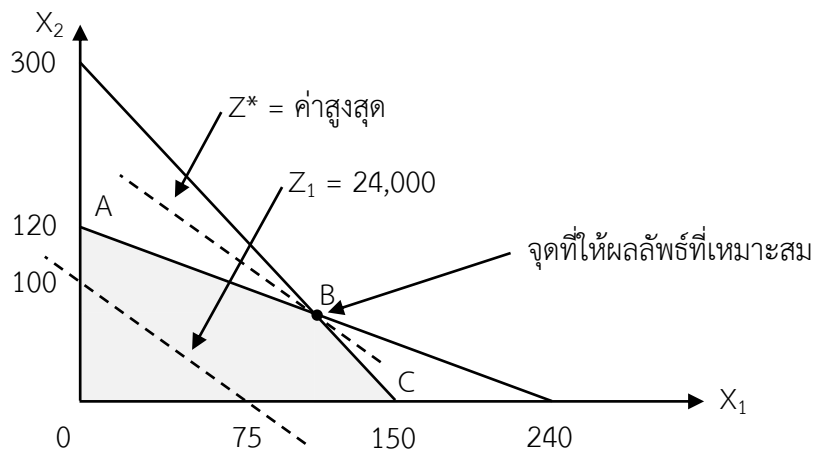
เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นลากเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ (75, 0) และ (0, 100) ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $320X_1 + 240X_2 = 24,000$ โดยจุดทุกจุดบนเส้นวัตถุดิบประสงค์เป็นการผลิตที่ทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไร 24,000 บาท เท่ากัน และสามารถเขียนเส้นวัตถุดิบประสงค์ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.5 การเขียนเส้นวัตถุดิบประสงค์

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 49)

จากภาพที่ 3.5 จะเห็นได้ว่า หากเลื่อนเส้นวัตถุดิบประสงค์ไปทางขวาจะหมายถึงเส้นวัตถุดิบประสงค์จะมีค่าสูงขึ้น หรือออกห่างจากจุดกำเนิด (Origin) มากขึ้น ด้วยเหตุนี้หากบริษัทฯ ต้องการกำไรที่เพิ่มสูงขึ้นควรเลื่อนเส้นวัตถุดิบประสงค์ไปทางขวา แต่จะต้องมีความชัน (Slope) ของเส้นเท่าเดิม หรือขนานกับเส้นวัตถุดิบประสงค์เส้นเดิม ดังนั้นการเลื่อนเส้นวัตถุดิบประสงค์ออกไปทางขวาจนถึงจุดสุดท้ายของขอบเขตของผลลัพธ์ จึงเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าสูงสุด ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.6 การเขียนเส้นวัตถุดิบประสงค์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 49)

จากภาพที่ 3.6 จุดทุกจุดบนเส้น Z^* จะให้กำไรสูงสุดเท่ากัน ดังนั้นเมื่อจุดที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมคือจุด B ซึ่งเป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขทั้ง 2 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด B ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad 4X_1 + 2X_2 = 600 \quad \dots (3.1)$$

$$2X_1 + 4X_2 = 480 \quad \dots (3.2)$$

นำ 2 คูณสมการที่ 3.1 จะได้

$$8X_1 + 4X_2 = 1,200 \quad \dots (3.3)$$

นำสมการที่ 3.3 ลบ สมการที่ 3.2 จะได้

$$6X_1 = 720$$

$$X_1 = 720/6 = 120 \text{ ตัว}$$

แทนค่า $X_1 = 120$ ลงในสมการที่ 3.2 จะได้

$$2(120) + 4X_2 = 480$$

$$4X_2 = 480 - 240$$

$$X_2 = 120/4 = 60 \text{ ตัว}$$

ดังนั้น จุด B เป็นจุดที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งให้ค่าของ $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$ ทั้งนี้เมื่อแทนค่าของ X_1 และ X_2 ลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จะได้ผลลัพธ์ที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุดดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \text{Maximize } Z &= 320X_1 + 240X_2 \\ &= 320(120) + 240(60) \\ &= 38,400 + 14,400 = 52,800 \text{ บาท} \end{aligned}$$

จากการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ สามารถสรุปได้ว่าผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ควรผลิตโต๊ะจำนวน 120 ตัวต่อเดือน และผลิตเก้าอี้จำนวน 60 ตัวต่อเดือน จึงจะทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไรสูงสุดคือ 52,800 บาท

2. การทดสอบจุดยอด เป็นการหาผลลัพธ์ด้วยการหาค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ (X_1 และ X_2) จากจุดยอดของขอบเขตของผลลัพธ์ในภาพที่ 3.4 หรือจุด ABCO ด้วยการแทนค่าตัวแปรที่ต้องตัดสินใจลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.6 การทดสอบจุดยอด

จุดยอด	ค่า (X_1, X_2)	$Z = 320X_1 + 240X_2$
A	(0, 120)	$320(0) + 240(120) = 28,880$
B	(120, 60)	$320(120) + 240(60) = 52,800$
C	(150, 0)	$320(150) + 240(0) = 48,000$
O	(0, 0)	$320(0) + 240(0) = 0$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Mariappan (2013 : 39)

จากตารางที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าจุด B เป็นจุดที่ค่าของ $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$ ซึ่งให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุดคือ $Z = 52,800$ ดังนั้นจากการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการทดสอบจุดยอด สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ควรผลิตโต๊ะจำนวน 120 ตัวต่อเดือน และผลิตเก้าอี้จำนวน 60 ตัวต่อเดือน จึงจะทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไรสูงสุดคือ 52,800 บาท

ตัวอย่างที่ 3.7 เจ้าของสวนผลไม้แห่งหนึ่งต้องการแปรรูปผลไม้ 2 ชนิดคือเงาะ และลำไย โดยมีต้นทุนในการแปรรูปเงาะ และลำไย กิโลกรัมละ 240 บาท และ 270 บาท ตามลำดับ ซึ่งในการแปรรูปเงาะ และลำไยจะใช้เวลาเท่ากับ 5 นาที และ 4 นาที ตามลำดับ โดยมีเวลารวมในการแปรรูปรวมทั้งสิ้น 2,000 นาที ทั้งนี้ลูกค้ามีความต้องการเงาะแปรรูปและลำไยแปรรูป อย่างน้อย 80 กิโลกรัม และ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ อีกทั้งเจ้าของสวนผลไม้ยังคาดการณ์ความต้องการผลไม้แปรรูปทั้ง 2 ชนิดของลูกค้าทุกคนรวมกันไม่น้อยกว่า 300 กิโลกรัม จากข้อมูลข้างต้น เจ้าของสวนผลไม้ควรแปรรูปผลไม้ทั้ง 2 ชนิดอย่างไร จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด

วิธีทำ กำหนดให้ X_1 คือจำนวนเงาะแปรรูป (กิโลกรัม)

X_2 คือจำนวนลำไยแปรรูป (กิโลกรัม)

Z คือต้นทุนรวมในการแปรรูปผลไม้ (บาท)

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 240X_1 + 270X_2$

เงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$ (เวลาในการผลิต)

$X_1 \geq 80$ (ความต้องการเงาะแปรรูป)

$X_2 \geq 100$ (ความต้องการลำไยแปรรูป)

$X_1 + X_2 \geq 300$ (ความต้องการผลไม้แปรรูปรวม)

$X_1, X_2 \geq 0$

จากโปรแกรมเชิงเส้นข้างต้นสามารถหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นได้ดังนี้ (Mariappan, 2013 : 39-41; Taha, 2017 : 50-52)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์

จากฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อมากำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ด้วยการเปลี่ยนให้เป็นสมการให้เป็นสมการดังต่อไปนี้

จากเงื่อนไขข้อที่ 1 คือ $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$ เปลี่ยนเป็น $5X_1 + 4X_2 = 2,000$ และสามารถหาจุดตัดแกนได้ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$5X_1 + 4(0) = 2,000$$

$$5X_1 = 2,000$$

$$X_1 = 2,000/5 = 400$$

หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

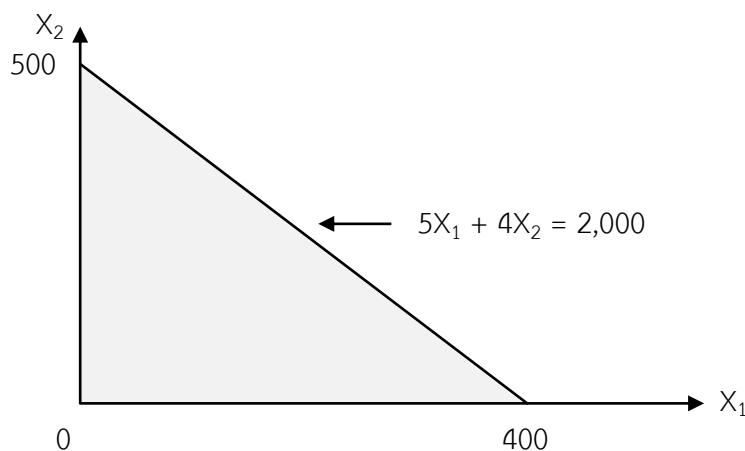
$$5(0) + 4X_2 = 2,000$$

$$4X_2 = 2,000$$

$$X_2 = 2,000/4 = 500$$

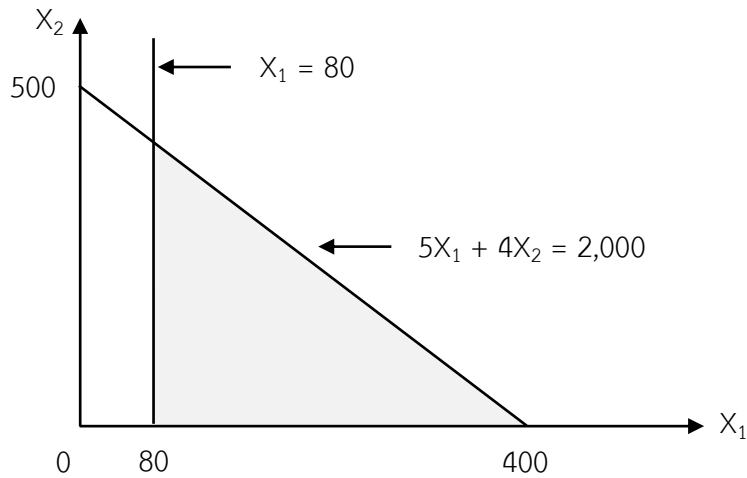
เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ (400, 0) และ (0, 500) ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $5X_1 + 4X_2 = 2,000$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 1 ที่ทำให้ค่า $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$ ได้ดังภาพที่ 3.7

จากเงื่อนไขข้อที่ 2 คือ $X_1 \geq 80$ เปลี่ยนเป็น $X_1 = 80$ ดังนั้น เงื่อนไขข้อที่ 2 จะได้จุดตัดของแกน $X_1 = 80$ ส่วนจุดตัดแกนของ $X_2 = 0$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 2 ที่ทำให้ค่า $X_1 \geq 80$ ได้ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.7 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 51)



ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$ และ $X_1 \geq 80$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 51)

จากเงื่อนไขข้อที่ 3 คือ $X_2 \geq 100$ เปลี่ยนเป็น $X_2 = 100$ ดังนั้น เงื่อนไขข้อที่ 3 จะได้จุดตัดของแกน $X_2 = 100$ ส่วนจุดตัดแกนของ $X_1 = 0$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 3 ที่ทำให้ค่า $X_2 \geq 100$ ได้ดังภาพที่ 3.9

จากเงื่อนไขข้อที่ 4 คือ $X_1 + X_2 \geq 300$ เปลี่ยนเป็น $X_1 + X_2 = 300$ และสามารถหาจุดตัดแกนได้ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$X_1 + (0) = 300$$

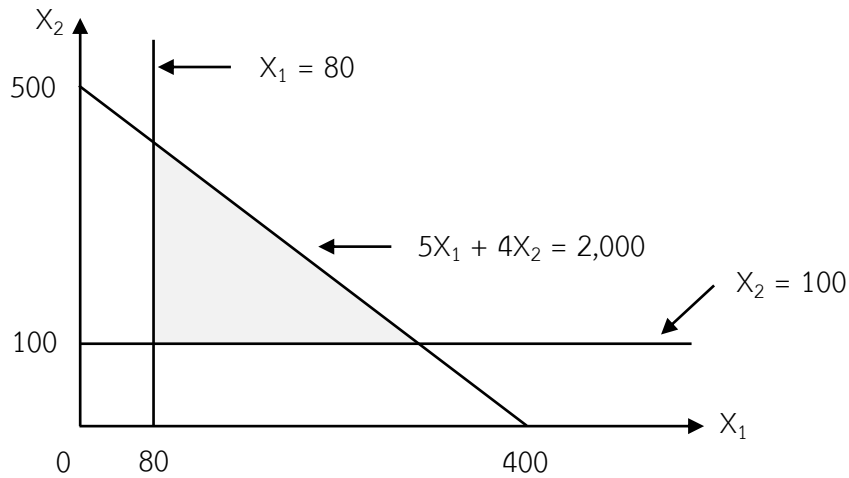
$$X_1 = 300$$

หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$(0) + X_2 = 300$$

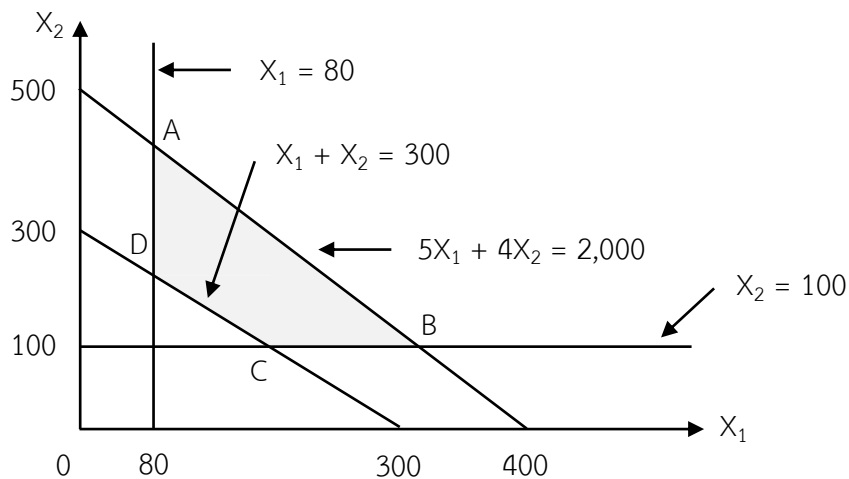
$$X_2 = 300$$

เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ $(300, 0)$ และ $(0, 300)$ ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $X_1 + X_2 = 300$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 4 ที่ทำให้ค่า $X_1 + X_2 \geq 300$ ได้ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$, $X_1 \geq 80$ และ $X_2 \geq 100$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 51)



ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $5X_1 + 4X_2 \leq 2,000$, $X_1 \geq 80$, $X_2 \geq 100$ และ $X_1 + X_2 \geq 300$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 51)

จากภาพที่ 3.10 พื้นที่ที่แรงงานหมายถึงขอบเขตของผลลัพธ์จากเงื่อนไขแต่ละข้อ ซึ่งจากเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อ สามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ร่วมกัน กล่าวคือขอบเขตของผลลัพธ์ที่จะทำให้เงื่อนไขทั้งหมดเป็นจริง ซึ่งเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่ต้องการหาปริมาณการแปรรูปและลำไยที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ $240X_1 + 270X_2$ มีค่าต่ำสุด โดยจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขทั้ง 4 ข้อ หรือพื้นที่ ABCD ดังภาพที่ 3.10

ขั้นตอนที่ 2 การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

1. การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ โดยกำหนดต้นทุนที่เจ้าของสวนผลไม้ต้องการเท่ากับ 108,000 บาท ($Z_1 = 108,000$) เป็นต้น และสามารถหาจุดตัดแกนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 240X_1 + 270X_2 = 108,000$$

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$240X_1 + 270(0) = 108,000$$

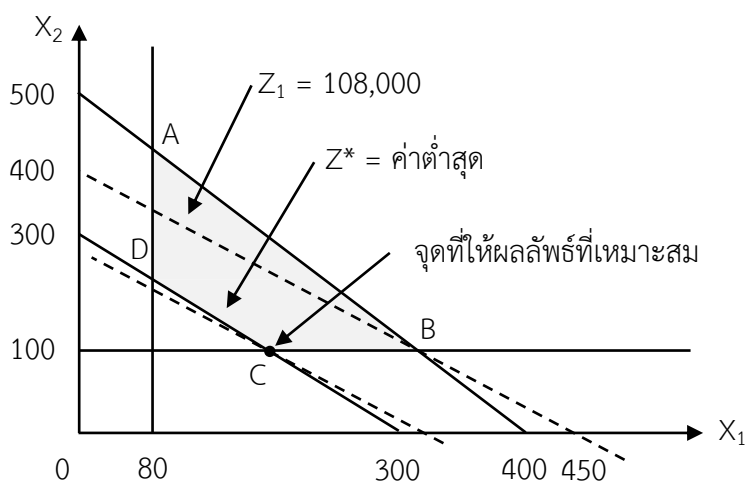
$$240X_1 = 108,000 = 108,000/240 = 450$$

หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$240(0) + 270X_2 = 108,000$$

$$270X_2 = 108,000 = 108,000/270 = 400$$

เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นลากเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ (450, 0) และ (0, 400) ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $240X_1 + 270X_2 = 108,000$ โดยจุดทุกจุดบนเส้นวัตถุประสงค์เป็นการแปรรูปผลไม้ที่ทำให้เจ้าของสวนผลไม้มีต้นทุนเท่ากับ 108,000 บาท เท่ากัน อย่างไรก็ตาม เส้นวัตถุประสงค์ Z_1 ไม่ใช่เส้นวัตถุประสงค์ที่ให้ค่าต่ำสุด ดังนั้นการเลื่อนเส้นวัตถุประสงค์เข้ามาทางซ้ายจนถึงจุดสุดท้ายของขอบเขตของผลลัพธ์ จึงเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าต่ำสุด ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 การเขียนเส้นวัตถุประสงค์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ตัวอย่างที่ 3.7

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 51)

จากภาพที่ 3.11 จุดทุกจุดบนเส้น Z^* จะให้กำไรสูงสุดเท่ากัน ดังนั้นเมื่อจุดที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมคือจุด C ซึ่งเป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 3 และ 4 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด C ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad X_2 = 100 \quad \dots (3.4)$$

$$X_1 + X_2 = 300 \quad \dots (3.5)$$

แทนค่า $X_2 = 100$ ลงในสมการที่ 3.5 จะได้

$$X_1 + 100 = 300$$

$$X_1 = 300 - 100 = 200 \text{ กิโลกรัม}$$

และจากสมการที่ 3.4 ซึ่ง $X_2 = 100$ กิโลกรัม

ดังนั้น จุด C เป็นจุดที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งให้ค่าของ $X_1 = 200$ และ $X_2 = 100$ ทั้งนี้เมื่อแทนค่าของ X_1 และ X_2 ลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จะได้ผลลัพธ์ที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าต่ำสุดดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \text{Minimize } Z &= 240X_1 + 270X_2 \\ &= 240(200) + 270(100) \\ &= 48,000 + 27,000 = 75,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

จากการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการเขียนเส้นวัตถุประสงค์ สามารถสรุปได้ว่าเจ้าของสวนผลไม้ ควรแปรรูปเงาะจำนวน 200 กิโลกรัม และแปรรูปลำไยจำนวน 100 กิโลกรัม จึงจะทำให้เขามีต้นทุนต่ำสุดคือ 75,000 บาท

2. การทดสอบจุดยอด โดยจากจุดยอดของขอบเขตของผลลัพธ์ในภาพที่ 3.10 หรือจุด ABCD ซึ่งยังไม่ทราบค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ (X_1 และ X_2) ดังนั้นเพื่อให้สามารถแทนค่าของ X_1 และ X_2 ลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ จึงต้องคำนวณหาค่าของ X_1 และ X_2 ในแต่ละจุด ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

จุด A เป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 2 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด A ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad 5X_1 + 4X_2 = 2,000 \quad \dots (3.6)$$

$$X_1 = 80 \quad \dots (3.7)$$

แทนค่า $X_1 = 80$ ลงในสมการที่ 3.6 จะได้

$$5(80) + 4X_2 = 2,000$$

$$4X_2 = 2,000 - 400$$

$$X_2 = 1,600/4 = 400 \text{ กิโลกรัม}$$

และจากสมการที่ 3.7 ซึ่ง $X_1 = 80$ กิโลกรัม

ดังนั้น จุด A เป็นจุดที่ให้ค่าของ $X_1 = 80$ และ $X_2 = 400$

จุด B เป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 3 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด B ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad 5X_1 + 4X_2 = 2,000 \quad \dots (3.8)$$

$$X_2 = 100 \quad \dots (3.9)$$

แทนค่า $X_2 = 100$ ลงในสมการที่ 3.8 จะได้

$$5X_1 + 4(100) = 2,000$$

$$5X_1 = 2,000 - 400$$

$$X_2 = 1,600/5 = 320 \text{ กิโลกรัม}$$

และจากสมการที่ 3.9 ซึ่ง $X_2 = 100$ กิโลกรัม

ดังนั้น จุด B เป็นจุดที่ให้ค่าของ $X_1 = 320$ และ $X_2 = 100$

จุด D เป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 2 และ 4 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด D ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad X_1 = 80 \quad \dots (3.10)$$

$$X_1 + X_2 = 300 \quad \dots (3.11)$$

แทนค่า $X_1 = 80$ ลงในสมการที่ 3.11 จะได้

$$80 + X_2 = 300$$

$$X_2 = 300 - 80 = 220 \text{ กิโลกรัม}$$

และจากสมการที่ 3.10 ซึ่ง $X_1 = 80$ กิโลกรัม

ดังนั้น จุด D เป็นจุดที่ให้ค่าของ $X_1 = 80$ และ $X_2 = 220$

จากจุด ABCD สามารถแทนค่าตัวแปรที่ต้องตัดสินใจลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.7 การทดสอบจุดยอดตัวอย่างที่ 3.7

จุดยอด	ค่า (X_1, X_2)	$Z = 240X_1 + 270X_2$
A	(80, 400)	$240(80) + 270(400) = 127,200$
B	(320, 100)	$240(320) + 270(100) = 103,800$
C	(200, 100)	$240(200) + 270(100) = 75,000$
D	(80, 220)	$240(80) + 270(220) = 78,600$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Mariappan (2013 : 41)

จากตารางที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าจุด C เป็นจุดที่ค่าของ $X_1 = 200$ และ $X_2 = 100$ ซึ่งให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่ำสุดคือ $Z = 75,000$ ดังนั้นจากการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการทดสอบจุดยอด สามารถสรุปได้ว่าเจ้าของสวนผลไม้ ควรแปรรูปเงาะจำนวน 200 กิโลกรัม และแปรรูปลำไยจำนวน 100 กิโลกรัม จึงจะทำให้เขามีต้นทุนต่ำสุดคือ 75,000 บาท

ตัวอย่างที่ 3.8 กรณีที่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีหลายค่า (Alternative optimal solution)

กำหนดให้ธุรกิจต้องการกำไรสูงสุด และมีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 40X_1 + 64X_2$

เงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$

$X_1 + X_2 \leq 180$

$2X_2 \leq 200$

$X_1, X_2 \geq 0$

จากโปรแกรมเชิงเส้นข้างต้นสามารถหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นได้ดังนี้ (Anderson et al., 2019 : 53-54)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์

จากฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อมากำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ด้วยการเปลี่ยนให้เป็นสมการให้เป็นสมการดังต่อไปนี้

จากเงื่อนไขข้อที่ 1 คือ $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$ เปลี่ยนเป็น $2.5X_1 + 4X_2 = 540$ และสามารถหาจุดตัดแกนได้ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$2.5X_1 + 4(0) = 540$$

$$2.5X_1 = 540 = 540/2.5 = 216$$

หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$2.5(0) + 4X_2 = 540$$

$$4X_2 = 540 = 540/4 = 135$$

เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ (216, 0) และ (0, 135) ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $2.5X_1 + 4X_2 = 540$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 1 ที่ทำให้ค่า $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$ ได้ดังภาพที่ 3.12

จากเงื่อนไขข้อที่ 2 คือ $X_1 + X_2 \leq 180$ เปลี่ยนเป็น $X_1 + X_2 = 180$ และสามารถหาจุดตัดแกนได้ดังนี้

หาจุดตัดของแกน X_1 โดยกำหนดให้ $X_2 = 0$ จะได้

$$X_1 + (0) = 180$$

$$X_1 = 180$$

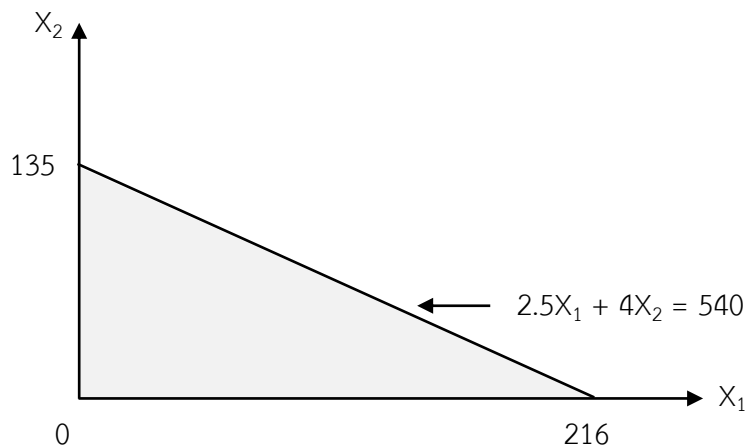
หาจุดตัดของแกน X_2 โดยกำหนดให้ $X_1 = 0$ จะได้

$$(0) + X_2 = 180$$

$$X_2 = 180$$

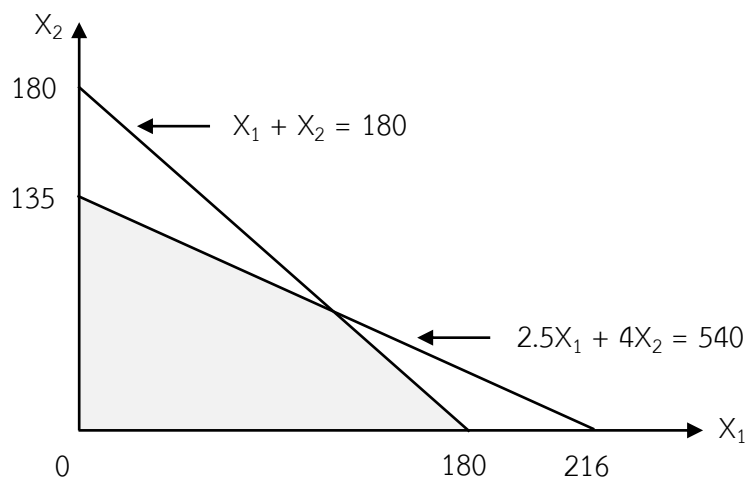
เมื่อได้จุดตัดของแกนแล้ว จากนั้นเขียนเส้นตรงระหว่างจุดทั้งสองคือ $(180, 0)$ และ $(0, 180)$ ซึ่งจะได้เส้นตรงแทนสมการ $X_1 + X_2 = 180$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 2 ที่ทำให้ค่า $X_1 + X_2 \leq 180$ ได้ดังภาพที่ 3.13

จากเงื่อนไขข้อที่ 3 คือ $2X_2 \leq 200$ เปลี่ยนเป็น $2X_2 = 200$ ดังนั้น เงื่อนไขข้อที่ 3 จะได้จุดตัดของแกน $X_2 = 100$ ส่วนจุดตัดแกนของ $X_1 = 0$ และสามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ของเงื่อนไขข้อที่ 3 ที่ทำให้ค่า $2X_2 \leq 200$ ได้ดังภาพที่ 3.14



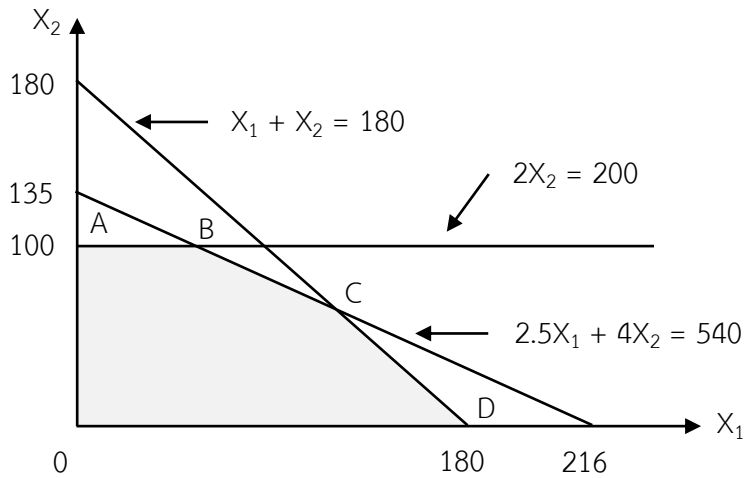
ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 54)



ภาพที่ 3.13 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$ และ $X_1 + X_2 \leq 180$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 54)



ภาพที่ 3.14 กราฟแสดงขอบเขตของเงื่อนไข $2.5X_1 + 4X_2 \leq 540$, $X_1 + X_2 \leq 180$ และ $2X_2 \leq 200$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 54)

จากภาพที่ 3.14 พื้นที่ที่แรเงาหมายถึงขอบเขตของผลลัพธ์จากเงื่อนไขแต่ละข้อ ซึ่งจากเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ สามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ร่วมกัน กล่าวคือขอบเขตของผลลัพธ์ที่จะทำให้เงื่อนไขทั้งหมดเป็นจริง ซึ่งเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่ต้องการหาปริมาณการแปรรูปเงาะและลำไยที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ $40X_1 + 64X_2$ มีค่าต่ำสุด โดยจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ หรือพื้นที่ ABCDO ดังภาพที่ 3.10

ขั้นตอนที่ 2 การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ในตัวอย่างที่ 3.8 นี้จะหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมด้วยการทดสอบจุดยอดเพียงอย่างเดียว โดยจากจุดยอดของขอบเขตของผลลัพธ์ในภาพที่ 3.14 หรือจุด ABCDO ซึ่งยังไม่ทราบค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ (X_1 และ X_2) ดังนั้นเพื่อให้สามารถแทนค่าของ X_1 และ X_2 ลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ จึงต้องคำนวณหาค่าของ X_1 และ X_2 ในแต่ละจุด ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

จุด B เป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 3 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด A ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad 2.5X_1 + 4X_2 = 540 \quad \dots (3.12)$$

$$2X_2 = 200 \text{ หรือ } X_2 = 100 \quad \dots (3.13)$$

แทนค่า $X_2 = 100$ ลงในสมการที่ 3.12 จะได้

$$2.5X_1 + 4(100) = 540$$

$$2.5X_1 = 540 - 400$$

$$X_1 = 140/2.5 = 56$$

และจากสมการที่ 3.13 ซึ่ง $X_1 = 100$

ดังนั้น จุด B เป็นจุดที่ให้ค่าของ $X_1 = 56$ และ $X_2 = 100$

จุด C เป็นจุดตัดของเส้นเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 2 ด้วยเหตุนี้สามารถหาค่าของ X_1 และ X_2 ณ จุด C ได้จากการแก้สมการเงื่อนไขทั้ง 2 สมการ ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad 2.5X_1 + 4X_2 = 540 \quad \dots (3.14)$$

$$X_1 + X_2 = 180 \quad \dots (3.15)$$

จากสมการที่ 3.15 ย้ายข้างให้อยู่ในรูปของ X_1 จะได้

$$X_1 = 180 - X_2 \quad \dots (3.16)$$

แทนค่า $X_1 = 180 - X_2$ ลงในสมการที่ 3.14 จะได้

$$2.5(180 - X_2) + 4X_2 = 540$$

$$450 - 2.5X_2 + 4X_2 = 540$$

$$1.5X_2 = 540 - 450$$

$$X_2 = 90/1.5 = 60$$

แทนค่า $X_2 = 60$ ลงในสมการที่ 3.16 จะได้

$$X_1 = 180 - 60 = 120$$

ดังนั้น จุด C เป็นจุดที่ให้ค่าของ $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$

จากจุด ABCDO สามารถแทนค่าตัวแปรที่ต้องตัดสินใจลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.8 การทดสอบจุดยอดตัวอย่างที่ 3.8

จุดยอด	ค่า (X_1, X_2)	$Z = 40X_1 + 64X_2$
A	(0, 100)	$40(0) + 64(100) = 6,400$
B	(56, 100)	$40(56) + 64(100) = 8,640$
C	(120, 60)	$40(120) + 64(60) = 8,640$
D	(180, 0)	$40(180) + 64(0) = 7,200$
O	(0, 0)	$40(0) + 64(0) = 0$

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 54)

จากตารางที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าจุด B เป็นจุดที่ค่าของ $X_1 = 56$ และ $X_2 = 100$ ส่วนจุด C เป็นจุดที่ค่าของ $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$ ซึ่งให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุดเท่ากันคือ $Z =$

8,640 ดังนั้นจากการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้ด้วยการทดสอบจุดยอด จึงสรุปได้ว่าบริษัทฯ สามารถตัดสินใจได้เลือกได้หลายทางเลือก ซึ่งจะได้รับกำไรสูงสุดเท่ากันคือ 8,640 บาท

นอกจากนี้หากเขียนเส้นตรงระหว่างจุด B และ C จะพบว่าจุดทุกจุดบนเส้น BC จะให้กำไรสูงสุดเท่ากันตามคุณสมบัติของเส้นตรง หรือกล่าวคือหากใช้วิธีการเขียนเส้นวัตถุดิบประสมในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม จะได้เส้นวัตถุดิบประสมที่ทับกับเส้น BC พอดี ด้วยเหตุนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างที่ 3.8 จึงถือได้ว่าเป็นกรณีที่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีหลายค่า หรือมีความยืดหยุ่นมากกว่ากรณีที่มีผลลัพธ์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียว ซึ่งผู้ตัดสินใจอาจนำเงื่อนไขอื่นๆ ที่นอกเหนือจากตัวแบบมาพิจารณาเพิ่มเติม เพื่อเลือกทางเลือกที่เหมาะสมกับสถานการณ์ได้

บทสรุป

ปัญหาทางธุรกิจที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายและมีข้อจำกัดแตกต่างกัน ซึ่งโปรแกรมเชิงเส้นจะนำปัญหาและข้อจำกัดเหล่านี้มาสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา หรือหาผลลัพธ์ที่เป็นการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์กับธุรกิจสูงสุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้อย่างกว้างขวาง เช่น การจัดการทรัพยากรในการผลิต การจัดการกำลังคน การจัดการงบประมาณ การจัดการตารางการผลิต การกำหนดสัดส่วนในการผลิต การเลือกเส้นทางในการขนส่ง การเลือกที่ตั้งของโรงงาน การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด เป็นต้น ทั้งนี้โครงสร้างของโปรแกรมเชิงเส้นจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุดิบประสม เงื่อนไข และข้อจำกัดของตัวแปร โดยมีสมมติฐาน คือตัวแปรต้องมีความแน่นอน มีความเป็นสัดส่วน มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง มีค่าต่อเนื่อง มีค่าไม่ติดลบ และปัญหามีวัตถุดิบประสมเดียว

สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นมีหลายวิธี และในบทนี้ได้อธิบายถึงการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นวิธีกราฟ ซึ่งเป็นวิธีที่เข้าใจง่ายและมีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อจำกัดในการนำไปใช้แก้ไขปัญหาของธุรกิจในกรณีที่ตัวแปรที่ต้องตัดสินใจเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้น โดยมีขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา 2 ขั้นตอน คือการกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ และการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมทำได้ 2 วิธี คือการทดสอบจุดยอด และการเขียนเส้นวัตถุดิบประสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายของธุรกิจไม่ว่าจะเป็นกำไรสูงสุด หรือต้นทุนต่ำสุด ภายใต้ความจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้อาจมีหลายลักษณะ ได้แก่ ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีค่าเดียว และผลลัพธ์ที่เหมาะสมมีหลายค่า

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

1. บริษัทโคตรดี จำกัด ผลิตนาฬิกา 3 ชนิด ได้แก่ นาฬิกาแบบแขวน นาฬิกาแบบตั้งโต๊ะ และนาฬิกาข้อมือ โดยบริษัทฯ มีวัตถุดิบสำหรับผลิตนาฬิกาแบบแขวนต่อวันไม่เกิน 8 ชุด นาฬิกาแบบตั้งโต๊ะต่อวันไม่เกิน 9 ชุด และนาฬิกาข้อมือต่อวันไม่เกิน 10 ชุด โดยในการผลิตนาฬิกาแบบแขวน 1 ชุดต้องใช้แรงงาน 3 คน และใช้เวลาในการผลิต 4 ชั่วโมง ส่วนนาฬิกาแบบตั้งโต๊ะ 1 ชุดต้องใช้แรงงาน 2 คน และใช้เวลาในการผลิต 3 ชั่วโมง สำหรับนาฬิกาข้อมือ 1 ชุดต้องใช้แรงงาน 1 คน และใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง ทั้งนี้บริษัทฯ มีแรงงานทั้งหมด 10 คน และสามารถจัดสรรเวลาในการผลิตได้ 30 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งนาฬิกาที่ผลิตขึ้นมาแต่ละแบบจะจำหน่ายได้ทั้งหมด และได้กำไรเรือนละ 380 บาท 290 บาท และ 210 บาท ตามลำดับ บริษัทโคตรดี จำกัด ควรผลิตนาฬิกาแต่ละแบบจำนวนกี่เรือน จึงจะได้รับกำไรสูงสุด จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น

2. ผู้จัดการกองทุนหุ้นของบริษัทแห่งหนึ่งจะต้องนำเงินที่ได้จากการระดมทุนจำนวน 10 ล้านบาทไปลงในหุ้นของแต่ละประเทศ เพื่อให้ได้รับผลตอบแทน ซึ่งการลงทุนมีโอกาสที่จะได้รับผลตอบแทนที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ โดยหุ้นในประเทศไทยจะได้รับผลตอบแทน 4% หุ้นในประเทศจีนจะได้รับผลตอบแทน 8% หุ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาจะได้รับผลตอบแทน 10% และหุ้นในประเทศอังกฤษจะได้รับผลตอบแทน 6% ทั้งนี้ในการลงทุนผู้จัดการกองทุนหุ้นได้กำหนดสัดส่วนในการลงทุนคือควรลงทุนหุ้นในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 15% หุ้นในประเทศจีนไม่ควรเกิน 20% หุ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา และอังกฤษรวมกันไม่ควรเกิน 55% ส่วนหุ้นในประเทศไทยและจีนรวมกันไม่ควรเกิน 28% ของเงินลงทุนทั้งหมด อีกทั้งผู้จัดการกองทุนหุ้นจะต้องนำเงินที่ได้จากการระดมทุนไปลงทุนทั้งหมด ผู้จัดการกองทุนหุ้นควรจัดสรรเงินลงทุนอย่างไร จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น

3. โรงงานแห่งหนึ่งผลิตสินค้า 4 ชนิด โดยสินค้าชนิดที่ 1 ใช้วัตถุดิบ A จำนวน 5 ชิ้น และใช้เวลาในการผลิต 1 ชั่วโมง สินค้าชนิดที่ 2 ใช้วัตถุดิบ A จำนวน 10 ชิ้น และใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง สินค้าชนิดที่ 3 ใช้วัตถุดิบ A จำนวน 15 ชิ้น และใช้เวลาในการผลิต 3 ชั่วโมง สินค้าชนิดที่ 4 ใช้วัตถุดิบ A จำนวน 20 ชิ้น และใช้เวลาในการผลิต 1.5 ชั่วโมง ถ้าโรงงานมีวัตถุดิบ A ทั้งหมด 9,000 ชิ้น และมีเวลาในการผลิต 1,500 ชั่วโมง นอกจากนี้สินค้าทั้ง 4 ชนิดมีกำไรชิ้นละ 10 บาท 50 บาท 90 บาท และ 20 บาท ตามลำดับ โรงงานแห่งนี้ควรกำหนดปริมาณการผลิตสินค้าทั้ง 4 ชนิดอย่างไร จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น

4. ผู้ผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่มตรา BRU มีโรงงานผลิตสินค้า 2 โรงงาน และมีคลังสินค้าอยู่ 4 แห่ง โดยมีต้นทุนในการขนส่งสินค้าดังนี้

ถึง จาก	ต้นทุนการขนส่ง (บาท/โหล)			
	คลังสินค้าที่ 1	คลังสินค้าที่ 2	คลังสินค้าที่ 3	คลังสินค้าที่ 4
โรงงานที่ 1	5	10	7	14
โรงงานที่ 2	6	8	6	18

สำหรับโรงงานที่ 1 มีกำลังการผลิต 68,000 โหลต่อเดือน และโรงงานที่ 2 มีกำลังการผลิต 32,000 โหลต่อเดือน ทั้งนี้คลังสินค้าทั้ง 4 แห่งสามารถจัดเก็บสินค้าได้ 29,000 โหล 23,000 โหล 20,000 โหล และ 25,000 โหล ผู้ผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่มตรา BRU ควรขนส่งสินค้าอย่างไร จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น

5. บริษัทไทย จำกัด เป็นผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสุภาพบุรุษ และสุภาพสตรีออกจำหน่าย โดยเสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสุภาพบุรุษจะได้กำไรชุดละ 40 บาท ส่วนเสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสุภาพสตรีจะได้กำไรชุดละ 60 บาท และในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปจะใช้วัตถุดิบอยู่ 2 ชนิดคือ ผ้าฝ้าย และผ้าคอตตอน ทั้งนี้เสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสุภาพบุรุษ 1 ชุด ใช้ผ้าฝ้าย 0.5 หลา และใช้ผ้าคอตตอน 2 หลาในการผลิต ส่วนเสื้อผ้าสำเร็จรูปสำหรับสุภาพสตรี 1 ชุด ใช้ผ้าฝ้าย 1 หลา และใช้ผ้าคอตตอน 3 หลาในการผลิต ถ้าในหนึ่งสัปดาห์บริษัทฯ สามารถสั่งซื้อผ้าฝ้ายมาผลิตได้จำนวน 8 หลา และสั่งซื้อผ้าคอตตอนมาผลิตได้จำนวน 24 หลา บริษัทไทย จำกัด ควรวางแผนการผลิตอย่างไร จึงจะมีกำไรสูงที่สุด

6. สหฟาร์มเป็นฟาร์มเลี้ยงปู และกุ้ง โดยในการเลี้ยงปู และกุ้งใช้อาหารสำเร็จรูปอยู่ 2 ชนิดคือ A และ B ถ้าในการเลี้ยงปู และกุ้ง สามารถจำหน่ายแล้วกำไรกิโลกรัมละ 160 บาท และ 120 บาท ตามลำดับ ซึ่งในเลี้ยงแต่ละรอบสามารถจำหน่ายได้หมด ทั้งนี้สหฟาร์มมีอาหารสำเร็จรูปชนิด A และ B จำนวน 800 กิโลกรัม และ 500 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยในการเลี้ยงปู 1 ตัวใช้อาหาร A และ B จำนวน 2 กิโลกรัม และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในการเลี้ยงกุ้ง 1 ตัวใช้อาหาร A และ B จำนวน 3 กิโลกรัม และ 4 กิโลกรัม ตามลำดับ สหฟาร์มควรเลี้ยงปูและกุ้งอย่างละกี่ตัว จึงจะได้รับกำไรสูงสุด

7. บริษัทผู้ผลิตอาหารเสริมสำหรับนักกีฬา ต้องการผลิตเวย์โปรตีนออกจำหน่าย โดยผลิตเวย์โปรตีนจากพืชและสัตว์ผสมกัน ซึ่งผู้ผลิตต้องการให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เวย์โปรตีนจะมีสารอาหารหลักอยู่ 3 อย่างคือ โปรตีนจะต้องมีอย่างน้อย 200 กรัม คาร์โบไฮเดรตจะต้องมีไม่เกิน 100 กรัม และไขมันจะต้องมีไม่เกิน 60 กรัม นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิตเวย์โปรตีนจากพืชและสัตว์ต่อกรัมเท่ากับ 25 บาท และ 50 บาท ตามลำดับ โดยพืชและสัตว์มีสารอาหารต่างๆ ดังต่อไปนี้

วัตถุดิบ (ต่อกรัม)	สารอาหาร (กรัม)		
	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน
พืช	20	10	5
สัตว์	10	5	15

จากข้อมูลข้างต้นบริษัทผู้ผลิตอาหารเสริมสำหรับนักกีฬา ควรผลิตเวย์โปรตีนจากพืชและสัตว์เป็นสัดส่วนเท่าใด จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด

8. เชฟโทนี่ ได้คิดค้นเมนูอาหารใหม่ขึ้นมาคือ กะเพราหมูดำอูเบริโก ซึ่งมีแบบธรรมดา และแบบพิเศษ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ หมูดำอูเบริโก ใบกะเพรา และพริก โดยมีสัดส่วนในการปรุงอาหารดังนี้

เมนู (ต่อจาน)	ส่วนประกอบ (กรัม)		
	หมูดำอูเบริโก	ใบกะเพรา	พริก
ธรรมดา	5	5	5
พิเศษ	15	10	5

นอกจากนี้ในร้านของเชฟโทนี่มีวัตถุดิบที่จำกัด โดยมีหมูดำอูเบริโก ใบกะเพรา และพริกจำนวน 320 กรัม 250 กรัม และ 400 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ ถ้ากะเพราหมูดำอูเบริโกแบบธรรมดาขายจานละ 350 บาท และแบบพิเศษจานละ 750 บาท เชฟโทนี่ควรทำเมนูกะเพราหมูดำอูเบริโกขายแบบละกี่จาน

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิราภรณ์ สุธัมมสภา. (2558). การโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง และตัวแบบการมอบหมายงาน. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 2**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 2-1 – 2-85. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2559). การโปรแกรมเชิงเส้น. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 10**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 10-1 – 10-40. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์ และพรธิภา องค์กรคุณารักษ์. (2556). **การวิจัยดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์. (2558). โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณสำหรับนักเศรษฐศาสตร์ หน่วยที่ 7**. 169-296. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). **Introduction to operations research**. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Mariappan, P. (2013). **Operations research an introduction**. New Delhi: Pearson Education.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.

Taylor, B. W. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์
 - 1.1 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีปัญหาค่าสูงสุด)
 - 1.2 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีปัญหาค่าต่ำสุด)
 - 1.3 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีมีตัวแปรเทียม)
2. การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINDO
3. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 4 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการ ขั้นตอน และการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ รวมไปถึงใช้โปรแกรม LINDO ในการแก้ปัญหโปรแกรมเชิงเส้น และอธิบายได้ผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม LINDO ได้
2. สามารถวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ทั้งในกรณีที่หาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด รวมไปถึงกรณีมีตัวแปรเทียมทั้งในกรณีที่หาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด และวิเคราะห์ผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม LINDO ได้
3. สามารถสังเคราะห์ปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ทั้งในกรณีที่หาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด รวมไปถึงกรณีมีตัวแปรเทียมทั้งในกรณีที่หาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ตลอดจนผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม LINDO ได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับวิธีการ ขั้นตอน และการแก้ปัญหาด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ รวมไปถึงใช้โปรแกรม LINDO ในการแก้ปัญหโปรแกรมเชิงเส้นไปประยุกต์ใช้กับปัญหาทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง

3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป
6. แสดงตัวอย่างการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยการใช้โปรแกรม LINDO พร้อมอธิบายวิธีการอ่านผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม LINDO ในลักษณะต่างๆ โดยละเอียด
7. แบ่งกลุ่มนักศึกษา และมอบหมายให้นักศึกษาในแต่ละกลุ่มนำปัญหาของโปรแกรมเชิงเส้นที่สร้างขึ้นได้แล้วในบทที่ 3 ไปหาผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรม LINDO พร้อมทั้งอธิบายผลลัพธ์ที่ได้ และนำเสนอหน้าชั้นเรียน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 4
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. โปรแกรม LINDO ในการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น
4. ใบงานคำสั่งในการหาคำตอบของโปรแกรมเชิงเส้นและการอธิบายผลจากโปรแกรม LINDO
5. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
6. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. วัดผลจากการสังเกตการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม
4. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
5. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
6. ประเมินผลจากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
7. ประเมินผลจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน

บทที่ 4

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น

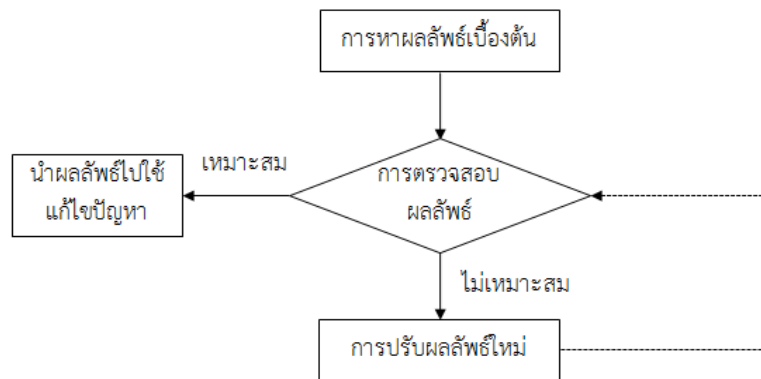
ปัญหาทางธุรกิจในปัจจุบันมีความหลายหลายและซับซ้อน ซึ่งบางครั้งต้องมีการตัดสินใจในหลายทางเลือก และจากการนำปัญหาที่ธุรกิจกำลังเผชิญอยู่มาสร้างเป็นโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหานั้น เป็นวิธีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้อย่างกว้างขวาง โดยมุ่งหวังในการจัดสรรทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างประโยชน์ให้กับธุรกิจสูงสุด ทั้งนี้ในการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นเป็นการหาผลลัพธ์จากตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งมีหลายวิธีดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ มีข้อจำกัดที่สามารถหาผลลัพธ์ได้ในกรณีที่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจไม่เกิน 2 ตัวแปรเท่านั้น หรือปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นมีขนาดเล็ก ซึ่งในสถานการณ์จริงผู้บริหารอาจมีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจมากกว่า 2 ตัวแปร ดังนั้นในกรณีที่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจมากกว่า 2 ตัวแปร สามารถใช้วิธีซิมเพล็กซ์ในการหาผลลัพธ์ได้ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น และเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อช่วยในการคำนวณให้สามารถแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นได้อย่างรวดเร็วอันจะก่อให้เกิดการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมและทันต่อสถานการณ์

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

จากข้อจำกัดของการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟที่ไม่สามารถใช้แก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่มีขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นวิธีซิมเพล็กซ์จึงถูกนำมาใช้เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว ทั้งนี้การแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์เป็นวิธีการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นในกรณีที่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยอาศัยวิธีการทางพีชคณิต ประกอบกับการคำนวณด้วยเมทริกซ์ โดยวิธีซิมเพล็กซ์เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น เนื่องจากสามารถแก้ไขปัญหามีขนาดใหญ่ได้ และมีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้การแก้ปัญหด้วยวิธีซิมเพล็กซ์มี 3 ขั้นตอนที่ทำให้เกิดค่าสูงสุด หรือค่าต่ำสุดตามเป้าหมายของธุรกิจดังนี้ (Mariappan, 2013 : 48; รัชรินทร์ กุลชาติ, 2558 : 170; สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 83-84)

1. การหาผลลัพธ์เบื้องต้น (Initial basic feasible solution)
2. การตรวจสอบผลลัพธ์ (Optimality criterion)
3. การปรับผลลัพธ์ใหม่ (Improve solution)

จากทั้ง 3 ขั้นตอนสามารถแสดงเป็นแผนภาพของรูปแบบในการคำนวณ สำหรับการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.1 รูปแบบการคำนวณวิธีซิมเพล็กซ์

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 84)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีปัญหาค่าสูงสุด)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ในกรณีปัญหาค่าสูงสุด จะเป็นปัญหาที่อยู่ในลักษณะที่ธุรกิจต้องการรายได้ กำไร หรือผลตอบแทน เป็นต้น (Sharma, 2017 : 103-110)

ตัวอย่างที่ 4.1 บริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ผู้บริหารบริษัทฯ จะต้องผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนอย่างละกี่ตัวจึงจะได้รับกำไรสูงสุด ซึ่งมีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือจำนวนของโต๊ะที่ทำการผลิต (ตัว)

X_2 คือจำนวนของเก้าอี้ที่ทำการผลิต (ตัว)

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 320X_1 + 240X_2$

เงื่อนไข $4X_1 + 2X_2 \leq 600$ แผ่น

$2X_1 + 4X_2 \leq 480$ ชั่วโมง

$X_1, X_2 \geq 0$

การหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ หรือการหาค่าของ X_1 และ X_2 ที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุด ซึ่งมีวิธีการหาผลลัพธ์ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาผลลัพธ์เบื้องต้น เป็นการตรวจสอบลักษณะของปัญหาให้เป็นไปตามเงื่อนไข หรือปรับให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน (Standard form) คือฟังก์ชันเงื่อนไขต้องมีรูปแบบเป็นสมการ โดยในกรณีที่เงื่อนไขเป็นอสมการเครื่องหมาย $\leq$ ให้บวกตัวแปรส่วนขาด (Slack variable) เช่น จาก $3X_1 + X_2 \leq 100$ เปลี่ยนเป็น $3X_1 + X_2 + S_1 = 100$ เป็นต้น ส่วนกรณีที่เงื่อนไขเป็นอสมการเครื่องหมาย $\geq$ ให้ลบตัวแปรส่วนเกิน (Surplus variable) เช่น จาก $X_1 + 4X_2 \geq 150$ เปลี่ยนเป็น $X_1 + 4X_2 - S_2 = 150$ เป็นต้น ทั้งนี้หากตัวแปรส่วนขาด หรือตัวแปรส่วนเกินมีค่าเป็นศูนย์ ($S_i = 0$) จะหมายถึงการใช้ทรัพยากรที่ i หมดพอดี และหากตัวแปรส่วนขาด หรือตัวแปรส่วนเกินมีค่ามากกว่าศูนย์ ($S_i > 0$) จะหมายถึงยังมีทรัพยากรที่ i เหลืออยู่ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มตัว

แปรส่วนขาด หรือตัวแปรส่วนเกินในเงื่อนไขแล้ว จะต้องเพิ่มตัวแปรเหล่านี้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วย โดยที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (จิราภรณ์ สุธรรมสภา, 2558 : 22-27)

จากตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 4.1 สามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานได้ดังนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = 320X_1 + 240X_2 + 0S_1 + 0S_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 4X_1 + 2X_2 + S_1 = 600$$

$$2X_1 + 4X_2 + S_2 = 480$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2 \geq 0$$

ภายหลังจากการปรับตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นให้เป็นรูปแบบมาตรฐานแล้ว จากนั้นทำการแบ่งตัวแปรออกทั้งหมดเป็น 2 ชนิดคือตัวแปรมูลฐาน (basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นบวก หรือ S_1 และ $S_2 > 0$ และตัวแปรไม่มูลฐาน (Non-basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นศูนย์ หรือ X_1 และ $X_2 = 0$ กล่าวคือเมื่อยังไม่มีการผลิตโต๊ะและเก้าอี้ จะยังเหลือทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตเต็มจำนวนคือไม้จำนวน 600 แผ่น และเวลาจำนวน 480 ชั่วโมง โดยพิจารณาได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 4X_1 + 2X_2 + S_1 = 600$$

$$\text{เมื่อ } X_1 \text{ และ } X_2 = 0 \text{ จะได้ } 4(0) + 2(0) + S_1 = 600$$

$$S_1 = 600$$

$$\text{และในทำนองเดียวกันจะได้}$$

$$S_2 = 480$$

ดังนั้นผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $S_1 = 600$, $S_2 = 480$, $X_1 = 0$ และ $X_2 = 0$ ซึ่งจะช่วยให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับศูนย์ ($Z = 0$) เนื่องจากยังไม่มีการผลิตโต๊ะและเก้าอี้ออกจำหน่ายจึงมีกำไรเป็นศูนย์ หรือเปรียบเทียบกับวิธีการที่ได้ว่าเป็นจุดยอด (0, 0) ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นสามารถนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขมาสร้างเป็นตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.1

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_1	0	S_1	4	2	1	0	600
R_2	0	S_2	2	4	0	1	480
		Z_j	0	0	0	0	0
		$C_j - Z_j$	320	240	0	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก จิราภรณ์ สุธรรมสภา (2558 : 26)

จากตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์ต่างๆ มีความหมายดังต่อไปนี้

- แถวอน C_j คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งในตัวอย่างที่ 4.1 คือกำไรจากการจำหน่ายโต๊ะและเก้าอี้อย่างละ 1 ตัว
- แถวตั้ง basis คือตัวแปรมูลฐาน ซึ่งในผลลัพธ์เบื้องต้นคือตัวแปรส่วนขาด S_1 และ S_2
- แถวตั้ง C_b คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมูลฐานในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งในผลลัพธ์เบื้องต้นมีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งหมด
- แถวตั้ง b_i คือผลลัพธ์ หรือค่าทางขวามือของฟังก์ชันเงื่อนไขในแต่ละข้อ
- แถวตั้ง R_i คือจำนวนของฟังก์ชันเงื่อนไข ซึ่งในตัวอย่างที่ 4.1 มีเงื่อนไข 2 ข้อ ดังนั้นจึงมี 2 แถวคือ R_1 และ R_2 โดยที่แต่ละแถวคือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อ
- แถวอน Z_j คือค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง เมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย หรือในกรณีที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันต้นทุนจะหมายถึงค่าเสียโอกาส หรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ซึ่งในผลลัพธ์เบื้องต้น พบว่าไม่มีค่าเสียโอกาสเพิ่มขึ้น หากมีการเพิ่มตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย เนื่องจาก Z_j ของตัวแปรทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์

ทั้งนี้ค่า Z_j คำนวณได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมูลฐานในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (C_b) กับค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรในฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 0(4) + 0(2) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 0(2) + 0(4) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 0(1) + 0(0) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = 0(0) + 0(1) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = 0(600) + 0(480) = 0$$

จากค่า Z_1 อธิบายได้ว่าการผลิตโต๊ะเพิ่มขึ้น 1 ตัวจะต้องใช้ไม้ 4 แผ่น และใช้เวลา 2 ชั่วโมง หรือลดค่า S_1 ลง 4 หน่วยและลดค่า S_2 ลง 2 หน่วย แต่ค่าสัมประสิทธิ์ของทั้ง S_1 และ S_2 ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งไม่ได้ทำกำไรให้กับบริษัทฯ ดังนั้นการผลิตโต๊ะเพิ่มขึ้น 1 ตัวไม่ได้ทำให้กำไรของบริษัทฯ ลดลง หรือไม่มีค่าเสียโอกาสในการผลิตโต๊ะ ส่วน Z_2 อธิบายได้ในทำนองเดียวกัน ดังนั้นกำไรรวมของผลลัพธ์เบื้องต้นจึงมีค่าเท่ากับศูนย์ (Z_5)

แถวตอน $C_j - Z_j$ คือกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย หรือในกรณีที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันต้นทุนจะหมายถึงค่าเสียโอกาสหรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ซึ่งในผลลัพธ์เบื้องต้น พบว่า หากผลิตโต๊ะ (X_1) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้บริษัท มีกำไรเพิ่มขึ้น 320 บาท ($320 - 0$) และหากผลิตเก้าอี้ (X_2) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้บริษัท มีกำไรเพิ่มขึ้น 240 บาท ($240 - 0$) ในขณะที่หากใช้ทรัพยากร S_1 และ S_2 เพิ่มขึ้น กำไรของบริษัท จะไม่เปลี่ยนแปลง

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมูลฐานในฟังก์ชันเงื่อนไขมีลักษณะเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นการพิจารณาจากผลลัพธ์ในเบื้องต้น และผลลัพธ์อื่นๆ ที่ได้จากการปรับผลลัพธ์ใหม่ว่ามีความเหมาะสมที่สุดหรือไม่ หรือเปรียบเทียบกับวิธีกราฟได้ว่ามีจุดยอดอื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกว่าหรือไม่ กล่าวคือผลลัพธ์นั้นมีกำไรสูงสุดหรือยังในกรณีที่ต้องการหาค่าสูงสุด หรือมีต้นทุนต่ำสุดหรือยังในกรณีที่ต้องการหาค่าต่ำสุด (อุดมศักดิ์ ศิลปะชาวงศ์, 2558 : 194-195)

ทั้งนี้หลักการในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์เหมาะสมหรือไม่นั้น จะพิจารณาจากค่า $C_j - Z_j$ ซึ่งในกรณีที่ปัญหาทางธุรกิจ หรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าสูงสุด ค่า $C_j - Z_j$ จะต้องมีความน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์หมดทุกค่าเท่านั้น จึงจะสรุปได้ว่าผลลัพธ์ที่แสดงอยู่นั้นมีความเหมาะสม ส่วนในกรณีที่ปัญหาทางธุรกิจ หรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าต่ำสุด ค่า $C_j - Z_j$ จะต้องมีความมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์หมดทุกค่าเท่านั้น จึงจะสรุปได้ว่าผลลัพธ์ที่แสดงอยู่นั้นมีความเหมาะสม

จากตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นการหาค่าสูงสุด โดยผลลัพธ์เบื้องต้นพบว่าค่า $C_j - Z_j$ ที่มีค่าเป็นบวก ได้แก่ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_1 เท่ากับ 320 และค่า $C_j - Z_j$ ของ X_2 เท่ากับ 240 อธิบายได้ว่าหากผลิตโต๊ะ (X_1) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้บริษัท มีกำไรเพิ่มขึ้น 320 บาท และหากผลิตเก้าอี้ (X_2) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้บริษัท มีกำไรเพิ่มขึ้น 240 บาท จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.1 ยังไม่เหมาะสม จะต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป เนื่องจากยังสามารถผลิตโต๊ะและเก้าอี้มาจำหน่ายได้เพิ่มขึ้น เพื่อกำไรที่บริษัท จะได้รับเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม หากผลลัพธ์ที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมแล้ว จะสามารถสรุปผลลัพธ์ได้ในขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 3 การปรับผลลัพธ์ใหม่ เป็นการปรับผลลัพธ์ให้ดีขึ้น โดยพิจารณาตัวแปรมูลฐานและไม่มูลฐานว่าควรสลับกันอย่างไร ซึ่งตัวแปรไม่มูลฐานตัวใดควรจะเป็นตัวมูลฐาน ซึ่งเรียกว่าตัวแปรเข้า (Entering variable) และตัวมูลฐานตัวใดควรสลับที่กับตัวไม่มูลฐาน ซึ่งเรียกว่าตัวแปรออก (Leaving variable) โดยในการสลับที่กันของตัวแปรมูลฐานและไม่มูลฐานจะต้องทำให้ค่า

ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงขึ้นในกรณีที่ต้องการหาค่าสูงสุด หรือทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ลดลงในกรณีที่ต้องการหาค่าต่ำสุด และเมื่อสลับที่กันแล้วผลลัพธ์จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ทั้งนี้ในการสลับตัวแปรมูลฐานและไม่มูลฐานจะทำได้ครั้งละ 1 ตัวแปร และมีขั้นตอนในการปรับผลลัพธ์ใหม่นี้ (สุปัญญา ไชยชาญ, 2553 : 171-174; Hillier & Lieberman, 2015 : 102-111)

1. การเลือกตัวแปรเข้า เป็นการเลือกตัวแปรไม่มูลฐานเข้าในแถว Basis โดยพิจารณาจากค่า $C_j - Z_j$ ซึ่งในกรณีที่ปัญหาทางธุรกิจ หรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าสูงสุด จะเลือกตัวแปรเข้าจากค่า $C_j - Z_j$ ที่มากที่สุด เนื่องจากการเพิ่มตัวแปรดังกล่าวแล้วจะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือกำไรเพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีที่ปัญหาทางธุรกิจ หรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าต่ำสุด จะเลือกตัวแปรเข้าจากค่า $C_j - Z_j$ ที่น้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มตัวแปรดังกล่าวแล้วจะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือต้นทุนลดลง และจากตารางที่ 4.1 จึงเลือกตัวแปร X_1 เป็นตัวแปรเข้า เนื่องจากผลลัพธ์เบื้องต้นยังไม่มีการผลิตทั้งโต๊ะและเก้าอี้ (X_1 และ $X_2 = 0$) ซึ่งถ้าเลือกผลิตโต๊ะ (X_1) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้น 320 บาท ซึ่งมากกว่าการผลิตเก้าอี้ (X_2) เพิ่มขึ้น 1 ตัว ที่จะทำให้บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้นเพียง 240 บาท

2. การเลือกตัวแปรออก เป็นการเลือกตัวแปรมูลฐานออกจากแถว Basis เพื่อสลับกับตัวแปรเข้า โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างค่าทางขวามือของฟังก์ชันเงื่อนไขในแต่ละข้อ (b_i) กับค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันเงื่อนไขแต่ละข้อของตัวแปรเข้าที่มีค่าต่ำที่สุดเป็นตัวแปรออก ทั้งนี้ในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบไม่ต้องพิจารณา เนื่องจากจะทำให้ค่าของตัวแปรที่ตัดสินใจตัดสินใจ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน และจากตารางที่ 4.1 จึงเลือกตัวแปร S_1 เป็นตัวแปรออก ซึ่งแสดงวิธีการพิจารณาได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.1

		C_j	320	240	0	0		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i	อัตราส่วน
R_1	0	S_1	4	2	1	0	600	$600/4 = 150$
R_2	0	S_2	2	4	0	1	480	$480/2 = 240$
		Z_j	0	0	0	0	0	
		$C_j - Z_j$	320	240	0	0		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 108)

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 150 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 คือ ความจำกัดของไม้ที่ใช้ในการผลิต และหากใช้ไม้ทั้งหมดมาผลิตได้จะผลิตได้เพียง 150 ตัว ดังนั้นการเลือก S_1 เป็นตัวแปรออก หมายถึงการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างเต็มที่ หรือทำให้เป็นตัวแปรไม่มูลฐานที่มีค่าเท่ากับศูนย์ ($S_1 = 0$) ซึ่งจากทั้ง 2 ขั้นตอนข้างต้นสรุปได้ว่าเลือก X_1 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก S_1 เป็นตัวแปรออก หรือนำ X_1 สลับแทน S_1 ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างจุดตัดของตัวแปรเข้า และตัวแปรออก หรือจุดตัดระหว่างแกนตั้งกับแกนนอน หรือตัวเลขในกรอบ เรียกว่าค่านี้ว่าเป็นจุดหมุน (Pivot element) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 ดังตารางที่ 4.2

3. การปรับผลลัพธ์ เป็นการคำนวณผลลัพธ์ใหม่ภายหลังจากการสลับตัวแปรมูลฐานและไม่มูลฐาน โดยใช้วิธีการทางพีชคณิต เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมูลฐานของผลลัพธ์ใหม่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ กล่าวคือจะต้องทำให้ค่าที่จุดหมุนมีค่าเป็นหนึ่ง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์อื่นๆ มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งจากตารางที่ 4.2 จึงต้องทำให้เลข 4 เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_1 มีค่าเป็นศูนย์ ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรมูลฐานในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (C_b) ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

3.1 ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 4 หารทุกค่าในแถว R_1 จะได้แถว R_1 ใหม่ (R'_1) ดังนี้

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	320	X_1	4/4	2/4	1/4	0/4	600/4

ซึ่งจะได้แถว R'_1 ในตารางผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ดังนี้

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	320	X_1	1	0.5	0.25	0	150

3.2 ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_1 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 2 คูณกับแถว R'_1 และนำแถว R_2 มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_2 ใหม่ (R'_2) ดังนี้ ($R'_2 = R_2 - 2R'_1$)

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_2	0	S_2	2	4	0	1	480
$2R'_1$	320	X_1	2	1	0.5	0	300
R'_2	0	S_2	0	3	-0.5	1	180

3.3 คำนวณค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง (Z_j) และกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 320(1) + 0(0) = 320$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 320(0.5) + 0(3) = 160$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 320(0.25) + 0(-0.5) = 80$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = 320(0) + 0(1) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของผลลัพธ์ (} b_i \text{)} = 320(150) + 0(180) = 48,000$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.1

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	320	X_1	1	0.5	0.25	0	150
R'_2	0	S_2	0	3	-0.5	1	180
		Z_j	320	160	80	0	48,000
		$C_j - Z_j$	0	80	-80	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 110)

จากตารางที่ 4.3 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ หรือดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของผลลัพธ์ โดยจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 พบว่าค่า $C_j - Z_j$ ยังมีค่าเป็นบวกคือ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_2 เท่ากับ 80 อธิบายได้ว่าหากผลิตเก้าอี้ (X_2) เพิ่มขึ้น 1 ตัว จะทำให้

บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้นได้อีก 80 บาท จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.3 ยังไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งหนึ่งดังนี้

เลือกตัวแปรเข้า จากตารางที่ 4.3 จึงเลือกตัวแปร X_2 เป็นตัวแปรเข้า เนื่องจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 มีการผลิตโต๊ะอย่างเดียวย 150 ตัว ($X_1 = 150$) ซึ่งถ้าเลือกผลิตเก้าอี้ (X_2) เพิ่มขึ้น 1 ตัว ที่จะทำให้บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้นได้อีก 80 บาท

เลือกตัวแปรออก จากตารางที่ 4.3 จึงเลือกตัวแปร S_2 เป็นตัวแปรออก เนื่องจากอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 60 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 2 คือความจำกัดของเวลาที่ใช้ในการผลิต และหากใช้เวลาที่เหลือมาผลิตเก้าอี้จะผลิตได้เพียง 60 ตัว ดังนั้นการเลือก S_2 เป็นตัวแปรออก หมายถึงการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างเต็มที่ หรือทำให้เป็นตัวแปรไม่มูลฐานที่มีค่าเท่ากับศูนย์ ($S_2 = 0$) ซึ่งสรุปได้ว่าเลือก X_2 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก S_2 เป็นตัวแปรออก หรือนำ X_2 สลับแทน S_2 ซึ่งแสดงวิธีการพิจารณาได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.1

		C_j	320	240	0	0		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i	อัตราส่วน
R'_1	320	X_1	1	0.5	0.25	0	150	$150/0.5 = 300$
R'_2	0	S_2	0	3	-0.5	1	180	$180/3 = 60$
	Z_j		320	160	80	0	48,000	
	$C_j - Z_j$		0	80	-80	0		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 111)

การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.4 จึงต้องทำให้เลข 3 เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 3 หารทุกค่าในแถว R'_2 จะได้แถว R'_2 ใหม่ (R''_2) ดังนี้

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R''_2	240	X_2	$0/3$	$3/3$	$-0.5/3$	$1/3$	$180/3$

ซึ่งจะได้แถว R_2'' ในตารางผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ดังนี้

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_2''	240	X_2	0	1	-0.167	0.333	60

ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 0.5 คูณกับแถว R_2'' และนำแถว R_1' มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_1' ใหม่ (R_1'') ดังนี้ ($R_1'' = R_1' - 0.5 R_2''$)

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_1'	320	X_1	1	0.5	0.25	0	150
$0.5 R_2''$	240	X_2	0	0.5	-0.084	0.167	30
R_1''	320	X_1	1	0	0.334	-0.167	120

คำนวณค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง (Z_j) และกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 320(1) + 240(0) = 320$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 320(0) + 240(1) = 240$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 320(0.334) + 240(-0.167) = 66.8$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = 320(-0.167) + 240(0.333) = 26.48$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = 320(120) + 240(60) = 52,800$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.1

		C_j	320	240	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_1''	320	X_1	1	0	0.334	-0.167	120
R_2''	240	X_2	0	1	-0.167	0.333	60
		Z_j	320	240	66.8	26.48	52,800
		$C_j - Z_j$	0	0	-66.8	-26.48	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 111)

จากตารางที่ 4.5 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ หรือดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของผลลัพธ์ โดยจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 พบว่าไม่มีค่า $C_j - Z_j$ ที่เป็นบวก จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.5 มีความเหมาะสมแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ $X_1 = 120$, $X_2 = 60$, $S_1 = 0$ และ $S_2 = 0$ โดยให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุดคือ $Z = 52,800$ ดังนั้นการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ควรผลิตโต๊ะจำนวน 120 ตัวต่อเดือน และผลิตเก้าอี้จำนวน 60 ตัวต่อเดือน จึงจะทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไรสูงสุดคือ 52,800 บาท โดยใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือบริษัทฯ ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งไม้และเวลาหมดพอดี (S_1 และ $S_2 = 0$) (สุปัญญา ไชยชาญ, 2553 : 173-174)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีปัญหาค่าต่ำสุด)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ในกรณีปัญหาค่าต่ำสุด จะเป็นปัญหาที่อยู่ในลักษณะที่ธุรกิจต้องการต้นทุน ค่าใช้จ่าย หรือความเสี่ยง เป็นต้น (รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์, 2556 : 45-46)

ตัวอย่างที่ 4.2 กำหนดตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 6X_1 - 3X_2$

เงื่อนไข $2X_1 + 4X_2 \leq 16$

$4X_1 + 3X_2 \leq 24$

$X_1, X_2 \geq 0$

ขั้นตอนที่ 1 การหาผลลัพธ์เบื้องต้น

จากตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 4.2 สามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 6X_1 - 3X_2 + 0S_1 + 0S_2$

เงื่อนไข $2X_1 + 4X_2 + S_1 = 16$

$4X_1 + 3X_2 + S_2 = 24$

$X_1, X_2, S_1, S_2 \geq 0$

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นสามารถนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขมาสร้างเป็นตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.2

		C_j	6	-3	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_1	0	S_1	2	4	1	0	16
R_2	0	S_2	4	3	0	1	24
		Z_j	0	0	0	0	0
		$C_j - Z_j$	6	-3	0	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรุณรักษ์ (2556 : 45)

จากตารางที่ 4.6 สามารถสรุปผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $S_1 = 16$, $S_2 = 24$, $X_1 = 0$ และ $X_2 = 0$ ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับศูนย์ ($Z = 0$)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบผลลัพธ์

จากตัวอย่างที่ 4.2 ซึ่งเป็นการหาค่าต่ำสุด โดยผลลัพธ์เบื้องต้นพบว่าค่า $C_j - Z_j$ ที่มีค่าเป็นลบ ได้แก่ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_2 เท่ากับ -3 จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.6 ยังไม่เหมาะสม จะต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การปรับผลลัพธ์ใหม่

เป็นการปรับผลลัพธ์ให้ดีขึ้น และมีขั้นตอนในการปรับผลลัพธ์ใหม่ดังนี้ (รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรุณรักษ์, 2556 : 46)

1. การเลือกตัวแปรเข้า จากตัวอย่างที่ 4.2 ซึ่งเป็นการหาค่าต่ำสุด จะพิจารณาจากค่า $C_j - Z_j$ ที่น้อยที่สุด และจากตารางที่ 4.6 จึงเลือกตัวแปร X_2 เป็นตัวแปรเข้า

2. การเลือกตัวแปรออก โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างค่าทางขวามือของฟังก์ชันเงื่อนไขในแต่ละข้อ (b_i) กับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_2 และจากตารางที่ 4.6 จึงเลือกตัวแปร S_1 เป็นตัวแปรออก ซึ่งแสดงวิธีการพิจารณาได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.2

		C_j	6	-3	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_1	0	S_1	2	4	1	0	16
R_2	0	S_2	4	3	0	1	24
		Z_j	0	0	0	0	0
		$C_j - Z_j$	6	-3	0	0	

อัตราส่วน

 $16/4 = 4$ $24/3 = 8$

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์ (2556 : 45)

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 4 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 และจากทั้ง 2 ขั้นตอนข้างต้นสรุปได้ว่าเลือก X_2 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก S_1 เป็นตัวแปรออก โดยมีจุดหมุนซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 ดังตารางที่ 4.7

3. การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.7 จึงต้องทำให้เลข 4 เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

3.1 ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 4 หารทุกค่าในแถว R_1 จะได้แถว R_1 ใหม่ (R'_1) ดังนี้

		C_j	6	-3	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	-3	X_2	2/4	4/4	1/4	0/4	16/4

ซึ่งจะได้แถว R'_1 ในตารางผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ดังนี้

		C_j	6	-3	0	0	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	-3	X_2	0.5	1	0.25	0	4

3.2 ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 3 คูณกับแถว R'_1 และนำแถว R_2 มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_2 ใหม่ (R'_2) ดังนี้ ($R'_2 = R_2 - 3 R'_1$)

		C_j	6	-3	0	0	
R_1	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R_2	0	S_2	4	3	0	1	24
$3 R'_1$	-3	X_2	1.5	3	0.75	0	12
R'_2	0	S_2	2.5	0	-0.75	1	12

3.3 คำนวณค่าเสียโอกาส หรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Z_j) และต้นทุนที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = -3(0.5) + 0(2.5) = -4.5$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = -3(1) + 0(0) = -3$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = -3(0.25) + 0(-0.75) = -0.75$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = -3(0) + 0(1) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = -3(4) + 0(12) = -12$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.2

		C_j	6	-3	0	0	
R_1	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	b_i
R'_1	-3	X_2	0.5	1	0.25	0	4
R'_2	0	S_2	2.5	0	-0.75	1	12
		Z_j	-4.5	-3	-0.75	0	-12
		$C_j - Z_j$	10.5	0	0.75	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ และพรธิภา องค์กรรักษ์ (2556 : 45)

จากตารางที่ 4.8 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ และจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 พบว่าไม่มีค่า $C_j - Z_j$ ที่เป็นลบ จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.8 มีความเหมาะสมแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ X_1

$= 0$, $X_2 = 4$, $S_1 = 0$ และ $S_2 = 12$ โดยให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่ำสุดคือ $Z = -12$ (รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรุณารักษ์ณ, 2556 : 46)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (กรณีมีตัวแปรเทียม)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ในกรณีที่มีตัวแปรเทียม เกิดจากฟังก์ชันเงื่อนไขมีเครื่องหมายมากกว่าหรือเท่ากับ ($\geq$) ซึ่งในการปรับให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน (Standard form) เพื่อแสดงผลลัพธ์เบื้องต้น จะต้องเปลี่ยนอสมการให้เป็นสมการได้ด้วยการลบตัวแปรส่วนเกิน (Surplus variable) หรือในกรณีที่เงื่อนไขมีเครื่องหมายเท่ากับ ซึ่งเป็นสมการอยู่แล้วไม่ต้องเปลี่ยนเครื่องหมาย อย่างไรก็ตาม รูปแบบทั้ง 2 ไม่สามารถแสดงผลลัพธ์เบื้องต้นได้ เนื่องจากตัวแปรในผลลัพธ์เบื้องต้นอาจมีค่าเป็นลบ ซึ่งจะขัดแย้งกับข้อจำกัด ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553 : 77-79)

ตัวอย่างที่ 4.3 กำหนดรูปแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize } Z = 4X_1 + 3X_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + 3X_2 \geq 12$$

$$3X_1 + 4X_2 \geq 24$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

จากตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 4.3 สามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานได้ดังนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize } Z = 4X_1 + 3X_2 + 0S_1 + 0S_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + 3X_2 - S_1 = 12$$

$$3X_1 + 4X_2 - S_2 = 24$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2 \geq 0$$

จากการปรับตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน สามารถระบุตัวแปรมูลฐาน (basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นบวก หรือ S_1 และ $S_2 > 0$ และตัวแปรไม่มูลฐาน (Non-basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นศูนย์ หรือ X_1 และ $X_2 = 0$ ได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 2X_1 + 3X_2 - S_1 = 12$$

$$\text{เมื่อ } X_1 \text{ และ } X_2 = 0 \text{ จะได้ } 2(0) + 3(0) - S_1 = 12$$

$$-S_1 = 12 \text{ หรือ } S_1 = -12$$

$$\text{และในทำนองเดียวกันจะได้} \quad S_2 = -24$$

จาก $S_1 = -12$ และ $S_2 = -24$ ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อจำกัดที่ระบุว่า S_1 และ $S_2 \geq 0$ ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ตัวแปรอื่นเพิ่มเติมที่เรียกว่าตัวแปรเทียม (Artificial variable) เพื่อช่วยในการพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้น ซึ่งใช้ร่วมกับตัวแปรส่วนเกินในเงื่อนไขที่มีเครื่องหมายมากกว่าหรือเท่ากับ โดยจะ

บวกตัวแปรเทียมเพิ่มในสมการเงื่อนไข ซึ่งตัวแปรเทียมที่เพิ่มเติมทั้งหมดจะเป็นตัวแปรมูลฐานในตารางผลลัพธ์เบื้องต้น โดยพิจารณาได้ดังนี้

$$\text{จากเงื่อนไขข้อที่ 1} \quad 2X_1 + 3X_2 - S_1 = 12$$

$$\text{เป็น} \quad 2X_1 + 3X_2 - S_1 + A_1 = 12$$

เมื่อ X_1, X_2 และ $S_1 = 0$ จะได้

$$2(0) + 3(0) - (0) + A_1 = 12 \text{ หรือ } A_1 = 12$$

$$\text{จากเงื่อนไขข้อที่ 2} \quad 3X_1 + 4X_2 - S_2 = 24$$

$$\text{เป็น} \quad 3X_1 + 4X_2 - S_2 + A_2 = 24$$

เมื่อ X_1, X_2 และ $S_2 = 0$ จะได้

$$3(0) + 4(0) - (0) + A_2 = 24 \text{ หรือ } A_2 = 24$$

ดังนั้นผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $A_1 = 12, A_2 = 24, S_1 = 0, S_2 = 0, X_1 = 0$ และ $X_2 = 0$ ทั้งนี้การเพิ่มตัวแปรเทียมเหล่านี้จะช่วยให้การแสดงผลลัพธ์เบื้องต้นเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดนั้น ตัวแปรเทียมควรมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิค หรือวิธีการพิเศษที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาเพื่อเปลี่ยนตัวแปรเทียมจากตัวแปรมูลฐานเป็นตัวแปรไม่มูลฐานที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากคือ วิธี Big M

สำหรับวิธี Big M จะกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเทียมในฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเป็น M โดยที่ค่า M คือค่าคงที่ที่มีค่าสูง ($M \rightarrow \infty$) และจะมีค่าเป็นบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังนี้ (Taha, 2017 : 112)

กรณีปัญหาค่าสูงสุด จะพิจารณาด้วยค่า $-M$

กรณีปัญหาค่าต่ำสุด จะพิจารณาด้วยค่า $+M$

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มตัวแปรส่วนเกิน และตัวแปรเทียมในเงื่อนไขแล้ว จะต้องเพิ่มตัวแปรเหล่านี้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วย โดยที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และตัวอย่างที่ 4.3 จากสามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานให้มีตัวแปรเทียมได้ดังนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize } Z = 4X_1 + 3X_2 + 0S_1 + 0S_2 + MA_1 + MA_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + 3X_2 - S_1 + A_1 = 12$$

$$3X_1 + 4X_2 - S_2 + A_2 = 24$$

$$X_1, X_2, S_1, S_2, A_1, A_2 \geq 0$$

สำหรับการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ รวมไปถึงหลักการต่างๆ ทั้งการตรวจสอบผลลัพธ์ และการปรับผลลัพธ์ใหม่ ในกรณีที่ไม่มีตัวแปรเทียมสามารถดำเนินการเช่นเดียวกันกับกรณีที่ไม่มีตัวแปรเทียม ดังนั้นการหาค่าของ X_1 และ X_2 ที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าต่ำสุด ซึ่งมีวิธีการหาผลลัพธ์ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาผลลัพธ์เบื้องต้น

จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขมาสร้างเป็นตารางผลลัพธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.3

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R_1	M	A_1	2	3	-1	0	1	0	12
R_2	M	A_2	3	4	0	-1	0	1	24
		Z_j	5M	7M	-M	-M	M	M	36M
		$C_j - Z_j$	4-5M	3-7M	M	M	0	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 113)

จากตารางที่ 4.9 สามารถสรุปผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $A_1 = 12$, $A_2 = 24$, $S_1 = 0$, $S_2 = 0$, $X_1 = 0$ และ $X_2 = 0$ ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ $36M$ ($Z = 36M$)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบผลลัพธ์

จากตัวอย่างที่ 4.3 ซึ่งเป็นการหาค่าต่ำสุด โดยผลลัพธ์เบื้องต้นพบว่าค่า $C_j - Z_j$ ที่มีค่าเป็นลบ ได้แก่ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_1 เท่ากับ $4-5M$ และค่า $C_j - Z_j$ ของ X_2 เท่ากับ $3-7M$ จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.9 ยังไม่เหมาะสม จะต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การปรับผลลัพธ์ใหม่

เป็นการปรับผลลัพธ์ให้ดีขึ้น และมีขั้นตอนในการปรับผลลัพธ์ใหม่ดังนี้ (รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรรักษณณ์, 2556 : 51-52)

1. การเลือกตัวแปรเข้า จากตัวอย่างที่ 4.3 ซึ่งเป็นการหาค่าต่ำสุด จะพิจารณาจากค่า $C_j - Z_j$ ที่น้อยที่สุด ทั้งนี้จากค่า M มีค่ามาก (อนันต์) ดังนั้น S_1 และ S_2 จะมีค่ามากกว่าศูนย์ และจากตารางที่ 4.9 ค่า $3-7M$ ของ X_2 จึงมีค่าติดลบมากกว่าค่า $4-5M$ ของตัวแปร X_1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าตัวแปร X_2 มีค่าน้อยที่สุดจึงเลือกตัวแปร X_2 เป็นตัวแปรเข้า

2. การเลือกตัวแปรออก โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างค่าทางขวามือของฟังก์ชันเงื่อนไขในแต่ละข้อ (b_i) กับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_2 และจากตารางที่ 4.9 จึงเลือกตัวแปร A_1 เป็นตัวแปรออก เนื่องจากอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 4 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 และจากทั้ง 2 ขั้นตอนข้างต้น

สรุปได้ว่าเลือก X_2 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก A_1 เป็นตัวแปรออก โดยมีจุดหมุนซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.3

		C_j	4	3	0	0	M	M		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i	อัตราส่วน
R_1	M	A_1	2	3	-1	0	1	0	12	$12/3 = 4$
R_2	M	A_2	3	4	0	-1	0	1	24	$24/4 = 6$
		Z_j	5M	7M	-M	-M	M	M	36M	
		$C_j - Z_j$	4-5M	3-7M	M	M	0	0		

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรักษ์ณ (2556 : 52)

3. การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.10 จึงต้องทำให้เลข 3 เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

3.1 ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 3 หารทุกค่าในแถว R_1 จะได้แถว R_1 ใหม่ (R'_1) ดังนี้

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R'_1	3	X_2	2/3	3/3	-1/3	0/3	1/3	0/3	12/3

ซึ่งจะได้แถว R'_1 ในตารางผลลัพธ์ใหม่อรอบที่ 1 ดังนี้

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R'_1	3	X_2	2/3	1	-1/3	0	1/3	0	4

3.2 ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 4 คูณกับแถว R'_1 และนำแถว R_2 มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_2 ใหม่ (R'_2) ดังนี้ ($R'_2 = R_2 - 4 R'_1$)

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R_2	M	A_2	3	4	0	-1	0	1	24
$4 R'_1$	3	X_2	8/3	4	-4/3	0	4/3	0	16
R'_2	M	A_2	1/3	0	4/3	-1	-4/3	1	8

3.3 คำนวณค่าเสียโอกาส หรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Z_j) และต้นทุนที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 3(2/3) + M(1/3) = \frac{6+M}{3}$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 3(1) + M(0) = 3$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 3(-1/3) + M(4/3) = \frac{4M-3}{3}$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = 3(0) + M(-1) = -M$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของตัวแปร } A_1 = 3(1/3) + M(-4/3) = \frac{3-4M}{3}$$

$$\text{ค่า } Z_6 \text{ ของตัวแปร } A_2 = 3(0) + M(1) = M$$

$$\text{ค่า } Z_7 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = 3(4) + M(8) = 12+8M$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.3

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R'_1	3	X_2	2/3	1	-1/3	0	1/3	0	4
R'_2	M	A_2	1/3	0	4/3	-1	-4/3	1	8
		Z_j	$\frac{6+M}{3}$	3	$\frac{4M-3}{3}$	-M	$\frac{3-4M}{3}$	M	12+8M
		$C_j - Z_j$	$\frac{6-M}{3}$	0	$\frac{3-4M}{3}$	M	$\frac{7M-3}{3}$	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรรักษณณ์ (2556 : 52)

จากตารางที่ 4.11 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ และจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 พบว่าค่า $C_j - Z_j$ ยังมีค่าเป็นลบคือ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_1 เท่ากับ $\frac{6-M}{3}$ และค่า $C_j - Z_j$ ของ S_1 เท่ากับ $\frac{3-4M}{3}$ จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.11 ยังไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งหนึ่งดังนี้

เลือกตัวแปรเข้า จากตารางที่ 4.11 ค่า $\frac{3-4M}{3}$ ของ S_1 มีค่าติดลบมากกว่าค่า $\frac{6-M}{3}$ ของ X_1 จึงเลือกตัวแปร S_1 เป็นตัวแปรเข้า

เลือกตัวแปรออก จากตารางที่ 4.11 จึงเลือกตัวแปร A_2 เป็นตัวแปรออก เนื่องจากอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ $10\frac{2}{3}$ เป็นเงื่อนไขข้อที่ 2 ส่วนเงื่อนไขข้อที่ไม่ได้คำนวณเนื่องจากมีค่าเป็นลบซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเลือก S_1 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก A_2 เป็นตัวแปรออก โดยมีจุดหมุนซึ่งมีค่าเท่ากับ $4/3$ ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.3

		C_j	4	3	0	0	M	M		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i	อัตราส่วน
R'_1	3	X_2	2/3	1	-1/3	0	1/3	0	4	ไม่คำนวณ
R'_2	M	A_2	1/3	0	4/3	-1	-4/3	1	8	$8\frac{4}{3} = 10\frac{2}{3}$
		Z_j	$\frac{6+M}{3}$	3	$\frac{4M-3}{3}$	-M	$\frac{3-4M}{3}$	M	12+8M	
		$C_j - Z_j$	$\frac{6-M}{3}$	0	$\frac{3-4M}{3}$	M	$\frac{7M-3}{3}$	0		

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิรักษ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรักษ์ณ์ (2556 : 52)

การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.12 จึงต้องทำให้เลข $4/3$ เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง S_1 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ $3/4$ คูณทุกค่าในแถว R'_2 จะได้แถว R''_2 ใหม่ (R''_2) ดังนี้

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R''_2	0	S_1	$\frac{1}{3} \times \frac{3}{4}$	$0 \times \frac{3}{4}$	$\frac{4}{3} \times \frac{3}{4}$	$-1 \times \frac{3}{4}$	$-\frac{4}{3} \times \frac{3}{4}$	$1 \times \frac{3}{4}$	$8 \times \frac{3}{4}$

ซึ่งจะได้แถว R''_2 ในตารางผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ดังนี้

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R''_2	0	S_1	1/4	0	1	-3/4	-1	3/4	6

ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง S_1 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ $1/3$ คูณกับแถว R''_2 และนำแถว R'_1 มาบวก ซึ่งจะได้แถว R'_1 ใหม่ (R''_1) ดังนี้ ($R''_1 = R'_1 - (1/3)R''_2$)

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R'_1	3	X_2	2/3	1	-1/3	0	1/3	0	4
(1/3)	0	S_1	1/12	0	1/3	-1/4	-1/3	1/4	2
R''_2									
R''_1	3	X_2	9/12	1	0	-1/4	0	1/4	6

คำนวณค่าเสียโอกาส หรือต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Z_j) และต้นทุนที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 3(9/12) + 0(1/4) = 9/4$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 3(1) + 0(0) = 3$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 3(0) + 0(1) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_2 = 3(-1/4) + 0(-3/4) = -3/4$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของตัวแปร } A_1 = 3(0) + 0(-1) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_6 \text{ ของตัวแปร } A_2 = 3(1/4) + 0(3/4) = 3/4$$

ค่า Z_7 ของผลลัพธ์ (b_i) = $3(6) + 0(6) = 18$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.3

		C_j	4	3	0	0	M	M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	S_1	S_2	A_1	A_2	b_i
R_1''	3	X_2	9/12	1	0	-1/4	0	1/4	6
R_2''	0	S_1	1/4	0	1	-3/4	-1	3/4	6
		Z_j	9/4	3	0	-3/4	0	3/4	18
		$C_j - Z_j$	7/4	0	0	3/4	M	M-0.75	

ที่มา: ปรับปรุงจาก รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์กรารักษ์ณ (2556 : 52)

จากตารางที่ 4.13 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ หรือดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของผลลัพธ์ โดยจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 พบว่าไม่มีค่า $C_j - Z_j$ ที่เป็นลบ จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.13 มีความเหมาะสมแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ $X_1 = 0$, $X_2 = 6$, $S_1 = 6$, $S_2 = 0$, $A_1 = 0$ และ $A_2 = 0$ โดยให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่ำสุดคือ $Z = 18$ กล่าวคือควรผลิตเฉพาะสินค้าชนิดที่ 2 จำนวน 6 หน่วย และใช้ทรัพยากรชนิดที่ 1 เกินกว่าที่มีอยู่จำนวน 6 หน่วย หรือต้องเพิ่มทรัพยากรชนิดที่ 1 อีก 6 หน่วย ทั้งนี้ตัวแปรเทียม $A_1 = 0$ และ $A_2 = 0$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.13 นั้นถูกต้อง (Taha, 2017 : 114)

ตัวอย่างที่ 4.4 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ในกรณีเงื่อนไข

เครื่องหมายเท่ากับ และกำหนดตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = X_1 + 2X_2 + 4X_3$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + X_2 + X_3 \leq 20$$

$$X_1 + 2X_2 + X_3 = 30$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

จากตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นของตัวอย่างที่ 4.4 สามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานได้ดังนี้ (Sharma, 2017 : 120-121; Bhunia, Sahoo, & Shaikh, 2019 : 62-66)

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = X_1 + 2X_2 + 4X_3 + 0S_1$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + X_2 + X_3 + S_1 = 20$$

$$X_1 + 2X_2 + X_3 = 30$$

$$X_1, X_2, X_3, S_1 \geq 0$$

จากการปรับตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน สามารถระบุตัวแปรมูลฐาน (basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นบวก หรือ $S_1 > 0$ และตัวแปรไม่มูลฐาน (Non-basis variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่าเป็นศูนย์ หรือ X_1, X_2 และ $X_3 = 0$ ได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 2X_1 + X_2 + X_3 + S_1 = 20$$

เมื่อ X_1, X_2 และ $X_3 = 0$ จะได้

$$2(0) + (0) + (0) + S_1 = 20 \text{ หรือ } S_1 = 20$$

จาก $S_1 = 20$ ซึ่งเป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 ส่วนเงื่อนไขข้อที่ 2 เป็นเครื่องหมายเท่ากับ จึงไม่ได้เพิ่มตัวแปรส่วนขาดหรือตัวแปรส่วนเกินเพื่อเปลี่ยนเครื่องหมายให้เป็นสมการ อย่างไรก็ตาม การแสดงผลลัพธ์เบื้องต้นจะต้องมีตัวแปรมูลฐานตามจำนวนของเงื่อนไขทุกข้อ ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ตัวแปรเทียม (Artificial variable) เพื่อช่วยในการพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้น โดยจะบวกตัวแปรเทียมเพิ่มในสมการเงื่อนไข ซึ่งตัวแปรเทียมที่เพิ่มเติมทั้งหมดจะเป็นตัวแปรมูลฐานในตารางผลลัพธ์เบื้องต้น โดยพิจารณาได้ดังนี้

$$\text{จากเงื่อนไขข้อที่ 2} \quad X_1 + 2X_2 + X_3 = 30$$

$$\text{เป็น} \quad X_1 + 2X_2 + X_3 + A_1 = 30$$

เมื่อ X_1, X_2 และ $X_3 = 0$ จะได้

$$(0) + 2(0) + (0) + A_1 = 30 \text{ หรือ } A_1 = 30$$

ดังนั้นผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $A_1 = 30, S_1 = 20, X_1 = 0, X_2 = 0$ และ $X_3 = 0$ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มตัวแปรเทียมในเงื่อนไขแล้ว จะต้องเพิ่มตัวแปรเหล่านี้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วย โดยที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และตัวอย่างที่ 4.4 จากสามารถปรับให้เป็นรูปแบบมาตรฐานให้มีตัวแปรเทียมได้ดังนี้ (Bhunia et al., 2019 : 63)

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = X_1 + 2X_2 + 4X_3 + 0S_1 - MA_1$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_1 + X_2 + X_3 + S_1 = 20$$

$$X_1 + 2X_2 + X_3 + A_1 = 30$$

$$X_1, X_2, X_3, S_1, A_1 \geq 0$$

สำหรับการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ รวมไปถึงหลักการต่างๆ ทั้งการตรวจสอบผลลัพธ์ และการปรับผลลัพธ์ใหม่ ในกรณีที่มีตัวแปรเทียมสามารถดำเนินการเช่นเดียวกันกับกรณีที่ไม่มีตัวแปรเทียม ดังนั้นการหาค่าของ X_1, X_2 และ X_3 ที่จะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุด ซึ่งมีวิธีการหาผลลัพธ์ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาผลลัพธ์เบื้องต้น

จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขมาสร้างเป็นตารางผลลัพธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.4

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R_1	0	S_1	2	1	1	1	0	20
R_2	-M	A_1	1	2	1	0	1	30
		Z_j	-M	-2M	-M	0	-M	-30M
		$C_j - Z_j$	1+M	2+2M	4+M	0	0	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Bhunia et al. (2019 : 63)

จากตารางที่ 4.14 สามารถสรุปผลลัพธ์เบื้องต้นคือ $A_1 = 30$, $S_1 = 20$, $X_1 = 0$, $X_2 = 0$ และ $X_3 = 0$ ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ -30M ($Z = -30M$)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบผลลัพธ์

จากตัวอย่างที่ 4.4 ซึ่งเป็นการหาค่าสูงสุด โดยผลลัพธ์เบื้องต้นพบว่าค่า $C_j - Z_j$ ที่มีค่าเป็นบวก ได้แก่ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_1 เท่ากับ 1+M, ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_2 เท่ากับ 2+2M และค่า $C_j - Z_j$ ของ X_3 เท่ากับ 4+M จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.14 ยังไม่เหมาะสม จะต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การปรับผลลัพธ์ใหม่

เป็นการปรับผลลัพธ์ให้ดีขึ้น และมีขั้นตอนในการปรับผลลัพธ์ใหม่ดังนี้ (Sharma, 2017 : 120)

1. การเลือกตัวแปรเข้า จากตัวอย่างที่ 4.4 ซึ่งเป็นการหาค่าสูงสุด จะพิจารณาจากค่า $C_j - Z_j$ ที่มากที่สุด ทั้งนี้จากค่า M มีค่านันต์ และจากตารางที่ 4.9 ค่า 2+2M ของ X_2 จึงมีค่ามากที่สุดกว่าค่า 1+M ของตัวแปร X_1 และค่า 4+M ของตัวแปร X_3 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าตัวแปร X_2 มีค่ามากที่สุดจึงเลือกตัวแปร X_2 เป็นตัวแปรเข้า

2. การเลือกตัวแปรออก โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างค่าทางขวามือของฟังก์ชันเงื่อนไขในแต่ละข้อ (b_i) กับค่าสัมประสิทธิ์ของ X_2 และจากตารางที่ 4.14 จึงเลือกตัวแปร A_1 เป็นตัวแปรออก เนื่องจากอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 15 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 และจากทั้ง 2 ขั้นตอนข้างต้น

สรุปได้ว่าเลือก X_2 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก A_1 เป็นตัวแปรออก โดยมีจุดหมุนซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.4

	C_j		1	2	4	0	-M		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i	อัตราส่วน
R_1	0	S_1	2	1	1	1	0	20	$20/1 = 20$
R_2	-M	A_1	1	2	1	0	1	30	$30/2 = 15$
		Z_j	-M	-2M	-M	0	-M	-30M	
		$C_j - Z_j$	1+M	2+2M	4+M	0	0		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 120)

3. การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.15 จึงต้องทำให้เลข 2 เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

3.1 ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 2 หารทุกค่าในแถว R_2 จะได้แถว R_2 ใหม่ (R'_2) ดังนี้

	C_j		1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R'_2	2	X_2	1/2	2/2	1/2	0/2	1/2	30/2

ซึ่งจะได้แถว R'_2 ในตารางผลลัพธ์ใหม่อรอบที่ 1 ดังนี้

	C_j		1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R'_2	2	X_2	1/2	1	1/2	0	1/2	15

3.2 ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_2 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 1 คูณกับแถว R'_2 และนำแถว R_1 มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_1 ใหม่ (R'_1) ดังนี้ ($R'_1 = R_1 - 1 R'_2$)

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R_1	0	S_1	2	1	1	1	0	20
$1 R'_2$	2	X_2	1/2	1	1/2	0	1/2	15
R'_1	0	S_1	3/2	0	1/2	1	-1/2	5

3.3 คำนวณค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง (Z_j) และกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 0(3/2) + 2(1/2) = 1$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 0(0) + 2(1) = 2$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } X_3 = 0(1/2) + 2(1/2) = 1$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 0(1) + 2(0) = 0$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของตัวแปร } A_1 = 0(-1/2) + 2(1/2) = 1$$

$$\text{ค่า } Z_6 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = 0(5) + 2(15) = 30$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 การปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 ตัวอย่างที่ 4.4

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R'_1	0	S_1	3/2	0	1/2	1	-1/2	5
R'_2	2	X_2	1/2	1	1/2	0	1/2	15
		Z_j	1	2	1	0	1	30
		$C_j - Z_j$	0	0	3	0	-M-1	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 120)

จากตารางที่ 4.16 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ และจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 พบว่าค่า $C_j - Z_j$ ยังมีค่าเป็นบวกคือ ค่า $C_j - Z_j$ ของ X_3 เท่ากับ 3 จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.16 ยังไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับผลลัพธ์ใหม่ในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งหนึ่งดังนี้

เลือกตัวแปรเข้า จากตารางที่ 4.16 จึงเลือกตัวแปร X_3 เป็นตัวแปรเข้า เนื่องจากผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 1 มีเพียงตัวแปร X_3 เท่านั้นที่มีค่าเป็นบวก กล่าวคือหากเพิ่มการผลิต X_3 เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นอีก 3 หน่วย

เลือกตัวแปรออก จากตารางที่ 4.16 จึงเลือกตัวแปร S_1 เป็นตัวแปรออก เนื่องจากอัตราส่วนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 2.5 เป็นเงื่อนไขข้อที่ 1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเลือก X_3 เป็นตัวแปรเข้า และเลือก S_1 เป็นตัวแปรออก โดยมีจุดหมุนซึ่งมีค่าเท่ากับ $1/2$ ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การพิจารณาตัวแปรออกรอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.4

		C_j	1	2	4	0	-M		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i	อัตราส่วน
R'_1	0	S_1	3/2	0	1/2	1	-1/2	5	5/2 = 2.5
R'_2	2	X_2	1/2	1	1/2	0	1/2	15	15/2 = 7.5
		Z_j	1	2	1	0	1	30	
		$C_j - Z_j$	0	0	3	0	-M-1		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 121)

การปรับผลลัพธ์ จากตารางที่ 4.17 จึงต้องทำให้เลข $1/2$ เปลี่ยนเป็นเลข 1 และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_3 มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ปรับค่าที่จุดหมุนให้เท่ากับ 1 ด้วยการนำ 2 คูณทุกค่าในแถว R'_1 จะได้แถว R'_1 ใหม่ (R''_1) ดังนี้

		C_j	1	2	4	0	-M		
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i	
R''_1	4	X_3	$\frac{3}{2} \times 2$	0×2	$\frac{1}{2} \times 2$	1×2	$-\frac{1}{2} \times 2$	5×2	

ซึ่งจะได้แถว R_1'' ในตารางผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ดังนี้

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R_1''	4	X_3	3	0	1	2	-1	10

ปรับค่าสัมประสิทธิ์ในแถวตั้ง X_3 มีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยการนำ 0.5 คูณกับแถว R_1'' และนำแถว R_2' มาลบออก ซึ่งจะได้แถว R_2'' ใหม่ ($R_2'' = R_2' - 0.5 R_1''$)

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R_2'	2	X_2	1/2	1	1/2	0	1/2	15
$0.5 R_1''$	4	X_3	3/2	0	1/2	1	-1/2	5
R_2''	2	X_2	-1	1	0	-1	1	10

คำนวณค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง (Z_j) และกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มค่าของตัวแปร j ขึ้น 1 หน่วย ($C_j - Z_j$) ใหม่ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่า } Z_1 \text{ ของตัวแปร } X_1 = 4(3) + 2(-1) = 10$$

$$\text{ค่า } Z_2 \text{ ของตัวแปร } X_2 = 4(0) + 2(1) = 2$$

$$\text{ค่า } Z_3 \text{ ของตัวแปร } X_3 = 4(1) + 2(0) = 4$$

$$\text{ค่า } Z_4 \text{ ของตัวแปร } S_1 = 4(2) + 2(-1) = 6$$

$$\text{ค่า } Z_5 \text{ ของตัวแปร } A_1 = 4(-1) + 2(1) = -2$$

$$\text{ค่า } Z_6 \text{ ของผลลัพธ์ } (b_i) = 4(10) + 2(10) = 60$$

ทั้งนี้ผลการคำนวณค่า $C_j - Z_j$ รวมไปถึงผลจากการปรับผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของตารางผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.18 ตารางการปรับผลลัพธ์ใหม่รอบที่ 2 ตัวอย่างที่ 4.4

		C_j	1	2	4	0	-M	
R_i	C_b	basis	X_1	X_2	X_3	S_1	A_1	b_i
R_1''	4	X_3	3	0	1	2	-1	10
R_2''	2	X_2	-1	1	0	-1	1	10
		Z_j	10	2	4	6	-2	60
		$C_j - Z_j$	-9	0	0	-6	-M-2	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 121)

จากตารางที่ 4.18 ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ หรือดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของผลลัพธ์ โดยจากผลลัพธ์เบื้องต้นรอบที่ 2 พบว่าไม่มีค่า $C_j - Z_j$ ที่เป็นบวก จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.18 มีความเหมาะสมแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ $X_1 = 0$, $X_2 = 10$, $X_3 = 10$, $S_1 = 0$ และ $A_1 = 0$ โดยให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุดคือ $Z = 60$ กล่าวคือ ควรผลิตสินค้าชนิดที่ 2 และ 3 อย่างละ 10 หน่วย ทั้งนี้ตัวแปรเทียม $A_1 = 0$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ในตารางที่ 4.18 นั้นถูกต้อง (Sharma, 2017 : 121)

การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINDO

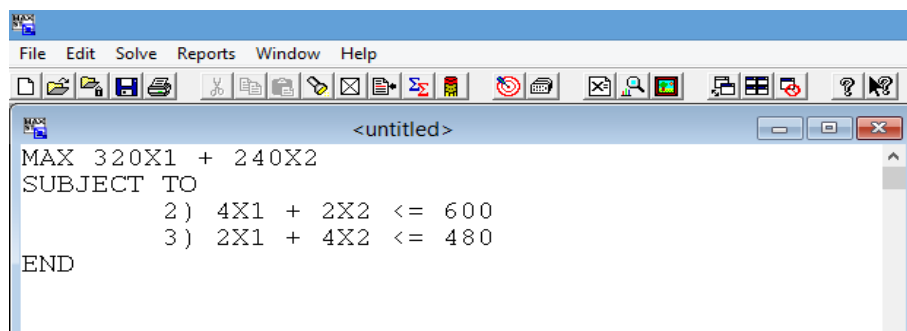
จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นทั้งวิธีกราฟ และวิธีซิมเพล็กซ์เป็นการคำนวณด้วยมือ ซึ่งเป็นวิธีการที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ อย่างไรก็ตาม ปัญหาทางธุรกิจที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจหลายตัวแปร และมีเงื่อนไขจำนวนมาก ทั้งนี้ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่มีความซับซ้อน และมีความรวดเร็วในการหาผลลัพธ์ ซึ่งมีหลากหลายโปรแกรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยโปรแกรม Linear interactive discrete optimizer (LINDO) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย และมีขั้นตอนในการหาผลลัพธ์ ประกอบไปด้วย การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้น การป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO การหาผลลัพธ์ และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Anderson et al., 2013 : 301-303; Hillier & Lieberman, 2015 : 147-151)

จากตัวอย่างที่ 4.1 บริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด มีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

- กำหนดให้ X_1 คือจำนวนของโต๊ะที่ทำการผลิต (ตัว)
 X_2 คือจำนวนของเก้าอี้ที่ทำการผลิต (ตัว)

$$\begin{aligned} \text{วัตถุประสงค์} \quad & \text{Maximize } Z = 320X_1 + 240X_2 \\ \text{เงื่อนไข} \quad & 4X_1 + 2X_2 \leq 600 \text{ แผ่น} \\ & 2X_1 + 4X_2 \leq 480 \text{ ชั่วโมง} \\ & X_1, X_2 \geq 0 \end{aligned}$$

สำหรับการป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO เพื่อต้องการหาลัทธิที่ว่าผู้บริหารบริษัทฯ จะต้องผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนอย่างละกี่ตัวจึงจะได้รับกำไรสูงสุด สามารถแสดงได้ดังภาพดังต่อไปนี้

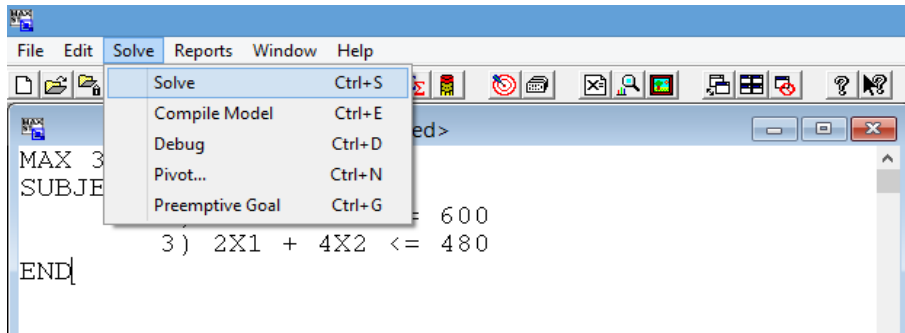


ภาพที่ 4.2 การป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1

ที่มา: Hillier & Lieberman (2015 : 148)

จากภาพที่ 4.2 และตัวอย่างที่ 4.1 เป็นกรณีที่ต้องการหาค่าสูงสุด ซึ่งการป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO จะแบ่งเป็น 3 แถว โดยแถวที่ 1 จะเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ส่วนแถวที่ 2 และ 3 ที่มีเลขกำกับอยู่จะหมายถึงเงื่อนไข หรือเขียนว่า Subject to ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องใส่ข้อจำกัด ($X_1, X_2 \geq 0$) เนื่องจากโปรแกรม LINDO จะกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์อยู่แล้ว แต่จะต้องใส่ END เพื่อเป็นการกำหนดจุดสิ้นสุดของตัวแบบ อย่างไรก็ตาม หากต้องการหาค่าต่ำสุดสามารถเปลี่ยนการป้อนฟังก์ชันวัตถุประสงค์จาก MAX เป็น MIN ลงในโปรแกรมเท่านั้น

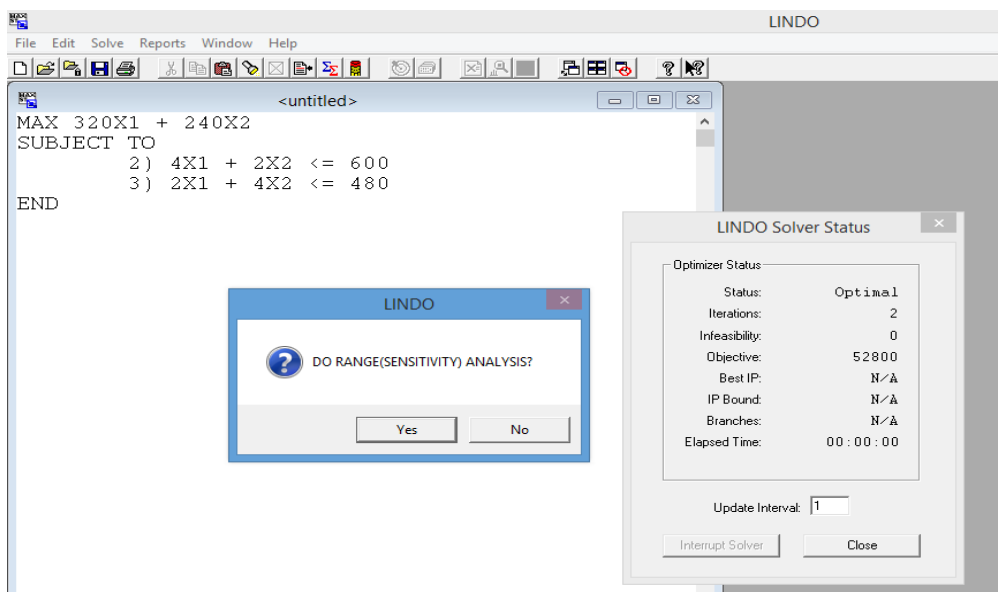
ภายหลังจากการป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO แล้วสามารถหาลัทธิ ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นได้ โดยใช้คำสั่ง Solve จากนั้นเลือกคำสั่ง Solve อีกหนึ่งครั้งดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.3 การหาผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1

ที่มา: Hillier & Lieberman (2015 : 148)

จากภาพที่ 4.3 เมื่อเลือกคำสั่ง Solve แล้วจะโปรแกรมจะระบุว่าการวิเคราะห์ความไวหรือไม่ (Sensitivity Analysis) ซึ่งสามารถเลือกได้ รวมไปถึงผลลัพธ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO เบื้องต้น ตัวอย่างที่ 4.1

ที่มา: Hillier & Lieberman (2015 : 148)

จากภาพที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการหาค่าสูงสุด หรือกำไรสูงสุด เท่ากับ 52,800 และหากต้องการวิเคราะห์ความไวให้เลือกตกลง (Yes) จากนั้นเลือก Close แล้วจะปรากฏผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นดังภาพต่อไปนี้

LINDO

File Edit Solve Reports Window Help

Reports Window

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 52800.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	120.000000	0.000000
X2	60.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	66.666664
3)	0.000000	26.666666

NO. ITERATIONS= 2

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	320.000000	159.999985	199.999985
X2	240.000000	399.999969	79.999992

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	600.000000	360.000000	360.000000
3	480.000000	720.000000	180.000000

ภาพที่ 4.5 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.1

ที่มา: Hillier & Lieberman (2015 : 148)

จากภาพที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น โดยค่าของ $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$ ซึ่งให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุดเท่ากับ 52,800 ดังนั้นจากการหาผลลัพธ์ด้วยโปรแกรม LINDO สามารถสรุปได้ว่า ผู้บริหารบริษัทบุรีรัมย์เฟอร์นิเจอร์ จำกัด ควรผลิตโต๊ะจำนวน 120 ตัวต่อเดือน และผลิตเก้าอี้จำนวน 60 ตัวต่อเดือน จึงจะทำให้บริษัทฯ ได้รับกำไรสูงสุดคือ 52,800 บาท นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นในภาพที่ 4.5 สามารถการวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ดังนี้ (ขัคตตริย รัชสวัสดิ์, 2555 : 130-132)

ข้อความ LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2 หมายถึงจำนวนรอบในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการคำนวณหาผลลัพธ์เป็นรอบตามวิธีซิมเพล็กซ์ และจากตัวอย่างที่ 4.1 จำนวนรอบในการคำนวณที่จะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมคือ 2 รอบ

ข้อความ OBJECTIVE FUNCTION VALUE หมายถึงผลลัพธ์ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งเป็นการหาค่าสูงสุด โดย 1) 52800.00 หมายความว่าค่าสูงสุดของกำไรที่จะได้รับจากการผลิตโต๊ะและเก้าอี้ต่อเดือนคือ 52,800 บาท

ข้อความ VARIABLE หมายถึงตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ ซึ่งประกอบไปด้วย X_1 และ X_2 ส่วนข้อความ VALUE หมายถึงค่าของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ โดย $X_1 = 120$ และ $X_2 = 60$ สำหรับข้อความ REDUCED COST หมายถึงค่าเสียโอกาส หรือกำไรที่ลดลง ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ทั้ง X_1 และ X_2 กล่าวคือกำไรสูงสุดที่บริษัทฯ จะได้ต้องทำการผลิตทั้ง X_1 และ X_2 ดังนั้นจึงไม่มีค่าเสียโอกาสสำหรับการผลิต X_1 และ X_2 อย่างไรก็ตาม หากตัวแปรมี REDUCED COST จะมีค่าเสียโอกาสหรือ VALUE เท่ากับศูนย์

ข้อความ ROW หมายถึงหมายเลขของเงื่อนไข ส่วนข้อความ SLACK OR SURPLUS หมายถึงจำนวนของทรัพยากรที่เหลือจากการผลิต (ตัวแปรส่วนขาด) หรือจำนวนของทรัพยากรที่มีเกินกว่าที่เงื่อนไขกำหนด (ตัวแปรส่วนเกิน) และข้อความ DUAL PRICES หมายถึงราคาของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด กล่าวคือกำไรที่จะได้รับเมื่อมีการเพิ่มทรัพยากรของเงื่อนไขแต่ละข้อขึ้น 1 หน่วย ภายใต้การกำหนดให้ทรัพยากรของเงื่อนไขอื่นที่ไม่ได้พิจารณามีค่าคงที่ ทั้งนี้หาก DUAL PRICES ของเงื่อนไขในข้อใดมีค่าเป็นบวกจะเป็นผลดีต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยในกรณีปัญหาค่าสูงสุด เมื่อเพิ่มทรัพยากรแล้วจะทำให้กำไรเพิ่มขึ้น และในกรณีปัญหาค่าต่ำสุด เมื่อเพิ่มทรัพยากรแล้วจะทำให้ต้นทุนลดลง ในทางตรงกันข้ามหาก DUAL PRICES ของเงื่อนไขในข้อใดมีค่าเป็นลบจะเป็นผลเสียต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยในกรณีปัญหาค่าสูงสุด เมื่อเพิ่มทรัพยากรแล้วจะทำให้กำไรลดลง และในกรณีปัญหาค่าต่ำสุด เมื่อเพิ่มทรัพยากรแล้วจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น

จากตัวอย่างที่ 4.1 และผลลัพธ์ที่เหมาะสมคือกำหนดให้ผลิตโต๊ะ (X_1) จำนวน 120 ตัวต่อเดือน และผลิตเก้าอี้ (X_2) จำนวน 60 ตัวต่อเดือน โดยเงื่อนไขคือจำนวนไม้และเวลาเวลาในการประกอบมีค่าเท่ากับศูนย์ หมายความว่า การผลิตโต๊ะและเก้าอี้ไม่มีจำนวนไม้และเวลาในการประกอบที่เหลือหรือเกินจากการผลิต ส่วน DUAL PRICES ของเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 2 คือ 66.67 และ 26.67 ตามลำดับ กล่าวคือถ้ามีทรัพยากรในข้อที่ 1 เพิ่มขึ้น หรือมีจำนวนไม้เพิ่มขึ้น 1 แผ่น จาก 600 แผ่น เป็น 601 แผ่น จะทำให้บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้น 66.67 บาท หรืออีกนัยหนึ่งคือราคาของไม้ 1 แผ่น จะต้องไม่เกิน 66.67 บาท ในทำนองเดียวกันถ้ามีทรัพยากรในข้อที่ 2 เพิ่มขึ้น หรือมีเวลาในการประกอบเพิ่มขึ้น 1 ชั่วโมง จาก 480 ชั่วโมงเป็น 481 ชั่วโมง จะทำให้บริษัทฯ มีกำไรเพิ่มขึ้น 26.67 บาท หรืออีกนัยหนึ่งคือค่าจ้างของพนักงานในการประกอบ 1 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 26.67 บาท

ข้อความ RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED เป็นต้นไปจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความไวของโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจและเงื่อนไข หรือข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรในการผลิต

สินค้าหรือบริการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้การวิเคราะห์ความไวสามารถนำไปใช้ในการประกอบการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปโดยไม่ต้องเริ่มต้นในการหาผลลัพธ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจใหม่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะดังนี้ (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2559 : 33-37)

1. การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กล่าวคือเป็นการเปลี่ยนแปลงของกำไรหรือต้นทุน
2. การเปลี่ยนแปลงของข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรในการผลิต กล่าวคือเป็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ของเงื่อนไข หรือค่าทางขวามือ
3. การเปลี่ยนแปลงของการใช้ทรัพยากรในการผลิต กล่าวคือเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ต้องตัดสินใจในฟังก์ชันเงื่อนไข
4. การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเงื่อนไข กล่าวคือเป็นการเพิ่มหรือลดของฟังก์ชันเงื่อนไข
5. การเปลี่ยนแปลงของจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ กล่าวคือเป็นการเพิ่มหรือลดตัวแปรที่ต้องตัดสินใจ

สำหรับเอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจเล่มนี้จะไม่ได้นำกล่าวถึงรายละเอียดในการวิเคราะห์ความไว ซึ่งนักศึกษาที่สนใจสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้ในหนังสือหรือตำราของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ตัวอย่างที่ 4.5 สิริฟาร์มต้องการทราบว่าควรนำวัตถุดิบแต่ละชนิดจำนวนกี่กิโลกรัม เพื่อมาผสมเป็นอาหารสัตว์ให้มีสารอาหารตามที่ต้องการ รวมไปถึงมีต้นทุนต่ำที่สุด โดยไม่พิจารณาปริมาณอาหารสัตว์ที่ต้องการ ซึ่งมีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมเชิงเส้นดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือปริมาณของกระดุกป่น (กิโลกรัม)

X_2 คือปริมาณของข้าวโพด (กิโลกรัม)

X_3 คือปริมาณของกากถั่วเหลือง (กิโลกรัม)

Z คือต้นทุนรวมการผลิตอาหารสัตว์ (กิโลกรัม)

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 0.50X_1 + 3.50X_2 + 6.75X_3$

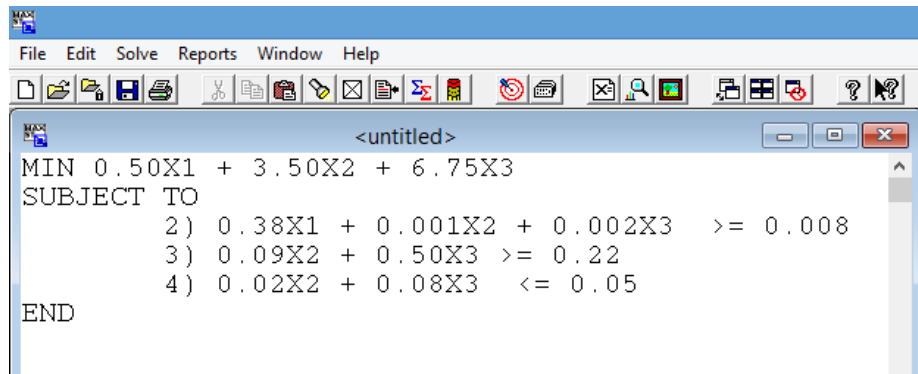
เงื่อนไข $0.38X_1 + 0.001X_2 + 0.002X_3 \geq 0.008$ (แคลเซียม)

$0.09X_2 + 0.50X_3 \geq 0.220$ (โปรตีน)

$0.02X_2 + 0.08X_3 \leq 0.050$ (ไขมัน)

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

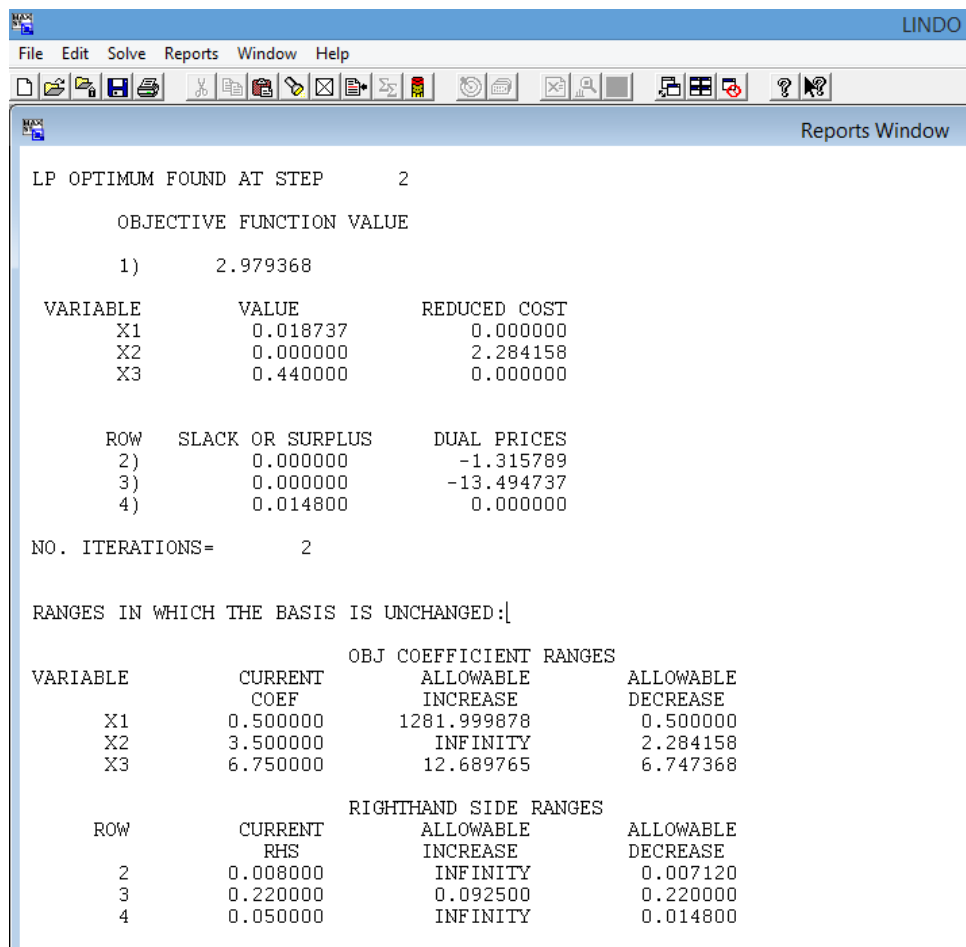
จากปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นสามารถป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO เพื่อต้องการหาลำดับที่ว่าสิริฟาร์มควรนำวัตถุดิบแต่ละชนิดจำนวนกี่กิโลกรัม จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุดได้ดังภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.6 การป้อนตัวแบบลงโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.5

ที่มา: พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2559 : 33)

จากภาพที่ 4.6 สามารถแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.7 ผลลัพธ์ของโปรแกรม LINDO ตัวอย่างที่ 4.5

ที่มา: พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2559 : 33)

จากภาพที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น โดยค่าของ $X_1 = 0.0187$, $X_2 = 0$ และ $X_3 = 0.44$ ซึ่งให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่ำสุดเท่ากับ 2.9794 ดังนั้นจากการหาผลลัพธ์ด้วยโปรแกรม LINDO สามารถสรุปได้ว่า สิริฟาร์มควรนำกระดุกป่นจำนวน 0.0187 กิโลกรัมและกากถั่วเหลืองจำนวน 0.44 กิโลกรัม มาผสมเป็นอาหารสัตว์จำนวนหนึ่งกิโลกรัมซึ่งจะทำให้มีสารอาหารที่ครบถ้วนและมีต้นทุนต่ำสุดคือ 2.9794 บาทต่อกิโลกรัม

ทั้งนี้จากผลลัพธ์ที่เหมาะสม พบว่าในการผสมอาหารสัตว์จะไม่นำข้าวโพด (X_2) มาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ดังนั้นในการนำข้าวโพดมาผสมเป็นอาหารสัตว์จึงมีค่าเสียโอกาส (REDUCED COST) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.2842 หมายความว่าหากสิริฟาร์มนำข้าวโพดมาผสมเป็นอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม จะสามารถลดวัตถุดิบอื่นๆ ลงได้คือ กระดุกป่น (X_1) หรือกากถั่วเหลือง (X_3) แต่จะทำให้ต้นทุนในการผสมอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น 2.2842 บาทต่อกิโลกรัม

สำหรับจำนวนของทรัพยากรที่เหลือจากการผลิต (SLACK) ของเงื่อนไขข้อที่ 3 หรือปริมาณไขมันที่ต้องการไม่เกิน 5% ต่อกิโลกรัม และจากผลลัพธ์ที่เหมาะสมคือ $X_1 = 0.0187$ และ $X_3 = 0.44$ จึงทำให้มีปริมาณไขมันเหลือ 0.0148 หรือ 1.48% ต่อกิโลกรัม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากเงื่อนไขข้อที่ 3 ดังนี้

$$\text{จาก} \quad 0.02X_2 + 0.08X_3 + S_3 = 0.05$$

$$\text{จะได้} \quad 0.02(0) + 0.08(0.44) + S_3 = 0.05$$

$$0.0352 + S_3 = 0.05$$

ดังนั้น ทรัพยากรที่เหลือจากการผลิตคือ $S_3 = 0.05 - 0.0352 = 0.0148$ หรือ 1.48%

ส่วนราคาของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด (DUAL PRICES) ของเงื่อนไขข้อที่ 1 และ 2 คือ -1.3158 และ -13.4947 ตามลำดับ หมายความว่าหากสิริฟาร์มเพิ่มความต้องการขั้นต่ำของแคลเซียมขึ้นอีก 0.001 กิโลกรัม จาก 0.8% เป็น 0.9% จะต้องเสียต้นทุนในการผสมอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น 1.3158 บาทต่อกิโลกรัม ในทำนองเดียวกันหากสิริฟาร์มเพิ่มความต้องการขั้นต่ำของโปรตีนขึ้นอีก 0.01 กิโลกรัม จาก 22% เป็น 23% จะต้องเสียต้นทุนในการผสมอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น 13.4947 บาทต่อกิโลกรัม

บทสรุป

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้หลากหลายลักษณะ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 และจากปัญหาทางธุรกิจที่มีความซับซ้อน รวมไปถึงมีทางเลือกในการตัดสินใจจำนวนมาก ดังนั้นการแก้ปัญหাপrogramเชิงเส้นที่มีความซับซ้อน

จำเป็นต้องใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหของธุรกิจได้อย่างแท้จริง

สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นในบทนี้ ได้อธิบายถึงวิธีซิมเพล็กซ์ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ รวมไปถึงมีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจและเงื่อนไขจำนวนมากได้ โดยมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน คือการหาผลลัพธ์เบื้องต้น การตรวจสอบผลลัพธ์ และการปรับผลลัพธ์ใหม่ ทั้งนี้วิธีซิมเพล็กซ์จะคำนวณไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายของธุรกิจทั้งกำไรสูงสุด หรือต้นทุนต่ำสุด ภายใต้ทรัพยากร และเงื่อนไขที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม วิธีซิมเพล็กซ์มีการคำนวณที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการหาผลลัพธ์พอสมควร อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมจะผันแปรไปตามจำนวนตัวแปรที่ต้องตัดสินใจและเงื่อนไข ดังนั้นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจะช่วยให้สามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว โดยโปรแกรม LINDO เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้มากที่สุด ทั้งนี้การใช้โปรแกรม LINDO มี 2 ขั้นตอน คือป้อนข้อมูลโปรแกรมเชิงเส้นลงในโปรแกรม LINDO และสั่งให้โปรแกรม LINDO คำนวณหาผลลัพธ์

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4

1. จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 6X_1 + 2X_2$

เงื่อนไข $X_1 + 1.5X_2 \leq 12$

$$3X_1 + 2X_2 \leq 18$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

2. จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = X_1 + 3X_2$

เงื่อนไข $2X_1 + 5X_2 \leq 100$

$$4X_1 + 3X_2 \leq 240$$

$$X_1 + X_2 \geq 40$$

$$X_2 \geq 20$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

3. จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ Maximize $Z = 2X_1 + X_2 + 5X_3$

เงื่อนไข $X_1 + 2X_2 + X_3 \leq 180$

$$2X_1 + X_2 + 4X_3 \leq 200$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

4. จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ Minimize $Z = 5X_1 - 2X_2 + 3X_3$

เงื่อนไข $1.5X_1 + 3X_2 + X_3 \leq 15$

$$X_2 + 2X_3 \leq 20$$

$$3X_1 + X_3 \leq 30$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

5. จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นดังต่อไปนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = X_1 + 3X_2 + 2X_3$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 4X_1 + X_2 \leq 40$$

$$2X_2 + 3X_3 \leq 12$$

$$3X_1 + 2X_3 \leq 18$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

6. จากโปรแกรมเชิงเส้นต่อไปนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize } Z = 72X_1 + 96X_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad X_1 + 0.5X_2 \leq 90$$

$$X_1 + X_2 \geq 70$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

6.1 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ

6.2 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

7. จากโปรแกรมเชิงเส้นต่อไปนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Minimize } Z = 40X_1 + 60X_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 3X_1 + X_2 \geq 30$$

$$4X_1 + 3X_2 \geq 60$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

7.1 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ

7.2 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

8. จากโปรแกรมเชิงเส้นต่อไปนี้

$$\text{วัตถุประสงค์} \quad \text{Maximize } Z = X_1 + 2X_2$$

$$\text{เงื่อนไข} \quad 2X_2 - 3X_1 \leq 6$$

$$X_1 + X_2 = 10$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

8.1 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีกราฟ

8.2 จงแก้ไขปัญหাপrogramเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

9. โรงงานผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง ผลิตรถยนต์ 3 แบบคือ รถกระบะ รถเก๋ง และรถอเนกประสงค์ ซึ่งรถยนต์ทั้ง 3 แบบจะต้องผ่านกระบวนการผลิต 3 ขั้นตอนคือ การผลิตชิ้นส่วน การประกอบ และการตรวจสอบ ทั้งนี้ข้อมูลของระยะเวลาและจำนวนแรงงานในกระบวนการผลิต รวมไปถึงกำไรต่อคัน แสดงได้ดังนี้

กระบวนการ	เวลาที่ใช้ในการผลิต (ชั่วโมง)			ทรัพยากร
	กระบะ	เก๋ง	อเนกประสงค์	
ผลิตชิ้นส่วน	2	12	16	480 ชิ้น/วัน
ประกอบ	3	4	8	200 ช.ม./วัน
ตรวจสอบ	1	3	4	160 ช.ม./วัน
กำไร (บาท)	8,000	12,000	24,000	

จากข้อมูลข้างต้นโรงงานผลิตรถยนต์ ควรวางแผนการผลิตรถยนต์ทั้ง 3 แบบอย่างไร จึงจะมีกำไรสูงที่สุดเท่าใด

- 9.1 จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น
- 9.2 จงแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์
- 9.3 จงแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINDO

10. บริษัทผู้ผลิตผลไม้กระป๋อง ส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยจัดจำหน่ายเป็นแพ็คเกจจำนวน 3 ขนาด คือเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งได้กำไรแพ็คเกจละ 30 บาท, 50 บาท และ 100 บาท ตามลำดับ ซึ่งแพ็คเกจเล็กจะบรรจุผลไม้จำนวน 10 กระป๋อง และใช้เวลาบรรจุ 5 นาที ส่วนแพ็คเกจกลางจะบรรจุผลไม้จำนวน 15 กระป๋อง และใช้เวลาบรรจุ 10 นาที สำหรับแพ็คเกจใหญ่จะบรรจุผลไม้จำนวน 24 กระป๋อง และใช้เวลาบรรจุ 15 นาที ทั้งนี้บริษัทฯ สามารถผลิตผลไม้กระป๋องได้วันละ 4,000 กระป๋อง และมีเวลาในการบรรจุ 1,000 นาทีต่อวัน บริษัทฯ ควรผลิตผลไม้กระป๋องแต่ละขนาดจำนวนกี่แพ็คเกจ จึงจะได้รับกำไรสูงสุด

- 10.1 จงเขียนปัญหาในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น
- 10.2 จงแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์
- 10.3 จงแก้ไขปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINDO

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิราภรณ์ สุธัมมสภา. (2558). การโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง และตัวแบบการมอบหมายงาน. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 2**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 2-1 – 2-85. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชัคตัตร์ย รัชสวัสดิ์. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2559). การโปรแกรมเชิงเส้น. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 10**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 10-1 – 10-40. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์. (2556). **การวิจัยดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- สุปัญญา ไชยชาญ. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์. (2558). โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณสำหรับนักเศรษฐศาสตร์ หน่วยที่ 7**. 169-296. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Bhunia, A. K., Sahoo, L., & Shaikh, A. A. (2019). **Advanced optimization and operations research**. Singapore: Springer.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). **Introduction to operations research**. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Mariappan, P. (2013). **Operations research an introduction**. New Delhi: Pearson Education.

Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.

Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5

ตัวแบบสินค้าคงเหลือ

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ความหมายและประเภทของสินค้าคงเหลือ
2. ข้อดีและข้อเสียของสินค้าคงเหลือ
3. ต้นทุนของสินค้าคงเหลือ
4. การตัดสินใจและตัวแบบสินค้าคงเหลือ
5. ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด
6. ประยุกต์ใช้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ
7. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 5 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ประเภท ข้อดีและข้อเสียของสินค้าคงเหลือ รวมไปถึงต้นทุน กระบวนการตัดสินใจ สูตรในการคำนวณ สัญลักษณ์ที่ใช้ตัวแบบสินค้าคงเหลือ และการคำนวณหาผลลัพธ์ของตัวแบบสินค้าคงเหลือได้
2. สามารถวิเคราะห์ปัญหาของตัวแบบสินค้าคงเหลือ คำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ ทั้งในกรณีที่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งและไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง รวมไปถึงกรณีที่มีส่วนลดเชิงปริมาณ ตลอดจนวิเคราะห์การกำหนดสินค้าสำรองทั้งในกรณีที่ทราบต้นทุนและไม่ทราบต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าได้
3. สามารถสังเคราะห์ปัญหาของตัวแบบสินค้าคงเหลือ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ ได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจของตัวแบบสินค้าคงเหลือ ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาสินค้าคงเหลือของธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย

2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 5
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 5

ตัวแบบสินค้าคงเหลือ

จากปัญหาทางธุรกิจที่มีความหลากหลาย แต่ปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินธุรกิจคือ ปัญหาเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือซึ่งเป็นปัญหาที่ธุรกิจต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน หรือมีอุปสงค์ไม่คงที่ ทั้งนี้ปัญหาที่พบในการกำหนดสินค้าคงเหลือส่วนใหญ่จะเป็นการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าในปริมาณเท่าใดจึงจะทำให้ธุรกิจมีต้นทุนต่ำที่สุด และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งหากธุรกิจมีสินค้าคงเหลือน้อยกว่าความต้องการของลูกค้าอาจทำให้ธุรกิจสูญเสียโอกาสในการทำกำไร หรือหากธุรกิจมีสินค้าคงเหลือมากกว่าความต้องการของลูกค้าอาจทำให้ธุรกิจต้องประสบกับปัญหาด้านต้นทุนในการเก็บรักษา รวมไปถึงต้นทุนของสินค้า ดังนั้นการกำหนดสินค้าคงเหลือที่เหมาะสมจะส่งผลดีต่อการดำเนินธุรกิจ อย่างไรก็ตาม ตัวแบบสินค้าคงเหลือยังมีต้นทุนอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการตัดสินใจ ซึ่งผู้บริหารจะต้องพิจารณาให้ครอบคลุม ทั้งการกำหนดสินค้าคงเหลือโดยมีต้นทุนและค่าเสียโอกาสต่ำที่สุด รวมไปถึงการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point) การสั่งซื้อที่มีส่วนลดเชิงปริมาณ (Quantity discount) และการกำหนดสินค้าสำรอง (Safety stock) เพื่อช่วยให้สามารถตัดสินใจในการบริหารจัดการสินค้าคงเหลือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความหมายและประเภทของสินค้าคงเหลือ

สินค้าคงเหลือ (Inventory) หมายถึงทรัพยากรที่จัดเก็บไว้เพื่อตอบสนองความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต (Render et al., 2018 : 203) เช่นเดียวกันกับกัลยา วาณิชย์บัญชา (2553 : 164) ที่สรุปว่าสินค้าคงเหลือเป็นสินค้าสำเร็จรูปหรือวัตถุดิบ หรือสินค้ากึ่งสำเร็จรูปที่องค์กรเก็บไว้เพื่อจำหน่ายหรือนำมาผลิตต่อไป อีกทั้ง Anderson et al. (2013 : 624) ยังระบุว่าวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ถือเป็นสินค้าคงเหลือเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับสุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 237) ที่ให้ความหมายเพิ่มเติมว่าสินค้าคงเหลือเป็นสิ่งของที่เก็บไว้ในคลังสินค้า หรือสถานที่เก็บสินค้า เพื่อรอการนำไปใช้ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปความหมายของสินค้าคงเหลือได้ว่าเป็นวัตถุดิบ หรือสิ่งของที่อยู่ในกระบวนการผลิต หรือสินค้าที่ธุรกิจเก็บรักษาไว้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หรือผลิตเป็นสินค้าเพื่อใช้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ทั้งนี้สินค้าคงเหลือของแต่ละธุรกิจเก็บรักษาในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยบางธุรกิจอาจเก็บรักษาไว้ในปริมาณที่มาก เพื่อให้เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้าตลอดเวลา ในขณะที่บางธุรกิจอาจเก็บรักษาไว้ในปริมาณที่น้อย เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการมีสินค้าคงเหลือให้น้อยที่สุด อีก

ทั้งการใช้ประโยชน์จากสินค้าคงเหลือยังแตกต่างกันตามประเภทของสินค้าคงเหลือ ซึ่งจำแนกได้ตามการผลิตสินค้าได้ 4 ประเภทดังนี้ (ชัคตตรัย รัชสวัสดี, 2555 : 167; สัญชัย ลั้งแทกุล, 2562 : 238)

1. วัตถุดิบ (Raw materials) หมายถึงสิ่งของที่ธุรกิจจัดหามาจากคู่ค้าทางธุรกิจและซัพพลายเออร์ หรือผลิตขึ้นมาเอง เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบหรือปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการผลิตสินค้าสำเร็จรูป เช่น ธุรกิจผลิตปลากระป๋อง วัตถุดิบจะประกอบไปด้วย ปลา ซอสปรุงรส และกระป๋อง สำหรับการบรรจุ เป็นต้น
 2. สินค้าระหว่างผลิต หรืองานระหว่างทำ (Work in process) หมายถึงสินค้าที่อยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิต ซึ่งยังผ่านกระบวนการผลิตไม่ครบถ้วน และต้องถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนการผลิตที่ต่อเนื่องกัน เพื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูป เช่น ธุรกิจผลิตเครื่องฟอกอากาศ สินค้าระหว่างผลิตจะประกอบไปด้วย แผ่นกรองอากาศ ระบบกรองกลิ่น และโครงสร้างภายนอก เป็นต้น
 3. สินค้าสำเร็จรูป (Finished goods) หมายถึงสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจะเคลื่อนย้ายหรือจำหน่ายให้กับลูกค้า เช่น ปลากระป๋อง และเครื่องฟอกอากาศ เป็นต้น
 4. วัสดุ หรืออุปกรณ์เพื่อการดำเนินงาน ซ่อมแซมและบำรุงรักษา (Maintenance, repair and operating supplies) หมายถึงสิ่งของที่มีไว้เพื่อสนับสนุนการผลิตสินค้าสำเร็จรูปในส่วนของ การดำเนินงานทั่วไป ทั้งการซ่อมแซมและการบำรุงรักษา ถึงแม้ว่าจะไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการผลิตสินค้าสำเร็จรูปโดยตรง แต่มีความสำคัญต่อการช่วยเหลือในการผลิตให้สามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ เช่น วัสดุสำนักงาน เครื่องมือ และอะไหล่ของเครื่องจักร เป็นต้น
- ทั้งนี้สินค้าคงเหลือโดยทั่วไปที่ธุรกิจให้ความสำคัญมากที่สุดคือ วัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป รองลงมาคือ สินค้าระหว่างผลิตและวัสดุเพื่อการดำเนินงาน ซ่อมแซมและบำรุงรักษา

ข้อดีและข้อเสียของสินค้าคงเหลือ

จากความหมายของสินค้าคงเหลือ ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจหลายประการ อย่างไรก็ตาม การมีสินค้าคงเหลือในปริมาณที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป อาจสร้างผลเสียต่อธุรกิจมากกว่าผลดี ดังนั้นผู้เขียนจึงได้สรุปข้อดีและข้อเสียที่เกิดจากสินค้าคงเหลือดังต่อไปนี้ (กุลริศา คำสิงห์, 2559 : 263-264; ญฐา คุปต์ชฐีชัย, 2563 : 169)

1. ข้อดีของการมีสินค้าคงเหลือ

1.1 ช่วยให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยกระบวนการผลิตสินค้าต้องใช้วัตถุดิบเป็นปัจจัยการผลิตที่ส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนจนกระทั่งผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปที่รอจำหน่ายให้กับลูกค้า หากเกิดการขาดแคลนวัตถุดิบตั้งแต่ขั้นตอนแรกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไปไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ เช่นเดียวกันกับกรณีขาดแคลนสินค้าระหว่างผลิต ซึ่งส่ง

ทำให้ธุรกิจสูญเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ไม่ว่าจะเป็นค่าจ้างพนักงานระหว่างรอการผลิตและค่าเสียโอกาสในการใช้งานของเครื่องจักรเพื่อการผลิต หรือค่าใช้จ่ายอื่นๆ

1.2 ช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตและการจำหน่ายสินค้า โดยการมีสินค้าคงเหลือทำให้ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายสินค้าต้องซื้อวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปจำนวนมาก ซึ่งการซื้อในปริมาณที่มากนี้ย่อมมีส่วนลดเชิงปริมาณเป็นผลทำให้ราคาต่อหน่วยลดลง นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดค่าขนส่งสินค้า ดังนั้นธุรกิจจึงมีต้นทุนโดยรวมจากการซื้อวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปลดลง ซึ่งถือเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตและการจำหน่ายสินค้า หรือเรียกได้ว่าการประหยัดต่อขนาดการผลิต (Economies of scale)

1.3 ช่วยรักษาระดับการผลิตและการจ้างงาน โดยทั่วไปความต้องการสินค้าสำเร็จรูปของลูกค้า หรืออุปสงค์เป็นสิ่งที่คาดการณ์ได้ยาก และในบางช่วงเวลาอาจมีความต้องการสูง ในขณะที่บางช่วงเวลาอาจมีความต้องการต่ำ หากธุรกิจปรับอุปทานหรือปริมาณการผลิตให้เป็นไปตามอุปสงค์ จะก่อให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นได้โดยเฉพาะค่าจ้างพนักงานที่ต้องรับเพิ่มและต้องให้ออกเป็นประจำ ดังนั้นธุรกิจจึงต้องพยายามรักษาระดับการผลิตและการจ้างงานให้สม่ำเสมอภายใต้ต้นทุนในระดับหนึ่ง และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วยการปรับปริมาณสินค้าคงเหลือและการใช้สินค้าคงเหลือให้สอดคล้องกับอุปสงค์

1.4 ช่วยลดการเสียโอกาสในการจำหน่ายสินค้า โดยจากความต้องการสินค้าสำเร็จรูปของลูกค้าที่มีมากขึ้น แต่ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายสินค้ามีสินค้าไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ จะส่งผลทำให้ผู้ผลิตเกิดค่าเสียโอกาสในการจำหน่ายสินค้า ณ ช่วงเวลานั้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อโอกาสในการทำกำไรในอนาคต รวมไปถึงอาจนำไปสู่การสูญเสียลูกค้าไปให้กับคู่แข่งอีกด้วย ดังนั้นการมีสินค้าคงเหลือในรูปแบบของสินค้าสำเร็จรูปที่พร้อมในการจำหน่ายให้กับลูกค้าในช่วงเวลาที่ลูกค้าต้องการจะช่วยให้ธุรกิจไม่เสียโอกาสในการจำหน่ายสินค้า และสามารถตอบสนองความพึงพอใจให้กับลูกค้า รวมไปถึงสร้างโอกาสในการทำกำไรในอนาคต

1.5 ช่วยให้อุปสงค์รับความเสี่ยงในการดำเนินงานได้ดีขึ้น โดยการผลิต หรือจำหน่ายสินค้าต้องเผชิญกับความไม่แน่นอน หรือความเสี่ยงในการดำเนินงานที่ส่งผลกระทบต่อค่าบริการลูกค้าและต้นทุนที่สูงขึ้น ทั้งนี้การมีสินค้าคงเหลือจะช่วยให้ธุรกิจสามารถรองรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น การเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันในกรณีที่มีการขนส่งวัตถุดิบไม่เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ หรือการที่วัตถุดิบมีความต้องการสูงเป็นผลทำให้ราคาวัตถุดิบสูงขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ผลิตมีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น เป็นต้น

2. ข้อเสียของการมีสินค้าคงเหลือ

2.1 ผลักดันต้นทุนการผลิตให้สูงขึ้น โดยการมีสินค้าคงเหลือในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการของลูกค้าเป็นผลทำให้ผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายสินค้ามีต้นทุนโดยรวมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุน

วัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูป ซึ่งหากไม่ได้เข้าสู่กระบวนการผลิต หรือเป็นสินค้าสำเร็จรูปรอจำหน่ายถือเป็นต้นทุนจมของธุรกิจ เนื่องจากต้องชำระค่าวัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูปก่อน รวมไปถึงต้นทุนในการดูแลสินค้า ค่าเช่าสถานที่ ค่าประกันภัยสินค้า และค่าเสื่อมราคา เป็นต้น

2.2 เพิ่มโอกาสในการขาดทุน โดยการมีสินค้าคงเหลือในกรณีที่วัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูปมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา หรือเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาปรับปรุงอยู่ตลอด เช่น ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ และเสื้อผ้าแฟชั่น เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปเหล่านี้ หากมีในปริมาณที่มากเกินไป หรือจำหน่ายไม่หมด จะกลายเป็นสินค้าล้าสมัย (Obsolescence inventory) และผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายจำเป็นต้องลดราคา หรือตัดเป็นสินค้าเสื่อมสภาพ ซึ่งส่งผลทำให้ธุรกิจเกิดการขาดทุนในที่สุด

ต้นทุนของสินค้าคงเหลือ

จากความสำคัญของสินค้าคงเหลือที่จะส่งผลต่อธุรกิจ แต่การมีสินค้าคงเหลือถือเป็นต้นทุนของธุรกิจเช่นเดียวกัน ซึ่งต้นทุนของสินค้าคงเหลือโดยทั่วไปในทางธุรกิจ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้ (เอกรัตน์ เอกศาสตร์, 2558 : 214-215; วีรศักดิ์ สุขอาณารักษ์ และศรีธนา บุญญเศรษฐ์, 2559 : 8-9)

1. ต้นทุนในการเก็บรักษา (Carrying cost)

ต้นทุนในการเก็บรักษา เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษาสินค้าคงเหลือ โดยต้นทุนในการเก็บรักษาจะสูงหรือต่ำจะแปรผันไปตามปริมาณของสินค้าคงเหลือ ทั้งนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาจะนิยามกำหนดเป็นต้นทุนต่อหน่วยต่อปี หรือร้อยละของมูลค่าสินค้าคงเหลือเฉลี่ยที่เก็บรักษาต่อปี เช่น ร้อยละ 10 หรือร้อยละ 15 ต่อปี เป็นต้น ซึ่งต้นทุนในการเก็บรักษาจะประกอบไปด้วย 4 ประเภทดังนี้

1.1 ต้นทุนเงินทุน (Capital cost) เป็นต้นทุนของเงินทุนที่นำมาลงทุนในสินค้าคงเหลือ ซึ่งทำให้ธุรกิจไม่สามารถนำเงินทุนส่วนนี้ไปลงทุนในทางเลือกอื่นได้ ดังนั้นต้นทุนจึงมีลักษณะเป็นค่าเสียโอกาสที่คำนวณจากมูลค่าของสินค้าคงเหลือคูณกับอัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับจากการนำเงินทุนจำนวนนี้ไปลงทุนในทางเลือกอื่นที่ต่ำที่สุด หรือคำนวณจากมูลค่าของสินค้าคงเหลือคูณกับอัตราต้นทุนถัวเฉลี่ยของเงินทุน ทั้งนี้ต้นทุนเงินทุนจะมีสัดส่วนที่สูงในต้นทุนในการเก็บรักษา

1.2 ต้นทุนการดูแลและเก็บรักษา (Storage space cost) เป็นต้นทุนในด้านสถานที่ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเก็บรักษา รวมไปถึงต้นทุนการเคลื่อนย้ายสินค้าคงเหลือเพื่อการเก็บรักษา ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าเช่าสถานที่ในการจัดเก็บ หรือคลังสินค้า ค่าไฟฟ้า ค่าพนักงานรักษาความปลอดภัย ค่าตรวจนับสินค้า เป็นต้น ทั้งนี้ต้นทุนการดูแลและเก็บรักษาจะแปรผันไปตามปริมาณ

ของสินค้าคงเหลือ หรือสินค้าเหล่านั้นต้องการการดูแลเป็นพิเศษ หรือมีระยะเวลาในการจัดเก็บที่ยาวนาน

1.3 ต้นทุนการประกันภัยและภาษีอากร (Inventory service cost) เป็นต้นทุนในการป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับสินค้าด้วยการเอาประกันภัยจากบริษัทประกันภัย ในกรณีที่เกิดความเสียหายกับสินค้า เช่น การประกันอัคคีภัย อุทกภัย วาตภัย และการประกันการโจรกรรมสินค้า เป็นต้น รวมไปถึงภาษีอากรที่ต้องจ่ายหากมีการถือครองสินค้าคงเหลือซึ่งมีการจัดเก็บในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เป็นต้น อีกทั้งยังแปรผันไปตามปริมาณของสินค้าคงเหลือ

1.4 ต้นทุนความเสี่ยงในสินค้าคงเหลือ (Inventory risk cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความเสี่ยงในส่วนของสินค้าคงเหลือที่เก็บรักษา ซึ่งอาจเสื่อมสภาพ เช่น พืชผลทางการเกษตรเน่าเสีย มีน้ำหนักรลดลง หรือถูกกัดแทะจากแมลงและสัตว์ เป็นต้น หรือล้าสมัย เช่น สินค้าแฟชั่น หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น รวมไปถึงสินค้าที่อาจสูญหายที่เกิดจากความผิดพลาดในการบันทึกบัญชีและการโจรกรรม ดังนั้นต้นทุนความเสี่ยงในสินค้าคงเหลือจะแตกต่างกันในแต่ละธุรกิจ

2. ต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Ordering cost)

ต้นทุนในการสั่งซื้อ เป็นต้นทุนที่ใช้ในการสั่งซื้อสินค้าจากคู่ค้าทางธุรกิจและซัพพลายเออร์ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดทำใบสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ความสามารถของคู่ค้าทางธุรกิจและซัพพลายเออร์แต่ละราย ค่าโทรศัพท์หรือค่าอินเทอร์เน็ตในการติดต่อ เป็นต้น สำหรับในกรณีที่ธุรกิจเป็นผู้ผลิตเอง ธุรกิจจะมีต้นทุนการสั่งผลิตแทนต้นทุนในการสั่งซื้อ โดยต้นทุนในการสั่งผลิตจะประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการเตรียมการต่างๆ ก่อนเริ่มการผลิต เช่น ค่าทำความสะอาดเครื่องจักร หรือเครื่องมือให้พร้อมในการผลิต ค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการผลิตรอบใหม่ เป็นต้น ทั้งนี้ต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตจะเท่าๆ กันในแต่ละครั้งที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิตและจะแปรผันไปตามปริมาณของสินค้าที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิต

3. ต้นทุนเมื่อสินค้าขาดแคลน (Stockout cost)

ต้นทุนเมื่อสินค้าขาดแคลน เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นในกรณีที่สินค้ามีไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ณ ขณะที่ลูกค้าต้องการสินค้า หากเป็นวัตถุดิบจะทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก และหากเป็นสินค้าสำเร็จรูปอาจทำให้ลูกค้าหันไปซื้อสินค้าจากคู่แข่งเป็นผลทำให้ธุรกิจสูญเสียลูกค้าและรายได้ ตลอดจนกำไรในอนาคต ดังนั้นต้นทุนเมื่อสินค้าขาดแคลนจึงอาจเป็นต้นทุนที่สูงหากพิจารณาถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสร่วมด้วย ด้วยเหตุนี้ธุรกิจสามารถลดต้นทุนเมื่อสินค้าขาดแคลนได้ด้วยการมีสินค้าคงเหลือสำรอง

4. ต้นทุนของสินค้า (Product cost)

ต้นทุนของสินค้า เป็นต้นทุน หรือมูลค่าของสินค้าคงเหลือที่เก็บรักษาไว้คลังสินค้า ซึ่งคำนวณได้จากต้นทุนต่อหน่วย หรือราคาต่อหน่วยของสินค้าที่สั่งซื้อคูณกับจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อ ทั้งนี้

ต้นทุนของสินค้าคงเหลือส่วนใหญ่จะนำมาประกอบการคำนวณต้นทุนของสินค้าคงเหลือในกรณีที่ราคา หรือต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าคงเหลือเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณ หรือจำนวนที่สั่งซื้อ

สำหรับต้นทุนทั้ง 4 ประเภทข้างต้นเป็นต้นทุนที่ธุรกิจจำเป็นต้องพยายามลดให้ต่ำที่สุด โดยยังคงรักษาความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าไว้ ทั้งนี้ต้นทุนเมื่อสินค้าขาดแคลนสามารถป้องกันได้ด้วยการมีสินค้าคงเหลือสำรอง อย่างไรก็ตาม การมีสินค้าคงเหลือสำรองจะส่งผลทำให้ทั้งต้นทุนการเก็บรักษา ต้นทุนการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และต้นทุนของสินค้า มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือ

การตัดสินใจและตัวแบบสินค้าคงเหลือ

การมีสินค้าคงเหลือมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นการตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือเป็นเรื่องที่ผู้บริหารต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วน ทั้งนี้เพื่อให้การตัดสินใจของผู้บริหารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้บริหารสามารถใช้ตัวแบบสินค้าคงเหลือ (Inventory model) เพื่อช่วยในการตัดสินใจได้ (อุไรวรรณ แยมเนียม, 2554 : 144)

1. การตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือ

จากข้อดีและข้อเสียของการมีสินค้าคงเหลือที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งการตัดสินใจเกี่ยวกับสินค้าคงเหลือจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมระหว่างการตอบสนองความต้องการของลูกค้าและต้นทุนของสินค้าคงเหลือโดยจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งความเหมาะสมระหว่างการตอบสนองความต้องการของลูกค้าและต้นทุนของสินค้าคงเหลือสามารถกำหนดได้ด้วยปัญหาพื้นฐานของสินค้าคงเหลือดังต่อไปนี้

1.1 จะสั่งซื้อสินค้าครั้งละเท่าใด ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Order quantity) แต่ละครั้งจะส่งผลต่อต้นทุนของสินค้าคงเหลือโดยตรง ทั้งต้นทุนในการเก็บรักษา ต้นทุนในการสั่งซื้อ และต้นทุนของสินค้า ซึ่งการสั่งซื้อสินค้าจำนวนมากในแต่ละครั้งจะทำให้ธุรกิจมีต้นทุนในการเก็บรักษาสูง ในขณะที่ต้นทุนในการสั่งซื้อจะต่ำและต้นทุนสินค้าอาจลดลงได้หากมีส่วนลดเชิงปริมาณ ในทางตรงกันข้ามการสั่งซื้อสินค้าจำนวนน้อยในแต่ละครั้งจะทำให้ธุรกิจมีต้นทุนในการเก็บรักษาต่ำ ในขณะที่ต้นทุนในการสั่งซื้อจะสูง เนื่องจากต้องสั่งซื้อหลายครั้งและอาจไม่ได้รับส่วนลดเชิงปริมาณ ดังนั้นปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อแต่ละครั้งจะต้องมีความเหมาะสมที่จะทำให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตัวแบบสินค้าคงเหลือ

1.2 จะสั่งซื้อสินค้าเมื่อใด เมื่อสินค้าที่สั่งซื้อมาส่งมอบทำให้สินค้าคงเหลือมีจำนวนเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อมีการใช้สินค้าคงเหลือ หรือจำหน่ายสินค้าตามความต้องการของลูกค้า ทั้งนี้หากสินค้าคงเหลือลดจำนวนลงจนหมดและมีสินค้าที่สั่งซื้อครั้งใหม่มาส่งในทันที ความต้องการสินค้า

ของลูกค้าจะได้รับการตอบสนองอย่างต่อเนื่องและไม่เกิดปัญหาสินค้าขาดแคลน อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์จริงการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งจะต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ ซึ่งการสั่งซื้อสินค้าแล้วจะได้รับมอบทันทีที่มีความเป็นไปได้น้อยมากและทำให้ธุรกิจต้องเผื่อระยะเวลาในการสั่งซื้อด้วยการกำหนดเวลาที่แน่นอนของการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและคล่องตัวในการดำเนินการ แทนที่ธุรกิจจะกำหนดเวลาสั่งซื้อเป็นทุก 10 วัน หรือทุกวันที่ 10 หรือทุกวันที่ 20 เป็นต้น ธุรกิจควรเปลี่ยนจากเวลามาเป็นจำนวนสินค้าแทน โดยเมื่อสินค้าคงเหลือลดจำนวนลงถึงระดับหนึ่งแล้วธุรกิจจะดำเนินการสั่งซื้อสินค้าในครั้งต่อไปเพื่อให้สินค้าที่ส่งใหม่มาส่งในระยะเวลาที่สอดคล้องกับจำนวนสินค้าคงเหลือเดิมหมดลงพอดี และจำนวนสินค้า ณ ระดับนี้เรียกได้ว่าเป็นจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point) เพื่อใช้ส่งสัญญาณให้ธุรกิจสั่งซื้อสินค้าในครั้งต่อไป

2. ตัวแบบสินค้าคงเหลือ

ตัวแบบสินค้าคงเหลือสามารถจำแนกตามลักษณะความต้องการสินค้าได้ 2 ประเภทดังนี้

2.1 ตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีความต้องการที่แน่นอน (Deterministic inventory model) เป็นตัวแบบสินค้าคงเหลือที่มีข้อสมมติว่าธุรกิจทราบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แน่นอน หรือความต้องการสินค้าคงที่ ซึ่งอาจคงที่ตลอดเวลาหรือคงที่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีนี้สามารถเลือกพิจารณาได้หลายตัวแบบ แต่อยู่บนพื้นฐานของหลักการของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: EOQ) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะตัวแบบพื้นฐานที่มีสินค้าเพียง 1 ชนิด และมีการประยุกต์ใช้ในหลายลักษณะ ได้แก่

2.1.1 ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง (Zero lead time)

2.1.2 ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง (Non zero lead time)

2.1.3 ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ (Quantity discount)

2.2 ตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีความต้องการที่ไม่แน่นอนแบบใช้ความน่าจะเป็น (Probabilistic inventory model) เป็นตัวแบบสินค้าคงเหลือที่มีข้อสมมติว่าธุรกิจทราบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ไม่แน่นอน และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยความน่าจะเป็น และตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีนี้มีตัวแบบที่น่าสนใจดังนี้

2.2.1 ตัวแบบสินค้าคงเหลือแบบ 1 ช่วง (Single period) เป็นตัวแบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับสินค้าที่มีความต้องการเพียงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เมื่อเกินช่วงเวลานั้นสินค้าจะล้าสมัยและไม่มีการนำมาจำหน่าย เช่น สินค้าตามฤดูกาล ได้แก่ เสื้อกันหนาว และร่ม เป็นต้น ดังนั้นในการ

สั่งซื้อสินค้าจะต้องอาศัยความน่าจะเป็นในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

2.2.2 ตัวแบบสินค้าคงเหลือที่กำหนดจำนวนและจุดสั่งซื้อ (Order and reorder) เป็นตัวแบบที่ประยุกต์ใช้ในกรณีที่สินค้ามีความต้องการเกิดขึ้นหลายช่วงเวลาต่อเนื่องกันเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด แต่ความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะสุ่ม ซึ่งทำให้ไม่สามารถกำหนดเวลาที่แน่นอนของการสั่งซื้อ ระยะเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง ตลอดจนระยะเวลาที่สินค้ามาส่งได้ และในกรณีนี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดก่อน จากนั้นใช้จุดสั่งซื้อเป็นตัวกำหนดโดยปรับให้สอดคล้องกับความต้องการแบบสุ่มโดยอาศัยความน่าจะเป็นมาวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดขึ้นต่อไป

อย่างไรก็ตาม ตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีความต้องการที่ไม่แน่นอนแบบใช้ความน่าจะเป็นจะไม่ได้กล่าวถึงในบทนี้

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: EOQ) เป็นตัวแบบที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง เพื่อให้มีปริมาณสินค้าที่เพียงพอต่อการจำหน่าย โดยมีต้นทุนรวมในการสั่งซื้อที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้ตัวแบบ EOQ ส่วนใหญ่จะพิจารณาเป็นรอบระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีข้อสมมติและมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 149-154)

ข้อสมมติ

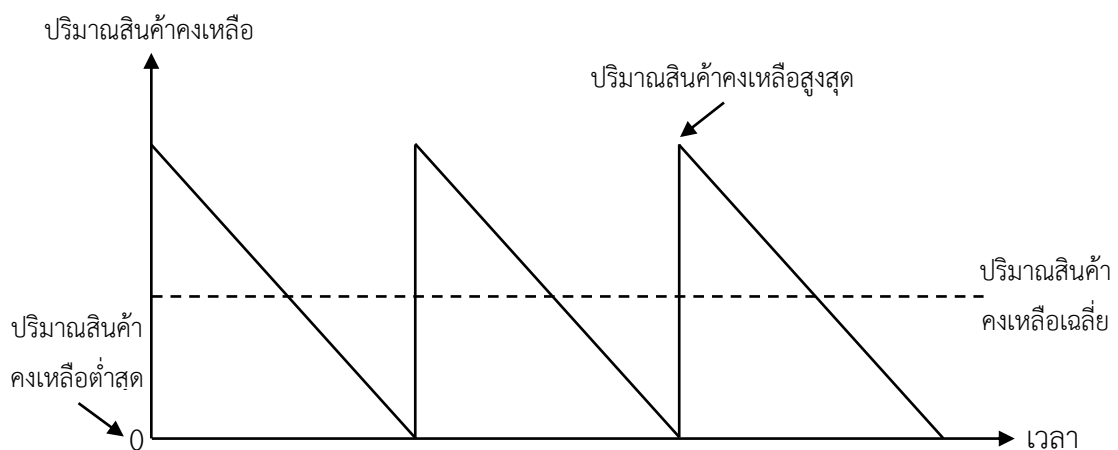
ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดถูกพัฒนาโดยมีข้อสมมติดังนี้ (Anderson et al., 2013 : 625; Taylor, 2016 : 791)

1. ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนและสม่ำเสมอ โดยจะใช้สินค้าจำนวนเท่าใดย่อมเป็นเช่นนั้น และสั่งซื้อในจำนวนเดียวกัน อีกทั้งการใช้สินค้าจะต้องคงที่ด้วย เช่น คาดว่าจะใช้สินค้า 50 ชิ้น ซึ่งจำนวนใช้จริงจะเท่ากับ 50 ชิ้น และสั่งซื้อสินค้าจำนวน 50 ชิ้นด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนการใช้สินค้าคือ 2 ชิ้นต่อวัน เป็นต้น
2. สินค้าที่สั่งซื้อแต่ละครั้งมีจำนวนเท่ากัน และมาถึงพร้อมกันในคราวเดียวกันไม่มีการทยอยส่ง เช่น สั่งซื้อสินค้า 50 ชิ้น ผู้ขายจะส่งมอบทั้ง 50 ชิ้นในคราวเดียวกัน เป็นต้น
3. ระยะเวลาการสั่งซื้อคงที่ เวลานำส่ง (Lead time) หรือระยะเวลาในการสั่งซื้อตั้งแต่การดำเนินการสั่งซื้อไปจนถึงผู้ขายนำสินค้ามาส่งมอบเป็นระยะเวลาที่แน่นอน เช่น ใช้เวลา 5 วันในการสั่งซื้อครั้งแรก และการสั่งซื้อครั้งต่อไปจะใช้เวลา 5 วันเช่นเดียวกัน เป็นต้น

4. ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อระยะเวลา ต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง และต้นทุนของสินค้าต่อหน่วยคงที่

5. การตอบสนองความต้องการสินค้าเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีเหตุการณ์ของการขาดแคลนสินค้าเกิดขึ้น

จากข้อสมมติดังกล่าวทำให้ปริมาณสินค้าคงเหลือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอในแต่ละช่วงเวลา กล่าวคือปริมาณสินค้าคงเหลือจะสูงสุดเมื่อสั่งซื้อสินค้าเข้ามาครั้งแรก โดยเท่ากับปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ (Q) หลังจากนั้นจะลดลงตามการใช้สินค้าที่มีอัตราคงที่ และเมื่อปริมาณสินค้าลดลงจนเท่ากับศูนย์ (0) สินค้าที่สั่งซื้อครั้งต่อไปจะเข้ามาพอดี ทำให้ปริมาณสินค้าคงเหลือกลับมาสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นปริมาณสินค้าคงเหลือจึงมีการเคลื่อนไหวอยู่ระหว่าง Q กับ 0 ตลอดระยะเวลา ทั้งนี้ปริมาณสินค้าคงเหลือเฉลี่ยจึงมีค่าเท่ากับ $\frac{Q}{2}$ ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 การเคลื่อนไหวของปริมาณสินค้าคงเหลือ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 627)

วิธีการคำนวณ

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ) เป็นการนำปริมาณสินค้าที่ต้องการใช้ในรอบระยะเวลาดำเนินงานมาพิจารณาประกอบกับต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนในการสั่งซื้อ โดยจะสั่งซื้อในปริมาณที่ทำให้มีต้นทุนในการเก็บรักษาเท่ากับต้นทุนในการสั่งซื้อ อันจะก่อให้เกิดต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด โดยไม่รวมต้นทุนของสินค้า เนื่องจากต้นทุนของสินค้าต่อหน่วยคงที่ ดังนั้นต้นทุนของสินค้าที่ต้องการในรอบระยะเวลาจึงไม่มีผลต่อการพิจารณาการตัดสินใจในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ ซึ่งมีสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (Render et al., 2018 : 208-209)

- Q หมายถึงปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง
 Q^* หมายถึงปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ)
 D หมายถึงปริมาณความต้องการสินค้าในรอบปี
 C_o หมายถึงต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง
 C_h หมายถึงต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี

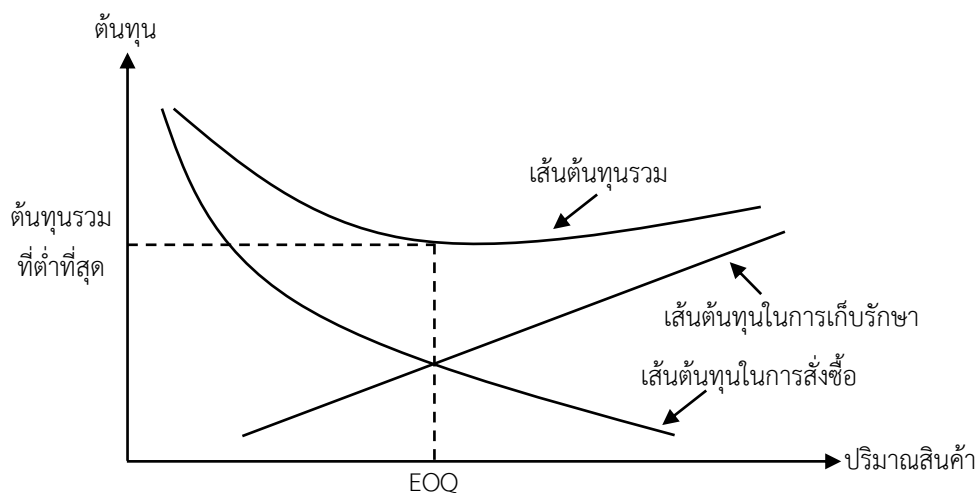
สำหรับต้นทุนในการเก็บรักษาต่อปี (Annual carrying cost) สามารถคำนวณได้จากต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปีคูณกับปริมาณสินค้าคงเหลือเฉลี่ย โดยที่ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยมีค่าคงที่ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อปี} = \frac{Q}{2} C_h \quad \dots (5.1)$$

ส่วนต้นทุนในการสั่งซื้อ (Annual ordering cost) สามารถคำนวณได้จากต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคูณกับจำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี โดยที่ต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะเท่ากันตลอดไม่ว่าจะสั่งซื้อในปริมาณมากน้อยเพียงไร และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนในการสั่งซื้อ} = \frac{D}{Q} C_o \quad \dots (5.2)$$

นอกจากนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาและต้นทุนในการสั่งซื้อ รวมไปถึงต้นทุนรวม สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 ต้นทุนของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 209)

จากภาพที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนในการเก็บรักษาจะสูงเมื่อมีปริมาณสินค้าคงเหลือสูง และต้นทุนในการเก็บรักษาจะต่ำเมื่อมีปริมาณสินค้าคงเหลือต่ำ ดังนั้นเส้นต้นทุนในการเก็บรักษาจะ

แปรผันไปตามปริมาณสินค้าคงเหลือจึงเป็นเส้นที่ลากขึ้นจากซ้ายไปขวา ส่วนต้นทุนในการสั่งซื้อจะสูงเมื่อจำนวนครั้งที่สั่งซื้อสินค้าสูง หรือสั่งซื้อครั้งละไม่มากแต่บ่อยครั้ง และต้นทุนในการสั่งซื้อจะต่ำเมื่อจำนวนครั้งที่สั่งซื้อสินค้าต่ำ หรือสั่งซื้อครั้งละมากๆ ดังนั้นเส้นต้นทุนในการสั่งซื้อจึงทอดลงมาจากซ้ายไปขวา สำหรับจุดที่เส้นต้นทุนในการเก็บรักษาและต้นทุนในการสั่งซื้อตัดกัน ณ จุดนี้ จะทำให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดและเป็นระดับที่ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการต้นทุนรวมได้ดังนี้ (Anderson et al., 2019 : 421-422)

ต้นทุนรวม (Total cost) = ต้นทุนในการเก็บรักษา + ต้นทุนในการสั่งซื้อ

$$\text{หรือ} \quad TC = \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o \quad \dots (5.3)$$

สำหรับปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ) จะทำให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดก็ต่อเมื่อต้นทุนในการเก็บรักษาเท่ากับต้นทุนในการสั่งซื้อ ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{Q}{2} C_h = \frac{D}{Q} C_o$$

แก้ปัญหสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่า Q ที่ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด โดย

$$Q^2 C_h = 2DC_o$$

$$Q^2 = \frac{2DC_o}{C_h}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}}$$

จากการแก้ปัญหข้างต้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดสามารถเขียนเป็นสูตรในการคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \quad \dots (5.4)$$

นอกจากนี้สมการ EOQ ดังกล่าวยังสามารถคำนวณได้จากการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งให้มีความเท่ากับศูนย์จากสมการต้นทุนรวม (TC) ได้ดังนี้

$$\frac{dTC}{dQ} = \frac{1}{2} C_h + \left(-\frac{D}{Q^2} C_o \right) = 0$$

$$\frac{dTC}{dQ} = \frac{1}{2} C_h = \frac{D}{Q^2} C_o$$

$$\frac{dTC}{dQ} = Q^2 = \frac{2DC_o}{C_h}$$

$$\frac{dTC}{dQ} = Q = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}}$$

สำหรับวิธีการตรวจสอบว่า Q^* ทำให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำที่สุดหรือไม่ สามารถพิจารณาได้จาก ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาจะต้องมีค่าเท่ากัน หรือทำการหาอนุพันธ์ลำดับที่สอง หาก TC มีค่าเป็นบวก หมายความว่า Q^* ที่ได้เป็นค่าที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

ทั้งนี้จากปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดสามารถนำไปใช้ในการคำนวณจำนวนครั้งที่สั่งซื้อ ต่อปี มูลค่าของสินค้าคงเหลือ และระยะเวลาในการใช้สินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{D}{EOQ}$$

$$\text{มูลค่าของสินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง} = \text{ต้นทุนของสินค้าต่อหน่วย} \times EOQ$$

$$\text{ระยะเวลาในการใช้สินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง} = \text{จำนวนวันใน 1 ปี} \times \frac{EOQ}{D}$$

ประยุกต์ใช้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ

จากตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีความต้องการที่แน่นอน ทำให้ผู้บริหารสามารถ ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ) และนำไป ประยุกต์ใช้ในหลายลักษณะดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง (Zero lead time) เป็นตัว แบบที่มีเงื่อนไขคือ ธุรกิจทราบความต้องการสินค้าของลูกค้า และความต้องการสินค้ามีความ สม่ำเสมอ รวมไปถึงเมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วจะได้รับสินค้าครบตามจำนวนทันที (Taylor, 2016 : 794-796)

ตัวอย่างที่ 5.1 บริษัทสายลม จำกัด ต้องการซื้อเครื่องปรับอากาศมาไว้จำหน่ายต่อ ให้กับลูกค้า โดยมุ่งเน้นให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด จึงทำการสำรวจความต้องการของลูกค้าพบว่าตลอด ทั้งปีลูกค้ามีความต้องการเครื่องปรับอากาศจำนวน 1,000 เครื่อง โดยบริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อ ครั้งละ 10 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาเครื่องละ 0.5 บาทต่อปี บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการ สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด รวมไปถึงต้องสั่งซื้อจำนวนกี่ครั้ง และใช้เวลา กี่วันในการจำหน่ายสินค้าแต่ละรอบ

วิธีทำ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.4 จะได้

$$\begin{aligned} EOQ &= \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \\ &= \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{0.50}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ เครื่องต่อครั้ง} \end{aligned}$$

คำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.3 จะได้

$$TC = \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o$$

$$= \frac{200}{2} (0.50) + \frac{1,000}{200} (10) = 50 + 50 = 100 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{D}{EOQ}$$

$$= \frac{1,000}{200} = 5 \text{ ครั้งต่อปี}$$

$$\text{ระยะเวลาในการใช้สินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง} = \text{จำนวนวันใน 1 ปี} \times \frac{EOQ}{D}$$

$$= 365 \times \frac{200}{1,000} = 73 \text{ วัน}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายลม จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศครั้งละ 200 เครื่อง จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 100 บาท โดยต้องสั่งซื้อจำนวน 5 ครั้งต่อปี และใช้เวลา 73 วันในการจำหน่ายสินค้าแต่ละรอบ

อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด ซึ่งตามสมมติฐานจะไม่นับรวมต้นทุนของสินค้า เนื่องจากความต้องการสินค้ามีค่าคงที่ และในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าในรอบระยะเวลา หรือ 1 ปี ไม่ว่าจะมีการสั่งซื้อสินค้าจำนวนกี่ครั้งก็ตาม ธุรกิจจะต้องมีต้นทุนของสินค้านี้รวมด้วย ดังนั้นต้นทุนของสินค้านี้รวมจึงมีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการสินค้าในรอบปี (D) คูณกับ

ต้นทุนของสินค้าต่อหน่วย (C) หรือ $D \times C$ ด้วยเหตุนี้มูลค่าสินค้าคงเหลือเฉลี่ยจึงมีค่าเท่ากับ $\frac{CQ}{2}$ ทั้งนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาจึงอยู่ในรูปแบบของร้อยละของมูลค่าของสินค้าคงเหลือเฉลี่ย ดังนั้นในกรณีนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาจะสามารถคำนวณได้จากร้อยละของต้นทุนในการเก็บรักษาต่อปี (I) คูณกับมูลค่าสินค้าคงเหลือเฉลี่ย ดังนั้นสมการต้นทุนในการเก็บรักษาต่อปีใหม่คือ $C_h = IC$ และสามารถเขียนสมการที่ 5.4 ได้ใหม่ดังนี้ (Render et al., 2018 : 212-222)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{IC}} \quad \dots (5.5)$$

ตัวอย่างที่ 5.2 บริษัทสายฟ้า จำกัด ต้องการซื้อชิปประมวลผล เพื่อมาประกอบเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นจำนวน 10,000 ชิ้นต่อปี ซึ่งชิปประมวลผลราคาชิ้นละ 200 บาท โดยบริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 360 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 10 ต่อปี บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด และคิดเป็นมูลค่าเท่าใด รวมไปถึงต้องสั่งซื้อจำนวนกี่ครั้ง และใช้เวลากี่วันในการจำหน่ายสินค้าแต่ละรอบ

วิธีทำ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.5 จะได้

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{IC}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(10,000)(360)}{200(0.10)}} = \sqrt{360,000} = 600 \text{ ชิ้นต่อครั้ง}$$

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าของสินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง} &= \text{ต้นทุนของสินค้าต่อหน่วย} \times EOQ \\ &= 200 \times 600 = 120,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

คำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.3 จะได้

$$\begin{aligned} TC &= \frac{Q}{2}(IC) + \frac{D}{Q}C_o \\ &= \frac{600}{2}(200 \times 0.1) + \frac{10,000}{600}(360) = 6,000 + 6,000 = 12,000 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} &= \frac{D}{EOQ} \\ &= \frac{10,000}{600} = 16.67 \text{ หรือ } 17 \text{ ครั้งต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาในการใช้สินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง} &= \text{จำนวนวันใน 1 ปี} \times \frac{EOQ}{D} \\ &= 365 \times \frac{600}{10,000} = 21.9 \\ &\text{หรือ } 22 \text{ วัน} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายฟ้า จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลครั้งละ 600 ชิ้น คิดเป็นมูลค่า 120,000 บาท จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 12,000 บาท โดยต้องสั่งซื้อจำนวน 17 ครั้งต่อปี และใช้เวลา 22 วันในการจำหน่ายสินค้าแต่ละรอบ

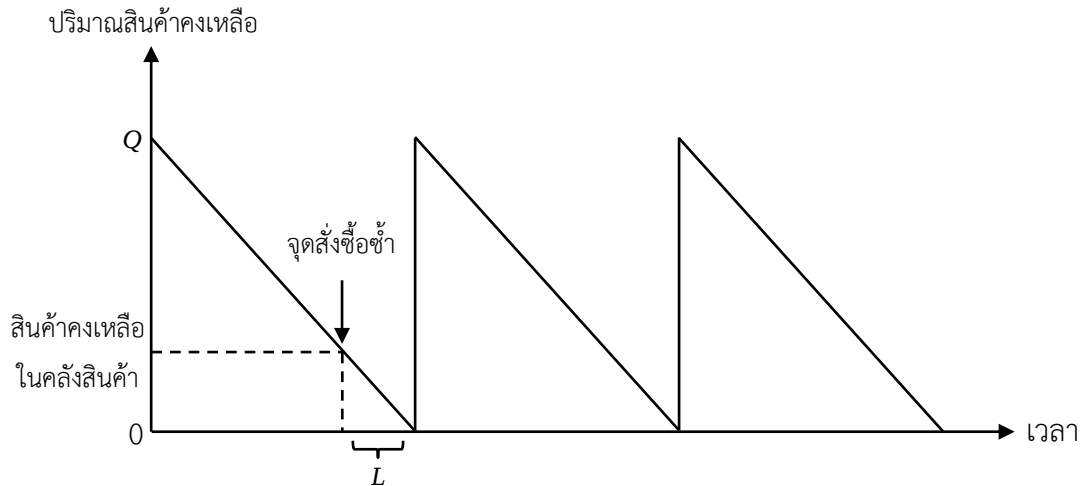
2. ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง (Non zero lead time) เป็นตัวแบบที่มีเงื่อนไขเช่นเดียวกันกับกรณีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง คือ ธุรกิจทราบความต้องการสินค้าของลูกค้า และความต้องการสินค้ามีความสม่ำเสมอ แต่เมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วจะไม่ได้รับสินค้าครบตามจำนวนทันที ซึ่งมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริง เนื่องจากในการดำเนินธุรกิจการสั่งซื้อสินค้าแล้วจะได้รับสินค้าทันทีนั้นอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ผู้ซื้อและผู้ขายอยู่ในพื้นที่เดียวกัน อย่างไรก็ตาม หากผู้ซื้อและผู้ขายอยู่ต่างพื้นที่กัน การที่จะรับสินค้าในวันเดียวกันนั้นมีความเป็นไปได้น้อยมาก ในบางครั้งอาจใช้เวลา 1 ถึง 2 วัน หรือมากกว่า ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารจึงต้องตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อสินค้าเมื่อใด ให้สอดคล้องกับความต้องการสินค้าของลูกค้า เพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนสินค้าหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต หรือกล่าวได้ว่าผู้บริหารจะต้องตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าครั้งใหม่เมื่อสินค้าคงเหลือในคลังสินค้าเหลือจำนวนเท่าใด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point: R) ดังสมการต่อไปนี้ (ไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพิพัฒน์, 2558 : 32-33)

$$R = d \times L \quad \dots (5.6)$$

เมื่อ d หมายถึงความต้องการใช้สินค้าในหนึ่งวัน หรือจำนวนสินค้าที่จำหน่ายได้ในหนึ่งวัน และ L หมายถึงระยะเวลาในการสั่งซื้อ (Lead time) ทั้งนี้จุดสั่งซื้อซ้ำสามารถแสดงได้ดังภาพที่

5.3



ภาพที่ 5.3 จุดสั่งซื้อซ้ำ

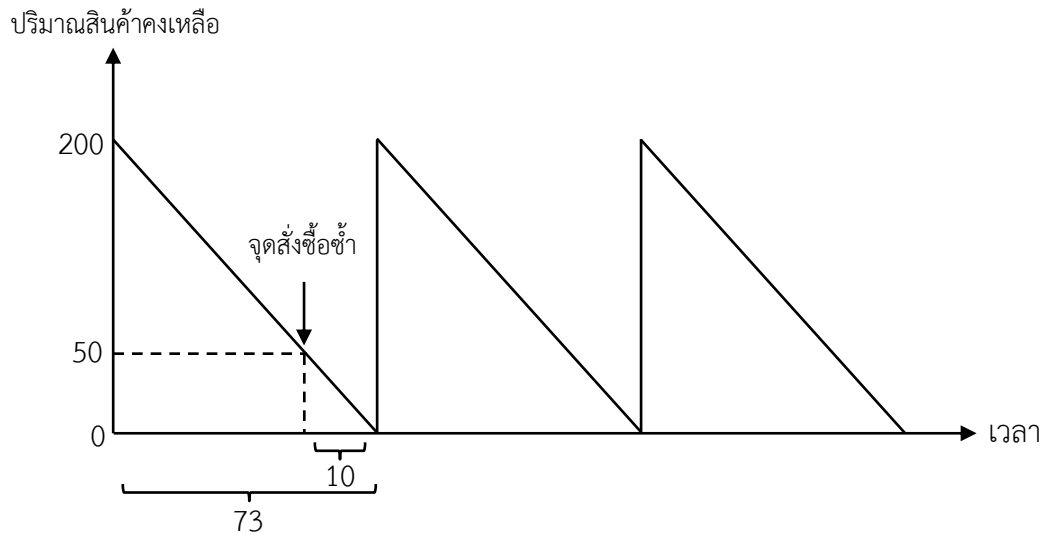
ที่มา: ปรับปรุงจาก ไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพิพัฒน์ (2558 : 31)

ตัวอย่างที่ 5.3 จากตัวอย่างที่ 5.1 กำหนดให้บริษัทสายลม จำกัด จำหน่ายเครื่องปรับอากาศได้วันละ 5 เครื่อง และเมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วได้รับสินค้าภายใน 10 วัน บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศเมื่อใด

วิธีทำ การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำจากสมการที่ 5.6 จะได้

$$\begin{aligned} R &= d \times L \\ &= 5 \times 10 = 50 \text{ เครื่อง} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายลม จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศครั้งใหม่เมื่อเครื่องปรับอากาศในคลังสินค้าเหลือ 50 เครื่อง ทั้งนี้จุดสั่งซื้อซ้ำสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 จุดสั่งซื้อซ้ำของตัวอย่างที่ 5.3

ที่มา: ปรับปรุงจาก ไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพิพัฒน์ (2558 : 31)

ตัวอย่างที่ 5.4 จากตัวอย่างที่ 5.2 กำหนดให้บริษัทสายฟ้า จำกัด สามารถประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ได้วันละ 8 เครื่อง และเมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วได้รับสินค้าภายใน 12 วัน บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลเมื่อใด

วิธีทำ การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำจากสมการที่ 5.6 จะได้

$$R = d \times L$$

$$= 8 \times 12 = 96 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายฟ้า จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลครั้งใหม่เมื่อชิปประมวลผลในคลังสินค้าเหลือ 96 ชิ้น

3. ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งและไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง เป็นการพิจารณาต้นทุนรวมในการสั่งซื้อและการเก็บรักษา รวมไปถึงต้นทุนของสินค้ามีค่าคงที่ หรือราคาต่อหน่วยไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะสั่งซื้อจำนวนมากหรือน้อย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจของผู้บริหาร แต่ในสถานการณ์จริงผู้ขายจะมีการเสนอส่วนลดเชิงปริมาณให้แก่ผู้ซื้อ หากสั่งซื้อสินค้าจำนวนมากๆ ต่อครั้ง เป็นผลทำให้ต้นทุนต่อหน่วยมีค่าลดลง และส่งผลกระทบต่อปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด อย่างไรก็ตาม การสั่งซื้อสินค้าในจำนวนที่มากขึ้นจะทำให้ต้นทุนในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารจึงต้องตัดสินใจว่าจะรับส่วนลดหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ (Quantity discount) ซึ่งมีเงื่อนไขคือ

ต้นทุนต่อหน่วยจะแปรผกผันตามปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ และมีวิธีการคำนวณต้นทุนรวมได้ใหม่ดังนี้ (Anderson et al., 2019 : 434-436)

ต้นทุนรวม (Total cost) = ต้นทุนของสินค้า + ต้นทุนในการเก็บรักษา
+ ต้นทุนในการสั่งซื้อ

$$\text{หรือ} \quad TC = DC + \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o \quad \dots (5.7)$$

และจาก $C_h = IC$ สามารถเขียนสมการที่ 5.7 ได้ใหม่ดังนี้

$$TC = DC + \frac{Q}{2} (IC) + \frac{D}{Q} C_o \quad \dots (5.8)$$

เมื่อ TC หมายถึงต้นทุนรวม

D หมายถึงปริมาณความต้องการสินค้าในรอบปี

Q หมายถึงปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง

C_o หมายถึงต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง

C หมายถึงต้นทุนของสินค้าต่อหน่วย

I หมายถึงร้อยละของต้นทุนในการเก็บรักษาต่อปี

ตัวอย่างที่ 5.5 ห้างสรรพสินค้าสายฝน ต้องการซื้อเครื่องชงกาแฟไว้จำหน่ายต่อให้กับลูกค้า โดยมุ่งเน้นให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด จึงทำการสำรวจความต้องการของลูกค้าพบว่าตลอดทั้งปีลูกค้ามีความต้องการเครื่องชงกาแฟจำนวน 5,000 เครื่อง ซึ่งเครื่องชงกาแฟราคาเครื่องละ 50 บาท โดยห้างสรรพสินค้าฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 640 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 20 ต่อปี ห้างสรรพสินค้าฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด หากผู้ผลิตเครื่องชงกาแฟจำหน่ายให้กับห้างสรรพสินค้าฯ ได้เสนอส่วนลดให้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ส่วนลดเชิงปริมาณในการสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟของห้างสรรพสินค้าสายฝน

กรณีที่	จำนวนการสั่งซื้อ	ส่วนลด (%)	ราคาต่อหน่วย (บาท)
1	0 ถึง 999	0	50
2	1,000 ถึง 1,999	10	45
3	2,000 ขึ้นไป	12	44

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 434)

วิธีทำ กรณีที่ 1 สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟไม่ถึง 1,000 เครื่อง ซึ่งจะไม่ได้รับส่วนลด และปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.5 จะได้

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{IC}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(5,000)(640)}{50(0.2)}} = \sqrt{640,000} = 800 \text{ เครื่องต่อครั้ง}$$

คำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.8 จะได้

$$TC = DC + \frac{Q}{2}(IC) + \frac{D}{Q}C_o$$

$$= 5,000(50) + \frac{800}{2}(50 \times 0.2) + \frac{5,000}{800}(640)$$

$$= 250,000 + 4,000 + 4,000 = 258,000 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{D}{EOQ}$$

$$= \frac{5,000}{800} = 6.25 \text{ หรือ 7 ครั้งต่อปี}$$

หากห้างสรรพสินค้าฯ สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟจำนวน 800 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 258,000 บาท

กรณีที่ 2 สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟตั้งแต่ 1,000 เครื่อง แต่ไม่ถึง 2,000 เครื่อง จะได้รับส่วนลด 10% โดยเครื่องชงกาแฟจะมีราคาเครื่องละ 45 บาท และปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.5 จะได้

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(5,000)(640)}{45(0.2)}} = \sqrt{711,111.11} = 843.27 \text{ หรือ 844 เครื่องต่อครั้ง}$$

ทั้งนี้จะได้รับส่วนลด 10% ก็ต่อเมื่อสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟตั้งแต่ 1,000 เครื่อง แต่ไม่ถึง 2,000 เครื่อง ดังนั้นจึงพิจารณาการสั่งซื้อขั้นต่ำคือ 1,000 เครื่อง เพื่อรับส่วนลด จึงคำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.8 จะได้

$$TC = 5,000(45) + \frac{1,000}{2}(45 \times 0.2) + \frac{5,000}{1,000}(640)$$

$$= 225,000 + 4,500 + 3,200 = 232,700 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{5,000}{1,000} = 5 \text{ ครั้งต่อปี}$$

หากห้างสรรพสินค้าฯ สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟจำนวน 1,000 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 232,700 บาท

กรณีที่ 3 สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟตั้งแต่ 2,000 เครื่องขึ้นไปจะได้รับส่วนลด 12% โดยเครื่องชงกาแฟจะมีราคาเครื่องละ 44 บาท และปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.5 จะได้

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(5,000)(640)}{44(0.2)}} = \sqrt{727,272.73} = 852.80 \text{ หรือ } 853 \text{ เครื่องต่อครั้ง}$$

ทั้งนี้จะได้รับส่วนลด 12% ก็ต่อเมื่อสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟตั้งแต่ 2,000 เครื่องขึ้นไป

ดังนั้นจึงพิจารณาการสั่งซื้อขั้นต่ำคือ 2,000 เครื่อง เพื่อรับส่วนลด จึงคำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.8 จะได้

$$TC = 5,000(44) + \frac{2,000}{2}(44 \times 0.2) + \frac{5,000}{2,000}(640)$$

$$= 220,000 + 8,800 + 1,600 = 230,400 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{5,000}{2,000} = 2.5 \text{ หรือ } 3 \text{ ครั้งต่อปี}$$

หากห้างสรรพสินค้าฯ สั่งซื้อเครื่องชงกาแฟจำนวน 2,000 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 230,400 บาท

จากทั้ง 3 กรณีสามารถสรุปเป็นตารางเพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับห้างสรรพสินค้าสายฝนได้ดังนี้

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟของห้างสรรพสินค้าสายฝน

กรณีที่	C (บาท)	Q (เครื่อง)	DC (บาท)	C_h (บาท)	C_o (บาท)	TC (บาท)
1	50	800	250,000	4,000	4,000	258,000
2	45	1,000	225,000	4,500	3,200	232,700
3	44	2,000	220,000	8,800	1,600	230,400

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 435)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าห้างสรรพสินค้าสายฝนควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องชงกาแฟครั้งละ 2,000 เครื่อง ซึ่งจะได้รับส่วนลด 12% หรือในราคาเครื่องละ 44 บาท จึงจะมีต้นทุนรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 230,400 บาท

ตัวอย่างที่ 5.6 จากตัวอย่างที่ 5.1 หากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศจำหน่ายให้บริษัทสายลม จำกัด ในราคาเครื่องละ 10 บาท หากสั่งซื้อไม่ถึง 500 เครื่อง ซึ่งจะให้ส่วนลด 5% หากบริษัทฯ สั่งซื้อตั้งแต่ 500 เครื่อง แต่ไม่เกิน 800 เครื่อง และให้ส่วนลด 8% หากบริษัทฯ สั่งซื้อตั้งแต่ 800 เครื่อง แต่ไม่เกิน 1,000 เครื่อง นอกจากนี้หากบริษัทฯ สั่งซื้อตั้งแต่ 1,000 เครื่องขึ้นไปผู้ผลิตจะให้ส่วนลดสูงถึง 10% โดยบริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 10 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษา

เครื่องละ 0.5 บาทต่อปี ซึ่งลูกค้ามีความต้องการเครื่องปรับอากาศจำนวน 4,000 เครื่อง บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด และควรสั่งซื้อปีละกี่ครั้ง

วิธีทำ กรณีที่ 1 สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศไม่ถึง 500 เครื่อง ซึ่งจะไม่ได้รับส่วนลด และปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจากสมการที่ 5.4 จะได้

$$\begin{aligned} EOQ &= \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \\ &= \sqrt{\frac{2(4,000)(10)}{0.5}} = \sqrt{160,000} = 400 \text{ เครื่องต่อครั้ง} \end{aligned}$$

คำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.7 จะได้

$$\begin{aligned} TC &= DC + \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o \\ &= 4,000(10) + \frac{400}{2}(0.5) + \frac{4,000}{400}(10) \\ &= 40,000 + 100 + 100 = 40,200 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} &= \frac{D}{EOQ} \\ &= \frac{4,000}{400} = 10 \text{ ครั้งต่อปี} \end{aligned}$$

หากบริษัทฯ สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศจำนวน 400 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 40,200 บาท

กรณีที่ 2 สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 500 เครื่อง แต่ไม่ถึง 800 เครื่อง จะได้รับส่วนลด 5% โดยเครื่องปรับอากาศจะมีราคาเครื่องละ 9.5 บาท ทั้งนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือเท่ากับ 400 เครื่องต่อครั้งเช่นเดิม และเมื่อพิจารณาการสั่งซื้อขั้นต่ำคือ 500 เครื่องเพื่อรับส่วนลด จึงคำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.7 จะได้

$$\begin{aligned} TC &= 4,000(9.5) + \frac{500}{2}(0.5) + \frac{4,000}{500}(10) \\ &= 38,000 + 125 + 80 = 38,205 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{4,000}{500} = 8 \text{ ครั้งต่อปี}$$

หากบริษัทฯ สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศจำนวน 500 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 38,205 บาท

กรณีที่ 3 สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 800 เครื่อง แต่ไม่ถึง 1,000 เครื่อง จะได้รับส่วนลด 8% โดยเครื่องปรับอากาศจะมีราคาเครื่องละ 9.2 บาท ทั้งนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาไม่ได้

เปลี่ยนแปลงไปตามต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือเท่า 400 เครื่องต่อครั้งเช่นเดิม และเมื่อพิจารณาการสั่งซื้อขั้นต่ำคือ 800 เครื่องเพื่อรับส่วนลด จึงคำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.7 จะได้

$$TC = 4,000(9.2) + \frac{800}{2}(0.5) + \frac{4,000}{800}(10) \\ = 36,800 + 200 + 50 = 37,050 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{4,000}{800} = 5 \text{ ครั้งต่อปี}$$

หากบริษัทฯ สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศจำนวน 800 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 37,050 บาท

กรณีที่ 4 สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 1,000 เครื่องขึ้นไป จะได้รับส่วนลด 10% โดยเครื่องปรับอากาศจะมีราคาเครื่องละ 9 บาท ทั้งนี้ต้นทุนในการเก็บรักษาไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือเท่า 400 เครื่องต่อครั้งเช่นเดิม และเมื่อพิจารณาการสั่งซื้อขั้นต่ำคือ 1,000 เครื่อง เพื่อรับส่วนลด จึงคำนวณต้นทุนรวมได้จากสมการที่ 5.7 จะได้

$$TC = 4,000(9) + \frac{1,000}{2}(0.5) + \frac{4,000}{1,000}(10) \\ = 36,000 + 250 + 40 = 36,290 \text{ บาท}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} = \frac{4,000}{1,000} = 4 \text{ ครั้งต่อปี}$$

หากบริษัทฯ สั่งซื้อเครื่องปรับอากาศจำนวน 1,000 เครื่องต่อครั้งจะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่ากับ 36,290 บาท

จากทั้ง 4 กรณีสามารถสรุปเป็นตารางเพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับบริษัทสายลม จำกัด ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศของบริษัทสายลม จำกัด

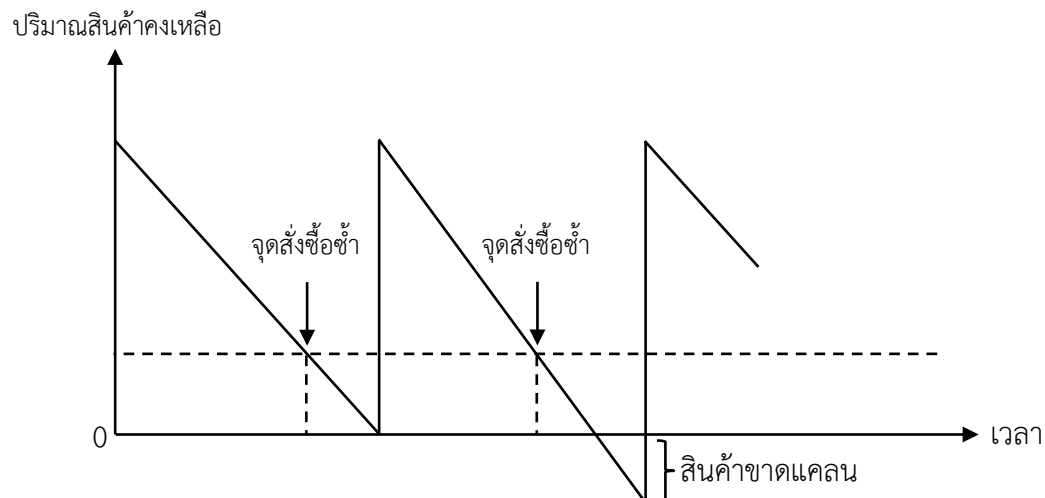
กรณีที่	C (บาท)	Q (เครื่อง)	DC (บาท)	C_h (บาท)	C_o (บาท)	TC (บาท)
1	10	400	40,000	100	100	40,200
2	9.5	500	38,000	125	80	38,205
3	9.2	800	36,800	200	50	37,050
4	9	1,000	36,000	250	40	36,290

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 434)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายลม จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศครั้งละ 1,000 เครื่อง โดยสั่งซื้อปีละ 4 ครั้ง ซึ่งจะได้รับส่วนลด 10% หรือในราคาเครื่องละ 9 บาท จึงจะมีต้นทุนรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 36,290 บาท

4. การกำหนดปริมาณสินค้าสำรอง

การกำหนดปริมาณสินค้าสำรอง (Safety stock) จะเป็นการวิเคราะห์ต่อเนื่องมาจากปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง เนื่องจากในการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งจะมีระยะเวลาในการสั่งซื้อ หรือระยะเวลาในการขนส่งสินค้าที่มีความผันผวนและไม่แน่นอน อีกทั้งในสถานการณ์จริงสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้คือ ความต้องการของลูกค้า ทั้งนี้หากลูกค้ามีความต้องการสินค้ามากขึ้นในขณะที่สินค้าหรือวัตถุดิบที่สั่งยังไม่มาส่งเป็นผลทำให้เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือวัตถุดิบในการผลิต (Stockout) หรือในกรณีที่สินค้าที่สั่งมาส่งไม่เป็นไปตามกำหนดเป็นผลทำให้เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือวัตถุดิบในการผลิตได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นการกำหนดสินค้าสำรองจะช่วยแก้ปัญหาสินค้าขาดแคลนได้ในช่วงที่รอสินค้าที่สั่งครั้งใหม่มาส่ง และสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.5 (Render et al., 2018 : 221-223)



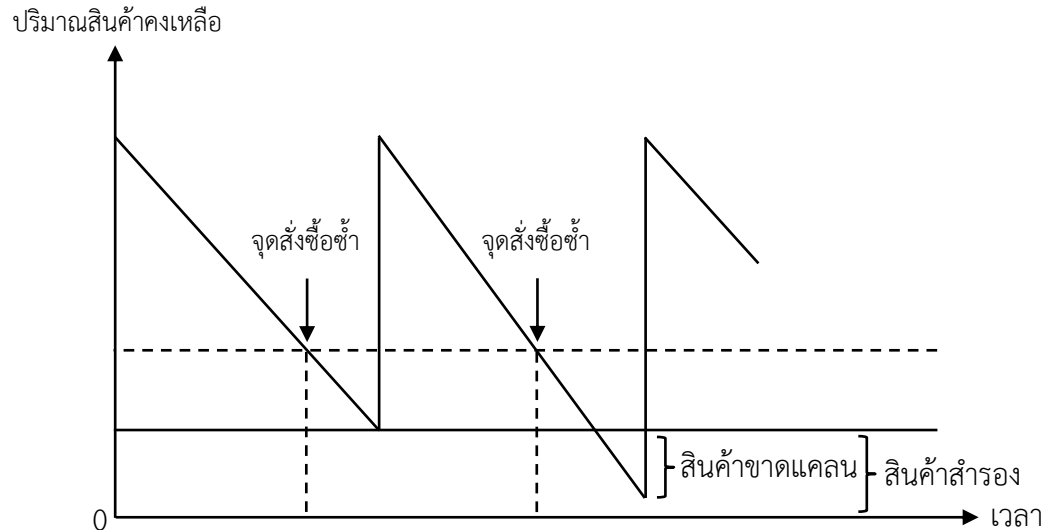
ภาพที่ 5.5 สินค้าขาดแคลน

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 222)

สำหรับการสำรองสินค้าเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการขาดแคลนสินค้า จะเป็นการกำหนดสินค้าสำรองในคลังสินค้าให้มากขึ้น เป็นผลทำให้จุดสั่งซื้อซ้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากต้องสำรองสินค้าเพิ่มมากขึ้น และสามารถเขียนสมการจุดสั่งซื้อซ้ำได้ใหม่ดังนี้

$$R = (d \times L) + SS \quad \dots (5.9)$$

เมื่อ SS หมายถึงสินค้าสำรอง ทั้งนี้จุดสั่งซื้อซ้ำเมื่อมีการสำรองสินค้าเพิ่มมากขึ้น แสดงได้ดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 จุดสั่งซื้อซ้ำเมื่อมีสินค้าสำรอง

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 222)

อย่างไรก็ตาม การสำรองสินค้าเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ธุรกิจมีต้นทุนในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นหากธุรกิจมีการสำรองสินค้าที่มากเกินไปจนยอมส่งผลเสียมากกว่าผลดี และการกำหนดสินค้าสำรองที่เหมาะสม สามารถพิจารณาได้ดังนี้

4.1 การกำหนดปริมาณสินค้าสำรองเมื่อทราบต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้า (Known stockout costs) เป็นการกำหนดสินค้าสำรองโดยพิจารณาต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าจากความน่าจะเป็นของความต้องการสินค้าของลูกค้าในขณะที่สินค้าที่สั่งยังไม่มาส่ง หรือในช่วงที่รอสินค้า ซึ่งมีเงื่อนไขคือ ธุรกิจจะต้องทราบการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการสินค้าของลูกค้า และความต้องการสินค้าของลูกค้าจะต้องมากกว่าสินค้าคงเหลือในช่วงที่รอสินค้า ทั้งนี้ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปีคำนวณได้จาก (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553 : 178-182)

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= \text{จำนวนสินค้าที่ขาดแคลน} \times \text{ต้นทุนที่} \\ &\quad \text{เกิดจากการขาดแคลนสินค้า} \times \text{จำนวน} \\ &\quad \text{ครั้งที่สั่งซื้อต่อปี} \times \text{ความน่าจะเป็นที่} \\ &\quad \text{สินค้าจะขาดแคลน} \end{aligned}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้าจึงคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้า} &= \text{ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าสำรอง} + \text{ต้นทุนที่} \\ &\quad \text{เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 5.7 จากตัวอย่างที่ 5.2 กำหนดให้บริษัทสายฟ้า จำกัด ต้องการซื้อชิปประมวลผล เพื่อมาประกอบเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นจำนวน 10,000 ชิ้นต่อปี ซึ่งชิปประมวลผลราคาชิ้นละ 200 บาท โดยบริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 360 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 10 ต่อปี ทั้งนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องใช้ชิปประมวลผล 1 ชิ้น และจะได้รับสินค้าภายใน 12 วันหลังจากที่สั่งซื้อสินค้า นอกจากนี้บริษัทฯ มีข้อมูลความต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์ของลูกค้าอดีต 20 ครั้งที่ผ่านมา พบว่าลูกค้ามีความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ระหว่าง 20 ถึง 40 เครื่องต่อวัน โดยมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.4 ความต้องการซื้อชิปประมวลผลของบริษัทสายฟ้า จำกัด

ความต้องการซื้อชิปประมวลผล	จำนวนครั้ง	ความน่าจะเป็น
20	2	$2/20 = 0.10$
25	3	$3/20 = 0.15$
28	9	$9/20 = 0.45$
30	3	$3/20 = 0.15$
35	2	$2/20 = 0.10$
40	1	$1/20 = 0.05$
รวม	20	1.00

ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา วานิชย์บัญชา (2553 : 179)

จากข้อมูลข้างต้น หากบริษัทฯ มีต้นทุนจากการขาดแคลนสินค้า หรือมีชิปประมวลผลไม่เพียงพอต่อการผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์มีต้นทุนชิ้นละ 50 บาท บริษัทฯ ควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลเมื่อใด

วิธีทำ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเท่ากับ 600 ชิ้นต่อครั้ง และมีต้นทุนรวมเท่ากับ 12,000 บาท โดยสั่งซื้อปีละ 17 ครั้ง และใช้เวลา 22 วันในการจำหน่ายสินค้าแต่ละรอบ ดังนั้นความต้องการซื้อชิปประมวลผลต่อวันคำนวณได้จาก

$$\text{ความต้องการใช้สินค้าในหนึ่งวัน (d)} = \frac{600}{22} = 27.27 \text{ หรือ } 28 \text{ ชิ้นต่อวัน}$$

จากตารางที่ 5.4 จะพบว่ามีโอกาสร้อยละ 45 ที่บริษัทฯ มีความต้องการซื้อชิปประมวลผล 28 ชิ้นต่อวัน ส่วนโอกาสที่บริษัทจะมีชิปประมวลผลไม่สอดคล้องกับความต้องการ ซึ่งประกอบไปด้วยโอกาสร้อยละ 25 ที่จะเกิดเหตุการณ์ที่บริษัทฯ มีความต้องการซื้อชิปประมวลผลน้อย

กว่า 28 ขึ้นต่อวัน กล่าวคือมีโอกาสร้อยละ 25 ที่บริษัทฯ มีชิปประมวลผลคงเหลือในคลังสินค้า และโอกาสร้อยละ 30 ที่จะเกิดเหตุการณ์ที่บริษัทฯ มีความต้องการซื้อชิปประมวลผลมากกว่า 28 ขึ้นต่อวัน กล่าวคือมีโอกาสร้อยละ 30 ที่บริษัทฯ มีชิปประมวลผลคงเหลือในคลังสินค้าไม่เพียงพอ หรือสินค้าขาดแคลน ดังนั้นต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปีสามารถคำนวณได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 30 ขึ้น ทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 2 ขึ้น (30 – 28) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= (2 \text{ ขึ้น}) \times (50 \text{ บาท}) \times (17 \text{ ครั้ง}) \times (0.15) \\ &= 255 \text{ บาท}\end{aligned}$$

กรณีที่ 2 ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 35 ขึ้น ทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 7 ขึ้น (35 – 28) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= (7 \text{ ขึ้น}) \times (50 \text{ บาท}) \times (17 \text{ ครั้ง}) \times (0.1) \\ &= 595 \text{ บาท}\end{aligned}$$

กรณีที่ 3 ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 40 ขึ้น ทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 12 ขึ้น (40 – 28) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= (12 \text{ ขึ้น}) \times (50 \text{ บาท}) \times (17 \text{ ครั้ง}) \times (0.05) \\ &= 510 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้นต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปีเมื่อไม่มีการสำรองสินค้ามีค่าเท่ากับ 1,360 บาท (255 + 595 + 510) และต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าสำรองเท่ากับ 0 บาท เนื่องจากไม่มีการสำรองสินค้า ทั้งนี้หากมีการสำรองสินค้าสามารถคำนวณได้ดังนี้

กรณีที่ 1 มีการสำรองสินค้า 2 ขึ้น ในขณะที่ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 40 ขึ้น หรือมีค่าสูงที่สุดทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 10 ขึ้น (40 – 30) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= (10 \text{ ขึ้น}) \times (50 \text{ บาท}) \times (17 \text{ ครั้ง}) \times (0.05) \\ &= 425 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\text{ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าสำรอง} = (2 \text{ ขึ้น}) \times (20 \text{ บาท}) = 40 \text{ บาท}$$

กรณีที่ 2 มีการสำรองสินค้า 7 ขึ้น ในขณะที่ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 40 ขึ้น หรือมีค่าสูงที่สุดทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 5 ขึ้น (40 – 35) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี} &= (5 \text{ ขึ้น}) \times (50 \text{ บาท}) \times (17 \text{ ครั้ง}) \times (0.05) \\ &= 212.50 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\text{ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าสำรอง} = (7 \text{ ขึ้น}) \times (20 \text{ บาท}) = 140 \text{ บาท}$$

กรณีที่ 3 มีการสำรองสินค้า 12 ขึ้น ในขณะที่ความต้องการซื้อชิปประมวลผลเป็น 40 ขึ้น หรือมีค่าสูงที่สุดทำให้ชิปประมวลผลขาดแคลนจำนวน 0 ขึ้น (40 – 40) ดังนั้น

ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้าต่อปี = 0 บาท

ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าสำรอง = (12 ชิ้น) × (20 บาท) = 240 บาท

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปเป็นตารางต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้าเพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับบริษัทสายฟ้า จำกัด ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้าของบริษัทสายฟ้า จำกัด

สินค้าสำรอง (ชิ้น)	ต้นทุนในการเก็บรักษาสิน ค้าสำรอง (บาท)	ต้นทุนที่เกิดจากการขาด แคลนสินค้า (บาท)	ต้นทุนรวมจากการสำรอง สินค้า (บาท)
0	0	1,360	1,360
2	40	425	465
7	140	212.50	352.50
12	240	0	240

ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา วานิชย์บัญชา (2553 : 180)

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าการสำรองสินค้าจำนวน 12 ชิ้นมีต้นทุนรวมจากการสำรองสินค้าต่ำที่สุดเท่ากับ 240 บาท ดังนั้นจุดสั่งซื้อซ้ำจึงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 5.9 จะได้

$$R = (d \times L) + SS = (28 \times 12) + 12 = 348 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายฟ้า จำกัด ควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวน 12 ชิ้น เพื่อป้องกันการขาดแคลนสินค้า และควรสั่งซื้อชิปประมวลผลครั้งใหม่เมื่อชิปประมวลผลในคลังสินค้าเหลือ 348 ชิ้น

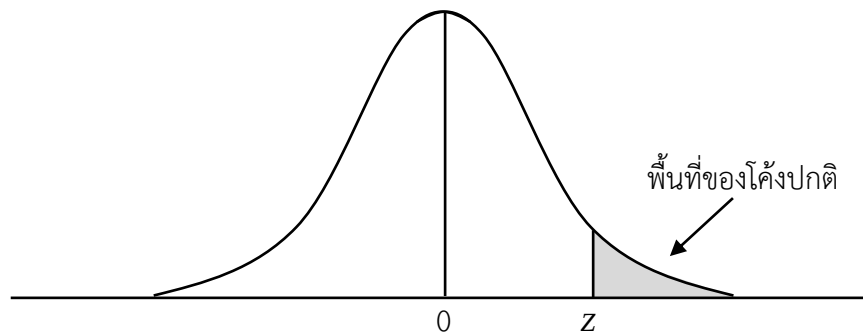
4.2 การกำหนดปริมาณสินค้าสำรองเมื่อไม่ทราบต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้า (Unknown stockout costs) เป็นการกำหนดสินค้าสำรองโดยพิจารณาความน่าจะเป็น หรือโอกาสที่จะเกิดการขาดแคลนสินค้า ซึ่งมีเงื่อนไขคือ ธุรกิจจะต้องทราบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าของลูกค้าในขณะที่สินค้าที่ส่งยังไม่มาส่ง หรือในช่วงที่รอสินค้า ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) และผู้บริหารจะต้องกำหนดโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลน ซึ่งสามารถเขียนสมการจุดสั่งซื้อซ้ำได้ใหม่ดังนี้ (Taylor, 2013 : 777-778; Render et al., 2018 : 223-226)

$$R = (d \times L) + Z\sigma_{dL} \quad \dots (5.10)$$

เมื่อ Z หมายถึงโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลน ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติดังภาพที่ 5.7 และ σ_{dL} ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าของลูกค้าในขณะที่รอสินค้า ทั้งนี้โอกาสที่เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนสามารถคำนวณได้จาก

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma_{dL}} \quad \dots (5.11)$$

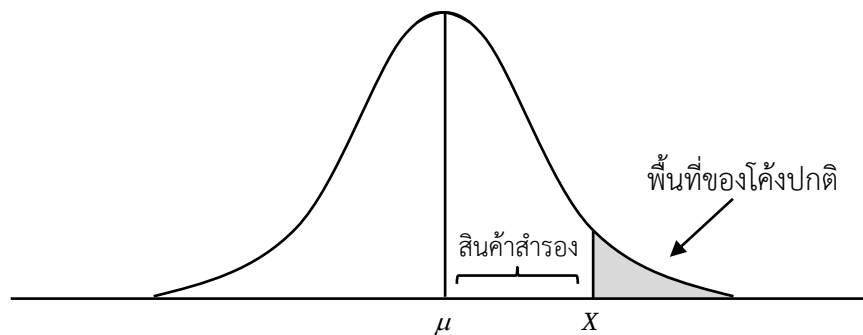
เมื่อ μ หมายถึงค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้าในขณะที่รอสินค้า และ X หมายถึงค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้าในขณะที่รอสินค้านำรวมกับสินค้าสำรอง (SS)



ภาพที่ 5.7 การแจกแจงแบบปกติ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2013 : 777)

จากภาพที่ 5.7 เป็นการแจกแจงแบบปกติของความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีพื้นที่ใต้เส้นโค้งเท่ากับ 1 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในการกำหนดปริมาณสินค้าสำรองที่ความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปกติสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.8



ภาพที่ 5.8 การแจกแจงแบบปกติและสินค้าสำรอง

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 224)

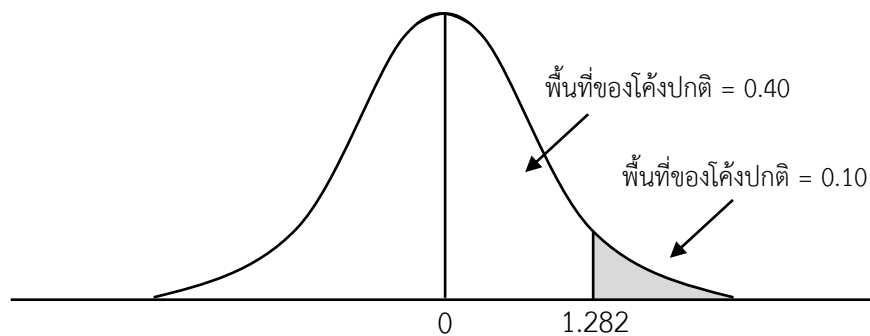
จากภาพที่ 5.8 และสมการที่ 5.11 จึงสามารถคำนวณปริมาณสินค้าสำรองได้ดังนี้

$$SS = X - \mu = Z\sigma_{dL} \quad \dots (5.12)$$

ทั้งนี้สามารถหาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลน (Z) ที่มีการแจกแจงแบบปกติได้จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (ภาคผนวก ก)

ตัวอย่างที่ 5.8 บริษัทสายน้ำ จำกัด ต้องการซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีลักษณะสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 ชิ้นต่อวัน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20 ชิ้น โดยบริษัทฯ จะได้รับสินค้าภายใน 7 วันหลังจากที่สั่งซื้อสินค้า ดังนั้นบริษัทฯ ควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และควรตัดสินใจในการสั่งซื้อขีปประมวลผลเมื่อใด หากผู้บริหารยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 10%, 5% และ 1% ตามลำดับ

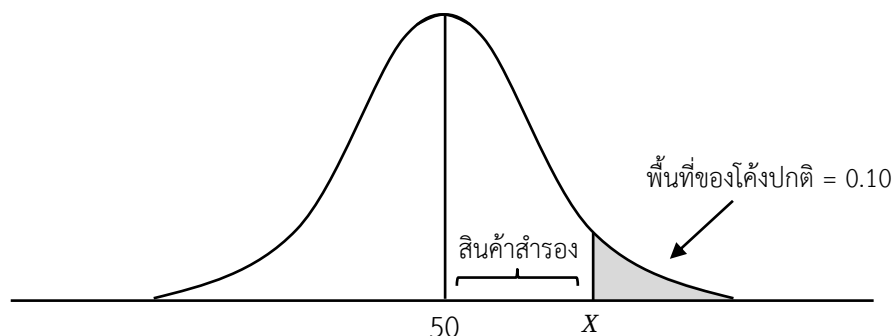
วิธีทำ กรณีที่ 1 ผู้บริหารยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 10% สามารถหาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนดังภาพที่ 5.9



ภาพที่ 5.9 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 224)

จากภาพที่ 5.9 จะค่า Z เท่ากับ 1.282 และสามารถกำหนดปริมาณสินค้าสำรองที่ความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปกติได้ดังภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 การแจกแจงแบบปกติและสินค้าสำรองของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 224)

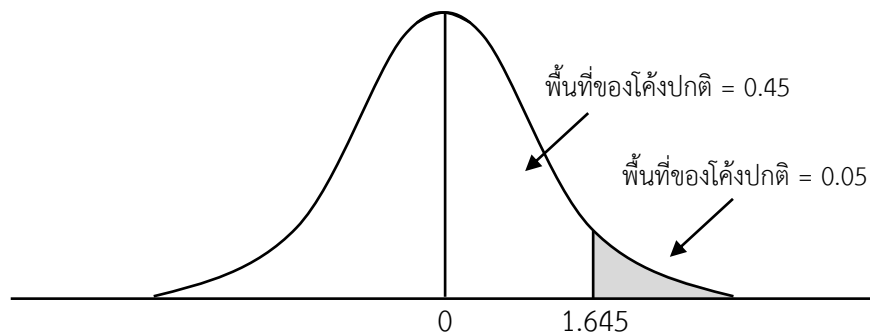
และจากสมการที่ 5.12 จะได้

$$SS = X - \mu = Z\sigma_{dL} = 1.282(20) = 25.64 \text{ หรือ } 26 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้นจุดสั่งซื้อซ้ำจะคำนวณได้จากสมการที่ 5.10 จะได้

$$R = (d \times L) + Z\sigma_{dL} = (50 \times 7) + 26 = 376 \text{ ชิ้น}$$

กรณีที่ 2 ผู้บริหารยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 5% สามารถหาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนดังภาพที่ 5.11



ภาพที่ 5.11 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 2

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 224)

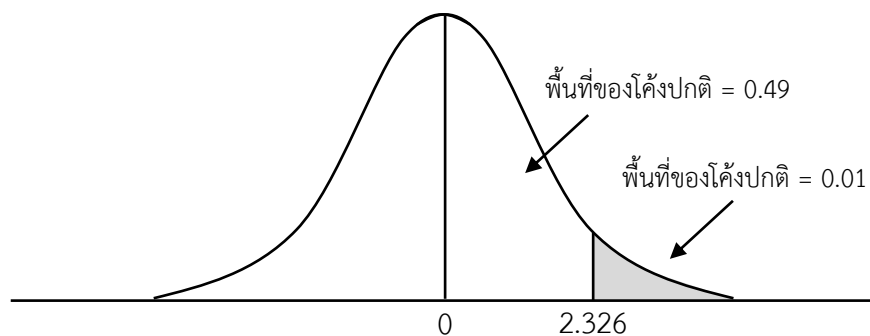
จากภาพที่ 5.11 จะค่า Z เท่ากับ 1.645 และสามารถกำหนดปริมาณสินค้าสำรองที่ความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปกติได้จากสมการที่ 5.12 จะได้

$$SS = X - \mu = Z\sigma_{dL} = 1.645(20) = 32.9 \text{ หรือ } 33 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้นการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำจะคำนวณได้จากสมการที่ 5.10 จะได้

$$R = (d \times L) + Z\sigma_{dL} = (50 \times 7) + 33 = 383 \text{ ชิ้น}$$

กรณีที่ 3 ผู้บริหารยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 1% สามารถหาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนดังภาพที่ 5.12



ภาพที่ 5.12 การแจกแจงแบบปกติของตัวอย่างที่ 5.8 กรณีที่ 3

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 224)

จากภาพที่ 5.12 จะค่า Z เท่ากับ 2.326 และสามารถกำหนดปริมาณสินค้าสำรองที่ความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปกติได้จากสมการที่ 5.12 จะได้

$$SS = X - \mu = Z\sigma_{dL} = 2.326(20) = 46.52 \text{ หรือ } 47 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้นการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำจะคำนวณได้จากสมการที่ 5.10 จะได้

$$R = (d \times L) + Z\sigma_{dL} = (50 \times 7) + 47 = 397 \text{ ชิ้น}$$

จากทั้ง 3 กรณีจึงสรุปได้ว่าบริษัทสายน้ำ จำกัด ควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองในกรณีที่ผู้บริหารยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 10%, 5% และ 1% ตามลำดับ ในจำนวน 26, 33 และ 47 ชิ้น เพื่อป้องกันการขาดแคลนสินค้า และควรสั่งซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ครั้งใหม่เมื่อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในคลังสินค้าเหลือ 376, 383 และ 397 ชิ้น ตามลำดับ

บทสรุป

สินค้าคงเหลือมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินธุรกิจ และการกำหนดปริมาณสินค้าคงเหลือให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้านั้นจะต้องพิจารณาทั้งต้นทุนในการสั่งซื้อ ต้นทุนในการเก็บรักษา และต้นทุนของสินค้า ทั้งนี้สินค้าคงเหลือที่มากเกินไปความต้องการของลูกค้าส่งผลทำให้ธุรกิจต้องเผชิญกับต้นทุนที่สูงโดยไม่จำเป็น และหากมีสินค้าคงเหลือน้อยกว่าความต้องการของลูกค้าอาจสร้างค่าเสียโอกาสให้กับธุรกิจได้ ดังนั้นการกำหนดสินค้าคงเหลือที่เหมาะสมจึงเป็นการตอบคำถามที่ว่าธุรกิจควรสั่งซื้อสินค้าในปริมาณเท่าใด และควรสั่งซื้อเมื่อใดที่จะทำให้มีต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตัวแบบสินค้าคงเหลือ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: EOQ) ซึ่งจะอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหา

สำหรับการประยุกต์ใช้ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ภายใต้ตัวแบบสินค้าคงเหลือที่มีความต้องการที่แน่นอน หรือความต้องการสินค้าคงที่ และแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งซึ่งพิจารณาได้ด้วยจุดสั่งซื้อซ้ำ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ และการกำหนดสินค้าสำรอง ทั้งนี้การกำหนดสินค้าสำรองแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ทราบต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้า และไม่ทราบต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนสินค้า

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5

1. บริษัทไบโอไซเอนซ์ จำกัด เป็นตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางการแพทย์ โดยตลอดทั้งปีโรงพยาบาลมีความต้องการอุปกรณ์ทางการแพทย์จำนวน 20,000 ชิ้น ทั้งนี้บริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 1,000 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาชิ้นละ 10 บาทต่อปี รวมไปถึงเปิดทำการเพียง 360 วันต่อปี บริษัทฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์อย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด รวมไปถึงต้องสั่งซื้อจำนวนกี่ครั้ง และใช้เวลากี่วันในการจำหน่ายอุปกรณ์ทางการแพทย์แต่ละรอบ
2. จากข้อที่ 1 หากบริษัทไบโอไซเอนซ์ จำกัด สั่งซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์แต่ละครั้งต้องรอสินค้าจำนวน 10 วัน และในแต่ละวันบริษัทฯ สามารถจำหน่ายอุปกรณ์ทางการแพทย์โดยเฉลี่ยได้วันละ 50 ชิ้น และบริษัทฯ ไม่ต้องการให้สินค้าขาดแคลน ดังนั้นบริษัทฯ ควรมีนโยบายในการสั่งซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์มาจำหน่ายอย่างไร
3. บริษัทกาลเวลา จำกัด เป็นผู้นำเข้านาฬิกาหุ้มาจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งนำเข้ามามีจำหน่ายปีละ 5,000 เรือน ในราคาเรือนละ 15 ล้านบาท ทั้งนี้ในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะต้องเสียค่าใช้จ่าย 18.75 ล้านบาท และจะได้รับสินค้าภายหลังจากที่สั่งซื้อสินค้าเป็นเวลา 2 วัน โดยมีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อปีร้อยละ 10 และบริษัทฯ เปิดทำการจำนวน 250 วันต่อปี จงตอบคำถามต่อไปนี้
 - 3.1 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อนาฬิกาหุ้มาจำหน่ายครั้งละกี่เรือนจึงจะประหยัดที่สุด
 - 3.2 บริษัทฯ จะมีนาฬิกาหุ้มาเฉลี่ยในคลังสินค้าจำนวนกี่เรือน
 - 3.3 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อนาฬิกาหุ้มาจำหน่ายปีละกี่ครั้ง
 - 3.4 บริษัทฯ จะใช้เวลาในการจำหน่ายนาฬิกาหุ้มาวันต่อการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง
 - 3.5 บริษัทฯ จะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่าใด (ไม่รวมต้นทุนของสินค้า)
 - 3.6 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อซ้ำเมื่อนาฬิกาหุ้มาเหลือในคลังสินค้าจำนวนกี่เรือน
4. ผู้จัดการร้านหนังสือดอกไม้มักกำลังพิจารณาสั่งซื้อหนังสือขุนศึก ศักดินา และพญาอินทรี ซึ่งมีความต้องการปีละ 8,000 เล่ม ในราคาเล่มละ 500 บาท โดยมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 250 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 20 ต่อปี ทั้งนี้สำนักพิมพ์จะให้ส่วนลด 5% หากสั่งซื้อครั้งละ 1,000 เล่ม ผู้จัดการฯ ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อหนังสืออย่างไร

5. ร้านกาแฟสตาร์ เป็นผู้จำหน่ายกาแฟสำเร็จรูป โดยสั่งซื้อเมล็ดกาแฟจากไร่ปีละ 3,000 กิโลกรัม มาผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูปได้หนึ่งต่อหนึ่งกิโลกรัม ซึ่งเมล็ดกาแฟราคา กิโลกรัมละ 20 บาท ทั้งนี้ในการสั่งซื้อเมล็ดกาแฟแต่ละครั้งร้านกาแฟสตาร์จะเสียค่าใช้จ่ายครั้งละ 120 บาท และใช้เวลา 7 วันจึงจะได้รับสินค้า เนื่องจากระยะทางระหว่างไร่กาแฟกับร้านกาแฟสตาร์ห่างกัน 500 กิโลเมตร นอกจากนี้ร้านกาแฟสตาร์มีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 10 ต่อปี ร้านกาแฟสตาร์ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเมล็ดกาแฟอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด และคิดเป็นมูลค่าเท่าใด รวมไปถึงต้องสั่งซื้อจำนวนกี่ครั้ง และใช้เวลากี่วันในการจำหน่ายกาแฟสำเร็จรูป ตลอดจนควรสั่งซื้อเมื่อใด

6. ถ้าความต้องการฟีกเกอร์นารูโตะมีจำนวน 80,000 ชิ้นต่อปี ซึ่งบริษัทของเล่นเด็ก จำกัด เป็นผู้จำหน่ายของเล่นเด็กรายใหญ่ในประเทศไทยประเมินว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อฟีกเกอร์นารูโตะครั้งละ 40 บาท ซึ่งจะได้รับสินค้าภายหลังจากที่สั่งซื้อสินค้าเป็นเวลา 15 วัน และมีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาปีละ 7 บาท ทั้งนี้ความต้องการฟีกเกอร์นารูโตะเฉลี่ยวันละ 450 ชิ้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.1 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อฟีกเกอร์นารูโตะมาจำหน่ายครั้งละกี่ชิ้นจึงจะประหยัดที่สุด

6.2 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อฟีกเกอร์นารูโตะมาจำหน่ายปีละกี่ครั้ง

6.3 บริษัทฯ จะมีต้นทุนรวมต่อปีเท่าใด

6.4 บริษัทฯ ควรสั่งซื้อซ้ำเมื่อฟีกเกอร์นารูโตะเหลือในคลังสินค้าจำนวนกี่ชิ้น

6.5 หากค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 14 บาท และจะได้รับสินค้าภาย

หลังจากที่สั่งซื้อสินค้าเป็นเวลา 30 วัน บริษัทฯ ควรสั่งซื้อฟีกเกอร์นารูโตะมาจำหน่ายครั้งละกี่ชิ้นจึงจะประหยัดที่สุด และควรสั่งซื้อซ้ำเมื่อฟีกเกอร์นารูโตะเหลือในคลังสินค้าจำนวนกี่ชิ้น

7. ร้านสยามทะเลสด จำหน่ายอาหารทะเล ซึ่งมีปลาแชลมอนสดเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่มีความต้องการ 20,000 กิโลกรัมต่อปี โดยมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 15 ต่อปี และมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 1,000 บาท ทั้งนี้ในการสั่งซื้อกลุ่มชาวประมงจะส่งสินค้าในคราวเดียวกัน และได้กำหนดราคาขายปลาแชลมอนสดดังตารางต่อไปนี้

จำนวนการสั่งซื้อ (กิโลกรัม)	ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)
0 ถึง 1,999	500
2,000 ถึง 5,999	450
6,000 ถึง 9,999	400
10,000 ขึ้นไป	350

จากข้อมูลข้างต้นร้านสยามทะเลสดควรตัดสินใจในการสั่งซื้อปลาแซลมอนสดอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด

8. ร้านสะดวกซื้อแห่งหนึ่ง จำหน่ายขนมปังพรีเมียมสโตร์ญี่ปุ่นได้ปีละ 7,200 ชุด ต้นทุนชุดละ 40 บาท โดยมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 5 ต่อปี และมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 50 บาท ทั้งนี้ในการสั่งซื้อขนมปังฯ จะใช้เวลาในการรอถึง 7 วัน เนื่องจากเป็นขนมปังที่ได้รับความนิยมสูง ทำให้สามารถเปิดทำการได้เพียง 360 วันต่อปี และจากการรวบรวมข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีต 15 ครั้งพบว่าลูกค้ามีความต้องการขนมปังฯ อยู่ระหว่าง 18 ถึง 22 ชุดต่อวัน โดยมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ความต้องการขนมปังฯ (ชุด)	จำนวนครั้ง
18	2
19	2
20	8
21	2
22	1

จากข้อมูลข้างต้น หากขนมปังฯ มีไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายร้านสะดวกซื้อจะมีค่าเสียโอกาสชุดละ 20 บาท ดังนั้นร้านสะดวกซื้อควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และควรตัดสินใจในการสั่งซื้อขนมปังพรีเมียมสโตร์ญี่ปุ่นเมื่อใด

9. ร้านนกโอสถ จำหน่ายยาชูกำลังโดยสั่งซื้อมาจากซัพพลายเออร์ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 ขวดต่อวัน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8 ขวด ทั้งนี้เจ้าของร้านจะได้รับสินค้าในวันที่ 10 หลังจากสั่งซื้อสินค้า ดังนั้นเจ้าของร้านควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และควรตัดสินใจในการสั่งซื้อยาชูกำลังเมื่อใด หากเจ้าของร้านยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 5%

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วาณิชยบัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลริศา คำสิงห์. (2559). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชัคตตรัย ทยะสวัสดิ์. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ณฐา คุปต์ชัยบุตร. (2563). **การวางแผนและควบคุมการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไมตรี วสันตวิงศ์ และชุมพร คุรุพิพัฒน์. (2558). **การจัดการห่วงโซ่อุปทานและการจัดการวัสดุ**. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 14**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 14-1 – 14-78. นนทบุรี: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วิรัชศักดิ์ สุขอาณารักษ์ และศรีธนา บุญญเศรษฐ์. (2559). **ตัวแบบสินค้าคงเหลือ**. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 12**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 12-1 – 12-60. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สัณชัย ลั้งแท่งกุล. (2562). **การจัดการดำเนินงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- _____. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- อุไรวรรณ แยมเนียม. (2554). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เอกรัตน์ เอกศาสตร์. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. นครราชสีมา: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.

Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.

Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.

Taylor, B. W. (2013). **Introduction to management science**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Taylor, B. W. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

การวิเคราะห์และบริหารโครงการ

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. กระบวนการบริหารจัดการโครงการ
2. การวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT และ CPM
3. การสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM
4. การวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM
5. การคำนวณระยะเวลากับเทคนิค PERT
6. การเร่งโครงการ
7. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 6 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการบริหารจัดการโครงการ กระบวนการวิเคราะห์และบริหารโครงการ ความแตกต่างของเทคนิค PERT และ CPM รวมไปถึงการสร้าง และการคำนวณระยะเวลาของโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ตลอดจนการแจกแจงกิจกรรมย่อยระยะเวลา และเงื่อนไขต่างๆ จากโครงการ และการเร่งโครงการได้
2. สามารถวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT/CPM รวมไปถึงคำนวณระยะเวลากับเทคนิค PERT สรุประยะเวลาในการดำเนินโครงการ และสรุปผลจากการเร่งโครงการได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลจากการบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT/CPM รวมไปถึงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ และผลจากการเร่งโครงการได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการบริหารจัดการโครงการ การวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT/CPM ไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการโครงการของธุรกิจเพื่อแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนรู้การสอน

สื่อการเรียนรู้การสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 6
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 6

การวิเคราะห์และบริหารโครงการ

การดำเนินธุรกิจจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานอยู่เสมอ โดยมีผู้บริหารเป็นผู้วางแผนและควบคุมการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นโครงการขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำเนินงานในโครงการที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีกิจกรรมย่อยจำนวนมากและใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกันทั้งระยะเวลา วัสดุ ต้นทุน และแรงงาน อีกทั้งแต่ละกิจกรรมยังมีลักษณะเฉพาะและความสัมพันธ์กัน ดังนั้นผู้บริหารจะต้องบริหารจัดการกิจกรรมย่อยต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกันและความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันนี้ให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจทั้งในด้านงบประมาณและเวลาที่กำหนด สำหรับการวิเคราะห์และบริหารโครงการนั้น จะมุ่งเน้นการบริหารจัดการในการวางแผนและควบคุมการดำเนินงานกิจกรรมย่อยในโครงการให้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด โดยมีวิธีการหรือเทคนิคที่นิยมใช้ในการวางแผนและควบคุมการดำเนินงาน ได้แก่ เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (Program Evaluation and Review Technique: PERT) และเทคนิคระเบียบวิธีวิถีวิกฤต (Critical Path Method: CPM) ทั้งนี้หากมีกิจกรรมใดล่าช้าแล้วนั้น ก็จำเป็นต้องเร่งหรือดำเนินการใดๆ ให้กิจกรรมนั้นแล้วเสร็จ ภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ อันจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และบริหารโครงการ ซึ่งจะส่งผลให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

กระบวนการบริหารจัดการโครงการ

การบริหารจัดการโครงการจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้ (ปกรณัมปริยากร, 2552 : 21-36; ประภาศรี พงศ์ธนาพานิช, 2559 : 6-7)

1. การวางแผนโครงการ

การวางแผนโครงการ (Project planning) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการบริหารจัดการโครงการ เนื่องจากโครงการหนึ่งๆ ที่มีกิจกรรมย่อยจำนวนมากและความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ซึ่งในการวางแผนโครงการจะเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ เนื่องจากวัตถุประสงค์ของโครงการเป็นสิ่งสำคัญที่พนักงานหรือบุคลากรทุกคนในโครงการจะต้องมีความเข้าใจอย่างชัดเจนและตรงกัน โดยในการกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการนี้จะต้องระบุถึงขอบเขต เป้าหมาย และลักษณะงาน ตลอดจนระยะเวลาที่จะต้องดำเนินโครงการให้แล้วเสร็จ

นอกจากนี้ยังต้องระบุกิจกรรมย่อยของโครงการ ซึ่งผู้บริหารจำเป็นจะต้องระบุกิจกรรมย่อยทั้งหมดที่ต้องดำเนินการอย่างชัดเจน และครอบคลุมรายละเอียดในทุกกิจกรรมย่อย รวมไปถึงกำหนดลำดับความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อย เพื่อระบุความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมย่อยเป็นลำดับขั้นว่ากิจกรรมย่อยใดจะต้องดำเนินการก่อน หรือหลังกิจกรรมย่อยใด และในบางกรณีกิจกรรมย่อยอาจมีความเชื่อมโยงกันมากกว่าสองกิจกรรม

2. การกำหนดลำดับงานและทรัพยากรในโครงการ

การกำหนดลำดับงานและทรัพยากรในโครงการ (Project scheduling) เป็นการจัดลำดับงานและกำหนดการใช้ทรัพยากรให้กับแต่ละกิจกรรมย่อยในโครงการ ซึ่งผู้บริหารจะต้องตัดสินใจว่าในแต่ละกิจกรรมย่อยจะต้องใช้ทั้งจำนวนแรงงาน ทรัพยากร และระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละกิจกรรมย่อยนั้นๆ จำนวนเท่าใดในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นผลให้ผู้บริหารสามารถประมาณการระยะเวลาและต้นทุนของโครงการที่ต้องใช้ในการดำเนินโครงการให้แล้วเสร็จได้ ซึ่งจะช่วยให้การบริหารจัดการทั้งเวลา แรงงาน เงินทุน และทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การควบคุมโครงการ

การควบคุมโครงการ (Project control) เป็นการควบคุมทรัพยากร ต้นทุน และคุณภาพ รวมไปถึงงบประมาณ ซึ่งการควบคุมยังครอบคลุมถึงการส่งข่าวสารหรือข้อมูลย้อนกลับ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาโครงการ เช่น การเคลื่อนย้ายทรัพยากรที่มีอยู่ไปยังกิจกรรมย่อยที่มีความจำเป็นต้องการใช้ทรัพยากรนั้น การลดรายละเอียดของกิจกรรมย่อยที่ไม่จำเป็น และการตัดบางส่วนของกิจกรรมย่อยออก ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงลำดับของกิจกรรมย่อย หรือการเพิ่มทรัพยากรเมื่อจำเป็นต้องเพิ่มกิจกรรมย่อย เป็นต้น

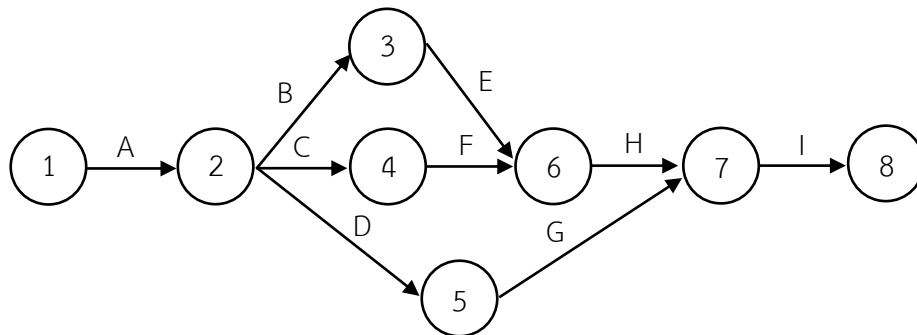
ทั้งนี้ลักษณะของโครงการโดยทั่วไปที่ผู้บริหารจะต้องเผชิญจะประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยหรืองานจำนวนมาก และมีความเชื่อมโยงกันที่ซับซ้อน หรือบางโครงการที่มีกิจกรรมย่อยจำนวนไม่มาก แต่เป็นโครงการขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญและต้องใช้เงินลงทุนสูง หรือมีระยะเวลาในการดำเนินงานที่ยาวนานกว่าโครงการจะแล้วเสร็จ เป็นผลให้ผู้บริหารจะต้องควบคุมความก้าวหน้าของโครงการอยู่ตลอดเวลาจนโครงการแล้วเสร็จ จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคหรือวิธีในการวางแผนและควบคุมโครงการที่มีประสิทธิภาพขึ้น ที่เรียกว่าเทคนิคการวิเคราะห์โครงข่ายงาน (Network analysis) โดยในบทนี้จะอธิบายถึงเทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (PERT) และเทคนิคระเบียบวิธีวิถีกฤต (CPM) ซึ่งมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงและสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมได้เป็นอย่างดี

การวิเคราะห์และบริหารโครงการด้วยเทคนิค PERT และ CPM

การบริหารจัดการโครงการที่มีกิจกรรมย่อยจำนวนมากหรือน้อยแตกต่างกันไป และส่วนใหญ่มักมีความเชื่อมโยงกันของทั้งหน่วยงาน หรือบุคลากรที่หลากหลาย รวมไปถึงข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเวลา แรงงาน และงบประมาณ เป็นผลทำให้การบริหารจัดการกิจกรรมย่อยในโครงการจำเป็นต้องมีรอบครอบและรัดกุม เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการและใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นในการบริหารจัดการโครงการ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมความก้าวหน้าของโครงการอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยเครื่องมือในการวิเคราะห์และบริหารโครงการอย่างมีระบบที่เรียกว่า PERT และ CPM (ชุมพร คุรุพัฒน์ และสุวีณา ตังโพธิสุวรรณ, 2558 : 73-78; สัญชัย ลิ่งแท้กุล, 2562 : 369-370)

1. ลักษณะและความแตกต่างของ PERT และ CPM

เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (PERT) และเทคนิคระเบียบวิธีวิถีกฤต (CPM) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวางแผนและควบคุมโครงการที่ถูกพัฒนามาในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยเริ่มมาจากความพยายามในการวางแผนและควบคุมโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน ซึ่ง PERT ถูกพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2501 ส่วน CPM ถูกพัฒนาเมื่อปี พ.ศ. 2500 และเทคนิคทั้งสองเป็นเทคนิคในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมย่อยและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยในโครงการในลักษณะโครงข่ายงาน (Network) ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.1 ตัวอย่างโครงข่ายงาน

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชุมพร คุรุพัฒน์ และสุวีณา ตังโพธิสุวรรณ (2558 : 76)

ทั้งนี้เทคนิค PERT และ CPM ถึงแม้ว่าจะมีความคล้ายคลึงกัน แต่เทคนิคทั้งสองยังมีความแตกต่างกันที่สำคัญอยู่ 2 ประการดังนี้ (Sharma, 2017 : 418)

1.1 การนำไปใช้ โดยเทคนิค CPM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้างโรงงานเคมี ซึ่งมีขั้นตอนที่แน่นอน โดยผู้วางแผนและควบคุมจะต้องมีประสบการณ์

ในงานนั้นเป็นอย่างดี จึงเน้นที่ตัวกิจกรรมย่อย (Activity) หรืองาน (Task) เป็นหลัก ทั้งนี้ผู้วางแผนและควบคุมจะทราบรายละเอียดของกิจกรรมย่อยและเวลาที่ใช้อย่างชัดเจน ดังนั้นเทคนิค CPM จะใช้เพื่อควบคุมให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามระยะเวลาและต้นทุนที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่เทคนิค PERT ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวางแผนและควบคุมโครงการวิจัยชิปนาวู ซึ่งเป็นโครงการวิจัยที่ไม่เคยบริหารจัดการมาก่อน และในระหว่างดำเนินโครงการอาจมีการเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดของกิจกรรมย่อยได้ ดังนั้นเทคนิค PERT จะใช้ในกรณีที่โครงการนั้นเป็นโครงการใหม่ที่ยังไม่เคยบริหารจัดการมาก่อน หรือเป็นโครงการที่ไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนของแต่ละกิจกรรมย่อยได้ จึงต้องทำการประมาณค่าของระยะเวลาในแต่ละกิจกรรมย่อยด้วยวิธีการทางสถิติ

1.2 เวลาของกิจกรรมย่อย โดยเทคนิค CPM ถูกนำไปใช้ในการวางแผนและควบคุมโครงการที่เคยบริหารจัดการมาแล้ว จึงสามารถนำข้อมูลของระยะเวลาในอดีตของกิจกรรมย่อยต่างๆ มาใช้ในโครงการได้ เป็นผลทำให้เทคนิค CPM มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ที่แน่นอน (Deterministic) ในขณะที่เทคนิค PERT มีเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ จะอยู่ในรูปแบบของความน่าจะเป็น (Probabilities)

อย่างไรก็ตาม จากข้อแตกต่างระหว่างเทคนิค PERT และ CPM ในการนำไปใช้และเวลาในการดำเนินโครงการ แต่เทคนิคทั้งสองมีวัตถุประสงค์เดียวกันคือ การวางแผนและควบคุมโครงการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจภายใต้ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร และงบประมาณที่ได้รับ อีกทั้งเทคนิคทั้งสองยังเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์เส้นทางวิกฤติเช่นเดียวกัน ซึ่งในปัจจุบันได้เรียกเทคนิค PERT และ CPM รวมกันเป็นเทคนิค PERT/CPM

2. การใช้งานเทคนิค PERT/CPM

เทคนิค PERT/CPM เป็นเทคนิคที่ถูกนำไปใช้ในการบริหารจัดการโครงการในหลากหลายลักษณะ เช่น การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การศึกษากระบวนการผลิตใหม่ๆ การก่อสร้างโรงงาน อาคาร และถนน รวมไปถึงการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน ตลอดจนการพัฒนาาระบบสารสนเทศ เป็นต้น ทั้งนี้ผู้บริหารจะต้องจัดลำดับงานและควบคุมให้ทุกๆ กิจกรรมย่อยในโครงการแล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปการใช้งานเทคนิค PERT/CPM แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

2.1 การศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ เป็นการกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการและกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมย่อย รวมไปถึงระยะเวลาของทั้งโครงการ ภายหลังจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการอย่างชัดเจนแล้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ระบุกิจกรรมย่อยทั้งหมดที่จะต้องดำเนินการในโครงการ ซึ่งการระบุกิจกรรมย่อยนี้เป็นสิ่งที่สามารถทำได้ง่าย หากโครงการนั้นเป็นโครงการที่เคยบริหารจัดการมาก่อน เนื่องจากมี

ข้อมูลเดิมของโครงการก่อนหน้านี้หรือมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน และหากเป็นโครงการที่ยังไม่เคยบริหารจัดการมาก่อน อาจต้องใช้เวลาและความพยายามในการศึกษารายละเอียด ทั้งนี้การระบุกิจกรรมย่อยอาจยึดหลักการที่สำคัญที่ว่า กิจกรรมย่อยนั้นเป็นผลมาจากความพยายามในการทำงานย่อยๆ แต่ละงานนั้นจะต้องใช้แรงงาน ทรัพยากรและเวลาในการดำเนินงาน โดยจะต้องมีผู้บริหารเป็นผู้ควบคุม

2.1.2 กำหนดความสัมพันธ์ก่อนและหลัง เป็นการระบุว่ากิจกรรมย่อยใดควรดำเนินการก่อนเป็นลำดับแรก แล้วเชื่อมโยงไปยังกิจกรรมย่อยต่อไปอย่างไร จนกระทั่งถึงกิจกรรมย่อยสุดท้าย

2.1.3 ระบุระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อย เป็นการประมาณการระยะเวลาหรือทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ

2.1.4 สรุปรายละเอียดของโครงการ โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบของตารางแสดงผลการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ

ตัวอย่างที่ 6.1 ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งต้องการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ โดยแบ่งพื้นที่เพื่อให้เช่าจำหน่ายสินค้า ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ พบว่าในการดำเนินโครงการจะประกอบไปด้วย 9 กิจกรรมย่อย และจะเปิดให้บริการภายใน 52 สัปดาห์หรือ 1 ปี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 กิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่

กิจกรรมย่อย	รายละเอียดของกิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการมาก่อน	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (สัปดาห์)
A	ออกแบบศูนย์การค้า	-	5
B	ระบุคุณสมบัติของผู้เช่ารายใหม่	-	6
C	ทำหนังสือเชิญสำหรับผู้เช่า	A	4
D	คัดเลือกผู้รับเหมา	A	3
E	เตรียมใบอนุญาตก่อสร้าง	A	1
F	ขออนุญาตก่อสร้าง	E	4
G	ดำเนินการก่อสร้าง	D, F	15
H	ทำสัญญากับผู้เช่า	B, C	12
I	ผู้เช่าเข้ามาจำหน่ายสินค้า	G, H	2

ที่มา: ปรับปรุงจาก สัญชัย ลิ่งแท้กุล (2562 : 371)

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าโครงการที่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PERT/CPM ได้นั้น ควรเป็นโครงการที่ประกอบไปด้วยกลุ่มของกิจกรรมย่อยที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน และเมื่อกลุ่มของกิจกรรมย่อยทั้งหมดนี้ถูกดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว จะบ่งบอกถึงจุดสิ้นสุดของโครงการได้ และกิจกรรมย่อยเหล่านี้จะถูกดำเนินการตามลำดับที่กำหนดไว้

2.2 การสร้างโครงข่ายงานของโครงการ เป็นการนำผลจากการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ มาสร้างเป็นโครงข่ายงานได้ด้วยการระบุระยะเวลา หรือทรัพยากรที่ประมาณการเอาไว้แล้วในแต่ละกิจกรรมย่อย

2.3 การวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการ เป็นการคำนวณระยะเวลาต่างๆ ของแต่ละกิจกรรมย่อย เช่น กำหนดระยะเวลาเริ่มดำเนินการกิจกรรมย่อยนั้นเร็วที่สุด หรือช้าที่สุด และกำหนดระยะเวลาแล้วเสร็จในการดำเนินการกิจกรรมย่อยนั้นเร็วที่สุด หรือช้าที่สุด เป็นต้น ซึ่งการกำหนดระยะเวลาทั้งหมดนี้ จะทำให้ทราบถึงกิจกรรมย่อยที่เป็นกิจกรรมวิกฤต (Critical activity) ที่ผู้บริหารต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ และต้องเข้าไปควบคุมให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ทั้งนี้หากกิจกรรมย่อยที่เป็นกิจกรรมวิกฤตเหล่านั้นมีความล่าช้าจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาแล้วเสร็จโดยรวมของโครงการ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงระยะเวลาที่เหลือสำรองของแต่ละกิจกรรมย่อยที่สามารถดำเนินการล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาแล้วเสร็จโดยรวมของโครงการ หรือกิจกรรมไม่วิกฤต (Non-critical activity)

สำหรับเทคนิค PERT/CPM นี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถบริหารจัดการโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยข้อมูลที่มาจากการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นเป็นระยะเวลา หรือทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการกิจกรรมย่อย และทั้งโครงการ รวมไปถึงกิจกรรมวิกฤตและไม่วิกฤต และการเร่งโครงการให้แล้วเสร็จเร็วขึ้น อันเนื่องมาจากความจำเป็น หรือนโยบายทางธุรกิจ ตลอดจนการสร้างและการวิเคราะห์โครงข่ายงาน ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อต่อไป

การสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM

จากการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ เพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดของกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมที่ต้องดำเนินการในโครงการ รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมย่อยและระยะเวลา หรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินการกิจกรรมย่อยนั้นๆ และการสร้างโครงข่ายงานเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์โครงข่ายงานซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายต่อไป สำหรับการสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM มี

ดังนี้ (Sharma, 2017 : 420-424; สุทธิมา ชำนาญเวช, 2560 : 173-175; ฌฐา คุปต์ชเรีัยร, 2563 : 345-349)

1. องค์ประกอบของโครงข่ายงาน

โครงข่ายงานหมายถึง แผนภาพหรือกราฟที่แสดงถึงความสัมพันธ์ ลำดับก่อน หรือหลัง หรือสามารถดำเนินการได้พร้อมกัน และระยะเวลาที่ต้องใช้ของกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมในโครงการ ทั้งนี้ในการสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM จะมีองค์ประกอบที่สำคัญของโครงข่ายงานดังนี้

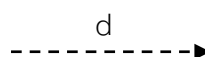
1.1 กิจกรรมย่อย (Activity) แสดงถึงกิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการในโครงการ โดยใช้ เวลา หรือทรัพยากรจำนวนหนึ่ง ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ลูกศร (arrow) ทางเดียว และทิศทางของหัว ลูกศรแสดงความก้าวหน้าของกิจกรรมย่อย โดยความยาวของลูกศรไม่ได้หมายถึงระยะเวลา หรือ ทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ซึ่งระยะเวลา หรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนิน กิจกรรมย่อยนั้นจะถูกระบุไว้ใต้ลูกศร และระบุกิจกรรมไว้เหนือลูกศร หรืออาจระบุระยะเวลา หรือ ทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นในวงเล็บแทนการระบุไว้ใต้ลูกศรซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถ ทำได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.2 สัญลักษณ์แสดงกิจกรรมย่อย

ที่มา: ปรับปรุงจาก ฌฐา คุปต์ชเรีัยร (2563 : 346)

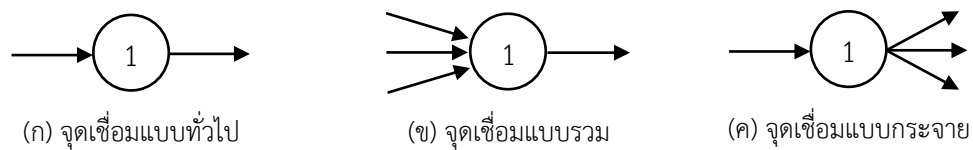
นอกจากนี้ยังมีสัญลักษณ์แทนกิจกรรมย่อยที่สมมติขึ้น เพื่อใช้แก้ไขปัญหาในการ สร้างโครงข่ายงานให้ถูกต้องตามความสัมพันธ์ที่กำหนด ซึ่งเรียกว่ากิจกรรมย่อยสมมติ (Dummy activity: d) โดยกิจกรรมย่อยสมมตินี้ไม่ได้ใช้เวลา หรือทรัพยากรจริง กล่าวคือระยะเวลา หรือ ทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยสมมตินั้นมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่ได้ดำเนินกิจกรรม ย่อยนี้จริง และแทนด้วยสัญลักษณ์ลูกศรเส้นประดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.3 สัญลักษณ์แสดงกิจกรรมย่อยสมมติ

ที่มา: ปรับปรุงจาก ฌฐา คุปต์ชเรีัยร (2563 : 346)

1.2 จุดเชื่อม (Node) แสดงถึงเหตุการณ์ หรือจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรมย่อย โดยใช้สัญลักษณ์วงกลมและระบุตัวเลขเพื่อแสดงถึงลำดับของการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ซึ่งจุดเชื่อมอาจมีรูปแบบ หรือเรียกจุดเชื่อมจุดนั้นได้แตกต่างกัน และประกอบไปด้วยจุดเชื่อมแบบทั่วไป เป็นจุดเชื่อมที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้าหนึ่งกิจกรรมและมีกิจกรรมย่อยถัดไปหนึ่งกิจกรรม ดังภาพที่ 6.4(ก) สำหรับจุดเชื่อมแบบรวมเป็นจุดเชื่อมที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้ามากกว่าหนึ่งกิจกรรมและมีกิจกรรมย่อยถัดไปหนึ่งกิจกรรมดังภาพที่ 6.4(ข) ส่วนจุดเชื่อมแบบกระจายเป็นจุดเชื่อมที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้าหนึ่งกิจกรรมและมีกิจกรรมย่อยถัดไปมากกว่าหนึ่งกิจกรรมดังภาพที่ 6.4(ค)



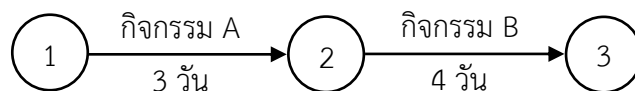
ภาพที่ 6.4 รูปแบบของจุดเชื่อม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 420)

2. รูปแบบของการสร้างโครงข่ายงาน

จากองค์ประกอบของโครงข่ายงานที่มีกิจกรรมย่อยและจุดเชื่อม โดยรูปแบบของการสร้างโครงข่ายงานจะเป็นการแสดงความเชื่อมโยงลำดับก่อนและหลังของการดำเนินกิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมในโครงการให้แล้วเสร็จ ซึ่งเป็นการระบุว่าควรดำเนินกิจกรรมย่อยใดก่อน หรือหลังกิจกรรมใด ทั้งนี้ในการสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

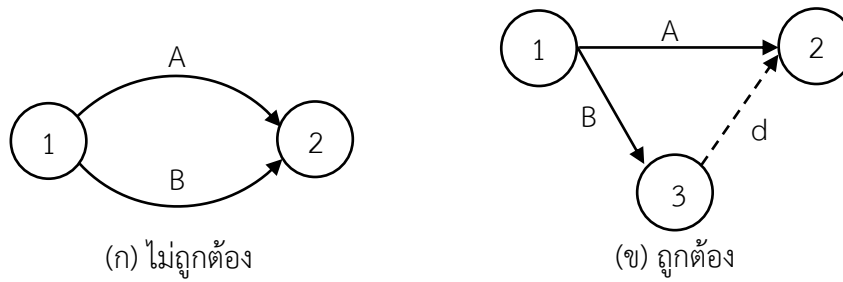
2.1 โครงข่ายงานบนเส้นเชื่อม (Activity on arc: AOA) เป็นการสร้างโครงข่ายงานโดยใช้สัญลักษณ์ลูกศร (Arrow diagram) แทนกิจกรรมย่อย และใช้สัญลักษณ์วงกลมแทนจุดลำดับกิจกรรมย่อยที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรมย่อยดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.5 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อม

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 421)

นอกจากนี้กิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมจะต้องแทนด้วยสัญลักษณ์ลูกศรเพียงลูกศรเดียวเท่านั้น และในกรณีที่มีกิจกรรมย่อยตั้งแต่สองกิจกรรมขึ้นไป เมื่อการเริ่มต้นที่จุดเดียวกันจะไม่สามารถสิ้นสุดที่จุดเดียวกันได้ดังภาพต่อไปนี้



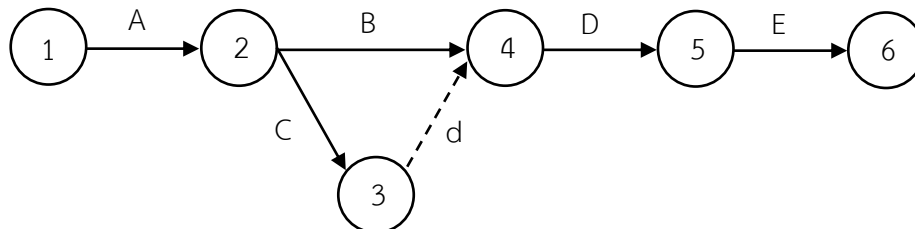
ภาพที่ 6.6 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

ที่มา: ปรับปรุงจาก ฐฐา คุปตะเขียว (2563 : 347)

จากภาพที่ 6.6(ข) จะเห็นได้ว่าในการสร้างโครงข่ายงานที่ถูกต้อง จำเป็นต้องเพิ่มกิจกรรมย่อยสมมติ (d) เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขและสามารถวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ตัวอย่างที่ 6.2 กำหนดให้โครงการหนึ่งมีกิจกรรมย่อย 5 กิจกรรม ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย A เป็นกิจกรรมเริ่มต้น และกิจกรรมย่อย B และ C เป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการไปพร้อมกันได้ภายหลังจากดำเนินกิจกรรมย่อย A เสร็จ ส่วนกิจกรรมย่อย D จะดำเนินการได้ภายหลังจากดำเนินทั้งกิจกรรมย่อย B และ C เสร็จ และกิจกรรมย่อย E เป็นกิจกรรมสุดท้าย ซึ่งจะดำเนินการได้ภายหลังจากดำเนินทั้งกิจกรรมย่อย D เสร็จ จงสร้างโครงข่ายงานของโครงการนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อมได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.7 การสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อมของตัวอย่างที่ 6.2

ที่มา: ปรับปรุงจาก ฐฐา คุปตะเขียว (2563 : 348)

จากภาพที่ 6.7 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย B และ C เริ่มที่จุดเดียวกันคือ จุดที่ 2 จึงไม่สามารถสิ้นสุดที่จุดเดียวกันที่จุดที่ 4 ได้ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มกิจกรรมย่อยสมมติ (d) ทั้งนี้หากไม่เพิ่มกิจกรรมย่อยสมมติแล้วความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อย B, C และ D ในโครงการนี้จะไม่สมบูรณ์ และไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริง

2.2 โครงข่ายงานบนจุดเลื่อน (Activity on node: AON) เป็นการสร้างโครงข่ายงานโดยใช้สัญลักษณ์วงกลม หรือสี่เหลี่ยมแทนกิจกรรมย่อย และใช้สัญลักษณ์ลูกศรแทนความสัมพันธ์ก่อนและหลังของกิจกรรมย่อย โดยเป็นไปตามทิศทางของลูกศรดังภาพต่อไปนี้

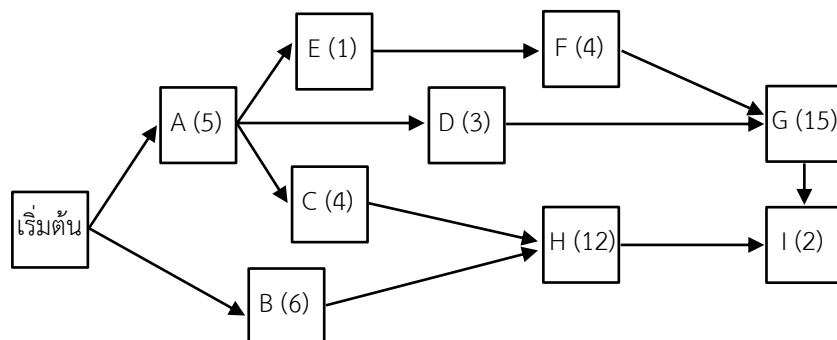


ภาพที่ 6.8 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายงานบนเส้นเชื่อม

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 174-175)

ทั้งนี้ในการสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนในกรณีที่มีกิจกรรมย่อยที่สามารถดำเนินการได้มากกว่าหนึ่งกิจกรรม จะต้องมีสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นถึงการเริ่มต้นของโครงการ และการสิ้นสุดของโครงการในกรณีที่มีกิจกรรมย่อยมากกว่าหนึ่งกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมย่อยสุดท้ายของโครงการ สำหรับการสร้างโครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ในบทนี้จะใช้โครงข่ายงานบนจุดเลื่อนในการอธิบาย เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้อ่านในการสร้างและวิเคราะห์โครงข่ายงานต่อไป

จากตัวอย่างที่ 6.1 สามารถสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.9 การสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2560 : 175)

จากภาพที่ 6.9 แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมในโครงการได้อย่างชัดเจน ตั้งแต่การเริ่มต้นคือ กิจกรรมย่อย A และ B ที่สามารถดำเนินการได้ทันที เนื่องจากไม่มีกิจกรรมย่อยอื่นก่อนหน้า จนกระทั่งถึงกิจกรรมย่อย I ที่เป็นกิจกรรมสุดท้ายของโครงการ

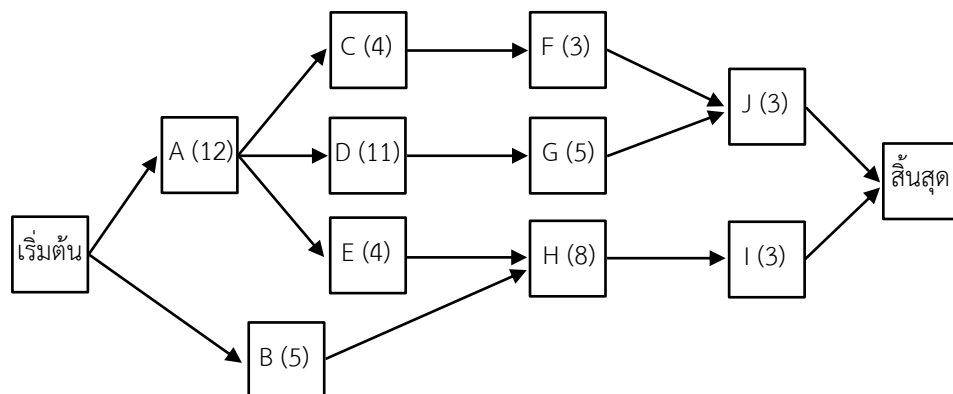
ตัวอย่างที่ 6.3 บริษัทผู้ผลิตแห่งหนึ่งต้องการผลิตสินค้าชนิดใหม่ออกจำหน่าย จึงได้ศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ พบว่าในการดำเนินโครงการจะประกอบไปด้วย 10 กิจกรรมย่อย จึงสร้างโครงข่ายงานของโครงการนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 กิจกรรมย่อยในการผลิตสินค้าชนิดใหม่

กิจกรรมย่อย	รายละเอียดของกิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการมาก่อน	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (สัปดาห์)
A	ออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่	-	12
B	วางแผนเพื่อทำการวิจัยตลาด	-	5
C	เตรียมกระบวนการผลิต	A	4
D	สร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์	A	11
E	เตรียมสื่อประชาสัมพันธ์ทางการตลาด	A	4
F	ประมาณการต้นทุนการผลิต	C	3
G	ทดสอบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น	D	5
H	สำรวจความต้องการของลูกค้า	B, E	8
I	ประมาณการยอดขายและรายงานผล	H	3
J	ประมาณการการผลิตและรายงานผล	F, G	3

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 425)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.10 การสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.3

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 425)

จากภาพที่ 6.10 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A และ B เป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการได้ทันทีเนื่องจากไม่มีกิจกรรมย่อยอื่นก่อนหน้า ส่วนกิจกรรมย่อย I และ J ที่เป็นกิจกรรมสุดท้ายของ

โครงการ ซึ่งมีมากกว่าหนึ่งกิจกรรม ดังนั้นในการสร้างโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนจึงจำเป็นต้องเพิ่มสัญลักษณ์ขึ้นมามากขึ้นจุดเพื่อเป็นการระบุถึงการสิ้นสุดของโครงการ

การวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM

จากการสร้างโครงข่ายงานที่แสดงลำดับความสัมพันธ์ของกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมของโครงการ รวมไปถึงระยะเวลา หรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมแล้วนั้น จะต้องมีการวิเคราะห์โครงข่ายงานเพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาโดยรวมของโครงการ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจในวางแผนและควบคุมการดำเนินโครงการให้เป็นตามเป้าหมายของธุรกิจ ทั้งนี้การวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM จะมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย (Stevenson, 2018 : 744; Anderson et al., 2019 : 385-387)

1. Earliest start time (ES) หมายถึงระยะเวลาที่เร็วที่สุดที่สามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ได้ โดยไม่ทำให้ระยะเวลาของกิจกรรมย่อยก่อนหน้าเปลี่ยนแปลง
2. Earliest finish time (EF) หมายถึงระยะเวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ
3. Latest start time (LS) หมายถึงระยะเวลาที่ช้าที่สุดที่สามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ได้ โดยไม่ทำให้ระยะเวลาของโครงการเปลี่ยนแปลง
4. Latest finish time (LF) หมายถึงระยะเวลาแล้วเสร็จที่ช้าที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ โดยไม่ทำให้ระยะเวลาของโครงการเพิ่มขึ้น หรือล่าช้ากว่าที่กำหนด
5. Activity time (t) หมายถึงระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ให้แล้วเสร็จ

สำหรับการวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM จะเป็นการคำนวณหาระยะเวลาต่างๆ ของกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม ซึ่งจะทำให้ทราบว่ากิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมวิกฤตและกิจกรรมย่อยใดไม่เป็นกิจกรรมวิกฤต รวมไปถึงระยะเวลาคงเหลือของกิจกรรมย่อยที่วิกฤตและไม่วิกฤต ตลอดจนระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ทั้งนี้ในการคำนวณแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ การคำนวณไปข้างหน้า (Forward pass computation) และการคำนวณย้อนกลับ (Backward pass computation) ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณระยะเวลาที่เร็วที่สุด

การคำนวณระยะเวลาที่เร็วที่สุดเป็นการคำนวณในลักษณะของการคำนวณไปข้างหน้าของแต่ละกิจกรรมย่อย ซึ่งจะได้ระยะเวลาที่เร็วที่สุดในการเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อย (ES) และระยะเวลาแล้วเสร็จในการดำเนินกิจกรรมย่อย (EF) โดยจะเริ่มจากจุดเริ่มต้นในการดำเนินโครงการ หรือหาค่า ES ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมแรก ต่อเนื่องไปทางขวามือจนกระทั่งถึงค่า ES ของกิจกรรม

ย่อยกิจกรรมสุดท้าย หรือจุดสิ้นสุดของโครงการ ทั้งนี้ค่า ES ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมแรกจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ ส่วนค่า EF จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$EF_i = ES_i + t_i \quad \dots (6.1)$$

เมื่อ i หมายถึงกิจกรรมย่อยใดๆ นอกจากนี้ก่อนที่จะเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยใดๆ ต่อไปจะต้องดำเนินกิจกรรมย่อยก่อนหน้าให้แล้วเสร็จเสียก่อนจึงจะเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยต่อไปได้

จากตัวอย่างที่ 6.1 และภาพที่ 6.9 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A เป็นกิจกรรมย่อยแรกที่สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่มีกิจกรรมย่อยอื่นก่อนหน้า ดังนั้นค่า ES ของกิจกรรมย่อย A จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือ

$$ES_A = 0 \text{ สัปดาห์}$$

ทั้งนี้กิจกรรมย่อย A ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 5 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.1 ดังนั้นค่า EF ของกิจกรรมย่อย A จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} EF_A &= ES_A + t_A \\ &= 0 + 5 = 5 \text{ สัปดาห์} \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า ES และ EF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

		ES	EF
		↓	↓
	A	0	5
t →	5		

ภาพที่ 6.11 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย A ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 385)

ส่วนกิจกรรมย่อย B เป็นกิจกรรมย่อยแรกที่สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่มีกิจกรรมย่อยอื่นก่อนหน้าเช่นเดียวกันกับกิจกรรมย่อย A และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 6 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า ES และ EF มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

	B	0	6
6			

ภาพที่ 6.12 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย B ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 385)

สำหรับกิจกรรมย่อยที่ไม่ใช่กิจกรรมแรก จะสามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นได้เร็วที่สุดทันทีภายหลังจากดำเนินกิจกรรมย่อยก่อนหน้าแล้วเสร็จ ดังนั้นค่า ES ของกิจกรรมย่อยใดๆ ที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้าจึงมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของค่า EF ของกิจกรรมย่อยก่อนหน้า หรือ

$$ES_i = \text{Max} [EF_j] \quad \dots (6.2)$$

เมื่อ j หมายถึงกิจกรรมย่อยก่อนหน้า ด้วยเหตุนี้กิจกรรมย่อยใดที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้าจะไม่สามารถดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นได้ก่อน กิจกรรมย่อยก่อนหน้าแล้วเสร็จ หรือค่า EF ของกิจกรรมย่อยก่อนหน้า และในกรณีที่กิจกรรมย่อยก่อนหน้ามากกว่าหนึ่งกิจกรรม จะพิจารณาค่า EF ของกิจกรรมย่อยที่เสร็จช้าที่สุด หรือค่าสูงสุดของ EF ของกิจกรรมย่อยก่อนหน้าทุกกิจกรรม

จากตัวอย่างที่ 6.1 และภาพที่ 6.9 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย C, D และ E เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมย่อย A เป็นกิจกรรมย่อยก่อนหน้าเพียงกิจกรรมเดียว ดังนั้นค่า ES ของกิจกรรมย่อย C, D และ E สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.2 จะได้

$$\begin{aligned} \text{กิจกรรมย่อย C} \quad ES_C &= \text{Max} [EF_A] \\ &= \text{Max} [5] = 5 \text{ สัปดาห์} \end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย C ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 4 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.1 ดังนั้นค่า EF ของกิจกรรมย่อย C จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} EF_C &= ES_C + t_C \\ &= 5 + 4 = 9 \text{ สัปดาห์} \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า ES และ EF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

C	5	9
4		

ภาพที่ 6.13 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย C ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

กิจกรรมย่อย D มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกันกับกิจกรรมย่อย C และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 3 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า ES และ EF มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

D	5	8
3		

ภาพที่ 6.14 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย D ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

กิจกรรมย่อย E มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับกิจกรรมย่อย C และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 1 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า ES และ EF มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

E	5	6
1		

ภาพที่ 6.15 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย E ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

ทั้งนี้กิจกรรมย่อย F เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมย่อย E เป็นกิจกรรมก่อนย่อยหน้าเพียงกิจกรรมเดียว และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 4 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า ES และ EF มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

F	6	10
4		

ภาพที่ 6.16 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย F ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

และจากตัวอย่างที่ 6.1 รวมไปถึงภาพที่ 6.9 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย H และ G เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมย่อยก่อนหน้ามากกว่าหนึ่งกิจกรรม โดยกิจกรรมย่อย H มีกิจกรรมย่อย B และ C เป็นกิจกรรมย่อยก่อนหน้า ส่วนกิจกรรมย่อย G มีกิจกรรมย่อย D และ F เป็นกิจกรรมย่อยก่อนหน้า ดังนั้นจึงพิจารณาค่า EF ของกิจกรรมย่อยที่เสร็จช้าที่สุดของกิจกรรมย่อยก่อนหน้าทุกกิจกรรม และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.2 จะได้

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย H} \quad ES_H &= \text{Max} [EF_B, EF_C] \\ &= \text{Max} [6, 9] = 9 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย H ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 12 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.1 ดังนั้นค่า EF ของกิจกรรมย่อย H จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}EF_H &= ES_H + t_H \\ &= 9 + 12 = 21 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า ES และ EF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

H	9	21
12		

ภาพที่ 6.17 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย H ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย G} \quad ES_G &= \text{Max} [EF_D, EF_F] \\ &= \text{Max} [8, 10] = 10 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย H ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 15 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.1 ดังนั้นค่า EF ของกิจกรรมย่อย H จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}EF_G &= ES_G + t_G \\ &= 10 + 15 = 25 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า ES และ EF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

G	10	25
15		

ภาพที่ 6.18 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย G ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

สำหรับกิจกรรมย่อย I เป็นกิจกรรมย่อยสุดท้ายของโครงการที่มีกิจกรรมย่อย G และ H เป็นกิจกรรมย่อยก่อนหน้า จึงพิจารณาค่า EF ของกิจกรรมย่อยที่เสร็จช้าที่สุดของกิจกรรมย่อยก่อนหน้าทุกกิจกรรมเช่นเดียวกันกับกิจกรรมย่อย G และ H ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.2 จะได้

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย I} \quad ES_I &= \text{Max} [EF_G, EF_H] \\ &= \text{Max} [25, 21] = 25 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย I ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 2 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.1 ดังนั้นค่า EF ของกิจกรรมย่อย I จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}EF_I &= ES_I + t_I \\ &= 25 + 2 = 27 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

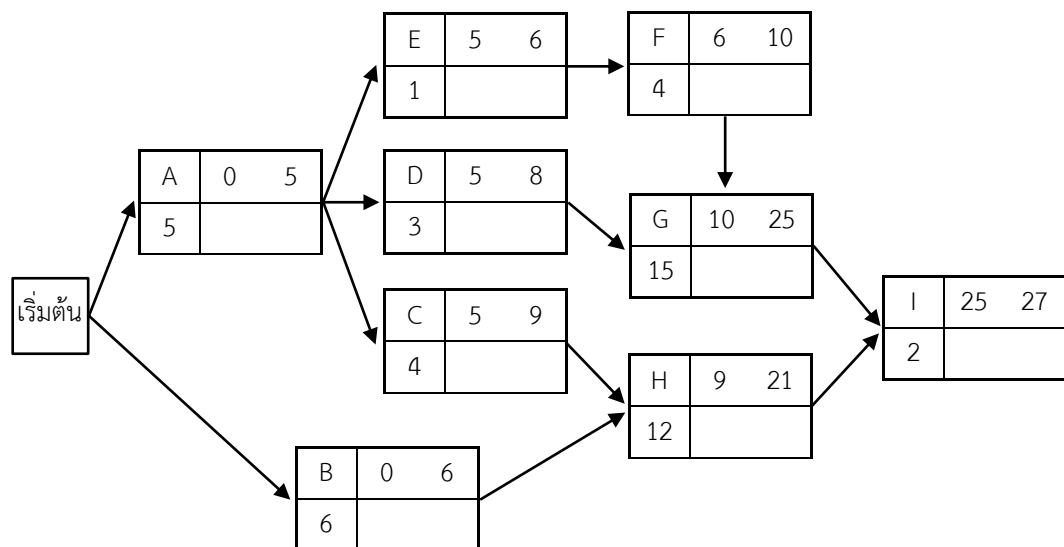
จากการคำนวณค่า ES และ EF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

I	25	27
2		

ภาพที่ 6.19 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อย I ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 386)

จากการคำนวณระยะเวลาแล้วเสร็จในการดำเนินกิจกรรมย่อย I คือ 27 สัปดาห์จึงสามารถสรุปได้ว่าโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่จะใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 27 สัปดาห์ และจากการคำนวณระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยตั้งแต่กิจกรรมแรก หรือกิจกรรมย่อย A และ B จนกระทั่งถึงกิจกรรมย่อยกิจกรรมสุดท้าย หรือกิจกรรมย่อย I และสามารถแสดงโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ได้ดังนี้



ภาพที่ 6.20 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 387)

และสามารถสรุประยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยทั้งหมดของโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.3 ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)

กิจกรรมย่อย	t	ES	EF
A	5	0	5
B	6	0	6
C	4	5	9
D	3	5	8
E	1	5	6
F	4	6	10
G	15	10	25
H	12	9	21
I	2	25	27

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 387)

2. การคำนวณระยะเวลาที่ช้าที่สุด

การคำนวณระยะเวลาที่ช้าที่สุดเป็นการคำนวณในลักษณะของการคำนวณไปย้อนกลับของแต่ละกิจกรรมย่อย ซึ่งจะได้ระยะเวลาที่ช้าที่สุดในการเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อย (LS) และระยะเวลาแล้วเสร็จในการดำเนินกิจกรรมย่อย (LF) โดยจะเริ่มจากจุดสิ้นสุดในการดำเนินโครงการ หรือหาค่า LF ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมสุดท้าย ต่อเนื่องย้อนกลับไปทางซ้ายมือจนกระทั่งถึงค่า LS ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมแรก หรือจุดเริ่มต้นของโครงการ ทั้งนี้ค่า LF ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมสุดท้ายจะมีค่าเป็นเท่ากับ EF ของกิจกรรมย่อยกิจกรรมสุดท้าย หรือระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ส่วนค่า LS จะสามารถคำนวณได้ดังนี้ (Taylor, 2016 : 382-384)

$$LS_i = LF_i - t_i \quad \dots (6.3)$$

เมื่อ i หมายถึงกิจกรรมย่อยใดๆ ทั้งนี้จากตัวอย่างที่ 6.1 และภาพที่ 6.20 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย I เป็นกิจกรรมย่อยสุดท้าย ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย I จึงมีค่าเท่ากับค่า EF ของกิจกรรมย่อย I หรือ

$$LF_I = EF_I = 27 \text{ สัปดาห์}$$

ทั้งนี้กิจกรรมย่อย I ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 2 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LS ของกิจกรรมย่อย I จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} LS_I &= LF_I - t_i \\ &= 27 - 2 = 25 \text{ สัปดาห์} \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

1	25	27
2	25	27

↑ ES ↑ EF

ภาพที่ 6.21 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย I ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

สำหรับกิจกรรมย่อยที่ไม่ใช่กิจกรรมสุดท้าย จะสามารถดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นแล้วเสร็จได้ช้าที่สุดเท่ากับระยะเวลาที่ช้าที่สุดในการเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยตามหลัง ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อยใดๆ ที่มีกิจกรรมย่อยตามหลังจึงมีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดของค่า LS ของกิจกรรมย่อยหลัง หรือ

$$LF_i = \text{Min } [LS_k] \quad \dots (6.4)$$

เมื่อ k หมายถึงกิจกรรมย่อยตามหลัง ด้วยเหตุนี้กิจกรรมย่อยใดที่มีกิจกรรมย่อยตามหลังจะไม่สามารถแล้วเสร็จได้ช้ากว่าระยะเวลาในการเริ่มต้นของกิจกรรมตามหลัง หรือค่า LS ของกิจกรรมย่อยตามหลัง และในกรณีที่กิจกรรมย่อยตามหลังมากกว่าหนึ่งกิจกรรม จะพิจารณาค่า LS ของกิจกรรมย่อยที่เริ่มช้าที่สุด หรือค่าต่ำสุดของ LS ของกิจกรรมย่อยตามหลังทุกกิจกรรม

จากตัวอย่างที่ 6.1 และภาพที่ 6.20 จะเห็นว่ากิจกรรมย่อย G และ H เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมย่อย I เป็นกิจกรรมย่อยตามหลังเพียงกิจกรรมเดียว ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย G และ H สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.4 จะได้

$$\begin{aligned}
 \text{กิจกรรมย่อย G} \quad LF_G &= \text{Min } [LS_I] \\
 &= \text{Min } [25] = 25 \text{ สัปดาห์}
 \end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย G ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 15 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย G จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 LS_G &= LF_G - t_G \\
 &= 25 - 15 = 10 \text{ สัปดาห์}
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

G	10	25
15	10	25

ภาพที่ 6.22 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย G ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

กิจกรรมย่อย H มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกันกับกิจกรรมย่อย G และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 12 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า LF และ LS มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

H	9	21
12	13	25

ภาพที่ 6.23 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย H ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

ส่วนกิจกรรมย่อย B, C, D, E และ F เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมย่อยตามหลังเพียงกิจกรรมเดียว โดยกิจกรรมย่อย D และ F มีกิจกรรมย่อย G เป็นกิจกรรมย่อยตามหลังเพียงกิจกรรมเดียว ส่วนกิจกรรมย่อย B และ C มีกิจกรรมย่อย H เป็นกิจกรรมย่อยตามหลังเพียงกิจกรรมเดียว และกิจกรรมย่อย E มีกิจกรรมย่อย F เป็นกิจกรรมย่อยตามหลังเพียงกิจกรรมเดียว ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย B, C, D, E และ F สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.4 จะได้

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย D} \quad LF_D &= \text{Min} [LS_G] \\ &= \text{Min} [10] = 10 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย D ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 3 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย D จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}LS_D &= LF_D - t_D \\ &= 10 - 3 = 7 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

D	5	8
3	7	10

ภาพที่ 6.24 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย D ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

กิจกรรมย่อย F มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกันกับกิจกรรมย่อย D และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 4 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า LF และ LS มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

F	6	10
4	6	10

ภาพที่ 6.25 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย F ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย B} \quad LF_B &= \text{Min} [LS_H] \\ &= \text{Min} [13] = 13 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย B ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 6 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย B จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}LS_B &= LF_B - t_B \\ &= 13 - 6 = 7 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

B	0	6
6	7	13

ภาพที่ 6.26 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย B ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

กิจกรรมย่อย C มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับกิจกรรมย่อย B และใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 4 สัปดาห์ ดังนั้นสามารถคำนวณค่า LF และ LS มาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

C	5	9
4	9	13

ภาพที่ 6.27 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย C ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย E} \quad LF_E &= \text{Min} [LS_F] \\ &= \text{Min} [6] = 6 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย E ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 1 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย E จึงมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}LS_E &= LF_E - t_E \\ &= 6 - 1 = 5 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

E	5	6
1	5	6

ภาพที่ 6.28 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย E ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

และจากตัวอย่างที่ 6.1 รวมไปถึงภาพที่ 6.20 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A เป็นกิจกรรมย่อยที่มีกิจกรรมตามหลังมากกว่าหนึ่งกิจกรรม และเป็นกิจกรรมย่อยเริ่มต้น โดยมีกิจกรรมย่อย C, D และ E เป็นกิจกรรมย่อยตามหลัง ดังนั้นจึงจะพิจารณาค่า LS ของกิจกรรมย่อยที่เริ่มช้าที่สุดหรือค่าต่ำสุดของ LS ของกิจกรรมย่อยตามหลังทุกกิจกรรม และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.4 จะได้

$$\begin{aligned}\text{กิจกรรมย่อย A} \quad LF_A &= \text{Min} [LS_C, LS_D, LS_E] \\ &= \text{Min} [9, 7, 5] = 5 \text{ สัปดาห์}\end{aligned}$$

และกิจกรรมย่อย A ใช้ระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมจำนวนทั้ง 5 สัปดาห์ และจากสมการที่ 6.3 ดังนั้นค่า LF ของกิจกรรมย่อย A จึงมีค่าเท่ากับ

$$LS_A = LF_A - t_A$$

$$= 5 - 5 = 0 \text{ สัปดาห์}$$

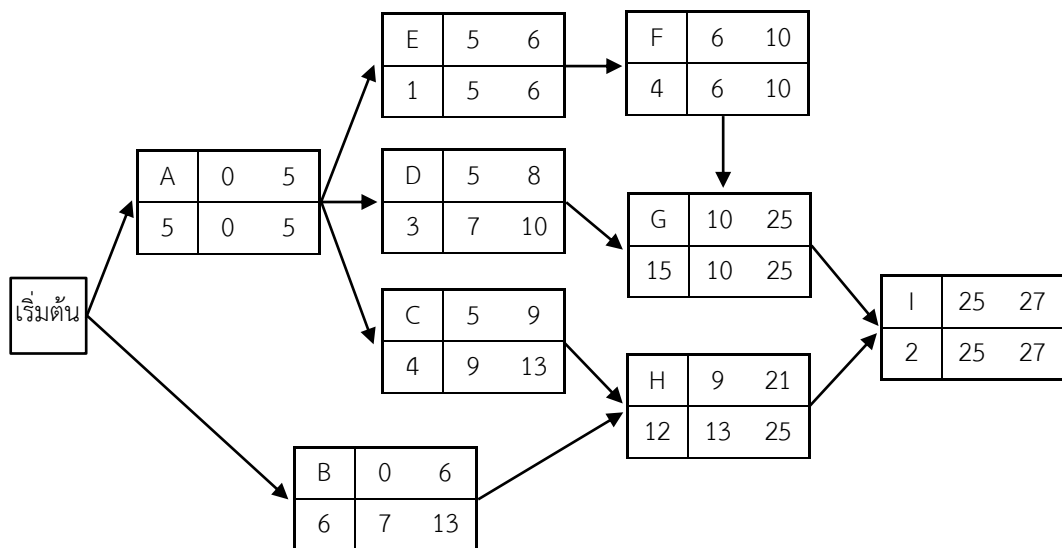
จากการคำนวณค่า LS และ LF สามารถนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงไว้ในชุดเชื่อมได้ดังนี้

A	0	5
5	0	5

ภาพที่ 6.29 ระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อย A ของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

จากการคำนวณระยะเวลาที่ช้าที่สุดของกิจกรรมย่อยตั้งแต่กิจกรรมสุดท้าย หรือกิจกรรมย่อย I ย้อนกลับจนกระทั่งถึงกิจกรรมย่อยกิจกรรมแรก หรือกิจกรรมย่อย A โดยระยะเวลาในการแล้วเสร็จของโครงการจะไม่เปลี่ยนแปลงจึงสามารถสรุปได้ว่าโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่จะใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 27 สัปดาห์เช่นเดิม และสามารถแสดงโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ร่วมกับระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยตั้งแต่กิจกรรมแรกจนกระทั่งถึงกิจกรรมสุดท้ายได้ดังนี้



ภาพที่ 6.30 ระยะเวลาที่เร็วและช้าที่สุดของโครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.1

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 382)

และสามารถสรุประยะเวลาที่ช้าที่สุด รวมไปถึงระยะเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมย่อยทั้งหมดของโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.4 ระยะเวลาที่เร็วและช้าที่สุดของกิจกรรมย่อยในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)

กิจกรรมย่อย	t	ES	EF	LS	LF
A	5	0	5	0	5
B	6	0	6	7	13
C	4	5	9	9	13
D	3	5	8	7	10
E	1	5	6	5	6
F	4	6	10	6	10
G	15	10	25	10	25
H	12	9	21	13	25
I	2	25	27	25	27

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taylor (2016 : 383)

3. การคำนวณระยะเวลาคงเหลือของกิจกรรมย่อย

จากผลการดำเนินโครงการจะเห็นได้ว่ามีกิจกรรมย่อยบางกิจกรรมที่มีระยะเวลาที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดที่สามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ได้เท่ากัน หรือมีระยะเวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ เท่ากัน ซึ่งกิจกรรมย่อยในลักษณะนี้จะเป็นกิจกรรมย่อยที่ไม่สามารถเลื่อนระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยออกไปหรือล่าช้าได้ มิเช่นนั้นแล้วจะส่งผลทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม กิจกรรมย่อยบางกิจกรรมจะมีระยะเวลาที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดที่สามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ได้ไม่เท่ากัน หรือมีระยะเวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ไม่เท่ากัน กล่าวคือกิจกรรมย่อยนั้นสามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมได้ล่าช้ากว่ากำหนดโดยไม่ทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกเวลานี้ได้ว่าเป็นระยะเวลาคงเหลือ (Slack) (Sharma, 2017 : 429)

สำหรับระยะเวลาคงเหลือจะช่วยให้การดำเนินกิจกรรมย่อยในโครงการมีความยืดหยุ่น หรือมีความคล่องตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาในการดำเนินการ ทั้งนี้กิจกรรมย่อยใดที่มีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ ซึ่งจะเรียกกิจกรรมย่อยที่มีลักษณะเช่นนี้ได้ว่าเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤตที่ไม่สามารถดำเนินการล่าช้าได้ ส่วนกิจกรรมย่อยที่ใดมีระยะเวลาคงเหลือไม่เป็นศูนย์ ซึ่งจะเรียกกิจกรรมย่อยที่มีลักษณะเช่นนี้ได้ว่าเป็นกิจกรรมย่อยไม่วิกฤตที่สามารถดำเนินการล่าช้าได้ โดยระยะเวลาคงเหลือจะคำนวณมาจากผลต่างของระยะเวลาที่เร็วที่สุดกับช้าที่สุดที่สามารถเริ่มดำเนินกิจกรรมย่อย

นั้นๆ ได้หรือระยะเวลาแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดกับช้าที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Carter, Price, & Rabadi, 2019 : 137)

$$S_i = LS_i - ES_i \quad \dots (6.5)$$

หรือ
$$S_i = LF_i - EF_i \quad \dots (6.6)$$

เมื่อ i หมายถึงกิจกรรมย่อยใดๆ และจากตัวอย่างที่ 6.1 สามารถคำนวณระยะเวลาคงเหลือของกิจกรรมย่อยทั้งหมดตั้งแต่กิจกรรมย่อย A ที่เป็นกิจกรรมย่อยแรกจนกระทั่งถึงกิจกรรมย่อย I ที่เป็นกิจกรรมย่อยสุดท้ายในโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ได้จากสมการ 6.5 จะได้

กิจกรรมย่อย A	$S_A = LS_A - ES_A = 0 - 0 = 0$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย B	$S_B = LS_B - ES_B = 7 - 0 = 7$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย C	$S_C = LS_C - ES_C = 9 - 5 = 4$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย D	$S_D = LS_D - ES_D = 7 - 5 = 2$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย E	$S_E = LS_E - ES_E = 5 - 5 = 0$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย F	$S_F = LS_F - ES_F = 6 - 6 = 0$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย G	$S_G = LS_G - ES_G = 10 - 10 = 0$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย H	$S_H = LS_H - ES_H = 13 - 9 = 4$ สัปดาห์
กิจกรรมย่อย I	$S_I = LS_I - ES_I = 25 - 25 = 0$ สัปดาห์

จากการคำนวณระยะเวลาคงเหลือของกิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมของโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ จะเห็นได้ว่าโครงการนี้มีกิจกรรมย่อยที่มีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ทั้งหมด 5 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมย่อย A, E, F, G และ I โดยกิจกรรมย่อยทั้ง 5 กิจกรรมนี้ จะไม่สามารถเลื่อนระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมออกไปหรือล่าช้าได้ หรือเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต ในขณะที่กิจกรรมย่อย B สามารถเลื่อนการดำเนินกิจกรรมออกไปได้ 7 สัปดาห์ และกิจกรรมย่อย C สามารถเลื่อนการดำเนินกิจกรรมออกไปได้ 4 สัปดาห์ ส่วนกิจกรรมย่อย D สามารถเลื่อนการดำเนินกิจกรรมออกไปได้ 2 สัปดาห์ และกิจกรรมย่อย H สามารถเลื่อนการดำเนินกิจกรรมออกไปได้ 4 สัปดาห์ โดยไม่ทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเปลี่ยนแปลงไป และสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.5 ระยะเวลาคงเหลือในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)

กิจกรรมย่อย	t	ES	EF	LS	LF	S
A	5	0	5	0	5	0
B	6	0	6	7	13	7
C	4	5	9	9	13	4
D	3	5	8	7	10	2
E	1	5	6	5	6	0
F	4	6	10	6	10	0
G	15	10	25	10	25	0
H	12	9	21	13	25	4
I	2	25	27	25	27	0

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 137)

จากตารางที่ 6.5 จึงสรุปได้ว่าโครงการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่นี้มีกิจกรรมย่อยที่มีระยะเวลาคงเหลือทั้งหมด 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมย่อย B, C, D และ H ซึ่งมีระยะเวลาคงเหลือทั้งสิ้นจำนวน 17 สัปดาห์ ($7 + 4 + 2 + 4$) โดยไม่ทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเปลี่ยนแปลงหรือล่าช้ากว่าที่กำหนดคือ 27 สัปดาห์

4. กิจกรรมย่อยวิกฤตและเส้นทางวิกฤต

กิจกรรมย่อยวิกฤต (Critical activity) เป็นกิจกรรมย่อยที่ไม่สามารถเลื่อนระยะเวลาในการดำเนินการออกไปหรือล่าช้าได้ และจะมีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ ส่วนเส้นทาง (Path) หมายถึงกลุ่มของกิจกรรมย่อยที่ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันอย่างต่อเนื่องตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดของโครงการ ซึ่งผลจากการคำนวณระยะเวลาต่างๆ ของแต่ละกิจกรรมย่อย จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจในการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมในโครงการว่าจะควรเริ่มดำเนินกิจกรรมนั้นๆ เมื่อใดและกิจกรรมย่อยเหล่านั้นควรจะแล้วเสร็จเมื่อใด รวมไปถึงโครงการที่ดำเนินการใช้ระยะเวลาเท่าใดจึงจะแล้วเสร็จ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553 : 198-200)

อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM คือการหาเส้นทางวิกฤต (Critical path) ซึ่งเป็นเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยวิกฤตที่เชื่อมโยงกัน ทั้งนี้ผู้บริหารจะต้องให้ความสำคัญ และเข้าไปควบคุมให้กิจกรรมย่อยวิกฤตนี้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา หรือไม่ให้ล่าช้ากว่าที่กำหนด และจะทำให้การดำเนินโครงการไม่เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากหากกิจกรรมย่อยวิกฤตใดกิจกรรมย่อยวิกฤตหนึ่งมีความล่าช้าเกิดขึ้น

แล้วจะมีผลทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการล่าช้าตามไปด้วย อันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อธุรกิจได้ทั้งค่าปรับจากโครงการที่ล่าช้า และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการดำเนินการโครงการ เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์เส้นทางวิกฤตสามารถวิเคราะห์ได้ 2 วิธีดังนี้ (Heizer, Render, & Munson, 2020 : 107-108)

4.1 การวิเคราะห์จากการกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมย่อย เป็นวิธีการวิเคราะห์จากกิจกรรมย่อยวิกฤตที่ได้จากการคำนวณระยะเวลาคงเหลือที่เท่ากับศูนย์ และพิจารณาว่าเส้นทางใดที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยวิกฤตทั้งหมด ซึ่งเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางวิกฤตที่ไม่สามารถดำเนินการล่าช้าได้

จากตัวอย่างที่ 6.1 และตารางที่ 6.5 สามารถระบุกิจกรรมย่อยวิกฤตได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.6 กิจกรรมย่อยวิกฤตในการสร้างศูนย์การค้าแห่งใหม่ (สัปดาห์)

กิจกรรมย่อย	t	ES	EF	LS	LF	S	กิจกรรมย่อยวิกฤต
A	5	0	5	0	5	0	ใช่
B	6	0	6	7	13	7	ไม่ใช่
C	4	5	9	9	13	4	ไม่ใช่
D	3	5	8	7	10	2	ไม่ใช่
E	1	5	6	5	6	0	ใช่
F	4	6	10	6	10	0	ใช่
G	15	10	25	10	25	0	ใช่
H	12	9	21	13	25	4	ไม่ใช่
I	2	25	27	25	27	0	ใช่

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 108)

จากตารางที่ 6.6 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A, E, F, G และ I เป็นกิจกรรมย่อยที่มีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ หรือเป็นกิจกรรมวิกฤต ดังนั้นเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยวิกฤตทั้ง 5 กิจกรรมนี้ (A – E – F – G – I) จึงเป็นเส้นทางวิกฤต โดยมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการทั้งสิ้น 27 สัปดาห์ ($5 + 1 + 4 + 15 + 2$)

4.2 การวิเคราะห์จากระยะเวลารวมของแต่ละเส้นทาง เป็นวิธีการวิเคราะห์จากระยะเวลารวมในการดำเนินกิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมในทุกเส้นทาง ทั้งนี้เส้นทางใดที่มีระยะเวลารวมในการดำเนินกิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมที่มากที่สุดจะเป็นเส้นทางวิกฤตที่ไม่สามารถดำเนินการล่าช้าได้ ซึ่งระยะเวลารวมของเส้นทางวิกฤตนี้จะเท่ากับระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ

จากตัวอย่างที่ 6.1 และภาพที่ 6.30 สามารถกำหนดเส้นทางได้ 4 เส้นทางดังต่อไปนี้

เส้นทางที่ 1: A – E – F – G – I มีระยะเวลารวมเท่ากับ 27 สัปดาห์
(5 + 1 + 4 + 15 + 2)

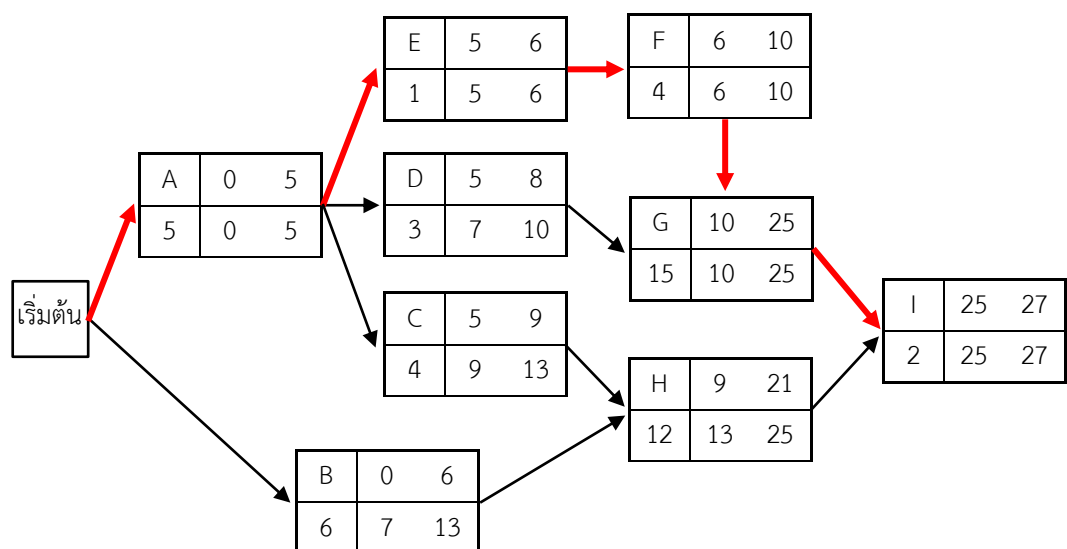
เส้นทางที่ 2: A – D – G – I มีระยะเวลารวมเท่ากับ 25 สัปดาห์
(5 + 3 + 15 + 2)

เส้นทางที่ 3: A – C – H – I มีระยะเวลารวมเท่ากับ 23 สัปดาห์
(5 + 4 + 12 + 2)

เส้นทางที่ 4: B – H – I มีระยะเวลารวมเท่ากับ 20 สัปดาห์
(6 + 12 + 2)

จากทั้ง 4 เส้นทางจะเห็นได้ว่าเส้นทางที่ 1 เป็นเส้นทางที่มีระยะเวลารวมมากที่สุดเท่ากับ 27 สัปดาห์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเส้นทางที่ 1 ที่มีกิจกรรมย่อย A, E, F, G และ I เป็นเส้นทางวิกฤต โดยมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับ 27 สัปดาห์

ทั้งนี้จากตัวอย่างที่ 6.1 และการวิเคราะห์เส้นทางวิกฤตทั้ง 2 วิธี สามารถแสดงเส้นทางวิกฤตด้วยลูกศรที่หนาและมีสีแดงดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.31 เส้นทางวิกฤตของตัวอย่างที่ 6.1

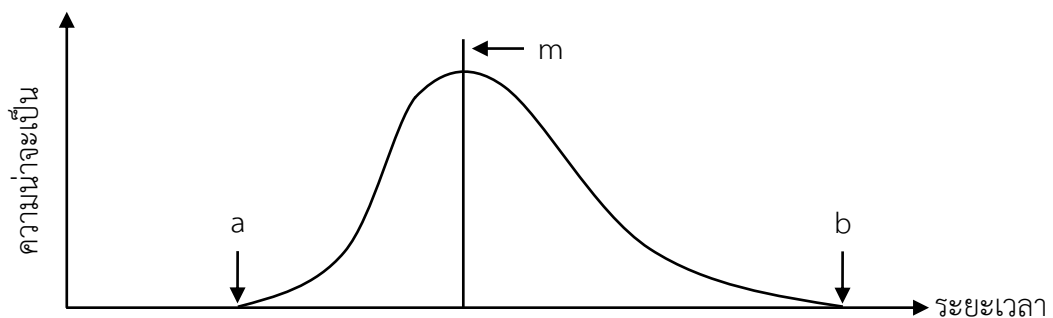
ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา วาณิชย์บัญชา (2553 : 198)

การคำนวณระยะเวลาด้วยเทคนิค PERT

จากความแตกต่างที่สำคัญในเรื่องของระยะเวลาระหว่างเทคนิค PERT และ CPM ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งเทคนิค PERT จะใช้ในกรณีที่โครงการนั้นเป็นโครงการใหม่ที่ยังไม่เคยบริหารจัดการมาก่อน จึงไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนของแต่ละกิจกรรมย่อยได้ ทั้งนี้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้า (Beta distribution) เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ไม่มีรูปร่างที่แน่นอน ด้วยเหตุนี้ข้อสมมติของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยจึงมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้า โดยในแต่ละกิจกรรมย่อยผู้บริหารโครงการจะต้องประมาณค่าของระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมไว้ทั้งหมด 3 ค่าดังนี้ (Anderson et al., 2019 : 391-398; Heizer, Render, & Munson, 2017 : 77-82)

1. ระยะเวลาที่เร็วที่สุดที่เป็นไปได้ (Optimistic time: a) หมายถึงระยะเวลาที่เร็วที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ เมื่อไม่มีปัญหาหรืออุปสรรคใดๆ ในการดำเนินกิจกรรมย่อย
2. ระยะเวลาที่ช้าที่สุดที่เป็นไปได้ (Pessimistic time: b) หมายถึงระยะเวลาที่ช้าที่สุดในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ เมื่อมีปัญหาและอุปสรรคเกิดขึ้นในการดำเนินกิจกรรมย่อย
3. ระยะเวลาที่เป็นไปได้ (Most probable time: m) หมายถึงระยะเวลาโดยส่วนมากในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นๆ เมื่อการดำเนินกิจกรรมย่อยอยู่ในสถานการณ์ปกติ

จากการประมาณค่าระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยทั้ง 3 ค่า สามารถแสดงระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยที่มีการแจกแจงแบบเบต้าได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.32 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเบต้า

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2017 : 78)

สำหรับระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมที่จะนำไปวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ในขั้นตอนต่อไป จะใช้ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรมย่อยซึ่งกำหนดให้ i หมายถึงกิจกรรมย่อยใดๆ และมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{ระยะเวลาเฉลี่ย: } t_i = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \dots (6.7)$$

$$\text{ระยะเวลาแปรปรวน: } \sigma_i^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 \quad \dots (6.8)$$

ตัวอย่างที่ 6.4 จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการปรับปรุงอาคารสำนักงาน โดยกำหนดระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.7 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน

กิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการมาก่อน	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (วัน)		
		a	m	b
A	-	5	4	12
B	-	2	3	4
C	A	1	2	3
D	A	2	4	6
E	B, C	1	4	7
F	B, C	1	2	9
G	D, E	3	4	11

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2017 : 78)

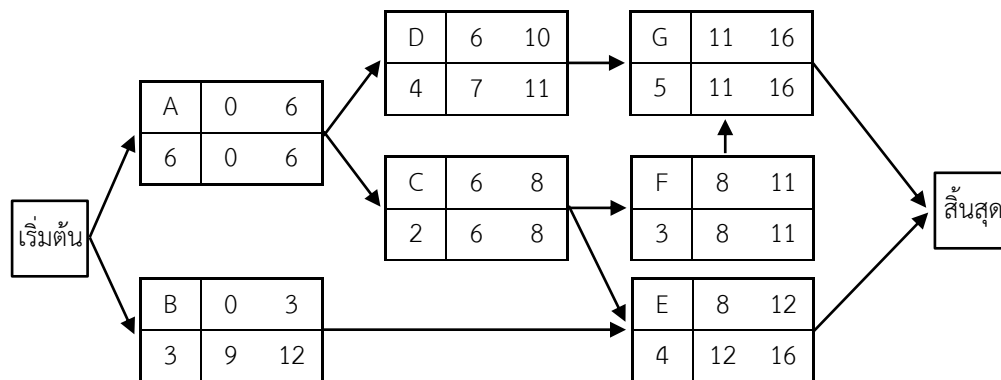
วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถคำนวณระยะเวลากลางสุดดังสมการที่ 6.7 และระยะเวลาแปรปรวนดังสมการที่ 6.8 ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.8 ระยะเวลาเฉลี่ย และระยะเวลาแปรปรวนของตัวอย่างที่ 6.4

กิจกรรม ย่อย	กิจกรรมย่อยที่ต้อง ดำเนินการมาก่อน	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (วัน)			ระยะเวลา เฉลี่ย	ระยะเวลา แปรปรวน
		a	m	b		
A	-	4	5	12	6	1.77
B	-	2	3	4	3	0.11
C	A	1	2	3	2	0.11
D	A	2	4	6	4	0.44
E	B, C	1	4	7	4	1.00
F	C	1	2	9	3	1.77
G	D, F	3	4	11	5	1.77

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2017 : 78)

จากตารางที่ 6.8 สามารถสร้างและวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ได้ดัง
ภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.33 โครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.4

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 395)

จากภาพที่ 6.33 สามารถสรุประยะเวลาที่เร็วที่สุดและช้าที่สุด รวมไปถึงระบุกิจกรรมย่อย
วิกฤตของโครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.9 สรุประยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการปรับปรุงอาคารสำนักงาน (วัน)

กิจกรรมย่อย	t_i	σ_i^2	ES	EF	LS	LF	S	กิจกรรมย่อยวิกฤต
A	6	1.77	0	6	0	6	0	ใช่
B	3	0.11	0	3	9	12	9	ไม่ใช่
C	2	0.11	6	8	6	8	0	ใช่
D	4	0.44	6	10	7	11	1	ไม่ใช่
E	4	1.00	8	12	12	16	4	ไม่ใช่
F	3	1.77	8	11	8	11	0	ใช่
G	5	1.77	11	16	11	16	0	ใช่

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 396)

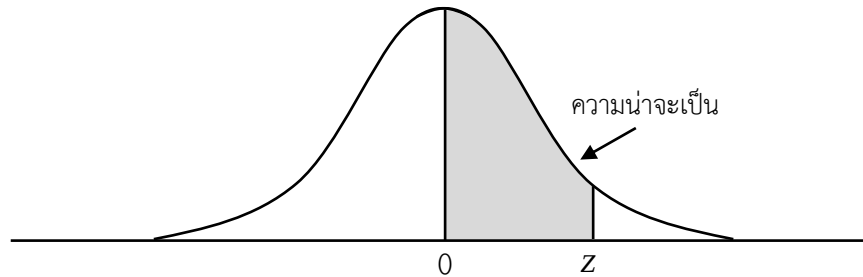
จากตารางที่ 6.9 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A, C, F และ G เป็นกิจกรรมย่อยที่มีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ หรือเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต ดังนั้นเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยวิกฤตทั้ง 4 กิจกรรมนี้ (A – C – F – G) จึงเป็นเส้นทางวิกฤต โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยแล้วเสร็จของโครงการ (T) ทั้งสิ้น 16 วัน ($6 + 2 + 3 + 5$) และมีระยะเวลาแปรปรวนของโครงการ (σ_T^2) ทั้งสิ้น 5.42 วัน ($1.77 + 0.11 + 1.77 + 1.77$) หรือมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการเท่ากับ $\sqrt{\sigma_T^2} = \sqrt{5.42} = 2.33$ วัน

ทั้งนี้จากระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยนั้นเป็นเพียงค่าเฉลี่ย หรือเป็นการประมาณค่าเท่านั้น ซึ่งในสถานการณ์จริงระยะเวลาในการดำเนินการอาจไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์เอาไว้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการหาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยมีข้อสมมติเพิ่มเติมคือ ระยะเวลาเฉลี่ยแล้วเสร็จ และระยะเวลาแปรปรวนของโครงการมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ด้วยเหตุนี้ในการวิเคราะห์โครงการด้วยเทคนิค PERT/CPM สามารถหาโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดได้จาก (Stevenson, 2018 : 754)

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad \dots (6.9)$$

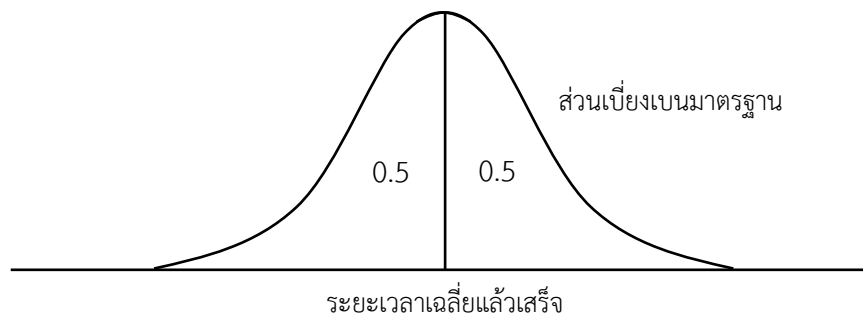
เมื่อ X หมายถึงระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการที่กำหนด ส่วน μ หมายถึงระยะเวลาเฉลี่ยแล้วเสร็จของโครงการ และ σ หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการ ทั้งนี้การแจกแจงแบบ

ปกติแสดงได้ดังภาพที่ 6.34 ส่วนการแจกแจงแบบปกติของระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการแสดงได้ดังภาพที่ 6.35



ภาพที่ 6.34 ความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Stevenson (2018 : 754)



ภาพที่ 6.35 การแจกแจงแบบปกติของระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Stevenson (2018 : 754)

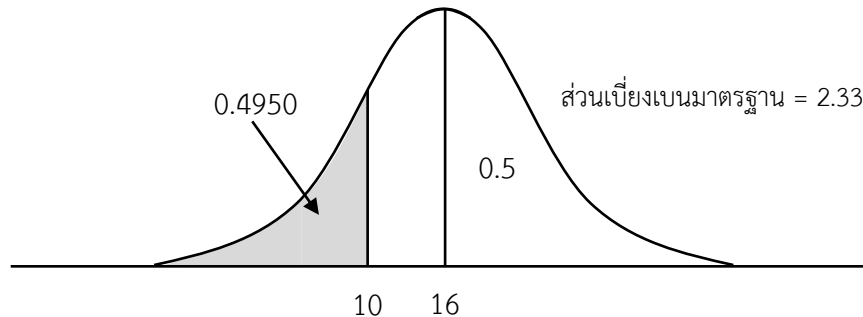
ตัวอย่างที่ 6.5 จากตัวอย่างที่ 6.4 หากผู้บริหารโครงการฯ ต้องการทราบว่าโครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานนี้มีโอกาสเท่าใดที่จะแล้วเสร็จได้ภายใน 10 วัน โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยแล้วเสร็จของโครงการทั้งสิ้น 16 วัน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโครงการเท่ากับ 2.33 วัน

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถคำนวณโอกาสที่โครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานจะแล้วเสร็จภายใน 10 วันได้จากสมการที่ 6.9 จะได้

$$\begin{aligned} Z &= \frac{X - \mu}{\sigma} \\ &= \frac{10 - 16}{2.33} = -2.575 \end{aligned}$$

จากค่า Z เท่ากับ -2.575 และจากคุณสมบัติของการแจกแจงแบบปกติที่มีลักษณะสมมาตร ดังนั้นความน่าจะเป็นทั้งค่าบวกและลบจึงมีค่าเท่ากันดังภาพ 6.34 ดังนั้นโอกาสที่โครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานจะแล้วเสร็จภายใน 10 วันคือ $P(Z \leq 2.575)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4950 (ภาคผนวก ก)

และสามารถแสดงโอกาสที่โครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานจะแล้วเสร็จภายใน 10 วันได้ดังภาพต่อไปนี



ภาพที่ 6.36 การแจกแจงแบบปกติของระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการของตัวอย่างที่ 6.5
ที่มา: ปรับปรุงจาก Stevenson (2018 : 756)

จากภาพที่ 6.36 จึงสรุปได้ว่าโครงการปรับปรุงอาคารสำนักงานนี้จะแล้วเสร็จได้ภายใน 10 วันมีโอกาสเท่ากับ 0.4950 หรือร้อยละ 49.50

อย่างไรก็ตาม จากการคำนวณระยะเวลาด้วยเทคนิค PERT ถึงแม้ว่าจะแตกต่างจากเทคนิค CPM แต่วิธีการในวิเคราะห์โครงข่ายงานของเทคนิคทั้งสองยังเหมือนกัน ดังนั้นเมื่อได้ระยะเวลาจากการคำนวณด้วยเทคนิค PERT มาแล้ว จะสามารถวิเคราะห์โครงข่ายงานในขั้นตอนต่อไปด้วยวิธีการเดียวกัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

การเร่งโครงการ

จากการวิเคราะห์โครงข่ายงาน หรือโครงการด้วยเทคนิค PERT/CPM ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนและควบคุมโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ในการควบคุมโครงการ ผู้บริหารอาจเผชิญกับปัญหา หรือการตัดสินใจเกี่ยวกับการลดระยะเวลาในการดำเนินการลง เพื่อให้โครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้น อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงกำหนดระยะเวลาของลูกค้า ความผิดพลาดในการดำเนินกิจกรรม ความล่าช้าของวัตถุดิบ หรือการขาดแคลนแรงงาน เป็นต้น เป็นผลทำให้ผู้บริหารมีความจำเป็นจะต้องเร่งโครงการให้แล้วเสร็จเร็วขึ้นกว่ากำหนด ทั้งนี้ในการลดระยะเวลาในการดำเนินการนั้นอาจทำได้ด้วยการเพิ่มทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม เช่น การให้ทำงานล่วงเวลา การเพิ่มเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นในการตัดสินใจลดระยะเวลาในการดำเนินการลงด้วยการเร่งโครงการจึงต้องพิจารณาความคุ้มค่าระหว่างระยะเวลาที่ลดลงกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (Wisniewski & Shafti, 2020 : 474-478)

สำหรับการเร่งโครงการ (Project crashing) เป็นวิธีการที่ต้องการลดระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยวิกฤตหนึ่งกิจกรรม หรือมากกว่าหนึ่งกิจกรรมในโครงการลง เพื่อให้โครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้น โดยมีค่าใช้จ่ายในการเร่งโครงการที่ต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่ระยะเวลาในการดำเนินโครงการจะต้องลดลง และในการเร่งโครงการจะต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาดังนี้ (Anderson et al., 2013 : 605)

1. ระยะเวลาปกติในการดำเนินกิจกรรมย่อย (Normal time: T_n)
2. ระยะเวลาอย่างเร่งรัดในการดำเนินกิจกรรมย่อย (Crash time: T_c)
3. ค่าใช้จ่ายปกติในการดำเนินกิจกรรมย่อย (Normal cost: C_n)
4. ค่าใช้จ่ายเมื่อเร่งรัดในการดำเนินกิจกรรมย่อย (Crash cost: C_c)

จากระยะเวลาและค่าใช้จ่ายข้างต้น สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการเร่งกิจกรรมย่อยต่อหน่วยเวลาได้ดังนี้

$$K_i = \frac{C_c - C_n}{T_n - T_c} \quad \dots (6.10)$$

เมื่อ K_i หมายถึงค่าใช้จ่ายในการเร่งกิจกรรมย่อยต่อหน่วยเวลา และ i หมายถึงกิจกรรมย่อยใดๆ

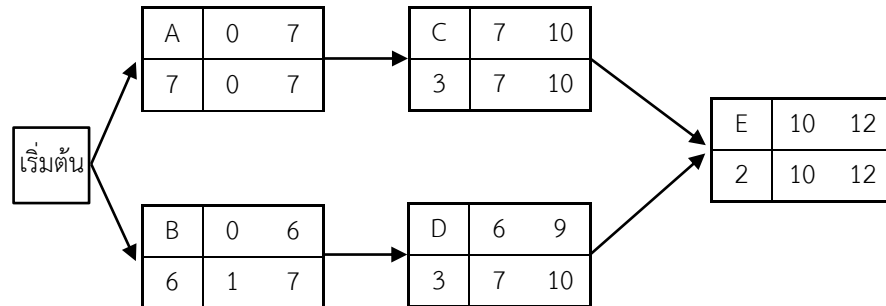
ตัวอย่างที่ 6.6 จงวิเคราะห์โครงข่ายงานและค่าใช้จ่ายของโครงการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ รวมไปถึงหากผู้บริหารโครงการฯ ต้องการให้โครงการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ดำเนินการแล้วเสร็จเร็วกว่ากำหนด 2 สัปดาห์ ผู้บริหารโครงการฯ ควรดำเนินการอย่างไร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.10 ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมย่อยในการติดตั้งเครื่องจักรใหม่

กิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยที่ต้องดำเนินการมาก่อน	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (สัปดาห์)		ค่าใช้จ่าย (บาท)	
		ปกติ	เร่ง	ปกติ	เร่ง
A	-	7	4	5,000	8,000
B	-	6	4	5,000	9,000
C	A	3	2	2,000	3,500
D	B	3	1	2,000	5,000
E	C, D	2	1	3,000	5,500

ที่มา: ปรับปรุงจาก Wisniewski and Shafti (2020 : 475)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถสร้างและวิเคราะห์โครงข่ายงานด้วยเทคนิค PERT/CPM ในกรณีที่ใช้ระยะเวลาปกติในการดำเนินกิจกรรมย่อยได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6.37 โครงข่ายงานบนจุดเลื่อนของตัวอย่างที่ 6.6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Wisniewski and Shafti (2020 : 477)

จากภาพที่ 6.37 สามารถสรุประยะเวลาที่เร็วที่สุดและช้าที่สุด รวมไปถึงระบุกิจกรรมย่อยวิกฤตของโครงการการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.11 กิจกรรมย่อยวิกฤตในการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ (สัปดาห์)

กิจกรรมย่อย	t	ES	EF	LS	LF	S	กิจกรรมย่อยวิกฤต
A	7	0	7	0	7	0	ใช่
B	6	0	6	1	7	1	ไม่ใช่
C	3	7	10	7	10	0	ใช่
D	3	6	9	7	10	1	ไม่ใช่
E	2	10	12	10	12	0	ใช่

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 605)

จากตารางที่ 6.11 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A, C และ E เป็นกิจกรรมย่อยที่มีระยะเวลาคงเหลือเป็นศูนย์ หรือเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต ดังนั้นเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยวิกฤตทั้ง 3 กิจกรรมนี้ (A – C – E) จึงเป็นเส้นทางวิกฤต โดยมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ (7 + 2 + 2) และมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 17,000 บาท (5,000 + 2,000 + 5,000 + 2,000 + 3,000)

สำหรับการเร่งโครงการจะต้องพิจารณาเฉพาะกิจกรรมย่อยวิกฤตเท่านั้น ดังนั้นจึงดำเนินการเร่งเฉพาะกิจกรรมย่อย A, C และ E ให้แล้วเสร็จเร็วขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

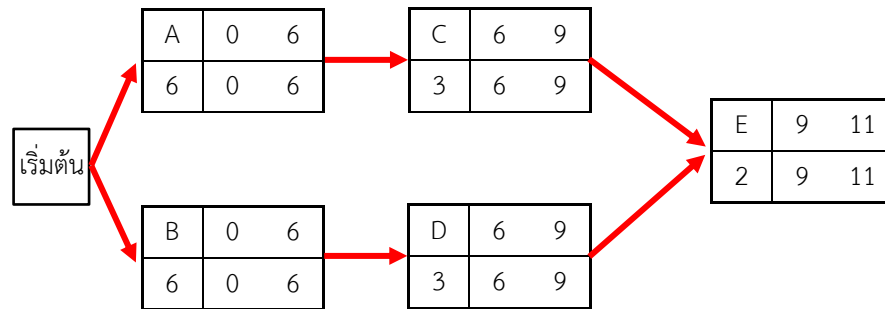
ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเร่งกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมต่อสัปดาห์ ซึ่งจากตารางที่ 6.10 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6.10 จะได้

ตารางที่ 6.12 ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเร่งกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมย่อย	ระยะเวลาที่ใช้ในกิจกรรม (สัปดาห์)		ค่าใช้จ่าย (บาท)		ระยะเวลาที่เร่งได้ (สัปดาห์)	ค่าใช้จ่ายในการเร่งต่อสัปดาห์ (บาท)
	ปกติ	เร่ง	ปกติ	เร่ง		
A	7	4	5,000	8,000	3	1,000
B	6	4	5,000	9,000	2	2,000
C	3	2	2,000	3,500	1	1,500
D	3	1	2,000	5,000	2	1,500
E	2	1	3,000	5,500	1	2,500

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 606)

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณากิจกรรมย่อยวิกฤตที่มีค่าใช้จ่ายในการเร่งต่อสัปดาห์ต่ำที่สุดเป็นอันดับแรก ซึ่งจากตารางที่ 6.12 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย A มีค่าใช้จ่ายในการเร่งต่อสัปดาห์เท่ากับสัปดาห์ละ 1,000 บาท โดยสามารถเร่งการดำเนินกิจกรรมย่อยได้สูงสุด 3 สัปดาห์ และจากความต้องการของผู้บริหารโครงการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ที่ต้องการให้โครงการดำเนินการแล้วเสร็จกว่ากำหนด 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ในการเร่งโครงการจะต้องพิจารณาให้ครอบคลุม ซึ่งการเร่งกิจกรรมย่อย A จำนวน 2 สัปดาห์นั้นจะส่งผลทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเพียง 1 สัปดาห์เท่านั้น ดังนั้นผู้บริหารควรเร่งกิจกรรมย่อย A จำนวน 1 สัปดาห์ โดยจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,000 บาท ซึ่งสามารถสร้างโครงข่ายงานและเส้นทางวิกฤตได้ภาพดังนี้

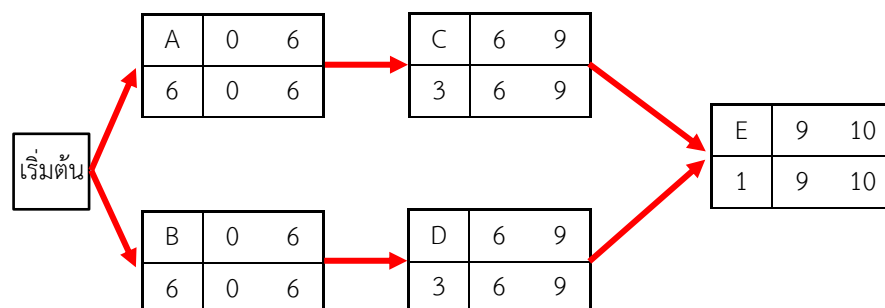


ภาพที่ 6.38 เส้นทางวิกฤตภายหลังจากการเร่งโครงการครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 6.6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 609)

จากภาพที่ 6.38 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 11 สัปดาห์ และกิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤตทั้งหมด โดยมีเส้นทางวิกฤต 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย A, C และ E (A – C – E) และเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย B, D และ E (B – D – E) ทั้งนี้ตามเป้าหมายของผู้บริหารโครงการที่กำหนด ซึ่งจะต้องลดระยะเวลาเสร็จของโครงการลงอีก 1 สัปดาห์ ดังนั้นจึงต้องเร่งกิจกรรมย่อยอีกครั้งหนึ่งโดยไม่พิจารณากิจกรรมย่อยเดิมที่เคยเร่งมาแล้ว

และจากตารางที่ 6.12 จะเห็นได้ว่ากิจกรรมย่อย C และ D มีค่าใช้จ่ายในการเร่งต่อสัปดาห์ต่ำที่สุดเท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าหากต้องการให้โครงการให้แล้วเสร็จเร็วขึ้นอีก 1 สัปดาห์จะต้องเร่งกิจกรรมย่อยทั้ง 2 พร้อมกันอย่างละ 1 สัปดาห์ และจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 3,000 บาท (1,500 + 1,500) ในขณะที่หากเร่งกิจกรรมย่อย E จำนวน 1 สัปดาห์จะสามารถลดระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการลงได้ 1 สัปดาห์เช่นเดียวกัน โดยจะเสียค่าใช้จ่ายเพียง 2,500 บาท ซึ่งต่ำกว่าการเร่งกิจกรรมย่อย C และ D พร้อมกัน ดังนั้นผู้บริหารควรเร่งกิจกรรมย่อย E จำนวน 1 สัปดาห์ ซึ่งสามารถสร้างโครงข่ายงานและเส้นทางวิกฤตได้ภาพดังนี้



ภาพที่ 6.39 เส้นทางวิกฤตภายหลังจากการเร่งโครงการครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 6.6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 609)

จากภาพที่ 6.39 และการเร่งโครงการทั้ง 2 ครั้งข้างต้น จึงสรุปได้ว่ากิจกรรมย่อยทุกกิจกรรมในโครงการติดตั้งเครื่องจักรใหม่เป็นกิจกรรมย่อยวิกฤตและมีเส้นทางวิกฤต 2 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย A, C และ E ($A - C - E$) และเส้นทางที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย B, D และ E ($B - D - E$) โดยมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ($6 + 3 + 1$) และมีค่าใช้จ่ายในการเร่งโครงการรวมทั้งสิ้น 3,500 บาท ($1,000 + 2,500$) ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมของทั้งโครงการจึงเท่ากับ 20,500 บาท ($17,000 + 3,500$)

บทสรุป

การวิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารโครงการให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจ โดยจะต้องควบคุมการดำเนินงานและการใช้ทรัพยากรต่างๆ ให้เหมาะสม ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมี 2 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (PERT) และเทคนิคระเบียบวิธีวิฤต (CPM) โดยเทคนิคทั้ง 2 เป็นตัวแบบเชิงปริมาณที่ใช้ในการบริหารจัดการโครงการที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของโครงการที่แน่นอน รวมไปถึงสามารถแยกกิจกรรมย่อยที่มีความสัมพันธ์กันในโครงการได้ อีกทั้งยังสามารถใช้วิเคราะห์ได้ตั้งแต่โครงการขนาดเล็กไปจนถึงโครงการขนาดใหญ่ที่มีกิจกรรมย่อยในโครงการจำนวนมากและมีความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน

สำหรับการใช้งานเทคนิค PERT และ CPM โดยทั่วไปจะมี 3 ขั้นตอน คือการศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ การสร้างโครงข่ายงานของโครงการ และการวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการ โดยเทคนิค PERT จะใช้กับโครงการที่มีระยะเวลาในการดำเนินการที่ไม่แน่นอน โดยจะใช้การประมาณค่าระยะเวลาในการดำเนินการแทนเป็นผลทำให้มีความแปรปรวนของระยะเวลาในการดำเนินการเกิดขึ้น ซึ่งจะต้องใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาโอกาสที่จะดำเนินโครงการให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ในขณะที่เทคนิค CPM จะใช้กับโครงการที่ผู้บริหารมีประสบการณ์ หรือเคยดำเนินโครงการประเภทนั้นมาก่อนแล้ว และมีความมั่นใจในการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการได้ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการทั้งในกรณีที่มีการดำเนินโครงการแบบปกติ และในกรณีที่มีการเร่งการดำเนินโครงการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเร่งโครงการให้แล้วเสร็จเร็วขึ้นได้

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6

1. บริษัทรีจิวเตอร์ จำกัด ต้องการสร้างโรงงานผลิตน้ำดื่มแห่งใหม่ เพื่อรองรับสัมปทานน้ำดิบจากรัฐบาล จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการนี้ว่าจะมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับเท่าใด และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรมย่อย	รายละเอียดของกิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยก่อนหน้า	ระยะเวลา (สัปดาห์)
A	คัดเลือกผู้รับเหมา	-	4
B	ก่อสร้างอาคารโรงงาน	A	12
C	ก่อสร้างคลังสินค้า	A	6
D	ติดตั้งเครื่องจักร	B	3
E	ติดตั้งระบบสาธารณูปโภค	B	4
F	วางระบบสำนักงาน	C, D, E	2

2. คณะกรรมการผังเมืองโคโนฮะได้ตัดสินใจสร้างสวนสาธารณะใจกลางเมือง เพื่อเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจให้กับประชาชนในเมือง จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการนี้ว่าจะมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับเท่าใด และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรมย่อย	รายละเอียดของกิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยก่อนหน้า	ระยะเวลา (สัปดาห์)
A	วางแผนเลือกพื้นที่	-	2
B	จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์	A	4
C	ดำเนินการขุด	A	6
D	จัดเตรียมวัสดุ	B	3
E	ก่อสร้างสวนสาธารณะ	C, D	10
F	ปลูกต้นไม้และวางอุปกรณ์ภายในสวนฯ	E	3
G	ปลูกต้นไม้บริเวณรอบนอกสวนฯ	E	2
H	ปรับภูมิทัศน์ของสวนสาธารณะ	F, G	3

3. บริษัทนางาโตะ จำกัด กำลังพัฒนาโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรระยะไกล จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการนี้ว่าจะมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับเท่าใด และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยก่อนหน้า	ระยะเวลา (วัน)
A	-	2
B	-	5
C	-	1
D	B	10
E	A, D	3
F	C	6
G	E, F	8

4. บริษัทผู้ผลิตเครื่องบินโดยสาร ได้อธิบายขั้นตอนการผลิตเครื่องบินโดยสารไว้ทั้งหมด 7 ขั้นตอน จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของการผลิตเครื่องบินโดยสารนี้ว่าเครื่องบินโดยสาร 1 เครื่อง จะใช้ระยะเวลากี่วันในการผลิต และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรมย่อย	กิจกรรมย่อยก่อนหน้า	ระยะเวลา (วัน)		
		a	m	b
A	-	1	2	3
B	-	2	3	4
C	A	4	5	6
D	B	8	9	10
E	C, D	2	5	8
F	B	4	5	6
G	E	1	2	3

5. เจ้าของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ต้องการพัฒนางานและระบบการรักษาพยาบาล โดยมีกิจกรรมย่อยทั้งหมด 7 กิจกรรม จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการนี้ว่าจะมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับเท่าใด และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต และจะมีโอกาสเท่าใดที่โครงการนี้จะแล้วเสร็จภายใน 21 สัปดาห์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรม ย่อย	กิจกรรมย่อย ก่อนหน้า	ระยะเวลา (สัปดาห์)		
		a	m	b
A	-	1	2	3
B	-	2	3	4
C	A	4	5	6
D	B	8	9	10
E	C, D	2	5	8
F	D	4	5	6
G	E	1	2	3

6. บริษัทแอปเปิ้ล จำกัด มีความจำเป็นต้องปรับปรุงสายการผลิต เพื่อรองรับการผลิตสินค้าชนิดใหม่ โดยมีกิจกรรมย่อยทั้งหมด 9 กิจกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรม ย่อย	กิจกรรมย่อย ก่อนหน้า	ระยะเวลา (วัน)		
		a	m	b
A	-	3	6	6
B	A	5	8	11
C	A	5	6	10
D	B, C	1	2	6
E	D	7	11	15
F	D	7	9	14
G	D	6	8	10
H	F, G	3	4	8
I	E, F, H	3	5	7

จากข้อมูลข้างต้น จงวิเคราะห์โครงข่ายงานของโครงการนี้ว่าจะมีระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับเท่าใด และกิจกรรมย่อยใดเป็นกิจกรรมย่อยวิกฤต รวมไปถึงเส้นทางวิกฤต ตลอดจนจะมีโอกาสเท่าใดที่โครงการนี้จะแล้วเสร็จภายใน 34 วัน และจะมีโอกาสเท่าใดที่โครงการนี้จะใช้ระยะเวลานานกว่า 29 วันจึงจะแล้วเสร็จ

7. โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งบ้าน กำลังจะผลิตสินค้าชนิดใหม่ให้ทันสมัยมากขึ้น จงวิเคราะห์โครงข่ายงานและค่าใช้จ่ายของโครงการนี้ ทั้งนี้เจ้าของโรงงานควรดำเนินการอย่างไร หากต้องการให้โครงการนี้แล้วเสร็จเร็วกว่ากำหนด 3 เดือน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรม ย่อย	กิจกรรมย่อย ก่อนหน้า	ระยะเวลา (เดือน)		ค่าใช้จ่าย (บาท)	
		ปกติ	เร่ง	ปกติ	เร่ง
A	-	6	4	2,000	2,400
B	-	7	5	3,000	3,500
C	A	7	6	1,000	1,300
D	B	6	4	2,000	2,600
E	D	9	8	8,800	9,000

8. จงวิเคราะห์โครงข่ายงานและค่าใช้จ่ายของโครงการบ้านจัดสรร ทั้งนี้ผู้บริหารโครงการบ้านจัดสรรควรดำเนินการอย่างไร หากต้องการให้โครงการบ้านจัดสรรแล้วเสร็จเร็วกว่ากำหนด 10 สัปดาห์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิจกรรม ย่อย	กิจกรรมย่อย ก่อนหน้า	ระยะเวลา (สัปดาห์)		ค่าใช้จ่าย (บาท)	
		ปกติ	เร่ง	ปกติ	เร่ง
A	-	3	2	1,000	1,600
B	-	2	1	2,000	2,700
C	-	1	1	400	400
D	A	7	3	1,300	1,600
E	B	6	3	850	1,000
F	C	2	1	4,000	5,000
G	D, E	4	2	1,500	2,000

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชุมพร ศุภพัฒน์ และสุวีณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ. (2558). การวางแผนกำลังการผลิต การวางแผนการดำเนินงาน การจัดลำดับงาน และการควบคุมการดำเนินงาน. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 13**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 13-1 – 13-79. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ณฐา คุปต์ชัยโย. (2563). **การวางแผนและควบคุมการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปกรณ์ ปรียากร. (2552). **การบริหารโครงการ: แนวคิดและแนวทางในการสร้างความสำเร็จ**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เสมาธรรม.
- ประภาศรี พงศ์นาพาณิช. (2559). การวิเคราะห์โครงข่ายงาน. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 15**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 15-1 – 15-57. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สัณชัย ลั้งแท้กุล. (2562). **การจัดการดำเนินงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2560). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Carter, M. W., Price, C. C., & Rabadi, G. (2019). **Operations research: A practical introduction**. 2nd ed. Florida: CRC Press.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 12th ed. Boston: Pearson Education.

- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 13th global ed. Harlow, United Kingdom: Pearson Education.
- Stevenson, W. J. (2018). **Operations management**. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.
- Taylor, B. W. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.
- Wisniewski, M., & Shafti, F. (2020). **Quantitative analysis for decision makers**. 7th ed. London: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7

ทฤษฎีเกม

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ความหมายและองค์ประกอบของเกม
2. รูปแบบของเกม
3. การแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์
4. หลักเกณฑ์และการตัดสินใจเกี่ยวกับทฤษฎีเกม
5. การใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขัน
6. การใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขัน
7. กลยุทธ์เด่น
8. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 7 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบ และรูปแบบของเกม รวมไปถึงเกมการแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์ หลักเกณฑ์และการตัดสินใจเกี่ยวกับทฤษฎีเกมทั้งเกณฑ์แมกซิมิน เกณฑ์มินิแมกซ์ และการคำนวณค่าของเกมและจุดผลเท่ากัน ตลอดจนกลยุทธ์ต่างๆ ที่ใช้ในการแข่งขันได้
2. สามารถวิเคราะห์ผลการแข่งขันและการตัดสินใจของผู้แข่งขันในกรณีที่ใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขันว่าฝ่ายใดได้และฝ่ายใดเสียเป็นจำนวนเท่าใด รวมไปถึงสัดส่วนการใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของผู้แข่งขันในกรณีที่ใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันว่าฝ่ายใดได้และฝ่ายใดเสียเป็นจำนวนเท่าใด ด้วยวิธีค่าคาดหวังและวิธีกราฟได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลการจากการแข่งขันและการตัดสินใจของผู้แข่งขันทั้งในกรณีที่ใช้กลยุทธ์แท้ กลยุทธ์ผสม และกลยุทธ์เด่นด้วยวิธีค่าคาดหวังและวิธีกราฟได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบ รูปแบบ หลักเกณฑ์ และการตัดสินใจเกี่ยวกับทฤษฎีเกมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาการแข่งขันเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 7
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 7

ทฤษฎีเกม

การแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันที่มีความรุนแรงมากขึ้น ภายใต้การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ซึ่งสร้างความท้าทายให้กับผู้บริหารที่ต้องตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจ ทั้งนี้ในการตัดสินใจจะมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานการณ์ทั้งในกรณีที่ไม่มีคู่แข่ง โดยมุ่งเน้นผลตอบแทนที่จะได้รับเป็นสำคัญ พร้อมทั้งวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้น ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 และในกรณีที่คู่แข่ง โดยผู้แข่งขันมีผลประโยชน์ที่ขัดแย้งกัน หรือไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นลักษณะของการตัดสินใจในอีกรูปแบบหนึ่งและในกรณีนี้ ผู้บริหารสามารถนำทฤษฎีเกม (Game theory) มาช่วยในการตัดสินใจได้ โดยการตัดสินใจของผู้บริหารจะขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของคู่แข่งคนอื่น ๆ ด้วย เช่น การเจรจาต่อรอง การประมูล การเลือกใช้กลยุทธ์และการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม เป็นต้น สำหรับการนำทฤษฎีเกมมาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจนั้น จะเป็นการศึกษากลยุทธ์ของคู่แข่งและวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการแข่งขันที่เหมาะสม เนื่องจากการตัดสินใจของฝ่ายหนึ่งจะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของอีกฝ่ายหนึ่ง และส่งผลกระทบซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้ในการแข่งขัน ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะเลือกกลยุทธ์ที่ดีที่สุดในการบรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดที่ตนมีอยู่มาแข่งขัน เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์สูงสุด และหากมีฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งได้รับผลประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งจะต้องเสียผลประโยชน์ ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารจะสามารถนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนกลยุทธ์ในการแข่งขัน และคาดการณ์ผลลัพธ์จากการแข่งขันได้ เพื่อสร้างรายได้เปรียบในการดำเนินธุรกิจ

ความหมายและองค์ประกอบของเกม

เกม (Game) หมายถึงสถานการณ์ในการแข่งขันที่มีผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป หรือเรียกได้ว่าเป็นผู้แข่งขันหรือผู้เล่น (Anderson et al., 2013 : 170) ซึ่งสอดคล้องกับ กัลยา วาณิชย์บัญชา (2553 : 230) ที่อธิบายว่าเกมเป็นการแข่งขันที่มีผู้แข่งขันตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป เช่นเดียวกันกับเอกรัตน์ เอกศาสตร์ (2558 : 331) ที่สรุปเพิ่มเติมว่าในการแข่งขันทางธุรกิจจะมีผลประโยชน์เดิมพัน ที่จะต้องมีทั้งฝ่ายที่ได้และฝ่ายที่เสียผลประโยชน์ ทั้งนี้ซันต์ ต้นดิวิสดากการ (2559 : 343) ได้อธิบายว่าผลประโยชน์ที่แต่ละฝ่ายจะได้รับนั้นเป็นมาจากการตัดสินใจในการเลือกกลยุทธ์ในการแข่งขันที่ส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน อีกทั้ง Sharma (2017 : 383) ยังระบุว่าในการแข่งขันหรือความขัดแย้งที่เกิดขึ้นนั้น ผู้บริหารจะต้องทำการตัดสินใจในเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันให้ครอบคลุมโดยอาศัยทฤษฎีเกมที่น่าตัวแทนทางคณิตศาสตร์มาอธิบายแนวคิดในการตัดสินใจได้ตอบ

กันระหว่างผู้เล่น ด้วยเหตุนี้จึงสรุปความหมายของเกมได้ว่าเป็นสถานการณ์ที่มีการแข่งขันตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป ซึ่งจะมีกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขันที่เป็นอิสระต่อกัน โดยผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะมีการคาดคะเนกลยุทธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุดในการแข่งขัน โดยมุ่งหวังให้ได้รับผลประโยชน์สูงสุด

สำหรับองค์ประกอบที่สำคัญของเกมมีดังนี้ (ชัคคตริย รัชเสวส์ดี, 2555 : 91)

1. ผู้แข่งขัน (Player) หรือผู้เล่น โดยในการแข่งขันในแต่ละเกมจะประกอบไปด้วยผู้แข่งขันตั้งแต่ 2 ฝ่ายขึ้นไป ทั้งนี้หากมีผู้แข่งขันเพียง 2 ฝ่ายในแต่ละเกม จะเรียกว่าเกมระหว่าง 2 ฝ่าย และหากเกมใดที่มีผู้แข่งขันมากกว่า 2 ฝ่ายขึ้นไปในแต่ละเกม จะเรียกว่าเกมระหว่างหลายฝ่าย

2. กลยุทธ์ (Strategy) โดยการแข่งขันในแต่ละเกม ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะมีกลยุทธ์หรือวิธีการต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการแข่งขันที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะคาดคะเนกลยุทธ์ของฝ่ายตรงข้าม เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุด และนำมาใช้ในการแข่งขัน เพื่อให้ฝ่ายตนเป็นฝ่ายชนะ หรือเป็นฝ่ายที่ได้รับผลประโยชน์

3. ผลลัพธ์จากการแข่งขัน (Payoff) หรือผลตอบแทน ในสถานการณ์ที่มีการแข่งขันจะอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของตารางผลตอบแทนมาใช้อธิบายผลได้ หรือผลเสียจากการเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันของผู้แข่งขันแต่ละฝ่าย

รูปแบบของเกม

การแข่งขันในแต่ละเกมนั้นรูปแบบของเกมจะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ซึ่งสามารถแบ่งการจำแนกได้ดังนี้ (กุลริศา คำสิงห์, 2559 : 422-424; ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2559 : 57)

1. จำแนกตามจำนวนผู้แข่งขัน

สำหรับการจำแนกตามจำนวนผู้แข่งขัน ซึ่งสามารถแบ่งเกมออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1.1 เกมที่มีผู้แข่งขัน 2 ฝ่าย (Two-person game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่มีผู้แข่งขันเพียง 2 ฝ่ายเท่านั้นที่เข้ามาทำการแข่งขันกัน

1.2 เกมที่มีผู้แข่งขันหลายฝ่าย (N-person game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่มีผู้แข่งขันมากกว่า 2 ฝ่ายขึ้นไปเข้ามาทำการแข่งขันกัน

2. จำแนกตามผลลัพธ์จากการแข่งขัน

สำหรับการจำแนกตามผลลัพธ์จากการแข่งขัน ซึ่งสามารถแบ่งเกมออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

2.1 เกมที่มีผลรวมจากการแข่งขันเป็นศูนย์ (Zero-sum game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่ฝ่ายชนะจะได้รับผลประโยชน์ หรือกำไรรวมกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับผลประโยชน์ของฝ่ายแพ้ที่ต้องสูญเสียไป หรือขาดทุนรวม ดังนั้นเมื่อนำผลประโยชน์ของแต่ละฝ่ายรวมกันแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจึงมีค่าเท่ากับศูนย์

2.2 เกมที่มีผลรวมจากการแข่งขันไม่เป็นศูนย์ (Non-zero sum game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่ฝ่ายชนะจะได้รับผลประโยชน์ หรือกำไรรวมกัน ซึ่งมีค่าไม่เท่ากับผลประโยชน์ของฝ่ายแพ้ที่ต้องสูญเสียไป หรือขาดทุนรวม ดังนั้นเมื่อนำผลประโยชน์ของแต่ละฝ่ายรวมกันแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจึงมีค่าไม่เท่ากับศูนย์

3. จำแนกตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขัน

สำหรับการจำแนกตามกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขัน ซึ่งสามารถแบ่งเกมออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

3.1 เกมที่มีกลยุทธ์แท้ (Pure strategy game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่ผู้แข่งขันจะเลือกใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งเพียงกลยุทธ์เดียวมาใช้ตลอดการแข่งขัน ไม่ว่าคู่แข่งขันจะเลือกใช้กลยุทธ์ใดมาแข่งขันก็ตาม หรือเป็นเกมที่มีจุดผลเท่ากัน หรือจุดอานม้า (Saddle point)

3.2 เกมที่ไม่มีกลยุทธ์แท้ หรือกลยุทธ์ผสม (Mixed strategy game) คือสถานการณ์ของการแข่งขันที่ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างกันมากกว่า 1 กลยุทธ์มาใช้ในการแข่งขัน ซึ่งเป็นเกมที่ไม่สามารถหาจุดผลเท่ากันได้

จากการจำแนกรูปแบบของเกมที่หลากหลายข้างต้น ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายต่างมุ่งเน้นให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์สูงสุด หรือเสียผลประโยชน์ต่ำสุด โดยในบทนี้จะอธิบายในส่วนของเกมที่มีผู้แข่งขัน 2 ฝ่าย ที่มีผลรวมจากการแข่งขันเป็นศูนย์ ซึ่งอาจใช้กลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสมในการแข่งขันเท่านั้น

การแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์

การแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์ (Two person zero-sum game) เป็นการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์การแข่งขันที่มีผู้แข่งขันเพียง 2 ฝ่าย เมื่อมีฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งได้ผลประโยชน์ อีกฝ่ายหนึ่งจะต้องเสียผลประโยชน์ ซึ่งผลประโยชน์ของฝ่ายที่ได้จะเท่ากับผลประโยชน์ที่ต้องสูญเสียไปของฝ่ายเสีย และเมื่อนำผลประโยชน์ของทั้ง 2 ฝ่ายมารวมกันจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ทั้งนี้ในการแสดงผลลัพธ์จากการแข่งขันจะอยู่ในรูปแบบของตารางเมทริกซ์ โดยมีลักษณะเป็นแถวแนวนอน (Row) และแถวแนวตั้ง (Column) ซึ่งกำหนดให้แถวแนวนอนแสดงถึงกลยุทธ์ของฝ่ายที่หนึ่ง ซึ่งจำนวนของแถวแนวนอน ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) จะขึ้นอยู่กับจำนวนกลยุทธ์ของฝ่ายที่หนึ่ง เช่น มี 5 ทางเลือก จะมี

แถวแนวนอนทั้งหมด 5 แถว เป็นต้น ส่วนแถวแนวดิ่งแสดงถึงกลยุทธ์ของฝ่ายที่สอง ซึ่งจำนวนของแถวแนวดิ่ง ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) จะขึ้นอยู่กับจำนวนกลยุทธ์ของฝ่ายที่สอง และผลลัพธ์จากการแข่งขันจะแสดงได้ด้วยค่า C_{ij} ซึ่งสามารถแสดงตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันในรูปแบบทั่วไปได้ดังตารางที่ 7.1 (Hillier & Lieberman, 2015 : 661-664; Sharma, 2017 : 384-385)

ตารางที่ 7.1 รูปแบบทั่วไปของตารางผลลัพธ์จากการแข่งขัน

กลยุทธ์ของ A	กลยุทธ์ของ B				
	1	2	3	...	n
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	...	C_{1n}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	...	C_{2n}
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	...	C_{3n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
m	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	...	C_{mn}

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 385)

จากตารางที่ 7.1 กำหนดให้เป็นตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันของ A ดังนั้น C_{11} จะหมายความว่า A จะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน และ B จะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน เช่นเดียวกัน ซึ่ง A จะเป็นฝ่ายได้ ส่วน B จะเป็นฝ่ายเสีย โดยจะมีค่าเท่ากับ $-C_{11}$ ในทางกลับกันหากตารางที่ 7.1 กำหนดให้เป็นตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันของ B ดังนั้น C_{11} เป็นผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ B จะเป็นฝ่ายได้ ส่วน A จะเป็นฝ่ายเสีย ด้วยเหตุนี้ในการสร้างตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันจะต้องกำหนดไว้เสมอว่าตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันนั้นเป็นของฝ่ายใด

ตัวอย่างที่ 7.1 ในตลาดของธุรกิจโทรคมนาคมที่มีผู้ให้บริการรายใหญ่ 2 รายคือ บริษัท A และบริษัท B โดยทำการวางแผนการโฆษณาเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาด และบริษัททั้ง 2 มีกลยุทธ์การโฆษณาอยู่ 2 กลยุทธ์คือ การโฆษณาทางออนไลน์และโทรทัศน์ ซึ่งผลลัพธ์จากการแข่งขันที่จะเกิดขึ้นจากการตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ของบริษัททั้ง 2 มีดังนี้

1. ถ้าบริษัท A เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางออนไลน์ และบริษัท B เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางออนไลน์เช่นเดียวกัน แล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจะทำให้บริษัท A ได้ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 7
2. ถ้าบริษัท A เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางออนไลน์ และบริษัท B เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางโทรทัศน์ แล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจะทำให้บริษัท A ได้ส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 10
3. ถ้าบริษัท A เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางโทรทัศน์ และบริษัท B เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางออนไลน์ แล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจะทำให้บริษัท A เสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัท B ร้อยละ 1
4. ถ้าบริษัท A เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางโทรทัศน์ และบริษัท B เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางโทรทัศน์เช่นเดียวกัน แล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันจะทำให้บริษัท A เสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัท B ร้อยละ 3

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A และบริษัท B ได้ดังตารางที่ 7.2 และ 7.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 7.2 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A (ร้อยละ)

บริษัท A	บริษัท B	
	ออนไลน์	โทรทัศน์
ออนไลน์	7	10
โทรทัศน์	-1	-3

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 662)

ตารางที่ 7.3 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท B (ร้อยละ)

บริษัท A	บริษัท B	
	ออนไลน์	โทรทัศน์
ออนไลน์	-7	-10
โทรทัศน์	1	3

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 662)

จากตารางที่ 7.2 ค่าที่เป็นบวกและลบจะแสดงถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท A เป็นฝ่ายได้และเป็นฝ่ายเสีย ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 7.3 ค่าที่เป็นบวกและลบจะแสดงถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท B เป็นฝ่ายได้และเป็นฝ่ายเสีย ตามลำดับ อีกทั้งการแสดงผลลัพธ์จากการแข่งขันยังสามารถแสดงร่วมกันในตารางเดียวกันได้ โดยจะแสดงในลักษณะของคู่อันดับ (X, Y) ซึ่ง X หมายถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A ส่วน Y หมายถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท B ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.4 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท A และ B (ร้อยละ)

บริษัท A	บริษัท B	
	ออนไลน์	โทรทัศน์
ออนไลน์	(7, -7)	(10, -10)
โทรทัศน์	(-1, 1)	(-3, 3)

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 662)

จากตารางที่ 7.4 ค่าที่เป็นบวกและลบ โดยอยู่ในตำแหน่งของคู่อันดับ X จะแสดงถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท A เป็นฝ่ายได้และเป็นฝ่ายเสีย ตามลำดับ ส่วนค่าที่เป็นบวกและลบ โดยอยู่ในตำแหน่งของคู่อันดับ Y จะแสดงถึงผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท B เป็นฝ่ายได้หรือเป็นฝ่ายเสีย ตามลำดับ

ทั้งนี้หากนำผลลัพธ์จากการแข่งขันของทั้งบริษัท A และบริษัท B ที่เลือกกลยุทธ์การโฆษณาทางออนไลน์ทั้งคู่มารวมกันจะได้ $7+(-7)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ จึงเรียกเกมการแข่งขันในลักษณะนี้ได้ว่าเป็นการแข่งขันระหว่าง 2 ฝ่ายที่มีผลรวมเป็นศูนย์

หลักเกณฑ์และการตัดสินใจเกี่ยวกับทฤษฎีเกม

การนำทฤษฎีเกมมาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจ จะเป็นการพิจารณาเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของธุรกิจ ซึ่งสามารถหาคำตอบของปัญหาในการแข่งขันได้ดังนี้ (รัชรินทร์ กุลชาติ, 2558 : 231-232)

1. ผู้แข่งขันฝ่ายที่หนึ่งจะเลือกใช้กลยุทธ์ใด และจะใช้ในอัตราส่วนเท่าใดที่จะทำให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
2. ผู้แข่งขันฝ่ายที่สองจะเลือกใช้กลยุทธ์ใด และจะใช้ในอัตราส่วนเท่าใดที่จะทำให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3. ค่าของเกมการแข่งขันเป็นเท่าใด ทั้งนี้ค่าของเกมจะเป็นผลได้หรือผลเสียโดยเฉลี่ยจากการแข่งขันหลายๆ ครั้งของผู้แข่งขันทั้ง 2 ฝ่าย

สำหรับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งของผู้แข่งขันแต่ละฝ่าย เพื่อนำมาใช้แข่งขันนั้น จะพิจารณาจากตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันโดยจะใช้เกณฑ์แมกซิมิน (Maximin criterion) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจสำหรับฝ่ายที่เป็นเจ้าของตารางผลลัพธ์จากการแข่งขัน และจะใช้เกณฑ์มินิแมกซ์ (Minimax criterion) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจสำหรับผู้แข่งขันอีกฝ่ายหนึ่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Carter, Price, & Rabadi, 2019 : 345-346)

1. การใช้เกณฑ์แมกซิมินในการตัดสินใจในการแข่งขัน

เกณฑ์แมกซิมินเป็นเกณฑ์ในการเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ต่ำที่สุด จากนั้นเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันที่มีค่าสูงที่สุดอีกครั้งหนึ่ง หรือเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจที่มุ่งเน้นในการหาค่าสูงสุดจากค่าต่ำสุด และการตัดสินใจในลักษณะนี้จะเป็นการแสวงหาผลประโยชน์ขั้นต่ำที่ควรจะได้รับของแต่ละทางเลือก หรือกล่าวได้ว่าผู้ตัดสินใจเป็นผู้มีความระมัดระวัง โดยเชื่อว่าเมื่อเลือกทางใดทางเลือกหนึ่งแล้วเหตุการณ์ที่เลวร้ายที่สุดอาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต (Anderson et al., 2019 : 216-218)

ตัวอย่างที่ 7.2 บริษัทผู้ให้บริการเครื่องบินโดยสารรายใหญ่ 2 รายคือ บริษัท AA และ บริษัท BB โดยกำลังตัดสินใจในการเลือกใช้กลยุทธ์เพื่อเป็นการเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดให้สูงขึ้น ซึ่งทั้ง 2 บริษัทมีกลยุทธ์ที่เหมือนกันจำนวน 3 กลยุทธ์คือ เพิ่มการโฆษณา ให้ส่วนลด และเปลี่ยนตัวฟรี ทั้งนี้บริษัททั้ง 2 มีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.5 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท AA (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB		
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี
เพิ่มการโฆษณา	4	3	2
ให้ส่วนลด	-1	3	1
เปลี่ยนตัวฟรี	5	-2	0

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 217)

จากตารางที่ 7.5 สามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมินได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมินของบริษัท AA (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB			Maximin
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี	
เพิ่มการโฆษณา	4	3	2	2*
ให้ส่วนลด	-1	3	1	-1
เปลี่ยนตัวฟรี	5	-2	0	0

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 218)

จากตารางที่ 7.6 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์แมกซิมินได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 4%, 3% และ 2% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัท AA จะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น 2%

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ให้ส่วนลดแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -1%, 3% และ 1% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัท AA จะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 1%

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เปลี่ยนตัวฟรีแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 5%, -2% และ 0% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัท AA จะไม่ได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัท AA ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 หรือเพิ่มการโฆษณา เนื่องจากได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 2%

จากตารางที่ 7.5 สามารถเปลี่ยนตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท AA ให้เป็นตารางผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท BB ได้ดังนี้

ตารางที่ 7.7 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัท BB (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB		
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี
เพิ่มการโฆษณา	-4	-3	-2
ให้ส่วนลด	1	-3	-1
เปลี่ยนตัวฟรี	-5	2	0

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 217)

จากตารางที่ 7.7 สามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมินได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์แมกซิมินของบริษัท BB (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB		
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี
เพิ่มการโฆษณา	-4	-3	-2
ให้ส่วนลด	1	-3	-1
เปลี่ยนตัวฟรี	-5	2	0
Maximin	-5	-3	-2*

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 218)

จากตารางที่ 7.8 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์แมกซิมินได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -4%, 1% และ -5% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัท BB จะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 5%

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ให้ส่วนลดแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -3%, -3% และ 2% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัท BB จะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 3%

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เปลี่ยนตัวฟรีแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -2%, -1% และ 0% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัท BB จะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 2%

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงสุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัท BB ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 หรือเปลี่ยนตัวฟรี เนื่องจากเสียส่วนแบ่งทางการตลาดต่ำที่สุดเท่ากับ 2% ไปให้กับบริษัท AA

2. การใช้เกณฑ์มินิแมกซ์ในการตัดสินใจในการแข่งขัน

เกณฑ์มินิแมกซ์เป็นเกณฑ์ในการเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันที่สูงที่สุด จากนั้นเลือกกลยุทธ์ที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันที่มีค่าต่ำที่สุดอีกครั้งหนึ่ง หรือเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจที่มุ่งเน้นในการหาค่าต่ำสุดจากค่าสูงสุด และการตัดสินใจในลักษณะนี้จะเป็นการพยายามลดผลเสียให้ต่ำที่สุดของแต่ละทางเลือก (Anderson et al., 2019 : 218-219)

จากตัวอย่างที่ 7.2 และตารางที่ 7.5 สามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ได้ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ของบริษัท AA (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB			Minimax
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี	
เพิ่มการโฆษณา	4	3	2	4
ให้ส่วนลด	-1	3	1	3*
เปลี่ยนตัวฟรี	5	-2	0	5

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 218)

จากตารางที่ 7.9 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์มินิแมกซ์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงสุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 4%, 3% และ 2% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัท AA จะสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 4%

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ให้ส่วนลดแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -1%, 3% และ 1% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัท AA จะสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 3%

ถ้าบริษัท AA เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เปลี่ยนตัวฟรีแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท AA จะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 5%, -2% และ 0% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท AA เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัท AA จะสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 5%

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัท AA ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 หรือให้ส่วนลด เนื่องจากจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาดต่ำที่สุดเท่ากับ 3% ไปให้กับบริษัท BB

จากตัวอย่างที่ 7.2 และตารางที่ 7.7 สามารถแสดงการตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 การตัดสินใจด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ของบริษัท BB (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB		
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี
เพิ่มการโฆษณา	-4	-3	-2
ให้ส่วนลด	1	-3	-1
เปลี่ยนตัวฟรี	-5	2	0
Minimax	1	2	0*

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 218)

จากตารางที่ 7.10 สามารถอธิบายวิธีการพิจารณาเกณฑ์มินิแมกซ์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงสุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -4%, 1% และ -5% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัท BB จะสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 1%

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ให้ส่วนลดแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะสูญเสีย

เสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -3%, -3% และ 2% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัท BB จะสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 2%

ถ้าบริษัท BB เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เปลี่ยนตัวฟรีแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัท BB จะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -2%, -1% และ 0% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัท BB เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัท BB จะไม่สูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาด

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัท BB ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 หรือเปลี่ยนตัวฟรี เนื่องจากจะไม่เสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัท AA เลย

3. ค่าของเกมและจุดผลเท่ากัน

ค่าของเกม (Value of the game) หมายถึงผลลัพธ์ หรือผลตอบแทนโดยเฉลี่ยต่อการแข่งขันหนึ่งครั้งและผู้แข่งขันฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งจะได้รับ ซึ่งค่าของเกมที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของผลได้หรือผลเสียจากการแข่งขันหลายๆ ครั้งต่อเนื่องกัน (Taha, 2017 : 585)

สำหรับจุดผลเท่ากัน (Saddle point) หมายถึงจุดที่ค่าของผลลัพธ์จากการแข่งขันที่คาดว่าจะได้รับจากการที่ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะใช้เลือกใช้กลยุทธ์เดิม โดยไม่เปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขัน อย่างไรก็ตาม ในการแข่งขันแต่ละเกมอาจมีหรือไม่มีจุดผลเท่ากันก็ได้ ทั้งนี้ในการแข่งขันใดที่ค่าแมกซิมีนของฝ่ายหนึ่งเท่ากับค่ามินิแมกซ์ของอีกฝ่ายหนึ่ง (Maximin = Minimax) ซึ่งค่าที่เท่ากันนี้จะหมายถึงจุดผลเท่ากันและมีค่าเท่ากับค่าของเกมด้วย ส่วนในการแข่งขันใดที่ค่าแมกซิมีนของฝ่ายหนึ่งไม่เท่ากับค่ามินิแมกซ์ของอีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นการแข่งขันที่ไม่มีจุดผลเท่ากัน (Taha, 2017 : 586-587)

จากตัวอย่างที่ 7.1 และตารางที่ 7.2 สามารถแสดงการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าของเกมได้ดังนี้

ตารางที่ 7.11 ค่าของเกมของบริษัท A ของตัวอย่างที่ 7.1 (ร้อยละ)

บริษัท A	บริษัท B		Maximin
	ออนไลน์	โทรทัศน์	
ออนไลน์	7**	10	7*
โทรทัศน์	-1	-3	-1
Minimax	7*	10	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 586)

จากตารางที่ 7.11 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมีนของบริษัท A มีค่าเท่ากับ 7 และค่ามินิแมกซ์ของบริษัท B มีค่าเท่ากับ 7 หรือเลือกกลยุทธ์โฆษณาทางออนไลน์ทั้งคู่ ดังนั้นเมื่อค่าแมกซิมีนเท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้มีจุดผลเท่ากันมีค่าเท่ากับ 7 และมีค่าของเกมเท่ากับ 7 โดยบริษัท A และบริษัท B จะเลือกใช้กลยุทธ์โฆษณาทางออนไลน์ทั้งคู่ และบริษัท A จะเป็นฝ่ายได้ส่วนแบ่งการตลาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 ส่วนบริษัท B เป็นฝ่ายเสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัท A ร้อยละ 7

จากตัวอย่างที่ 7.2 และตารางที่ 7.5 สามารถแสดงการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าของเกมได้ดังนี้

ตารางที่ 7.12 ค่าของเกมของบริษัท AA ของตัวอย่างที่ 7.2 (ร้อยละ)

บริษัท AA	บริษัท BB			Maximin
	เพิ่มการโฆษณา	ให้ส่วนลด	เปลี่ยนตัวฟรี	
เพิ่มการโฆษณา	4	3	2**	2*
ให้ส่วนลด	-1	3	1	-1
เปลี่ยนตัวฟรี	5	-2	0	0
Minimax	5	3	2*	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 586)

จากตารางที่ 7.12 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมีนของบริษัท AA มีค่าเท่ากับ 2 หรือเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เพิ่มการโฆษณา และค่ามินิแมกซ์ของบริษัท BB มีค่าเท่ากับ 2 หรือเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ เปลี่ยนตัวฟรี ดังนั้นเมื่อค่าแมกซิมีนเท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้มีจุดผลเท่ากันมีค่าเท่ากับ 2 และมีค่าของเกมเท่ากับ 2 โดยบริษัท AA จะเลือกใช้กลยุทธ์เพิ่มการโฆษณา ส่วนบริษัท BB จะเลือกใช้กลยุทธ์เปลี่ยนตัวฟรีในการแข่งขัน และบริษัท AA จะเป็นฝ่ายได้ส่วนแบ่งการตลาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ส่วนบริษัท BB เป็นฝ่ายเสียส่วนแบ่งทางการตลาดให้กับบริษัท AA ร้อยละ 2

การใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขัน

กลยุทธ์แท้ (Pure strategy) หมายถึงการที่ผู้แข่งขันทั้ง 2 ฝ่ายจะเลือกใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งเพียงกลยุทธ์เดียวมาใช้ตลอดการแข่งขัน ไม่ว่าคู่แข่งขันจะเลือกใช้กลยุทธ์ใดมาแข่งขันก็ตาม ทั้งนี้การใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขันนั้นส่วนใหญ่จะเป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันต่ำ หรือไม่คู่แข่ง ซึ่งเป็นการ

ดำเนินธุรกิจในตลาดที่มีลักษณะเป็นตลาดผูกขาด (Monopoly) ที่ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ในการแข่งขัน (พัชราภรณ์ แสงทามาศย์, 2556 : 391)

สำหรับการพิจารณาว่าในการแข่งขันนั้นๆ มีการใช้กลยุทธ์แท้หรือไม่ สามารถใช้เกณฑ์แมกซิมินและเกณฑ์มินิแมกซ์ในการตรวจสอบ ทั้งนี้หากการแข่งขันนั้นมีการใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขันแล้วค่าแมกซิมินของฝ่ายหนึ่งจะมีค่าเท่ากับค่ามินิแมกซ์ของอีกฝ่ายหนึ่ง หรือเป็นเกมที่มีจุดผลเท่ากัน ซึ่งจะสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ว่าผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะเลือกใช้กลยุทธ์ใด และจะใช้ในอัตราส่วนเท่าใดที่จะทำให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด รวมไปถึงค่าของเกมได้ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อค่าของเกมและจุดผลเท่ากัน (ชนินทร์ ชุนหพันธ์รักษ์, 2558 : 47-49)

ตัวอย่างที่ 7.3 ห้างสรรพสินค้า BC และ MK ตั้งอยู่ในเขตเมืองของกรุงเทพฯ จึงพยายามใช้กลยุทธ์ในการส่งเสริมการขาย เพื่อดึงดูดในลูกค้าเข้ามาซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้าของตนเอง ทั้งนี้ห้างฯ BC ได้รวบรวมข้อมูลกำไรที่จะได้รับของตนเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายของตนเองและคู่แข่ง จึงวิเคราะห์ว่าห้างสรรพสินค้าทั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.13 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของห้างสรรพสินค้า BC (ล้านบาท)

ห้างฯ BC	ห้างฯ MK			
	ลดราคา	แจกของแถม	ชิงรางวัล	สะสมแต้ม
ลดราคา	9	12	18	8
แจกของแถม	15	-4	1	9
ชิงรางวัล	11	12	13	10

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชนินทร์ ชุนหพันธ์รักษ์ (2558 : 48)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าของเกมได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาการตัดสินใจของห้างฯ BC ด้วยเกณฑ์แมกซิมิน ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าห้างฯ BC เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ลดราคาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ BC จะได้รับคือ กำไรเท่ากับ 9 ล้านบาท, 12 ล้านบาท, 18 ล้านบาท และ 8 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของห้างฯ BC เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ห้างฯ BC จะได้รับกำไรเท่ากับ 8 ล้านบาท

ถ้าห้างฯ BC เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ แจกของแถมแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ BC จะได้รับคือ กำไรเท่ากับ 15 ล้านบาท, -4 ล้านบาท, 1 ล้านบาท และ 9 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของห้างฯ BC เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ห้างฯ BC จะขาดทุนเท่ากับ 4 ล้านบาท

ถ้าห้างฯ BC เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ ชิงรางวัลแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ BC จะได้รับคือ กำไรเท่ากับ 11 ล้านบาท, 12 ล้านบาท, 13 ล้านบาท และ 10 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของห้างฯ BC เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ ห้างฯ BC จะได้รับกำไรเท่ากับ 10 ล้านบาท

2. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงสุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นห้างฯ BC ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 หรือชิงรางวัลในการส่งเสริมการขาย เนื่องจากจะได้รับกำไรสูงสุดเท่ากับ 10 ล้านบาท

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาการตัดสินใจของห้างฯ MK ด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงสุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าห้างฯ MK เลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ลดราคาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ MK จะสูญเสียคือ กำไรเท่ากับ 9 ล้านบาท, 15 ล้านบาท และ 11 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของห้างฯ MK เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ห้างฯ MK จะสูญเสียกำไรเท่ากับ 15 ล้านบาท

ถ้าห้างฯ MK เลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ แจกของแถมแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ MK จะสูญเสียคือ กำไรเท่ากับ 12 ล้านบาท, -4 ล้านบาท และ 12 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของห้างฯ MK เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ห้างฯ MK จะสูญเสียกำไรเท่ากับ 12 ล้านบาท

ถ้าห้างฯ MK เลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ ชิงรางวัลแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ MK จะสูญเสียคือ กำไรเท่ากับ 18 ล้านบาท, 1 ล้านบาท และ 13 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของห้างฯ MK เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ ห้างฯ MK จะสูญเสียกำไรเท่ากับ 18 ล้านบาท

ถ้าห้างฯ MK เลือกกลยุทธ์ที่ 4 คือ สะสมแต้มแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ห้างฯ MK จะสูญเสียคือ กำไรเท่ากับ 8 ล้านบาท, 9 ล้านบาท และ 10 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของห้างฯ MK เมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 4 คือ ห้างฯ MK จะสูญเสียกำไรเท่ากับ 10 ล้านบาท

2. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นห้างฯ MK ควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 4 หรือสะสมแต้มในการส่งเสริมการขาย เนื่องจากจะขาดทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 10 ล้านบาท

จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 สามารถสรุปเป็นตารางเพื่อหาค่าของเกมได้ดังนี้

ตารางที่ 7.14 ค่าของเกมของห้างสรรพสินค้า BC (ล้านบาท)

ห้างฯ BC	ห้างฯ MK				Maximin
	ลดราคา	แจกของแถม	ชิงรางวัล	สะสมแต้ม	
ลดราคา	9	12	18	8	8
แจกของแถม	15	-4	1	9	-4
ชิงรางวัล	11	12	13	10**	10*
Minimax	15	12	18	10*	

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชรินทร์ ชูนพพันธ์ (2558 : 48)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.14 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมินของห้างฯ BC มีค่าเท่ากับ 10 หรือเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ ชิงรางวัลมาใช้ในการส่งเสริมการขาย ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ดีที่สุดของห้างฯ BC และค่ามินิแมกซ์ของห้างฯ MK มีค่าเท่ากับ 10 หรือเลือกกลยุทธ์ที่ 4 คือ สะสมแต้มมาใช้ในการส่งเสริมการขาย ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ดีที่สุดของห้างฯ MK ดังนั้นเมื่อค่าแมกซิมินเท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้มีจุดผลเท่ากันมีค่าเท่ากับ 10 และมีค่าของเกมเท่ากับ 10 โดยห้างฯ BC จะเลือกใช้กลยุทธ์ชิงรางวัลเพียงกลยุทธ์เดียวในการแข่งขัน ส่วนห้างฯ MK จะใช้กลยุทธ์สะสมแต้มเพียงกลยุทธ์เดียวในการแข่งขัน และห้างฯ BC จะเป็นฝ่ายได้กำไรเท่ากับ 10 ล้านบาท ส่วนห้างฯ MK เป็นฝ่ายเสียโดยจะขาดทุนเท่ากับ 10 ล้านบาท

ตัวอย่างที่ 7.4 บริษัทสุราไทย และบริษัทสุรานอก เป็นผู้ผลิตสุรารายใหญ่ของประเทศ โดยกำลังตัดสินใจใช้กลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายเพื่อให้สุราของตนมียอดขายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ยอดขายของแต่ละบริษัทจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายของกันและกัน ซึ่งทั้ง 2 บริษัทมีกลยุทธ์ที่เหมือนกันจำนวน 3 กลยุทธ์คือ เพิ่มการโฆษณา ลดราคา และแจกของแถม จงวิเคราะห์ว่าบริษัททั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.15 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก		
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	แจกของแถม
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	8
ลดราคา	3	1	4
แจกของแถม	6	-2	-4

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชรินทร์ ชูนพพันธ์รักษ์ (2558 : 49)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าของเกมได้ดังนี้

(Hillier & Lieberman, 2015 : 664-668)

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาการตัดสินใจของบริษัทสุราไทยด้วยเกณฑ์แมกซิมิน ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้

ถ้าบริษัทสุราไทยเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุราไทยจะได้รับคือ ยอดขายเท่ากับ -4 ล้านบาท, 2 ล้านบาท และ 8 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัทสุราไทยเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัทสุราไทยจะมียอดขายเท่ากับ -4 ล้านบาท

ถ้าบริษัทสุราไทยเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ลดราคาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุราไทยจะได้รับคือ ยอดขายเท่ากับ 3 ล้านบาท, 1 ล้านบาท และ 4 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัทสุราไทยเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัทสุราไทยจะมียอดขายเท่ากับ 1 ล้านบาท

ถ้าบริษัทสุราไทยเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ แจกของแถมแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุราไทยจะได้รับคือ ยอดขายเท่ากับ 6 ล้านบาท, -2 ล้านบาท และ -4 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัทสุราไทยเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัทสุราไทยจะมียอดขายเท่ากับ -4 ล้านบาท

2. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัทสุราไทยควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 หรือลดราคาในการส่งเสริมการขาย เนื่องจากจะมียอดขายสูงที่สุดเท่ากับ 1 ล้านบาท

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาการตัดสินใจของบริษัทสุรานอกด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมดดังนี้
ถ้าบริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุรานอกจะสูญเสียคือ ยอดขายเท่ากับ -4 ล้านบาท, 3 ล้านบาท และ 6 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัทสุรานอกเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัทสุรานอกจะสูญเสียยอดขายเท่ากับ 6 ล้านบาท

ถ้าบริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ ลดราคาแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุรานอกจะสูญเสียคือ ยอดขายเท่ากับ 2 ล้านบาท, 1 ล้านบาท และ -2 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัทสุรานอกเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัทสุรานอกจะสูญเสียยอดขายเท่ากับ 2 ล้านบาท

ถ้าบริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ แจกของแถมแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทสุรานอกจะสูญเสียคือ ยอดขายเท่ากับ 8 ล้านบาท, 4 ล้านบาท และ -4 ล้านบาท ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัทสุรานอกเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ บริษัทสุรานอกจะสูญเสียยอดขายเท่ากับ 8 ล้านบาท

2. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัทสุรานอกควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 หรือลดราคาในการส่งเสริมการขาย เนื่องจากจะสูญเสียยอดขายต่ำที่สุดเท่ากับ 2 ล้านบาท
จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 สามารถสรุปเป็นตารางเพื่อหาค่าของเกมได้ดังนี้

ตารางที่ 7.16 ค่าของเกมของบริษัทสุราไทย (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก			Maximin
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	แจกของแถม	
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	8	-4
ลดราคา	3	1	4	1*
แจกของแถม	6	-2	-4	-4
Minimax	6	2*	8	

ที่มา: ปรับปรุงจาก (Hillier and Lieberman, 2015 : 667)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.16 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมินของบริษัทสุราไทยมีค่าเท่ากับ 1 และค่ามินิแมกซ์ของบริษัทสุรานอกมีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งค่าแมกซิมินไม่เท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้ไม่มีจุดผลเท่ากัน โดยทั้ง 2 บริษัทจะใช้กลยุทธ์ผสม กล่าวคือทั้ง 2

บริษัทจะใช้กลยุทธ์ทั้ง 3 กลยุทธ์ผสมกันไม่ได้ใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งในการแข่งขัน ด้วยเหตุนี้จึงต้องวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ อันจะนำไปสู่การหาค่าของเกมในลำดับต่อไป ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป

การใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขัน

กลยุทธ์ผสม (Mixed strategy) หมายถึงการที่ผู้แข่งขันทั้ง 2 ฝ่ายจะไม่เลือกใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งเพียงกลยุทธ์เดียวมาใช้ตลอดการแข่งขัน แต่จะเลือกใช้กลยุทธ์ที่หลากหลาย และในการตัดสินใจที่จะเลือกใช้กลยุทธ์ใดกลยุทธ์หนึ่งมาแข่งขันนั้น จะขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของคู่แข่ง รวมไปถึงความได้เปรียบหรือเสียเปรียบด้วย โดยมุ่งเน้นให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์สูงสุด หรือเสียผลประโยชน์ต่ำสุด ทั้งนี้การใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันนั้นส่วนใหญ่จะเป็นธุรกิจทั่วไปที่มีการแข่งขันสูง ซึ่งเป็นการดำเนินธุรกิจในตลาดที่มีลักษณะเป็นตลาดผู้ขายน้อยราย (Oligopoly) หรือตลาดกึ่งแข่งขันกึ่งผูกขาด (Monopolistic competition) ที่อาจจะต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการแข่งขันตลอดเวลา (Nicholson & Snyder, 2017 : 247)

สำหรับการพิจารณาว่าในการแข่งขันนั้นๆ มีการใช้กลยุทธ์ผสมหรือไม่ สามารถใช้เกณฑ์แมกซิมินและเกณฑ์มินิแมกซ์ในการตรวจสอบเช่นเดียวกันกับกรณีการใช้กลยุทธ์แท้ในการแข่งขัน ทั้งนี้หากการแข่งขันนั้นมีการใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันแล้วค่าแมกซิมินของฝ่ายหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากับค่ามินิแมกซ์ของอีกฝ่ายหนึ่ง หรือเป็นเกมที่ไม่มีจุดผลเท่ากัน ซึ่งในการหาคำตอบของปัญหาที่ว่าผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายจะเลือกใช้กลยุทธ์ใด และจะใช้ในอัตราส่วนเท่าใดที่จะทำให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด รวมไปถึงค่าของเกมที่ยังไม่สามารถดำเนินการได้ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตัวอย่างที่ 7.4 ด้วยเหตุนี้จึงต้องพิจารณาหาคำตอบเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขัน ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผลตอบแทนที่คาดหวังว่าจะได้รับของผู้แข่งขันฝ่ายหนึ่ง (Expected value: EV) จะมีค่าเท่ากับผลตอบแทนที่คาดหวังว่าจะสูญเสียของผู้แข่งขันอีกฝ่ายหนึ่ง (Expected loss: EL) โดยไม่คำนึงถึงการตัดสินใจในการเลือกใช้กลยุทธ์ของคู่แข่ง (ชินินทร์ ชุมพันธ์รักษ์, 2558 : 50)

ทั้งนี้วิธีการในการวิเคราะห์การตัดสินใจและค่าของเกมในกรณีที่มีการใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้ (ชินินทร์ ชุมพันธ์รักษ์, 2559 : 67)

1. ขนาดของเกมการแข่งขันที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ขนาด 2×2 จะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวังโดยอาศัยความน่าจะเป็นมาช่วยในการวิเคราะห์
2. ขนาดของเกมการแข่งขันที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ขนาด $2 \times n$ หรือ $m \times 2$ เมื่อ n และ m มีค่ามากกว่า 2 จะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟ ซึ่งจะใช้เกณฑ์แมกซิมินในการตัดสินใจในกรณีที่

ผู้แข่งขันมีกลยุทธ์ในการแข่งขันเพียง 2 กลยุทธ์และเป็นผู้แข่งขันฝ่ายที่หนึ่ง (แถวแนวนอน) ส่วนในกรณีที่ผู้แข่งขันมีกลยุทธ์ในการแข่งขันเพียง 2 กลยุทธ์และเป็นผู้แข่งขันฝ่ายที่สอง (แถวแนวตั้ง) จะใช้เกณฑ์มินิแมกซ์ในการตัดสินใจแทน

3. ขนาดของเกมการแข่งขันที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ขนาด $m \times n$ เมื่อ n และ m มีค่ามากกว่า 2 จะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟโดยอาศัยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming)

อย่างไรก็ตาม ขนาดของเกมการแข่งขันทั้งในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 อาจสามารถลดขนาดของเกมการแข่งขันได้ด้วยการพิจารณากลยุทธ์เด่น (Dominance strategy) ทั้งนี้หากลดขนาดของเกมการแข่งขันให้มีขนาด 2×2 จะสามารถวิเคราะห์ค่าของเกมได้ดังกรณีที่ 1 หรือหากลดขนาดของเกมการแข่งขันให้มีขนาด $2 \times n$ หรือ $m \times 2$ จะสามารถวิเคราะห์ค่าของเกมได้ดังกรณีที่ 2 ซึ่งในบทนี้จะอธิบายการวิเคราะห์ค่าของเกมสำหรับการใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันด้วยค่าคาดหวัง และด้วยกราฟ สำหรับการพิจารณากลยุทธ์เด่นจะอธิบายรายละเอียดต่อไปในหัวข้อกลยุทธ์เด่น

1. การวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวัง

การวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวัง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าของเกมสำหรับการใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันในกรณีที่เกมการแข่งขันมีผู้แข่งขัน 2 ฝ่าย โดยแต่ละฝ่ายจะมีกลยุทธ์ในการแข่งขันเพียง 2 กลยุทธ์เท่านั้น หรือเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด 2×2 (Anderson et al., 2013 : 174)

ตัวอย่างที่ 7.5 บริษัทโคคา และบริษัทโคล่า เป็นผู้ผลิตน้ำอัดลมรายใหญ่ โดยกำลังตัดสินใจใช้กลยุทธ์ในการโฆษณาเพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดที่มีการแข่งขันอย่างเข้มข้น ซึ่งทั้ง 2 บริษัทมีกลยุทธ์คือ ชิงรางวัล และแจกของแถม จงวิเคราะห์ว่าบริษัททั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.17 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทโคคา (ร้อยละ)

บริษัทโคคา	บริษัทโคล่า	
	ชิงรางวัล	แจกของแถม
ชิงรางวัล	5	-10
แจกของแถม	-7	6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 174)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงการตัดสินใจและวิเคราะห์หาค่าของเกมได้
ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาการตัดสินใจของบริษัทโคคาด้วยเกณฑ์แมกซิมิน ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมด

ดังนี้

ถ้าบริษัทโคคาเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ชิงรางวัลแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทโคคาจะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 5% และ -10% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัทโคคาเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัทโคคาจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 10%

ถ้าบริษัทโคคาเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ แจกของแถมแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทโคคาจะได้รับคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -7% และ 6% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำสุดของบริษัทโคคาเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัทโคคาจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 7%

2. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันต่ำที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัทโคคาควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 หรือแจกของแถม เนื่องจากจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัทโคล่าต่ำที่สุดเท่ากับ 7%

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาการตัดสินใจของบริษัทโคล่าด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการพิจารณาได้ดังนี้

1. หาค่าสูงสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับสูงที่สุด จากกลยุทธ์ทั้งหมด

ดังนี้

ถ้าบริษัทโคล่าเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ ชิงรางวัลแล้วผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทโคล่าจะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด 5% และ -7% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัทโคล่าเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ บริษัทโคล่าจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 5%

ถ้าบริษัทโคล่าเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ แจกของแถมผลลัพธ์จากการแข่งขันที่บริษัทโคล่าจะสูญเสียคือ ส่วนแบ่งทางการตลาด -10% และ 6% ตามลำดับ ดังนั้นผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงสุดของบริษัทโคล่าเมื่อเลือกกลยุทธ์ที่ 2 คือ บริษัทโคล่าจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาด 6%

2. หาค่าต่ำสุดโดยพิจารณาผลลัพธ์จากการแข่งขันที่ได้รับต่ำที่สุด จากกลยุทธ์ที่เลือกที่ให้ผลลัพธ์จากการแข่งขันสูงที่สุดแต่ละกลยุทธ์ ดังนั้นบริษัทโคล่าควรตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 หรือชิงรางวัล เนื่องจากจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัทโคคาต่ำที่สุดเท่ากับ 5%

จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 สามารถสรุปเป็นตารางเพื่อหาค่าของเกมได้ดังนี้

ตารางที่ 7.18 ค่าของเกมของบริษัทบริษัทโคคา (ร้อยละ)

บริษัทโคคา	บริษัทโคล่า		Maximin
	ชิงรางวัล	แจกของแถม	
ชิงรางวัล	5	-10	-10
แจกของแถม	-7	6	-7*
Minimax	5*	6	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2013 : 174)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.18 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมีนของบริษัทโคคามีค่าเท่ากับ -7 และค่ามินิแมกซ์ของบริษัทโคล่ามีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งค่าแมกซิมีนไม่เท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้ไม่มีจุดผลเท่ากัน โดยทั้ง 2 บริษัทจะใช้กลยุทธ์ผสม และเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด 2×2 ดังนั้นจะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวังได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทโคคา โดยกำหนดให้

p คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคคา หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทโคคาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1-p$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคคา หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทโคคาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

ถ้าบริษัทโคล่าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว ส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $5p + (-7)(1-p)$ และถ้าบริษัทโคล่าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว ส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $(-10)p + 6(1-p)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า p จะได้

$$5p + (-7)(1-p) = (-10)p + 6(1-p)$$

$$12p - 7 = -16p + 6$$

$$28p = 13$$

$$p = \frac{13}{28}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad 1-p = 1 - \frac{13}{28} = \frac{15}{28}$$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทโคคา จึงสรุปได้ว่าบริษัทโคคาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{13}{28}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในอัตราส่วน

$\frac{15}{28}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 28 ครั้ง บริษัทโคคาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 13 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 15 ครั้ง

2. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทโคลา โดยกำหนดให้

q คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคลา หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทโคลาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1-q$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคลา หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทโคลาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

ถ้าบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว ส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคลาคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $5q + (-10)(1-q)$ และถ้าบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว ส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคลาคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $(-7)q + 6(1-q)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า q จะได้

$$5q + (-10)(1-q) = (-7)q + 6(1-q)$$

$$15q - 10 = -13q + 6$$

$$28q = 16$$

$$q = \frac{16}{28}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad 1-q = 1 - \frac{16}{28} = \frac{12}{28}$$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทโคลา จึงสรุปได้ว่าบริษัทโคลาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{16}{28}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในอัตราส่วน

$\frac{12}{28}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 28 ครั้ง บริษัทโคลาจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 16 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 12 ครั้ง

3. วิเคราะห์ค่าของเกม ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์สุดท้ายภายหลังจากเสร็จสิ้นการแข่งขัน โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาดว่าจะได้รับ (EV) หรือส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคลาคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ดังนี้

3.1 จากส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาดว่าจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทโคลาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันคือ $5p + (-7)(1-p)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคคาคือ $p = \frac{13}{28}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคคาคือ $1-p = \frac{15}{28}$ เมื่อแทนค่า

p และ $1-p$ จะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาคาจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทโคล่าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมนี้นี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= 5p + (-7)(1-p) \\ &= 5\left(\frac{13}{28}\right) + (-7)\left(\frac{15}{28}\right) \\ &= \frac{65}{28} - \frac{105}{28} = -\frac{40}{28} = -1.4286\end{aligned}$$

3.2 จากส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาคาจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทโคล่าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันคือ $(-10)p + 6(1-p)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคคาคือ $p = \frac{13}{28}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคคาคือ $1-p = \frac{15}{28}$ เมื่อแทนค่า p และ $1-p$ จะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาคาจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทโคล่าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมนี้นี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= (-10)p + 6(1-p) \\ &= (-10)\left(\frac{13}{28}\right) + 6\left(\frac{15}{28}\right) \\ &= -\frac{130}{28} + \frac{90}{28} = -\frac{40}{28} = -1.4286\end{aligned}$$

3.3 จากส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคล่าคาคาจะสูญเสีย (EL) เมื่อบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันคือ $5q + (-10)(1-q)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคล่าคือ $q = \frac{16}{28}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคล่าคือ $1-q = \frac{12}{28}$ เมื่อแทนค่า q และ $1-q$ จะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคล่าคาคาจะสูญเสีย (EL) เมื่อบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมนี้นี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= 5q + (-10)(1-q) \\ &= 5\left(\frac{16}{28}\right) + (-10)\left(\frac{12}{28}\right) \\ &= \frac{80}{28} - \frac{120}{28} = -\frac{40}{28} = -1.4286\end{aligned}$$

3.4 จากส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคล่าคาคาจะสูญเสีย (EL) เมื่อบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันคือ $(-7)q + 6(1-q)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทโคล่าคือ $q = \frac{16}{28}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทโคล่าคือ $1-q = \frac{12}{28}$ เมื่อแทนค่า q และ $1-q$ จะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคล่าคาคาจะสูญเสีย (EL) เมื่อบริษัทโคคาเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมนี้นี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าของเกม} &= -7q + 6(1-q) \\
 &= -7\left(\frac{16}{28}\right) + 6\left(\frac{12}{28}\right) \\
 &= -\frac{112}{28} + \frac{72}{28} = -\frac{40}{28} = -1.4286
 \end{aligned}$$

จากทั้ง 4 กรณี ซึ่งค่าของเกมเท่ากับ -1.4286 หมายความว่าจากการแข่งขันหลายๆ ครั้ง โดยเฉลี่ยแล้วบริษัทโคคาจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 1.4286 ในขณะที่บริษัทโคล่าจะได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 1.4286 และจากค่าของเกมมีค่าเป็นลบ ดังนั้นส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคคาคาดว่าจะได้รับ (EV) ที่มีค่าเป็นลบจึงหมายถึงผลเสียของบริษัทโคคา สำหรับส่วนแบ่งทางการตลาดที่บริษัทโคล่าคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ที่มีค่าเป็นลบจึงหมายถึงผลได้ของบริษัทโคล่า ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าบริษัทโคคาจะเสียส่วนแบ่งทางการตลาดไปให้กับบริษัทโคล่าร้อยละ 1.4286

2. การวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟ

การวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่ากราฟ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ค่าของเกมสำหรับการใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขันในกรณีที่เกมการแข่งขันมีผู้แข่งขัน 2 ฝ่าย โดยที่ฝ่ายหนึ่งจะมีกลยุทธ์ในการแข่งขันเพียง 2 กลยุทธ์เท่านั้น ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งจะมีกลยุทธ์ในการแข่งขันมากกว่า 2 กลยุทธ์ หรือเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด $2 \times n$ หรือ $m \times 2$ (Sharma, 2017 : 403)

ตัวอย่างที่ 7.6 ร้านขาว และร้านดำ เป็นผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยกำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อต้องการกำไรเพิ่มขึ้น ซึ่งร้านขาวมีกลยุทธ์ในการผลิตเสื้อผ้าอยู่ 2 กลยุทธ์คือ ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปแบบสี และแบบขาวดำ ในขณะที่ร้านดำมีกลยุทธ์ในการผลิตเสื้อผ้าอยู่ 3 กลยุทธ์คือ ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปแบบสี แบบขาวดำ และแบบผสม จงวิเคราะห์ว่าร้านทั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.19 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของร้านขาว (ล้านบาท)

ร้านขาว	ร้านดำ		
	แบบสี	แบบขาวดำ	แบบผสม
แบบสี	20	30	60
แบบขาวดำ	40	45	30

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 403)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถวิเคราะห์การตัดสินใจและค่าของเกมได้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.5 สำหรับตัวอย่างที่ 7.6 จะอธิบายขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการพิจารณาการตัดสินใจของร้านขาวด้วยเกณฑ์แมกซิมิน และขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นพิจารณาการตัดสินใจของร้านดำด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 7.20 เพื่อใช้ในการหาค่าของเกมในขั้นตอนที่ 3 ต่อไปได้นี้

ตารางที่ 7.20 ค่าของเกมของร้านขาว (ล้านบาท)

ร้านขาว	ร้านดำ			Maximin
	แบบสี	แบบขาวดำ	แบบผสม	
แบบสี	20	30	60	20
แบบขาวดำ	40	45	30	30*
Minimax	40*	45	60	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 403)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.20 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมินของร้านขาวมีค่าเท่ากับ 30 และค่ามินิแมกซ์ของร้านดำมีค่าเท่ากับ 40 ซึ่งค่าแมกซิมินไม่เท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้ไม่มีจุดผลเท่ากัน โดยทั้ง 2 ร้านจะใช้กลยุทธ์ผสม และเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด 2×3 ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์แมกซิมินในการตัดสินใจ ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านขาว โดยกำหนดให้

p คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของร้านขาว หรือความน่าจะเป็นที่ร้านขาวจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1 - p$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของร้านขาว หรือความน่าจะเป็นที่ร้านขาว จะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

ถ้าร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV_1)

คือ

$$EV_1 = 20p + 40(1 - p) = -20p + 40 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 1}$$

ถ้าร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV_2)

คือ

$$EV_2 = 30p + 45(1 - p) = -15p + 45 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 2}$$

ถ้าร้านค้าเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านคาดว่าจะได้รับ (EV_3) คือ

$$EV_3 = 60p + 30(1-p) = 30p + 30 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 3}$$

2. วิเคราะห์หาจุดตัดแกนเพื่อสร้างเป็นกราฟในกรณีที่ร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 อย่างเดียว โดยไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 1 เลยหรือ p มีค่าเท่ากับ 0 และกรณีที่ร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 อย่างเดียว โดยไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 2 เลยหรือ p มีค่าเท่ากับ 1 ได้ดังนี้

จากกราฟเส้นที่ 1 เมื่อ p เท่ากับ 0 จะได้ $EV_1 = -20p + 40 = -20(0) + 40 = 40$

เมื่อ p เท่ากับ 1 จะได้ $EV_1 = -20p + 40 = -20(1) + 40 = 20$

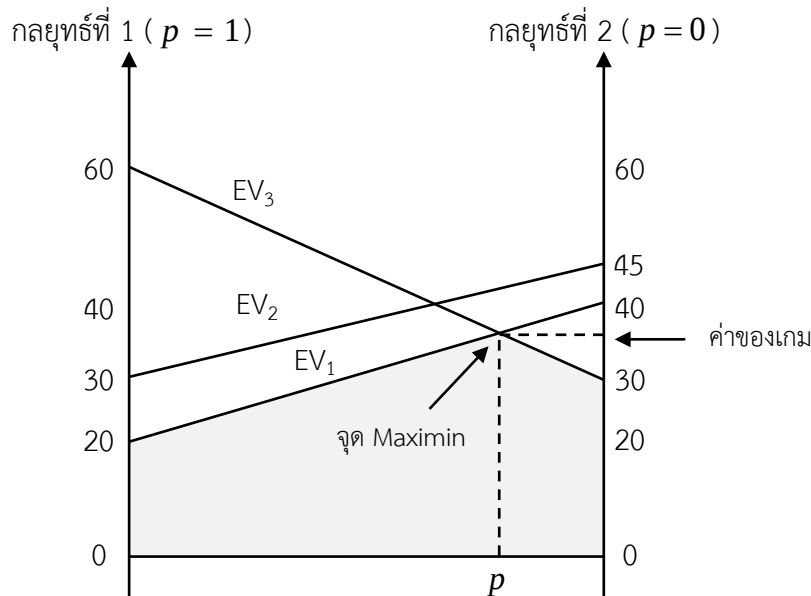
จากกราฟเส้นที่ 2 เมื่อ p เท่ากับ 0 จะได้ $EV_2 = -15p + 45 = -15(0) + 45 = 45$

เมื่อ p เท่ากับ 1 จะได้ $EV_2 = -15p + 45 = -15(1) + 45 = 30$

จากกราฟเส้นที่ 3 เมื่อ p เท่ากับ 0 จะได้ $EV_3 = 30p + 30 = 30(0) + 30 = 30$

เมื่อ p เท่ากับ 1 จะได้ $EV_3 = 30p + 30 = 30(1) + 30 = 60$

จากจุดตัดแกนสามารถสร้างกราฟกำไรที่ร้านคาดว่าจะได้รับ โดยกำหนดให้แกนนอนแสดงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 และ 2 ของร้านขาย ส่วนแกนตั้งกำไรที่ร้านคาดว่าจะได้รับ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง โดยฝั่งซ้ายจะเป็นกรณีที่ร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 อย่างเดียวหรือ p มีค่าเป็น 1 ส่วนฝั่งขวาจะเป็นกรณีที่ร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 อย่างเดียวหรือ p มีค่าเป็น 0 ดังนี้



ภาพที่ 7.1 วิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟของตัวอย่างที่ 7.6

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 404)

จากภาพที่ 7.1 จะเห็นว่าจุด Maximin นั้นเป็นจุดตัดระหว่าง EV_1 (ร้านค้าใช้กลยุทธ์ที่ 1) และ EV_3 (ร้านค้าใช้กลยุทธ์ที่ 3) หรือเป็นจุดที่ให้กำไรที่ร้านขายคาดว่าจะได้รับที่สูงที่สุด โดยพื้นที่แรงงาเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ที่จะเป็นไปได้ ซึ่งสรุปได้ว่าร้านค้าจะไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 2 ดังนั้นเมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า p จะได้

$$-20p + 40 = 30p + 30$$

$$50p = 10$$

$$p = \frac{1}{5}$$

ดังนั้น $1 - p = 1 - \frac{1}{5} = \frac{4}{5}$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านขาย จึงสรุปได้ว่าร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{1}{5}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในอัตราส่วน $\frac{4}{5}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 5 ครั้ง ร้านขายจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 1 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 4 ครั้ง

3. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านค้า โดยกำหนดให้

q คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของร้านค้า หรือความน่าจะเป็นที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1 - q$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 3 ของร้านค้า หรือความน่าจะเป็นที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 มาแข่งขัน

ถ้าร้านขายเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $20q + 60(1 - q)$ และถ้าร้านขายเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $40q + 30(1 - q)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า q จะได้

$$20q + 60(1 - q) = 40q + 30(1 - q)$$

$$-40q + 60 = 10q + 30$$

$$50q = 30$$

$$q = \frac{3}{5}$$

ดังนั้น $1 - q = 1 - \frac{3}{5} = \frac{2}{5}$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านค้า จึงสรุปได้ว่าร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{3}{5}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 ในอัตราส่วน $\frac{2}{5}$ หรือถ้า

มีการแข่งขันทั้งหมด 5 ครั้ง ร้านดำจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 3 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 จำนวน 2 ครั้ง

4. วิเคราะห์ค่าของเกม ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์สุดท้ายภายหลังจากเสร็จสิ้นการแข่งขัน โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากกำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) หรือกำไรที่ร้านดำคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ทั้งนี้จะยกตัวอย่างเพียงกรณีเดียว เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเท่ากันดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.5 สำหรับตัวอย่างที่ 7.6 สามารถวิเคราะห์ค่าของเกมได้ดังนี้

จากกำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) เมื่อร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน คือ $20p + 40(1-p)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของร้านขาวคือ $p = \frac{1}{5}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของร้านขาวคือ $1-p = \frac{4}{5}$ เมื่อแทนค่า p และ $1-p$ จะได้รับกำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) เมื่อร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= 20p + 40(1-p) \\ &= 20\left(\frac{1}{5}\right) + 40\left(\frac{4}{5}\right) \\ &= \frac{20}{5} + \frac{160}{5} = \frac{180}{5} = 36\end{aligned}$$

จากค่าของเกมเท่ากับ 36 หมายความว่าจากการแข่งขันหลายๆ ครั้ง โดยเฉลี่ยแล้วร้านขาวจะได้รับกำไรเท่ากับ 36 ล้านบาท ในขณะที่ร้านดำจะเสียกำไรเท่ากับ 36 ล้านบาท และจากค่าของเกมมีค่าเป็นบวก ดังนั้นกำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลได้ของร้านขาว ส่วนกำไรที่ร้านดำคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลเสียของร้านดำด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าร้านขาวจะได้รับกำไรจากร้านดำเท่ากับ 36 ล้านบาท

ตัวอย่างที่ 7.7 จากตัวอย่างที่ 7.6 กำหนดให้ร้านขาวมีกลยุทธ์ในการผลิตเสื้อผ้าอยู่ 3 กลยุทธ์คือ ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปแบบสี แบบขาวดำ และแบบผสม ในขณะที่ร้านดำมีกลยุทธ์ในการผลิตเสื้อผ้าอยู่ 2 กลยุทธ์คือ ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปแบบสี และแบบขาวดำ จงวิเคราะห์ว่าร้านทั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.21 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของร้านขาวในตัวอย่างที่ 7.7 (ล้านบาท)

ร้านขาว	ร้านดำ	
	แบบสี	แบบขาวดำ
แบบสี	20	40
แบบขาวดำ	30	45
แบบผสม	60	30

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 406)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถวิเคราะห์การตัดสินใจและค่าของเกมได้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.5 สำหรับตัวอย่างที่ 7.7 จะอธิบายขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการพิจารณาการตัดสินใจของร้านขาวด้วยเกณฑ์แมกซิมิน และขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นพิจารณาการตัดสินใจของร้านดำด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 7.22 เพื่อใช้ในการหาค่าของเกมในขั้นตอนที่ 3 ต่อไปได้นี้

ตารางที่ 7.22 ค่าของเกมของร้านขาวของตัวอย่างที่ 7.7 (ล้านบาท)

ร้านขาว	ร้านดำ		Maximin
	แบบสี	แบบขาวดำ	
แบบสี	20	40	20
แบบขาวดำ	30	45	30*
แบบผสม	60	30	30*
Minimax	60	45*	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 406)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.22 จะเห็นได้ว่าค่าแมกซิมินของร้านขาวมีค่าเท่ากับ 30 และค่ามินิแมกซ์ของร้านดำมีค่าเท่ากับ 45 ซึ่งค่าแมกซิมินไม่เท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้ไม่มีจุดผลเท่ากัน โดยทั้ง 2 ร้านจะใช้กลยุทธ์ผสม และเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด 3×2 ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์มินิแมกซ์ในการตัดสินใจ ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านค้า โดยกำหนดให้
- q คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของร้านค้า หรือความน่าจะเป็นที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน
- $1-q$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของร้านค้า หรือความน่าจะเป็นที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน
- ถ้าร้านขาวเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย

(EL_1) คือ

$$EL_1 = 20q + 40(1-q) = -20q + 40 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 1}$$

ถ้าร้านขาวเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย

(EL_2) คือ

$$EL_2 = 30q + 45(1-q) = -15q + 45 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 2}$$

ถ้าร้านขาวเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย

(EL_3) คือ

$$EL_3 = 60q + 30(1-q) = 30q + 30 \quad \text{หรือกราฟเส้นที่ 3}$$

2. วิเคราะห์หาจุดตัดแกนเพื่อสร้างเป็นกราฟในกรณีที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 อย่างเดียว โดยไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 1 เลย หรือ q มีค่าเท่ากับ 0 และกรณีที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 อย่างเดียว โดยไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 2 เลย หรือ q มีค่าเท่ากับ 1 ได้ดังนี้

จากกราฟเส้นที่ 1 เมื่อ q เท่ากับ 0 จะได้ $EL_1 = -20q + 40 = -20(0) + 40 = 40$

เมื่อ q เท่ากับ 1 จะได้ $EL_1 = -20q + 40 = -20(1) + 40 = 20$

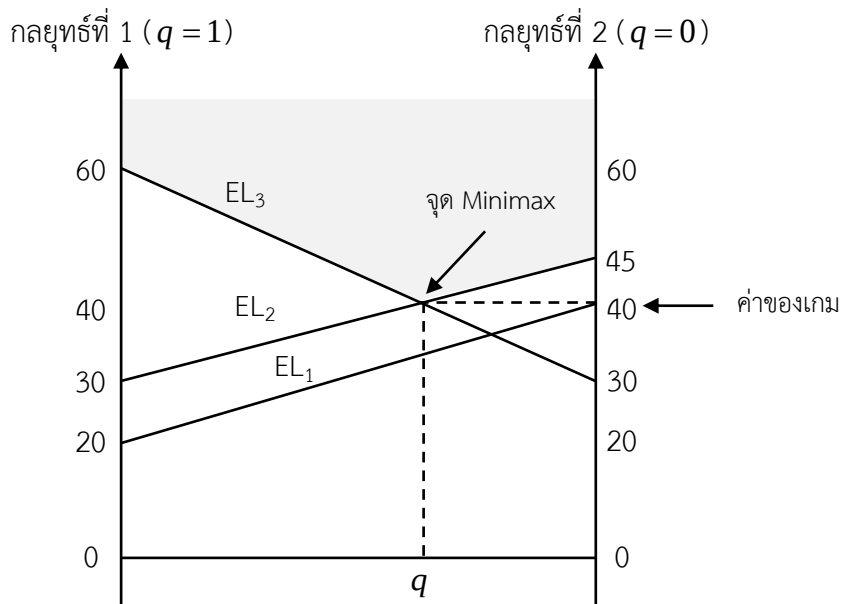
จากกราฟเส้นที่ 2 เมื่อ q เท่ากับ 0 จะได้ $EL_2 = -15q + 45 = -15(0) + 45 = 45$

เมื่อ q เท่ากับ 1 จะได้ $EL_2 = -15q + 45 = -15(1) + 45 = 30$

จากกราฟเส้นที่ 3 เมื่อ q เท่ากับ 0 จะได้ $EL_3 = 30q + 30 = 30(0) + 30 = 30$

เมื่อ q เท่ากับ 1 จะได้ $EL_3 = 30q + 30 = 30(1) + 30 = 60$

จากจุดตัดแกนสามารถสร้างกราฟกำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย โดยกำหนดให้แกนนอนแสดงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 และ 2 ของร้านค้า ส่วนแกนตั้งกำไรที่ร้านค้าคาดว่าจะสูญเสีย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง โดยฝั่งซ้ายจะเป็นกรณีที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 อย่างเดียว หรือ q มีค่าเป็น 1 ส่วนฝั่งขวาจะเป็นกรณีที่ร้านค้าจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 อย่างเดียว หรือ q มีค่าเป็น 0 ดังนี้



ภาพที่ 7.2 วิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟของตัวอย่างที่ 7.7

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 406)

จากภาพที่ 7.2 จะเห็นได้ว่าจุด Minimax นั้นเป็นจุดตัดระหว่าง EL_2 (ร้านขาวใช้กลยุทธ์ที่ 2) และ EL_3 (ร้านขาวใช้กลยุทธ์ที่ 3) หรือเป็นจุดที่ทำให้ร้านดำคาดว่าจะสูญเสียที่ต่ำที่สุด โดยพื้นที่แรงจูงเป็นขอบเขตของผลลัพธ์ที่จะเป็นไปได้ ซึ่งสรุปได้ว่าร้านขาวจะไม่ใช้กลยุทธ์ที่ 1 ดังนั้นเมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า q จะได้

$$-15q + 45 = 30q + 30$$

$$45q = 15$$

$$q = \frac{1}{3}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad 1 - q = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านดำ จึงสรุปได้ว่าร้านดำจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{1}{3}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในอัตราส่วน $\frac{2}{3}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 3 ครั้ง ร้านดำจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 1 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 2 ครั้ง

3. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านขาว โดยกำหนดให้

p คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของร้านขาว หรือความน่าจะเป็นที่ร้านขาวจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

$1-p$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 3 ของร้านขาว หรือความน่าจะเป็นที่ร้านขาวจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 มาแข่งขัน

ถ้าร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $30p + 60(1-p)$ และถ้าร้านดำเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว กำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $45p + 30(1-p)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า p จะได้

$$30p + 60(1-p) = 45p + 30(1-p)$$

$$-30p + 60 = 15p + 30$$

$$45p = 30$$

$$p = \frac{2}{3}$$

ดังนั้น $1-p = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของร้านขาว จึงสรุปได้ว่าร้านขาวจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในอัตราส่วน $\frac{2}{3}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 ในอัตราส่วน $\frac{1}{3}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 3 ครั้ง ร้านขาวจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 2 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 3 จำนวน 1 ครั้ง

4. วิเคราะห์ค่าของเกม ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์สุดท้ายภายหลังจากเสร็จสิ้นการแข่งขัน โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากกำไรที่ร้านขาวคาดว่าจะได้รับ (EV) หรือกำไรที่ร้านดำคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ทั้งนี้จะยกตัวอย่างเพียงกรณีเดียว เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเท่ากันดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.5 สำหรับตัวอย่างที่ 7.7 สามารถวิเคราะห์ค่าของเกมได้ดังนี้

จากกำไรที่ร้านดำคาดว่าจะสูญเสีย (EL) เมื่อร้านขาวเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันคือ $30q + 45(1-q)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของร้านดำคือ $q = \frac{1}{3}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของร้านดำคือ $1-q = \frac{2}{3}$ เมื่อแทนค่า q และ $1-q$ จะได้รับกำไรที่ร้านดำคาดว่าจะสูญเสีย (EL) เมื่อร้านขาวเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกมดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าของเกม} &= 30q + 45(1-q) \\ &= 30\left(\frac{1}{3}\right) + 45\left(\frac{2}{3}\right) \\ &= \frac{30}{3} + \frac{90}{3} = \frac{120}{3} = 40 \end{aligned}$$

จากค่าของเกมเท่ากับ 40 หมายความว่าจากการแข่งขันหลายๆ ครั้ง โดยเฉลี่ยแล้วร้านขาวจะได้รับกำไรเท่ากับ 40 ล้านบาท ในขณะที่ร้านดำจะเสียกำไรเท่ากับ 40 ล้านบาท และจาก

ค่าของเกมมีค่าเป็นบวก ดังนั้นกำไรที่ร้านชาวดาคาจะได้รับ (EV) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลได้ของร้านชาวดาคา ส่วนกำไรที่ร้านดาคาคาจะสูญเสีย (EL) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลเสียของร้านดาคา ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าร้านชาวดาคาจะได้รับกำไรจากร้านดาคาเท่ากับ 40 ล้านบาท

กลยุทธ์เด่น

กลยุทธ์เด่น (Dominance strategy) เป็นการพิจารณากลยุทธ์เพื่อใช้ในการลดขนาดของ เกมการแข่งขัน เนื่องจากในบางเกมการแข่งขัน ผู้แข่งขันแต่ละฝ่ายอาจมีกลยุทธ์ในการแข่งขันจำนวนมาก ทั้งนี้กลยุทธ์บางกลยุทธ์อาจไม่ถูกเลือกมาใช้ในการแข่งขันเลย ซึ่งกลยุทธ์ที่ไม่ถูกเลือกอาจเป็น เพราะกลยุทธ์นั้นให้ผลตอบแทนไม่แตกต่างไปจากกลยุทธ์อื่น หรือทำให้ผู้แข่งขันเป็นฝ่ายเสีย ผลประโยชน์ ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์การตัดสินใจและค่าของเกม จึงสามารถตัดกลยุทธ์ที่คาดว่าผู้ แข่งขันแต่ละฝ่ายจะไม่เลือกใช้กลยุทธ์นั้นอย่างแน่นอนออกไป เพื่อให้สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ ง่ายขึ้น (Sharma, 2017 : 391)

จากตัวอย่างที่ 7.4 เป็นเกมการแข่งขันของบริษัทสุราไทย และบริษัทสุรานอก โดยมีผลลัพธ์ จากการแข่งขันดังนี้

ตารางที่ 7.23 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทยกรณีกลยุทธ์เด่น (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก		
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	แจกของแถม
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	8
ลดราคา	3	1	4
แจกของแถม	6	-2	-4

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 392)

จากตารางที่ 7.23 จะเห็นได้ว่าหากบริษัทสุราไทยเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ แจกของแถมมา แข่งขันแล้วจะมีโอกาสสูญเสียยอดขายมากกว่ากลยุทธ์อื่น หรือเสียผลประโยชน์ ยกเว้นในกรณีที่ บริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณามาแข่งขันแล้วบริษัทสุราไทยถึงจะมียอดขาย ด้วยเหตุนี้จึงสามารถตัดกลยุทธ์ที่ 3 ของบริษัทสุราไทยออกจากตารางผลตอบแทนได้ ซึ่งขนาดของ เกมการแข่งขันจะลดลงเหลือขนาด 2×3 ดังตารางที่ 7.24

ตารางที่ 7.24 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากกลยุทธ์เด่นครั้งที่ 1 (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก		
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	แจกของแถม
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	8
ลดราคา	3	1	4
แจกของแถม	6	-2	-4

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 392)

จากตารางที่ 7.24 จะเห็นได้ว่าหากบริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 3 คือ แจกของแถมมาแข่งขันแล้วจะมีโอกาสสูญเสียยอดขายมากกว่ากลยุทธ์อื่น หรือเสียผลประโยชน์ ยกเว้นในกรณีที่บริษัทสุรานอกเลือกกลยุทธ์ที่ 1 คือ เพิ่มการโฆษณามาแข่งขันแล้วบริษัทสุรานอกถึงจะมียอดขายด้วยเหตุนี้จึงสามารถตัดกลยุทธ์ที่ 3 ของบริษัทสุรานอกออกจากตารางผลตอบแทนได้ ซึ่งขนาดของเกมการแข่งขันจะลดลงเหลือขนาด 2×2 ดังตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7.25 ผลลัพธ์จากการแข่งขันของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากกลยุทธ์เด่นครั้งที่ 2 (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก		
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	แจกของแถม
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	8
ลดราคา	3	1	4
แจกของแถม	6	-2	-4

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 392)

จากตารางที่ 7.25 จะสามารถวิเคราะห์การตัดสินใจและค่าของเกมได้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.4 สำหรับตัวอย่างนี้จะอธิบายขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการพิจารณาการตัดสินใจของร้านขายด้วยเกณฑ์แมกซ์มิน และขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเป็นพิจารณาการตัดสินใจของบริษัทโคล่าด้วยเกณฑ์มินิแมกซ์ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 7.26 เพื่อใช้ในการหาค่าของเกมในขั้นตอนที่ 3 ต่อไปได้นี้

ตารางที่ 7.26 ค่าของเกมของบริษัทสุราไทย เมื่อพิจารณากลยุทธ์เด่น (ล้านบาท)

บริษัทสุราไทย	บริษัทสุรานอก		Maximin
	เพิ่มการโฆษณา	ลดราคา	
เพิ่มการโฆษณา	-4	2	-4
ลดราคา	3	1	1*
Minimax	3	2*	

ที่มา: ปรับปรุงจาก Sharma (2017 : 392)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าของเกมจากตารางที่ 7.26 จะเห็นว่าค่าแมกซิมินของบริษัทสุราไทยมีค่าเท่ากับ 1 และค่ามินิแมกซ์ของบริษัทสุรานอกมีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งค่าแมกซิมินไม่เท่ากับมินิแมกซ์ จึงสรุปได้ว่าเกมการแข่งขันนี้ไม่มีจุดผลเท่ากัน โดยทั้ง 2 บริษัทจะใช้กลยุทธ์ผสม และเป็นเกมการแข่งขันที่มีขนาด 2×2 ดังนั้นจะวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวังได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทสุราไทย โดยกำหนดให้

p คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทสุราไทย หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทสุราไทยจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1-p$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทสุราไทย หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทสุราไทยจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

ถ้าบริษัทสุรานอกเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว ยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $-4p + 3(1-p)$ และถ้าบริษัทสุรานอกเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว ยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) คือ $2p + 1(1-p)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า p จะได้

$$-4p + 3(1-p) = 2p + 1(1-p)$$

$$-7p + 3 = p + 1$$

$$8p = 2$$

$$p = \frac{1}{4}$$

ดังนั้น $1-p = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทสุราไทย จึงสรุปได้ว่าบริษัทสุราไทยจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{1}{4}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ใน

อัตราส่วน $\frac{3}{4}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 4 ครั้ง บริษัทสุราไทยจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 1 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 3 ครั้ง

2. วิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทสุรานอก โดยกำหนดให้

q คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทสุรานอก หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทสุรานอกจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 มาแข่งขัน

$1-q$ คืออัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทสุรานอก หรือความน่าจะเป็นที่บริษัทสุรานอกจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 มาแข่งขัน

ถ้าบริษัทสุราไทยเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันแล้ว ยอดขายที่บริษัทสุรานอกคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $-4q + 2(1-q)$ และถ้าบริษัทสุราไทยเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ในการแข่งขันแล้ว ยอดขายที่บริษัทสุรานอกคาดว่าจะสูญเสีย (EL) คือ $3q + 1(1-q)$ เมื่อแก้สมการเพื่อหาค่า q จะได้

$$-4q + 2(1-q) = 3q + 1(1-q)$$

$$-6q + 2 = 2q + 1$$

$$8q = 1$$

$$q = \frac{1}{8}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad 1-q = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$$

จากการวิเคราะห์หาอัตราส่วนในการเลือกใช้กลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ของบริษัทสุรานอก จึงสรุปได้ว่าบริษัทสุรานอกจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในอัตราส่วน $\frac{1}{8}$ และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 ใน

อัตราส่วน $\frac{7}{8}$ หรือถ้ามีการแข่งขันทั้งหมด 8 ครั้ง บริษัทสุรานอกจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 จำนวน 1 ครั้ง และจะเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 2 จำนวน 7 ครั้ง

3. วิเคราะห์ค่าของเกม ซึ่งจะเป็นผลลัพธ์สุดท้ายภายหลังจากเสร็จสิ้นการแข่งขัน โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) หรือยอดขายที่บริษัทสุรานอกคาดว่าจะได้รับ (EL) ทั้งนี้จะยกตัวอย่างเพียงกรณีเดียว เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเท่ากันดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในตัวอย่างที่ 7.5 สำหรับตัวอย่างนี้สามารถวิเคราะห์ค่าของเกมได้ดังนี้

จากยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทสุรานอกเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขันคือ $-4p + 3(1-p)$ รวมไปถึงอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 1 ของบริษัทสุราไทยคือ $p = \frac{1}{4}$ และอัตราส่วนการใช้กลยุทธ์ที่ 2 ของบริษัทสุราไทยคือ $1-p = \frac{3}{4}$ เมื่อแทนค่า p และ $1-p$

จะได้ยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) เมื่อบริษัทสุรานอกเลือกใช้กลยุทธ์ที่ 1 ในการแข่งขัน หรือค่าของเกimdังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= -4p + 3(1-p) \\ &= -4\left(\frac{1}{4}\right) + 3\left(\frac{3}{4}\right) \\ &= -\frac{4}{4} + \frac{9}{4} = \frac{5}{4} = 1.25\end{aligned}$$

จากค่าของเกมเท่ากับ 1.25 หมายความว่าจากการแข่งขันหลายๆ ครั้ง โดยเฉลี่ยแล้ว บริษัทสุราไทยจะมียอดขายเท่ากับ 1.25 ล้านบาท ในขณะที่บริษัทสุรานอกจะสูญเสียยอดขายเท่ากับ 1.25 ล้านบาท และจากค่าของเกมมีค่าเป็นบวก ดังนั้นยอดขายที่บริษัทสุราไทยคาดว่าจะได้รับ (EV) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลได้ของบริษัทสุราไทย ส่วนยอดขายที่บริษัทสุรานอกคาดว่าจะสูญเสีย (EL) ที่มีค่าเป็นบวกจึงหมายถึงผลเสียของบริษัทสุรานอก ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าบริษัทสุราไทยจะมียอดขายมาจากการสูญเสียยอดขายของบริษัทสุรานอกเท่ากับ 1.25 ล้านบาท

บทสรุป

การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ที่มีการแข่งขัน หรือมีคู่แข่ง เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงในการดำเนินธุรกิจในปัจจุบัน และผู้บริหารจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันที่เหมาะสมทั้งนี้กลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขันอาจมีจำนวนจำกัด หรือไม่จำกัด ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละธุรกิจ หรืออุตสาหกรรม อีกทั้งการตัดสินใจของแต่ละฝ่ายจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน ด้วยเหตุนี้การตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันจะต้องพิจารณากลยุทธ์ของคู่แข่งร่วมด้วย สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขัน โดยอาศัยทฤษฎีเกมเพื่อช่วยในการตัดสินใจที่มุ่งเน้นให้ฝ่ายของตนเองได้รับผลประโยชน์สูงสุด หรือเสียผลประโยชน์ต่ำสุดจากการแข่งขัน ทั้งนี้องค์ประกอบของเกมมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ผู้แข่งขัน กลยุทธ์ และผลลัพธ์จากการแข่งขัน โดยลักษณะของการแข่งขันนั้นมีรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งการแข่งขันที่มีผลจากการแข่งขันเป็นศูนย์ และไม่เป็นศูนย์ ซึ่งในบทนี้ได้อธิบายถึงการแข่งขันที่มีผู้แข่งขัน 2 ฝ่ายที่มีผลรวมจากการแข่งขันเป็นศูนย์ โดยพิจารณาด้วยเกณฑ์แมกซิมิน และเกณฑ์มินิแมกซ์ ถ้าการแข่งขันที่มีค่าแมกซิมินเท่ากับมินิแมกซ์แสดงว่าผู้แข่งขันทั้ง 2 ฝ่ายใช้กลยุทธ์เท่าในการแข่งขัน และหาการแข่งขันที่มีค่าแมกซิมินไม่เท่ากับมินิแมกซ์แสดงว่าผู้แข่งขันทั้ง 2 ฝ่ายใช้กลยุทธ์ผสมในการแข่งขัน ซึ่งสามารถแก้ปัญหา หรือหาค่าของเกมได้ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยค่าคาดหวัง และการวิเคราะห์ค่าของเกมด้วยกราฟ นอกจากนี้ในกรณีที่ มีกลยุทธ์จำนวนมากสามารถพิจารณาได้ด้วยกลยุทธ์เด่นเพื่อลดขนาดของเกมการแข่งขัน

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7

1. ในการแข่งขันหนึ่ง โดยมีนายเอเและนายบีบีซึ่งเป็นเจ้าของธุรกิจกำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขัน โดยมียอดขายซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

นายเอเ	นายบีบี	
	ให้ส่วนลด	แจกของแถม
ให้ส่วนลด	1 ล้านบาท	2 ล้านบาท
แจกของแถม	4 ล้านบาท	-3 ล้านบาท

จากตารางข้างต้น จงวิเคราะห์ว่าเจ้าของธุรกิจทั้ง 2 คนจะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันที่ใช้กลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีจุดผลเท่ากันหรือไม่ ตลอดจนมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้

2. สหกรณ์ออมทรัพย์ของหมู่บ้านโคโนสะงาคูระ และหมู่บ้านชินะงาคูระ กำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการจูงใจให้ประชาชนมาฝากเงินมากขึ้น จงวิเคราะห์ว่าสหกรณ์ออมทรัพย์ทั้ง 2 หมู่บ้านจะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันใช้มีกลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

โคโนสะ งาคูระ	ชินะงาคูระ			
	เพิ่มดอกเบี้ย	ลุ้นรางวัล	แจกของแถม	ก็ได้เพิ่มขึ้น
เพิ่มดอกเบี้ย	1 ล้านบาท	7 ล้านบาท	3 ล้านบาท	4 ล้านบาท
ลุ้นรางวัล	5 ล้านบาท	6 ล้านบาท	4 ล้านบาท	5 ล้านบาท
แจกของแถม	7 ล้านบาท	2 ล้านบาท	0 บาท	3 ล้านบาท

3. การแข่งขันระหว่างบริษัทผู้ผลิตของเล่น 2 บริษัทคือ บริษัท ABC และบริษัท XYZ กำลังตัดสินใจในการผลิตของเล่น ตามความต้องการของลูกค้า โดยมีการวางแผนการผลิตไว้ 3 รูปแบบเหมือนกันคือ ผลิตวันละ 8 ชั่วโมง, 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้บริษัททั้ง 2 เพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดมากขึ้น โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

บริษัท ABC	บริษัท XYZ		
	8 ชั่วโมง	16 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
8 ชั่วโมง	5%	0%	-10%
16 ชั่วโมง	10%	6%	2%
24 ชั่วโมง	20%	15%	10%

จากตารางข้างต้น จงวิเคราะห์ว่าบริษัททั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันที่ใช้กลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีจุดผลเท่ากันหรือไม่ ตลอดจนมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้

4. การแข่งขันชิงตำแหน่งผู้นำหมู่บ้านศิริกาคุระ โดยมีนักการเมือง 2 คน กำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการหาเสียง จงวิเคราะห์ว่านักการเมืองทั้ง 2 คนจะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันใช้มีกลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีจุดผลเท่ากันหรือไม่ ตลอดจนมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้

นักการเมืองคนที่ 1	นักการเมืองคนที่ 2	
	ติดป้ายโฆษณา	ลงพื้นที่
ติดป้ายโฆษณา	4 ล้านคะแนนเสียง	-2 ล้านคะแนนเสียง
ลงพื้นที่	3 ล้านคะแนนเสียง	6 ล้านคะแนนเสียง

5. ห้างสรรพสินค้าดอกบัวเป็นคู่แข่งรายสำคัญของห้างสรรพสินค้าซีใหญ่ ซึ่งทำการแข่งขันโดยใช้กลยุทธ์ในการส่งเสริมการขาย เพื่อดึงดูดในลูกค้าเข้ามาซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้าของตนเอง ทั้งนี้ห้างฯ ดอกบัวได้รวบรวมข้อมูลกำไรที่จะได้รับของตนเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายของตนเองและคู่แข่ง โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ห้างฯ ดอกบัว	ห้างฯ ซีใหญ่			
	กลยุทธ์ที่ 1	กลยุทธ์ที่ 2	กลยุทธ์ที่ 3	กลยุทธ์ที่ 4
กลยุทธ์ที่ 1	2 ล้านบาท	2 ล้านบาท	3 ล้านบาท	-2 ล้านบาท
กลยุทธ์ที่ 2	4 ล้านบาท	3 ล้านบาท	2 ล้านบาท	6 ล้านบาท

จากตารางข้างต้น จงวิเคราะห์ว่าห้างสรรพสินค้าทั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันใช้มีกลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่าย โดยใช้อิกรภาพ

6. การแข่งขันระหว่างบริษัทมั่งกร จำกัด และบริษัทหงส์ จำกัด ซึ่งกำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการโฆษณาผ่านช่องทางต่างๆ เพื่อเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดของบริษัท จงพิจารณากลยุทธ์เด่นและวิเคราะห์ว่าบริษัททั้ง 2 จะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันใช้มีกลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

บริษัทมั่งกร จำกัด	บริษัทหงส์ จำกัด		
	หนังสือพิมพ์	โทรทัศน์	ออนไลน์
หนังสือพิมพ์	30%	40%	-80%
โทรทัศน์	0%	15%	-20%
ออนไลน์	90%	20%	50%

7. ร้านฉลาม และร้านวาฬ เป็นร้านขายอาหารทะเลอยู่ในพื้นที่เดียวกัน กำลังตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายเพื่อให้ร้านตนเองมีกำไรเพิ่มขึ้น ทั้งนี้กำไรของแต่ละร้านจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ในการส่งเสริมการขายของกันและกัน โดยมีผลลัพธ์จากการแข่งขันดังนี้

ร้านฉลาม	ร้านวาฬ	
	เพิ่มการโฆษณา	ขายแบบบุฟเฟ่ต์
เพิ่มการโฆษณา	10,000 บาท	-30,000 บาท
ขายแบบบุฟเฟ่ต์	30,000 บาท	50,000 บาท
ลดราคา	40,000 บาท	10,000 บาท

จากตารางข้างต้น จงวิเคราะห์ว่าร้านทั้ง 2 คนจะใช้กลยุทธ์ใดในอัตราส่วนเท่าใดมาใช้ในการแข่งขัน และเป็นการแข่งขันใช้มีกลยุทธ์แท้หรือกลยุทธ์ผสม รวมไปถึงมีค่าของเกมเท่ากับเท่าใดและใครเป็นฝ่ายได้ โดยใช้กราฟ ตลอดจนวิเคราะห์หาค่าของเกมภายหลังจากพิจารณากลยุทธ์เด่นของร้านฉลาม

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลริศา คำสิงห์. (2559). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2558). ทฤษฎีการตัดสินใจ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 3**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 3-1 – 3-67. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2559). การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ และทฤษฎีเกม. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 9**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 9-1 – 9-94. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชัยนต์ ต้นดีสวัสดิการ (2559). **เศรษฐศาสตร์จุลภาค: ทฤษฎีและการประยุกต์**. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พัชฎาภรณ์ แสงทามาศย์. (2556). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. อุดรธานี: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- เอกรัตน์ เอกศาสตร์. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. นครราชสีมา: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Carter, M. W., Price, C. C., & Rabadi, G. (2019). **Operations research: A practical introduction**. 2nd ed. Florida: CRC Press.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). **Introduction to operations research**. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2017). **Microeconomic theory: Basic principles and extensions**. 12th ed. Boston: Cengage Learning.

Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.

Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8

ตัวแบบมาร์คอฟ

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ลักษณะและสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ
2. การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ
 - 2.1 การใช้แขนง
 - 2.2 การใช้เมทริกซ์
3. การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่
4. การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืน
5. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 8 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ รวมไปถึงแจกแจงสถานะของตัวแปร ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะ ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ และการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟด้วยการใช้แขนงและการใช้เมทริกซ์เพื่อพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตในระยะสั้น ในกรณีสถานะคงที่ หรือระยะยาว และในกรณีของสถานะดูดกลืนที่มีความซับซ้อนได้
2. สามารถวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟเพื่อพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมไปถึงกรณีของสถานะดูดกลืนที่มีความซับซ้อนได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลจากตัวแบบมาร์คอฟในการพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมไปถึงกรณีของสถานะดูดกลืนที่มีความซับซ้อนได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับลักษณะ และสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ รวมไปถึงการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์

โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน

5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 8
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 8

ตัวแบบมาร์คอฟ

ความไม่แน่นอน หรือความเสี่ยงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งผู้บริหารจำเป็นต้องมีการวางแผน เพื่อรองรับกับความไม่แน่นอนในการดำเนินงานที่อาจเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นความไม่แน่นอนทางด้านการผลิต การตลาด การเงิน หรือการจัดการทรัพยากรมนุษย์ อีกทั้งสภาพแวดล้อมทางธุรกิจยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและรวดเร็ว ดังนั้นการวางแผนล่วงหน้าจะช่วยลดความเสี่ยงจากการดำเนินธุรกิจได้ และการวางแผนจะต้องอาศัยการทำนาย หรือพยากรณ์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจในการวางแผนล่วงหน้าในการดำเนินงานดังกล่าวได้ สำหรับตัวแบบมาร์คอฟเป็นแบบที่ถูกพัฒนาโดยนักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียที่มีชื่อว่า อังเดร มาร์คอฟ (Andrei A. Markov) เพื่อใช้ในการอธิบายและทำนายพฤติกรรมของสถานการณ์ใดๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยความน่าจะเป็นของสถานการณ์นั้นๆ ในปัจจุบัน และถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างกว้างขวางทั้งในทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ รวมไปถึงปัญหาทางธุรกิจ เช่น การวิเคราะห์ส่วนแบ่งทางการตลาด การทำนายพฤติกรรมผู้บริโภค และการทำนายพฤติกรรมการเปลี่ยนงาน ตลอดจนโอกาสที่เครื่องจักรจะไม่ทำงาน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ตัวแบบมาร์คอฟจึงเป็นวิธีการที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนและตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะและสมมติฐานของตัวแบบมาร์คอฟ

ตัวแบบมาร์คอฟเป็นแบบที่ให้ความสำคัญกับโอกาสในการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีความแตกต่างจากแบบการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนและแบบการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟจึงเป็นการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ ของตัวแปร โดยมีองค์ประกอบและสมมติฐานดังนี้ (ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2558 : 56-59)

1. สามารถแจกแจงสถานะของตัวแปรหรือสิ่งที่กำลังศึกษาได้

สถานะ (State) หมายถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง สำหรับปัญหาในการตัดสินใจจะต้องสามารถระบุสถานะได้ เช่น การศึกษาพฤติกรรมซื้อน้ำดื่ม 2 ยี่ห้อคือ A และ B ดังนั้นสถานะจะแบ่งออกได้เป็น 2 สถานะคือ ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A หรือซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B การศึกษาการ

ทำงานของเครื่องจักรในการผลิตแบ่งเป็น 2 สถานะคือ เครื่องจักรขัดข้องหรือไม่ขัดข้อง เป็นต้น ทั้งนี้ การแจกแจงสถานะมีสมมติฐานดังนี้

1.1 ตัวแปรหรือสิ่งที่กำลังศึกษาจะต้องอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่ง เช่น ในการซื้อน้ำดื่มแต่ละครั้งผู้บริโภคจะต้องซื้อยี่ห้อ A หรือยี่ห้อ B อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น จะไม่สามารถซื้อน้ำดื่มทั้งยี่ห้อ A และยี่ห้อ B พร้อมกันได้

1.2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประเภทและจำนวนสถานะ เช่น ถ้ากำลังศึกษาพฤติกรรมซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B แล้ว จะไม่มีการเปลี่ยนเป็นยี่ห้อ C หรือยี่ห้อ D หรือไม่มีการเพิ่มสถานะเป็น 3 สถานะคือ การซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A การซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B และการซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ C เป็นต้น

2. มีความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ

ในการศึกษาจะต้องมีข้อมูลความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะ (Probability state) ทั้งในปัจจุบัน และความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ ทั้งนี้ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา โดยกำหนดให้เวลาในปัจจุบันเป็น 0 ($n = 0$) ดังนั้นความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ จะสามารถคำนวณได้จากช่วงเวลาถัดไปตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 1, 2, 3, ..., n ($n = 1, 2, 3, \dots, n$) และสามารถกำหนดความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ ได้ด้วยเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะ (Vector of state probabilities) ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังนี้

Π หมายถึงเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะ = $(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n)$

และ π_i หมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ i

เมื่อ n หมายถึงจำนวนของสถานะ ดังนั้น $(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ 1, 2, 3, ..., n ทั้งนี้หากพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะตามช่วงเวลาสามารถแทนได้ด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$\Pi(0)$ หมายถึงเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะ ณ เวลาที่ 0 (ปัจจุบัน)

และ $\Pi(n)$ หมายถึงเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะ ณ เวลาที่ n

ดังนั้น $\pi_i(n)$ หมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ i ณ เวลาที่ n

ตัวอย่างที่ 8.1 เจ้าของโรงงานกำลังตรวจสอบว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตทำงานเป็นปกติหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีสถานะที่เกิดขึ้น 2 สถานะคือ เครื่องจักรทำงานปกติ และเครื่องจักรทำงานไม่ปกติ หรือเครื่องจักรเสีย โดยเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน ดังนั้นสามารถเขียนให้อยู่รูปของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันได้ดังนี้

$$\Pi(0) = [1 \quad 0]$$

โดยที่ π_1 มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะทำงานปกติในปัจจุบัน ส่วน π_2 มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะเสียในปัจจุบัน

ตัวอย่างที่ 8.2 กำหนดให้ปัจจุบันผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ร้อยละ 70 และซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ร้อยละ 30

จากตัวอย่างที่ 8.2 จะเห็นได้ว่ามีสถานะอยู่ใน 2 สถานะคือ π_1 จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 70 หรือผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และ π_2 จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 30 หรือผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B โดยเป็นสถานการณ์ในปัจจุบัน และสามารถเขียนให้อยู่รูปของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันได้ดังนี้

$$\Pi(0) = [0.70 \quad 0.30]$$

นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติของความน่าจะเป็น ดังนั้นผลรวมของความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาในเวกเตอร์จะต้องมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ

อย่างไรก็ตาม ปัญหาส่วนใหญ่ที่ธุรกิจจะต้องตัดสินใจ อาจไม่ได้มีเพียงแค่นี้กับไม่ใช่เท่านั้น แต่อาจมีสินค้าที่ต้องตัดสินใจในการผลิตที่มากกว่า 1 ชนิด หรือมีคู่แข่งที่มากกว่า 2 ราย

3. ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ

ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (Transition probability) หมายถึงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะการณ์หนึ่งไปเป็นอีกสภาวะการณ์หนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป เช่น ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในวันนี้ไปเป็นวันพรุ่งนี้ เป็นต้น โดยมีสมมติฐานที่ว่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการศึกษาในปัญหาใดปัญหาหนึ่ง หรือกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะของปัญหาที่ศึกษาจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาหรือเป็นค่าคงที่ ทั้งนี้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะแสดงอยู่ในลักษณะของเมทริกซ์ (Matrix of transition probabilities) ได้ดังนี้ (Stewart, 2009 : 195; Bhunia, Sahoo, & Shaikh, 2019 : 611)

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix}$$

โดยที่ P หมายถึงเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ

p_{ij} หมายถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ i ในปัจจุบันไปเป็นสถานะที่ j ในอนาคต ซึ่ง i จะมีค่าเท่ากับ 1, 2, 3, ..., m และ j จะมีค่าเท่ากับ 1, 2, 3, ..., n

นอกจากนี้ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ($0 \leq p_{ij} \leq 1$) และผลรวมของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของแต่ละแถวอนจะมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ หรือ $\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$

จากตัวอย่างที่ 8.2 กำหนดให้ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8.1 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B

จาก	เป็น	
	ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A	ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B
ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A	0.70	0.30
ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B	0.20	0.80

ที่มา: ปรับปรุงจาก Bhunia et al. (2019 : 611)

จากตารางที่ 8.1 ตัวเลขในแถวอนที่ 1 หมายถึงผู้บริโภคที่เคยซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A จะมีโอกาสร้อยละ 70 ที่จะซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A เหมือนเดิมอีกครั้งต่อไป และมีโอกาสร้อยละ 30 ที่จะเปลี่ยนไปซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในครั้งต่อไป ในขณะที่ตัวเลขในแถวอนที่ 2 หมายถึงผู้บริโภคที่เคยซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B จะมีโอกาสร้อยละ 80 ที่จะซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B เหมือนเดิมอีกครั้งต่อไป และมีโอกาสร้อยละ 20 ที่จะเปลี่ยนไปซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในครั้งต่อไป และสามารถเขียนตารางที่ 8.1 ให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าผลรวมของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของแถวอนที่ 1 จะมีค่าเท่ากับหนึ่ง ($0.70 + 0.30 = 1$) เช่นเดียวกันกับแถวอนที่ 2 ($0.20 + 0.80 = 1$) อย่างไรก็ตาม ผลรวมของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของแถวตั้งไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากับหนึ่ง

การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ

การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov analysis) เป็นการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ ของตัวแปรในอนาคต ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ ค่าความน่าจะเป็นใน

การเปลี่ยนแปลงสถานะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นการหาโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ในอนาคตเกี่ยวกับการคงอยู่ในสถานะเดิมหรือเปลี่ยนเป็นสถานะใหม่ ซึ่งแสดงอยู่ในลักษณะของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ และจากสมมติฐานที่ระบุว่าจำนวนสถานะจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ดังนั้นเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจึงต้องเป็นเมทริกซ์จัตุรัสเท่านั้น (จำนวนแถวตั้งเท่ากับจำนวนแถวนอน) นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟจะต้องอาศัยข้อมูลความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันร่วมด้วย ซึ่งสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกได้เป็น 2 วิธี ดังต่อไปนี้ (ประภาศรี พงศ์นาพาณิช และชินินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2559 : 13-24)

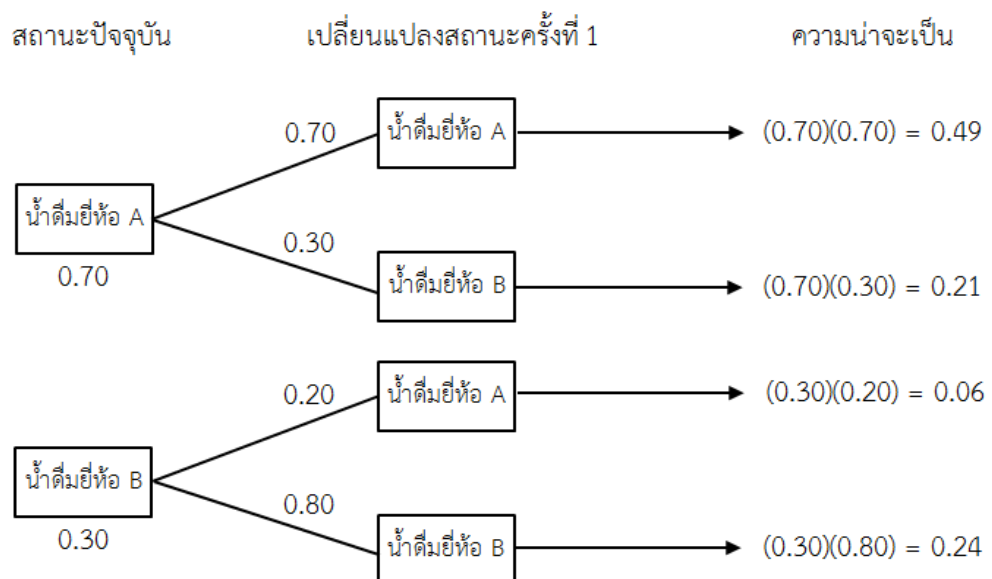
1. การใช้แขนง

การใช้แขนง (Tree diagram) เพื่อพยากรณ์หรือหาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะในระยะสั้นว่าอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่ง หรือลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov chain) ก่อนเข้าสู่สภาวะคงที่ หรือสถานะคงที่ (Steady state) ด้วยการคำนวณความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข หรือความน่าจะเป็นร่วม (Joint probabilities) ดังนี้ (Carter, Price, & Rabadi, 2019 : 252-253)

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A) \quad \dots (8.1)$$

เมื่อ A หมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน (เหตุการณ์ที่สนใจ) และ B หมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามมา

จากตัวอย่างที่ 8.2 ที่มีทั้งเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งสามารถเขียนเป็นแขนงได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 8.1 แขนงของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของตัวอย่างที่ 8.2

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 253)

จากภาพที่ 8.1 ในแขนงที่ 1 เมื่อ A เป็นเหตุการณ์ที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในปัจจุบัน ดังนั้น $P(A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในปัจจุบัน เท่ากับ 0.70 และ B เป็นเหตุการณ์ที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคต (เปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 1) ดังนั้น $P(B|A)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคต เท่ากับ 0.70 ดังนั้น $P(A \cap B)$ ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ทั้งในปัจจุบันและอนาคตจึงมีค่าเท่ากับ 0.49 ทั้งนี้ในแขนงอื่นๆ จะสามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม การนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้ไปใช้งาน ไม่ได้ต้องการหาเพียงความน่าจะเป็นในแต่ละแขนงเท่านั้น แต่ต้องการหาความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในอนาคต

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคตนั้น อาจเกิดจากการที่ผู้บริโภคที่ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในปัจจุบันแล้วเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A เช่นเดิมในอนาคต และการที่ผู้บริโภคที่ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในปัจจุบันแล้วเปลี่ยนมาซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคต เนื่องจากเหตุการณ์ที่ผู้บริโภคซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในปัจจุบันเป็นเหตุการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน หรือเป็นอิสระต่อกันดังภาพที่ 8.1 ด้วยเหตุนี้ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคต จะคำนวณได้จากผลรวมของความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคต เมื่อผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มทั้งยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในปัจจุบัน ดังนี้

ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในอนาคตจึงมีค่าเท่ากับ 0.55 (0.49 + 0.06) ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในอนาคตจึงมีค่าเท่ากับ 0.45 (0.21 + 0.24) และเมื่อนำความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B รวมกันจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง (0.55 + 0.45) ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของความน่าจะเป็นที่ว่าผลรวมของความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาจะต้องมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ

นอกจากนี้การใช้แขนงในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟข้างต้น ทำให้ทราบถึงความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาทั้งหมดตั้งแต่สถานะปัจจุบันไปจนถึงอนาคต อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนสถานะหลายๆ ครั้ง หรือในช่วงเวลาที่ไกลออกไป เช่น เปลี่ยนแปลงสถานะ 4 ครั้ง เป็นต้น อาจทำให้เกิดความซับซ้อนในการสร้างรูปแบบของปัญหาและใช้เวลาการคำนวณมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟโดยอาศัยวิธีการของเมทริกซ์ ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

2. การใช้เมทริกซ์

การใช้เมทริกซ์ (Matrix) เพื่อพยากรณ์หรือหาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะในระยะสั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการใช้แขนง แต่การใช้เมทริกซ์จะช่วยให้อธิบายการเปลี่ยน

สถานะหลายๆ ครั้งได้ง่ายขึ้น ด้วยเมทริกซ์การคูณ (Matrix multiplication) ดังนี้ (สุปัญญา ไชยชาญ , 2553 : 254-255; Kirkwood, 2015 : 42)

จาก $\pi_i(n)$ ที่หมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะ ดังนั้น $\pi_1(0)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 0 (ปัจจุบัน) และ $\pi_1(1)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ 1 ในช่วงเวลาที่ 1 สำหรับ $\pi_2(0)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ 2 ในช่วงเวลาที่ 0 (ปัจจุบัน) และ $\pi_2(1)$ จึงหมายถึงความน่าจะเป็นของสถานะที่ 2 ในช่วงเวลาที่ 1 ด้วยเหตุนี้เวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาที่ 0 และในช่วงเวลาที่ 1 จึงเขียนได้ดังนี้

$$\Pi(0) = [\pi_1(0) \quad \pi_2(0)]$$

$$\Pi(1) = [\pi_1(1) \quad \pi_2(1)]$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \Pi(n) = [\pi_1(n) \quad \pi_2(n)]$$

และจากเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (P) ดังนั้นการหาความน่าจะเป็นในช่วงเวลาถัดไป (อนาคต) ได้จากผลคูณของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน กับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์, 2556 : 303-308; Carter et al., 2019 : 254)

$$\Pi(\text{อนาคต}) = \Pi(\text{ปัจจุบัน}) \times P$$

$$\text{หรือ} \quad \Pi(n+1) = \Pi(n)P \quad \dots (8.2)$$

ทั้งนี้หลักการในการคูณเมทริกซ์ด้วยเมทริกซ์ หรือเวกเตอร์ (Π) คูณเมทริกซ์ (P) นั้น จำนวนแถวตั้งของเวกเตอร์จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนแถวบนของเมทริกซ์ กล่าวคือเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะจะต้องเท่ากับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาถัดไป โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

$$\text{จาก} \quad \Pi(1) = \Pi(0) = [\pi_1(0) \quad \pi_2(0)] \times \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}$$

$$\text{จะได้} \quad \Pi(1) = [\pi_1(1) \quad \pi_2(1)]$$

$$\text{โดยที่} \quad \pi_1(1) = (\pi_1(0) \times p_{11}) + (\pi_2(0) \times p_{21})$$

$$\text{และ} \quad \pi_2(1) = (\pi_1(0) \times p_{12}) + (\pi_2(0) \times p_{22})$$

จากวิธีการข้างต้นจึงสรุปการคูณเวกเตอร์กับเมทริกซ์ได้ว่าเป็นการนำเวกเตอร์คูณที่ละแถวตั้งของเมทริกซ์และนำผลลัพธ์จากการคูณที่ละแถวตั้งมารวมกัน ซึ่งจะได้เวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาถัดไป

จากตัวอย่างที่ 8.2 ที่มีทั้งเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน โดยกำหนดให้เป็นสัปดาห์ที่ 0 และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งสามารถหาความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในอนาคต ด้วยการใช้เมทริกซ์ดังนี้

เวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 0 คือ $\Pi(0) = [0.70 \quad 0.30]$

เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะคือ $P = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$

สำหรับเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 1 (เปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 1) จะได้

$$\Pi(1) = [0.70 \quad 0.30] \times \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

$$\Pi(1) = [(0.70 \times 0.70) + (0.30 \times 0.20) \quad (0.70 \times 0.30) + (0.30 \times 0.80)]$$

ดังนั้น $\Pi(1) = [0.55 \quad 0.45]$

ในกรณีที่ต้องการพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในอีกช่วงเวลาหนึ่งถัดไป หรือสัปดาห์ที่ 2 (เปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 2) จะได้

$$\Pi(2) = [0.55 \quad 0.45] \times \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

$$\Pi(2) = [(0.55 \times 0.70) + (0.45 \times 0.20) \quad (0.55 \times 0.30) + (0.45 \times 0.80)]$$

ดังนั้น $\Pi(2) = [0.475 \quad 0.525]$

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจึงสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.475 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.525 และเมื่อนำความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B รวมกันจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง (0.475 + 0.525) ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของความน่าจะเป็นดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

เช่นเดียวกันกับในกรณีที่ต้องการพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 3 (เปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 3) จะได้

$$\Pi(3) = [0.475 \quad 0.525] \times \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

$$\Pi(3) = [(0.475 \times 0.7) + (0.525 \times 0.2) \quad (0.475 \times 0.3) + (0.525 \times 0.8)]$$

ดังนั้น $\Pi(3) = [0.4375 \quad 0.5625]$

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจึงสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.4375 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.5625 และผลรวมของความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B จะมีค่าเท่ากับหนึ่ง (0.4375 + 0.5625)

นอกจากนี้ในการพิจารณาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะหลายๆ ครั้ง และจากการเปลี่ยนแปลงสถานะ 2 ครั้งดังตัวอย่างข้างต้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\Pi(2) = \Pi(1)P$$

และ

$$\Pi(1) = \Pi(0)P$$

ดังนั้น

$$\Pi(2) = \Pi(1)P = [\Pi(0)P]P = \Pi(0)P^2 \quad \dots (8.3)$$

จากสมการที่ 8.3 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปจะได้

$$\Pi(n) = \Pi(0)P^n \quad \dots (8.4)$$

จากสมการที่ 8.4 จะสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะในระยะสั้น ณ เวลาที่ n ในอนาคตจะสามารถพยากรณ์ได้จากเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ

ตัวอย่างที่ 8.3 ในจังหวัดหนึ่งมีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่อยู่ 3 แห่งได้แก่

ห้างสรรพสินค้าดอกบัว ห้างสรรพสินค้าซีซูเปอร์ และห้างสรรพสินค้าศูนย์กลาง ทั้งนี้พฤติกรรมของลูกค้าในจังหวัดนี้จะออกมาจับจ่ายใช้สอยสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง โดยจะเลือกซื้อสินค้าและบริการจากห้างฯ ไດห้างฯ หนึ่งเท่านั้นในสัปดาห์เดียวกัน ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากลูกค้า 1,000 คน พบว่าลูกค้าที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวจะกลับมาซื้อซ้ำในสัปดาห์ถัดไปจำนวน 800 คน และจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์ และห้างฯ ศูนย์กลาง ห้างฯ ละ 100 คน ในสัปดาห์ถัดไป ส่วนลูกค้าที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์จะกลับมาซื้อซ้ำในสัปดาห์ถัดไปจำนวน 700 คน โดยในสัปดาห์ถัดไปจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวจำนวน 100 คน และห้างฯ ศูนย์กลางจำนวน 200 คน สำหรับลูกค้าที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลางจะกลับมาซื้อซ้ำในสัปดาห์ถัดไปจำนวน 600 คน และจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัว และห้างฯ ซีซูเปอร์ ห้างฯ ละ 200 คนในสัปดาห์ถัดไป จงวิเคราะห์โอกาสที่ลูกค้าในจังหวัดนี้จะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ทั้ง 3 เป็นเท่าใดในแต่ละสัปดาห์จำนวน 11 สัปดาห์ โดยกำหนดให้สัปดาห์ปัจจุบันลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ไດ ห้างฯ หนึ่งอย่างเดียวนั้น

วิธีทำ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแบ่งสถานะออกได้เป็น 3 สถานะคือ ซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัว ซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์ และซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง ซึ่งความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันของแต่ละสถานะจะแทนได้ดังนี้

π_1 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัว (สถานะที่ 1)

π_2 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์ (สถานะที่ 2)

π_3 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง (สถานะที่ 3)

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคือ $\Pi = [\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3]$ และสามารถหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะได้ดังนี้

กำหนดให้ p_{11} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 1 ไปเป็นสถานะที่ 1

p_{12} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 1 ไปเป็นสถานะที่ 2

p_{13} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 1 ไปเป็นสถานะที่ 3

p_{21} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 2 ไปเป็นสถานะที่ 1

p_{22} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 2 ไปเป็นสถานะที่ 2

p_{23} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 2 ไปเป็นสถานะที่ 3

p_{31} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 3 ไปเป็นสถานะที่ 1

p_{32} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 3 ไปเป็นสถานะที่ 2

p_{33} คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 3 ไปเป็นสถานะที่ 3

$$\text{ดังนั้น} \quad P = \begin{bmatrix} \frac{800}{1,000} & \frac{100}{1,000} & \frac{100}{1,000} \\ \frac{100}{1,000} & \frac{700}{1,000} & \frac{200}{1,000} \\ \frac{200}{1,000} & \frac{200}{1,000} & \frac{600}{1,000} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.80 & 0.10 & 0.10 \\ 0.10 & 0.70 & 0.20 \\ 0.20 & 0.20 & 0.60 \end{bmatrix}$$

สำหรับเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเท่านั้นคือ $\Pi(0) = [\pi_1(0) \quad \pi_2(0) \quad \pi_3(0)] = [1 \quad 0 \quad 0]$ ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 1 จะได้

$$[\pi_1(1) \quad \pi_2(1) \quad \pi_3(1)] = [1 \quad 0 \quad 0] \times \begin{bmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\pi_1(1) = (1 \times 0.8) + (0 \times 0.1) + (0 \times 0.2) = 0.8$$

$$\pi_2(1) = (1 \times 0.1) + (0 \times 0.7) + (0 \times 0.2) = 0.1$$

$$\pi_3(1) = (1 \times 0.1) + (0 \times 0.2) + (0 \times 0.6) = 0.1$$

$$\text{ดังนั้น} \quad [\pi_1(1) \quad \pi_2(1) \quad \pi_3(1)] = [0.8 \quad 0.1 \quad 0.1]$$

และเมื่อพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 11 สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8.2 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ดอกบัว

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์(n)					
	0	1	2	3	4	5
$\pi_1(n)$	1.0000	0.8000	0.6700	0.5850	0.5292	0.4925
$\pi_2(n)$	0.0000	0.1000	0.1700	0.2180	0.2505	0.2723
$\pi_3(n)$	0.0000	0.1000	0.1600	0.1970	0.2203	0.2352

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

ตารางที่ 8.3 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ดอกบัว

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์(n)					
	6	7	8	9	10	11
$\pi_1(n)$	0.4683	0.4523	0.4417	0.4347	0.4301	0.4270
$\pi_2(n)$	0.2869	0.2966	0.3031	0.3074	0.3102	0.3121
$\pi_3(n)$	0.2448	0.2511	0.2552	0.2579	0.2597	0.2609

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

จากตารางที่ 8.2 และตารางที่ 8.3 สรุปได้ว่าหากปัจจุบันลูกค้าเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวแล้วในสัปดาห์ที่ 11 โอกาสที่ลูกค้าในจังหวัดนี้จะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเช่นเดิมเท่ากับ 0.4270 หรือ 42.70% โดยมีโอกาสที่ลูกค้าจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์เท่ากับ 31.21% และห้างฯ ศูนย์กลางเท่ากับ 26.09%

สำหรับเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์เท่านั้นคือ $\Pi(0) = [\pi_1(0) \ \pi_2(0) \ \pi_3(0)] = [0 \ 1 \ 0]$ ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 1 จะได้

$$[\pi_1(1) \quad \pi_2(1) \quad \pi_3(1)] = [0 \quad 1 \quad 0] \times \begin{bmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\pi_1(1) = (0 \times 0.8) + (1 \times 0.1) + (0 \times 0.2) = 0.1$$

$$\pi_2(1) = (0 \times 0.1) + (1 \times 0.7) + (0 \times 0.2) = 0.7$$

$$\pi_3(1) = (0 \times 0.1) + (1 \times 0.2) + (0 \times 0.6) = 0.2$$

ดังนั้น $[\pi_1(1) \quad \pi_2(1) \quad \pi_3(1)] = [0.1 \quad 0.7 \quad 0.2]$

และเมื่อพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 11 สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8.4 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ซีซูเปอร์

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์ (n)					
	0	1	2	3	4	5
$\pi_1(n)$	0.0000	0.1000	0.1900	0.2600	0.3109	0.3466
$\pi_2(n)$	1.0000	0.7000	0.5400	0.4510	0.3995	0.3687
$\pi_3(n)$	0.0000	0.2000	0.2700	0.2890	0.2896	0.2847

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

ตารางที่ 8.5 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ซีซูเปอร์

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์ (n)					
	6	7	8	9	10	11
$\pi_1(n)$	0.3711	0.3877	0.3988	0.4063	0.4113	0.4146
$\pi_2(n)$	0.3497	0.3377	0.3301	0.3252	0.3220	0.3198
$\pi_3(n)$	0.2792	0.2746	0.2711	0.2685	0.2668	0.2656

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

จากตารางที่ 8.4 และตารางที่ 8.5 สรุปได้ว่าหากปัจจุบันลูกค้าเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์แล้วในสัปดาห์ที่ 11 โอกาสที่ลูกค้าในจังหวัดนี้จะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์เช่นเดิมเท่ากับ 0.3198 หรือ 31.98% โดยมีโอกาสที่ลูกค้าจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเท่ากับ 41.46% และห้างฯ ศูนย์กลางเท่ากับ 26.56%

สำหรับเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลางเท่านั้นคือ $\Pi(0) = [\pi_1(0) \ \pi_2(0) \ \pi_3(0)] = [0 \ 0 \ 1]$ ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะในสัปดาห์ที่ 1 จะได้

$$[\pi_1(1) \ \pi_2(1) \ \pi_3(1)] = [0 \ 0 \ 1] \times \begin{bmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.7 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\pi_1(1) = (0 \times 0.8) + (0 \times 0.1) + (1 \times 0.2) = 0.2$$

$$\pi_2(1) = (0 \times 0.1) + (0 \times 0.7) + (1 \times 0.2) = 0.2$$

$$\pi_3(1) = (0 \times 0.1) + (0 \times 0.2) + (1 \times 0.6) = 0.6$$

ดังนั้น $[\pi_1(1) \ \pi_2(1) \ \pi_3(1)] = [0.2 \ 0.2 \ 0.6]$

และเมื่อพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 11 สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8.6 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ของห้างฯ ศูนย์กลาง

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์(n)					
	0	1	2	3	4	5
$\pi_1(n)$	0.0000	0.2000	0.3000	0.3520	0.3802	0.3961
$\pi_2(n)$	0.0000	0.2000	0.2800	0.3100	0.3198	0.3219
$\pi_3(n)$	1.0000	0.6000	0.4200	0.3380	0.3000	0.2820

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

ตารางที่ 8.7 ความน่าจะเป็นของสถานะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 11 ของห้างฯ ศูนย์กลาง

ความน่าจะเป็น ของสถานะ	สัปดาห์(n)					
	6	7	8	9	10	11
$\pi_1(n)$	0.4055	0.4112	0.4147	0.4169	0.4184	0.4193
$\pi_2(n)$	0.3213	0.3201	0.3189	0.3180	0.3173	0.3168
$\pi_3(n)$	0.2732	0.2687	0.2664	0.2651	0.2643	0.2639

ที่มา: ปรับปรุงจาก Carter et al. (2019 : 255)

จากตารางที่ 8.6 และตารางที่ 8.7 สรุปได้ว่าหากปัจจุบันลูกค้าเลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลางแล้วในสัปดาห์ที่ 11 โอกาสที่ลูกค้าในจังหวัดนี้จะซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลางเช่นเดิมเท่ากับ 0.2639 หรือ 26.39% โดยมีโอกาสที่ลูกค้าจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเท่ากับ 41.93% และห้างฯ ซีซูเปอร์เท่ากับ 31.68%

และผลจากวิเคราะห์ข้างต้น สามารถประยุกต์ใช้ความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ได้ในหลากหลายปัญหา โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับส่วนแบ่งทางการตลาด เช่น ทำการพยากรณ์ในอีก 8 สัปดาห์ข้างหน้า (2 เดือน) จากลูกค้า 10,000 คนที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัว ณ ปัจจุบันแล้วจะกลับมาซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเช่นเดิมมีจำนวนทั้งสิ้น 4,417 คน ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์จำนวน 3,031 คน และอีก 2,552 คน จะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง (ตารางที่ 8.3)

หรือหากทำการพยากรณ์ในอีก 4 สัปดาห์ข้างหน้า (1 เดือน) จากลูกค้า 20,000 คนที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัว ณ ปัจจุบันแล้วจะกลับมาซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวเช่นเดิมมีจำนวนทั้งสิ้น 10,584 คน ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์จำนวน 5,010 คน และอีก 4,406 คน จะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง (ตารางที่ 8.2) ขณะที่เดียวกันหากพิจารณาจากลูกค้าที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์ ณ ปัจจุบันแล้วจะกลับมาซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์เช่นเดิมมีจำนวนทั้งสิ้น 7,990 คน ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวจำนวน 6,218 คน และอีก 5,792 คน จะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง (ตารางที่ 8.4) และหากพิจารณาจากลูกค้าที่เคยซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลาง ณ ปัจจุบันแล้วจะกลับมาซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ศูนย์กลางเช่นเดิมมีจำนวนทั้งสิ้น 6,000 คน ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ดอกบัวจำนวน 7,604 คน และอีก 6,396 คน จะเปลี่ยนไปซื้อสินค้าและบริการในห้างฯ ซีซูเปอร์ (ตารางที่ 8.6)

ด้วยเหตุนี้อาจสรุปได้ว่าในอีก 1 เดือนข้างหน้า จะมีจำนวนลูกค้าที่เลือกซื้อสินค้าและบริการในห้างสรรพสินค้าทั้ง 3 แห่ง จากลูกค้าจำนวน 60,000 คนดังนี้

ห้างสรรพสินค้าดอกบัวจะมีลูกค้าจำนวน 24,406 คน ($10,584 + 6,218 + 7,604$)

ห้างสรรพสินค้าซีซูเปอร์จะมีลูกค้าจำนวน 19,396 คน ($5,010 + 7,990 + 6,396$)

ห้างสรรพสินค้าศูนย์กลางจะมีลูกค้าจำนวน 16,198 คน ($4,406 + 5,792 + 6,000$)

การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่

จากการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟที่ต้องการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะต่างๆ ของตัวแปรในอนาคต ซึ่งสถานะของตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง หรือเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (P^n) ยกกำลังสูงขึ้น (n มีค่ามากขึ้น) จนกระทั่งถึงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งแล้วเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะเป็นค่าคงที่ หรือสถานะคงที่ (Steady state) หรือดุลยภาพ (Equilibrium) ทั้งนี้เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะคงที่จึงเรียกว่าได้เป็นการพยากรณ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะในระยะยาว

ทั้งนี้ในการคำนวณความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จะกำหนดว่าเมื่อ n มีขนาดใหญ่ (มีค่ามาก) แล้ว ความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาที่ n และความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาที่ $n+1$ จะมีค่าเล็กลง หรือแตกต่างกันน้อยมาก หรือกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นของสถานะในช่วงเวลาที่ n และ $n+1$ จะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อ n มีขนาดใหญ่ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ โดยไม่จำเป็นต้องพิจารณาความน่าจะเป็นของสถานะในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จะคำนวณได้ดังนี้ (Vohra, 2017 : 808-811; Taha, 2017 : 634-635; Render et al., 2018 : 525-528)

จากสมการที่ 8.2

$$\Pi(n+1) = \Pi(n)P$$

เมื่ออยู่ในสถานะคงที่แล้วเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะคงที่ ซึ่งจะได้

$$\Pi(n+1) = \Pi(n) \quad \dots (8.5)$$

ดังนั้น ณ สถานะคงที่

$$\Pi(n+1) = \Pi(n)P = \Pi(n) \quad \dots (8.6)$$

และเขียนสมการที่ 8.6 ได้ใหม่

$$\Pi(n) = \Pi(n)P \quad \dots (8.7)$$

หรือไม่พิจารณาช่วงเวลา (n) จะได้

$$\Pi = \Pi \cdot P \quad \dots (8.8)$$

จากเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ในสมการที่ 8.8 จะเห็นได้ว่าข้อมูลความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน ($n = 0$) ไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะในระยะยาวด้วยเช่นกัน และสามารถพิจารณาเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ได้ดังนี้

จากสมการที่ 8.8 สามารถแจกแจงความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ได้ดังนี้

$$\Pi = [\pi_1 \quad \pi_2] = [\pi_1 \quad \pi_2] \times \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}$$

เมื่อ π_1 แทนความน่าจะเป็นของสถานะที่ 1 ในสถานะคงที่ และ π_2 แทนความน่าจะเป็นของสถานะที่ 2 ในสถานะคงที่ ทั้งนี้ผลจากการคูณของเมทริกซ์จะได้

$$\pi_1 = (\pi_1 \times p_{11}) + (\pi_2 \times p_{21})$$

$$\pi_2 = (\pi_1 \times p_{12}) + (\pi_2 \times p_{22})$$

โดยที่ $\pi_1 + \pi_2 = 1$ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของความน่าจะเป็น

จากตัวอย่างที่ 8.2 สามารถหาความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในระยะยาว หรือสถานะคงที่ได้ดังนี้

กำหนดให้ π_1 คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสถานะคงที่
 π_2 คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสถานะคงที่

และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะคือ $P = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จะได้

$$[\pi_1 \quad \pi_2] = [\pi_1 \quad \pi_2] \times \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 \\ 0.2 & 0.8 \end{bmatrix}$$

ทั้งนี้จากผลการคูณของเมทริกซ์จะได้ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในสถานะคงที่ดังนี้

$$\pi_1 = 0.7\pi_1 + 0.2\pi_2 \quad \dots (8.9)$$

$$\pi_2 = 0.3\pi_1 + 0.8\pi_2 \quad \dots (8.10)$$

$$\text{และ} \quad \pi_1 + \pi_2 = 1 \quad \dots (8.11)$$

ซึ่งสามารถแก้สมการได้ดังนี้

จากสมการที่ 8.11 ย้ายข้างเพื่อหาค่า π_1 จะได้

$$\pi_1 = 1 - \pi_2 \quad \dots (8.12)$$

แทนสมการที่ 8.12 ลงในสมการที่ 8.10 เพื่อหาค่า π_2 จะได้

$$\pi_2 = 0.3(1 - \pi_2) + 0.8\pi_2$$

$$\pi_2 = 0.3 - 0.3\pi_2 + 0.8\pi_2$$

$$\pi_2 = 0.3 + 0.5\pi_2$$

$$\pi_2 = \frac{0.3}{0.5} = 0.6$$

แทนค่า $\pi_2 = 0.6$ ลงในสมการที่ 8.12 เพื่อหาค่า π_1 จะได้

$$\pi_1 = 1 - \pi_2 = 1 - 0.6 = 0.4$$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่เท่ากับ $[\pi_1 \quad \pi_2] = [0.4 \quad 0.6]$ จึงสรุปได้ว่า ในระยะยาวความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A เท่ากับ 0.40 หรือ 40% และโอกาสที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B เท่ากับ 0.60 หรือ 60% โดยผลรวมของโอกาสที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B จะมีค่าเท่ากับหนึ่ง (0.40 + 0.60)

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่ดังตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A จะลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B กลับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงช่วงเวลาหนึ่ง หรือคุณภาพแล้ว ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B จะเท่ากับ 0.40 และ 0.60 ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงช่วงเวลาตั้งแต่ปัจจุบันไปจนถึงคุณภาพได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8.8 ความน่าจะเป็นของสถานะในระยะยาวของน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B

สัปดาห์	ความน่าจะเป็นของสถานะ		สัปดาห์	ความน่าจะเป็นของสถานะ	
	A	B		A	B
0	0.700000	0.300000	11	0.400146	0.599854
1	0.550000	0.450000	12	0.400073	0.599927
2	0.475000	0.525000	13	0.400037	0.599963
3	0.437500	0.562500	14	0.400018	0.599982
4	0.418750	0.581250	15	0.400009	0.599991
5	0.409375	0.590625	16	0.400005	0.599995
6	0.404688	0.595313	17	0.400002	0.599998
7	0.402344	0.597656	18	0.400001	0.599999
8	0.401172	0.598828	19	0.400001	0.599999
9	0.400586	0.599414	20	0.400000	0.600000
10	0.400146	0.599707	21	0.400000	0.600000

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 526)

จากตารางที่ 8.8 จึงสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A และยี่ห้อ B เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 20 เป็นต้นไปแล้วจะมีค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่าความน่าจะเป็นของสถานะคงที่

ตัวอย่างที่ 8.4 สถานที่ท่องเที่ยวแห่งหนึ่งมีรีสอร์ท 3 แห่งคือ เดอะรีเวอร์ เดอะเมาน์เทน และเดอะซี จงวิเคราะห์สถานะคงที่ของการเข้าพักรีสอร์ททั้ง 3 แห่งของลูกค้า โดยลูกค้าจะมีพฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงในการเข้าพักในแต่ละรีสอร์ทที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 8.9 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการเข้าพักรีสอร์ททั้ง 3 แห่ง

เดือนนี้	เดือนหน้า		
	เดอะรีเวอร์	เดอะเมาน์เทน	เดอะซี
เดอะรีเวอร์	0.90	0.05	0.05
เดอะเมาน์เทน	0.05	0.85	0.10
เดอะซี	0.10	0.07	0.83

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 635)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแบ่งสถานะออกได้เป็น 3 สถานะคือ เข้าพักที่เดอะรีเวอร์ เข้าพักที่เดอะเมาน์เทน และเข้าพักที่เดอะซี ซึ่งจะสามารถแทนความน่าจะเป็นของสถานะคงที่แต่ละสถานะได้ดังนี้

π_1 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะรีเวอร์ในสถานะคงที่

π_2 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะเมาน์เทนในสถานะคงที่

π_3 คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะซีในสถานะคงที่

$$\text{และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะคือ } P = \begin{bmatrix} 0.90 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.85 & 0.10 \\ 0.10 & 0.07 & 0.83 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จะได้

$$[\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] = [\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3] \times \begin{bmatrix} 0.90 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.85 & 0.10 \\ 0.10 & 0.07 & 0.83 \end{bmatrix}$$

ทั้งนี้จากผลการคูณของเมทริกซ์จะได้ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะรีเวอร์ เดอะเมาน์เทน และเดอะซีในสถานะคงที่ดังนี้

$$\pi_1 = 0.90\pi_1 + 0.05\pi_2 + 0.10\pi_3 \quad \dots (8.13)$$

$$\pi_2 = 0.05\pi_1 + 0.85\pi_2 + 0.07\pi_3 \quad \dots (8.14)$$

$$\pi_3 = 0.05\pi_1 + 0.07\pi_2 + 0.83\pi_3 \quad \dots (8.15)$$

$$\text{และ } \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1 \quad \dots (8.16)$$

ซึ่งสามารถแก้สมการได้ดังนี้

จากสมการที่ 8.13 ดำเนินการจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\begin{aligned}\pi_1 - 0.90\pi_1 - 0.05\pi_2 - 0.10\pi_3 &= 0 \\ 0.10\pi_1 - 0.05\pi_2 - 0.10\pi_3 &= 0\end{aligned}\quad \dots (8.17)$$

จากสมการที่ 8.14 ดำเนินการจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\begin{aligned}\pi_2 - 0.05\pi_1 - 0.85\pi_2 - 0.07\pi_3 &= 0 \\ -0.05\pi_1 + 0.15\pi_2 - 0.07\pi_3 &= 0\end{aligned}\quad \dots (8.18)$$

จากสมการที่ 8.15 ดำเนินการจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\begin{aligned}\pi_3 - 0.05\pi_1 - 0.07\pi_2 - 0.83\pi_3 &= 0 \\ -0.05\pi_1 - 0.07\pi_2 + 0.17\pi_3 &= 0\end{aligned}\quad \dots (8.19)$$

จากสมการที่ 8.16 ย้ายข้างเพื่อหาค่า π_1 จะได้

$$\pi_1 = 1 - \pi_2 - \pi_3 \quad \dots (8.20)$$

แทนสมการที่ 8.20 ลงในสมการที่ 8.17 จะได้

$$\begin{aligned}0.10(1 - \pi_2 - \pi_3) - 0.05\pi_2 - 0.10\pi_3 &= 0 \\ 0.10 - 0.10\pi_2 - 0.10\pi_3 - 0.05\pi_2 - 0.10\pi_3 &= 0 \\ 0.10 - 0.15\pi_2 - 0.20\pi_3 &= 0 \\ 0.15\pi_2 &= 0.10 - 0.20\pi_3\end{aligned}$$

ดังนั้น $\pi_2 = \frac{0.10}{0.15} - \frac{0.20}{0.15}\pi_3 \quad \dots (8.21)$

แทนสมการที่ 8.20 ลงในสมการที่ 8.18 จะได้

$$\begin{aligned}-0.05(1 - \pi_2 - \pi_3) + 0.15\pi_2 - 0.07\pi_3 &= 0 \\ -0.05 + 0.05\pi_2 + 0.05\pi_3 + 0.15\pi_2 - 0.07\pi_3 &= 0 \\ -0.05 + 0.20\pi_2 - 0.02\pi_3 &= 0 \\ 0.20\pi_2 &= 0.05 + 0.02\pi_3\end{aligned}$$

ดังนั้น $\pi_2 = \frac{0.05}{0.20} + \frac{0.02}{0.20}\pi_3 \quad \dots (8.22)$

จากสมการที่ 8.21 และ 8.22 จะได้

$$\begin{aligned}\frac{0.10}{0.15} - \frac{0.20}{0.15}\pi_3 &= \frac{0.05}{0.20} + \frac{0.02}{0.20}\pi_3 \\ \frac{0.10}{0.15} - \frac{0.05}{0.20} &= \frac{0.02}{0.20}\pi_3 + \frac{0.20}{0.15}\pi_3 \\ 0.6667 - 0.25 &= 0.1\pi_3 + 1.3333\pi_3\end{aligned}$$

$$\pi_3 = \frac{0.4167}{1.4333} = 0.2907$$

แทนค่า $\pi_3 = 0.2907$ ลงในสมการที่ 8.22 เพื่อหา π_2 จะได้

$$\pi_2 = 0.25 + 0.1(0.2907) = 0.25 + 0.02907 = 0.2791$$

แทนค่า $\pi_3 = 0.2907$ และ $\pi_2 = 0.2791$ ลงในสมการที่ 8.20 เพื่อหา π_1 จะได้

$$\pi_1 = 1 - 0.2791 - 0.2907 = 0.4302$$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่คือ

$$[\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3] = [0.4302 \ 0.2791 \ 0.2907]$$

จากผลการวิเคราะห์มาร์คอฟเพื่อหาความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จึงสรุปได้ว่าในระยะยาวความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะรีเวอร์เท่ากับ 0.4302 หรือ 43.02% ส่วนโอกาสที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะเมาน์เทนเท่ากับ 0.2791 หรือ 27.91% และโอกาสที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะซีเท่ากับ 0.2907 หรือ 29.07% โดยผลรวมของโอกาสที่ลูกค้าจะเข้าพักที่เดอะรีเวอร์ เดอะเมาน์เทน และเดอะซีจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง ($0.4302 + 0.2791 + 0.2907$)

ตัวอย่างที่ 8.5 บริษัทผู้ผลิตสินค้าแห่งหนึ่งทำการตรวจสอบเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตทุกวัน เพื่อทำการบำรุงรักษา โดยภายหลังทำการตรวจสอบแบ่งเครื่องจักรออกเป็น 4 กลุ่มคือ ต้องซ่อมแซม ใช้งานได้ดี ใช้งานได้ปกติ และใช้งานไม่ได้ ทั้งนี้หากเครื่องจักรใช้งานไม่ได้จะทำให้บริษัทต้องหยุดผลิตเป็นเวลา 1 วัน โดยมีต้นทุนเฉลี่ย 7,000 บาท และหากต้องซ่อมแซมเครื่องจักรบริษัทจะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 10,000 บาท (รวมต้นทุนที่หยุดผลิตและค่าซ่อมแซม) จึงวิเคราะห์สถานะคงที่ของเครื่องจักร โดยมีความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรจะถูกจัดอยู่ในแต่ละกลุ่มดังนี้

ตารางที่ 8.10 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องจักร

วันนี้	วันพรุ่งนี้			
	ต้องซ่อมแซม	ใช้งานได้ดี	ใช้งานได้ปกติ	ใช้งานไม่ได้
ต้องซ่อมแซม	0.00	0.70	0.30	0.00
ใช้งานได้ดี	0.00	0.40	0.60	0.00
ใช้งานได้ปกติ	0.00	0.00	0.40	0.60
ใช้งานไม่ได้	1.00	0.00	0.00	0.00

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 810)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถแบ่งสถานะของเครื่องจักรออกได้เป็น 4 สถานะคือ ต้องซ่อมแซม ใช้งานได้ดี ใช้งานได้ปกติ และใช้งานไม่ได้ ซึ่งจะสามารถแทนความน่าจะเป็นของสถานะคงที่แต่ละสถานะได้ดังนี้

π_1 คือความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรต้องซ่อมแซมในสถานะคงที่

π_2 คือความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรใช้งานได้ดีในสถานะคงที่

π_3 คือความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรใช้งานได้ปกติในสถานะคงที่

π_4 คือความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรใช้งานไม่ได้ในสถานะคงที่

$$\text{และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะคือ } P = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.7 & 0.3 & 0.0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จะได้

$$[\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3 \quad \pi_4] = [\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3 \quad \pi_4] \times \begin{bmatrix} 0.0 & 0.7 & 0.3 & 0.0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.5 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

ทั้งนี้จากผลการคูณของเมทริกซ์จะได้ความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรต้องซ่อมแซม ใช้งานได้ดี ใช้งานได้ปกติ และใช้งานไม่ได้ในสถานะคงที่ดังนี้

$$\pi_1 = \pi_4 \quad \dots (8.23)$$

$$\pi_2 = 0.7\pi_1 + 0.5\pi_2 \quad \dots (8.24)$$

$$\pi_3 = 0.3\pi_1 + 0.5\pi_2 + 0.4\pi_3 \quad \dots (8.25)$$

$$\pi_4 = 0.6\pi_3 \quad \dots (8.26)$$

$$\text{และ } \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1 \quad \dots (8.27)$$

ซึ่งสามารถแก้สมการได้ดังนี้

จากสมการที่ 8.24 ดำเนินการจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\pi_2 - 0.5\pi_2 = 0.7\pi_1$$

$$0.5\pi_2 = 0.7\pi_1$$

$$\text{ดังนั้น } \pi_2 = \frac{0.7}{0.5} \pi_1 \quad \text{หรือ} \quad \pi_2 = \frac{0.7}{0.5} \pi_4 \quad \dots (8.28)$$

แทนสมการที่ 8.28 ลงในสมการที่ 8.25 จะได้

$$\pi_3 - 0.4\pi_3 = 0.3\pi_1 + 0.5\left(\frac{0.7}{0.5} \pi_1\right)$$

$$0.6\pi_3 = 0.3\pi_1 + 0.7\pi_1$$

ดังนั้น $\pi_3 = \frac{1}{0.6} \pi_1$ หรือ $\pi_3 = \frac{1}{0.6} \pi_4$... (8.29)

แทนค่าสมการที่ 8.28 และ 8.29 ลงในสมการที่ 8.27 จะได้

$$\begin{aligned}\pi_4 + \frac{0.7}{0.5} \pi_4 + \frac{1}{0.6} \pi_4 + \pi_4 &= 1 \\ 2\pi_4 + 1.4\pi_4 + 1.67\pi_4 &= 1 \\ \pi_4 &= \frac{1}{5.07} = 0.197\end{aligned}$$

ดังนั้น $\pi_1 = \pi_4 = 0.1972$ และแทนค่าลงในสมการที่ 8.28 เพื่อหา π_2 จะได้

$$\pi_2 = \frac{0.7}{0.5} (0.197) = 0.276$$

แทนค่า $\pi_4 = 0.1972$ ลงในสมการที่ 8.29 เพื่อหา π_3 จะได้

$$\pi_3 = \frac{1}{0.6} (0.197) = 0.329$$

ดังนั้นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่คือ

$$[\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] = [0.197 \ 0.276 \ 0.329 \ 0.197]$$

จากผลการวิเคราะห์มาร์คอฟเพื่อหาความน่าจะเป็นของสถานะคงที่จึงสรุปได้ว่าในระยะยาวความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่เครื่องจักรต้องซ่อมแซมเท่ากับ 0.197 หรือ 19.70% โอกาสที่เครื่องจักรใช้งานได้ดีเท่ากับ 0.276 หรือ 27.60% โอกาสที่เครื่องจักรใช้งานได้ปกติเท่ากับ 0.329 หรือ 32.90% และโอกาสที่เครื่องจักรใช้งานไม่ได้เท่ากับ 0.197 หรือ 19.70% โดยผลรวมของโอกาสที่เครื่องจักรต้องซ่อมแซม ใช้งานได้ดี ใช้งานได้ปกติ และใช้งานไม่ได้จะมีค่าเท่ากับหนึ่ง ($0.197 + 0.276 + 0.329 + 0.197$)

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนที่บริษัทจะต้องจ่ายในการซ่อมแซมเครื่องจักรทั้งในกรณีที่เครื่องจักรใช้งานไม่ได้และเครื่องจักรต้องซ่อมแซมดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุน} &= (\pi_1 \times 7,000) + (\pi_4 \times 10,000) \\ &= (0.197 \times 7,000) + (0.197 \times 10,000) = 1,379 + 1,970 = 3,349 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในระยะยาวบริษัทจะมีต้นทุนที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3,349 บาท

การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืน

จากการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟอาจประสบปัญหาในกรณีที่เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากเมทริกซ์ทั่วไปคือ ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสถานะใดสถานะหนึ่งในเมทริกซ์มีค่าเท่ากับหนึ่ง ส่วนความน่าจะเป็นในการ

เปลี่ยนแปลงสถานะของสถานะอื่นในเมทริกซ์มีค่าเท่ากับศูนย์ กล่าวคือเมื่ออยู่ในสถานะใดๆ ที่ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะมีค่าเท่ากับหนึ่ง หรือคงสถานะเดิมแล้ว จะไม่มีโอกาสที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสถานะอื่นได้อีก ซึ่งเรียกสถานะที่มีลักษณะเช่นนี้ว่าสถานะดูดกลืน (Absorbing state) และมีตัวอย่างเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะดูดกลืนดังนี้ (Sharma, 2017 : 665)

$$P = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.25 & 0.50 & 0.25 \\ 0.60 & 0.20 & 0.20 \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ดูดกลืนจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะมาอยู่ที่สถานะที่ 1 จะไม่สามารถเปลี่ยนจากสถานะที่ 1 ไปเป็นสถานะที่ 2 และสถานะที่ 3 ได้ ซึ่งความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะที่ 1 ไปเป็นสถานะที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1 จึงกล่าวได้ว่าหากอยู่ในสถานะที่ 1 แล้วจะไม่มีเปลี่ยนแปลงใดๆ อีกต่อไป

ทั้งนี้การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืนส่วนใหญ่จะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในการจัดการลูกหนี้ ซึ่งเป็นการจัดการกับลูกหนี้การค้าของธุรกิจ โดยแบ่งประเภทของลูกหนี้ตามระยะเวลาในการชำระหนี้ อย่างไรก็ตาม การแบ่งประเภทของลูกหนี้จะแตกต่างกันตามนโยบายการให้สินเชื่อแก่ลูกหนี้การค้าในแต่ละธุรกิจ และการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืนจะช่วยให้ธุรกิจสามารถทราบถึงโอกาส รวมไปถึงจำนวนเงินที่จะได้รับการชำระคืนหรือเป็นหนี้สูญในระยะยาวได้ อันจะก่อให้เกิดการบริหารจัดการและวางแผนทางการเงินได้อย่างเหมาะสม

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะดูดกลืนเป็นการคำนวณเกี่ยวกับเมทริกซ์ในลักษณะพิเศษ จึงต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางด้านเมทริกซ์เพิ่มเติมดังนี้

1. การหาดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant) เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในเมทริกซ์จัตุรัส และจะแทนดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ A ด้วยสัญลักษณ์ $\det(A)$ หรือ $|A|$ ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

สมมติให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด 2×2 ดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ A จะคำนวณได้จากผลคูณทแยงลงลบผลคูณทแยงขึ้นดังนี้

$$|A| = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12}$$

2. การหาอินเวอร์สของเมทริกซ์ (Inverse matrix) ในที่นี้จะใช้การคูณเมทริกซ์ ซึ่งเมทริกซ์ที่จะสามารถหาอินเวอร์สเมทริกซ์ได้นั้นค่าดีเทอร์มิแนนต์จะต้องไม่เท่ากับศูนย์ และจะแทนอินเวอร์สของเมทริกซ์ A ด้วยสัญลักษณ์ A^{-1} ทั้งนี้ผลคูณของเมทริกซ์และอินเวอร์สของเมทริกซ์จะเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ดังนี้

$$AA^{-1} = A^{-1}A = I$$

สำหรับการหาอินเวอร์สของเมทริกซ์ขนาด 2×2 จะคำนวณได้ดังนี้

จาก
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

ดังนั้นอินเวอร์สของเมทริกซ์ A จะได้

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{a_{22}}{|A|} & \frac{-a_{12}}{|A|} \\ \frac{-a_{21}}{|A|} & \frac{a_{11}}{|A|} \end{bmatrix} \quad \text{หรือ} \quad A^{-1} = \frac{1}{|A|} \begin{bmatrix} a_{22} & -a_{12} \\ -a_{21} & a_{11} \end{bmatrix}$$

อย่างไรก็ตาม หากเมทริกซ์มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีวิธีการในการคำนวณทั้งดีเทอร์มิแนนต์และอินเวอร์สของเมทริกซ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทนี้

ตัวอย่างที่ 8.6 บริษัทเสรีภาพ จำกัด มีการจัดการลูกหนี้การค้า โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งพิจารณาจากการค้างชำระเงินที่นานที่สุดของลูกหนี้แต่ละรายดังนี้

สถานะที่ 1 หรือ π_1 คือชำระเงินแล้ว

สถานะที่ 2 หรือ π_2 คือหนี้สูญ (ค้างชำระเงินเกิน 3 เดือน)

สถานะที่ 3 หรือ π_3 คือค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือน

สถานะที่ 4 หรือ π_4 คือค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือน

ทั้งนี้ลูกหนี้แต่ละรายจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง หรืออยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งในแต่ละเดือนข้างต้น และมีเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะของลูกหนี้การค้าในการชำระหนี้คืนบริษัทฯ ดังนี้

$$P = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.4 & 0.0 & 0.3 & 0.3 \\ 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะของบริษัทฯ จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นที่ลูกค้าชำระเงินแล้วในเดือนนี้ (สถานะที่ 1) จะไม่ค้างชำระเงินในเดือนหน้า หรือเป็นสถานะดุดกลืน เช่นเดียวกันกับความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินเกิน 3 เดือน หรือเป็นหนี้สูญแล้วในเดือนนี้ (สถานะที่ 2) ในเดือนหน้าบริษัทฯ จะไม่ทำการติดตามทวงถามอีก ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นในสถานะดุดกลืน เมื่อลูกค้าอยู่ในสถานะที่ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะเท่ากับหนึ่งแล้ว ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสถานะอื่นๆ จึงมีค่าเท่ากับศูนย์

ส่วนความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือนแล้วในเดือนนี้ (สถานะที่ 3) จะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าชำระเงินในเดือนหน้าเท่ากับ 0.4 และจะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงิน

น้อยกว่า 1 เดือนเช่นเดิมในเดือนหน้าเท่ากับ 0.3 รวมไปถึงจะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือนในเดือนหน้าเท่ากับ 0.3 โดยที่จะไม่มีโอกาสที่จะเป็นหนี้สูญได้ในเดือนหน้า เนื่องจากก่อนที่จะเป็นหนี้สูญได้ลูกค้าจะต้องค้างชำระเงินมากกว่า 3 เดือน ซึ่งในเดือนนี้เป็นการค้างชำระเงินไม่เกิน 1 เดือนเท่านั้น ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเป็นหนี้สูญจึงเท่ากับ 0 ในเดือนหน้า นอกจากนี้ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือนแล้วในเดือนนี้ (สถานะที่ 4) จะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าชำระเงินในเดือนหน้าเท่ากับ 0.4 และจะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเป็นหนี้สูญในเดือนหน้าเท่ากับ 0.2 รวมไปถึงจะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือนในเดือนหน้าเท่ากับ 0.3 และจะมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือนเช่นเดิมในเดือนหน้าเท่ากับ 0.1 ซึ่งเรียกสถานะที่ 3 และสถานะที่ 4 ได้ว่าสถานะอื่นที่ไม่ใช่สถานะดูดกลืน

สำหรับการวิเคราะห์ปัญหาลูกหนี้ด้วยตัวแบบมาร์คอฟนี้ จะมุ่งเน้นการวิเคราะห์ว่าในระยะยาวลูกหนี้การค้างชำระของบริษัทฯ จะอยู่ในกลุ่มใดของลูกค้าหนี้และมีจำนวนเงินเท่าใด เพื่อจะนำไปวางแผนการจัดการลูกหนี้การค้างชำระและกระแสเงินสดของบริษัทฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่ ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้ (Anderson et al., 2013 : 781-786)

1. จัดรูปแบบของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$P = \begin{bmatrix} I & O \\ R & Q \end{bmatrix}$$

โดยที่ I คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix) ซึ่งประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะดูดกลืน

O คือเมทริกซ์ศูนย์ (Zero matrix) ซึ่งประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะดูดกลืนไปเป็นสถานะไม่ดูดกลืน

R คือเมทริกซ์ที่ประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะไม่ดูดกลืนไปเป็นสถานะดูดกลืน

Q คือเมทริกซ์ที่ประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะไม่ดูดกลืนไปเป็นสถานะไม่ดูดกลืนอีกสถานะหนึ่ง

จากตัวอย่างที่ 8.6 สามารถจัดเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้

จาก

$$P = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & | & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & | & 0.0 & 0.0 \\ \hline 0.4 & 0.0 & | & 0.3 & 0.3 \\ 0.4 & 0.2 & | & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

ซึ่งจะได้เมทริกซ์ย่อยจำนวน 4 เมทริกซ์ดังนี้

$$I = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad O = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.0 \\ 0.4 & 0.2 \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.3 \\ 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

2. คำนวณหาเมทริกซ์พื้นฐาน (Fundamental matrix) ด้วยการหาอินเวอร์สของเมทริกซ์ผลต่างระหว่างเมทริกซ์เอกลักษณ์กับเมทริกซ์ Q ดังนี้

$$F = (I - Q)^{-1} \quad \dots (8.30)$$

จากตัวอย่างที่ 8.6 สามารถคำนวณหาเมทริกซ์พื้นฐานได้ดังนี้

$$I - Q = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.3 & 0.3 \\ 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.7 & -0.3 \\ -0.3 & 0.9 \end{bmatrix}$$

และ $|I - Q|$ จะได้

$$|I - Q| = \begin{vmatrix} 0.7 & -0.3 \\ -0.3 & 0.9 \end{vmatrix} = (0.7 \times 0.9) - (-0.3 \times -0.3) = 0.54$$

ดังนั้น

$$F = \begin{bmatrix} 0.7 & -0.3 \\ -0.3 & 0.9 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{0.9}{0.54} & \frac{-(-0.3)}{0.54} \\ \frac{-(-0.3)}{0.54} & \frac{0.7}{0.54} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.67 & 0.56 \\ 0.56 & 1.30 \end{bmatrix}$$

ทั้งนี้ในการหาความน่าจะเป็นของสถานะดูดกลืน หรือโอกาสที่ลูกค้าจะชำระเงินคืนและโอกาสที่ลูกค้าจะเป็นหนี้สูญในระยะยาว ซึ่งจะคำนวณจากผลคูณระหว่างเมทริกซ์พื้นฐานกับเมทริกซ์ R ดังนี้

$$F \times R = \begin{bmatrix} 1.67 & 0.56 \\ 0.56 & 1.30 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.4 & 0.0 \\ 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (1.67 \times 0.4) + (0.56 \times 0.4) & (1.67 \times 0.0) + (0.56 \times 0.2) \\ (0.56 \times 0.4) + (1.30 \times 0.4) & (0.56 \times 0.0) + (1.30 \times 0.2) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.89 & 0.11 \\ 0.74 & 0.26 \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ FR สามารถอธิบายได้ว่าในกรณีที่ลูกค้าอยู่ในกลุ่มที่ค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือน (สถานะที่ 3) จะมีโอกาสที่ลูกค้าจะชำระเงินคืนเท่ากับ 0.89 และมีโอกาสที่ลูกค้าจะไม่ชำระ

เงินคืนหรือเป็นหนี้สูญเท่ากับ 0.11 ส่วนในกรณีที่ลูกค้าอยู่ในกลุ่มที่ค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไป แต่ไม่เกิน 3 เดือน (สถานที่ 4) จะมีโอกาสที่ลูกค้าจะชำระเงินคืนเท่ากับ 0.74 และมีโอกาสที่ลูกค้าจะไม่ชำระเงินคืนหรือเป็นหนี้สูญเท่ากับ 0.261

ดังนั้นจากตัวอย่างที่ 8.6 หากบริษัทเสรีภาพ จำกัด มียอดลูกหนี้การค้าจำนวน 10,000 บาท โดยแบ่งเป็นลูกค้าที่ค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือน จำนวน 3,000 บาทและลูกค้าที่ค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือน จำนวน 7,000 บาท ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$D = [3,000 \quad 7,000]$$

และสามารถคำนวณจำนวนเงินที่จะได้รับชำระคืนและไม่ได้ชำระคืนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} DFR &= [3,000 \quad 7,000] \times \begin{bmatrix} 0.89 & 0.11 \\ 0.74 & 0.26 \end{bmatrix} \\ &= [7,850 \quad 2,150] \end{aligned}$$

จากข้อมูลข้างต้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทฯ มีโอกาสที่จะได้รับชำระเงินคืนจำนวน 7,850 บาท และมีโอกาสที่จะเป็นหนี้สูญจำนวน 2,150 บาท ซึ่งจากการวิเคราะห์นี้สามารถลงบันทึกบัญชี ยอดลูกหนี้การค้าจำนวน 7,850 บาท และตั้งค่าเผื่อหนี้สงสัยจะสูญจำนวน 2,150 บาทได้

บทสรุป

ตัวแบบมาร์คอฟเป็นวิธีการเชิงปริมาณที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการพยากรณ์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หรือสถานะต่างๆ ขึ้นในอนาคต โดยอาศัยความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะ และความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟจะมี 3 องค์ประกอบ คือ สถานะของตัวแปร ความน่าจะเป็นในการเกิดสถานะ และความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ รวมไปถึงมีเงื่อนไขที่สำคัญ คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจะไม่เปลี่ยนแปลงหรือกล่าวได้ว่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะเป็นเมทริกซ์เดิมตลอดการวิเคราะห์

ทั้งนี้การพยากรณ์ด้วยตัวแบบมาร์คอฟสามารถพิจารณาได้ 2 รูปแบบ คือการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาตามความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะเป็นของสถานะในช่วงเวลาที่สนใจในระยะสั้น และการพิจารณาในระยะยาวที่เป็น การคำนวณหาความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ หรือดุลยภาพ ซึ่งเป็นการอธิบายสถานะต่างๆ ว่าจะมีการดำเนินต่อไปอย่างไรและเหมือนในอดีตหรือไม่ ทั้งนี้ตัวแบบมาร์คอฟสามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้หลายด้าน เช่น ด้านการตลาดในประเด็นการประเมินส่วนแบ่งทางการตลาดในอนาคต และด้านการผลิตในประเด็นของการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิต รวมไปถึงด้านการบริหารทรัพยากรมนุษย์ และด้านการบริหารจัดการลูกหนี้ที่มีลักษณะสถานะดูตกเป็นต้น

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8

1. จากการพยากรณ์ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ พบว่าหากวันนี้ดัชนีราคาฯ ปรับตัวลดลงจะมีโอกาสร้อยละ 60 ที่วันพรุ่งนี้ดัชนีราคาฯ จะปรับตัวเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากวันนี้ดัชนีราคาฯ ปรับตัวเพิ่มขึ้นจะมีโอกาสร้อยละ 70 ที่วันพรุ่งนี้ดัชนีราคาฯ จะปรับตัวลดลง และถ้าวันนี้มีโอกาสร้อยละ 50 ที่ดัชนีราคาฯ ปรับตัวลดลง จงหาโอกาสที่ดัชนีราคาฯ จะปรับตัวลดลงในวันพรุ่งนี้ และในวันมะรืน

2. ผู้ผลิตชาเขียวยี่ห้ออร่อยดี มีคู่แข่งที่สำคัญคือ ชาเขียวยี่ห้ออร่อยจัง โดยในปัจจุบันชาเขียวยี่ห้ออร่อยดีมีส่วนแบ่งทางการตลาดมากกว่าอีกหนึ่งยี่ห้ออยู่ 20% จงวิเคราะห์ว่าส่วนแบ่งทางการตลาดของชาเขียวทั้ง 2 ยี่ห้อจะเป็นเท่าใดในอีก 2 สัปดาห์ข้างหน้า โดยมีตารางความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะดังนี้

สัปดาห์นี้	สัปดาห์หน้า	
	ชาเขียวยี่ห้ออร่อยดี	ชาเขียวยี่ห้ออร่อยจัง
ชาเขียวยี่ห้ออร่อยดี	0.60	0.40
ชาเขียวยี่ห้ออร่อยจัง	0.20	0.80

3. อุตสาหกรรมเทคโนโลยีมีผู้ผลิตสื่อสังคมออนไลน์รายใหญ่อยู่ 3 แพลตฟอร์มคือ เฟซบุ๊ก ทวิตเตอร์ และไลน์ โดยพฤติกรรมของผู้ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมใช้ทวิตเตอร์มากกว่าเฟซบุ๊กอยู่ร้อยละ 20 และใช้ไลน์น้อยกว่าเฟซบุ๊กอยู่ร้อยละ 10 ทั้งนี้จากการที่มหาเศรษฐีโลกได้เข้าซื้อกิจการของทวิตเตอร์มีส่วนทำให้ผู้ใช้มีความกังวลต่อการใช้มากขึ้น และจากการสำรวจผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ พบว่าผู้ใช้ทวิตเตอร์จะเปลี่ยนไปใช้เฟซบุ๊กร้อยละ 20 และไลน์ร้อยละ 15 ในสัปดาห์ถัดไป ส่วนผู้ใช้เฟซบุ๊กจะเปลี่ยนไปใช้ทวิตเตอร์ร้อยละ 5 และไลน์ร้อยละ 5 ในสัปดาห์ถัดไป สำหรับผู้ใช้ไลน์จะเปลี่ยนไปใช้ทวิตเตอร์ร้อยละ 10 และเฟซบุ๊กร้อยละ 10 ในสัปดาห์ถัดไป จงวิเคราะห์โอกาสที่ผู้ใช้บริการทั้ง 3 แพลตฟอร์มเป็นเท่าใดในแต่ละสัปดาห์จำนวน 3 สัปดาห์

4. บริษัทนำเที่ยวต่างประเทศทำการสำรวจนักท่องเที่ยวชาวไทย พบว่าส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวจะเลือกไปเที่ยวยังประเทศญี่ปุ่น และประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลนักท่องเที่ยวจำนวน 100 คน มีนักท่องเที่ยวจำนวน 75 คนที่จะเลือกไปเที่ยวประเทศญี่ปุ่นซ้ำในเดือนหน้า และมีนักท่องเที่ยวจำนวน 60 คนที่จะเลือกไปเที่ยวประเทศเกาหลีใต้ซ้ำในเดือนหน้า จงวิเคราะห์

4.1 ถ้าหากปัจจุบันนักท่องเที่ยว รายหนึ่งเลือกไปเที่ยวประเทศญี่ปุ่นอย่างเดียว จงหาความน่าจะเป็นที่นักท่องเที่ยว รายนี้จะเปลี่ยนไปเที่ยวประเทศเกาหลีใต้ในอีก 4 เดือนข้างหน้า

4.2 ถ้าหากปัจจุบันนักท่องเที่ยว รายหนึ่งเลือกไปเที่ยวประเทศเกาหลีใต้อย่างเดียว จงหาความน่าจะเป็นที่นักท่องเที่ยว รายนี้จะเปลี่ยนไปเที่ยวประเทศญี่ปุ่นในอีก 4 เดือนข้างหน้า

4.3 บริษัทควรดำเนินการวางแผนการนำเที่ยวของแต่ละประเทศในระยะยาวอย่างไร

5. จากการสำรวจตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ 3 ยี่ห้อคือ หุ่นดี หุ่นเปรี้ยว และหุ่นปัง จงวิเคราะห์ส่วนแบ่งทางการตลาดอาหารเพื่อสุขภาพของทั้ง 3 ยี่ห้อในระยะยาว และในอีก 2 วันข้างหน้าถ้าหากในปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพยี่ห้อหุ่นดีมีส่วนแบ่งทางการตลาด 30% ส่วนยี่ห้อหุ่นเปรี้ยวมีส่วนแบ่งทางการตลาด 20% และอีกส่วนแบ่งทางการตลาด 50% เป็นของยี่ห้อหุ่นปัง โดยลูกค้าจะมีพฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงในการเลือกอาหารเพื่อสุขภาพที่แตกต่างกันดังนี้

จาก	เป็น		
	หุ่นดี	หุ่นเปรี้ยว	หุ่นปัง
หุ่นดี	0.70	0.20	0.10
หุ่นเปรี้ยว	0.30	0.50	0.20
หุ่นปัง	0.30	0.30	0.40

6. รัฐบาลเปิดประมูลสัมปทานคลื่นความถี่ โดยมีบริษัทเอ บริษัทดี และบริษัทที ที่เข้าทำการประมูล ทั้งนี้รัฐบาลจะทำสัญญาให้สัมปทานแบบปีต่อปีกับบริษัทที่ชนะการประมูล และหลังจากครบหนึ่งปี จะต้องทำการประมูลใหม่ทุกครั้ง โดยมีตารางความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะดังนี้

ปีนี้	ปีหน้า		
	บริษัทเอ	บริษัทดี	บริษัทที
บริษัทเอ	0.80	0.05	0.15
บริษัทดี	0.20	0.60	0.20
บริษัทที	0.15	0.15	0.70

จากข้อมูลข้างต้นจงวิเคราะห์ว่าในระยะยาวบริษัทแต่ละบริษัทจะมีโอกาสเท่าใดที่จะได้รับสัมปทานคลื่นความถี่จากรัฐบาล

7. โรงงานกลั่นน้ำมันแห่งหนึ่งใช้แท่นขุดเจาะน้ำมันมาเป็นระยะเวลานานเป็นผลทำให้แท่นขุดเจาะน้ำมันขัดข้องอยู่บ่อยครั้ง วิศวกรจึงได้ทำการตรวจสอบแท่นขุดเจาะน้ำมัน และแบ่งออกสถานะของแท่นขุดเจาะน้ำมันเป็น 3 สถานะคือ ใช้งานได้ ขัดข้อง และใช้งานไม่ได้ โดยมีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของแท่นขุดเจาะน้ำมันดังนี้

วันนี้	พรุ่งนี้		
	ใช้งานได้	ขัดข้อง	ใช้งานไม่ได้
ใช้งานได้	0.80	0.15	0.05
ขัดข้อง	0.00	0.70	0.30
ใช้งานไม่ได้	1.00	0.00	0.00

จากข้อมูลข้างต้นถ้าวันนี้มีโอกาสร้อยละ 85 ที่แท่นขุดเจาะน้ำมันใช้งานได้ และมีโอกาสขัดข้องร้อยละ 10 จงวิเคราะห์ว่าในอีก 2 วันข้างหน้าจะมีโอกาสเท่าใดที่แท่นขุดเจาะน้ำมันจะยังใช้งานได้ และในระยะยาวจะมีโอกาสเท่าใดที่แท่นขุดเจาะน้ำมันจะใช้งานได้ ขัดข้อง และใช้งานไม่ได้

8. คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยทำการสอบนักศึกษาจุฬินพนธ์เพื่อสำเร็จการศึกษา และให้โอกาสกับนักศึกษาที่สอบไม่ผ่าน โดยสามารถสอบแก้ตัวได้ไม่เกิน 3 ครั้ง ซึ่งถ้าหากไม่ผ่านจะพ้นสภาพการเป็นนักศึกษา ดังนั้นสถานะของนักศึกษาจึงแบ่งออกได้เป็น 4 สถานะคือ สอบผ่าน พ้นสภาพ (สอบไม่ผ่าน 3 ครั้ง) สอบไม่ผ่านในครั้งแรก และสอบไม่ผ่านในครั้งที่สอง จงวิเคราะห์ว่าจะมีนักศึกษาที่สอบผ่านและพ้นสภาพ หากในการสอบครั้งนี้มีนักศึกษาจำนวน 250 คนที่สอบไม่ผ่านในครั้งแรก และสอบไม่ผ่านในครั้งที่สองอีกจำนวน 50 คน โดยมีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของนักศึกษาดังนี้

สถานะ	สถานะ			
	สอบผ่าน	พ้นสภาพ	ไม่ผ่าน 1	ไม่ผ่าน 2
สอบผ่าน	1.00	0.00	0.00	0.00
พ้นสภาพ	0.00	1.00	0.00	0.00
ไม่ผ่าน 1	0.80	0.00	0.10	0.10
ไม่ผ่าน 2	0.20	0.20	0.40	0.20

เอกสารอ้างอิง

- ชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2558). การวิเคราะห์เครือข่ายงานและตัวแบบมาร์คอฟ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 5**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 5-1 – 5-72. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ประภาศรี พงศ์ธนาพานิช และชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์. (2559). การวิเคราะห์มาร์คอฟ. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 14**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 14-1 – 14-79. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์. (2556). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณ**.
อุดรธานี: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- สุปัญญา ไชยชาญ. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Bhunia, A. K., Sahoo, L., & Shaikh, A. A. (2019). **Advanced optimization and operations research**. Singapore: Springer.
- Carter, M. W., Price, C. C., & Rabadi, G. (2019). **Operations research: A practical introduction**. 2nd ed. Florida: CRC Press.
- Kirkwood, J. R. (2015). **Markov processes**. Florida: CRC Press.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.
- Stewart, W. J. (2009). **Probability, Markov Chains, Queues, and Simulation: The mathematical basis of performance modeling**. New Jersey: Princeton University Press.
- Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.
- Vohra, N. D. (2017). **Quantitative techniques in management**. 5th ed. Chennai, India: McGraw-Hill Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9

ตัวแบบแถวคอย

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ลักษณะของตัวแบบแถวคอย
2. องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย
 - 2.1 ผู้เข้ามาใช้บริการ
 - 2.2 ผู้ให้บริการ
 - 2.3 รูปแบบการให้บริการ
3. ต้นทุนของแถวคอย
4. การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐาน
 - 4.1 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียว
 - 4.2 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดความยาวของ

แถวคอย

- 4.3 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดจำนวนประชากร
- 4.4 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง
- 4.5 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการ

คงที่

- 4.6 ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการ

มีการแจกแจงแบบทั่วไป

5. การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจ
6. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 9 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและองค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย ต้นทุนของแถวคอย รวมไปถึงรูปแบบการให้บริการ ลักษณะของผู้เข้ามาใช้บริการและผู้ให้บริการ ตลอดจนสูตรในการคำนวณและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐานทั้ง 6 ตัวแบบได้

2. สามารถวิเคราะห์ตัวแบบแถวค้อยพื้นฐาน พร้อมทั้งเลือกใช้สูตรในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง และสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวค้อย รวมไปถึงต้นทุนของแถวค้อยได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวค้อยพื้นฐาน และต้นทุนของแถวค้อยได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับลักษณะและองค์ประกอบของตัวแบบแถวค้อย ต้นทุนของแถวค้อย รวมไปถึงการวิเคราะห์ตัวแบบแถวค้อยไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจทางธุรกิจภายใต้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนรู้

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 9
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 9

ตัวแบบแถวคอย

การรอคอย หรือแถวคอยเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในการดำเนินชีวิตในแต่ละวันของบุคคล โดยการรอคอยจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีผู้เข้ามาใช้บริการมากกว่าความสามารถในการให้บริการของธุรกิจ เช่น การรอคอยเข้ารับการรักษาจากแพทย์ การรอคอยรถโดยสารประจำทาง การรอคอยขึ้นเครื่องบิน การรอคอยเข้ารับบริการที่ธนาคาร หรือการรอคอยชำระสินค้าและค่าบริการ เป็นต้น ทั้งนี้ในทางธุรกิจการรอคอยของลูกค้าเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าเป็นผลต่อการตัดสินใจกลับมาใช้บริการซ้ำ หรือเปลี่ยนไปใช้บริการกับผู้ให้บริการรายอื่นแทนและธุรกิจอาจสูญเสียลูกค้าจากปัญหาการรอคอย เนื่องจากเวลาเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและไม่สามารถเรียกคืนได้ ดังนั้นการลดลงของเวลาจึงเป็นสิ่งสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาการรอคอยนี้ สำหรับการวิเคราะห์ปัญหาการรอคอยที่นำมาประยุกต์ใช้ทางธุรกิจ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างการให้บริการของผู้ให้บริการกับการเข้ามาใช้บริการของลูกค้า ด้วยเหตุนี้ธุรกิจบริการที่มีการแข่งขันสูงจึงมุ่งเน้นทั้งความเร็วและคุณภาพในการให้บริการ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจุดในการให้บริการเพื่อเพิ่มความเร็วในการให้บริการ และการเพิ่มคุณภาพในการให้บริการนั้นต่างเป็นต้นทุนของธุรกิจทั้งสิ้น อีกทั้งการเข้ามาใช้บริการของลูกค้ายังมีความไม่แน่นอน ดังนั้นปัญหาแถวคอยจึงไม่ใช่ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งปัญหาในลักษณะนี้สามารถใช้ตัวแบบแถวคอย (Queuing model) ที่เป็นวิธีการเชิงปริมาณมาช่วยในการตัดสินใจในการบริหารจัดการการให้บริการกับลูกค้า หรือปัญหาแถวคอยของผู้บริหารได้อย่างที่เหมาะสม

ลักษณะของตัวแบบแถวคอย

ตัวแบบแถวคอยเป็นตัวแบบที่มุ่งเน้นการจัดการบริการให้เหมาะสมกับความต้องการใช้บริการ ทั้งนี้หากมีจุดให้บริการน้อยกว่าความต้องการใช้บริการของลูกค้าจะทำให้เกิดปัญหาแถวคอยได้ หรือหากมีจุดให้บริการมากกว่าความต้องการใช้บริการของลูกค้าจะทำให้ธุรกิจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการให้บริการหากลูกค้าเข้ามาใช้บริการอย่างสม่ำเสมอด้วยจำนวนที่แน่นอนและทราบถึงระยะเวลาล่วงหน้า ผู้ให้บริการจะสามารถจัดการให้บริการได้อย่างเหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดปัญหาแถวคอย อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์จริงไม่สามารถทราบถึงจำนวน และความสม่ำเสมอของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในแต่ละวันได้ โดยมีตัวอย่างของปัญหาแถวคอยดังนี้

ตารางที่ 9.1 ตัวอย่างปัญหาแถวคอย

สถานการณ์	ผู้รับบริการ	ผู้ให้บริการ
การทำธุรกรรมทางการเงินในธนาคาร	ลูกค้า	พนักงานธนาคาร
การเข้ารับการรักษารักษาในโรงพยาบาล	คนไข้	แพทย์และพยาบาล
การซื้อสินค้าและบริการในห้างสรรพสินค้า	ลูกค้า	แคชเชียร์
การซ่อมบำรุงเครื่องจักร	เครื่องจักร	ช่างซ่อม
การขึ้นและลงของเครื่องบินที่สนามบิน	เครื่องบิน	ลานบิน
การถอนเงินสดจากเครื่องรับจ่ายเงินอัตโนมัติ (ATM)	ผู้ถอนเงินสด	ตู้ ATM
การชำระค่าทางด่วน	รถยนต์	พนักงานเก็บเงิน

ที่มา: ปรับปรุงจาก พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธรรมสภา (2559 : 6)

จากตัวอย่างปัญหาแถวคอยข้างต้น จะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนทั้งในส่วนของผู้รับบริการ และผู้ให้บริการ ดังนั้นลักษณะของตัวแบบแถวคอยโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย (พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธรรมสภา, 2559 : 7)

1. ขนาดประชากรของผู้เข้ามารับบริการ หรือลูกค้า
2. ลักษณะและการแจกแจงของการเข้ามารับบริการของลูกค้า
3. ผู้ให้บริการ หรือหน่วยธุรกิจ
4. รูปแบบในการให้บริการ
5. การแจกแจงของระยะเวลาในการให้บริการ

องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย

จากลักษณะของตัวแบบแถวคอยดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ จึงสรุปองค์ประกอบของตัวแบบแถวคอยได้ 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้ (รัชรินทร์ กุลชาติ, 2558 : 299-303)

1. ผู้เข้ามารับบริการ

ประชากรที่เข้ามารับบริการ หรือลูกค้าจะมีลักษณะและการแจกแจงของการเข้ามารับบริการของลูกค้าที่แตกต่างกันดังนี้

1.1 ขนาดของประชากร โดยขนาดของประชากรสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ประชากรที่มีจำนวนไม่จำกัด กล่าวคือประชากรที่เข้ามารับบริการมีจำนวนมากซึ่งอาจมีค่าเป็นอนันต์ เช่น คนที่ซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้า ผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาที่โรงพยาบาล ลูกค้าที่เข้าไปใช้บริการที่ธนาคาร หรือรถยนต์ที่จะขึ้นทางด่วน เป็นต้น และประชากรที่มีจำนวนจำกัด กล่าวคือ

ประชากรที่เข้ามารับบริการมีจำนวนน้อย หรือนับจำนวนได้ เช่น จำนวนเครื่องจักรของโรงงานที่รอการตรวจซ่อม หรือตู้ ATM ของธนาคารที่รอการซ่อมแซม เป็นต้น ซึ่งมีจำนวนจำกัด และมีความแน่นอน

1.2 ช่องว่างของเวลาที่เข้ามารับบริการของประชากร โดยช่องว่างของเวลา หรือระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการคงที่ กล่าวคือระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการของประชากรสามารถกำหนดได้แน่นอน หรือมีอัตราที่คงที่ เช่น ลูกค้าจะเข้ามาซื้อสินค้าจากร้านสะดวกซื้อทุกๆ 10 นาที หรือการผลิตสินค้าหนึ่งชิ้นใช้เวลา 15 นาที เป็นต้น ซึ่งระยะเวลานั้นมีความแน่นอน และระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการไม่คงที่ กล่าวคือระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการของประชากรมีความไม่แน่นอน หรือมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม และเป็นอิสระต่อกัน เช่น ลูกค้าคนที่สองเข้ามารับบริการห่างจากลูกค้าคนแรกเป็นเวลา 20 นาที และลูกค้าคนที่สามเข้ามารับบริการห่างจากคนที่สองเป็นเวลา 30 นาที เป็นต้น ด้วยความไม่แน่นอนของระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการนี้จึงต้องศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยส่วนใหญ่ระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการแบบสุ่มจะมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) ซึ่งเป็นการกำหนดระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการแบบสุ่มในรูปแบบของจำนวนผู้เข้ามารับบริการเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราการเข้ามารับบริการ (Arrival rate) เช่น ลูกค้าจะเข้ามารับบริการธนาคารชั่วโมงละ 10 คน เป็นต้น และสามารถคำนวณความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามารับบริการจำนวน X คน หรือ $P(X)$ ได้ดังนี้ (Heizer, Render, & Munson, 2017 : 750)

$$P(X) = \frac{e^{-\lambda} (\lambda^X)}{X!} \quad \text{เมื่อ } X = 0, 1, 2, \dots \quad \dots (9.1)$$

โดยที่ X หมายถึงจำนวนผู้เข้ามารับบริการต่อหน่วยเวลา

λ หมายถึงอัตราการเข้ามารับบริการ

e หมายถึงค่าคงที่ และมีค่าประมาณ 2.7183

จากสมการที่ 9.1 หาก $\lambda = 2$ หมายความว่าในการให้บริการหนึ่งจะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ย 2 คนต่อชั่วโมง ทั้งนี้ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้าเข้ามารับบริการ 0 คนต่อชั่วโมงเท่ากับร้อยละ 13 และความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้าเข้ามารับบริการ 4 คนต่อชั่วโมงเท่ากับร้อยละ 9 เป็นต้น ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าโอกาสที่จะมีลูกค้าเข้ามารับบริการมากกว่า 4 คนต่อชั่วโมงนั้นเกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการแบบสุ่มอาจมีการแจกแจงแบบอื่น เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) หรือการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential

distribution) เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปจะพบได้น้อยมากที่ระยะห่างของเวลาในการเข้ามารับบริการแบบสุ่มมีการแจกแจงแบบอื่นที่ไม่ใช่แบบปัวส์ซอง

1.3 พฤติกรรมของผู้เข้ามารับบริการ โดยพฤติกรรมของผู้เข้ามารับบริการสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ผู้เข้ามารับบริการที่มีความอดทน กล่าวคือเมื่อผู้เข้ามารับบริการเข้าอยู่ในแถวคอยแล้วจะอยู่คอยจนกว่าจะใช้บริการแล้วเสร็จ และผู้เข้ามารับบริการที่ไม่มีความอดทน กล่าวคือเมื่อผู้เข้ามารับบริการพบว่ามีความอดทนจะไม่เข้ามารับบริการ รวมไปถึงผู้เข้ามารับบริการจะออกจากแถวคอยก่อนที่จะได้รับบริการ หรือไม่ยอมรอต่อไป

2. ผู้ให้บริการ

ผู้ให้บริการ หรือหน่วยธุรกิจจะมีระยะเวลาในการให้บริการ และลำดับของการให้บริการดังนี้

2.1 ระยะเวลาในการให้บริการ โดยระยะเวลาในการให้บริการเป็นเวลาที่ใช้ไปในการให้บริการกับลูกค้าแต่ละคนสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ระยะเวลาในการให้บริการคงที่ กล่าวคือระยะเวลาในการให้บริการของลูกค้าสามารถกำหนดได้แน่นอน หรือมีอัตราที่คงที่ เช่น ในการผลิตสินค้า 1 ชิ้น เครื่องจักรใช้เวลา 5 นาที หรือตู้จำหน่ายบัตรโดยสารรถไฟใช้เวลา 1 นาทีในการจำหน่ายบัตรฯ 1 ใบ เป็นต้น ซึ่งระยะเวลานั้นมีความแน่นอน และระยะเวลาในการให้บริการไม่คงที่ กล่าวคือระยะเวลาในการให้บริการของลูกค้าสามารถกำหนดได้แน่นอน หรือมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยของแพทย์ในโรงพยาบาล ซึ่งในการรักษาผู้ป่วยแต่ละคนใช้เวลาที่แตกต่างกัน หรือระยะเวลาที่เคชเชียร์คิดเงินค่าสินค้าของลูกค้าแต่ละคนไม่เท่ากัน เนื่องจากลูกค้าแต่ละคนซื้อสินค้าในจำนวนที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยโดยทั่วไประยะเวลาในการให้บริการแบบสุ่มจะมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล และอาจมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งเป็นการกำหนดระยะเวลาในการให้บริการแบบสุ่มในรูปแบบของการให้บริการลูกค้าโดยเฉลี่ยในหนึ่งหน่วยเวลาต่อจำนวนลูกค้า หรืออัตราการให้บริการ (Service rate) เช่น ในหนึ่งชั่วโมงพนักงานเดิมน้ำมันสามารถให้บริการลูกค้าได้ 12 คน เป็นต้น และสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของระยะเวลาที่ใช้ในการบริการจำนวน X นาที หรือชั่วโมง ที่มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล หรือ $P(X)$ ได้ดังนี้ (Heizer et al., 2017 : 752)

$$P(X) = e^{-\mu X} \quad \text{เมื่อ } X \geq 0 \quad \dots (9.2)$$

โดยที่ X หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการบริการ

μ หมายถึงอัตราการให้บริการ

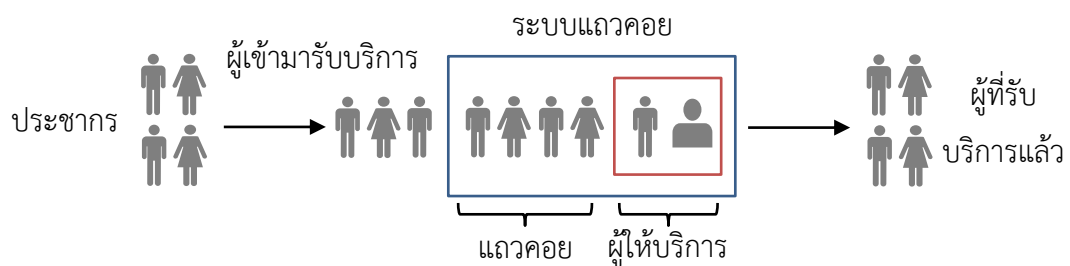
e หมายถึงค่าคงที่ และมีค่าประมาณ 2.7183

จากสมการที่ 9.2 หาก $\mu = 2$ หมายความว่าในหนึ่งชั่วโมงจะสามารถให้บริการลูกค้าโดยเฉลี่ยได้ 2 คน หรือคนละ 30 นาที และจากอัตราการให้บริการเท่ากับ 12 คนต่อชั่วโมง หรือโดยเฉลี่ยแล้วพนักงานเต็มน้ำมันใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าคนละ 5 นาที ทั้งนี้ในการให้บริการอาจให้บริการลูกค้าได้ครั้งละคน หรือครั้งละหลายๆ คน เช่น การให้บริการทดสอบทางด้านภาษา หรือการให้บริการลิปต์ เป็นต้น

2.2 ลำดับการให้บริการ โดยลำดับการให้บริการ หรือกฎเกณฑ์ในการให้บริการลูกค้าแต่ละคน ซึ่งอาจมีหลายวิธีแต่วิธีที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นวิธีการให้บริการสำหรับลูกค้าที่เข้ามารับบริการก่อนจะได้รับบริการก่อน (First in first out: FIFO) ส่วนวิธีอื่นๆ ได้แก่วิธีการให้บริการสำหรับลูกค้าที่เข้ามารับบริการที่หลังจะได้รับบริการก่อน (Last in first out: LIFO) และในกรณีที่ลูกค้ามีความจำเป็นมากกว่าจะได้รับบริการก่อน เช่น การให้บริการรักษาผู้ป่วยที่ต้องพิจารณาถึงความรุนแรงของอาการผู้ป่วย หากผู้ป่วยมีอาการรุนแรงอาจได้รับบริการก่อน เป็นต้น ซึ่งในกรณีเช่นนี้จะเป็นวิธีการให้บริการสำหรับลูกค้าที่มีความจำเป็นมากกว่าจะได้รับบริการก่อน หรือการให้สิทธิพิเศษ (Priority)

3. รูปแบบการให้บริการ

รูปแบบการให้บริการ หรือระบบแถวคอย จะแบ่งการพิจารณาออกเป็นจำนวนหน่วยหรือช่องทางในการให้บริการ และจำนวนขั้นตอนในการให้บริการ รวมไปถึงความยาวของแถวคอย โดยระบบแถวคอยสามารถแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้ (รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์ และพรธิภา องค์กรรักษณ, 2556 : 235; Heizer, Render, & Munson, 2020 : 784-788)

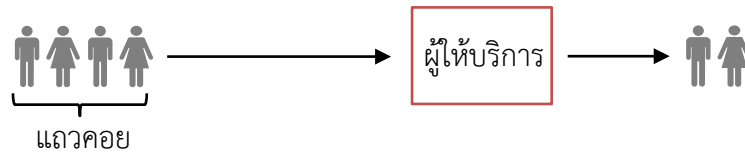


ภาพที่ 9.1 ระบบแถวคอย

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 785)

ทั้งนี้ในการให้บริการอาจมีช่องทางเดียว (Single-channel) หรือหลายช่องทาง (Multi-channel) และในการให้บริการอาจมีขั้นตอนเดียว (Single-phases) หรือหลายขั้นตอน (Multi-phases) ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

3.1 การให้บริการแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว

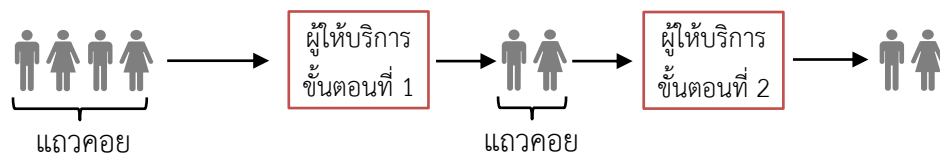


ภาพที่ 9.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 787)

จากภาพที่ 9.2 เป็นการให้บริการที่มีระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว โดยการให้บริการในลักษณะนี้ เช่น การชำระเงินค่าสินค้าในร้านขายของชำ และการใช้บริการตู้ ATM เป็นต้น

3.2 การให้บริการแบบช่องทางเดียว หลายขั้นตอน

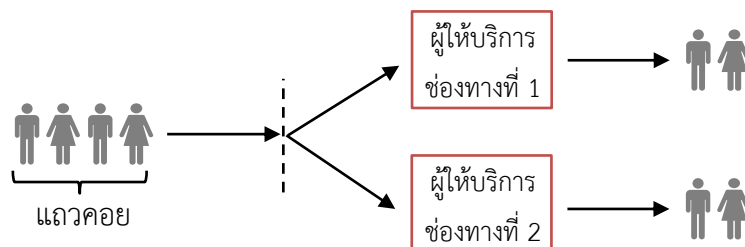


ภาพที่ 9.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว หลายขั้นตอน

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 787)

จากภาพที่ 9.3 เป็นการให้บริการที่มีระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว หลายขั้นตอน โดยการให้บริการในลักษณะนี้ เช่น การซื้ออาหาร หรือเครื่องดื่มแบบขับรถผ่าน (Drive through) การผลิตสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม และการเข้ารับการรักษาจากแพทย์ที่คลินิก เป็นต้น

3.3 การให้บริการแบบหลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว

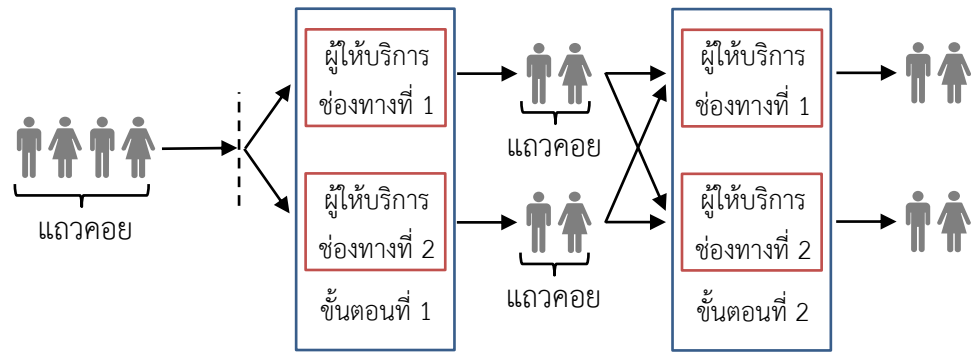


ภาพที่ 9.4 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 787)

จากภาพที่ 9.4 เป็นการให้บริการที่มีระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง ขั้นตอนเดียว โดยการให้บริการในลักษณะนี้ เช่น การซื้อตั๋วชมภาพยนตร์ การใช้บริการธนาคาร การใช้บริการไปรษณีย์ และการชำระค่าสินค้าในร้านสะดวกซื้อ หรือห้างสรรพสินค้า เป็นต้น

3.4 การให้บริการแบบหลายช่องทาง หลายขั้นตอน



ภาพที่ 9.5 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง หลายขั้นตอน

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2020 : 787)

จากภาพที่ 9.5 เป็นการให้บริการที่มีระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง หลายขั้นตอน โดยการให้บริการในลักษณะนี้ เช่น การรายงานตัวเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย การเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล การทำใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ รถจักรยานยนต์ บัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง และการใช้บริการศูนย์อาหารในห้างสรรพสินค้า หรือร้านอาหารของบางมหาวิทยาลัย เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ระบบแถวคอยข้างต้นมีลักษณะของแถวคอยเพียงหนึ่งแถวเท่านั้น และในปัจจุบันอาจมีลักษณะอื่น เช่น ระบบแถวคอยที่มีหลายแถว ช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว และระบบแถวคอยที่มีหลายแถว หลายช่องทาง หลายขั้นตอน เป็นต้น

3.5 ความยาวของแถวคอย โดยความยาวของแถวคอยสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ แถวคอยที่มีความยาวจำกัด (Finite queue length) กล่าวคือ แถวคอยที่มีพื้นที่ให้ผู้เข้ามาใช้บริการรอเข้ารับบริการได้อย่างจำกัด เช่น การใช้บริการร้านอาหาร การใช้บริการร้านเสริมสวย การใช้บริการปั้มน้ำมัน หรือการใช้บริการร้านอินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งมีพื้นที่ของแต่ละร้านที่จำกัด และแถวคอยที่มีความยาวไม่จำกัด (Infinite queue length) กล่าวคือแถวคอยที่มีพื้นที่ให้ผู้เข้ามาใช้บริการรอเข้ารับบริการได้ไม่จำกัดจำนวน เช่น การใช้บริการในห้างสรรพสินค้า โดยผู้เข้ามาใช้บริการสามารถเข้ามารอรับบริการในห้างสรรพสินค้าได้ หรือการใช้บริการทางด่วน โดยผู้เข้ามาใช้บริการสามารถรอรับบริการได้ตามเส้นทางของถนน เป็นต้น ซึ่งมีพื้นที่ไม่จำกัด

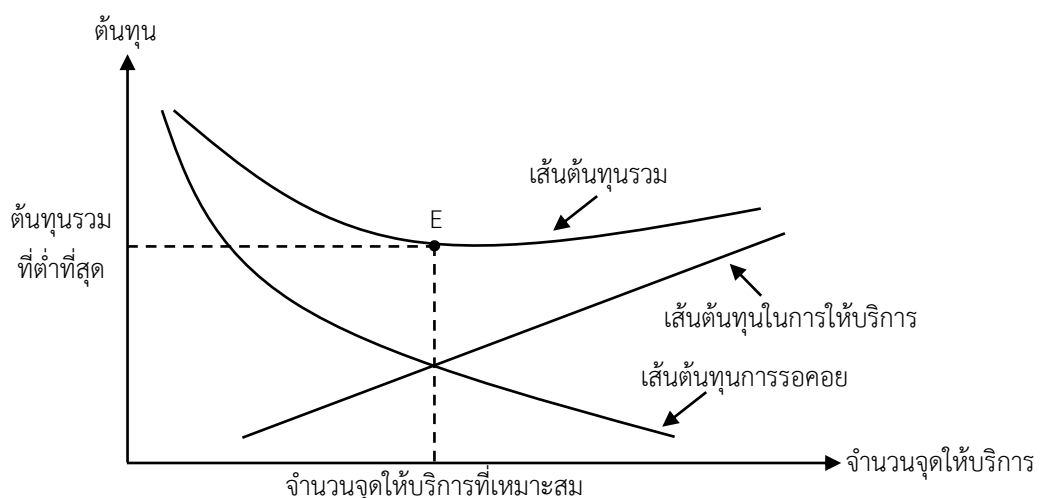
ต้นทุนของแถวคอย

จากตัวแบบแถวคอยที่มุ่งเน้นการจัดบริการให้เหมาะสมกับความต้องการใช้บริการ และ ปัญหาแถวคอยเป็นปัญหาเกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนของผู้เข้ามาใช้บริการ ดังนั้นผู้บริหารจึงต้อง ตัดสินใจเพื่อให้สามารถบริการลูกค้าได้อย่างเหมาะสม และรวดเร็ว รวมไปถึงมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด ซึ่ง ต้นทุนของแถวคอยประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้ (อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ จีราภรณ์ สุธัมมสภา และ ไมตรี วสันตวิวงศ์, 2558 : 11-13)

1. ต้นทุนในการให้บริการ (Service cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากผู้ให้บริการได้เพิ่มจุด ให้บริการกับลูกค้ามากขึ้น ซึ่งเป็นต้นทุนที่ธุรกิจรับผิดชอบในส่วนนี้เองทั้งหมด เช่น การจ้างพนักงาน เพิ่ม การเพิ่มเครื่องจักร และอุปกรณ์ รวมไปถึงค่าเช่าสถานที่ ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร และค่าอบรม พนักงานใหม่ เป็นต้น เพื่อสร้างความพึงพอใจ และเพิ่มโอกาสการกลับมาใช้บริการซ้ำของลูกค้า

2. ต้นทุนการรอคอย (Waiting cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการรอคอยของผู้เข้ามา รับบริการก่อนที่จะได้รับบริการ ซึ่งเป็นต้นทุนที่มาจากการสูญเสียรายได้ของธุรกิจ รวมไปถึงค่าเสีย โอกาสของธุรกิจ เช่น การที่ลูกค้าไม่อดทนรอจนได้รับบริการขณะที่อยู่ในแถวคอย เนื่องจากใช้ ระยะเวลาการรอคอยนานเกินไป และการที่ลูกค้าไม่เข้าแถวคอย เนื่องจากเห็นว่าแถวคอยมีความยาว จึง ตัดสินใจไม่ใช้บริการ เป็นต้น ทั้งนี้การรอกอดังกล่าวอาจสร้างความไม่พอใจ และทำให้ลูกค้าไม่ กลับมาใช้บริการอีก หรือเสียลูกค้าในอนาคต ซึ่งส่งผลกระทบต่อธุรกิจในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม การจัดการบริการที่เหมาะสมจะต้องตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า และ มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยต้นทุนรวมจะคำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนการ รอคอย ซึ่งสามารถแสดงต้นทุนทั้งหมดของแถวคอยได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 9.6 ต้นทุนของแถวคอย

ที่มา: ปรับปรุงจาก อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ และคณะ (2558 : 11)

จากภาพที่ 9.6 จะเห็นได้ว่าต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนการรอคอยจะมีลักษณะที่ผกผันกัน กล่าวคือหากธุรกิจเพิ่มจุดให้บริการมากขึ้นจะทำให้ธุรกิจมีต้นทุนในการให้บริการที่เพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นผลให้ต้นทุนการรอนั้นลดลง ซึ่งจุด E เป็นจุดที่มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด และสามารถคำนวณต้นทุนรวมได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนรวม (Total cost)} &= \text{ต้นทุนในการให้บริการ} + \text{ต้นทุนการรอคอย} \\ \text{หรือ} \quad TC &= C_s s + C_w L \quad \dots (9.3) \end{aligned}$$

โดยที่ C_s หมายถึงต้นทุนในการให้บริการต่อหน่วยเวลา

C_w หมายถึงต้นทุนการรอคอยต่อหน่วยเวลา

L หมายถึงจำนวนผู้มารับบริการ

s หมายถึงจำนวนจุดให้บริการ

การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐาน

การศึกษาปัญหาแถวคอยเพื่อนำไปใช้เพิ่มหรือพัฒนาประสิทธิภาพในการให้บริการของธุรกิจ ทั้งนี้การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยมีหลากหลายรูปแบบ อันเนื่องมาจากองค์ประกอบของแต่ละระบบแถวคอยมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยจะสามารถจำแนกตัวแบบได้ด้วยสัญลักษณ์พื้นฐานที่นำเสนอโดยเดวิด เคนดอลล์ (David G. Kendall) ดังนี้ (Render et al., 2018 : 449)

$$a/b/s$$

โดยที่ a หมายถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ามารับบริการ

b หมายถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการให้บริการ

s หมายถึงจำนวนจุดให้บริการ

จากสัญลักษณ์ข้างต้น ซึ่งเป็นการอธิบายลำดับของการแจกแจงความน่าจะเป็นเท่านั้น ในขณะที่การจำแนกตัวแบบแถวคอย จะมีสัญลักษณ์พิเศษที่ใช้แทนการแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ามารับบริการและการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการให้บริการดังนี้

M หมายถึงการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง หรือ ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล

D หมายถึงการเข้ามารับบริการและการให้บริการมีอัตราที่คงที่

G หมายถึงการเข้ามารับบริการและระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทั่วไป (General distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรและผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยดังนี้ (Mariappan, 2013 : 271)

- n หมายถึงจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการในระบบแถวคอย
- M หมายถึงจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการสูงสุดในระบบแถวคอย
- λ หมายถึงอัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา
- μ หมายถึงอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือจำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่ได้รับบริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา
- L_s หมายถึงจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย (จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการทั้งในแถวคอยและกำลังรับบริการ)
- L_q หมายถึงจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย
- W_s หมายถึงระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย (ระยะเวลาที่ผู้เข้ามาใช้บริการรอคอยทั้งในแถวคอยและกำลังรับบริการ)
- W_q หมายถึงระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย
- P_n หมายถึงความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการจำนวน n คนในระบบแถวคอย โดยที่ $n = 0, 1, 2, \dots$
- ρ หมายถึงความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน หรือสัดส่วนของระยะเวลาที่ผู้ให้บริการจะให้บริการ
- P_0 หมายถึงความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง หรือไม่มีผู้เข้ามาใช้บริการ

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยพื้นฐาน จะแบ่งการวิเคราะห์ในแต่ละตัวแบบแถวคอยซึ่งมีรูปแบบ วิธีการ และสูตรในการคำนวณที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียว

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียว หรือเรียกว่าตัวแบบแถวคอย

$M / M / 1$ จะมีสมมติฐานดังนี้ (Vohra, 2017 : 637-638)

- ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง
- ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล
- ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว
- ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการ

ก่อน (FIFO)

- ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนไม่จำกัด
- ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด

ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($\lambda < \mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 7 สมการ เพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

1.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

1.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

1.3 ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามารับบริการจำนวน n คนในระบบแถวคอย

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot P_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

1.4 จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

1.5 จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

1.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{L_s}{\lambda}$$

1.7 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{L_q}{\lambda}$$

ตัวอย่างที่ 9.1 รถไปรษณีย์คันหนึ่งจอดให้บริการลูกค้าในพื้นที่ชุมชน โดยมีพนักงานให้บริการเพียงคนเดียว และให้บริการแบบสุ่ม ซึ่งในการให้บริการลูกค้าแต่ละคนจะใช้เวลาในการให้บริการที่ไม่เท่ากันแต่โดยเฉลี่ยสามารถให้บริการลูกค้าได้ชั่วโมงละ 20 คน และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทั้งนี้การเข้ามารับบริการของลูกค้าจะเป็นแบบสุ่มเช่นเดียวกัน ซึ่งในหนึ่งชั่วโมงจะมีลูกค้าเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยจำนวน 10 คน และมีการแจกแจงแบบปัวซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และหาโอกาสที่จะมีลูกค้า 5 คนมารอรับบริการจากรถไปรษณีย์คันนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M/M/1$ ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$\lambda = 10$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 20$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < \mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของรถไปรษณีย์คันดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{10}{20 - 10} = 1 \text{ คน}$$

2. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{(10)^2}{20(20 - 10)} = \frac{100}{200} = 0.5 \text{ คน}$$

3. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{20 - 10} = 0.1 \text{ ชั่วโมง หรือ 6 นาที}$$

4. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{10}{20(20 - 10)} = 0.05 \text{ ชั่วโมง หรือ 3 นาที}$$

5. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ หรือร้อยละ 50}$$

6. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{10}{20} = 0.5 \text{ หรือร้อยละ 50}$$

สำหรับโอกาสที่จะมีลูกค้า 5 คนมารอรับบริการ หรือความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามารับบริการจำนวน 5 คนในระบบแถวคอยจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$P_5 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^5 \cdot P_0 = \left(\frac{10}{20}\right)^5 (0.5) = \frac{1}{32} (0.5) = 0.0156 \text{ หรือร้อยละ 1.56}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของรถไปรษณีย์ข้างต้น จึงสรุปได้ว่าลูกค้าที่มาใช้บริการรถไปรษณีย์จะใช้เวลาในการรอจนกระทั่งได้รับบริการเฉลี่ยคนละ 6 นาที ซึ่งใช้เวลาในการรับบริการเฉลี่ยคนละ 3 นาที และจะมีลูกค้ามารับบริการเฉลี่ยจำนวน 1 คน ซึ่งมีลูกค้าที่เข้าแถวเพื่อรอรับบริการเฉลี่ยจำนวน 0.5 คน โดยพนักงานที่ให้บริการจะมีโอกาสเฉลี่ยร้อยละ 50 ที่จะว่างงาน หรือไม่มีลูกค้ามาใช้บริการ ด้วยเหตุนี้จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มพนักงานในการให้บริการในรถไปรษณีย์ เนื่องจากพนักงานเพียงคนเดียวสามารถให้บริการลูกค้าได้ครอบคลุมแล้ว และยังมีระยะเวลาที่ว่างงาน

2. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดความยาวของแถวคอย

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดความยาวของแถวคอย (Finite queue length) จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับตัวแบบแถวคอย $M/M/1$ แต่จะจำกัดความยาวของแถวคอย และมีสมมติฐานดังนี้ (Taylor, 2013 : 611-612)

ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง

ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว

ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (FIFO)

ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนไม่จำกัด

ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีจำกัด

ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($\lambda < \mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดความยาวของแถวคอยตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 7 สมการ เพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

2.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = \frac{1 - (\lambda/\mu)}{1 - (\lambda/\mu)^{M+1}}$$

2.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = 1 - P_0$$

2.3 ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการจำนวน n คนในระบบแถวคอย

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot P_0 \text{ โดยที่ } n \leq M$$

2.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda/\mu}{1 - (\lambda/\mu)} - \frac{(M+1)(\lambda/\mu)^{M+1}}{1 - (\lambda/\mu)^{M+1}}$$

2.5 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda(1 - P_M)}{\mu}$$

2.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda(1 - P_M)}$$

2.7 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu}$$

ตัวอย่างที่ 9.2 ร้านอาหารชื่อดังแห่งหนึ่งมีที่นั่งไว้บริการลูกค้าเพียง 4 ที่นั่ง ซึ่งมีเซฟเพียงคนเดียว ซึ่งในการเสิร์ฟอาหารให้ลูกค้าแต่ละคนจะใช้เวลาไม่เท่ากันแต่โดยเฉลี่ยแล้วในแต่ละชั่วโมงจะสามารถเสิร์ฟอาหารให้กับลูกค้าได้จำนวน 8 คน และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ในขณะที่ลูกค้าจะเข้าใช้บริการโดยเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านอาหารแห่งนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M/M/1$ ที่ความยาวของแถวคอยมีจำกัดเท่ากับ 4 ที่นั่ง ($M = 4$) ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$\lambda = 6$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 8$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < \mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของร้านอาหารดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1 - (\lambda/\mu)}{1 - (\lambda/\mu)^{M+1}} = \frac{1 - (6/8)}{1 - (6/8)^{4+1}} \\ &= \frac{0.25}{1 - 0.2373} = 0.3278 \text{ หรือร้อยละ } 32.78 \end{aligned}$$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = 1 - P_0 = 1 - 0.3278 = 0.6722 \text{ หรือร้อยละ } 67.22$$

3. ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการเต็มจำนวน หรือ 4 คน ในระบบแถวคอย

$$\begin{aligned} P_M &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \cdot P_0 = \left(\frac{6}{8}\right)^4 (0.3278) \\ &= 0.3164 \times 0.3278 = 0.1037 \text{ หรือร้อยละ } 10.37 \end{aligned}$$

4. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{\lambda/\mu}{1 - (\lambda/\mu)} - \frac{(M+1)(\lambda/\mu)^{M+1}}{1 - (\lambda/\mu)^{M+1}} \\ &= \frac{0.75}{1 - (0.75)} - \frac{5(0.75)^5}{1 - (0.75)^5} \\ &= 3 - \frac{1.1865}{1 - 0.2373} = 3 - 1.5557 = 1.4443 \text{ คน} \end{aligned}$$

5. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda(1-P_M)}{\mu} = 1.4443 - \frac{6(1-0.1037)}{8} \\ = 1.4443 - 0.6722 = 0.7721 \text{ คน}$$

6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda(1-P_M)} = \frac{1.4443}{6(1-0.1037)} = 0.2686 \text{ ชั่วโมง หรือ } 16.116 \text{ นาที}$$

7. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 0.2686 - \frac{1}{8} = 0.1436 \text{ ชั่วโมง หรือ } 8.616 \text{ นาที}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านอาหารข้างต้น จึงสรุปได้ว่าลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการร้านอาหารจะใช้เวลาในการรอจนกระทั่งได้รับบริการเฉลี่ยคนละ 16.116 นาที ซึ่งใช้เวลาในการรับบริการเฉลี่ยคนละ 8.616 นาที และจะมีลูกค้ามารับบริการในร้านอาหารเฉลี่ยจำนวน 1.4443 คน ซึ่งมีลูกค้าที่เข้าแถวเพื่อรอรับบริการเฉลี่ยจำนวน 0.7721 คน โดยเซฟท์ให้บริการจะมีโอกาสเฉลี่ยร้อยละ 32.78 ที่ไม่ต้องประกอบอาหาร หรือไม่มีลูกค้ามาใช้บริการ ด้วยเหตุนี้เซฟท์จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มที่นั่งในร้านฯ เนื่องจากจำนวนที่นั่งในร้านอาหารเพียงพอต่อความต้องการเข้ามาใช้บริการของลูกค้าแล้ว

3. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดจำนวนประชากร

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดจำนวนประชากร (Finite calling population) จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับตัวแบบแถวคอย $M / M / 1$ แต่จะจำกัดจำนวนประชากร และมีสมมติฐานดังนี้ (Taylor, 2016 : 644-645)

ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง

ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว

ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (FIFO)

ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนจำกัด

ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีจำกัด (เป็นผลมาจากจำนวนประชากรที่จำกัด)

ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($\lambda < \mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดจำนวนประชากรตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 7 สมการ เพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

3.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \text{ เมื่อ } N \text{ คือจำนวนประชากร}$$

3.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = 1 - P_0$$

3.3 ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการจำนวน n คนในระบบแถวคอย

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot P_0 \text{ เมื่อ } n = 1, 2, \dots, N$$

3.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + (1 - P_0)$$

3.5 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right)(1 - P_0)$$

3.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

3.7 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{L_q}{(N - L_s)\lambda}$$

ตัวอย่างที่ 9.3 โรงงานแห่งหนึ่งมีเครื่องจักรจำนวน 3 เครื่อง และเมื่อใช้งานไปแล้วโดยเฉลี่ย 16 ชั่วโมงเครื่องจะขัดข้อง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ทั้งนี้โรงงานมีช่างซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพียงคนเดียว และใช้ระยะเวลาในการซ่อมเครื่องจักรเฉลี่ยเครื่องละ 2 ชั่วโมง ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโรงงานแห่งนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M / M / 1$ ที่จำนวนประชากรมีจำกัดเท่ากับ 3 เครื่อง ($N = 3$) ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{1}{16} = 0.0625 \text{ เครื่องต่อชั่วโมง และ } \mu = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ เครื่องต่อชั่วโมง ซึ่ง } \lambda < \mu$$

เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโรงงานดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \\
 &= \frac{1}{\sum_{n=0}^3 \frac{3!}{(3-n)!} \left(\frac{0.0625}{0.5}\right)^n} \\
 &= \frac{1}{\frac{3!}{3!}(0.125)^0 + \frac{3!}{2!}(0.125)^1 + \frac{3!}{1!}(0.125)^2 + \frac{0!}{0!}(0.125)^3} \\
 &= \frac{1}{1 + 0.375 + 0.0938 + 0.0020} = \frac{1}{1.4708} \\
 &= 0.6799 \text{ หรือร้อยละ } 67.99
 \end{aligned}$$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = 1 - P_0 = 1 - 0.6799 = 0.3201 \text{ หรือร้อยละ } 32.01$$

3. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$\begin{aligned}
 L_q &= N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda}\right)(1 - P_0) \\
 &= 3 - \left(\frac{0.0625 + 0.5}{0.0625}\right)(1 - 0.6799) \\
 &= 3 - (9)(0.3201) = 3 - 2.8809 = 0.1191 \text{ เครื่อง}
 \end{aligned}$$

4. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + (1 - P_0) = 0.1191 + (1 - 0.6799) = 0.4392 \text{ เครื่อง}$$

5. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$\begin{aligned}
 W_q &= \frac{L_q}{(N - L_s)\lambda} \\
 &= \frac{0.1191}{(3 - 0.4392)(0.0625)} = \frac{0.1191}{0.1601} = 0.7439 \text{ ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} = 0.7439 + \frac{1}{0.5} = 2.7439 \text{ ชั่วโมง}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของโรงงานข้างต้น จึงสรุปได้ว่าในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรจะใช้เวลาอยู่ในระบบการซ่อมบำรุงเฉลี่ยเครื่องละ 2.7439 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการซ่อมบำรุงเฉลี่ยเครื่องละ 0.7439 ชั่วโมง และจะมีเครื่องจักรที่อยู่ในระบบการซ่อมบำรุงเฉลี่ย 0.4392 เครื่องต่อชั่วโมง ซึ่งมีเครื่องจักรที่รอรับการซ่อมบำรุงเฉลี่ย 0.4392 เครื่องต่อชั่วโมง

โดยช่างซ่อมบำรุงของโรงงานจะมีโอกาสเฉลี่ยร้อยละ 67.99 ที่ไม่ต้องซ่อมบำรุงเครื่องจักร ด้วยเหตุนี้เจ้าของโรงงานจึงไม่จำเป็นต้องจ้างช่างซ่อมบำรุงเพิ่ม เนื่องจากเครื่องจักรที่ต้องซ่อมบำรุงมีจำนวนน้อย และช่างซ่อมบำรุงเพียงคนเดียวสามารถซ่อมบำรุงเครื่องจักรได้ครอบคลุมทั้ง 3 เครื่องแล้ว

4. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง หรือเรียกว่าตัวแบบแถวคอย

$M / M / s$ จะมีสมมติฐานดังนี้ (Carter, Price, & Rabadi, 2019 : 296-298)

ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง

ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบหลายช่องทาง ($s > 1$) ขึ้นตอนเดียว

ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (FIFO)

ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนไม่จำกัด

ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด

ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาของทุกช่องทาง ($\lambda < s\mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทางตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 7 สมการ เพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

4.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right] + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right]}$$

4.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

4.3 ความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการจำนวน n คนในระบบแถวคอย

$$P_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{s!s^{n-s}} \cdot P_0 \quad \text{เมื่อ } n > s$$

$$P_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \cdot P_0 \quad \text{เมื่อ } n \leq s$$

4.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^s}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

4.5 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

4.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{\mu(\lambda/\mu)^s}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda}$$

4.7 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

ตัวอย่างที่ 9.4 ธนาคารแห่งหนึ่งมีเคาน์เตอร์ธนาคาร 3 เคาน์เตอร์ เพื่อให้บริการทางการเงินกับลูกค้า สำหรับธนาคารแห่งนี้ที่ตั้งอยู่ในตัวเมือง จึงมีลูกค้าเข้ามาทำธุรกรรมทางการเงินต่างๆ ผ่านทางเคาน์เตอร์ธนาคารโดยเฉลี่ยทุกๆ 6 นาที และมีการแจกแจงแบบปัวซอง ในขณะที่พนักงานธนาคารที่ให้บริการจะใช้เวลาในการให้บริการกับลูกค้าได้เฉลี่ยชั่วโมงละ 4 คน และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และหาโอกาสที่จะมีลูกค้า 5 คนมารับบริการในธนาคารแห่งนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M/M/s$ โดยมีจุดให้บริการจำนวน 3 จุด ($s = 3$) ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามาใช้บริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$\lambda = 10$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 4$ คนต่อชั่วโมง ดังนั้น $s\mu = 12$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < s\mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของธนาคารดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right] + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right]} \\ &= \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^2 \frac{(10/4)^n}{n!} \right] + \left[\frac{(10/4)^3}{3!} \left(\frac{3(4)}{3(4) - 10} \right) \right]} \\ &= \frac{1}{\left[\left(\frac{(2.5)^0}{0!} \right) + \left(\frac{(2.5)^1}{1!} \right) + \left(\frac{(2.5)^2}{2!} \right) \right] + \left[\frac{(2.5)^3}{3!} \left(\frac{12}{2} \right) \right]} \\ &= \frac{1}{[1 + 2.5 + 3.125] + \left[\frac{15.625}{6} (6) \right]} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{22.25} = 0.0449 \text{ หรือร้อยละ } 4.49$$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{10}{3(4)} = 0.8333 \text{ หรือร้อยละ } 83.33$$

3. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^s}{(s-1)!(s\mu-\lambda)^2} \cdot P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{(10)(4)(10/4)^3}{(3-1)!(3(4)-10)^2} \cdot (0.0449) + \frac{10}{4} \\ &= \frac{40(15.625)}{2(4)} \cdot (0.0449) + 2.5 = 3.5078 + 2.5 = 6.008 \text{ คน} \end{aligned}$$

4. จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = 6.008 - \frac{10}{4} = 3.508 \text{ คน}$$

5. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{6.008}{10} = 0.6008 \text{ ชั่วโมง หรือ } 36.048 \text{ นาที}$$

6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 0.6008 - \frac{1}{4} = 0.3508 \text{ ชั่วโมง หรือ } 21.048 \text{ นาที}$$

สำหรับโอกาสที่จะมีลูกค้า 5 คนมารอรับบริการ หรือความน่าจะเป็นที่จะมีผู้เข้ามาใช้บริการจำนวน 5 คนในระบบแถวคอย และจาก $n > s$ หรือ $5 > 3$ ดังนั้น P_5 จะวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P_5 &= \frac{(\lambda/\mu)^5}{s!s^{5-s}} \cdot P_0 = \frac{(10/4)^5}{3!(3)^{5-3}} \cdot (0.0449) \\ &= \frac{97.6563}{6 \times 9} \cdot (0.0449) = 0.0812 \text{ หรือร้อยละ } 8.12 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของธนาคารข้างต้น จึงสรุปได้ว่าลูกค้าที่เข้ามาทำธุรกรรมทางการเงินผ่านทางเคาน์เตอร์ธนาคารจะใช้เวลาในการรอจนกระทั่งได้รับการเฉลี่ยคนละ 36.048 นาที ซึ่งใช้เวลาในการรับบริการเฉลี่ยคนละ 21.048 นาที และจะมีลูกค้ามารอรับบริการในธนาคารเฉลี่ยจำนวน 6.008 คน ซึ่งมีลูกค้าที่เข้าแถวเพื่อรอรับบริการเฉลี่ยจำนวน 3.508 คน โดยพนักงานธนาคารจะต้องให้บริการลูกค้าร้อยละ 83.33 ของชั่วโมงการทำงานทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ผู้จัดการธนาคารอาจต้องจ้างพนักงานธนาคารเพิ่มขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการใช้บริการของลูกค้า เพื่อลดระยะเวลารอคอยของลูกค้าลง

5. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการคงที่

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการคงที่

หรือเรียกว่าตัวแบบแถวคอย $M / D / 1$ จะมีสมมติฐานดังนี้ (Sharma, 2017 : 601)

ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง

ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการคงที่

ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว

ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (FIFO)

ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนไม่จำกัด

ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด

ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($\lambda < \mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการคงที่ตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 6 สมการ เพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

5.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

5.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

5.3 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

5.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

5.5 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

5.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)}$$

ตัวอย่างที่ 9.5 เครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติเครื่องหนึ่งตั้งอยู่สนามบินไว้ให้บริการลูกค้าทั้งผู้โดยสารและไม่ใช้ผู้โดยสาร ทั้งนี้ในการชงเครื่องดื่มพร้อมจำหน่ายแต่ละครั้งใช้เวลา 5 นาที ซึ่งเป็นอัตราที่คงที่ ในขณะที่ผู้มาใช้บริการสนามบินจะเข้ามาใช้บริการเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติโดยเฉลี่ยชั่วโมงละ 8 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติเครื่องนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M/D/1$ ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$\lambda = 8$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 12$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < \mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติเครื่องดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{8}{12} = 0.3333 \text{ หรือร้อยละ } 33.33$$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{8}{12} = 0.6667 \text{ หรือร้อยละ } 66.67$$

3. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)} = \frac{8^2}{2(12)(12 - 8)} = \frac{64}{96} = 0.6667 \text{ คน}$$

4. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = 0.6667 + \frac{8}{12} = 1.3334 \text{ คน}$$

5. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$\begin{aligned} W_q &= \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)} = \frac{8}{2(12)(12 - 8)} \\ &= \frac{8}{96} = 0.0833 \text{ ชั่วโมง หรือ } 4.998 \text{ นาที} \end{aligned}$$

6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = 0.0833 + \frac{1}{12} = 0.1667 \text{ ชั่วโมง หรือ } 10.002 \text{ นาที}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติข้างต้น จึงสรุปได้ว่าลูกค้าที่มาใช้บริการเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติจะใช้เวลาในการรอจนกระทั่งได้รับบริการเฉลี่ยคนละ 10.002 นาที ซึ่งใช้เวลาในการรอรับบริการเฉลี่ยคนละ 4.998 นาที และจะมีลูกค้ามารับบริการเฉลี่ยจำนวน 1.3334 คน ซึ่งมีลูกค้าที่เข้าแถวเพื่อรอรับบริการเฉลี่ยจำนวน 0.6667 คน ทั้งนี้หากเครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติเปิดให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง จะพบว่าเครื่องจำหน่าย

เครื่องดีมอโนมิติจะให้บริการเฉลี่ยร้อยละ 66.67 ซึ่งยังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ผู้ให้บริการยังไม่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจำหน่ายเครื่องดีมอโนมิติในสนามบินแห่งนี้อีก

6. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบทั่วไป

ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบทั่วไป หรือเรียกว่าตัวแบบแถวคอย $M/G/1$ จะมีสมมติฐานดังนี้ (Bhunja, Sahoo, & Shaikh, 2019 : 468-473)

- ข้อที่ 1 การเข้ามาใช้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง
- ข้อที่ 2 ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทั่วไปที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน หรือการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ
- ข้อที่ 3 ระบบแถวคอยเป็นแบบช่องทางเดียว ขั้นตอนเดียว
- ข้อที่ 4 การให้บริการจะเป็นการให้บริการผู้เข้ามาใช้บริการที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (FIFO)
- ข้อที่ 5 ประชากรมีจำนวนไม่จำกัด
- ข้อที่ 6 ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด
- ข้อที่ 7 อัตราการเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะต้องน้อยกว่าอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา ($\lambda < \mu$)

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบทั่วไปตามสมมติฐานข้างต้นจะวิเคราะห์ได้จากชุดสมการ 6 สมการเพื่อหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

6.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

6.2 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

6.3 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

6.4 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + (\lambda/\mu)^2}{2(1 - (\lambda/\mu))}$$

6.5 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

6.6 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

ตัวอย่างที่ 9.6 ร้านสะดวกซื้อแห่งหนึ่งอยู่แถวชานเมืองมีแคชเชียร์เพียงคนเดียว ทั้งนี้ในหนึ่งชั่วโมงจะมีลูกค้าเข้ามาชำระเงินโดยเฉลี่ยจำนวน 4 คน ซึ่งมีการแจกแจงแบบปัวซอง และแคชเชียร์จะให้บริการลูกค้าที่มาใช้บริการในระยะเวลาไม่เท่ากันตามจำนวนสินค้าที่ลูกค้าเลือกซื้อแต่โดยเฉลี่ยจะใช้ระยะเวลาในการให้บริการลูกค้าคนละ 12 นาที โดยมีการแจกแจงแบบปกติและมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 นาที จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านสะดวกซื้อแห่งนี้

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้น พบว่าเป็นตัวแบบแถวคอย $M/G/1$ ซึ่งสามารถหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาได้ดังนี้

$\lambda = 4$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 5$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < \mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของร้านสะดวกซื้อดังกล่าวจะวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{4}{5} = 0.2000 \text{ หรือร้อยละ } 20.00$$

2. ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{5} = 0.8000 \text{ หรือร้อยละ } 80.00$$

3. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$\begin{aligned} L_q &= \frac{\lambda^2 \sigma^2 + (\lambda/\mu)^2}{2(1 - (\lambda/\mu))} \\ &= \frac{(4)^2 (0.05)^2 + (4/5)^2}{2(1 - (4/5))} = \frac{0.68}{0.4} = 1.7 \text{ คน} \end{aligned}$$

4. จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = 1.7 + \frac{4}{5} = 2.5 \text{ คน}$$

5. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1.7}{4} = 0.4250 \text{ ชั่วโมง หรือ } 25.50 \text{ นาที}$$

6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} = 0.425 + \frac{1}{5} = 0.6250 \text{ ชั่วโมง หรือ } 37.50 \text{ นาที}$$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านสะดวกซื้อข้างต้น จึงสรุปได้ว่าลูกค้าที่เข้ามาชำระเงินจะใช้เวลาในการรอจนกระทั่งได้รับการเฉลี่ยคนละ 37.5 นาที ซึ่งใช้เวลาในการรอรับบริการเฉลี่ยคนละ 25.5 นาที และจะมีลูกค้ามารับบริการเฉลี่ยจำนวน 1.7 คน ซึ่งมีลูกค้าที่เข้าแถวเพื่อรอรับบริการเฉลี่ยจำนวน 2.5 คน โดยแคชเชียร์จะต้องให้บริการลูกค้าร้อยละ 80.00 ของชั่วโมงการทำงานทั้งหมด ด้วยเหตุนี้เจ้าของร้านสะดวกซื้ออาจต้องจ้างแคชเชียร์เพิ่มขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการใช้บริการของลูกค้า เพื่อลดระยะเวลารอคอยของลูกค้าลง

การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจ

จากตัวแบบแถวคอยข้างต้นที่วิเคราะห์ถึงระยะเวลาในการรอรับบริการของผู้เข้ามาใช้บริการและจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการ รวมไปถึงความน่าจะเป็นในการทำงานของระบบแถวคอย ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจในการให้บริการอย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับความต้องการของผู้เข้ามาใช้บริการ จึงต้องพิจารณาถึงต้นทุนของแถวคอยดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 9.3 ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจจึงเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยภายใต้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

สำหรับการคำนวณต้นทุนรวมในสมการที่ 9.3 สามารถพิจารณาต้นทุนในการรอคอยของผู้เข้ามาใช้บริการได้ใหม่ดังนี้ (Render et al., 2018 : 454-455)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ 9.3} \quad TC &= C_s s + C_w L \\ \text{เป็น} \quad TC &= C_s s + C_w (\lambda \times W_s) \end{aligned} \quad \dots (9.4)$$

จากสมการที่ 9.4 ต้นทุนการรอคอยคำนวณได้จากจากผลคูณของต้นทุนการรอคอยต่อหน่วยเวลา (C_w) กับอัตราการเข้ามาใช้บริการ (λ) และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย (W_s) ทั้งนี้หากต้นทุนในการรอคอยขึ้นอยู่กับระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย (W_q) ดังนั้นจะเขียนสมการที่ 9.4 ได้ใหม่ดังนี้

$$TC = C_s s + C_w (\lambda \times W_q) \quad \dots (9.5)$$

ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยภายใต้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดจะเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนของแถวคอยในแต่ละกรณีว่าควรตัดสินใจเพิ่มจุดในการให้บริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เข้ามาใช้บริการหรือไม่ (Vohra, 2017 : 641-642)

ตัวอย่างที่ 9.7 จากตัวอย่างที่ 9.1 กำหนดให้รถไปรษณีย์ที่ใช้ในการให้บริการเป็นรถขนาดเล็ก ซึ่งมีต้นทุนในการใช้งานเป็น 30 บาทต่อชั่วโมง โดยมีชั่วโมงการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และ

ต้นทุนในการรอคอยของลูกค้าชั่วโมงละ 50 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนในการรอคอยทั้งระบบ นอกจากนี้หากเปลี่ยนรถไปรษณีย์เป็นขนาดใหญ่จะช่วยให้พนักงานให้บริการได้เร็วขึ้นจากเดิมเฉลี่ยชั่วโมงละ 20 คน เป็นชั่วโมง 30 คน และมีต้นทุนในการใช้งานเพิ่มขึ้นเป็น 60 บาทต่อชั่วโมง จงวิเคราะห์ว่าพนักงานควรใช้รถไปรษณีย์ขนาดใดมาใช้ในการให้บริการ

วิธีทำ จากข้อมูลของตัวอย่างที่ 9.1 พบว่าเป็นตัวแบบ $M / M / 1$ ซึ่งระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย (W_s) เท่ากับ 0.1 ชั่วโมง และมีอัตราการเข้ามารับบริการ (λ) เท่ากับ 10 คนต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันจะคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_w \times \lambda \times W_s \\ &= 8 \times 50 \times 10 \times 0.1 = 400 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_s \times s \\ &= 8 \times 30 \times 1 = 240 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีรถไปรษณีย์ขนาดเล็ก จึงมีค่าเท่ากับ 640 บาทต่อวัน (400 + 240)

สำหรับกรณีรถไปรษณีย์ขนาดใหญ่ เมื่อสามารถให้บริการลูกค้าได้เร็วขึ้น ดังนั้นอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาใหม่คือ $\mu = 30$ คนต่อชั่วโมง จึงคำนวณระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ารับบริการอยู่ในระบบแถวคอยได้ใหม่ดังนี้

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{30 - 10} = 0.05 \text{ ชั่วโมง หรือ 3 นาที}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันจะคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_w \times \lambda \times W_s \\ &= 8 \times 50 \times 10 \times 0.05 = 200 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_s \times s \\ &= 8 \times 60 \times 1 = 480 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีรถไปรษณีย์ขนาดใหญ่ จึงมีค่าเท่ากับ 680 บาทต่อวัน (200 + 480)

จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยภายใต้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดของรถไปรษณีย์ข้างต้น จึงสรุปได้ว่าพนักงานควรนำรถไปรษณีย์ขนาดเล็กมาใช้ในการให้บริการลูกค้า เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้รถไปรษณีย์ขนาดใหญ่

ตัวอย่างที่ 9.8 จากตัวอย่างที่ 9.4 กำหนดให้ค่าจ้างพนักงานธนาคารคิดเป็นชั่วโมงละ 50 บาท และในแต่ละเคาน์เตอร์ธนาคารจะมีพนักงานให้บริการ 1 คน โดยมีชั่วโมงการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และต้นทุนในการรอคอยของลูกค้าชั่วโมงละ 25 บาท เฉพาะระยะเวลาที่อยู่ในแถวคอย ทั้งนี้

ผู้จัดการธนาคารกำลังพิจารณาว่าควรจ้างพนักงานเพิ่มขึ้น 1 คน เนื่องจากยังมีเคาน์เตอร์ธนาคารว่างอยู่ หรือนำระบบการให้บริการแบบใหม่ ซึ่งจะช่วยให้พนักงานธนาคารสามารถบริการลูกค้าได้เร็วขึ้น จากเดิมเฉลี่ยชั่วโมงละ 4 คน เป็นชั่วโมงละ 5 คน และมีต้นทุนของการนำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้าคิดเป็น 10 บาทต่อชั่วโมง จงวิเคราะห์ว่าผู้จัดการธนาคารควรตัดสินใจอย่างไร

วิธีทำ จากข้อมูลของตัวอย่างที่ 9.4 พบว่าเป็นตัวแบบ $M/M/3$ ซึ่งระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย (W_q) เท่ากับ 0.3508 ชั่วโมง และมีอัตราการเข้ามารับบริการ (λ) เท่ากับ 10 คนต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันสามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 กรณีได้ดังนี้

1. กรณีตัวแบบ $M/M/3$ หรือมีพนักงานให้บริการ 3 คน จะมีต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_w \times \lambda \times W_q \\ &= 8 \times 25 \times 10 \times 0.3508 = 701.60 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_s \times s \\ &= 8 \times 50 \times 3 = 1,200.00 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่พนักงานให้บริการ 3 คน จึงมีค่าเท่ากับ 1,901.60 บาทต่อวัน ($701.60 + 1,200.00$)

2. กรณีตัวแบบ $M/M/4$ หรือมีพนักงานให้บริการ 4 คน ซึ่งจะต้องหาอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาก่อนที่จะวิเคราะห์ต้นทุนได้ดังนี้

$\lambda = 10$ คนต่อชั่วโมง และ $\mu = 4$ คนต่อชั่วโมง ดังนั้น $s\mu = 16$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < s\mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน ดังนั้นระบบแถวคอยของธนาคารในกรณีที่พนักงานให้บริการ 4 คน จะวิเคราะห์ได้ดังนี้

2.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$\begin{aligned}P_0 &= \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right] + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right]} \\ &= \frac{1}{13.5695} = 0.0737 \text{ หรือร้อยละ } 7.37\end{aligned}$$

2.2 จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^s}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 + \frac{\lambda}{\mu} = 0.5331 + 2.5 = 3.0331 \text{ คน}$$

2.3 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = 3.0331 - \frac{10}{4} = 0.5331 \text{ คน}$$

2.4 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{3.0331}{10} = 0.3033 \text{ ชั่วโมง หรือ } 18.198 \text{ นาที}$$

2.5 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 0.3033 - \frac{1}{4} = 0.0533 \text{ ชั่วโมง หรือ } 3.198 \text{ นาที}$$

สำหรับต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันในกรณีที่พนักงานให้บริการ 4 คน จะคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_w \times \lambda \times W_q \\ &= 8 \times 25 \times 10 \times 0.0533 = 106.60 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_s \times s \\ &= 8 \times 50 \times 4 = 1,600.00 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่พนักงานให้บริการ 4 คน จึงมีค่าเท่ากับ 1,706.60 บาทต่อวัน ($106.60 + 1,600.00$)

3. กรณีตัวแบบ $M/M/3$ แต่นำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้า ซึ่งช่วยให้พนักงานธนาคารสามารถบริการลูกค้าได้เร็วขึ้น ดังนั้นอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาใหม่คือ $\mu = 5$ คนต่อชั่วโมง ดังนั้น $s\mu = 15$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < s\mu$ เป็นไปตามสมมติฐานอย่างใดก็ตาม ในการวิเคราะห์ต้นทุนจะต้องวิเคราะห์ระบบแถวคอยก่อน เพื่อหาระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอยใหม่ ซึ่งจะวิเคราะห์ระบบแถวคอยของธนาคารในกรณีที่มีการนำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้าได้ดังนี้

3.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right] + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) \right]} \\ &= \frac{1}{9} = 0.1111 \text{ หรือร้อยละ } 11.11 \end{aligned}$$

3.2 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

$$L_s = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^s}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 + \frac{\lambda}{\mu} = 0.8888 + 2 = 2.8888 \text{ คน}$$

3.3 จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = 2.8888 - \frac{10}{5} = 0.8888 \text{ คน}$$

3.4 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{2.8888}{10} = 0.2889 \text{ ชั่วโมง หรือ } 17.334 \text{ นาที}$$

3.5 ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 0.2889 - \frac{1}{5} = 0.0889 \text{ ชั่วโมง หรือ } 5.334 \text{ นาที}$$

สำหรับต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันในกรณีที่มีการนำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้า จะคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_w \times \lambda \times W_q \\ &= 8 \times 25 \times 10 \times 0.0889 = 177.80 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน} &= (8 \text{ hours per day}) \times C_s \times s \\ &= 8 \times (50 + 10) \times 3 = 1,440.00 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่มีการนำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้า จึงมีค่าเท่ากับ 1,617.80 บาทต่อวัน ($177.80 + 1,440.00$)

จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยภายใต้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดของธนาคารข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 9.2 ต้นทุนของระบบแถวคอยของตัวอย่างที่ 9.8

ผลลัพธ์ของระบบแถวคอย	ทางเลือกในการตัดสินใจ		
	พนักงาน 3 คน	พนักงาน 4 คน	ระบบใหม่และ พนักงาน 3 คน
ต้นทุนในการรอคอยต่อวัน	701.60	106.60	177.80
ต้นทุนในการให้บริการต่อวัน	1,200.00	1,600.00	1,440.00
ต้นทุนรวมของแถวคอย	1,901.60	1,706.60	1,617.80

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 657)

จากตารางที่ 9.2 จึงสรุปได้ว่าผู้จัดการธนาคารควรนำระบบการให้บริการแบบใหม่มาใช้ในการให้บริการลูกค้า โดยไม่จ้างพนักงานธนาคารเพิ่ม หรือจ้างพนักงานธนาคารเพียง 3 คน ซึ่งจะมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด

บทสรุป

ตัวแบบแถวคอยเป็นวิธีการเชิงปริมาณที่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับธุรกิจบริการที่ต้องจัดบริการให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งผู้บริหารต้องตัดสินใจในการบริหารจัดการระบบการให้บริการ หรือระบบแถวคอยให้เหมาะสมกับธุรกิจ โดยพิจารณาจากจำนวนจุดให้บริการ ระยะเวลาในการให้บริการ และระยะเวลาในการรอคอยของลูกค้า ซึ่งประเด็นทั้งหมดนี้ล้วนส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นต้นทุนของธุรกิจ และโอกาสทางธุรกิจ ทั้งนี้ตัวแบบแถวคอยจะมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ผู้เข้ามารับบริการ ผู้ให้บริการ และรูปแบบการให้บริการ โดยผู้เข้ามารับบริการจะมีความแตกต่างในขนาดของประชากร ช่องว่างของเวลาที่เข้ามารับบริการของประชากร และพฤติกรรมของผู้เข้ามารับบริการ ส่วนผู้ให้บริการจะมีความแตกต่างในระยะเวลาในการให้บริการ และลำดับการให้บริการ ในขณะที่รูปแบบการให้บริการจะพิจารณาถึงลักษณะของระบบแถวคอย ได้แก่ จำนวนหน่วยหรือช่องทางในการให้บริการ จำนวนขั้นตอนในการให้บริการ และความยาวของแถวคอย

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยจะเป็นการวิเคราะห์ที่มีรูปแบบสำเร็จรูปและสามารถนำไปใช้ได้ทันที เนื่องจากมีสูตรในการคำนวณที่แน่นอนและแตกต่างกันในแต่ละตัวแบบ โดยการคำนวณจะมีความซับซ้อนยิ่งขึ้นหากมีจุดให้บริการที่มากขึ้น หรือมีข้อจำกัดอื่นเพิ่มเติม เช่น จำนวนประชากร หรือความยาวของแถวคอย เป็นต้น โดยในบทนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่เป็นตัวแบบพื้นฐานทั้งหมด 6 ตัวแบบ ได้แก่ $M/M/1$ ที่ไม่จำกัดความยาวของแถวคอย $M/M/1$ ที่จำกัดความยาวของแถวคอย $M/M/s$ $M/D/1$ และ $M/G/1$ รวมไปถึงการวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอย ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนในการรอคอย และต้นทุนในการให้บริการ เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้เกิดความพึงพอใจภายใต้ต้นทุนรวมของแถวคอยต่ำที่สุด

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9

1. บริษัทขนส่งสินค้าระหว่างประเทศมีพนักงานให้บริการเพียงคนเดียว ซึ่งทำหน้าที่จัดการและบันทึกตารางการขนส่ง โดยเฉลี่ยจะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการชั่วโมงละ 8 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ในขณะที่พนักงานสามารถให้บริการลูกค้าได้โดยเฉลี่ยจำนวน 12 คนต่อชั่วโมง และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และหาโอกาสที่จะมีลูกค้า 3 คนมารอรับบริการกับบริษัทขนส่งสินค้าระหว่างประเทศแห่งนี้
2. ร้านกาแฟแห่งหนึ่งตั้งอยู่ใจกลางเมือง และมีพนักงานประจำร้านที่ให้บริการเพียงคนเดียว ซึ่งในการชงกาแฟให้กับลูกค้าจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยคนละ 4 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทั้งนี้ร้านกาแฟแห่งนี้มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยชั่วโมงละ 12 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านกาแฟแห่งนี้
3. จากข้อที่ 2 หากเจ้าของร้านต้องการให้ร้านกาแฟของเขาสามารถให้บริการลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น ด้วยการจ้างพนักงานเพิ่มอีก 1 คน จงวิเคราะห์ว่าเจ้าของร้านกาแฟแห่งนี้ควรตัดสินใจจ้างพนักงานเพิ่มหรือไม่ หากร้านกาแฟเปิดให้บริการตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 18.00 น. โดยให้ค่าจ้างพนักงานคนละ 50 บาทต่อชั่วโมง และต้นทุนที่ลูกค้ารอคอยชั่วโมงละ 120 บาท
4. โรงภาพยนตร์แห่งหนึ่งมีช่องจำหน่ายบัตรชมภาพยนตร์ 3 ช่อง ซึ่งมีพนักงานให้บริการประจำช่องละ 1 คน โดยเฉลี่ยแล้วพนักงานจะใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าคนละ 5 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ในขณะที่ลูกค้าจะเข้ามาซื้อบัตรชมภาพยนตร์โดยเฉลี่ยชั่วโมงละ 20 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และหาโอกาสที่จะมีลูกค้า 10 คนมารอซื้อบัตรชมภาพยนตร์ในโรงภาพยนตร์แห่งนี้
5. นายโต ควอน เป็นวิศวกรคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำเหมืองขุดคริปโทเคอร์เรนซีโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ทั้งนี้การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการขุดคริปโทเคอร์เรนซีจะใช้พลังงานค่อนข้างสูง และพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 8 ชั่วโมง เครื่องคอมพิวเตอร์จะขัดข้องจึงต้องซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ทั้งนี้ในการซ่อมบำรุงจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยเครื่องละ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ของนายโต ควอน

6. คลินิกเสริมความงามแห่งหนึ่งมีพื้นที่ให้บริการสำหรับลูกค้าเพียง 3 คนเท่านั้น และมีแพทย์ 1 คนที่คอยให้บริการ โดยเฉลี่ยแล้วในการเสริมความงามลูกค้าหนึ่งคนจะใช้เวลา 15 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทั้งนี้ลูกค้ามีความต้องการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยชั่วโมง 3 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของคลินิกเสริมความงามแห่งนี้
7. ร้านอาหารฟาสต์ฟู้ดแบบไคร์ฟทรูแห่งหนึ่ง มีช่องให้บริการอาหารพร้อมชำระเงิน 1 ช่อง ซึ่งใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าไม่เท่ากันตามรายการอาหารที่ลูกค้าเลือกซื้อแต่โดยเฉลี่ยแล้วจะใช้เวลาในการให้บริการคนละ 2 นาที โดยมีการแจกแจงแบบปกติและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4 นาที ทั้งนี้ในหนึ่งชั่วโมงจะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยจำนวน 20 คน จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านอาหารฟาสต์ฟู้ดแห่งนี้
8. เครื่องจำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติเครื่องหนึ่งในสถานีรถไฟ จะมีลูกค้าเข้ามาซื้อบัตรโดยสารเฉลี่ยชั่วโมงละ 30 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ซึ่งลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการจะใช้เวลาในการซื้อบัตรโดยสารคงที่คนละ 1 นาที จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสารอัตโนมัติเครื่องนี้
9. โรงงานบรรจุอาหารกระป๋องแห่งหนึ่ง มีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวที่ใช้ในการบรรจุอาหารกระป๋อง โดยทำการผลิตวันละ 18 ชั่วโมง ซึ่งมีอัตราการผลิตที่คงที่จำนวน 10 หน่วยต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการผลิต 30 บาทต่อชั่วโมง ทั้งนี้มีลูกค้าเข้ามาออรับสินค้าจากโรงงานเฉลี่ยชั่วโมงละ 8 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง โดยมีต้นทุนในการรอคอยตั้งแต่เข้ามาออรับสินค้าจนกระทั่งได้รับสินค้าชั่วโมงละ 60 บาท ทั้งนี้ผู้จัดการกำลังพิจารณาว่าเครื่องบรรจุอาหารกระป๋องแบบใหม่ ซึ่งมีอัตราการผลิตที่คงที่จำนวน 12 หน่วยต่อชั่วโมง แต่จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 32 บาทต่อชั่วโมง จงวิเคราะห์ว่าผู้จัดการโรงงานอาหารกระป๋องแห่งนี้ควรตัดสินใจอย่างไร
10. คลังสินค้าแห่งหนึ่งตั้งอยู่ติดกับท่าเรือขนส่ง โดยเปิดให้บริการวันละ 10 ชั่วโมง และมีพนักงานคอยให้บริการอยู่ 3 คน เพื่อจัดการเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถบรรทุกไปเก็บไว้ในคลังสินค้าก่อนนำขึ้นเรือไปส่งยังปลายทาง โดยได้รับค่าจ้างชั่วโมงละ 60 บาท ทั้งนี้จะมีรถบรรทุกเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ย 4 คันต่อชั่วโมง และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้าแต่ละครั้งใช้เวลาโดยเฉลี่ย 30 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยมีต้นทุนในการรอคอยชั่วโมงละ 200 บาท จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และช่วยแนะนำผู้จัดการคลังสินค้าว่าควรเพิ่มพนักงานอีก 1 คน หรือ 2 คน จึงจะเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธรรมสภา. (2559). ตัวแบบแถวคอยและตัวแบบจำลองสถานการณ์. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 13. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 13-1 – 13-65. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.
- รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์. (2556). การวิจัยดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ จิราภรณ์ สุธรรมสภา และไมตรี วสันตวิวงศ์. (2558). ตัวแบบแถวคอยและการจำลองสถานการณ์. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 6. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 6-1 – 6-59. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- Bhunia, A. K., Sahoo, L., & Shaikh, A. A. (2019). **Advanced optimization and operations research**. Singapore: Springer.
- Carter, M. W., Price, C. C., & Rabadi, G. (2019). **Operations research: A practical introduction**. 2nd ed. Florida: CRC Press.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 12th ed. Boston: Pearson Education.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 13th global ed. Harlow, United Kingdom: Pearson Education.
- Mariappan, P. (2013). **Operations research an introduction**. New Delhi: Pearson Education.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.
- Taylor, B. W. (2013). **Introduction to management science**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Taylor, B. W. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.

Vohra, N. D. (2017). **Quantitative techniques in management**. 5th ed. Chennai, India: McGraw-Hill Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 10

ตัวแบบการจำลองสถานการณ์

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแบบการจำลองสถานการณ์
2. ขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์
3. การใช้ตัวเลขสุ่มกับการจำลองสถานการณ์
4. การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล
5. การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาแถวคอย
6. การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือ
7. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 10 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแบบการจำลองสถานการณ์ รวมไปถึงการเลือกใช้ตัวเลขสุ่ม ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล การแจกแจงความน่าจะเป็น ความน่าจะเป็นสะสม และการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่ม ตลอดจนการจำลองสถานการณ์ได้
2. สามารถวิเคราะห์ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ การแจกแจงความน่าจะเป็น ความน่าจะเป็นสะสม การกำหนดช่วงตัวเลขสุ่ม ตลอดจนจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลกับปัญหาแถวคอยและปัญหาสินค้าคงเหลือได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลกับปัญหาแถวคอยและปัญหาสินค้าคงเหลือได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ และการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย

2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 10
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
4. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
4. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

บทที่ 10

ตัวแบบการจำลองสถานการณ์

ปัญหาทางธุรกิจในปัจจุบันมีความหลากหลายและแตกต่างกันในแต่ละธุรกิจ โดยสามารถใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณที่นำตัวแบบคณิตศาสตร์มาอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทต่างๆ ก่อนหน้านี้ ซึ่งเป็นตัวแบบที่มุ่งเน้นในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) อย่างไรก็ตาม ปัญหาทางธุรกิจบางปัญหาอาจไม่ใช่การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด หรือไม่ปฏิบัติตามสมมติฐานของตัวแบบ จึงไม่สามารถใช้ตัวแบบเหล่านั้นได้ และจำเป็นต้องสร้างตัวแบบใหม่ให้สอดคล้องกับปัญหานั้นๆ ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์จะมีลักษณะที่แตกต่างจากตัวแบบเชิงปริมาณอื่นๆ โดยอาศัยหลักการทางสถิติมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการดำเนินงานหรือระบบ ระยะเวลา และคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รวมไปถึงประเมินทางเลือกในการตัดสินใจ ซึ่งมีลักษณะเชิงพรรณนาที่มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถสร้างให้สอดคล้องกับปัญหาทางธุรกิจได้ทุกรูปแบบ สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ (Simulation model) ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ จะเป็นการจำลองสถานการณ์ที่อาศัยข้อมูลจากเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในอดีต และทำการทดลองโดยใช้ตัวเลขสุ่ม เพื่อวิเคราะห์เหตุการณ์ หรือสถานการณ์นั้นๆ ซึ่งไม่จำเป็นต้องทำการทดลองจริง ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ไม่ได้มุ่งเน้นในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่จะเป็นการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล หรือทางเลือกที่มีอยู่ เพื่อใช้ในการตัดสินใจซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนในการดำเนินงานและลดความเสี่ยงของธุรกิจ ตลอดจนประเมินศักยภาพให้สามารถแข่งขันได้

ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแบบการจำลองสถานการณ์

ตัวแบบการจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้กับสถานการณ์จริงได้ โดยไม่ต้องทำการทดสอบกับระบบจริง ทั้งนี้ในการทดสอบกับระบบจริงอาจมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การควบคุมสภาพแวดล้อมให้คงที่ ใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีทั้งข้อได้เปรียบและข้อจำกัดดังนี้ (อุไรวรรณ แยมนิม, 2554 : 459-461; ชัคัตตริย์ ระยะสวัสดิ์, 2555 : 239-240)

1. ข้อได้เปรียบของตัวแบบการจำลองสถานการณ์

1.1 การใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ อาจเป็นวิธีการเดียวที่สามารถใช้ในการศึกษาหรือวิเคราะห์การดำเนินงาน หรือระบบงานจริงได้ เนื่องจากการวิเคราะห์ระบบจริงเป็นเรื่องยาก เช่น

การทดสอบซีปนาวุธ การทดสอบการโคจรของยานอวกาศ การฝึกนักบิน การจำลองสถานการณ์แผ่นดินไหว เป็นต้น

1.2 ปัญหาที่ต้องการแก้ไขไม่สามารถสร้างเป็นตัวแทนคณิตศาสตร์ได้ เช่น ระบบการเมืองการปกครองที่พิจารณาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการเมือง เป็นต้น ซึ่งการใช้ตัวแทนการจำลองสถานการณ์จะสามารถนำปัจจัยเหล่านี้มาร่วมพิจารณาได้

1.3 การทดสอบกับการดำเนินงาน หรือระบบจริง มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลานาน รวมไปถึงวิธีการที่แตกต่างกันอาจทำให้เกิดความซับซ้อน เช่น การทดสอบกระบวนการผลิตสินค้า ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบการรักษาพยาบาล นโยบายทางการศึกษา และนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการศึกษาแนวโน้มของจำนวนประชากร เป็นต้น ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์สามารถทำการทดลองได้หลายครั้ง เพื่อประเมินทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

2. ข้อจำกัดของตัวแทนการจำลองสถานการณ์

2.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแทนการจำลองสถานการณ์ไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดทางด้านคณิตศาสตร์ เนื่องจากตัวแทนการจำลองสถานการณ์ไม่ใช่การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่เป็นการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่างๆ เท่านั้น อีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้อาจเปลี่ยนแปลงไปหากมีการทดลองใหม่ หรือทำการจำลองสถานการณ์หลายๆ ครั้ง

2.2 การสร้างตัวแทนการจำลองสถานการณ์ที่ดี และให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุดของการดำเนินงาน หรือระบบนั้นๆ อาจใช้ระยะเวลาและมีค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างตัวแทน

2.3 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ไม่สามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ในทุกลักษณะของปัญหา ทั้งนี้ตัวแทนการจำลองสถานการณ์จะเหมาะกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูล รวมไปถึงวิเคราะห์ทางสถิติได้

2.4 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ประเมินผลและเปรียบเทียบเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ เท่านั้น เนื่องจากเงื่อนไขของตัวแทนการจำลองสถานการณ์ที่ไม่สามารถให้แนวทางหรือกลยุทธ์ที่จะนำไปสู่สถานการณ์ที่ต้องการได้

จากข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของตัวแทนการจำลองสถานการณ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแทนการจำลองสถานการณ์นั้นจะสามารถแก้ไขปัญหาได้หรือไม่ จะขึ้นอยู่กับการสร้างตัวแทนให้สอดคล้องกับการดำเนินงานจริง โดยมีขั้นตอนในการใช้ตัวแทนการจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

ขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์สามารถใช้กับปัญหาที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านการผลิต เช่น การควบคุมสินค้าคงเหลือ การวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร การออกแบบระบบแถวคอย และการจัดการตารางการผลิต เป็นต้น รวมไปถึงปัญหาทางด้านธุรกิจและเศรษฐกิจ เช่น การดำเนินธุรกิจ พฤติกรรมผู้บริโภค การแข่งขันของตลาด ผลกระทบทางเศรษฐกิจจากอัตราดอกเบี้ย การค้าระหว่างประเทศ และภาวะเงินเฟ้อ เป็นต้น ทั้งนี้การแก้ไขปัญหาด้วยตัวแบบการจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งออกได้ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ (อุดมศักดิ์ ศิลปะชาวงศ์ จีราภรณ์ สุธัมมสภา และไมตรี วสันติวงศ์, 2558 : 42-45; พิชิต สุขเจริญพงษ์, และจีราภรณ์ สุธัมมสภา, 2559 : 52-55)

1. การกำหนดวัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ที่ชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำไปใช้แก้ไขปัญหา เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะเป็นตัวกำหนดตัวแปรของตัวแบบ การสร้างตัวแบบ ตลอดจนการออกแบบการทดสอบตัวแบบ ดังนั้นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะส่งผลต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารควรกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนว่าต้องการศึกษาพฤติกรรมการดำเนินงานในส่วนใด เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ถูกต้อง

2. การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์

จากการกำหนดวัตถุประสงค์และรายละเอียดของปัญหา ซึ่งในขั้นตอนการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะเป็นการนำปัญหามาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ รวมไปถึงกำหนดตัวแปร หรือองค์ประกอบต่างๆ ของการดำเนินงาน ทั้งนี้ในการกำหนดองค์ประกอบจะต้องพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบที่สำคัญต่อการดำเนินงานอย่างแท้จริงเท่านั้น หากมีองค์ประกอบอื่นที่ไม่จำเป็นต่อการดำเนินงานอาจทำให้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยไม่ได้ประโยชน์

สำหรับการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ จะต้องพิจารณาองค์ประกอบที่ทำให้สามารถมองเห็นภาพการดำเนินงานจริง หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าการลำดับเหตุการณ์ หรือขั้นตอนการดำเนินงานที่ถูกต้องจะช่วยให้การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และนำไปใช้แก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การออกแบบการทดสอบตัวแบบการจำลองสถานการณ์

จากการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์และรายละเอียดของตัวแปรของการดำเนินงาน ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบการทดสอบตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะเป็นการกำหนดรูปแบบในการทดสอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดสอบตัวแบบการจำลองสถานการณ์จริงทั้งการ

กำหนดหน่วยวัด ลักษณะของการเกิดเหตุการณ์หรือความน่าจะเป็น จำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ การเลือกตัวเลขสุ่ม และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ทั้งนี้การกำหนดรูปแบบการทดสอบให้ชัดเจนจะช่วยให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สามารถนำไปใช้ได้ทันที

4. การจำลองสถานการณ์

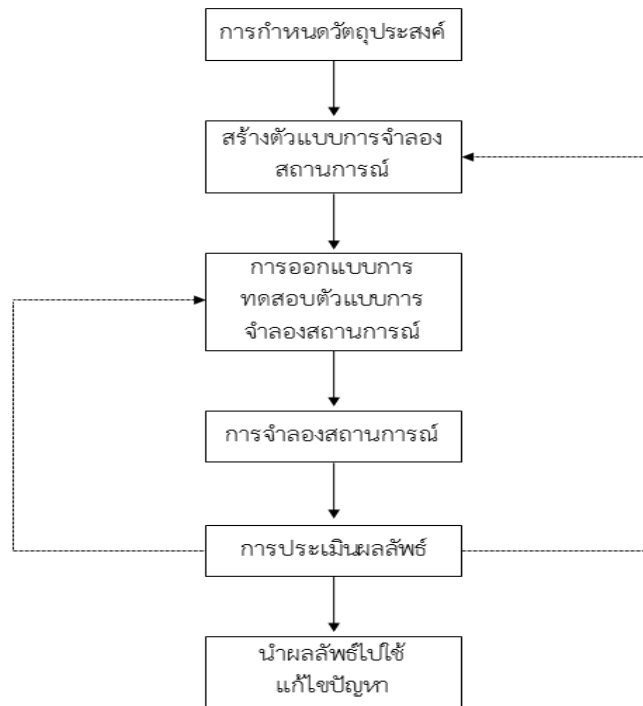
การจำลองสถานการณ์เป็นขั้นตอนในการหาผลลัพธ์ด้วยการใช้ตัวเลขสุ่มตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ เพื่อทำการประเมินความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงของตัวแบบการจำลองสถานการณ์ สำหรับการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ตัวแบบมีความซับซ้อนและจำเป็นต้องจำลองสถานการณ์หลายครั้ง หรือต้องเลือกตัวเลขสุ่มหลายค่า ซึ่งการคำนวณด้วยมืออาจใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ ทั้งนี้ปัญหาในลักษณะดังกล่าวสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยจะช่วยลดระยะเวลา ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการหาผลลัพธ์

5. การประเมินผลลัพธ์

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์โดยทั่วไปจะเป็นผลลัพธ์ในเชิงสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย และค่าความน่าจะเป็น เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนการประเมินผลลัพธ์จะเป็นการสรุปและประเมินผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาต่อไป

อย่างไรก็ตามหากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ อาจเป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูล หรือตัวแบบการจำลองสถานการณ์ที่ยังไม่สอดคล้องกับปัญหาจริง ซึ่งจะต้องทบทวนย้อนกลับไปพิจารณาการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ หรือออกแบบการทดสอบตัวแบบการจำลองสถานการณ์ใหม่ และทำการจำลองสถานการณ์อีกครั้ง รวมไปถึงสรุปและประเมินผลลัพธ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม และสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากขั้นตอนการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ทั้ง 5 ขั้นตอน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการโดยรวมทั้งหมดได้ดังภาพต่อไปนี้ (Heizer, Render, & Munso, 2017 : 793)



ภาพที่ 10.1 การใช้ตัวแบบจำลองสถานการณ์

ที่มา: ปรับปรุงจาก Heizer et al. (2017 : 793)

การใช้ตัวเลขสุ่มกับการจำลองสถานการณ์

ตัวเลขสุ่ม (Random number) เป็นตัวเลขที่ถูกสร้างจากฟังก์ชันการแจกแจงทางสถิติ ซึ่งตัวเลขแต่ละตัวมีโอกาสเกิดขึ้น หรือถูกสุ่มเท่าๆ กัน และการแจกแจงในลักษณะนี้เรียกว่าการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) อีกทั้งการสุ่มตัวเลขแต่ละครั้งจะเป็นอิสระต่อกัน ทั้งนี้ตัวแบบจำลองสถานการณ์จะใช้ตัวเลขสุ่มในการจำลองสถานการณ์ โดยทำการสุ่มตัวอย่างด้วยตัวเลขแทนการเกิดสถานการณ์ หรือเหตุการณ์นั้นๆ

สำหรับวิธีการสร้างชุดของตัวเลขสุ่มจะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ได้หลายวิธี อย่างไรก็ตามวิธีการสร้างชุดตัวเลขสุ่มโดยทั่วไปจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีฟังก์ชันที่สามารถสร้างตัวเลขสุ่มได้โดยใช้คำสั่ง $RAND() \times 100$ ในโปรแกรม Excel และจะได้ชุดตัวเลขสุ่มที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 แต่ไม่เกิน 100 (00 ถึง 99) ทั้งนี้หากต้องการชุดตัวเลขสุ่ม 3 หลัก สามารถใช้คำสั่ง $RAND() \times 1000$ และจะได้ชุดตัวเลขสุ่มตั้งแต่ 000 ถึง 999 โดยในบทนี้จะสร้างชุดตัวเลขสุ่มเพียง 2 หลักเท่านั้น ซึ่งจะได้ชุดตัวเลขสุ่มดังตารางต่อไปนี้ (Wisniewski & Shafti, 2020 : 493)

ตารางที่ 10.1 ชุดตัวเลขสุ่ม

แถว นอน	แถวตั้ง									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42	18	44	33	93	11	39	84	03	95
2	87	53	49	29	12	54	25	60	13	48
3	89	92	49	37	76	00	99	36	67	95
4	04	22	73	58	09	16	72	34	04	58
5	19	13	80	64	80	96	14	32	12	98
6	43	90	82	81	62	94	36	38	57	19
7	30	47	26	84	31	75	31	41	86	06
8	37	92	23	84	79	82	11	07	54	23
9	85	87	73	80	06	87	83	97	22	88
10	88	51	99	23	28	72	98	85	24	30
11	06	17	84	56	70	94	05	87	30	71
12	67	23	60	85	42	57	53	84	87	70
13	80	45	10	28	20	56	29	35	96	24
14	36	69	20	77	78	97	84	86	25	48
15	46	14	98	53	93	97	51	51	14	85
16	52	90	84	68	92	64	74	88	49	73
17	90	02	04	10	45	48	78	27	88	41
18	81	39	16	46	50	45	85	17	52	25
19	95	08	40	42	95	02	70	80	87	100
20	57	12	68	76	57	06	10	83	46	73
21	60	26	99	72	51	30	89	20	66	28
22	21	47	70	56	37	25	52	71	65	56
23	14	33	36	87	92	73	39	44	19	31
24	56	77	64	72	57	82	33	56	94	72
25	54	50	70	73	39	86	26	10	13	65
26	93	27	79	42	09	44	36	39	16	03

ตารางที่ 10.1 ชุดตัวเลขสุ่ม (ต่อ)

แถว นอน	แถวตั้ง									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	88	34	78	61	41	98	35	84	60	66
28	29	17	88	47	54	40	90	68	07	92
29	79	98	10	19	10	35	37	39	29	28
30	75	39	16	31	45	57	88	68	68	10
31	73	38	58	41	48	75	09	47	74	94
32	05	44	95	22	70	43	42	72	11	53
33	33	59	42	39	75	57	38	45	65	19
34	56	51	93	55	79	35	13	24	79	48
35	88	89	13	08	36	05	34	91	96	44
36	91	44	61	92	32	89	68	09	45	07
37	52	71	00	01	44	37	54	47	74	43
38	45	86	87	43	13	43	16	25	32	68
39	67	95	75	74	09	92	30	34	81	11
40	31	66	71	59	12	56	00	21	42	12
41	37	49	72	58	85	38	29	46	43	91
42	74	37	96	29	8	94	27	24	04	30
43	78	09	71	82	50	42	09	43	85	01
44	79	70	91	94	85	69	16	63	89	86
45	41	82	61	84	16	91	47	16	74	96

ที่มา: Wisniewski and Shafti (2020 : 493)

ตัวอย่างที่ 10.1 สมมตินายประหยัดต้องการจำลองสถานการณ์ในการโยนเหรียญเที่ยงตรงหนึ่งเหรียญ จำนวน 10 ครั้ง ซึ่งมีโอกาสออกหัวและก้อยเท่าๆ กันคือ ร้อยละ 50 หรือความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5 ทั้งนี้การเลือกตัวเลขสุ่มจะขึ้นอยู่กับผู้จำลองสถานการณ์ แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้หลักของตัวเลขในต่ำที่สุด เพื่อให้การจำลองสถานการณ์ง่ายขึ้น ซึ่งในกรณีนี้ที่ความน่าจะเป็นแสดงเป็นตัวเลขหลักเดียว ดังนั้นในการกำหนดค่าของตัวเลขสุ่มได้ดังนี้

ถ้าสุ่มได้ตัวเลขอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 จะแทนสถานการณ์ในการออกหัว

ถ้าสุ่มได้ตัวเลขอยู่ระหว่าง 5 ถึง 9 จะแทนสถานการณ์ในการออกก้อย

จากข้อมูลข้างต้นกำหนดใช้ตัวเลขสุ่มตัวแรกของตารางที่ 10.1 ดังนั้นหากใช้ตัวเลขสุ่มของแถวตอนที่ 1 จะได้ 4, 1, 4, 3, 9, 1, 3, ... ด้วยเหตุนี้ หากทำการจำลองสถานการณ์ด้วยตัวเลขสุ่มของแถวตั้งที่ 8 แทนการโยนเหรียญเที่ยงตรง 10 ครั้งจะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 10.2 การจำลองสถานการณ์ของตัวอย่างที่ 10.1

การโยนเหรียญครั้งที่	ตัวเลขที่สุ่มได้	สถานการณ์
1	8	ออกก้อย
2	6	ออกก้อย
3	3	ออกหัว
4	3	ออกหัว
5	3	ออกหัว
6	3	ออกหัว
7	4	ออกหัว
8	0	ออกหัว
9	9	ออกก้อย
10	8	ออกก้อย

ที่มา: ปรับปรุงจาก Hillier and Lieberman (2015 : 895)

จากตารางที่ 10.2 จะเห็นได้ว่าผลการจำลองสถานการณ์ในการโยนเหรียญเที่ยงตรง 10 ครั้งคือ ออกหัว 6 ครั้งหรือร้อยละ 60 และออกก้อย 4 ครั้งหรือร้อยละ 40 ซึ่งมีความคาดเคลื่อนและยังไม่เป็นไปตามทฤษฎีความน่าจะเป็นที่จะมีโอกาสเกิดขึ้นเท่ากัน ทั้งนี้หากนายประหยัดต้องการจำลองสถานการณ์ต่อไป ย่อมสามารถทำได้ตามที่ต้องการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแทนการโยนเหรียญจริงทุกครั้ง และการจำลองสถานการณ์ในจำนวนครั้งที่มากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น หรือมีความคาดเคลื่อนลดลง

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล

วิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo method) เป็นการจำลองสถานการณ์โดยใช้การสุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างจากประชากรจริง แต่จะอาศัยความน่าจะเป็นของสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นใน

อดีตในการสุ่มตัวอย่างแทน ทั้งนี้ในการสุ่มตัวอย่างจะใช้ตัวเลขสุ่มแทนสถานการณ์นั้นๆ ที่มีการแจกแจงใกล้เคียงกับประชากร หรือการเกิดสถานการณ์จริง ดังนั้นในการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลจะมีหลักการและขั้นตอนดังนี้ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2555 : 332)

1. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability)
2. วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability)
3. กำหนดช่วงของตัวเลขสุ่ม (Random number interval)
4. กำหนดตัวเลขสุ่ม หรือเลือกตัวเลขสุ่ม (Random number)
5. จำลองสถานการณ์จากตัวเลขสุ่มที่ต้องการศึกษา

ตัวอย่างที่ 10.2 ร้านทองชนมไทย จำหน่ายชนมไทยและของฝากให้สำหรับนักท่องเที่ยวและประชาชนทั่วไป โดยมีการจำหน่ายเป็นชุด ทั้งนี้ในการผลิตชนมไทยจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบแบบวันต่อวัน เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้า ดังนั้นจึงต้องพิจารณาความต้องการของลูกค้าล่วงหน้า เนื่องจากชนมไทยที่ผลิตจะต้องจำหน่ายให้หมดภายในหนึ่งวัน ซึ่งหากไม่สามารถจำหน่ายได้หมดภายในหนึ่งวันทางร้านฯ จะต้องทิ้ง ซึ่งถือเป็นต้นทุนที่สูง ดังนั้นเจ้าของร้านฯ จึงต้องผลิตชนมไทยในจำนวนที่เหมาะสม และจากการเก็บข้อมูลย้อนหลังจำนวน 100 วัน พบว่าร้านฯ จะมีลูกค้าเข้ามาซื้อชนมไทยต่อวันอยู่ระหว่าง 10 ชุด ถึง 30 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 10.3 จำนวนชนมไทยที่ลูกค้าเข้ามาซื้อต่อวัน (ชุด)

จำนวนชนมไทยต่อวัน (ชุด)	จำนวนวัน
10	15
15	15
20	30
25	30
30	10
รวม	100

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 332)

จากตัวอย่างที่ 10.2 สามารถจำลองสถานการณ์จำนวนชนมไทยที่ร้านทองชนมไทยจะขายได้ในอีก 10 วันข้างหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งจากตารางที่ 10.3 สามารถวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นได้ดังนี้

ตารางที่ 10.4 การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวอย่างที่ 10.2

จำนวนขนมไทยต่อวัน (ชุด)	จำนวนวัน	ความน่าจะเป็น
10	15	0.15
15	15	0.15
20	30	0.30
25	30	0.30
30	10	0.10
รวม	100	1.00

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 333)

ทั้งนี้ในการพิจารณาค่าคาดหวัง (Expected demand) หรือค่าเฉลี่ยได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างสถานการณ์นั้นๆ กับความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์นั้นๆ และสามารถแสดงสูตรในการคำนวณค่าคาดหวังได้ดังนี้ (Heizer, Render, & Munso, 2020 : 832)

$$ED = \sum_{i=1}^n P_i D_i \quad \dots (10.1)$$

โดยที่ ED หมายถึงค่าคาดหวัง

P_i หมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์ โดยที่ $\sum_{i=1}^n p_i = 1$

D_i หมายถึงสถานการณ์ที่ i

n หมายถึงจำนวนสถานการณ์

และจากตัวอย่างที่ 10.2 ซึ่งเจ้าของร้านฯ ต้องการหาจำนวนขนมไทยที่เหมาะสม ดังนั้นค่าคาดหวังที่ต้องการในการผลิตขนมไทยจะคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าคาดหวังของร้านฯ} &= 0.15(10) + 0.15(15) + 0.30(20) + 0.30(25) + 0.10(30) \\ &= 20.25 \text{ ชุดต่อวัน} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของร้านฯ หรือจำนวนขนมไทยที่ร้านฯ จะขายได้เฉลี่ยวันละ 20.25 ชุด ซึ่งเป็นข้อมูลจากสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้จะไม่สามารถจำแนกได้จำนวนขนมไทยที่จะขายได้ในแต่ละวัน ซึ่งการจำลองสถานการณ์จะสามารถแสดงรายละเอียดในแต่ละวันได้

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์นั้นๆ กับความน่าจะเป็นที่จะเกิดสถานการณ์ก่อนหน้า ทั้งนี้ความน่าจะเป็นสะสมของสถานการณ์สุดท้ายจะมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ และจากตารางที่ 10.4 สามารถวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมได้ดังนี้

ตารางที่ 10.5 การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างที่ 10.2

จำนวนคนไทยต่อวัน (ชุด)	จำนวนวัน	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม
10	15	0.15	0.15
15	15	0.15	0.30
20	30	0.30	0.60
25	30	0.30	0.90
30	10	0.10	1.00
รวม	100	1.00	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 334)

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดช่วงของตัวเลขสุ่ม จะเป็นการสร้างช่วงของตัวเลขสุ่มเพื่อกำหนดตัวเลขที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นสะสมในการกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่ม ซึ่งจำนวนหลักของช่วงตัวเลขสุ่มจะสอดคล้องกับจำนวนทศนิยมของค่าความน่าจะเป็น ทั้งนี้ ตัวเลขสุ่มในอันตรภาคชั้นแรกจะเริ่มที่ 01 หรือขอบเขตล่าง และตัวเลขสุ่มในอันตรภาคชั้นสุดท้ายจะสิ้นสุดที่ 00 หรือขอบเขตบน ในกรณีที่ใช้ตัวเลขสุ่ม 2 หลัก ส่วนขอบเขตล่างและขอบเขตบนในแต่ละอันตรภาคชั้นจะสอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็นในแต่ละสถานการณ์ และจากตารางที่ 10.4 สามารถวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมได้ดังนี้

ตารางที่ 10.6 การกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของตัวอย่างที่ 10.2

จำนวนคนไทยต่อวัน (ชุด)	จำนวนวัน	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
10	15	0.15	0.15	01 ถึง 15
15	15	0.15	0.30	16 ถึง 30
20	30	0.30	0.60	30 ถึง 60
25	30	0.30	0.90	61 ถึง 90
30	10	0.10	1.00	91 ถึง 00
รวม	100	1.00	-	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 840)

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดตัวเลขสุ่ม หรือเลือกตัวเลขสุ่ม ซึ่งในการเลือกตัวเลขสุ่มมีหลายวิธี ทั้งการหมุนวงล้อตัวเลข การจับสลาก และการใช้ชุดตัวเลขสุ่ม ทั้งนี้การใช้ชุดตัวเลขสุ่มที่สร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นวิธีที่นิยมใช้ เนื่องจากตัวเลขทุกตัวมีโอกาสถูกสุ่มเท่าๆ กัน ด้วยเหตุนี้ในการกำหนดตัวเลขสุ่มจะเป็นการเลือกตัวเลขสุ่มจากชุดตัวเลขสุ่ม ซึ่งจะใช้ตัวเลขในแถวที่ผู้จำลองสถานการณ์กำหนดทีละตัวตามลำดับ และในตัวอย่างที่ 10.2 กำหนดให้ใช้ตัวเลขสุ่มแถวบนที่ 5 จากตารางที่ 10.1 ซึ่งเป็นตารางชุดตัวเลขสุ่ม ดังนั้นตัวเลขสุ่มที่ได้คือ 19, 13, 80, 64, 80, 96, 14, 32, 12 และ 98

ขั้นตอนที่ 5 จำลองสถานการณ์จากตัวเลขสุ่มที่ต้องการศึกษา จะเป็นการจำลองสถานการณ์จำนวนคนไทยที่ร้านทองคนไทยจะขายได้ในอีก 10 วันข้างหน้าจากตัวเลขสุ่มในขั้นตอนที่ 4 และสามารถแสดงการจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 10.7 การจำลองสถานการณ์ของตัวอย่างที่ 10.2

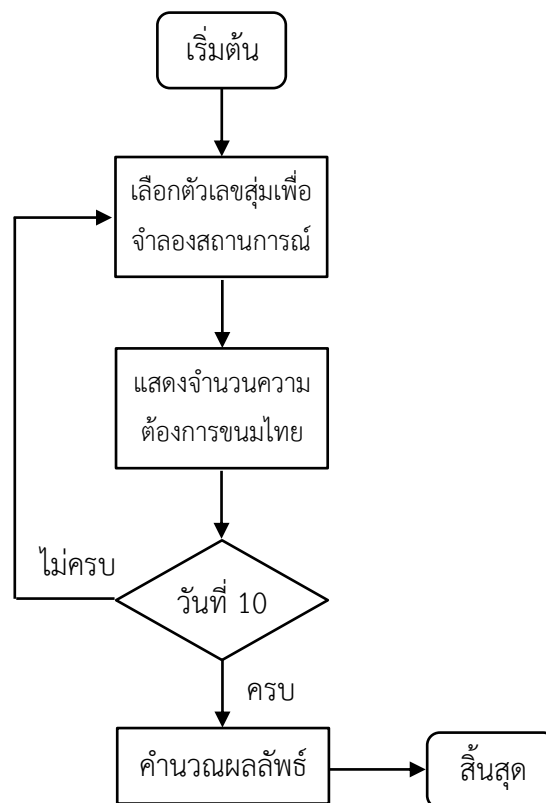
วันที่	ตัวเลขที่สุ่มได้	ความต้องการ (ชุด)
1	19	15
2	13	10
3	80	25
4	64	25
5	80	25
6	96	30
7	14	10
8	32	20
9	12	10
10	98	30
รวม		200
เฉลี่ย		20

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 841)

จากการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 10.7 จะเห็นได้ว่าจำนวนคนไทยที่ร้านฯ จะขายเฉลี่ยวันละ 20 ชุด ทั้งนี้หากใช้ตัวเลขสุ่มแถวอื่นผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะแตกต่างกันออกไปและหากมีการจำลองสถานการณ์ในจำนวนครั้งที่มากขึ้น หรือหลายวัน จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มี

แนวโน้มเข้าใกล้กับค่าคาดหวังที่วิเคราะห์ไว้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดหวังที่คำนวณไว้ โดยมีค่าเท่ากับ 20.25 ชุด หรือกล่าวได้ว่าการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้อัดคล้องกับสถานการณ์จริง ดังนั้นร้านทองชนมไทยควรผลิตชนมไทยวันละ 20 ชุด

นอกจากนี้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของร้านทองชนมไทยสามารถแสดงในลักษณะของผังงาน (Flowchart) เพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ของปัญหาได้ดังนี้



ภาพที่ 10.2 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของร้านทองชนมไทย

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 336)

การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาแถวคอย

จากปัญหาแถวคอยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 9 ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยตัวแบบแถวคอยที่มุ่งเน้นการจัดการบริการให้เหมาะสมกับความต้องการใช้บริการ ทั้งนี้ตัวแบบแถวคอยมีข้อจำกัดด้านสมมติฐานในแต่ละตัวแบบที่ต้องกำหนดการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราการเข้ามารับบริการ และให้บริการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในลักษณะของค่าเฉลี่ยทั้งระยะเวลา และจำนวนลูกค้า ทั้งที่อยู่ในแถวคอย และระบบแถวคอย ในขณะที่ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ไม่จำเป็นต้องระบุการแจกแจง

ความน่าจะเป็นของการเข้ามารับบริการและให้บริการ อีกทั้งยังแสดงรายละเอียดของสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ จึงเป็นแบบที่นิยมนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาแถวคอยมากที่สุดอีกตัวแบบหนึ่ง (Vohra, 2017 : 845; Anderson et al., 2019 : 514-515)

ตัวอย่างที่ 10.3 ร้านอาหารสไตล์ฟิวส์ชั้นระดับมิชลินสตาร์ 3 ดาว เปิดให้บริการ 8 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 20.00 น. โดยไม่มีการจองคิวล่วงหน้าและให้บริการลูกค้าเป็นกลุ่มทีละกลุ่มเท่านั้น ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของลูกค้าจำนวน 100 กลุ่ม พบว่าในแต่ละวันจะมีลูกค้าเข้าใช้บริการในระยะเวลาที่ห่างกันอยู่ระหว่าง 10 ถึง 40 นาที ทั้งนี้ร้านอาหารฯ จะใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันซึ่งอยู่ระหว่าง 20 ถึง 50 นาที โดยมีรายละเอียดของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการและให้บริการดังนี้

ตารางที่ 10.8 ระยะเวลาในการเข้ามารับบริการและให้บริการของตัวอย่างที่ 10.3

ระยะเวลาในการเข้ามารับบริการ (นาที)	จำนวนลูกค้า (กลุ่ม)	ระยะเวลาในการให้บริการ (นาที)	จำนวนลูกค้า (กลุ่ม)
10	12	20	30
20	25	30	40
30	25	40	20
40	38	50	10
รวม	100	รวม	100

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 845)

จากข้อมูลข้างต้นจงจำลองสถานการณ์ในกรณีที่มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการร้านอาหารฯ แห่งนี้จำนวน 10 กลุ่มต่อวัน โดยใช้ตัวแถวสุ่มแถวนอนที่ 2 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของลูกค้า และใช้ตัวแถวสุ่มแถวนอนที่ 8 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการให้บริการของร้านอาหารฯ จากตารางที่ 10.1

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถทำการจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้

1. วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม และกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของทั้งระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของลูกค้า และระยะเวลาในการให้บริการของร้านอาหารฯ ได้ดังนี้

ตารางที่ 10.9 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการ

ระยะเวลาในการเข้ามารับบริการ (นาที)	จำนวนลูกค้า (กลุ่ม)	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
10	12	0.12	0.12	01 ถึง 12
20	25	0.25	0.37	12 ถึง 37
30	25	0.25	0.62	38 ถึง 62
40	38	0.38	1.00	63 ถึง 00
รวม	100	1.00	-	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 845)

ตารางที่ 10.10 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการให้บริการ

ระยะเวลาในการให้บริการ (นาที)	จำนวนลูกค้า (กลุ่ม)	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
20	30	0.30	0.30	01 ถึง 30
30	40	0.40	0.70	31 ถึง 70
40	20	0.20	0.90	71 ถึง 90
50	10	0.10	1.00	91 ถึง 00
รวม	100	1.00	-	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก Vohra (2017 : 846)

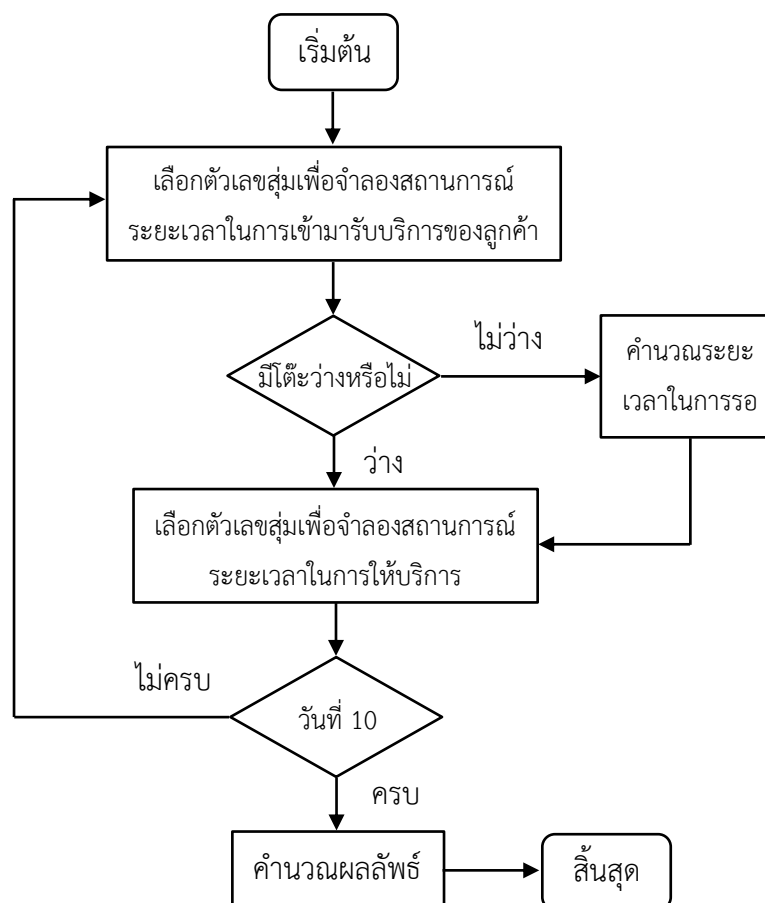
จากตารางที่ 10.9 และตารางที่ 10.10 สามารถวิเคราะห์ค่าคาดหวังของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของลูกค้า และค่าคาดหวังของระยะเวลาในการให้บริการของร้านอาหารฯ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังของลูกค้า} &= 0.12(10) + 0.25(20) + 0.25(30) + 0.38(40) \\ &= 28.9 \text{ นาทีต่อกลุ่ม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าคาดหวังของร้านอาหารฯ} &= 0.30(20) + 0.40(30) + 0.20(40) + 0.10(50) \\ &= 31 \text{ นาทีต่อกลุ่ม}\end{aligned}$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของลูกค้าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 28.9 นาที หรือโดยเฉลี่ยลูกค้าจะเข้ามารับบริการทุกๆ 28.9 นาที และระยะเวลาในการให้บริการของร้านอาหารฯ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 31 นาที

2. จำลองสถานการณ์ในกรณีที่มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการร้านอาหารฯ แห่งนี้ จำนวน 10 กลุ่มต่อวัน โดยใช้ตัวแถวสุ่มแถวนอนที่ 2 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของลูกค้า และใช้ตัวแถวสุ่มแถวนอนที่ 8 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการให้บริการของร้านอาหารฯ จากตารางที่ 10.1 ได้ตารางที่ 10.11 ทั้งนี้การวิเคราะห์ตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของสถานการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาแถวคอยในกรณีร้านอาหารสโตร์ฟิวส์ชั้นระดับมิชลินสตาร์ 3 ดาว จะแสดงในลักษณะของผังงานได้ดังนี้



ภาพที่ 10.3 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของร้านอาหารฯ

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 517)

ตารางที่ 10.11 การจำลองสถานการณ์ของร้านอาหารฯ

ลูกค้า	ตัวเลข กลุ่ม	เวลาเข้ามา รับบริการ	เวลาที่ มาถึง	ตัวเลข กลุ่ม	เวลา ให้บริการ	เวลาเริ่ม บริการ	เวลาสิ้นสุด บริการ	เวลารอ
1	87	40	12.40	37	30	12.40	13.10	0
2	53	30	13.10	92	50	13.10	14.00	0
3	49	30	13.40	23	20	14.00	14.20	20
4	29	20	14.00	84	40	14.20	15.00	20
5	12	10	14.10	79	40	15.00	15.40	50
6	54	30	14.40	82	40	15.40	16.20	60
7	25	20	15.00	11	20	16.20	16.40	80
8	60	30	15.30	07	20	16.40	17.00	70
9	13	20	15.50	54	30	17.00	17.30	70
10	48	30	16.20	23	20	17.30	17.50	70
รวม		260	-		310	-		410

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 520)

จากการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 10.11 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่วิเคราะห์ตั้งแต่ 12.00 น. ถึง 17.50 น. รวมทั้งสิ้น 5 ชั่วโมง 50 นาที หรือ 350 นาที ของลูกค้าจำนวน 10 กลุ่ม ร้านอาหารฯ จะใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าเฉลี่ยกลุ่มละ 31 นาที โดยจะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยทุกๆ 26 นาที และลูกค้ามีระยะเวลาในการรอคอยที่จะเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยกลุ่มละ 41 นาที (เวลาที่เสียไป) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดการณ์ที่คำนวณไว้ โดยมีค่าเท่ากับ 31 นาทีต่อกลุ่ม และ 28.9 นาทีต่อกลุ่ม ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง ทั้งนี้หากวิเคราะห์ระบบแถวคอยจะสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ (Anderson et al., 2019 : 520-521)

$$\text{อัตราการเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาคือ } \frac{60}{26} = 2.3077 \text{ กลุ่มต่อชั่วโมง}$$

$$\text{อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาคือ } \frac{60}{31} = 1.9355 \text{ กลุ่มต่อชั่วโมง}$$

$$\text{จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอยคือ } \frac{410}{350} = 1.1714 \text{ กลุ่ม}$$

$$\text{จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอยคือ } \frac{410 + 310}{350} = 2.0571$$

กลุ่ม

$$\text{ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอยคือ } \frac{410}{10} = 41 \text{ นาที}$$

$$\text{ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอยคือ } \frac{410 + 310}{10} = 72 \text{ นาที}$$

$$\text{ความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงานคือ } \frac{310}{350} = 0.8857 \text{ หรือร้อยละ } 88.57$$

อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในระยะเวลา ที่กำหนดเท่านั้น หากมีการจำลองสถานการณ์ในระยะเวลา หรือจำนวนลูกค้าที่มากขึ้น รวมไปถึงหากใช้ตัวเลขสุ่มในแถวอื่นๆ ผลลัพธ์ที่ได้อาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้ตัดสินใจอาจต้องทำการจำลองสถานการณ์ในอีกหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งผลลัพธ์ที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง จึงจะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประยุกต์ใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือ

จากปัญหาสินค้าคงเหลือที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยตัวแบบสินค้าคงเหลือที่พิจารณาจากปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: EOQ) รวมไปถึงการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ ทั้งนี้ตัวแบบ EOQ มีข้อสมมติที่สำคัญคือ ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนสม่ำเสมอ และมีระยะเวลาในการสั่งซื้อ (Lead time) ที่คงที่ อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์จริงความต้องการสินค้าอาจมีความคาดเคลื่อน หรือความไม่แน่นอนเกิดขึ้นได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในกรณีที่ความต้องการสินค้ามีความไม่แน่นอน จึงสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตัวแบบการจำลองสถานการณ์ อีกทั้งยังแสดงรายละเอียดของสถานการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นได้ (Render et al., 2018 : 489-490)

ตัวอย่างที่ 10.4 บริษัทลูน่า จำกัด เป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งในการสั่งซื้อจะใช้ระยะเวลาตั้งแต่สั่งซื้อจนได้รับเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ รวมทั้งสิ้น 1 ถึง 3 วัน โดยมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 1,000 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาเครื่องละ 90 บาทต่อวัน ทั้งนี้การสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ บริษัทฯ จะสั่งซื้อครั้งละ 10 เครื่อง และจะสั่งซื้อซ้ำเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ในคลังสินค้าเหลือน้อยกว่า 5 เครื่อง (จุดสั่งซื้อซ้ำ) โดยจะสั่งซื้อทันทีเมื่อบริษัทฯ เปิดทำการในวันรุ่งขึ้น และหากบริษัทฯ ไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ไว้คอยจำหน่ายให้กับลูกค้าจะมีต้นทุนค่าเสียโอกาสเครื่องละ 800 บาท นอกจากนี้บริษัทฯ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะเวลา 300 วัน และพบว่าลูกค้ามีความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ อยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 เครื่องต่อวัน ซึ่งมีรายละเอียดความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ และระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ดังนี้

ตารางที่ 10.12 ความต้องการซื้อ และระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ

ความต้องการ (เครื่อง)	จำนวนวัน	ระยะเวลาในการสั่งซื้อ (วัน)	จำนวนครั้ง
0	15	1	5
1	30		
2	60	2	15
3	120		
4	45	3	10
5	30		
รวม	300	รวม	30

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 490)

จากข้อมูลข้างต้นความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ของลูกค้า และบริษัทฯ มีระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ที่ไม่แน่นอน ดังนั้นบริษัทฯ จะทำการจำลองสถานการณ์ความต้องการซื้อ หรือยอดขายเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ จำนวน 12 วัน โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 2 รวมไปถึงจำลองสถานการณ์ระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวนอนที่ 20 จากตารางที่ 10.1 จงวิเคราะห์ว่าบริษัทฯ ควรตัดสินใจอย่างไร หากเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ในการสั่งซื้อเป็นครั้งละ 15 เครื่อง

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถทำการจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้

1. วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม และกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของทั้งความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ของลูกค้า และระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ของบริษัทฯ ได้ดังนี้

ตารางที่ 10.13 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของความถี่ความต้องการซื้อ

ความต้องการ (เครื่อง)	จำนวนวัน	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็น สะสม	ช่วงของตัวเลข สุ่ม
0	15	0.05	0.05	01 ถึง 05
1	30	0.10	0.15	06 ถึง 15
2	60	0.20	0.35	16 ถึง 35
3	120	0.40	0.75	36 ถึง 75
4	45	0.15	0.90	76 ถึง 90
5	30	0.10	1.00	91 ถึง 00
รวม	300	1.00	-	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 490)

ตารางที่ 10.14 ความน่าจะเป็นและช่วงของตัวเลขสุ่มของระยะเวลาในการสั่งซื้อ

ระยะเวลาในการ สั่งซื้อ (วัน)	จำนวนครั้ง	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็น สะสม	ช่วงของตัวเลข สุ่ม
1	6	0.20	0.20	01 ถึง 20
2	15	0.50	0.70	21 ถึง 70
3	9	0.30	1.00	71 ถึง 00
รวม	30	1.00	-	-

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 491)

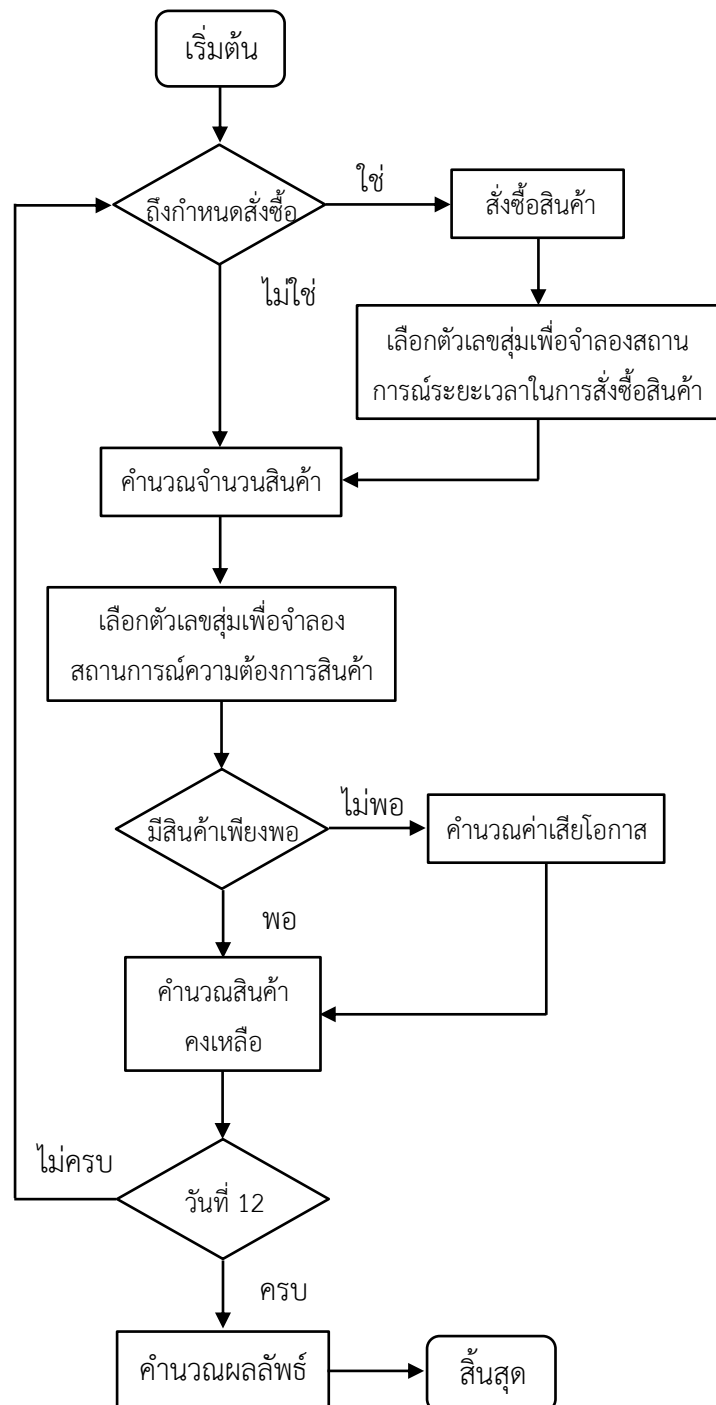
จากตารางที่ 10.13 สามารถวิเคราะห์ค่าคาดหวังของความถี่ความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ หรือยอดขายเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ของบริษัทฯ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าคาดหวังของบริษัทฯ} &= 0.05(0) + 0.10(1) + 0.20(2) + 0.40(3) + 0.15(4) \\
 &\quad + 0.10(5) \\
 &= 2.8 \text{ เครื่องต่อวัน}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของบริษัทฯ หรือยอดขายเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ที่บริษัทฯ จะขายได้เฉลี่ยวันละ 2.8 เครื่อง

2. จำลองสถานการณ์ความต้องการซื้อ หรือยอดขายเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ จำนวน 12 วัน โดยใช้ตัวแปรสุ่มแถวตั้งที่ 2 รวมไปถึงจำลองสถานการณ์ระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ

โดยใช้ตัวแปรสุ่มแถวนอนที่ 20 จากตารางที่ 10.1 ได้ดังตารางที่ 10.15 ทั้งนี้การวิเคราะห์ตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ดังนั้นตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาสินค้าคงเหลือในกรณีบริษัทผู้นำ จำกัด จะแสดงในลักษณะของผังงานได้ดังนี้



ภาพที่ 10.4 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของบริษัทผู้นำ จำกัด

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 491)

ตารางที่ 10.15 การจำลองสถานการณ์กรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 10 เครื่องของตัวอย่างที่ 10.4

วันที่	สินค้าที่ได้รับ	สินค้าต้นงวด	ตัวเลข สุ่ม	ความ ต้องการ	สินค้า คงเหลือ	สินค้า ไม่พอ	สั่งซื้อ	ตัวเลข สุ่ม	ระยะ เวลาฯ
1	-	10	18	2	8	-	ไม่สั่ง	-	-
2	-	8	53	3	5	-	ไม่สั่ง	-	-
3	-	5	92	5	0	-	ไม่สั่ง	-	-
4	-	0	22	2	0	2	สั่ง	57	2
5	-	0	13	1	0	1	ไม่สั่ง	-	-
6	-	0	90	4	0	4	ไม่สั่ง	-	-
7	10	10	47	3	7	-	ไม่สั่ง	-	-
8	-	7	92	5	2	-	สั่ง	12	1
9	-	2	87	4	0	2	ไม่สั่ง	-	-
10	10	10	51	3	7	-	ไม่สั่ง	-	-
11	-	7	17	2	5	-	ไม่สั่ง	-	-
12	-	5	23	2	3	-	สั่ง	68	2
รวม				36	37	9	-		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 492)

จากการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 10.15 ในกรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 10 เครื่อง จะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 12 วัน บริษัทฯ สามารถจำหน่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ได้ 36 เครื่อง และเกิดสถานการณ์ที่สินค้าไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายจำนวน 4 วัน โดยมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายทั้งหมด 9 เครื่อง รวมไปถึงมีสินค้าคงเหลือทั้งสิ้น 37 เครื่อง และทำการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ จำนวน 3 ครั้งคือ วันที่ 4 วันที่ 8 และวันที่ 12 ซึ่งสามารถคำนวณต้นทุนรวมได้ดังนี้

ต้นทุนรวม = ต้นทุนในการสั่งซื้อ + ต้นทุนในการเก็บรักษา + ต้นทุนที่เกิดจากการขาด

แคลนสินค้า

$$= (3 \text{ ครั้ง} \times 1,000 \text{ บาท}) + (37 \text{ เครื่อง} \times 90 \text{ บาท})$$

$$+ (9 \text{ เครื่อง} \times 800 \text{ บาท})$$

$$= 3,000 + 3,330 + 7,200 = 13,530 \text{ บาท}$$

ทั้งนี้หากพิจารณาต้นทุนรวมรวมเฉลี่ยต่อวันของบริษัทฯ ในกรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 10 เครื่อง จะมีค่าเท่ากับ 1,127.5 บาท และความต้องการซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ของลูกค้าเฉลี่ยวันละ 12 เครื่อง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดหวังที่คำนวณไว้ โดยมีค่าเท่ากับ 2.8 เครื่องต่อวัน หรือกล่าวได้ว่าการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตาม การสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่มากขึ้นในแต่ละครั้งอาจทำให้มีต้นทุนที่แตกต่างออกไป ซึ่งในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาสินค้าคงเหลือจะต้องเปรียบเทียบต้นทุนที่ต่ำที่สุดในแต่ละกรณี

สำหรับตัวอย่างที่ 10.4 ได้กำหนดให้เปรียบเทียบกับกรณีที่สั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์มากขึ้นเป็นครั้งละ 15 เครื่อง ดังนั้นสามารถจำลองสถานการณ์ความต้องการซื้อ และระยะเวลาในการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ อีกครั้งโดยใช้ตัวเลขสุ่มชุดเดิมได้ดังนี้

ตารางที่ 10.16 การจำลองสถานการณ์กรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 15 เครื่องของตัวอย่างที่ 10.4

วันที่	สินค้าที่ได้รับ	สินค้าต้นงวด	ตัวเลขสุ่ม	ความต้องการ	สินค้าคงเหลือ	สินค้าไม่พอ	สั่งซื้อ	ตัวเลขสุ่ม	ระยะเวลา
1	-	15	18	2	13	-	ไม่สั่ง	-	-
2	-	13	53	3	10	-	ไม่สั่ง	-	-
3	-	10	92	5	5	-	ไม่สั่ง	-	-
4	-	5	22	2	3	-	สั่ง	57	2
5	-	3	13	1	2	-	ไม่สั่ง	-	-
6	-	2	90	4	0	2	ไม่สั่ง	-	-
7	15	15	47	3	12	-	ไม่สั่ง	-	-
8	-	12	92	5	7	-	ไม่สั่ง	-	-
9	-	7	87	4	3	-	สั่ง	12	1
10	-	3	51	3	0	-	ไม่สั่ง	-	-
11	15	15	17	2	13	-	ไม่สั่ง	-	-
12	-	13	23	2	11	-	ไม่สั่ง	-	-
รวม				36	79	2	-		

ที่มา: ปรับปรุงจาก Render et al. (2018 : 491)

จากการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 10.16 ในกรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 15 เครื่อง จะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 12 วัน จะเกิดสถานการณ์ที่สินค้าไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายเพียงวันเดียว โดยมีเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ ที่ไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายทั้งหมด 2 เครื่อง แต่มีสินค้าคงเหลือทั้งสิ้น 79 เครื่อง และทำการสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ฯ จำนวน 2 ครั้งคือ วันที่ 4 และวันที่ 9 ซึ่งสามารถคำนวณต้นทุนรวมได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนรวม} &= (2 \text{ ครั้ง} \times 1,000 \text{ บาท}) + (79 \text{ เครื่อง} \times 90 \text{ บาท}) \\ &\quad + (2 \text{ เครื่อง} \times 800 \text{ บาท}) \\ &= 2,000 + 7,110 + 1,600 = 10,710 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ทั้งนี้หากพิจารณาต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อวันของบริษัทฯ ในกรณีที่สั่งซื้อครั้งละ 15 เครื่อง จะมีค่าเท่ากับ 892.5 บาท ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบริษัทผู้นำ จำกัด ควรสั่งซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงมาจำหน่ายครั้งละ 15 เครื่อง ซึ่งจะมีต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อวันต่ำที่สุด

บทสรุป

การตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันมีความท้าทายมากยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากสภาพการแข่งขันที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น เป็นผลทำให้ธุรกิจต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น รวมไปถึงความเสี่ยงทั้งที่ควบคุมได้ และควบคุมไม่ได้ ซึ่งล้วนเป็นปัญหาที่ต้องตัดสินใจทั้งสิ้น ดังนั้นการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจจะต้องสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จึงได้มีการพัฒนาตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นตัวแบบที่นำข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในอดีตมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง และสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับปัญหาทางธุรกิจที่มีความซับซ้อนได้ทุกรูปแบบ สำหรับการใช้ตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะมี 5 ขั้นตอน คือการกำหนดวัตถุประสงค์ การสร้างตัวแบบ การออกแบบการทดสอบตัวแบบ การจำลองสถานการณ์ และการประเมินผลลัพธ์ ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์จะใช้ตัวเลขสุ่มแทนการเกิดสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนในอนาคต หรือมีลักษณะสุ่ม ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม แต่จะไม่ใช้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดดังเช่นผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสอดคล้องกับปัญหาทางธุรกิจของตัวแบบการจำลองสถานการณ์ และจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์จะนิยมใช้วิธีมอนติคาร์โล โดยมี 5 ขั้นตอน คือการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม การกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่ม การกำหนดตัวเลขสุ่ม และการจำลองสถานการณ์จากตัวเลขสุ่มที่ต้องการศึกษา ซึ่งสามารถนำตัวแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจในลักษณะต่างๆ ได้ เช่น ปัญหาแถวคอย และปัญหาสินค้าคงเหลือ เป็นต้น

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10

1. นายเจเป็นผู้ให้บริการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลรายหนึ่ง และทราบว่าในแต่ละวันจะมีปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลบนแพลตฟอร์มของเขาอยู่ระหว่าง 100 ล้านบาท ถึง 500 ล้านบาท ซึ่งจากเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลบนแพลตฟอร์มของนายเจ จำนวน 120 วัน มีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ฯ (ล้านบาท)	จำนวน (วัน)
100	15
200	35
300	25
400	30
500	15

จากข้อมูลข้างต้น จงทำการจำลองสถานการณ์ปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลบนแพลตฟอร์มของนายเจ จำนวน 12 วัน โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 2 จากตารางที่ 10.1 รวมไปถึงเปรียบเทียบค่าคาดหวังของปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลบนแพลตฟอร์มของนายเจกับค่าเฉลี่ยของปริมาณการซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลบนแพลตฟอร์มของนายเจจากการจำลองสถานการณ์

2. ร้านเทอร์รา เป็นตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมา พบว่าในหนึ่งวันจะมีลูกค้าเข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่เกิน 6 คน และจากการสังเกตใน 100 วัน จะมีรายละเอียดของจำนวนลูกค้าที่เข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

จำนวนลูกค้า (คน)	จำนวน (วัน)
0	5
1	12
2	15
3	25
4	22
5	15
6	6

จากข้อมูลข้างต้น หากผู้จัดการร้านเทอร์ราต้องการทราบว่าในอีก 10 วันข้างหน้า จะมีลูกค้าเข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากร้านฯ จำนวนกี่คน จึงจำลองสถานการณ์จำนวนลูกค้าที่จะเข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากร้านฯ โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตอนที่ 2 จากตารางที่ 10.1 รวมไปถึงเปรียบเทียบค่าคาดหวังของจำนวนลูกค้าเข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากร้านฯ กับค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าเข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากร้านฯ จากการจำลองสถานการณ์

3. จากข้อที่ 2 หากผู้จัดการร้านเทอร์ราทำการสังเกตลูกค้าจำนวน 200 คน ซึ่งพบว่าลูกค้าแต่ละคนที่เข้ามาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะมียอดซื้ออยู่ระหว่าง 10,000 บาท ถึง 20,000 บาท หากนักศึกษาเป็นผู้ช่วยผู้จัดการร้านเทอร์รา จงช่วยผู้จัดการร้านฯ พยากรณ์ยอดขายของร้านฯ จากลูกค้าจำนวน 15 คน โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 5 จากตารางที่ 10.1 และเปรียบเทียบค่าคาดหวังของยอดขายของร้านฯ กับค่าเฉลี่ยของยอดขายของร้านฯ จากการจำลองสถานการณ์ โดยมีรายละเอียดยอดซื้อของลูกค้าดังนี้

ยอดซื้อของลูกค้า (บาท)	จำนวนลูกค้า (คน)
10,000	60
15,000	112
20,000	28

4. บริษัทอากาศ จำกัด เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องปรับอากาศรายใหญ่ ซึ่งมีเครื่องปรับอากาศอยู่จำนวนหนึ่งในคลังสินค้า เพื่อไว้จำหน่ายให้กับลูกค้าในช่วงฤดูร้อน โดยจากการสำรวจความต้องการเครื่องปรับอากาศของลูกค้าใน 50 สัปดาห์ที่ผ่านมา พบว่าบริษัทฯ จะสามารถขายเครื่องปรับอากาศได้ในแต่ละสัปดาห์ดังนี้

ยอดขาย (เครื่อง)	จำนวน (สัปดาห์)
5	6
6	10
7	13
8	9
9	8
10	4

จากข้อมูลข้างต้น หากบริษัทฯ ต้องการทราบว่าในอีก 15 สัปดาห์ข้างหน้า บริษัทฯ จะขายเครื่องปรับอากาศได้กี่เครื่อง จงจำลองสถานการณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทฯ โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 1 จากตารางที่ 10.1 และเปรียบเทียบค่าคาดหวังของยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทฯ กับค่าเฉลี่ยของยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทฯ จากการจำลองสถานการณ์

5. บริษัทวิศวกรรมพลังงาน จำกัด เป็นผู้ซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยในการซ่อมบำรุงจะใช้เวลา 1 วัน ถึง 2 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเสียหายที่ได้รับ และมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่ต้องการให้บริษัทฯ เข้าไปซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในระยะเวลาที่ห่างกัน 1 วัน ถึง 4 วัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระยะเวลาห่าง (วัน)	ความน่าจะเป็น	ระยะเวลาซ่อม บำรุง (วัน)	ความน่าจะเป็น
1.0	0.20	0.5	0.20
2.0	0.40	1.0	0.50
3.0	0.30	2.0	0.30
4.0	0.10	-	-

จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

5.1 จงวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม และกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของทั้งระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และระยะเวลาที่โรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ต้องการให้บริษัทฯ เข้าไปซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์

5.2 หากบริษัทฯ ต้องการทราบว่าภายในระยะเวลา 12 วัน บริษัทฯ จะต้องใช้เวลาเฉลี่ยเท่าใดในการซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จงจำลองสถานการณ์โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 1 และโรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะใช้เวลาในการรอที่จะซ่อมบำรุงเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์เฉลี่ยเท่ากับเท่าใด จงจำลองสถานการณ์โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 3 จากตารางที่ 10.1

5.3 วิเคราะห์ระบบแถวคอยของบริษัทวิศวกรรมพลังงาน จำกัด จากการจำลองสถานการณ์

6. บริษัทเจพี จำกัดเป็นจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละสัปดาห์จะมียอดขายรถยนต์ที่แตกต่างกัน คือ ขายไม่ได้เลย ขายได้ 1 คัน ขายได้ 2 คัน ขายได้ 3 คัน และขายได้ 4 คัน ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นร้อยละ 20, 40, 20, 15 และ 5 ตามลำดับ และบริษัทฯ มีระยะเวลาในการสั่งซื้อรถยนต์ คือ 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นร้อยละ 15, 35 และ 50 ตามลำดับ ทั้งนี้บริษัทฯ จะสั่งซื้อรถยนต์ ครั้งละ 10 คัน และจะสั่งซื้อในสัปดาห์ถัดไป เมื่อมีรถยนต์ เหลือปลายสัปดาห์ 2 คัน โดยมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 5,000 บาท รวมไปถึงมีต้นทุนในการเก็บรักษาคันละ 100 บาทต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ หากบริษัทฯ ไม่มีรถยนต์ ไว้จำหน่ายจะมีต้นทุนค่าเสียโอกาสคันละ 4,000 บาท จงจำลองสถานการณ์ยอดขายรถยนต์ ในอีก 10 สัปดาห์ข้างหน้า โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวบนที่ 10 รวมไปถึงจำลองสถานการณ์ระยะเวลาในการสั่งซื้อรถยนต์ โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวบนที่ 20 จากตารางที่ 10.1 และวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยบริษัทฯ มีรถยนต์ ในคลังสินค้าเริ่มที่ 6 คัน

7. ผู้จัดการคลังสินค้าแห่งหนึ่ง ต้องทำการประมาณอุปสงค์ของสินค้า เพื่อใช้ในการบริหารจัดการสินค้าคงเหลือในคลังสินค้าให้เหมาะสม โดยมีนโยบายกำหนดไว้ว่าควรสั่งซื้อสินค้าครั้งละ 500 ชิ้น และต้องทำการสั่งซื้อซ้ำเมื่อสินค้าเหลืออยู่ในคลังสินค้าไม่เกิน 100 ชิ้น ซึ่งจะสั่งซื้อทันทีในวันรุ่งขึ้น ทั้งนี้ในการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งมีต้นทุนครั้งละ 2,000 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาคันละ 50 บาทต่อวัน นอกจากนี้หากไม่มีสินค้าไว้คอยจำหน่ายให้กับลูกค้าจะมีต้นทุนค่าเสียโอกาสคันละ 500 บาท อย่างไรก็ตาม ผู้จัดการคลังสินค้ากำลังพิจารณานโยบายในการบริหารจัดการสินค้าคงเหลือใหม่ เนื่องจากคู่ค้าได้เสนอให้สั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่มากขึ้นเป็น 800 ชิ้น และจากการเก็บรวบรวมข้อมูล 200 วัน พบว่าอุปสงค์ของสินค้า และระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้ามีรายละเอียดดังนี้

อุปสงค์ (ชิ้น)	จำนวนวัน	ระยะเวลาในการสั่งซื้อ (วัน)	ความน่าจะเป็น
100	12	2	0.30
120	35		
140	65	3	0.40
160	40		
180	18	4	0.30
200	30		

จากข้อมูลข้างต้น จงจำลองสถานการณ์อุปสงค์ของสินค้า จำนวน 15 วัน โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 8 รวมไปถึงจำลองสถานการณ์ระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้า โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 10 จากตารางที่ 10.1 เพื่อช่วยผู้จัดการคลังสินค้าในการตัดสินใจที่จะเลือกนโยบายการสั่งซื้อสินค้าโดยมีต้นทุนต่ำที่สุด

8. ปั้มน้ำมันแห่งหนึ่ง เปิดให้บริการ 24 ชั่วโมง โดยมีหัวจ่ายน้ำมันชนิดพิเศษเพียงหัวจ่ายเดียว ทั้งนี้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของรถที่เข้ามาเติมน้ำมันชนิดพิเศษจำนวน 100 คัน จะมีรายละเอียดของระยะเวลาในการให้บริการ (เติมน้ำมัน) และระยะเวลาที่รถแต่ละคันเข้ามาใช้บริการห่างกันดังนี้

ระยะเวลาห่าง (นาทึ)	จำนวนรถ (คัน)	ระยะเวลาเติมน้ำมัน (นาทึ)	จำนวนรถ (คัน)
1	25	1	35
2	20	2	25
3	40	3	20
4	15	4	20

จากข้อมูลข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 จงวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม และกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มของทั้งระยะเวลาในการเข้ามารับบริการของรถ และระยะเวลาในการให้บริการของปั้มน้ำมัน

8.2 หากเจ้าของปั้มน้ำมัน ต้องการทราบระยะเวลาในการให้บริการเติมน้ำมันของปั้มน้ำมันและระยะเวลาในการรอเติมน้ำมันของรถ จำนวน 15 คัน จงจำลองสถานการณ์ โดยใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 7 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการให้บริการเติมน้ำมันของปั้มน้ำมัน และใช้ตัวเลขสุ่มแถวตั้งที่ 10 ในการจำลองสถานการณ์ของระยะเวลาในการเข้ามาเติมน้ำมันของรถ จากตารางที่ 10.1

8.3 วิเคราะห์ระบบแถวคอยของปั้มน้ำมันแห่งนี้ จากการจำลองสถานการณ์

8.4 หากเจ้าของปั้มน้ำมันกำลังพิจารณาว่าควรเพิ่มจำนวนหัวจ่ายหรือไม่ ซึ่งจะต้องเพิ่มหัวจ่ายหากมีรถที่เข้ามาเข้าแถวเพื่อเติมน้ำมันชนิดพิเศษนี้เกิน 3 คัน จะต้องเพิ่มหัวจ่ายน้ำมัน ดังนั้นเจ้าของปั้มน้ำมันควรตัดสินใจอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- ชัคัตตริย รัชเสวีสดี. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธัมมสภา. (2559). **ตัวแบบแถวคอยและตัวแบบจำลองสถานการณ์**. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 13**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 13-1 – 13-65. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการและการตัดสินใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- อุดมศักดิ์ ศิลประชาวงศ์ จิราภรณ์ สุธัมมสภา และไมตรี วสันตวิวงศ์. (2558). **ตัวแบบแถวคอยและการจำลองสถานการณ์**. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการดำเนินงาน หน่วยที่ 6**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 6-1 – 6-59. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อุไรวรรณ แยมเนียม. (2554). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 12th ed. Boston: Pearson Education.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 13th global ed. Harlow, United Kingdom: Pearson Education.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). **Introduction to operations research**. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Vohra, N. D. (2017). **Quantitative techniques in management**. 5th ed. Chennai, India: McGraw-Hill Education.

Wisniewski, M., & Shafit, F. (2020). **Quantitative analysis for decision makers**. 7th ed.
London: Pearson Education.

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 11

การใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์

เนื้อหาประจำบท

ในบทนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1. โปรแกรม QM for Windows
2. การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดด้วยโปรแกรม QM for Windows
3. การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟด้วยโปรแกรม QM for Windows
4. การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยด้วยโปรแกรม QM for Windows
5. การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows
6. บทสรุป

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนจบบทที่ 11 นักศึกษาจะ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการใช้โปรแกรม QM for Windows ในการแก้ปัญหาตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ รวมไปถึงตัวแบบของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และจำนวนของตัวแบบของการวิเคราะห์เชิงปริมาณอื่นที่แก้ไขปัญหาคด้วยโปรแกรม QM for Windows ได้
2. สามารถวิเคราะห์ตัวแบบสินค้าคงเหลือด้วยการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ และวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟเพื่อพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว รวมไปถึงวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยทั้งในกรณีที่พิจารณาต้นและไม่พิจารณาต้นทุน โดยเฉพาะตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการหลายช่องทาง และตัวแบบการจำลองสถานการณ์สำหรับการจำลองสถานการณ์ซ้ำหลายๆ ครั้งด้วยโปรแกรม QM for Windows ได้
3. สามารถสังเคราะห์ผลลัพธ์ต่างๆ ของตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ที่ได้จากโปรแกรม QM for Windows ได้
4. สามารถนำความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการใช้โปรแกรม QM for Windows ในการแก้ปัญหาตัวแบบของการวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้งตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางธุรกิจได้

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

วิธีสอนและกิจกรรมในบทนี้ มีดังนี้

1. นำเสนอเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน โดยการบรรยาย
2. อธิบายเทคนิคในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะต่างๆ พร้อมยกตัวอย่าง
3. ให้นักศึกษาศึกษาเอกสารประกอบการสอน
4. เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและร่วมอภิปรายถึงข้อสงสัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และการคำนวณ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามและสรุปผลโดยอาจารย์ผู้สอน
5. มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท และกำหนดให้ส่งแบบฝึกหัดแก่อาจารย์ผู้สอนในชั้นเรียนครั้งต่อไป
6. แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีต่างๆ วิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟเพื่อพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว วิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยทั้งในกรณีที่พิจารณาต้นและไม่พิจารณาต้นทุน โดยเฉพาะตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการหลายช่องทาง ตลอดจนอธิบายได้ผลลัพธ์ต่างๆ และจำลองสถานการณ์ รวมไปถึงจำลองสถานการณ์ซ้ำหลายๆ ครั้ง ด้วยการใช้โปรแกรม QM for Windows พร้อมอธิบายวิธีการอ่านผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม QM for Windows ในลักษณะต่างๆ โดยละเอียด
7. แบ่งกลุ่มนักศึกษา และมอบหมายให้นักศึกษาในแต่ละกลุ่มนำตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ไปหาผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรม QM for Windows พร้อมทั้งอธิบายผลลัพธ์ที่ได้และนำเสนอหน้าชั้นเรียน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนในบทนี้ ประกอบไปด้วยสื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจบทที่ 11
2. สื่อในการนำเสนอ (Power point) ประกอบการบรรยาย
3. โปรแกรม QM for Windows ในการวิเคราะห์ตัวแบบสินค้าคงคลัง ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์
4. ใบงานคำสั่งในการหาคำตอบของตัวแบบสินค้าคงเหลือตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ รวมไปถึงการอธิบายผลจากโปรแกรม QM for Windows
5. หนังสือและตำราที่เกี่ยวข้อง
6. แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 11

การวัดผลและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ประกอบไปด้วย

1. วัดผลจากการเข้าชั้นเรียนตรงต่อเวลา
2. วัดผลจากการถามและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. วัดผลจากการสังเกตการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม
4. ประเมินผลจากการสังเกตการทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
5. ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
6. ประเมินผลจากการทำกิจกรรมกลุ่มเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
7. ประเมินผลจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน

บทที่ 11

การใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์

จากตัวแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่นำมาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจที่มีความหลากหลาย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วใน 10 บทแรก ซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ปัญหาทางธุรกิจอาจมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยธุรกิจต้องมีการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เพื่อลดผลกระทบทางธุรกิจ ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่มีความซับซ้อนอาจต้องเวลาในการหาผลลัพธ์จึงจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ มาช่วยในการหาผลลัพธ์ เช่น LINDO, QSB+, QM for windows และ Microsoft Excel เป็นต้น ซึ่งการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจะช่วยให้การหาผลลัพธ์มีความรวดเร็วและถูกต้อง อันจะนำไปสู่การตัดสินใจของผู้บริหารได้อย่างทันท่วงที สำหรับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการคำนวณและวิเคราะห์ตัวแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณในบทนี้จะใช้โปรแกรม QM for windows ในการหาผลลัพธ์ เนื่องจากเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีฟังก์ชันไม่ซับซ้อนและมีความยืดหยุ่นสูง

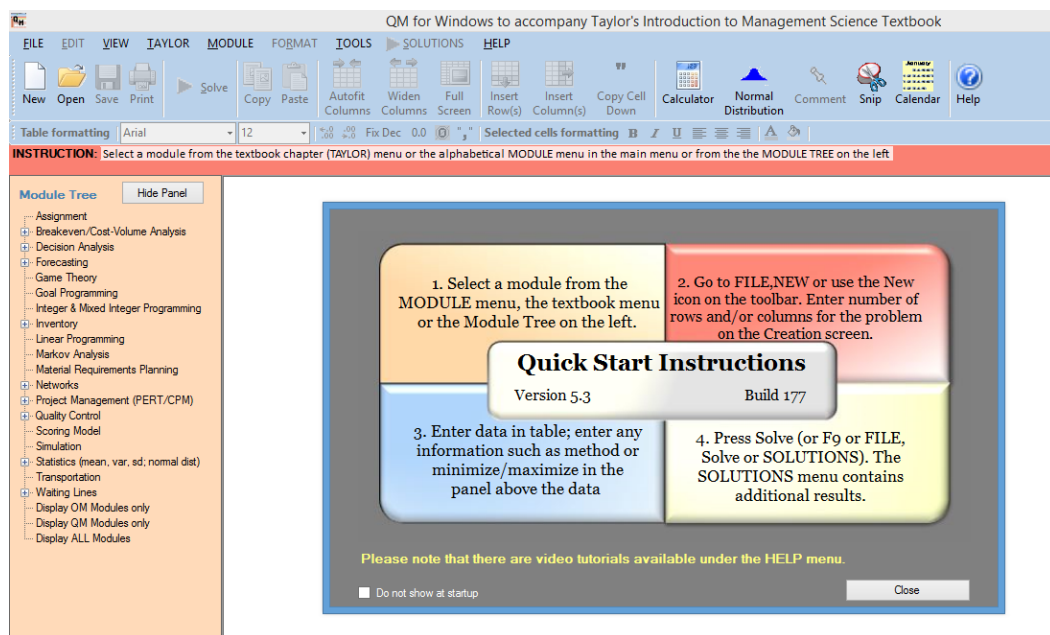
โปรแกรม QM for Windows

โปรแกรม QM for Windows เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยโฮวาร์ด เวสส์ (Howard Weiss) ในปี ค.ศ. 1999 ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีลักษณะเป็นโปรแกรมที่มีเมนูคำสั่งให้เลือกใช้ (Menu-driven software) ทำให้ง่ายต่อการใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องพิมพ์คำสั่ง (Command) เนื่องจากมีการสร้างสูตรการคำนวณไว้ให้เรียบร้อยแล้ว และผู้ใช้โปรแกรมสามารถดูสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้ โดยแตกต่างจากโปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ ที่ไม่สามารถทราบได้ว่าคำนวณผลลัพธ์ออกมาอย่างไร ทั้งนี้โปรแกรม QM for windows สามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 19 ตัวแบบ โดยแบ่งเป็นมอดูล (Module) ย่อยตามตัวแบบดังนี้ (สุทธิมา ขำนาญเวช, 2555 : 22-23)

1. ตัวแบบการกำหนดงาน (Assignment model)
2. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและต้นทุน (Breakeven/Cost volume analysis)
3. ตัวแบบการตัดสินใจ (Decision model)
4. ตัวแบบการพยากรณ์ (Forecasting model)
5. ทฤษฎีเกม (Game theory)
6. โปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal programming)
7. โปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer programming)

8. ตัวแบบสินค้าคงเหลือ (Inventory model)
9. โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming)
10. ตัวแบบมาร์คอฟ (Markov model)
11. การวางแผนการผลิตและควบคุม (Material requirement planning)
12. ตัวแบบข่ายงาน (Networks model)
13. การวิเคราะห์และบริหารโครงการ (Project management PERT/CPM)
14. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)
15. ตัวแบบการให้คะแนน (Scoring model)
16. ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ (Simulation model)
17. การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistics)
18. ตัวแบบการขนส่ง (Transportation model)
19. ตัวแบบแถวคอย (Queuing model or Wait line model)

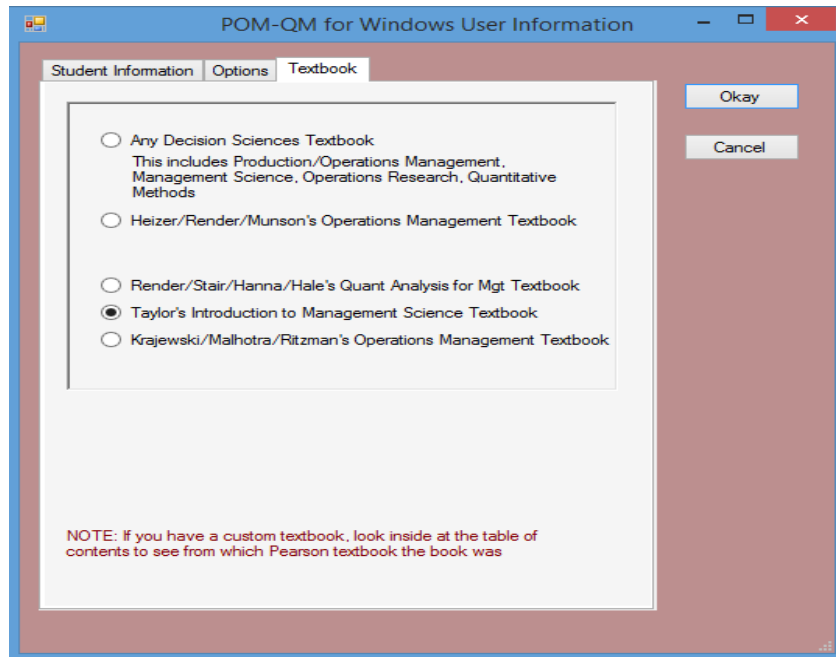
จากตัวแบบของการวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้ง 19 ตัวแบบที่ครอบคลุมปัญหาทางธุรกิจ ซึ่งในบทนี้จะวิเคราะห์เพียง 4 ตัวแบบเท่านั้น ได้แก่ ตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ส่วนตัวแบบอื่นๆ จะไม่ได้กล่าวถึงในบทนี้ สำหรับตัวแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้ง 19 ตัวแบบในโปรแกรม QM for Windows จะแสดงอยู่ทางซ้ายมือเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมามีภาพต่อไปนี้ (Taylor, 2013 : 14-15)



ภาพที่ 11.1 โปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Taylor (2013 : 15)

นอกจากนี้ภายหลังจากเลือกตัวแบบของการวิเคราะห์เชิงปริมาณทั้ง 19 ตัวแบบข้างต้นแล้ว โปรแกรม QM for Windows ยังสามารถเลือกวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีการในหนังสือของผู้เขียนแต่ละคนได้ เช่น หนังสือ Operations management ของ Heizer, Render, and Munson หนังสือ Quantitative analysis for management ของ Render, Stair, Hanna, and Hale และ หนังสือ Introduction to management science ของ Taylor เป็นต้น ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.2 การเลือกวิธีการวิเคราะห์ตามหนังสือในโปรแกรม QM for Windows
ที่มา: Taylor (2013 : 15)

การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดด้วยโปรแกรม QM for Windows

จากการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดกับตัวแบบสินค้าคงเหลือในกรณีต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 ซึ่งเป็นการคำนวณด้วยมือ ทั้งนี้การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกพัฒนาเพื่อช่วยในการคำนวณที่หลากหลาย โดยแต่ละโปรแกรมสำเร็จรูปอาจมีตัวแบบย่อยที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรม QM for Windows ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดมีตัวแบบย่อยทั้งหมด 11 ตัวแบบดังนี้ (Taylor, 2013 : 769-774)

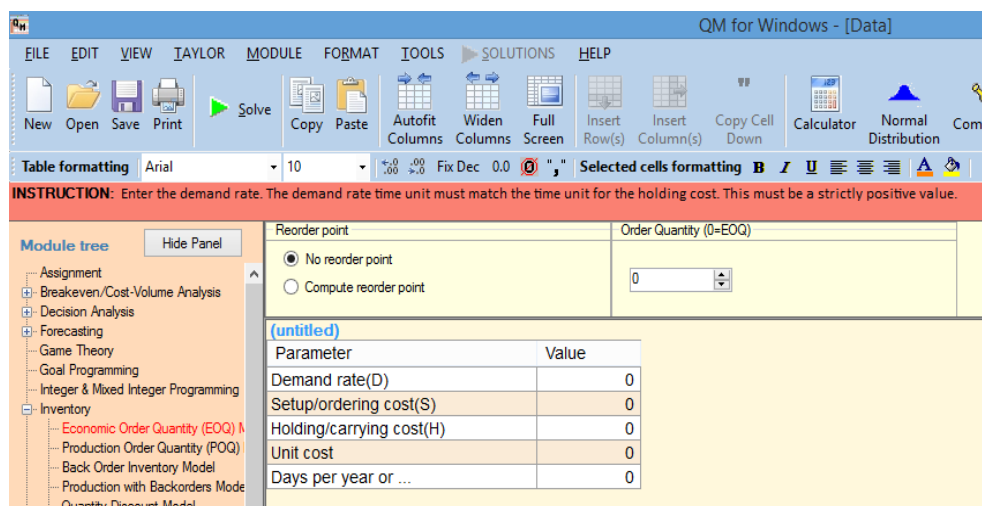
1. ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity model: EOQ)
2. ตัวแบบปริมาณการสั่งผลิต (Production Order Quantity model: POQ)
3. ตัวแบบสินค้าขาดแคลน (Back order inventory model)

4. ตัวแบบสินค้าที่สั่งผลิตขาดแคลน (Production with backorder model)
5. ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ (Quantity discount model)
6. การวิเคราะห์ ABC (ABC analysis)
7. การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำและการกำหนดปริมาณสินค้าสำรอง กรณีที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Reorder point/Safety stock with normal distribution)
8. การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำและการกำหนดปริมาณสินค้าสำรอง กรณีที่มีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Reorder point/Safety stock with discrete distribution)
9. การจัดการสินค้าด้วยการคำนวณในระบบคัมบัง (Kanban computation)
10. ตัวแบบสินค้าคงเหลือแบบช่วงเวลาเดียว กรณีที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Single period inventory with normal distribution)
11. ตัวแบบสินค้าคงเหลือแบบช่วงเวลาเดียว กรณีที่มีการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Single period inventory with discrete distribution)

ซึ่งในบทนี้จะยกตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีที่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง และไม่ได้รับทันที รวมไปถึงกรณีที่มีส่วนลดเชิงปริมาณ

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง สามารถเลือกตัวแบบได้ดังภาพต่อไปนี้



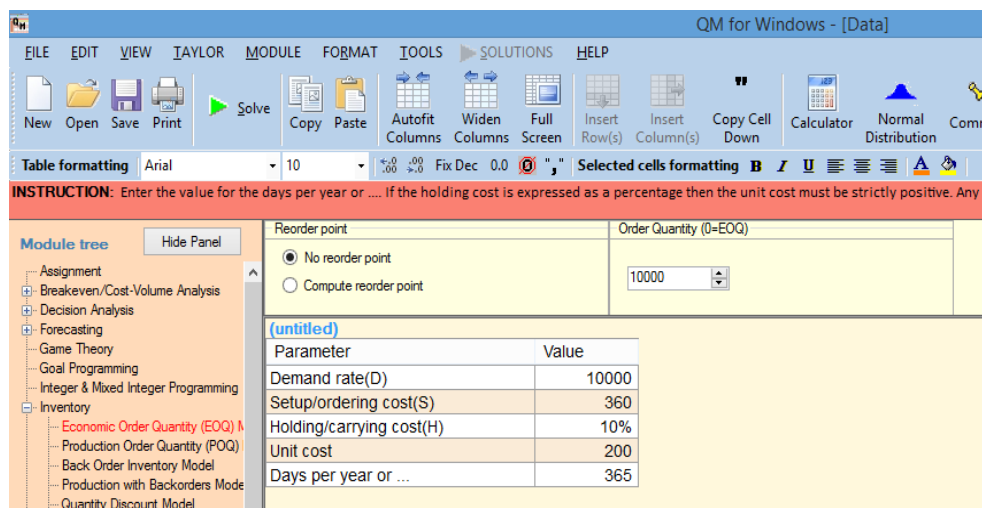
ภาพที่ 11.3 EOQ เมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Taylor (2013 : 769)

จากภาพที่ 11.3 เป็นการเลือกตัวแบบที่ไม่ต้องการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ (No reorder point) ส่วน Demand rate หมายถึงปริมาณความต้องการสินค้าในรอบปี, Set up/ordering cost หมายถึงต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง, Holding/carrying cost หมายถึงต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี (ร้อยละ), Unit cost หมายถึงต้นทุนของสินค้า และ Days per year or... หมายถึงจำนวนวันใน 1 ปี

ตัวอย่างที่ 11.1 จากตัวอย่างที่ 5.2 และตัวอย่างที่ 5.4 กำหนดให้บริษัทสายฟ้า จำกัด ต้องการซื้อชิปประมวลผล จำนวน 10,000 ชิ้นต่อปี ซึ่งชิปประมวลผลราคาชิ้นละ 200 บาท โดยบริษัทฯ มีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 360 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 10 ต่อปี ทั้งนี้เมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วได้รับสินค้าภายใน 12 วัน

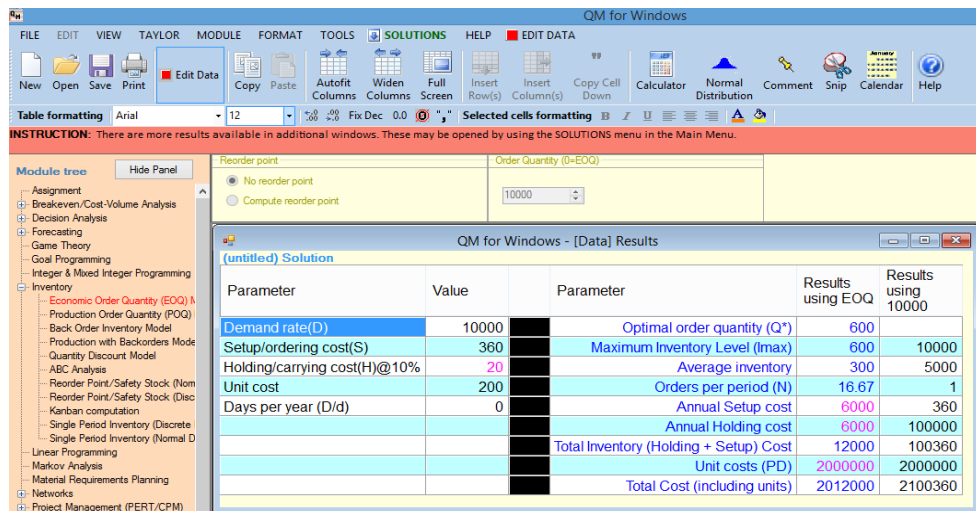
ดังนั้นสามารถป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.4 การป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 1

ที่มา: Taylor (2013 : 769)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้

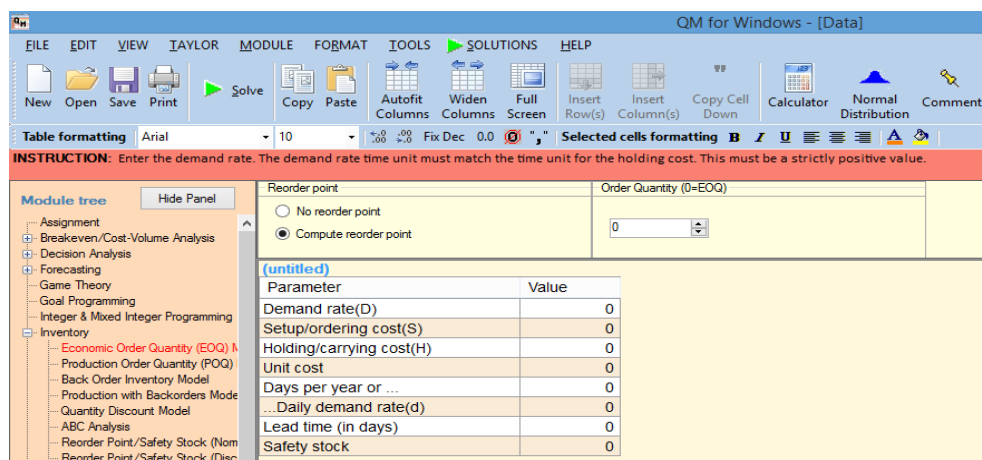


ภาพที่ 11.5 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 1
ที่มา: Taylor (2013 : 774)

จากภาพที่ 5.15 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อได้รับสินค้าทันทีที่สั่งด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยผู้บริหารบริษัทสายฟ้า จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลครั้งละ 600 ชิ้น (Optimal order quantity) จึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 12,000 บาท (Total Inventory cost) หรือมีต้นทุนรวมเท่ากับ 2,012,000 บาท (Total Cost) โดยต้องสั่งซื้อจำนวน 17 ครั้งต่อปี (Orders per period) (Anderson et al., 2019 : 425)

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง

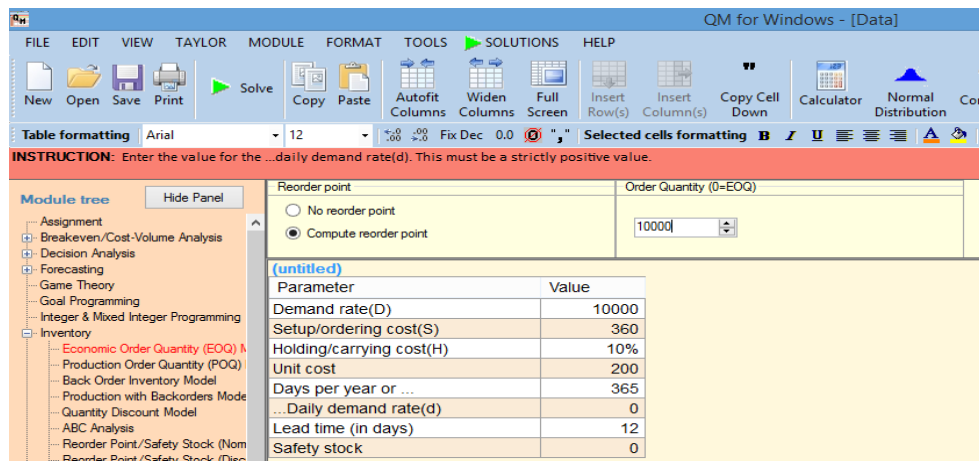
ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง สามารถเลือกตัวแบบได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.6 EOQ เมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งในโปรแกรม QM for Windows
ที่มา: Anderson et al. (2019 : 425)

จากภาพที่ 11.6 เป็นการเลือกตัวแบบที่ต้องการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ (Compute reorder point) ส่วน Daily demand rate หมายถึงความต้องการใช้สินค้าในหนึ่งวัน, Lead time หมายถึงระยะเวลาในการสั่งซื้อ และ Safety stock หมายถึงสินค้าสำรอง

จากตัวอย่างที่ 11.1 สามารถป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.7 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 2
ที่มา: Anderson et al. (2019 : 425)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้

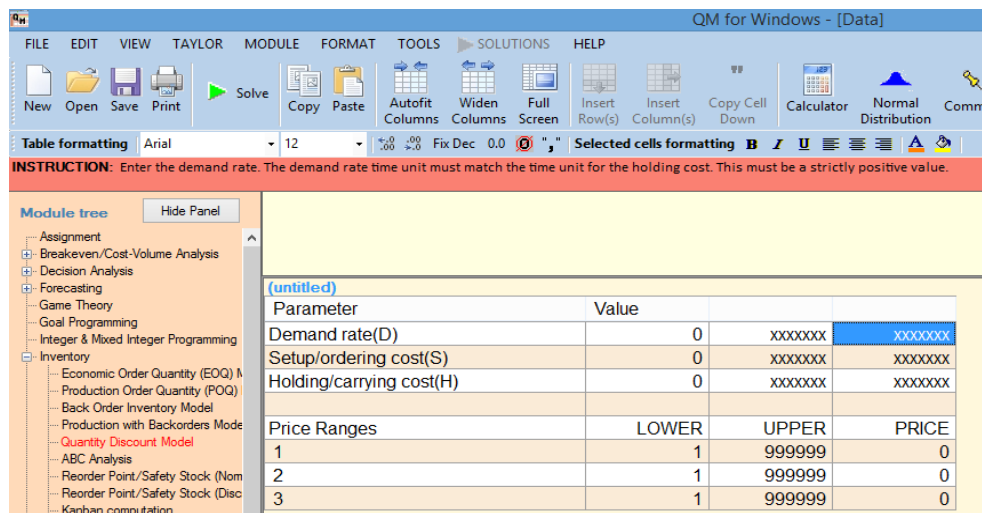
Parameter	Value	Parameter	Results using EOQ	Results using 10000
Demand rate(D)	10000	Optimal order quantity (Q*)	600	10000
Setup/ordering cost(S)	360	Maximum Inventory Level (Imax)	600	10000
Holding/carrying cost(H)@10%	20	Average inventory	300	5000
Unit cost	200	Orders per period (N)	16.67	1
Days per year (D/d)	365	Annual Setup cost	6000	360
Daily demand rate	27.4	Annual Holding cost	6000	100000
Lead time (in days)	12	Total Inventory (Holding + Setup) Cost	12000	100360
Safety stock	0	Unit costs (PD)	2000000	2000000
		Total Cost (including units)	2012000	2100360
		Reorder point	328.77 units	

ภาพที่ 11.8 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.1 กรณีที่ 2
ที่มา: Anderson et al. (2019 : 425)

จากภาพที่ 11.8 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่งด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยผู้บริหารบริษัทสายฟ้า จำกัด ควรตัดสินใจในการสั่งซื้อชิปประมวลผลรุ่นใหม่เมื่อชิปประมวลผลในคลังสินค้าเหลือ 329 ชิ้น (Reorder point) ซึ่งมีความต้องการใช้สินค้าจำนวน 28 ชิ้น ต่อวัน (Daily demand rate) (วีรศักดิ์ สุขอาณารักษ์ และศรีธนา บุญญเศรษฐ์, 2559 : 23; Taylor, 2016 : 807-811)

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณ สามารถเลือกตัวแบบได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.9 EOQ เมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Taylor (2016 : 807)

จากภาพที่ 11.9 Price Ranges หมายถึงช่วงของราคา, LOWER หมายถึงจำนวนการสั่งซื้อขั้นต่ำ, UPPER หมายถึงจำนวนการสั่งซื้อสูงสุด และ PRICE หมายถึงราคาต่อหน่วยภายหลังที่ได้รับส่วนลดเชิงปริมาณ ความต้องการใช้สินค้าในหนึ่งวัน, Lead time หมายถึงระยะเวลาในการสั่งซื้อ และ Safety stock หมายถึงสินค้าสำรอง

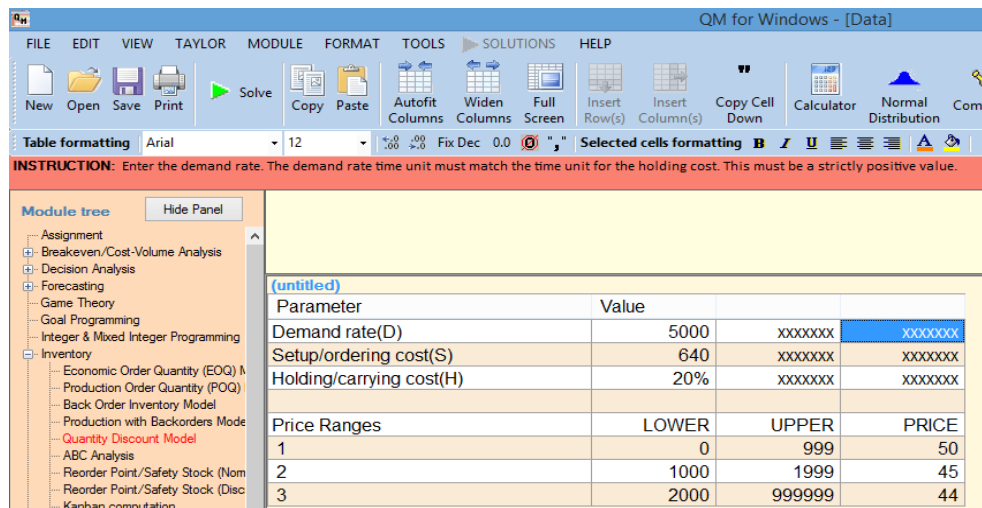
ตัวอย่างที่ 11.2 จากตัวอย่างที่ 5.5 กำหนดให้ห้างสรรพสินค้าสายฝน มีความต้องการเครื่องชงกาแฟจำนวน 5,000 เครื่อง ซึ่งเครื่องชงกาแฟราคาเครื่องละ 50 บาท โดยมีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 640 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 20 ต่อปี โดยผู้ผลิตเครื่องชงกาแฟจำหน่ายให้กับห้างสรรพสินค้าฯ ได้เสนอส่วนลดให้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11.1 ส่วนลดเชิงปริมาณในการสั่งซื้อเครื่องชั่งกาแฟของห้างสรรพสินค้าสาขาสายฝน

กรณี	จำนวนการสั่งซื้อ	ส่วนลด (%)	ราคาต่อหน่วย (บาท)
1	0 ถึง 999	0	50
2	1,000 ถึง 1,999	10	45
3	2,000 ขึ้นไป	12	44

ที่มา: ปรับปรุงจาก Anderson et al. (2019 : 434)

จากตัวอย่างที่ 11.2 สามารถป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.10 การป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2

ที่มา: Taylor (2016 : 807)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้

QM for Windows - [Data] Results

Parameter	Value	Parameter	Value
Demand rate(D)	5000	Optimal order quantity (...)	2000
Setup/ordering cost(S)	640	Maximum Inventory Lev...	2000
Holding/carrying cost(H)@20%		Average inventory	1000
		Orders per period (N)	2.5
		Annual Setup cost	1600
		Annual Holding cost	8800
1	From To Price		
	0 999 50		
2	1000 1999 45		
3	2000 999999 44		
		Unit costs (PD)	220000
		Total Cost (including units)	230400

ภาพที่ 11.11 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2

ที่มา: Taylor (2016 : 807)

QM for Windows - [Details]

Range	Q* (Square root formula)	Order Quantity	Total Setup Cost	Total Holding Cost	Total Unit Cost	Total Cost
0 to 999	800	800	4000	4000	250000	258000
1000 to 1999	843.27	1000	3200	4500	225000	232700
2000 to 999999	852.8	2000	1600	8800	220000	230400

ภาพที่ 11.12 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.2 (เปรียบเทียบ)

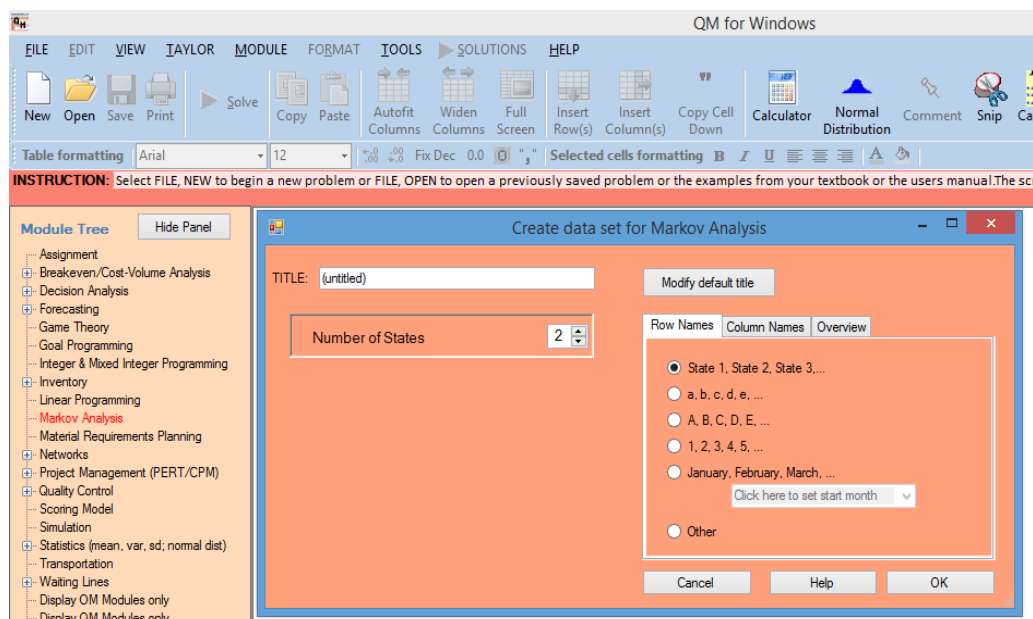
ที่มา: Taylor (2016 : 807)

จากภาพที่ 11.11 และภาพที่ 11.12 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดเมื่อมีส่วนลดเชิงปริมาณด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยผู้บริหารห้างสรรพสินค้าสายฝนควรตัดสินใจในการสั่งซื้อเครื่องซิงกาแพคครั้งละ 2,000 เครื่อง (Optimal order quantity) ซึ่งจะได้รับส่วนลด 12% หรือในราคาเครื่องละ 44 บาท จึงจะมีต้นทุนรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 230,400 บาท (Total Cost) (Render et al., 2018 : 221)

การวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟด้วยโปรแกรม QM for Windows

จากการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟที่มีวิธีการคำนวณความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะคงที่ ซึ่งการคำนวณดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีความซับซ้อนและใช้เวลาในการคำนวณ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 8 อย่างไรก็ตาม ปัญหาทางธุรกิจมีหลากหลายและมีความซับซ้อนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การคำนวณดังกล่าวมีขั้นตอนจำนวนมากเป็นผลทำให้เกิดโอกาสที่จะคำนวณผิดพลาดได้สูง ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการคำนวณและแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟ ซึ่งการใช้โปรแกรม QM for Windows ในการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในบทนี้ จะยกตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวแบบมาร์คอฟในสถานะคงที่ รวมไปถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งมีวิธีการใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้ (ประภาศรี พงศ์นาพาณิช และชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์, 2559 : 32-35)

1. เมื่อเปิดโปรแกรมจะสามารถเลือกตัวแบบมาร์คอฟได้ดังภาพต่อไปนี้

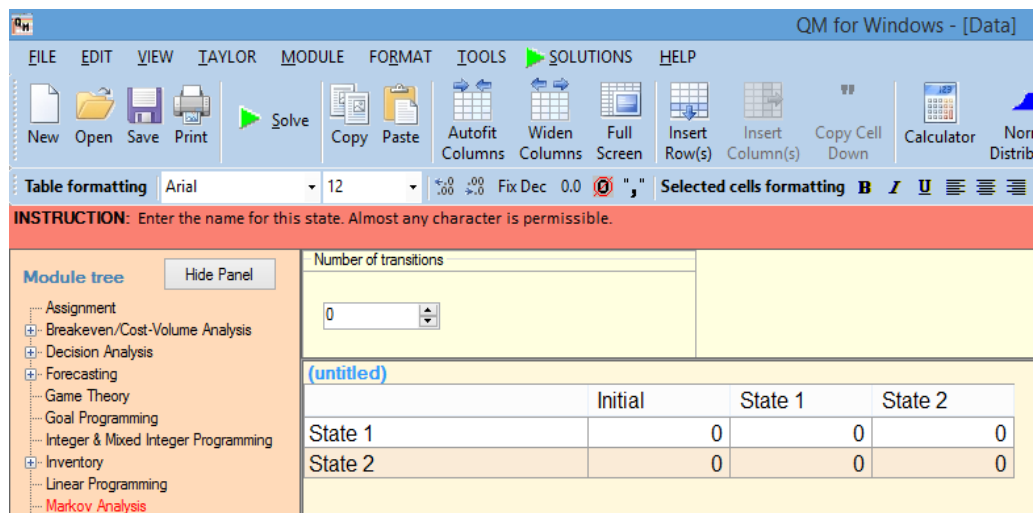


ภาพที่ 11.13 การสร้างตัวแบบมาร์คอฟในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: ประภาศรี พงศ์นาพาณิช และชนินทร์ ชุณหพันธุ์รักษ์ (2559 : 33)

จากภาพที่ 11.13 จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกตัวแบบมาร์คอฟแล้ว โปรแกรมจะให้ใส่ชื่อปัญหา หรือชื่อเรื่อง (TITLE) โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ (untitled) ทั้งนี้อาจใส่หรือไม่ใส่ชื่อเรื่องก็ได้ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ แต่สิ่งที่สำคัญคือ การกำหนดขนาดของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ซึ่งสามารถกำหนด

ขนาดของเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะได้ด้วยการเพิ่มหรือลดที่ Number of States ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 2 อีกทั้งยังสามารถเลือกสัญลักษณ์แทนสถานะได้ โดยเลือกที่ Row Names ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ State 1, State 2, State 3, ... เมื่อกำหนดค่าต่างๆ เพื่อสร้างตัวแบบมาร์คอฟแล้วเสร็จให้เลือก OK จะปรากฏเวกเตอร์ความน่าจะเป็นของสถานะและเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.14 ตัวแบบมาร์คอฟในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: ประภาศรี พงศ์ธนาพานิช และชินนทร์ ชุณหพันธรักษ์ (2559 : 34)

จากภาพที่ 11.14 เป็นการสร้างตัวแบบมาร์คอฟที่มีสถานะอยู่ 2 สถานะคือ State 1 และ State 2 รวมไปถึงมีเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะขนาด 2×2 ซึ่งสามารถป้อนข้อมูลความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะในช่อง State 1 และ State 2 สำหรับความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบันสามารถป้อนข้อมูลลงในช่อง Initial และสามารถเลือกจำนวนครั้งในการเปลี่ยนแปลงสถานะได้ด้วยการเพิ่มหรือลดที่ Number of transitions ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 0 (Render et al., 2018 : 543-544)

2. ป้อนข้อมูลลงในตัวแบบมาร์คอฟ และจากตัวอย่างที่ 8.2 ที่กำหนดให้ปัจจุบันผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ร้อยละ 70 และซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ร้อยละ 30 โดยที่ผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์นี้จะเปลี่ยนไปซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ร้อยละ 30 ในสัปดาห์หน้า และผู้บริโภคเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์นี้จะเปลี่ยนไปซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ร้อยละ 20 ในสัปดาห์หน้า หรือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้อน้ำทั้ง 2 ยี่ห้อ โดยแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11.2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้อน้ำดื่มทั้ง 2 ยี่ห้อ

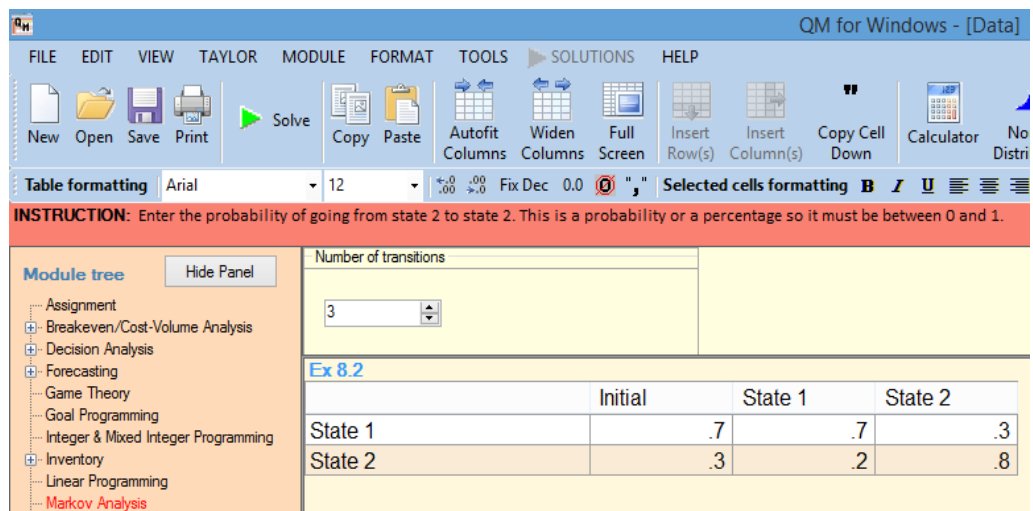
จาก	เป็น	
	ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A	ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B
ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A	0.70	0.30
ซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B	0.20	0.80

ที่มา: ปรับปรุงจาก Bhunia et al. (2019 : 611)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถแสดงในรูปของเวกเตอร์และเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\Pi(0) = [0.70 \quad 0.30] \quad P = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

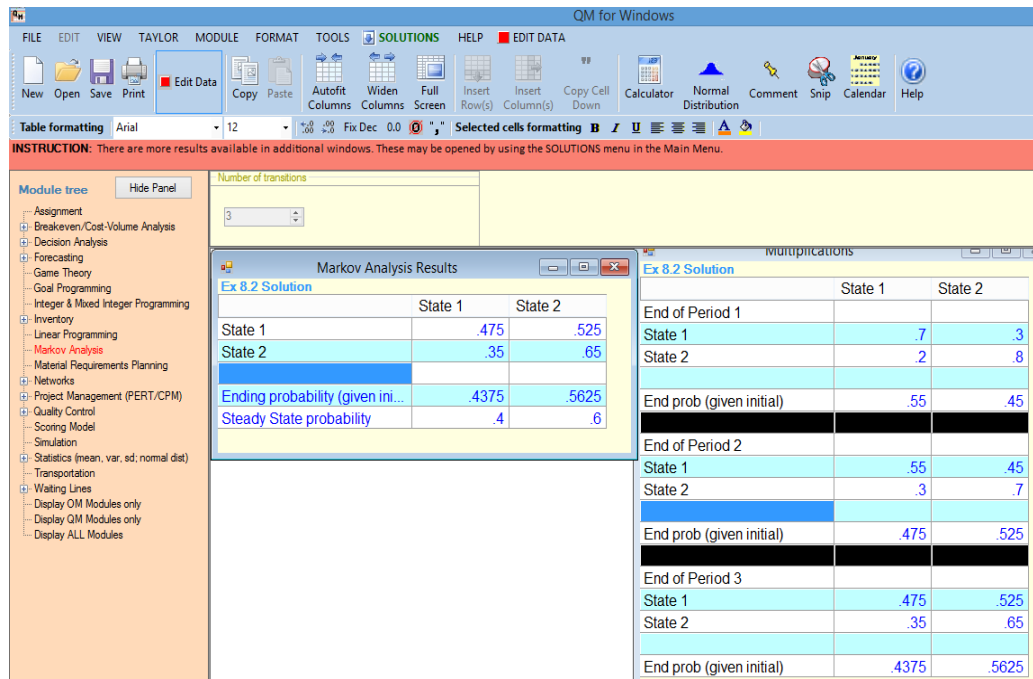
ดังนั้นสามารถป้อนข้อมูลความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน และความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะทั้ง 3 ครั้งได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.15 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 8.2

ที่มา: Render et al. (2018 : 543)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะทั้ง 3 ครั้งได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.16 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 8.2

ที่มา: Render et al. (2018 : 543)

จากภาพที่ 11.16 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะทั้ง 3 ครั้งด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ (Steady State probability) คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A เท่ากับ 0.40 หรือ 40% และความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B เท่ากับ 0.60 หรือ 60%

สำหรับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 1 (End prob (given Initial)) ของ End of period 1 คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.55 และความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.45 ส่วนความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 2 (End prob (given Initial)) ของ End of period 2 คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.475 และความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.525 และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะครั้งที่ 3 (End prob (given Initial)) ของ End of period 3 หรือ Ending probability (given Initial) ในหน้าต่าง Markov Analysis Results คือความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ A ในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.4375 และความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อน้ำดื่มยี่ห้อ B ในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.5625 (Taha, 2017 : 639)

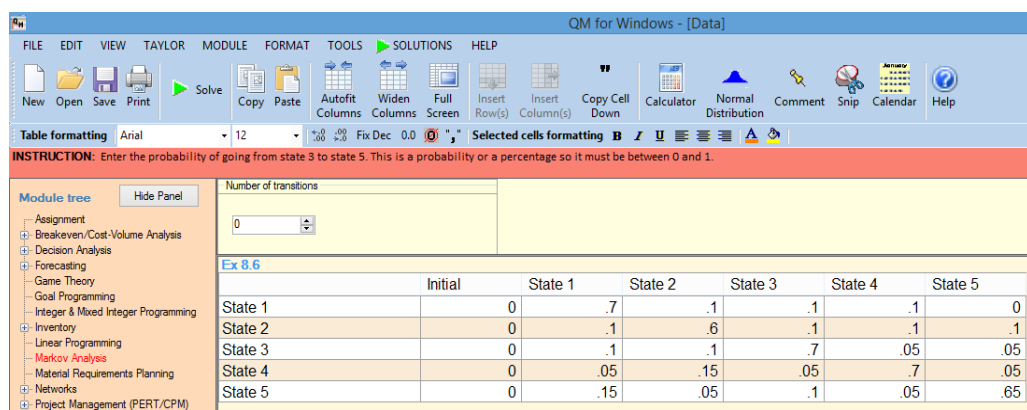
ตัวอย่างที่ 11.3 ผู้ผลิตอาหารทะเลแปรรูปแห่งหนึ่งมีอาหารทะเลแปรรูปอยู่ 5 ชนิดคือ กุ้ง หอย ปู ปลา และปลาหมึก จงวิเคราะห์สถานะคงที่ของการซื้ออาหารทะเลแปรรูปทั้ง 5 ชนิดของลูกค้า ซึ่งลูกค้าจะมีพฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงในการซื้ออาหารทะเลแปรรูปที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 11.3 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของการซื้ออาหารทะเลแปรรูป

สัปดาห์นี้	สัปดาห์หน้า				
	กุ้ง	หอย	ปู	ปลา	ปลาหมึก
กุ้ง	0.70	0.10	0.10	0.10	0.00
หอย	0.10	0.60	0.10	0.10	0.10
ปู	0.10	0.10	0.70	0.05	0.05
ปลา	0.05	0.15	0.05	0.70	0.05
ปลาหมึก	0.15	0.05	0.10	0.05	0.65

ที่มา: ปรับปรุงจาก Taha (2017 : 639)

วิธีทำ จากข้อมูลข้างต้นสามารถป้อนข้อมูลความน่าจะเป็นของสถานะในปัจจุบัน และความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.17 การป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.3

ที่มา: Taha (2017 : 639)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้

Module tree

- Assignment
- Break-even/Cost-Volume Analysis
- Decision Analysis
- Forecasting
- Game Theory
- Goal Programming
- Integer & Mixed Integer Programming
- Inventory
- Linear Programming
- Markov Analysis
- Material Requirements Planning
- Networks
- Project Management (PERT/CPM)
- Quality Control
- Scoring Model
- Simulation
- Statistics (mean, var, sd, normal dist)
- Transportation
- Waiting Lines
- Display QM Modules only
- Display QM Modules only

Number of transitions: 0

Markov Analysis Results

Ex 8.6 Solution

	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5
State 1	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212
State 2	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212
State 3	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212
State 4	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212
State 5	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212
Ending number (given initial)	0	0	0	0	0
Steady State probability	0.2393	0.2086	0.2241	0.2068	0.1212

ภาพที่ 11.18 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 11.3

ที่มา: Taha (2017 : 639)

จากภาพที่ 11.18 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ (Steady State probability) คือความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อกังเทากับ 0.2393 ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อหอยเทากับ 0.2086 ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อปูเทากับ 0.2241 ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อปลาเทากับ 0.2068 และความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อปลาหมึกเทากับ 0.1212 ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าในระยะยาวโอกาสที่ลูกค้าจะเลือกซื้อกัง หอย ปู ปลา และปลาหมึกเทากับ 23.93%, 20.86%, 22.41%, 20.68% และ 12.12% ตามลำดับ โดยผลรวมของโอกาสที่ลูกค้าจะเลือกซื้อกัง หอย ปู ปลา และปลาหมึกจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง ($0.2393 + 0.2086 + 0.2241 + 0.2068 + 0.1212$)

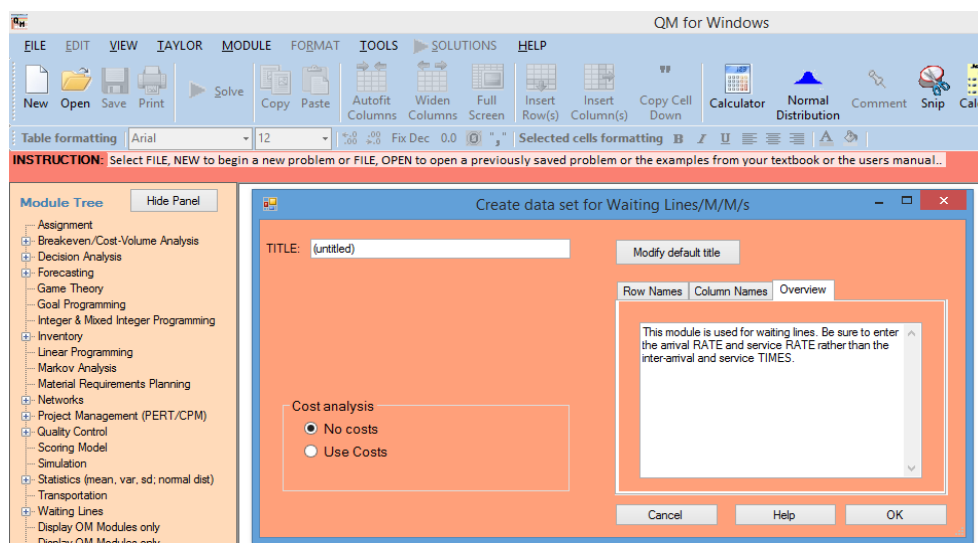
การวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยด้วยโปรแกรม QM for Windows

จากการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีหลากหลายตัวแบบและมีชุดสมการในการคำนวณหาผลลัพธ์ของแต่ละตัวแบบที่แตกต่างกัน รวมไปถึงมีการคำนวณที่ความซับซ้อนมากขึ้นหากมีจุดในการให้บริการมากกว่า 1 จุด ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 9 อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเพื่อการตัดสินใจจำเป็นต้องพิจารณาต้นทุนของแถวคอยร่วมด้วย ทั้งนี้ในการคำนวณดังกล่าวมีชุดสมการที่แตกต่างกันในแต่ละตัวแบบเป็นผลทำให้เกิดโอกาสที่จะคำนวณผิดพลาดได้สูง ด้วยเหตุนี้จึงมีพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการคำนวณและแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอย โดยโปรแกรม QM for Windows ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยมีตัวแบบย่อยทั้งหมด 9 ตัวแบบดังนี้ (Taylor ,2016 : 636-638)

1. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียว (M/M/1)
2. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการคงที่ (M/D/1)
3. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบทั่วไป (M/G/1)
4. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่ระยะเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเออแลงก์ (M/Ek/1: Erlang-k service time)
5. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง (M/M/s)
6. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดความยาวของแถวคอย (M/M/1 with a finite system size)
7. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทางที่จำกัดความยาวของแถวคอย (M/M/s with a finite system size)
8. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบช่องทางเดียวที่จำกัดจำนวนประชากร (M/M/1 with a finite population)
9. ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทางที่จำกัดจำนวนประชากร (M/M/s with a finite population)

โดยในบทนี้จะยกตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง หรือตัวแบบ M/M/s พร้อมทั้งพิจารณาต้นทุนของแถวคอยร่วมด้วย ซึ่งมีวิธีการใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้

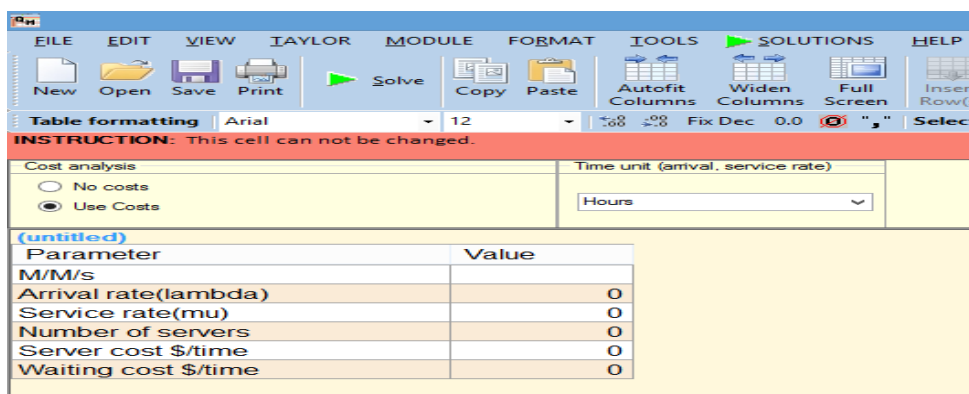
1. เมื่อเปิดโปรแกรมจะสามารถเลือกตัวแบบแถวคอย M/M/s ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.19 ตัวแบบ M/M/s ในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Taylor (2016 : 637)

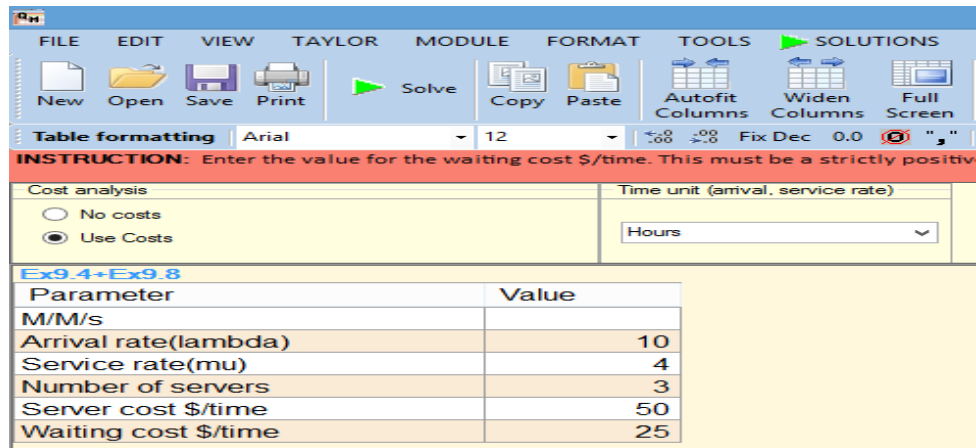
จากภาพที่ 11.19 จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกตัวแบบ M/M/s แล้ว โปรแกรมจะให้ใส่ชื่อปัญหา หรือชื่อเรื่อง (TITLE) โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ (untitled) ทั้งนี้อาจใส่หรือไม่ใส่ชื่อเรื่องก็ได้ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ แต่สิ่งที่สำคัญคือ ตัวแบบ M/M/s ข้างต้นเป็นตัวแบบแถวคอยที่ยังไม่ได้รับการวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอย (No costs) และเพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบแถวคอยที่ใช้ตัดสินใจ จะต้องวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอยร่วมด้วย โดยเลือกไปที่ Use costs แล้วเลือก OK จะปรากฏตัวแบบ M/M/s พร้อมกับการวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอยดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.20 ตัวแบบ M/M/s และวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอยในโปรแกรม QM for Windows
ที่มา: Taylor (2016 : 637)

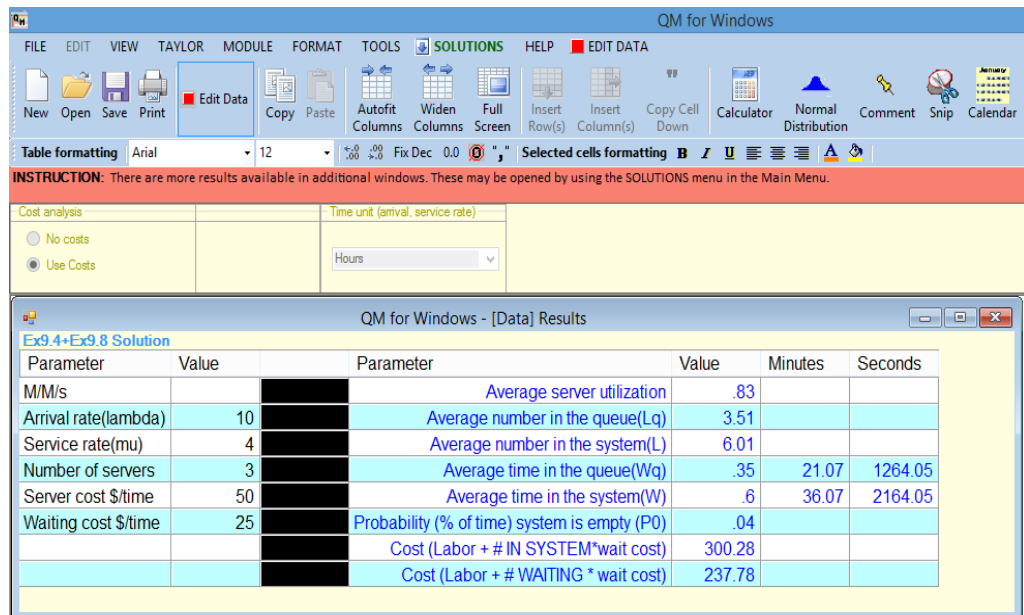
จากภาพที่ 11.20 จะเห็นได้ว่าเมื่อสร้างตัวแบบ M/M/s และวิเคราะห์ต้นทุนของแถวคอยแล้วโปรแกรมจะให้ระบุหน่วยของเวลา ซึ่งสามารถกำหนดเป็นสัปดาห์ วัน ชั่วโมง หรือนาทีได้ที่ Time unit (arrival, service rate) โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ชั่วโมง (Hours) สำหรับอัตราการเข้ามารับบริการ และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาสามารถระบุได้ในช่อง Value ที่ Arrival rate (lambda) และ Service rate (mu) ตามลำดับ ส่วนจำนวนจุดให้บริการสามารถระบุได้ที่ Number of servers นอกจากนี้สามารถระบุต้นทุนในการรอคอย และต้นทุนในการให้บริการได้ที่ Waiting cost \$/time และ Servers cost \$/time ตามลำดับ

2. ป้อนข้อมูลลงในตัวแบบแถวคอย และจากตัวอย่างที่ 9.8 ที่เป็นตัวแบบ M/M/3 (กรณีที่มีอัตราการเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ย 10 คนต่อชั่วโมง ($\lambda = 10$) และอัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย 4 คนต่อชั่วโมง ($\mu = 4$) ดังนั้น $s\mu = 12$ คนต่อชั่วโมง ซึ่ง $\lambda < s\mu$ เป็นไปตามสมมติฐาน รวมไปถึงมีต้นทุนในการให้บริการ 50 บาทต่อชั่วโมงต่อจุดให้บริการ (พนักงานธนาคาร) และมีต้นทุนการรอคอย 25 บาทต่อชั่วโมงต่อผู้เข้ามาใช้บริการ (ลูกค้า) ดังนั้นสามารถป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows เพื่อวิเคราะห์ระบบแถวคอยของธนาคารดังกล่าวได้ดังนี้



ภาพที่ 11.21 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 9.8 กรณีที่ 1
ที่มา: Taylor (2016 : 638)

ภายหลังการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows แล้วสามารถหาผลลัพธ์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบแถวคอยและต้นทุนรวมของแถวคอยต่อวันของธนาคารได้ โดยใช้คำสั่ง Solve แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.22 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 9.8 กรณีที่ 1
ที่มา: Taylor (2016 : 638)

จากภาพที่ 11.22 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยและต้นทุนรวมของแถวคอยต่อชั่วโมงของธนาคารในกรณีที่ 1 ด้วยโปรแกรม QM for Windows ซึ่งประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน (Average server utilization) เท่ากับ 0.83 จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย (Lq) เท่ากับ 3.51 คน จำนวนผู้เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย (L) เท่ากับ 6.01 คน ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย (Wq) เท่ากับ 0.35 ชั่วโมง ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย (W) เท่ากับ 0.60 ชั่วโมง และความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะว่าง (P0) เท่ากับ 0.04 (พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธรรมสภา, 2559 : 34-35)

สำหรับต้นทุนรวมของแถวคอยจะประกอบไปด้วยต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่พิจารณาด้วยระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในระบบแถวคอย (Cost (Labor + #IN SYSTEM*wait cost)) เท่ากับ 300.28 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็น 2,402.24 บาทต่อวัน (300.28×8) และต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่พิจารณาด้วยระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามาใช้บริการอยู่ในแถวคอย (Cost (Labor + #WAITIBG*wait cost)) เท่ากับ 237.78 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็น 1,902.24 บาทต่อวัน (237.78×8) ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้อาจแตกต่างกันเล็กน้อยจากการปัดเศษทศนิยมที่แตกต่างกัน (Vohra, 2017 : 641-642; Taylor, 2016 : 642-643)

นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม QM for Windows ยังสามารถเปรียบเทียบต้นทุนรวมของแถวคอย รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยเมื่อมีจุดให้บริการในจำนวนต่างๆ โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลลงในตัวแบบแถวคอยใหม่ ซึ่งในกรณีที่ 2 จากตัวอย่างที่ 9.8 จะเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบ M/M/4 และผลลัพธ์จะแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้

	1	2	3	4	5	6	7
Average server utilization				.83	.53	.42	.36
Average number in the queue(Lq)			3.51	.53	.13	.03	.01
Average number in the system(L)			6.01	3.03	2.63	2.53	2.51
Average time in the queue(Wq)			.35	.05	.01	.0	0
Average time in the system(W)			.6	.3	.26	.25	.25

ภาพที่ 11.23 ผลลัพธ์ของระบบแถวคอย เมื่อมีจุดให้บริการในจำนวนต่างๆ

ที่มา: Taylor (2016 : 643)

The screenshot shows the 'Cost vs. Servers' window in the QM for Windows software. The window title is 'Ex9.4+Ex9.8 Solution'. It contains a table with the following data:

Number of servers	Total cost based on waiting	Total cost based on system
1 (insufficient capacity)	n.a.	n.a.
2 (insufficient capacity)	n.a.	n.a.
3	237.78	300.28
4	213.33	275.83
5	253.26	315.76
6	300.85	363.35
7	350.21	412.71

ภาพที่ 11.24 ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมของแถวคอย เมื่อมีจุดให้บริการในจำนวนต่างๆ
ที่มา: Taylor (2016 : 643)

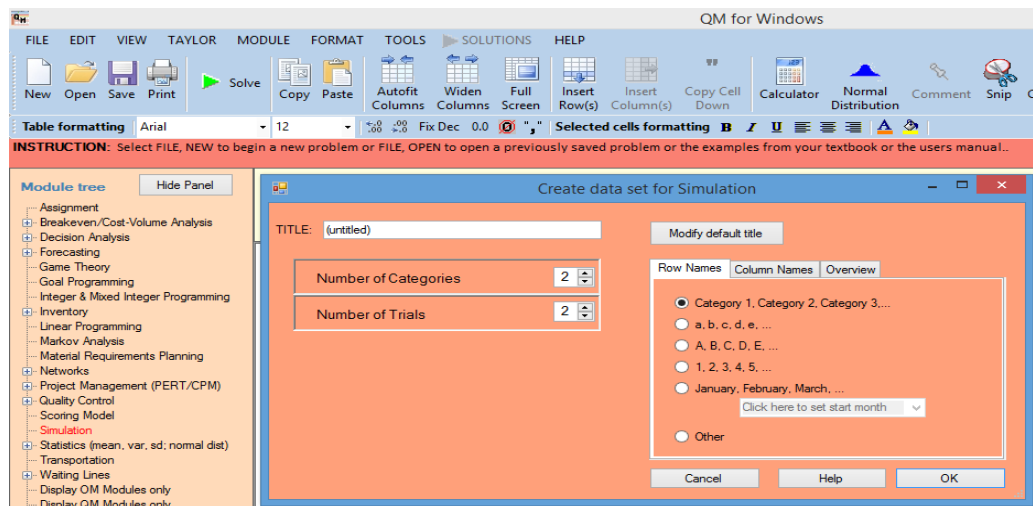
จากภาพที่ 11.23 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของธนาคารในกรณี
ที่ 2 ด้วยโปรแกรม QM for Windows ซึ่งประกอบไปด้วยความน่าจะเป็นที่ระบบแถวคอยจะทำงาน
(Average server utilization) เท่ากับ 0.63 จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย (L_q)
เท่ากับ 0.53 คน จำนวนผู้เข้ามารับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย (L) เท่ากับ 3.03 คน ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในแถวคอย (W_q) เท่ากับ 0.05 ชั่วโมง และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่
ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย (W) เท่ากับ 0.30 ชั่วโมง

จากภาพที่ 11.24 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของแถวคอยต่อชั่วโมง
ของธนาคารในกรณีที่ 2 ด้วยโปรแกรม QM for Windows ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนรวมของ
แถวคอยในกรณีที่พิจารณาด้วยระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ในระบบแถวคอย (Total
cost based on system) เท่ากับ 275.83 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็น 2,206.64 บาทต่อวัน (275.83×8) และต้นทุนรวมของแถวคอยในกรณีที่พิจารณาด้วยระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้เข้ามารับบริการอยู่ใน
แถวคอย (Total cost based on system) เท่ากับ 213.33 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็น 1,706.64
บาทต่อวัน (213.33×8) ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากค่าเคลื่อนเล็กน้อยจากการปัดเศษทศนิยมที่แตกต่าง
กัน

การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows

จากการจำลองสถานการณ์ที่อาศัยข้อมูลจากสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในอดีต และใช้ตัวเลขสุ่มในการจำลองสถานการณ์นั้นๆ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องทำการจำลองสถานการณ์ซ้ำหลายๆ ครั้ง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 10 ซึ่งการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจะช่วยให้การคำนวณหาผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รวมไปถึงลดโอกาสในการคำนวณที่ผิดพลาดได้ และในการวิเคราะห์ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows ซึ่งจะสามารถจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลเท่านั้น โดยมีวิธีการใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้ (Render et al., 2018 : 486-489)

1. เมื่อเปิดโปรแกรมจะสามารถเลือกตัวแบบการจำลองสถานการณ์ได้ดังภาพต่อไปนี้

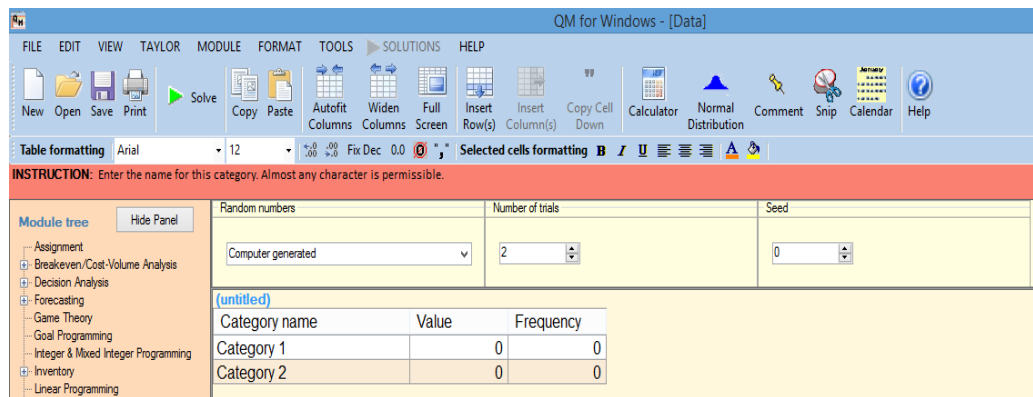


ภาพที่ 11.25 การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Render et al. (2018 : 487)

จากภาพที่ 11.25 จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกตัวแบบการจำลองสถานการณ์แล้ว โปรแกรมจะให้ใส่ชื่อปัญหา หรือชื่อเรื่อง (TITLE) โดยโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ (untitled) ทั้งนี้อาจใส่หรือไม่ใส่ชื่อเรื่องก็ได้ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ แต่สิ่งที่สำคัญคือ การกำหนดจำนวนเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถกำหนดจำนวนเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ด้วยการเพิ่มหรือลดที่ Number of Categories และจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ได้ด้วยการเพิ่มหรือลดที่ Number of Trials ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 2 อีกทั้งยังสามารถเลือกสัญลักษณ์แทนสถานการณ์ได้ โดยเลือกที่ Row Names ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ Category 1, Category 2, Category 3, ... และ

สามารถเลือกสัญลักษณ์แทนจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ได้ โดยเลือกที่ Column Names ทั้งนี้โปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ Trails 1, Trails 2, Trails 3, ... เมื่อกำหนดค่าต่างๆ เพื่อสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์แล้วเสร็จ ให้เลือก OK จะปรากฏจำนวนสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นและจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 11.26 ตัวแบบการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม QM for Windows

ที่มา: Render et al. (2018 : 487)

จากภาพที่ 11.26 เป็นการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ที่มีสถานการณ์อยู่ 2 สถานการณ์คือ Category 1 และ Category 2 ซึ่งสามารถป้อนข้อมูลสถานการณ์ในช่อง Value และข้อมูลความถี่ที่จะเกิดสถานการณ์นั้นๆ ในช่อง Frequency อีกทั้งกำหนดให้มีการจำลองสถานการณ์ 2 ครั้ง แต่สามารถเพิ่มหรือลดจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ได้ที่ Number of Trails ทั้งนี้ในการจำลองสถานการณ์สามารถกำหนดการเลือกใช้ตัวเลขสุ่มได้ที่ Random numbers โดยกำหนดการเลือกใช้ตัวเลขสุ่มได้ทั้งเลือกด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer generated) เลือกจากแถวนอนในตาราง (Use ROW in table) เลือกจากแถวตั้งในตาราง (Use COLUMN in table) และเลือกตัวเลขสุ่มเอง (Use enters random numbers) ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นของการเลือกตัวเลขสุ่มไว้ที่เลือกด้วยคอมพิวเตอร์

สำหรับการเลือกตัวเลขสุ่มโดยให้คอมพิวเตอร์เลือกให้ หรือเลือกด้วยคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องกำหนดตัวเลขสุ่มที่ Seed ซึ่งสามารถระบุได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 ส่วนการเลือกตัวเลขสุ่มทั้งจากแถวนอน และแถวตั้งในตารางจะต้องกำหนดตัวเลขสุ่มเช่นเดียวกัน โดยระบุตัวเลขสุ่มจากแถวใดก็ได้ ตั้งแต่แถวที่ 1 ถึงแถวที่ 100 ทั้งนี้หากเลือกตัวเลขสุ่มเอง จะต้องระบุตัวเลขสุ่มที่ต้องการเอง ซึ่งจะใช้เวลาและไม่แตกต่างจากการคำนวณด้วยมือ ด้วยเหตุนี้การเลือกตัวเลขสุ่มเองจะเหมาะสมกับกรณีที่จำนวนสถานการณ์ที่ต้องการจำลองน้อยครั้ง (พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธิมมสภา, 2559 : 63)

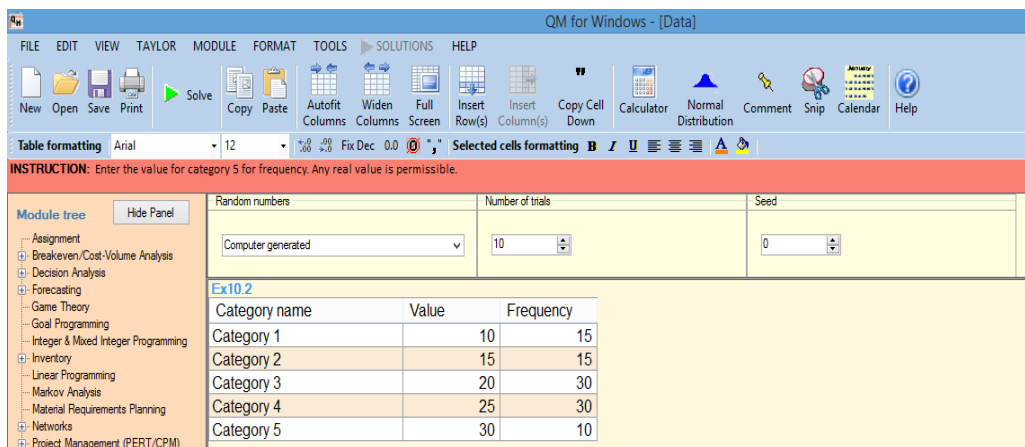
2. ป้อนข้อมูลลงในตัวแบบการจำลองสถานการณ์ และจากตัวอย่างที่ 10.2 ซึ่งมีลูกค้าเข้ามาซื้อขนมไทยต่อวันอยู่ระหว่าง 10 ชุด ถึง 30 ชุด หรือมีสถานการณ์จำนวน 5 สถานการณ์คือ จำนวนขนมไทยที่ขายได้ต่อวันตั้งแต่ 10 ชุด, 15 ชุด, 20 ชุด, 25 ชุด และ 30 ชุด โดยจะมีจำนวนวันที่ขายขนมไทยได้ตั้งแต่ 10 ชุด ถึง 30 ชุดคือ 15 วัน, 15 วัน, 30 วัน, 30 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 100 วัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11.4 จำนวนขนมไทยที่ขายได้ต่อวัน (ชุด)

จำนวนขนมไทยต่อวัน (ชุด)	จำนวนวัน
10	15
15	15
20	30
25	30
30	10
รวม	100

ที่มา: ปรับปรุงจาก สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 332)

ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นสามารถป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม QM for Windows เพื่อจำลองสถานการณ์ที่จะมีลูกค้ามาซื้อขนมไทยของร้านทองขนมไทยจำนวน 10 วันได้ดังนี้ (สุทธิมา ชำนาญเวช, 2555 : 346-349)



ภาพที่ 11.27 การป้อนข้อมูลลงโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2

ที่มา: สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 346)

ที่มา: สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 348)

ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะแตกต่างออกไป หากมีการจำลองสถานการณ์ในจำนวนครั้งที่มากขึ้น หรือใช้ตัวเลขสุ่มอื่น ซึ่งหากทำการจำลองสถานการณ์ใหม่ โดยไม่เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขใดๆ เพิ่มเติม หรือใช้คำสั่ง Solve อีกครั้ง จะได้ผลลัพธ์ใหม่ดังภาพต่อไปนี้

Category name	Value	Frequency	Probability	Cumulative Probability	Value * Frequency	Occurrences	Percentage	Occurrences * Value
Category 1	10	15	.15	.15	1.5	0	0	0
Category 2	15	15	.15	.3	2.25	3	.3	45
Category 3	20	30	.3	.6	6	4	.4	80
Category 4	25	30	.3	.9	7.5	3	.3	75
Category 5	30	10	.1	1	3	0	0	0
Total		100	1	Expected	20.25	10	1	200
Random Number 1							Average	20

ภาพที่ 11.30 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2 ครั้งใหม่

ที่มา: สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 348)

จากภาพที่ 11.30 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของร้านฯ ด้วยโปรแกรม QM for Windows ครั้งใหม่ โดยการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability) และการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability) รวมไปถึงค่าคาดหวังของร้านฯ (Expected) เท่ากับ 20.25 ชุดต่อวัน ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่ผลจากการจำลองสถานการณ์ของร้านฯ จำนวน 10 วัน จะเห็นได้ว่าจำนวนขนมไทยที่ร้านฯ จะขายได้เฉลี่ย (Average) เท่ากับ 20 ชุดต่อวัน

นอกจากนี้หากทำการจำลองสถานการณ์ตัวอย่างที่ 10.2 ใหม่อีกครั้ง แต่เปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์ โดยกำหนดให้มีการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่จะมีลูกค้ามาซื้อขนมไทยของร้านฯ มากขึ้นเป็น 200 วัน ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ใหม่ดังภาพต่อไปนี้

Category name	Value	Frequency	Probability	Cumulative Probability	Value * Frequency	Occurrences	Percentage	Occurrences * Value
Category 1	10	15	.15	.15	1.5	37	.19	370
Category 2	15	15	.15	.3	2.25	26	.13	390
Category 3	20	30	.3	.6	6	54	.27	1080
Category 4	25	30	.3	.9	7.5	57	.29	1425
Category 5	30	10	.1	1	3	26	.13	780
Total		100	1	Expected	20.25	200	1	4045
Random Number 1							Average	20.23

ภาพที่ 11.31 ผลลัพธ์ของโปรแกรม QM for Windows ตัวอย่างที่ 10.2 กรณี 200 วัน
ที่มา: สุทธิมา ชำนาญเวช (2555 : 348)

จากภาพที่ 11.31 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของร้านฯ จำนวน 200 วัน ด้วยโปรแกรม QM for Windows โดยการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability) และการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability) รวมไปถึงค่าคาดหวังของร้านฯ (Expected) เท่ากับ 20.25 ชุดต่อวัน ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่ผลจากการจำลองสถานการณ์ของร้านฯ จะเห็นได้ว่าจำนวนขนมไทยที่ร้านฯ จะขายได้เฉลี่ย (Average) เท่ากับ 20.23 ชุดต่อวัน ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดหวังที่คำนวณไว้ โดยมีค่าเท่ากับ 20.25 ชุด หรือกล่าวได้ว่าการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง

จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม QM for Windows ข้างต้น จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ซ้ำกันหลายๆ ครั้ง จะให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ด้วยเหตุนี้ผู้ตัดสินใจควรทำการจำลองสถานการณ์หลายๆ ครั้ง ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจ เพื่อให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับสถานการณ์จริงของธุรกิจ

บทสรุป

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการวิเคราะห์และคำนวณหาผลลัพธ์ของตัวแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่างๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปัญหาที่ธุรกิจจะต้องเผชิญในปัจจุบันเป็นปัญหาที่ซับซ้อน และมีขนาดใหญ่ อีกทั้งยังมีเงื่อนไขจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นสภาพเศรษฐกิจ สังคม

พฤติกรรมของลูกค้า ทรัพยากร เงินทุน และการแข่งขัน เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นผู้บริหารจึงต้องมีการตัดสินใจที่รวดเร็วและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจะช่วยลดระยะเวลา และความผิดพลาดในการหาผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับบทนี้ได้ใช้โปรแกรม QM for windows ที่สามารถแก้ไขปัญหาในการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ทั้งหมด 19 ตัวแบบมาช่วยในการหาผลลัพธ์ของตัวแบบจำนวน 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบสินค้าคงเหลือ ตัวแบบมาร์คอฟ ตัวแบบแถวคอย และตัวแบบการจำลองสถานการณ์ โดยในการหาผลลัพธ์ของตัวแบบสินค้าคงเหลือจะใช้โปรแกรม QM for windows ในการวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง กรณีที่ไม่ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง และกรณีที่มีส่วนลดเชิงปริมาณ ส่วนตัวแบบมาร์คอฟจะใช้โปรแกรม QM for windows ในการพยากรณ์สถานะต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในระยะสั้น คือความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะ และในระยะยาว คือ ความน่าจะเป็นของสถานะคงที่ รวมไปถึงตัวแบบแถวคอยที่ใช้โปรแกรม QM for windows ในการวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยที่มีการให้บริการแบบหลายช่องทาง หรือตัวแบบ M/M/s พร้อมทั้งพิจารณาต้นทุนของแถวคอยร่วมด้วย ส่วนตัวแบบการจำลองสถานการณ์จะใช้โปรแกรม QM for windows ในการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โลกว่า 200 ครั้ง

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 11

1. โรงงานผลิตปลากะป๋องได้ทำการสำรวจข้อมูลในอดีตพบว่าลูกค้ามีความต้องการปลากะป๋อง 100,000 กระป๋องต่อปี ซึ่งโรงงานมีกำลังการผลิต 12,000 กระป๋องต่อเดือน และมีต้นทุนในเริ่มการผลิตครั้งละ 4,000 บาท โดยมีต้นทุนการผลิตกระป๋องละ 50 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาร้อยละ 12 ของต้นทุนการผลิต หากนักศึกษาเป็นผู้จัดการโรงงาน นักศึกษาจะเสนอให้ผลิตปลากะป๋องอย่างไรจึงจะมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด และคิดเป็นมูลค่าเท่าใดต่อการสั่งซื้อ รวมไปถึงต้องสั่งซื้อจำนวนกี่ครั้ง โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

2. ร้านกัญยาเป็นร้านขายยา โดยสั่งซื้อยาต้านไวรัสจากบริษัทหมอยา จำกัด โดยทางบริษัทฯ เสนอราคาให้พิจารณาดังนี้

จำนวนการสั่งซื้อ (ขวด)	ราคาขวดละ (บาท)
1 ถึง 599	12.00
600 ถึง 1,199	11.50
1,200 ถึง 1,799	11.10
1,800 ขึ้นไป	11.00

ร้านกัญยาได้มีการรวบรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการสั่งซื้อยาต้านไวรัสจากบริษัทฯ พบว่ามีต้นทุนในการสั่งซื้อครั้งละ 16 บาท และมีต้นทุนในการเก็บรักษาคิดเป็นร้อยละ 20 ต่อต่อปี สำหรับความต้องการยาต้านไวรัสชนิดนี้เป็น 2,000 ขวดต่อปี จากข้อมูลข้างต้นร้านกัญยาควรตัดสินใจในการสั่งซื้อยาต้านไวรัสอย่างไรจึงจะมีต้นทุนต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

3. ร้านนกทะเลเผา จำหน่ายอาหารทะเลโดยสั่งซื้อมาจากซัพพลายเออร์ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 กิโลกรัมต่อวัน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8 กิโลกรัม ทั้งนี้เจ้าของร้านจะได้รับสินค้าในวันที่ 10 หลังจากสั่งซื้อสินค้า ดังนั้นเจ้าของร้านควรตัดสินใจกำหนดสินค้าสำรองจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และควรตัดสินใจในการสั่งซื้ออาหารทะเลเมื่อใด หากเจ้าของร้านยอมให้เกิดเหตุการณ์ที่สินค้าขาดแคลนได้ 5% โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

4. ศูนย์อาหารแห่งหนึ่งมีร้านอาหารอยู่ 4 ร้าน ไว้ให้บริการลูกค้า ซึ่งจากการสำรวจในไตรมาสที่ผ่านมาร้านอาหารทั้ง 4 ร้านมีส่วนแบ่งทางการตลาดเท่าๆ กัน จงวิเคราะห์ว่าส่วนแบ่งทางการตลาดของร้านอาหารทั้ง 4 ร้านจะเป็นเท่าใดในอีก 4 ไตรมาสข้างหน้า โดยใช้โปรแกรม QM for Windows และมีตารางความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะดังนี้

สถานะ	สถานะ			
	ร้านที่ 1	ร้านที่ 2	ร้านที่ 3	ร้านที่ 4
ร้านที่ 1	0.80	0.10	0.10	0.00
ร้านที่ 2	0.10	0.60	0.20	0.10
ร้านที่ 3	0.10	0.10	0.70	0.10
ร้านที่ 4	0.20	0.10	0.00	0.70

5. ธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่งมีการจัดการลูกหนี้ โดยพิจารณาจากการค้างชำระเงินคืนได้ 4 คือ ชำระเงินแล้ว หนี้สูญ (ค้างชำระเงินเกิน 3 เดือน) ค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือน และค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือน จงวิเคราะห์ว่าจะมีโอกาสที่ลูกหนี้จะชำระเงินคืน และเป็นหนี้สูญเท่าใด หากมียอดลูกหนี้ค้างชำระเงินน้อยกว่า 1 เดือนอยู่ 1.2 ล้านบาท และยอดลูกหนี้ที่ค้างชำระเงินตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 3 เดือนอยู่ 0.8 ล้านบาท โดยใช้โปรแกรม QM for Windows และมีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของลูกหนี้ดังนี้

สถานะ	สถานะ			
	ชำระแล้ว	หนี้สูญ	ค้าง 0 ถึง 1	ค้าง 1 ถึง 3
ชำระแล้ว	1.00	0.00	0.00	0.00
หนี้สูญ	0.00	1.00	0.00	0.00
ค้าง 0 ถึง 1	0.80	0.00	0.10	0.10
ค้าง 1 ถึง 3	0.20	0.20	0.40	0.20

6. ร้านถ่ายเอกสารแห่งหนึ่ง ทำการสำรวจเครื่องถ่ายเอกสารในร้าน พบว่าเครื่องถ่ายเอกสารมี 3 สถานะคือ ใช้งานได้ ชัดชัด และใช้งานไม่ได้ โดยมีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องถ่ายเอกสารดังนี้

วันนี้	พรุ่งนี้		
	ใช้งานได้	ขัดข้อง	ใช้งานไม่ได้
ใช้งานได้	0.85	0.10	0.05
ขัดข้อง	0.00	0.70	0.30
ใช้งานไม่ได้	1.00	0.00	0.00

จากข้อมูลข้างต้นในระยะยาวจะมีโอกาสเท่าใดที่เครื่องถ่ายเอกสารจะใช้งานได้ ขัดข้อง และใช้งานไม่ได้ โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

7. โรงภาพยนตร์แห่งหนึ่งมีช่องจำหน่ายบัตรชมภาพยนตร์ 4 ช่อง ซึ่งมีพนักงานให้บริการประจำช่องละ 1 คน โดยเฉลี่ยแล้วพนักงานจะใช้เวลาในการให้บริการลูกค้าคนละ 5 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ในขณะที่ลูกค้าจะเข้ามาซื้อบัตรชมภาพยนตร์โดยเฉลี่ยชั่วโมงละ 20 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และหาโอกาสที่จะมีลูกค้า 10 คนมารอซื้อบัตรชมภาพยนตร์ในโรงภาพยนตร์แห่งนี้ โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

8. ร้านอาหารชื่อดังแห่งหนึ่งมีพื้นที่ให้บริการสำหรับลูกค้าเพียง 3 คนเท่านั้น และมีเซฟ 1 คนที่คอยให้บริการ โดยเฉลี่ยแล้วในการให้บริการลูกค้าหนึ่งคนจะใช้เวลา 15 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทั้งนี้ลูกค้ามีความต้องการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยชั่วโมง 3 คน และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จงวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านอาหารชื่อดังแห่งนี้ โดยใช้โปรแกรม QM for Windows

9. ร้านสะดวกซื้อแห่งหนึ่งเปิดให้บริการวันละ 16 ชั่วโมง และมีพนักงานคอยให้บริการอยู่ 3 คน โดยได้รับค่าจ้างชั่วโมงละ 60 บาท ทั้งนี้จะมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ย 20 คนต่อชั่วโมง และมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ซึ่งการให้บริการแต่ละครั้งใช้เวลาโดยเฉลี่ย 5 นาที และมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยมีต้นทุนในการรอคอยชั่วโมงละ 20 บาท จงวิเคราะห์ระบบแถวคอย และช่วยแนะนำผู้จัดการร้านสะดวกซื้อแห่งนี้ว่าควรเพิ่มพนักงานอีก 1 คน หรือ 2 คน จึงจะเหมาะสม

10. เจ้าของสวนผลไม้แห่งหนึ่งกำลังทำการประมาณผลผลิตต่อไร่ในปีหน้า ซึ่งคาดการณ์ไว้ว่าผลผลิตจะเป็น 15,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เขาต้องการทราบรายละเอียดผลผลิตแต่ละปีในอีก 20 ปีข้างหน้า จงจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม QM for Windows และมีข้อมูลความน่าจะเป็นดังนี้

ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	ความน่าจะเป็น
12,000	0.13
14,000	0.25
16,000	0.40
18,000	0.10
20,000	0.12

11. จากข้อที่ 10 หากราคาผลไม้ในแต่ละปีไม่คงที่ซึ่งมีผลต่อรายได้ในปีนั้นๆ และจากการเก็บรวบรวมราคาผลไม้ในอดีตจะอยู่ระหว่าง 80 ถึง 120 บาทต่อกิโลกรัมดังนี้

ราคาต่อกิโลกรัม (บาท)	ความน่าจะเป็น
80	0.10
90	0.20
100	0.30
110	0.25
120	0.15

จากข้อมูลข้างต้นจงจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม QM for Windows เพื่อแสดงราคาผลไม้เฉลี่ยในระยะเวลา 20 ปีข้างหน้า

12. จากข้อที่ 10 และ 11 จงจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม QM for Windows ดังต่อไปนี้

12.1 จงจำลองสถานการณ์ผลผลิตเฉลี่ยในระยะเวลา 10 ปี และ 15 ปี

12.2 จงจำลองสถานการณ์ราคาผลไม้เฉลี่ยในระยะเวลา 10 ปี และ 15 ปี

12.3 จงจำลองสถานการณ์รายได้จากการขายผลไม้ในระยะเวลา 10 ปี และ 15 ปี

เอกสารอ้างอิง

- ประภาศรี พงศ์นาพาณิช และชนินทร์ ชุณห์พันธุ์รักษ์. (2559). การวิเคราะห์มาร์คอฟ. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 14**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 14-1 – 1-79. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุธัมมสภา. (2559). ตัวแบบแถวคอยและตัวแบบจำลองสถานการณ์. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 13**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 13-1 – 13-65. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- วีรศักดิ์ สุขอาณารักษ์, และศรีธนา บุญญเศรษฐ์. (2559). ตัวแบบสินค้าคงเหลือ. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 12**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 12-1 – 12-60. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการและการตัดสินใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Bhunia, A. K., Sahoo, L., & Shaikh, A. A. (2019). **Advanced optimization and operations research**. Singapore: Springer.
- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.
- Taylor, B. W. (2013). **Introduction to management science**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Taylor, B. W. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.
- Vohra, N. D. (2017). **Quantitative techniques in management**. 5th ed. Chennai, India: McGraw-Hill Education.

บรรณานุกรม

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลริศา คำสิงห์. (2559). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- จิราภรณ์ สุธัมมสภา. (2558). การโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง และตัวแบบการมอบหมายงาน. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 2**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 2-1 – 2-85. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชัคตตรัย รัชสวัสดิ์. (2555). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชนินทร์ ชุมหพันธ์รักษ์. (2558). การวิเคราะห์เครือข่ายงานและตัวแบบมาร์คอฟ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 5**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 5-1 – 5-72. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- _____. (2558). ทฤษฎีการตัดสินใจ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 3**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 3-1 – 3-67. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- _____. (2559). การตัดสินใจภายใต้สภาวะการณ์ต่างๆ และทฤษฎีเกม. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 9**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 9-1 – 9-94. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ชยันต์ ต้นติวสตาการ (2559). **เศรษฐศาสตร์จุลภาค: ทฤษฎีและการประยุกต์**. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชุมพร ศุภพิพัฒน์ และสุวีณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ. (2558). การวางแผนกำลังการผลิต การวางแผนการดำเนินงาน การจัดลำดับงาน และการควบคุมการดำเนินงาน. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 13**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 13-1 – 13-79. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ณฐา คุปต์เชษฐียร. (2563). **การวางแผนและควบคุมการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ปกรณัม ปรียากร. (2552). **การบริหารโครงการ: แนวคิดและแนวทางในการสร้างความสำเร็จ**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เสมาธรรม.
- ประกาศรี พงศ์ธนาพาณิช และชนินทร์ ชุนทพันธ์. (2559). การวิเคราะห์มาร์คอฟ. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 14**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 14-1 – 14-79. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ประกาศรี พงศ์ธนาพาณิช. (2559). การวิเคราะห์โครงข่ายงาน. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 15**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 15-1 – 15-57. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พัชฎาภรณ์ แสงทามาศย์. (2556). **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. อุดรธานี: คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์ และจิราภรณ์ สุทธิมสมภา. (2559). ตัวแบบแถวคอยและตัวแบบจำลองสถานการณ์. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 13**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 13-1 – 13-65. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2559). การโปรแกรมเชิงเส้น. ใน **เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 10**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 10-1 – 10-40. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ไมตรี วสันตวิวงศ์ และชุมพร คุรุพัฒน์ (2558). การวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงานในธุรกิจ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 1**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 1-1 – 1-41. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- _____. (2558). การจัดการห่วงโซ่อุปทานและการจัดการวัสดุ. ใน **ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการการดำเนินงาน หน่วยที่ 14**. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 14-1 – 14-78. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- รัชรินทร์ กุลชาติ. (2558). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.
- รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และพรธิภา องค์คุณารักษ์. (2556). **การวิจัยดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วินัย พุทธิกุล. (2551). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการทางธุรกิจ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วีรศักดิ์ สุขอาณารักษ์ และศรีธนา บุญชูเศรษฐ์. (2559). ตัวแบบสินค้าคงเหลือ. ใน เอกสารการสอน
ชุดวิชาสถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 12. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 12-
 1 – 12-60. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2550). การวิจัยดำเนินการ: การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่
 3. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สมพล พงษ์หว่า. (2562). การวิเคราะห์เชิงปริมาณขั้นสูงเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ:
 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สรชัย พิศาลบุตร พิชิต สุขเจริญพงษ์ และสุรีย์ เข้มทอง. (2559). สถิติธุรกิจและการวิเคราะห์เชิง
 ปริมาณเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาสถิติธุรกิจและการ
วิเคราะห์เชิงปริมาณ หน่วยที่ 1. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). 1-1 – 1-40. นนทบุรี:
 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สัญญา ลั้งแทกุล. (2562). การจัดการดำเนินงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2555). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
 _____. (2555). การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการและการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่
 2. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- _____. (2560). การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
 วิทยพัฒน์.
- สุปัญญา ไชยชาญ. (2553). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.
- อุดมศักดิ์ ศิลปะชาวงศ์ จีราภรณ์ สุธัมมสภา และไมตรี วสันตวงศ์. (2558). ตัวแบบแถวคอยและการ
 จำลองสถานการณ์. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการ
การดำเนินงาน หน่วยที่ 6. (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). 6-1 – 6-59. นนทบุรี: สำนักพิมพ์
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อุดมศักดิ์ ศิลปะชาวงศ์. (2558). โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิเคราะห์
เชิงปริมาณสำหรับนักเศรษฐศาสตร์ หน่วยที่ 7. 169-296. นนทบุรี: สำนักพิมพ์
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- อุไรวรรณ แยมเนียม. (2554). การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางการตลาด. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ:
 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เอกรัตน์ เอกศาสตร์. (2558). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. นครราชสีมา: คณะวิทยาการจัดการ
 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

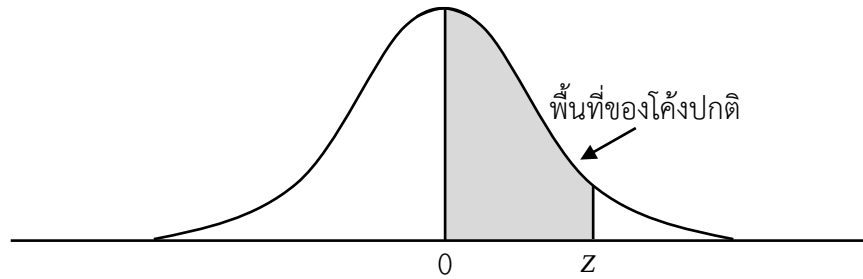
- Anderson, D. R., et al. (2013). **Quantitative methods for business**. 12th ed. Ontario: Cengage Learning.
- Anderson, D. R., et al. (2019). **An introduction to management science: Quantitative approaches to decision making**. 15th ed. Boston: Cengage Learning.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2000). **Quantitative methods for business**. 8th ed. California: South-Western College.
- Baumgart, A., & Neuhauser, D. (2009). "Frank and Lillian Gilbreth: scientific management in the operating room," **Quality & safety in health care**. 18(5) : 413-415.
- Bhunia, A. K., Sahoo, L., & Shaikh, A. A. (2019). **Advanced optimization and operations research**. Singapore: Springer.
- Carter, M. W., Price, C. C., & Rabadi, G. (2019). **Operations research: A practical introduction**. 2nd ed. Florida: CRC Press.
- Heizer, J., & Render, B. (2006). **Operations management**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 12th ed. Boston: Pearson Education.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). **Operations management: sustainability and supply chain management**. 13th global ed. Harlow, United Kingdom: Pearson Education.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). **Introduction to operations research**. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Kirkwood, J. R. (2015). **Markov processes**. Florida: CRC Press.
- Lawrence, J. A., & Pasternack, B. A. (1998). **Applied management science: a computer-integrated approach for decision making**. New York: John Wiley & Sons.
- Mariappan, P. (2013). **Operations research an introduction**. New Delhi: Pearson Education.
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2017). **Microeconomic theory: Basic principles and extensions**. 12th ed. Boston: Cengage Learning.

- Render, B., et al. (2018). **Quantitative analysis for management**. 13th global ed. London: Pearson Education.
- Render, B., Stair Jr., R. M., & Hanna, M. E. (2011). **Quantitative analysis for management**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Sharma, J. K. (2017). **Operations research theory and applications**. 6th ed. New Delhi: Trinity Press.
- Stevenson, W. J. (2018). **Operations management**. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Stewart, W. J. (2009). **Probability, Markov Chains, Queues, and Simulation: The mathematical basis of performance modeling**. New Jersey: Princeton University Press.
- Taha, H. A. (2017). **Operations research an introduction**. 10th global ed. Malaysia: Pearson Education.
- Taylor, B. W. (2009). **Introduction to management science**. 10th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- _____. (2013). **Introduction to management science**. 11th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- _____. (2016). **Introduction to management science**. 12th global ed. Indiana: Pearson Education.
- Vohra, N. D. (2017). **Quantitative techniques in management**. 5th ed. Chennai, India: McGraw-Hill Education.
- Wisniewski, M., & Shafti, F. (2020). **Quantitative analysis for decision makers**. 7th ed. London: Pearson Education.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ



Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

