การจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา

สุธาเทพ โบสิทธิพิเชฎฐ์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์
คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ สุธาเทพ โบสิทธิพิเชฎฐ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

....ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณกร อินทร์พยุง)

....ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

....ประธานกรรมการ
(ดร.ฐิติมา วงศ์อินตา)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)

คณะโลจิสติกส์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

....คณบดีคณะโลจิสติกส์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานะ เชาวรัตน์)
วันที่...11...เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ. 2556

ประกาศคุณูปการ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์ ดร.ณกร อินทร์พยุง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในทุกระดับชั้นการศึกษา ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ต่อไปในอนาคต และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในงานนิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ที่ได้ให้แรงบันดาลใจและกำลังใจแก่ผู้วิจัย รวมทั้งท่านอื่น ๆ ที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนทำให้การทำงานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุธาเทพ โบสิทธพิเชฎฐ์

50927284: สาขาวิชา: การจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์; วท.ม. (การจัดการการขนส่ง
และโลจิสติกส์)
คำสำคัญ: การจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงภายในโรงงาน/ โปรแกรมแบบไม่เป็นเส้นตรง

สุธาเทพ โบสิทธิพิเชฏฐ์ : การจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา (THE PARTS CONVEYANCE ROUTING UNDER LIMITATION OF AREA AND TIME) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ณกร อินทร์พยุง, Ph.D. 50 หน้า. ปี พ.ศ. 2556.

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลาของบริษัทแห่งหนึ่ง

พบว่าการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนนั้นเริ่มจากการรวบรวมและทบทวนข้อมูลต่างๆ แล้วจึงทำการออกแบบเส้นทางโดยจะพิจารณาเงื่อนไขในด้านของเวลาเท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยสามารถสร้างแบบจำลองในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้เงื่อนไขของพื้นที่และเวลา เพื่อให้ได้เส้นทางในการขนส่งลำเลียงที่ใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุดและสามารถขนส่งลำเลียงภายในเวลาที่กำหนด ด้วยวิธีการโปรแกรมแบบไม่เป็นเส้นตรงและใช้โปรแกรมแบบจำลอง What’s Best ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

50927284: MAJOR: TRANSPORT AND LOGISTICS MANAGEMENT; M.Sc. (TRANSPORT AND LOGISTICS MANAGEMENT)

KEYWORDS: CONVEYANCE ROUTING IN FACTORY/ NON-LINEAT PROGRAMMING

SUTATHEP BOSITTIPICHET: THE PARTS CONVEYANCE ROUTING UNDER LIMITATION OF AREA AND TIME. ADVISOR: NAKORN INDRA-PAYOONG, Ph.D. 50 P. 2013.

The purpose of this research is developing efficient method of parts conveyance routing under limitation of area and time for example factory.

The research conclusion is there are 2 processes of parts conveyance routing in factory. First process is data gathering and review. Then design conveyance route under limitation of time only. The researcher can make model of parts conveyance routing under limitation of area and time that use minimum area for conveyance under fixed time by using Non-linear programming simulate and find the optimized solution by What’s Best Simulate program.

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
สารบัญ		ฉ
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	การขนส่ง	3
	การขนส่งลำเลียงภายในโรงงาน	3
	ปัญหาการขนส่งและลอจิสติกส์	4
	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	5
	ประเภทของแบบจำลอง	5
	กระบวนการแก้ปัญหา	6
	การตัดสินใจที่ดีและผลลัพธ์ที่ดี	8
	ลักษณะของปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด	8
	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสต์เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด	9
	การโปรแกรมเชิงเส้น	11
	การโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง	12
	แบบจำลองข่ายงาน	15
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
3	วิธีดำเนินการวิจัย	21
	แหล่งที่มาของข้อมูล	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	21
4	ผลการศึกษาวิจัย	23
	วิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน	23
	การแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน	24
5	สรุปและอภิปรายผล	43
	สรุปผลการวิจัย	43
	อภิปรายผล	44
	ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม		46
ประวัติย่อของผู้วิจัย		48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1 ระยะทางและเวลาที่ใช้ขนส่งลำเลียงระหว่างแต่ละพื้นที่รวมทั้งขนาดของพื้นที่ถนน ในแต่ละเส้นทาง........ 26

4-2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละสถานการณ์........ 42

5-1 ข้อดีและข้อเสียของแต่ละสถานการณ์........ 44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ตัวอย่างผังโรงงานที่มีความสลับซับซ้อน	4
2-2	ตัวอย่างผังโรงงานที่การไหลของวัตถุดิบเป็นเส้นตรงและต่อเนื่อง	4
2-3	ตัวอย่างการขนส่งแบบทีละน้อย ๆ แต่หลาย ๆ รอบ	4
2-4	ตัวอย่างการขนส่งแบบทีละมาก ๆ แต่น้อยรอบ	4
2-5	กระบวนการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลอง	8
2-6	ตัวอย่างของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเส้นตรง	13
2-7	คำตอบที่เหมาะสมที่เป็น Local และ Global	14
2-8	การเชื่อมโยงระหว่างโหนด	15
2-9	ตัวอย่างแบบจำลองข่ายงานรูปแบบ Spanning Tree	16
2-10	ลักษณะของแบบจำลองข่ายงานแบบไม่มีทิศทางและแบบมีทิศทาง	17
2-11	ตัวอย่างข่ายงานแบบวงจรครบรอบและไม่ครบรอบ	17
4-1	แผนผังโรงงานและตัวอย่างการไหลของการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วน	25
4-1	แผนผังโรงงานและ	25
4-2	ระยะทางระหว่างแต่ละพื้นที่	26
4-3	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นตัวแปรตัดสินใจ	28
4-4	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดให้ตัวแปรเป็นค่าจำนวนเต็มหรือ Binary	29
4-5	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดให้ตัวแปรเป็นค่า Binary	29
4-6	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง	30
4-7	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดคำตอบของแบบจำลองให้เป็นค่าต่ำสุด	30
4-8	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นข้อจำกัด	31
4-9	การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดข้อจำกัด	31
4-10	การเลือกคำสั่งเพื่อหาคำตอบของแบบจำลอง	32
4-11	รายงานสรุปของโปรแกรมเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้น	32

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการนำระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS, Toyota Production System) มาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในกลุ่มธุรกิจชิ้นส่วนยานยนต์ที่ผลิตชิ้นส่วนให้กับทางบริษัทโตโยต้า ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากแผนพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ของทางบริษัทโตโยต้าเอง ที่ได้มีการสนับสนุนการใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้านี้ให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วน

โดยรูปแบบการผลิตจะเป็นลักษณะการผลิตในปริมาณที่น้อย (Small Lot Size) รวมถึงการขนส่งลำเลียงในปริมาณที่น้อย แต่มีความถี่สูง ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งลำเลียงระหว่างบริษัทที่มีการนำระบบขนส่งแบบมิลค์รัน (Milk Run) มาใช้ และระหว่างกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่มีการนำรถลากเป็นขบวน (Tractor-Trailer Train) มาใช้ ซึ่งส่งผลให้เกิดต้นทุนในการขนส่งลำเลียงที่สูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นค่าแรงของผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์เครื่องมือหรือพาหนะในการขนส่งลำเลียง รวมถึงค่าเชื้อเพลิงและค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องมือหรือพาหนะเหล่านั้น นอกจากนี้เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการขนส่งลำเลียงระหว่างสายการผลิต จึงได้มีการแบ่งพื้นที่สำหรับเป็นเส้นทางวิ่งรถลากเป็นขบวนเป็นจำนวนมากเพื่อให้สามารถวิ่งจากกระบวนการผลิตหนึ่งไปยังกระบวนการผลิตได้ด้วยระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับตัวสินค้า

สำหรับผู้ผลิตที่มีข้อจำกัดในด้านพื้นที่จึงมีความจำเป็นต้องหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างขนาดของพื้นที่ที่ใช้ซึ่งจะไม่ทำให้กระทบต่อเรื่องค่าใช้จ่ายในการเช่าหรือซื้อพื้นที่เพิ่มเติมหรือกระทบน้อยที่สุดและระยะทางในการขนส่งลำเลียงซึ่งจะไม่ทำให้กระทบต่อการผลิตของสายการผลิต (Production Line) และการจัดส่ง (Delivery) ไปยังลูกค้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา
2. เพื่อลดพื้นที่ที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. บริษัทตัวอย่างสามารถกำหนดพื้นที่สำหรับเส้นทางวิ่งสำหรับรถลากเป็นขบวนได้อย่างเหมาะสม

2. ทราบแนวทางในการพัฒนาระบบช่วยในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่ ในโรงงานอุตสาหกรรมและธุรกิจอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน รวมทั้งเป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ใช้รูปแบบกรณีศึกษา การจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง โดยใช้นามสมมติว่า บริษัท ดีเอ็น จำกัด โดยข้อจำกัดดังนี้

1. จำนวนสายการผลิตที่ต้องนำชิ้นส่วนไปจ่ายคือ 2 สายการผลิต

2. ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนทั้งหมดคือ รถลากเป็นขบวน จำนวน 2 คัน

3. เวลาในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนต้องไม่เกิน 3 นาทีต่อรอบ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

การขนส่ง

การขนส่งนั้นได้มีผู้นิยามความหมายที่หลากหลายแต่ก็มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ณกร อินทร์พยุง (2548) ได้ให้ความหมายของการขนส่งว่า การขนส่งหมายถึงการเคลื่อนย้ายวัตถุชิ้นหนึ่งจากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งหนึ่ง ทั้งในแนวดิ่งหรือแนวราบก็ได้

ในขณะที่ กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, ศลิษา ภมรสถิตย์ และจักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา (2544) ได้ให้ความหมายว่า การขนส่งคือการเคลื่อนย้ายสินค้าจากสถานที่ผลิตไปยังสถานที่บริโภคสินค้านั้น ซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างสถานที่ดังกล่าวก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มของสินค้า ซึ่งมูลค่าเพิ่มนี้เรียกว่า อรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility)

และ ซูนิล ซอพปรา และ ปีเตอร์ มายเดล (2546) ได้นิยามว่า การขนส่งหมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง ซึ่งการขนส่งจะทำให้เกิดการสร้างเส้นทางจากจุดเริ่มต้นของโซ่อุปทานไปสู่มือลูกค้า โดยที่การขนส่งจะมีบทบาทสำคัญในทุก ๆ โซ่อุปทาน เนื่องจากเป็นการยากที่สินค้าจะถูกผลิตแล้วถูกนำไปใช้ในที่เดียวกัน นอกจากนี้การขนส่งยังถือเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในโซ่อุปทาน

การขนส่งลำเลียงภายในโรงงาน

ในโรงงานการขนส่งลำเลียงถือเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งเช่นกันที่ส่งผลโดยตรงต่อด้านต้นทุนในการผลิตไม่ว่าจะเป็นค่าแรงของพนักงานที่ทำการขนส่งลำเลียง รวมไปถึงค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่งลำเลียง ซึ่งการขนส่งลำเลียงในโรงงานถือเป็นกระบวนการที่ไม่ก่อให้มูลค่าเพิ่มใด ๆ กับสินค้า แต่เป็นกระบวนการที่จำเป็น กระบวนการขนส่งลำเลียงอาจมีมากหรือน้อยขึ้นกับหลาย ๆ ปัจจัย ตัวอย่างเช่น

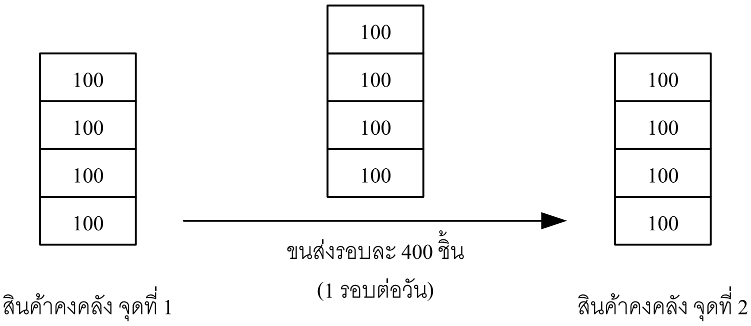
1. ลักษณะการวางผังโรงงาน ซึ่งการวางผังโรงงานที่มีความสลับซับซ้อนทำให้การไหลของวัตถุดิบ (Material Flow) ไม่ต่อเนื่อง และต้องมีการขนส่งลำเลียงที่มากและไกล ดังนั้นการวางผังโรงงานที่ทำให้การไหลของวัตถุดิบที่เป็นเส้นตรงจะให้ลดการขนส่งลำเลียงลง

ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างผังโรงงานที่มีความสลับซับซ้อน

ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างผังโรงงานที่การไหลของวัตถุดิบเป็นเส้นตรงและต่อเนื่อง

2. นโยบายด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ในระบบการผลิตแบบโตโยต้า มุ่งเน้นให้มีการจัดเก็บสินค้าคงคลังเท่าที่จำเป็น ส่งผลให้เกิดการขนส่งลำเลียงแบบปริมาณน้อย ๆ แต่ถี่ ๆ หรือหลาย ๆ รอบต่อวัน ซึ่งผลที่ตามมาคือมีการขนส่งลำเลียงมาก การแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องมีการจัดเส้นทางที่สั้นและการบริหารพื้นที่ใช้สอยในการขนส่งลำเลียงแต่ละรอบให้ดีที่สุด

ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างการขนส่งแบบทีละน้อย ๆ แต่หลาย ๆ รอบ



ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการขนส่งแบบทีละมาก ๆ แต่น้อยรอบ

ปัญหาการขนส่งและลอจิสติกส์

ณกร อินทร์พยุง (2548) ได้นิยามปัญหาการขนส่งและลอจิสติกส์ว่า เป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อน ที่ต้องการคำตอบของการตัดสินใจที่ดีที่สุด ซึ่งอาจหมายถึง การมี

ประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด เป็นต้น การมองปัญหาลอจิสติกส์ง่าย ๆ อย่างหนึ่ง อาจเริ่มจากสิ่งที่ใกล้ตัวเรา ยกตัวอย่างเช่น การเลือกซื้อสินค้าที่หมดอายุภายในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทนม ขนมปัง เนื้อสัตว์ ผลไม้และอื่น ๆ โดยมีเป้าหมาย (Objective) คือการเลือกซื้อสินค้าอย่างไรที่สามารถบริโภคหมดก่อนวันหมดอายุภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ (Constraint) เช่น สินค้าแต่ละชนิดจะไม่ถูกบริโภคต่อเนื่องกันภายในระยะเวลา 1-2 วัน เพราะอาจทำให้สมาชิกภายในครอบครัวเกิดความเบื่อ ดังนั้นปัญหาลอจิสติกส์เริ่มต้นที่บ้านเรานั่นเอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นิรันดร์ ฉิมพาลี และแววมยุรา คำสุข (2554) ได้อธิบายว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นการจัดการเพื่อหาคำตอบโดยใช้ข้อมูลนำเข้ามาจัดการพิจารณา โดยผ่านสมการ Function คณิตศาสตร์ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$Y = F(X_1, X_2, \ldots, X_k)$$

โดยที่ Y = ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่เป็นผล และเป็นตัวแปรที่ผู้บริหารสนใจ

X_i = ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) เป็นตัวแปรที่เป็นเหตุ ที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม

F() = Function ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

Function คือกระบวนการในการเปลี่ยนปัจจัยนำเข้า (Input) หรือตัวแปรอิสระให้เป็นผลลัพธ์ (Output) หรือตัวแปรตาม

ประเภทของแบบจำลอง

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล (2554) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. แบบจำลองคำสั่ง (Prescriptive Model) คือ แบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ทำให้ผู้ตัดสินใจทราบว่าควรทำอะไร ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจแก้ปัญหามีความถูกต้องและแม่นยำ แบบจำลองคำสั่งนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีฟังก์ชัน f() ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ชัดเจน

2. แบบจำลองการคาดคะเน (Predictive Model) คือแบบจำลองปัญหาที่ให้ผลลัพธ์เพื่อการคาดคะเนหรือประเมินค่าตัวแปรตามว่ามีผลตามค่าเฉพาะของตัวแปรอิสระอย่างไร หากฟังก์ชัน

f() เป็นฟังก์ชันที่ชัดเจน และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ($X_1, X_2, ..., X_k$) และตัวแปร (Y) ที่ทราบค่าจะสามารถแทนค่า $X_1, X_2, ..., X_k$ ลงไปในฟังก์ชัน f() เพื่อคำนวณหาค่ำ Y ได้ แต่ในบางกรณีรูปแบฟังก์ชันความสัมพันธ์ f() อาจไม่ชัดเจน แต่ผู้ตัดสินสามารถนำแบบจำลองการคาดคะเนมาประยุกต์ใช้ได้ โดยต้องอาศัยการประเมินค่าตามคำสั่งของผู้ตัดสินใจเพื่อทำการคาดคะเนค่า Y

3. แบบจำลองแบบจำลองคำอธิบาย (Descriptive Model) คือแบบจำลองที่ใช้กับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายผลลัพธ์ หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบ โดยส่วนใหญ่แล้วปัญหาที่สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภทนี้จะพบได้ในการดำเนินธุรกิจที่ต้องการการตัดสินปัญหาที่ต้องมีความถูกต้องสูง และต้องแสดงความสัมพันธ์ของฟังก์ชันให้ชัดเจนแต่ในความเป็นจริงที่เกิดขึ้น ตัวแปรอิสระมักมีค่าไม่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องใช้แบบจำลองที่สามารถให้คำอธิบายปัญหาได้อย่างชัดเจนนั่นเอง

โดยสามารถสรุปความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละประเภทได้ดังนี้

1. แบบจำลองคำสั่ง มีรูปแบบฟังก์ชันที่ชัดเจนและทราบค่าของตัวแปรอิสระ โดยมีเทคนิคที่ใช้จัดการเช่น การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) แบบจำลองข่ายงาน (Network Model) การโปรแกรมแบบที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming) เป็นต้น

2. แบบจำลองการคาดคะเน มีรูปแบบฟังก์ชันที่ไม่ชัดเจนและทราบค่าของตัวแปรอิสระ โดยมีเทคนิคที่ใช้จัดการเช่น การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) เป็นต้น

3. แบบจำลองแบบจำลองคำอธิบาย มีรูปแบบฟังก์ชันที่ชัดเจนแต่ไม่ทราบค่าของตัวแปรอิสระ โดยมีเทคนิคที่ใช้จัดการเช่น การจำลองสถานการณ์ (Simulation) ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Model) เป็นต้น

กระบวนการแก้ปัญหา

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล (2554) ได้แบ่งขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาแบ่งได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา ผู้ตัดสินใจจะต้องทราบก่อนว่าสถานการณ์ปัจจุบันเป็นอย่างไรและเป้าหมายขององค์กรคืออะไร ซึ่งจะทำให้ทราบได้ว่ามีปัญหาอะไรเกิดขึ้น ถึงแม้ในบางครั้งรูปแบบของปัญหาจะไม่ชัดเจนก็ตาม ดังนั้น ผู้ตัดสินใจจำเป็นต้องศึกษาสถานการณ์ที่ยุ่งยากนั้นด้วยตนเอง ซึ่งอาจจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศเป็นจำนวนมากหรืออาจจะต้องปรึกษากับผู้อื่นเพื่อให้เกิดความเข้าใจสถานการณ์ และให้ทราบถึงต้นเหตุของปัญหาหรือสาเหตุของสถานการณ์ที่ยุ่งยาก

ได้ โดยผลลัพธ์สุดท้ายของขั้นตอนการกำหนดปัญหาคือขอบเขตของปัญหา และมีความเข้าใจในปัญหาได้ชัดเจนขึ้น

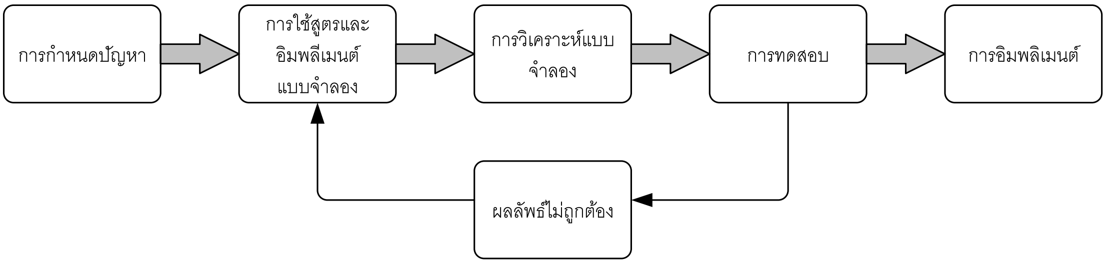
2. การใช้สูตรและอิมพลิเมนต์แบบจำลอง คือการสร้างหรือใช้สูตรเพื่อจำลองหรืออธิบายปัญหาที่กำหนดไว้ในขั้นตอนแรก โดยการสร้างหรือใช้สูตรจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาว่าเหมาะสมกับสูตรในแบบจำลองชนิดใด ซึ่งในสถานการณ์ส่วนใหญ่แล้ว แบบจำลองที่ดีที่สุดคือแบบจำลองที่ง่ายที่สุดที่จะนำไปสู่คุณลักษณะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันของปัญหา เมื่อทราบลักษณะของแบบจำลองแล้วเราจะสามารถเลือกเทคนิคในการอิมพลิเมนต์ได้ หลังจากที่เลือกการใช้สูตรกับปัญหาที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ อิมพลิเมนต์สูตรในรูปแบบจำลองกระดาษคำนวณให้มีความถูกต้องมากที่สุด

3. การวิเคราะห์แบบจำลอง เมื่อทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองกระดาษคำนวณนั้นมีการอิมพลิเมนต์ถูกต้องแล้ว จะนำไปผ่านกระบวนการแก้ปัญหา โดยนำแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบของกระดาษคำนวณไปวิเคราะห์ปัญหา แนวคิดหลักของขั้นตอนนี้คือสร้างและประเมินทางเลือกที่อาจนำไปสู่คำตอบของปัญหา ในการออกแบบแบบจำลองกระดาษคำนวณที่ดีนั้น ควรมีการเปลี่ยนแปลงสมมติฐานบางข้อเพื่อพิจารณาว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนไป

4. การทดสอบ เนื่องจากผลของการวิเคราะห์แบบจำลองไม่ได้ให้คำตอบแก่ปัญหาที่ศึกษาอยู่เสมอไป ในขณะที่เราวิเคราะห์แบบจำลองโดยใช้คำถาม “ถ้า...แล้ว” นั้น มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะทดสอบความเป็นไปได้หรือคุณภาพของแต่ละคำตอบ ซึ่งกระบวนการทดสอบนี้จะช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ลึกซึ้งขึ้น ดังนั้น ขั้นตอนการทดสอบจึงมีความสำคัญ เนื่องจากทำให้ผู้ตัดสินใจมีโอกาสตรวจสอบผลของแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง และทำให้ผู้ตัดสินใจค้นพบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น แล้วสามารถย้อนกลับไปปรับปรุงแบบจำลองใหม่อีกครั้งในขั้นตอนการใช้สูตรและอิมพลิเมนต์ เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุดก่อนนำไปใช้จริง

5. การอิมพลิเมนต์ เป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด เนื่องจากการอิมพลิเมนต์คือ การแก้ปัญหาที่จะต้องมีความเกี่ยวข้องกับบุคลากรและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจเป็นความเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นหรือแย่ลงก็ได้ ปัญหาที่ตามมาจากการเปลี่ยนแปลง คือ การเกิดการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงจากบุคลากรที่ได้รับผลกระทบ ดังนั้น ในการอิมพลิเมนต์จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงสูตรของแบบจำลองบ้างทั้งนี้ เพื่อทำให้การเปลี่ยนแปลงนั้นมีความยืดหยุ่นและทำให้บุคลากรสามารถยอมรับการเปลี่ยนแปลงได้

จากขั้นตอนทั้ง 5 สามารถสรุปเป็นแผนภาพเพื่อแสดงกระบวนการแก้ไขปัญหาได้ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลอง (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

การตัดสินใจที่ดีและผลลัพธ์ที่ดี

เป้าหมายในการจำลองแบบสำหรับการแก้ปัญหา คือ ช่วยสร้างการตัดสินใจที่ดีแต่การตัดสินใจที่ดีนั้นไม่ได้นำมาซึ่งผลลัพธ์ที่ดีเสมอไป ยกตัวอย่างเช่น รายงานอากาศสำหรับข่าวภาคค่ำที่เชื่อถือได้ ทำการคาดคะเนไว้ว่าในวันพรุ่งนี้ อากาศจะอบอุ่น แห้ง และมีแสงแดดตลอดทั้งวัน แต่ปรากฏว่าในเช้าวันต่อมานั้นอากาศมีเมฆหมอกครึ้ม หากเราตัดสินใจไม่นำร่มติดตัวไปเพราะเชื่อคำพยากรณ์อากาศและต้องเปียกฝนกลับมาในตอนบ่าย เราไม่อาจถือว่าเป็นการตัดสินใจที่ผิด เนื่องจากเป็นสิ่งที่อยู่เหนือความคาดหมายและเหนือการควบคุมของเรา เทคนิคการจำลองแบบจะสามารถช่วยให้เราสร้างการตัดสินใจที่ดี แต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะดีเสมอไป

ลักษณะของปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยทั่วไป จะมีลักษณะที่คล้ายกัน คือ จะประกอบไปด้วยการตัดสินใจ (Decision) เลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาที่มีอยู่มากมาย เช่น การเลือกว่าจะต้องผลิตสินค้าแต่ละชนิดเป็นจำนวนเท่าใด เลือกตำแหน่ง/เส้นทางเดินของเครื่องเจาะแผงวงจรไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องทำการตัดสินใจส่วนใหญ่นั้นจะมีปัจจัยบางประการที่เป็น “ข้อจำกัด (Constraint)” ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจหาเส้นทางเดินของเครื่องเจาะแผงวงจรไฟฟ้าภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า “จะต้องไม่เคลื่อนที่ไปยังเส้นทางเดิมที่เคยเจาะแล้ว” เป็นต้น

ข้อจำกัดต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เกิดทางเลือกในการตัดสินใจมากมายหลากหลายทางเลือก และผู้ตัดสินใจจะต้องเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด นั่นคือ เพื่อให้บรรลุ “วัตถุประสงค์ (Objective)” ที่ต้องการจากปัญหา ซึ่งอาจมีค่าต่ำสุด (Minimize) หรือสูงสุด (Maximize) อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การตัดสินใจหาเส้นทางในการเดินทางของเครื่องเจาะแผงไฟฟ้า ที่เมื่อนำเส้นทางนั้นมารวมกันแล้วให้ระยะทางที่สั้นที่สุด

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสต์เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล (2554) ได้อธิบายว่าปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ การตัดสินใจ (Decision) ข้อจำกัด (Constraint) และวัตถุประสงค์ (Objective) หากผู้ตัดสินใจต้องการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จำเป็นต้องใช้รูปแบบหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงลักษณะทั้ง 3 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การตัดสินใจ (Decision)

คือ สิ่งที่ต้องการหาผลลัพธ์ จากปัญหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในด้านต่าง ๆ เช่น การตัดสินใจหาปริมาณสินค้าที่จะต้องขนส่ง เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ จะต้องใช้สัญลักษณ์พยัญชนะภาษาอังกฤษใด ๆ แสดงแทนสิ่งที่ต้องการหาผลลัพธ์ดังกล่าว และจะเรียกสัญลักษณ์นั้นว่า "ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variable)" เช่น ใช้สัญลักษณ์ $X_1, X_2,\ldots, X_k$ เป็นตัวแปรแทนการตัดสินใจปริมาณสินค้าที่ต้องการผลิต เป็นต้น นอกจากสัญลักษณ์พยัญชนะภาษาอังกฤษแล้ว ตัวแปรการตัดสินใจยังสามารถแทนด้วยสัญลักษณ์ชนิดอื่นก็ได้ เช่น แทนด้วยคำนามที่เป็นชื่อหรือรุ่นของสินค้า

ข้อจำกัด (Constraint)

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ คือ "ข้อจำกัด" ซึ่งเป็นเงื่อนไขบังคับให้ผู้ตัดสินใจจะต้องเลือกทางเลือกที่อยู่ภายในขอบเขตข้อจำกัดในแต่ละด้าน เช่น ข้อจำกัดในด้านแรงงาน จำนวนชั่วโมงในการผลิตที่ว่างอยู่ กำลังการผลิต เป็นต้น เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา แบบจำลองนั้นจะต้องแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการตัดสินใจที่อยู่ในรูปฟังก์ชันให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัด โดยมีรูปแบบทั่วไป 3 ลักษณะ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554) คือ

น้อยกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัด : $f(X_1, X_2,..., X_n) \le b$

มากกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัด : $f(X_1, X_2,..., X_n) \ge b$

เท่ากับข้อจำกัด : $f(X_1, X_2,..., X_n) = b$

จากรูปแบบข้างต้นจะเห็นว่ามีการนำฟังก์ชันของตัวแปรการตัดสินใจ $f(X_1, X_2,..., X_n)$ มาเปรียบเทียบกับข้อจำกัด (ซึ่งแทนด้วย b) 3 กรณี ได้แก่ $\le$, $\ge$ และ = ซึ่งหมายความว่า ฟังก์ชันข้อจำกัดอาจจะอยู่ในรูปแบบของทั้งสมการและอสมการก็ได้

วัตถุประสงค์ (Objective)

การตัดสินใจเลือกแก้ไขปัญหา นอกจากจะต้องเลือกที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ แล้ว สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องพิจารณา คือ ต้องเลือกทางเลือกที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุประสงค์ที่มีค่าต่ำสุดหรือสูงสุด เช่น การตัดสินใจหาปริมาณการผลิตสินค้าที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้ผลกำไรสูงที่สุด หรือการตัดสินใจหาปริมาณสินค้าที่จะต้องขนส่ง เพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด เป็น

ต้น เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหา วัตถุประสงค์ของปัญหาไม่ว่าจะมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดก็ตาม จะเกิดจากความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรการตัดสินใจ ที่จะนำมาบวก ลบ คูณ หรือหาร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแสดงอยู่ในรูปของ “ฟังก์ชันวัตถุประสงค์” (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

MAX (หรือ MIN) : $f(X_1, X_2, ..., X_n)$

สำหรับตำบางเล่ม อาจใช้ตัวแปร z แทนฟังก์ชันวัตถุประสงค์

MAX (MIN) Z : $f(X_1, X_2, ..., X_n)$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรการตัดสินใจที่ผู้ทำการตัดสินใจนั้นต้องการ ไม่ว่าจะเป็นค่าสูงที่สุด หรือค่าต่ำที่สุด ยกตัวอย่างเช่น มีการนำฟังก์ชันมาอธิบายผลกำไรรวม อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ประเภทรวมกัน อธิบายผลรวมระยะทางที่เครื่องจักรเคลื่อนที่ หรือจำนวนเงินรวมของกองทุนบำเหน็จบำนาญ เป็นต้น

สูตรทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด สามารถอธิบายในรูปแบบทั่วไปได้ ดังนี้ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

MAX (หรือ MIN) : $f_0(X_1, X_2, ..., X_n)$

ภายใต้ข้อจำกัด : $f_1(X_1, X_2, ..., X_n) \le b_1$

:

$f_k(X_1, X_2, ..., X_n) \le b_k$

:

$f_m(X_1, X_2, ..., X_n) \le b_m$

รูปแบบเหล่านี้แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้เกิดค่ามากที่สุด (หรือน้อยที่สุด) รวมไปถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ของปัญหา การเพิ่ม f และ b ในแต่ละสมการจะอธิบายวัตถุประสงค์และข้อจำกัดได้แตกต่างกัน เป้าหมายในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ การหาค่าของตัวแปรการตัดสินใจที่มีค่ามากที่สุด (หรือน้อยที่สุด) ภายใต้ข้อจำกัดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

หลังจากได้ศึกษาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคนิคโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วย การ

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โปรแกรมเที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non- Linear Programming) และ แบบจำลองข่ายงาน (Network Model) โดย กิตติ ภักดีวัฒนะกุล (2554) ได้อธิบายไว้ดังนี้

การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้กับปัญหาทางธุรกิจเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา
2. กำหนดตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables)
3. กำหนดวัตถุประสงค์ในรูปของฟังก์ชันหรือสมการเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัวตัดสินใจ
4. กำหนดข้อจำกัดในรูปของสมการหรืออสมการเชิงเส้นของตัวแปรการตัดสินใจ
5. กำหนดขอบเขตบน/ขอบเขตล่างให้กับตัวแปรการตัดสินใจ และสรุปสมการหรืออมสมการข้างต้นที่ใช้อธิบายปัญหาในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

สมการวัตถุประสงค์:

$$Max(Min): Z = c_1X_1 + c_2X_2 + ...c_nX_n$$

ภายใต้ข้อจำกัด:

$$\begin{gathered} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + ...a_{1n}X_n \le b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + ...a_{2n}X_n \le b_2 \\ ... \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + ...a_{mn}X_n \le b_m \end{gathered}$$

ตัวแปร: (ขอบเขตของตัวแปร)

$$X_1, X_2, ...X_n \ge 0$$

โดยกำหนดให้ $X_1, X_2, ...X_n$ แทน ตัวแปรการตัดสินใจ

$c_1, c_2, ...c_n$ แทน สัมประสิทธิ์ของตัวแปร x ในสมการวัตถุประสงค์

a_{ij} แทน สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันข้อจำกัด

b_I แทน ปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดของทรัพยากรแต่ละชนิด

การโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming)

ปัญหาการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming Problem) คือปัญหาที่ไม่สามารถใช้ฟังก์ชันเชิงเส้นแก้ไขได้ ซึ่งกระบวนการหาคำตอบของปัญหาการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรงนั้นจะเหมือนกับการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น กล่าวคือต้องกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ และฟังก์ชันข้อจำกัด จากนั้นจึงทำการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการของการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง

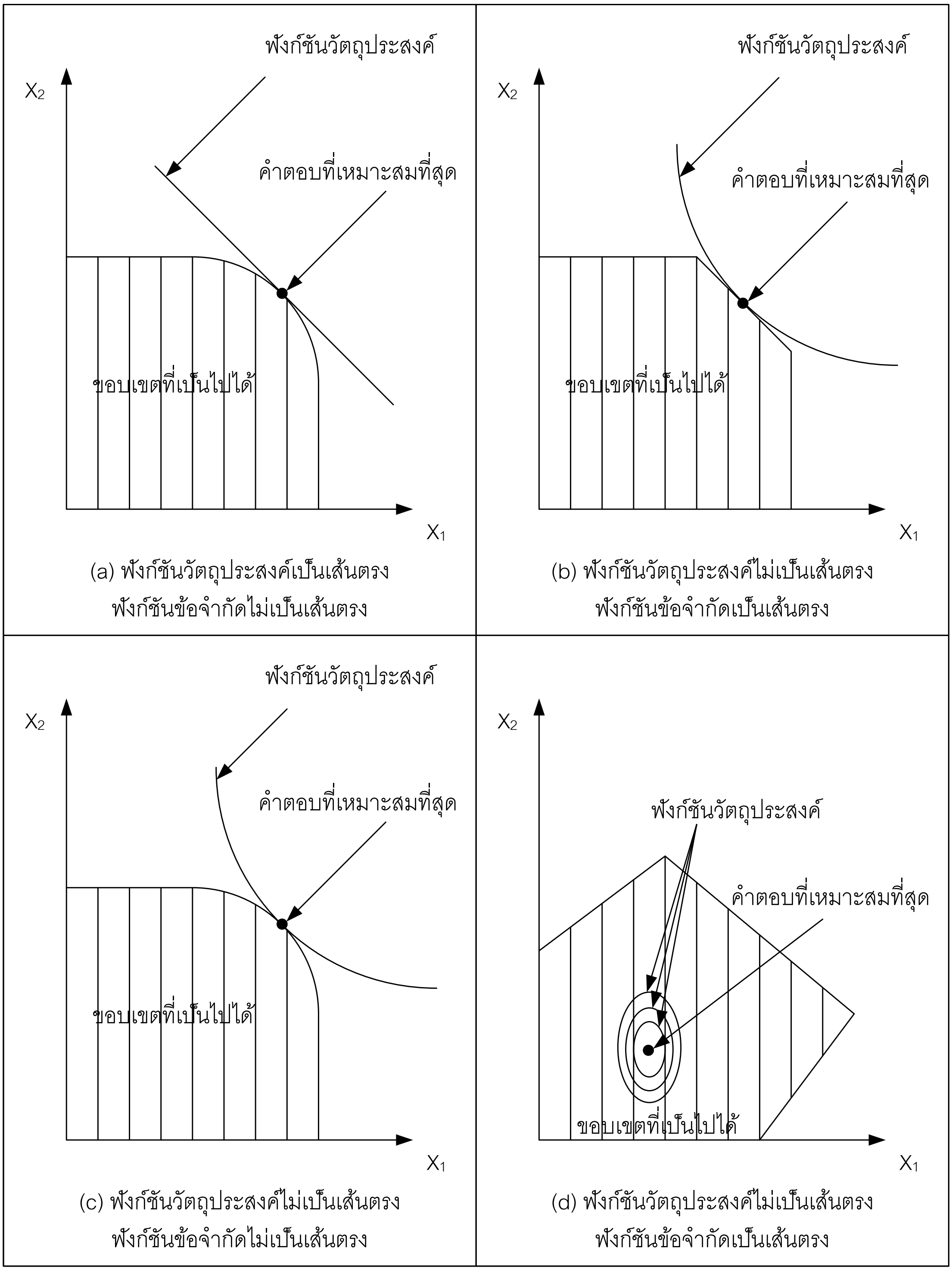
โดยการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (NLP) มีข้อแตกต่างจากการโปรแกรมเชิงเส้น (LP) คือการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรงจะมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ไม่เป็นเส้นตรง และ/หรือ มีฟังก์ชันข้อจำกัดที่ไม่เป็นเส้นตรงมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ข้อจำกัดโดยสามารถพิจารณาจากตัวอย่างปัญหาในภาพที่ 2-6

1. กราฟ a แสดงให้เห็นปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นเส้นตรง แต่ขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region) มีส่วนที่เป็นเส้นโค้ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการมีฟังก์ชันข้อจำกัดอย่างน้อย 1 ข้อที่ไม่เป็นเส้นตรง และเส้นโค้งนี้จะมีคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จึงทำให้คำตอบนี้ไม่ได้อยู่บนจุดมุมยอดของขอบเขตที่เป็นไปได้ แต่อยู่บนจุดตัดระหว่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับเส้นขอบเขตของขอบเขตที่เป็นไปได้

2. กราฟ b แสดงให้เห็นปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ไม่เป็นเส้นตรง แต่มีขอบเขตที่เป็นไปได้เกิดจากฟังก์ชันข้อจำกัดที่เป็นเส้นตรงทั้งหมด ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เป็นเส้นโค้งนี้จะทำให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้อยู่บนจุดยอดมุมของขอบเขต แต่อยู่บนจุดตัดระหว่างฟังก์ชัยวัตถุประสงค์กับเส้นขอบเขตของขอบเขตที่เป็นไปได้

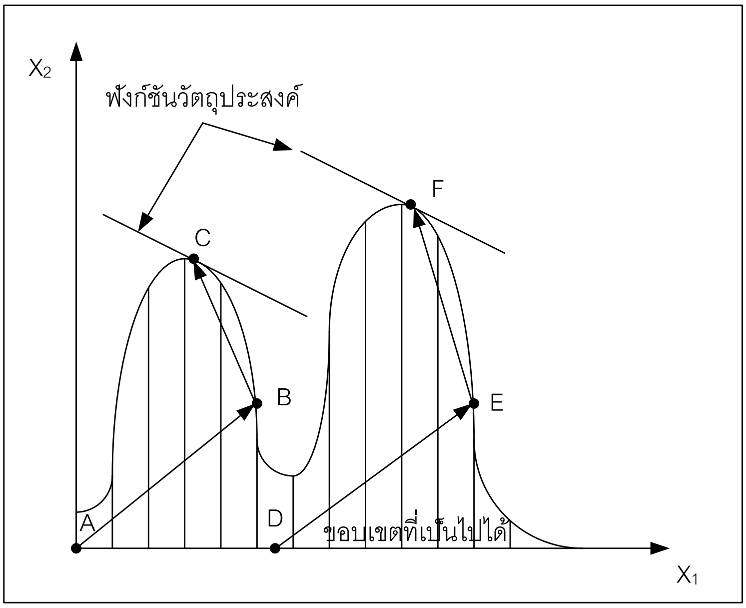
3. กราฟ c แสดงให้เห็นปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่เป็นเส้นตรง และมีขอบเขตที่เป็นไปได้มีส่วนที่เป็นเส้นโค้งจึงทำให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดไม่ได้อยู่บนจุดยอดมุมของขอบเขตที่เป็นไปได้ แต่อยู่บนจุดตัดระหว่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับเส้นขอบเขตของขอบเขตที่เป็นไปได้

4. กราฟ d แสดงให้เห็นปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่เป็นเส้นตรง แต่มีขอบเขตที่เป็นไปได้เกิดจากฟังก์ชันข้อจำกัดที่เป็นเส้นตรงทั้งหมด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นอยู่ภายในขอบเขตที่เป็นไปได้ ทำให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดอยู่ภายในขอบเขตที่เป็นไปได้



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่ไม่เป็นเส้นตรง (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

ในบางสถานการณ์ เมื่อผู้ตัดสินใจได้คำตอบแล้ว ก็อาจจะคิดว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้วแต่ในความเป็นจริงแล้วคำตอบนั้นอาจเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในบริเวณนั้นเท่านั้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 คำตอบที่เหมาะสมที่เป็น Local และ Global (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

จากภาพที่ 2-7 จะเห็นว่าเมื่อเริ่มต้นหาคำตอบจากจุดคำตอบ A แล้วเลื่อนจุดไปยังจุดคำตอบ B และ C จะได้ว่าจุดคำตอบ C เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในบริเวณนั้น แต่ไม่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของตัวอย่างนี้ เนื่องจากยังมีคำตอบที่เหมาะสมยิ่งกว่าจุดคำตอบ C อยู่อีก เรียกจุดคำตอบ C ว่าเป็น “คำตอบที่เหมาะสมที่สุดใน Local (Local Optimal Solution) หากผู้ตัดสินใจเริ่มต้นหาคำตอบจากจุดคำตอบ D แล้วเลื่อนไปยังจุดคำตอบ E และ F จะได้จุดคำตอบ F เป็นจุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในบริเวณนั้น และเป็นจุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของตัวอย่างนี้ เรียกจุดคำตอบ F ว่า “จุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุดใน Global (Global Optimal Solution)

จากตัวอย่างในภาพ 2-7 ทำให้ทราบสิ่งสำคัญที่เกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง 2 ประการคือ

1. คำตอบของปัญหาการโปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรงอาจจะไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่สุดใน Global ก็ได้

2. การกำหนดจุดเริ่มต้น (Starting Point) มีผลต่อคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

แบบจำลองข่ายงาน (Network Model)

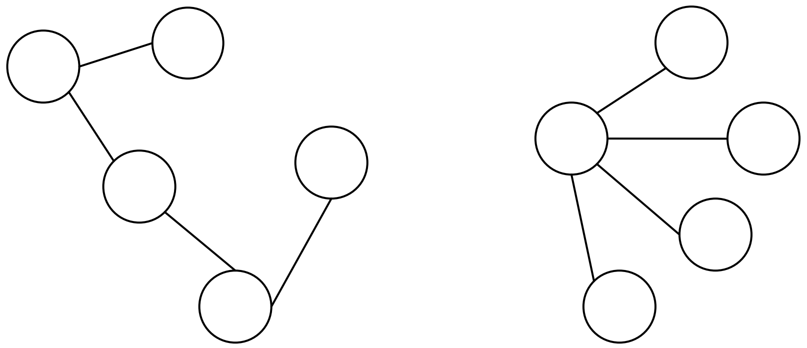
ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการผลิต การสื่อสาร การขนส่ง การก่อสร้าง หรือแม้แต่การบริการ จะต้องมีการวางแผนและควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ให้สามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายเป็นสำคัญ ดังนั้น การดำเนินงานหรือปัญหาที่เกิดขึ้นด้านใดก็ตามที่องค์ประกอบของปัญหามีความสัมพันธ์กันในลักษณะเป็นเครือข่าย จะนำแบบจำลองที่เรียกว่า "แบบจำลองข่ายงาน (Network Model)" มาใช้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเข้าใจลักษณะงาน และควบคุมการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการได้ เช่น ต้องการให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินบางกิจกรรมน้อยที่สุด หรือต้องการให้มีระยะทางในการขนส่งสินค้าที่สั้นที่สุด เป็นต้น

แบบจำลองข่ายงาน (Network Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้กับปัญหาขนาดใหญ่และซับซ้อน ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของปัญหามีความสัมพันธ์กันในลักษณะเครือข่ายหรือมีโครงสร้างแบบต้นไม้ โดยส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) ปัญหาการทดแทนอุปกรณ์ (Equipment Replacement Problem) ปัญหาเส้นทางสั้นที่สุด (Shortest Path Problem) และปัญหาการไหลสูงสุด (Maximal Flow Problem)

ลักษณะทั่วไปของแบบจำลองข่ายงาน จะเป็นแผนภาพซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มของ "โหนด (Node)" แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลม โดยจะถูกเชื่อมโยงกันด้วยเส้นตรงหรือเส้นตรงหัวลูกศรเรียกว่า "กิ่ง (Branch)" และแต่ละกิ่งจะถูกกำหนดค่าใด ๆ ไว้ ซึ่งเรียกว่า "การไหล (Flow)" โดยรูปแบบของข่ายงานจะแตกต่างกันไปตามการประยุกต์ใช้กับปัญหาที่เกิดขึ้น การเชื่อมโยงระหว่างโหนดจะมีทิศทางหรือไม่มีทิศทางก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ดังภาพที่ 2-8

ภาพที่ 2-8 การเชื่อมโยงระหว่างโหนด (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

ในบางครั้งแผนภาพข่ายงานจะมีรูปแบบคล้ายโครงสร้างต้นไม้ ซึ่งจะเรียกรูปแบบนั้นว่า "ต้นไม้แผ่ขยาย (Spanning Tree)" ซึ่งจะมีลักษณะการแผ่ขยายจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งหรือหลายโหนด แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ตัวอย่างแบบจำลองข่ายงานรูปแบบ Spanning Tree (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

ถึงแม้ว่าแบบจำลองข่ายงานจะมีรูปแบบแตกต่างกันตามการประยุกต์ใช้งานกับปัญหาที่เกิดขึ้น แต่องค์ประกอบโดยทั่วไปจะคล้ายกัน ดังนี้

1. โหนด (Node) คือ จุดแต่ละจุดในข่ายงาน ใช้สัญลักษณ์วงกลมแทนโหนด โดยจะมีตัวอักษรหรือตัวเลขระบุในวงกลม บ่งชี้ว่าเป็นจุดงานหรือสถานที่ใด โหนดสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

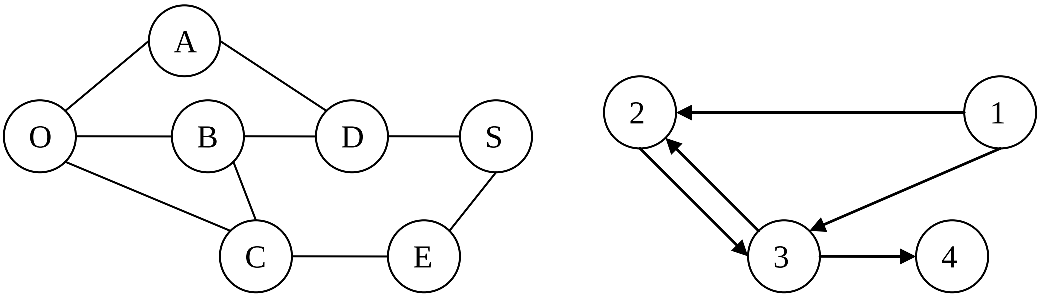
- โหนดส่ง เป็นโหนดที่มีทิศทางการไหล “หันออก” จากโหนด ในบางครั้งจะปรากฏเครื่องหมายลบ (-) กำกับอยู่ด้านหน้าโหนด และแสดงค่าของการไหลออกจากโหนดรวมอยู่ด้วย

- โหนดรับ เป็นโหนดที่มีทิศทางการไหล “หันเข้า” สู่โหนด ในบางครั้งจะปรากฏเครื่องหมายบวก (+) กำกับอยู่ด้านหน้าโหนด และแสดงค่าของการไหลเข้าสู่โหนดรวมอยู่ด้วย

2. กิ่ง (Branch) คือ เส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดในข่ายงาน จะใช้เส้นตรงธรรมดาสำหรับข่ายงานที่ไม่มีทิศทาง และสำหรับข่ายงานที่มีทิศทางจะใช้เส้นตรงหัวลูกศร กิ่งอาจใช้แทนเส้นทางระหว่างโหนด ซึ่งเส้นทางอาจใช้แทนเส้นทางขนส่ง สายไฟฟ้า หรือเส้นทางบินก็ได้

3. การไหล (Flow) คือ น้ำหนักที่กำหนดให้กับกิ่งของข่ายงาน แสดงถึงค่าใด ๆ ที่กำหนดให้กับ Branch เช่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หรือปริมาณสินค้า เป็นต้น

4. ความสามารถของการไหล (Flow Capacity) ของกิ่ง คือ ขีดจำกัดที่เป็นไปได้ของอัตราการไหลตามกิ่งในข่ายงาน จากโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่งหรือมากกว่า ตามทิศทางของกิ่ง



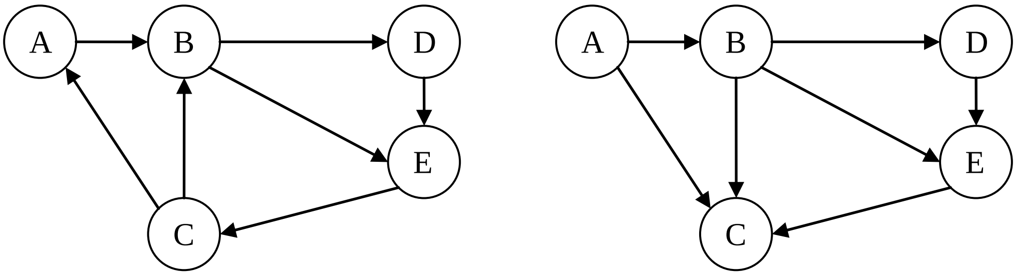
(a) (b)

ภาพที่ 2-10 ลักษณะของแบบจำลองข่ายงานแบบไม่มีทิศทางและแบบมีทิศทาง (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

โดยข่ายงานทุกรูปแบบจะมี 2 ชนิดได้แก่

1. ข่ายงานชนิดวงจรครบรอบ (Cyclic Network) คือ ข่ายงานที่มีทิศทางของ Branch หันออกจากโหนด แล้วสามารถวนกลับมายังโหนดเดิมได้

2. ข่ายงานชนิดวงจรไม่ครบรอบ (Acyclic Network) คือ ข่ายงานที่มีทิศทางของ Branch หันออกจากโหนด แล้วจะไม่สามารถวนกลับมายังโหนดเดิมได้



(a) Cyclic Network (b) Acyclic Network

ภาพที่ 2-11 ตัวอย่างข่ายงานแบบวงจรครบรอบและไม่ครบรอบ (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, 2554)

จากรูปที่ 6.4 (a) จะเห็นว่าเป็นข่ายงานที่มีวงจรครบ เนื่องจาก Branch ที่ออกจากโหนด A สามารถย้อนกลับมายังโหนด A ได้ โดยมีเส้นทางดังนี้ A⟶B⟶D⟶E⟶C⟶A หรือ A⟶B⟶E⟶C⟶A ส่วนรูปที่ 6.4 (b) เป็นข่ายงานที่มีวงจรไม่ครบรอบ เนื่องจาก Branch ที่ออกจากโหนด A แล้ว จะไม่สามารถวนกลับมายังโหนด A ได้

โดยปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินธุรกิจที่ต้องอาศัยแบบจำลองข่ายงานในการอธิบายปัญหา และใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นในการแก้ไขปัญหา ในที่นี้สามารถแบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ ดังนี้

1. ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) คือ ปัญหาการขนส่งสินค้าจากแหล่งต้นทางไปยังปลายทางที่เหมาะสมที่สุด โดยแหล่งต้นทางหนึ่ง ๆ สามารถส่งไปยังปลายทางได้มากกว่า 1 แห่ง และปลายทางแต่ละแห่ง สามารถรับสินค้าจากต้นทางได้มากกว่า 1 แห่งเช่นกัน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ต้องการลดต้นทุน

2. ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) คือ ปัญหาในการจัดสรรงานให้กับผู้รับผิดชอบที่เหมาะสมที่สุด โดยในการจัดสรรจะต้องมอบหมายแต่ละงาน ให้กับผู้รับผิดชอบเพียงรายเดียวเท่านั้น ดังนั้น หากมีงานเป็นจำนวนเท่าใด จะต้องมอบหมายให้กับผู้รับผิดชอบเป็นจำนวนเท่ากัน (1 คน ต่อ 1 งาน) วัตถุประสงค์ คือ ต้องการลดต้นทุนหรือลดเวลาในการทำงานลง หรือต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากยิ่งขึ้น

3. ปัญหาเส้นทางสั้นสุด (Shortest Path Problem) คือ การค้นหาเส้นทางจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งที่มีระยะทางสั้นสุด ปัญหาลักษณะนี้จะมีการกำหนดทิศทางของ Branch ไว้แล้วว่าจากโหนดใดไปยังโหนดใด เพียงแต่ต้องค้นหาเส้นทางที่เมื่อรวมระยะทางแล้วสั้นที่สุด วัตถุประสงค์ข คือ เพื่อต้องการลดต้นทุนหรือระยะทางให้ได้มากที่สุด

4. ปัญหาการทดแทนอุปกรณ์ (Equipment Replacement Problem) มีลักษณะเช่นเดียวกับปัญหาเส้นทางสั้นสุด แต่จะเกี่ยวกับการจัดหาอุปกรณ์ใหม่แทนที่อุปกรณ์เก่าที่จะต้องมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด หรือเส้นทางสั้นสุด

5. ปัญหาการไหลสูงสุด (Maximal Flow Problem) เป็นปัญหาที่ต้องการหาปริมาณการไหลจากโหนดต้นทางผ่านตลอดข่ายงานจนถึงโหนดปลายทาง โดยให้มีปริมาณการไหลมากที่สุด แต่ต้องไม่เกินความสามารถในการไหลที่โหนดสามารถส่งได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การจัดเส้นทางเดินรถในการจัดส่งสินค้า และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางในการขนส่งลำเลียงภายในโรงงานบ้าง ซึ่งมีเงื่อนไขด้านเวลา แต่ไม่พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการการจัดเส้นทางในการขนส่งลำเลียงที่มีเงื่อนไขในด้านพื้นที่ที่ใช้ในการขนส่งลำเลียง

พรณภา ทาที (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางเดินรถโฟล์คลิฟท์ในโรงงานผลิตสายไฟฟ้า โดยใช้วิธี Constructive ภายใต้ข้อจำกัดด้านกรอบเวลาและรถโฟล์คลิฟท์

ขนาดที่แตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางในการขนย้ายที่สั้นที่สุด จากการวิจัยพบว่าขั้นตอนในการจัดเส้นทางแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การพัฒนาการจัดเส้นทางและตรวจสอบเงื่อนไขในด้านเวลา และการจัดเส้นทางเดินรถโฟล์คลิฟท์โดยวิธี Constructive สามารถลดระยะทางในการขนย้าย 17.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 21,300 บาทต่อเดือน

ชัยวัฒน์ สุขไมตรี (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าโดยวิธีมูลค่าประหยัด ซึ่งได้นำวิธีแบบ Fixed Zoning, Dynamic Zoning และมูลค่าประหยัด (Savings) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง และทำการเปรียบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาของทั้ง 3 วิธี ทั้งนี้พบว่าวิธีมูลค่าแบบประหยัดสามารถลดระยะทางในการขนส่งต่อรอบมากที่สุดคือ 100 กิโลเมตร คิดเป็น 62,400 กิโลเมตร หรือ 6.1 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

ภาวิณี เฮ็งเจริญ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางรถรับส่ง-พนักงาน กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหากรรมอมตะนคร โดยได้มีการประยุกต์ใช้วิธี Constructive มาใช้ในการวางแผนในการจัดพนักงานขึ้นรถรับ-ส่งพนักงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อแก้ปัญหาด้านต้นทุนในการขนส่งสูง และได้วิเคราะห์การจัดเส้นทางการขนส่งในแต่ละเส้นทางให้มีระยะทางการขนส่งรวมให้สั้นที่สุด พบว่าสามารถลดเส้นทางการขนส่งจาก 5 เส้นทางเหลือ 2 เส้นทาง และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 8.88 เปอร์เซ็นต์

พัฒนพงษ์ สุหญ้านาง (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน เพื่อต้องการให้ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในด้านการขนส่งลดลง ด้วยวิธีการฮิวริสติก Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) โดยมี วัตถุประสงค์หลักคือ ต้องการเดินทางให้มีระยะทางขนส่งรวมสั้นที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของ ความต้องการสินค้าและขนาดความจุบรรทุกของรถ โดย พบว่าวิธีการฮิวริสติก GRASP ที่ได้นำเสนอนี้ให้คำตอบในการจัดเส้นทางเดินรถระดับที่ยอมรับได้ สามารถลดระยะทางเดินรถขนส่งวัตถุดิบจากเดิม 7452 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือ 3723 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 50.04 เปอร์เซ็นต์

ปาลีรัฐ บุญก่อน (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าประเภทเซรามิค โดยมีข้อจำกัดในเรื่องความสามารถในการบรรทุก ซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักและปริมาตรของสินค้าให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความจุรถ และมีระยะทางในการขนส่งสั้นที่สุด ซึ่งวิธีที่ใช้คือ วิธีฮิวริสติกส์แบบ Saving Algorithm พบว่าสามารถเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้รถมากขึ้นภายในระยะทางที่สั้นลงและสามารถลดเวลาที่ใช้ในการจัดรถเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลตัวอย่าง

ไพริน เปลี่ยนไพร (2554) ได้ทำการศึกษาวิธีฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน โดยนำมาสร้างขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถหาคำตอบที่ดีพอได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว ผลที่ได้ทำให้เกิดเวลาการรอคอยน้อยที่สุด (Minimal Waiting Time) ใช้ระยะทางและเวลาเดินทางโดยรวมในแต่ละเส้นทางน้อยที่สุด ใช้รถที่มีอย่างจำกัดให้เกิด ประสิทธิภาพและช่วงสนับสนุนการตัดสินใจของผู้วางแผนการขนส่งสินค้า การทดสอบกรณีศึกษา จำนวน 5 ชุดข้อมูล แต่ละชุดมีจำนวนลูกค้า 60 58 61 54 และ 59 ราย พิจารณาการทดสอบ 3 ประเภท โดย 2 ประเภทแรกพิจารณาลูกค้าทั้งหมด มีข้อจำกัดเวลาการทำงาน 1 วัน และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ และการทดสอบประเภทที่ 3 พิจารณาลูกค้าแบ่งช่วง 3 เวลา ซึ่งเป็นไปตามกำหนดของการส่งสินค้าใน เขตกรุงเทพ จากการทดสอบพบว่าวิธีฮิวริสติกส์ให้คำตอบดีกว่าการจัดด้วยพนักงาน ซึ่งผลการทดสอบประเภทที่ 1 2 และ 3 สามารถลดเที่ยววิ่งได้เฉลี่ย ร้อยละ 15.49 13.61 และ 11.58 ตามลำดับ ลดระยะทางได้เฉลี่ยร้อยละ 10.97 9.25 และ 10.66 ตามลำดับ และลดจำนวนรถได้เฉลี่ยร้อยละ 29.69 37 และ 36.51 ตามลำดับ

จากการทบทวนทฤษฎีและผลการศึกษาที่ผ่านมา สามารถสรุปได้ว่างานวิจัยที่ได้ทำการศึกษามามุ่งเน้นให้ระยะทางในการขนส่งมีระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนในด้านการขนส่ง โดยมีลักษณะคล้ายกับปัญหาในงานวิจัยนี้ที่มีข้อจำกัดในด้านเวลาซึ่งแปรผันตรงกับระยะทางที่ใช้ในการขนส่งลำเลียง แต่อย่างไรก็ดีงานวิจัยนี้ยังมีอีกข้อจำกัดอีกด้านคือในด้านพื้นที่ เนื่องจากมีความต้องการลดพื้นที่ถนน เพื่อนำไปใช้รองรับในการเพิ่มกำลังการผลิต ซึ่งงานวิจัยที่ทำการศึกษาไม่ได้มีการพิจารณาพื้นที่ที่ใช้ในการขนส่ง เนื่องจากเป็นการขนส่งสินค้าหรือพนักงานระหว่างบริษัทกับบริษัท หรือบริษัทกับที่พักอาศัยของพนักงาน ซึ่งใช้ถนนที่เป็นพื้นที่ส่วนรวมหรือของภาครัฐ การใช้หรือไม่ใช้เส้นทางดังกล่าว ย่อมไม่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนของบริษัท จึงไม่มีการนำมาพิจารณา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานเพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายของบริษัททั้งในด้านข้อจำกัดของเวลาและพื้นที่ โดยจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงวิธีในการจัดการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด โดยมีแหล่งที่มาของข้อมูลและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. ข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการสัมภาษณ์พนักงานจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน เกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้า

2. ข้อมูลทุติยภูมิ ได้จากการศึกษาเอกสารของทางบริษัทที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน และจากการศึกษาทฤษฎี เอกสาร บทความ และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางในการขนส่งลำเลียงที่จะจำไปสู่การจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับข้อจำกัดด้านเวลาและพื้นที่

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้า จากการปฏิบัติงานจริงของพนักงานจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้าของบริษัท โดยวิธีการสัมภาษณ์เกี่ยวกับวิธีการออกแบบการจัดเส้นทาง รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ

2. วิเคราะห์ปัญหาของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้า ว่ามีลักษณะอย่างไรบ้างเพื่อนำมากำหนดวัตถุประสงค์หลักของปัญหาสำหรับนำไปสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหา

3. กำหนดขอบเขตของปัญหาที่ต้องการศึกษาและนำมาสร้างแบบจำลอง โดยจะศึกษาและสร้างแบบจำลองเฉพาะการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e เท่านั้น เนื่องจากขนส่งลำเลียงไปและกลับในเส้นทางเดียวกัน ซึ่งถนนที่ใช้จะมีความกว้าง 1.6 เมตร และพนักงานที่ขนส่งลำลำเลียงชิ้นส่วนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที

4. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแก้โปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming) ในการหาคำตอบของปัญหาภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ 3 สถานการณ์ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด

สถานการณ์ที่ 2 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้พื้นที่ในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด

สถานการณ์ที่ 3 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้พื้นที่ในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุดภายใต้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่กำหนดคือ 20 วินาที

5. หาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมแบบจำลอง What’s Best และนำคำตอบที่ได้มาสร้างแบบจำลอง เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้า

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานในปัจจุบัน และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน ได้ผลดังนี้

วิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน

จากการศึกษาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานของบริษัท โดยสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่จัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นงานภายในโรงงาน พบว่าการจัดเส้นทางจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ การรวบรวมและทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และ การออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียง ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนในการรวบรวมและทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้ทางเจ้าหน้าที่จะทำการทบทวนแผนผังของโรงงาน รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย

- ระยะทางระหว่างแต่ละจุด ซึ่งอาจมีการปรับเปลี่ยนเนื่องจากมีการปรับผังโรงงานเพื่อลดขนาดสายการผลิต หรือการเพิ่มขนาดเพื่อรองรับเครื่องจักรใหม่
- ขนาดถนน เนื่องจากพื้นที่ถนนบางพื้นที่อาจมีการปรับให้ใช้เป็นถนนสำหรับคนเดินซึ่งไม่สามารถทำการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนได้
- ปริมาณชิ้นส่วนที่จัดเก็บในสายการผลิต (Inventory) ซึ่งเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงต่อรอบ ซึ่งโดยปกติทางบริษัทจะจัดเก็บชิ้นส่วนสำหรับใช้ในการผลิตได้ 5 นาที

โดยขั้นตอนในการขนส่งลำเลียงนั้นจะแบบออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ การจัดเตรียมและจัดจ่ายชิ้นส่วน ซึ่งใช้เวลา 3 นาที การจัดเตรียมและจ่ายคืนกล่องเปล่า 1 นาที 20 วินาที และการขนส่งลำเลียงจากสายการผลิตไปยังคลังสินค้า 20 วินาที และจากคลังสินค้าไปยังสายการผลิต 20 วินาที

2) การออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียง

หลังจากนั้นทางเจ้าหน้าที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียงโดยการเลือกเส้นทางที่ใกล้ของแต่ละจุด ตัวอย่างเช่น

- จากจุดที่ 1 ไปจุด 2 มีระยะทาง 3 เมตร

- จากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 3 มีระยะทาง 5 เมตร

ทางเจ้าหน้าที่จะเลือกเส้นทางจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ซึ่งมีระยะทางใกล้กว่า จากนั้นจะเลือกเส้นทางจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด และเมื่อพบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงเกินกว่าเวลาที่กำหนดก็จะทดลองปรับเส้นทางทีละเส้นไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้เส้นทางที่สามารถขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิตไปยังคลังสินค้าภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งวิธีการดังกล่าวใช้เวลาค่อนข้างมาก อีกทั้งเส้นการขนส่งลำเลียงที่ได้ แม้จะใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงภายในเวลาที่กำหนด แต่ก็อาจไม่ใช่เส้นทางที่ดีที่สุดซึ่งใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด

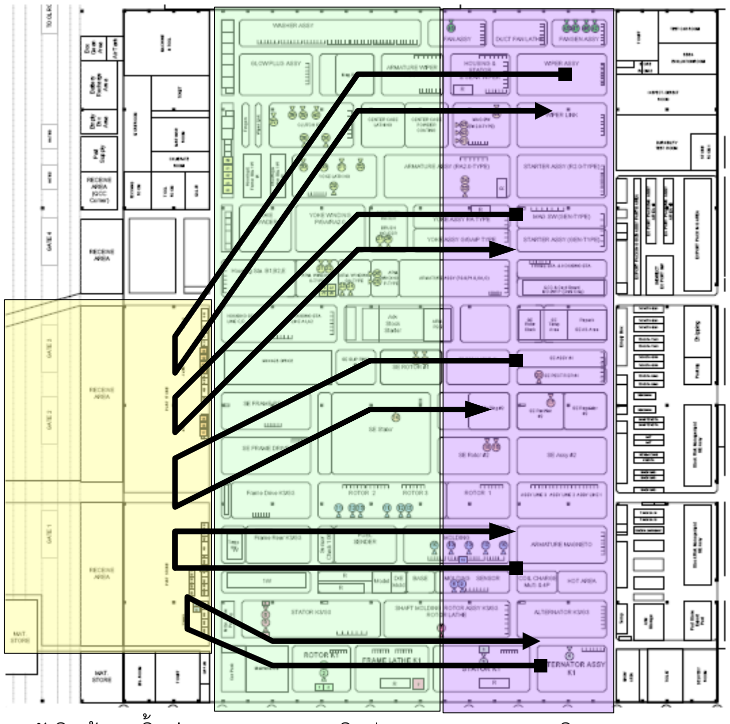
อีกทั้งในปัจจุบันต้องมีการพิจารณาเงื่อนไขด้านพื้นที่ถนนที่ต้องใช้ทำให้ขั้นตอนมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการออกแบบมากยิ่งขึ้นไปอีก

การแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน

การแก้ปัญหาในการขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียง เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงจากสายการผลิต a และสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e นั้น ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการโปรแกรมแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming) สำหรับสร้างแบบจำลองของปัญหาเหล่านี้ เนื่องจากปัญหานี้มีรูปแบบของปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาที่มีอยู่ค่อนข้างมาก เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหา โดยผู้วิจัยต้องออกแบบเส้นทางในการขนส่งลำเลียงจากสายการผลิต a และสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของปัญหานี้ ซึ่งก็คือการขนส่งลำเลียงที่ใช้พื้นที่ถนนน้อยที่สุด โดยมีข้อจำกัดที่มีผลต่อการตัดสินใจคือเวลาในการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

การจำลองปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน

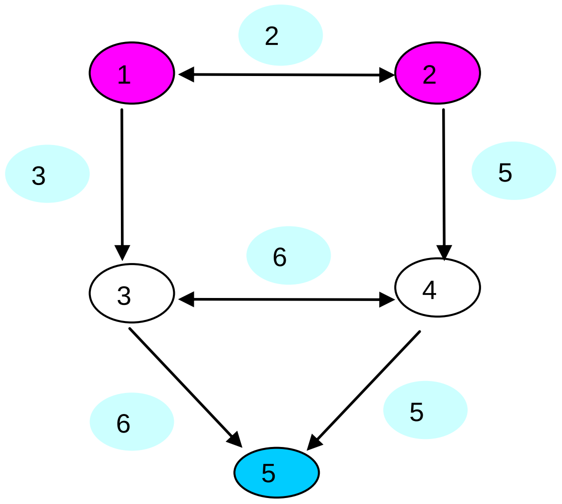
การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน เพื่อให้ได้เส้นทางในการขนส่งลำเลียงตรงตามวัตถุประสงค์ในด้านต่าง ๆ โดยมีขอบเขตการศึกษาเฉพาะจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a ไปยังคลังสินค้า e และสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e และถนนที่ใช้จะมีความกว้าง 1.6 เมตร และพนักงานที่ขนส่งลำลำเลียงชิ้นส่วนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4-1 แผนผังโรงงานและตัวอย่างการไหลของการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วน

จากภาพที่ 4-1 จะพบว่าพื้นที่ในโรงงานที่แบ่งออกเป็นพื้นที่หลักที่เกี่ยวข้องกับการผลิต 3 พื้นที่คือ คลังสินค้าของชิ้นส่วน สายการผลิตย่อย และสายการผลิต โดยในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนของสายการผลิตนั้น พนักงานจะเดินทางผ่านสายการผลิตย่อยไปยังคลังสินค้าของชิ้นส่วนเพื่อทำการจัดเตรียมชิ้นส่วน จากนั้นจึงเดินทางกลับผ่านสายการผลิตย่อยอีกครั้งในเส้นทางเดิมและเมื่อถึงสายการผลิตก็จะทำการป้อนชิ้นส่วนเข้าสู่สายการผลิต

ซึ่งเส้นทางและระยะทางในการขนส่งลำเลียงระหว่างแต่ละพื้นที่เป็นดังภาพที่ 4-2 โดยจุด 1 และ 2 คือสายการผลิต a และ b ตามลำดับ จุด 3 และ 4 คือสายการผลิตย่อย c และ d ตามลำดับซึ่งอยู่ระหว่างสายการผลิตและคลังสินค้า และจุด 5 คือคลังสินค้า e ซึ่งเส้นทางในการขนส่งลำเลียงกำหนดให้วิ่งตามทิศทางของลูกศรที่แสดงในภาพ เท่านั้น



ภาพที่ 4-2 ระยะทางระหว่างแต่ละพื้นที่

จากภาพที่ 4-2 สามารถสรุประยะทางและเวลาที่ใช้วิ่งระหว่างแต่ละพื้นที่รวมทั้งขนาดของพื้นที่ถนนในแต่ละเส้นทางได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ระยะทางและเวลาที่ใช้ขนส่งลำเลียงระหว่างแต่ละพื้นที่รวมทั้งขนาดของพื้นที่ถนนในแต่ละเส้นทาง

จุดเริ่มต้น	ปลายทาง	ระยะทาง (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ขนาดพื้นที่ถนน (ตารางเมตร)
1	2	2	4	3.2
	3	3	6	4.8
2	1	2	4	3.2
	4	5	10	8.0
3	4	6	12	9.6
	5	6	12	9.6
4	3	6	12	9.6
	5	5	10	8.0

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองปัญหาจากหลายสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกันไปเพื่อให้ได้แบบจำลองปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละสถานการณ์ ซึ่งมีสถานการณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด

แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับสายการผลิต a

สัญลักษณ์ตัวแปร

ให้ X_{ij} แทน มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

T_{ij} แทน ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5} X_{ij}T_{ij} \qquad (1)$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint Functions)

$$X_{12} + X_{13} = 1 \qquad (2)$$

$$X_{12} - X_{21} - X_{24} = 0 \qquad (3)$$

$$X_{13} + X_{43} - X_{34} - X_{35} = 0 \qquad (4)$$

$$X_{24} + X_{34} - X_{43} - X_{45} = 0 \qquad (5)$$

$$X_{35} + X_{45} = 1 \qquad (6)$$

$$X_{31}, X_{42}, X_{53}, X_{54} = 0 \qquad (7)$$

$$X_{ij} = \{0,1\} \quad ; i = 1, 2, 3, 4 \text{ และ } j = 1, 2, 3, 4, 5 \qquad (8)$$

สมการที่ (1) แสดงฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าต่ำสุดของเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a ไปยังคลังสินค้า e

สมการที่ (2) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 หรือสายการผลิต a

สมการที่ (3) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 2

สมการที่ (4) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

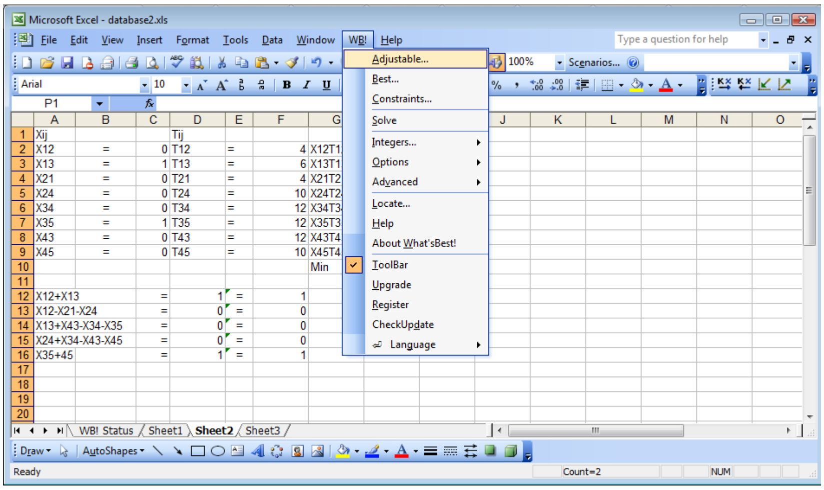
สมการที่ (7) แสดงข้อจำกัดไม่ให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1 , จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2 , จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (8) แสดงข้อจำกัดตัวแปร X ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

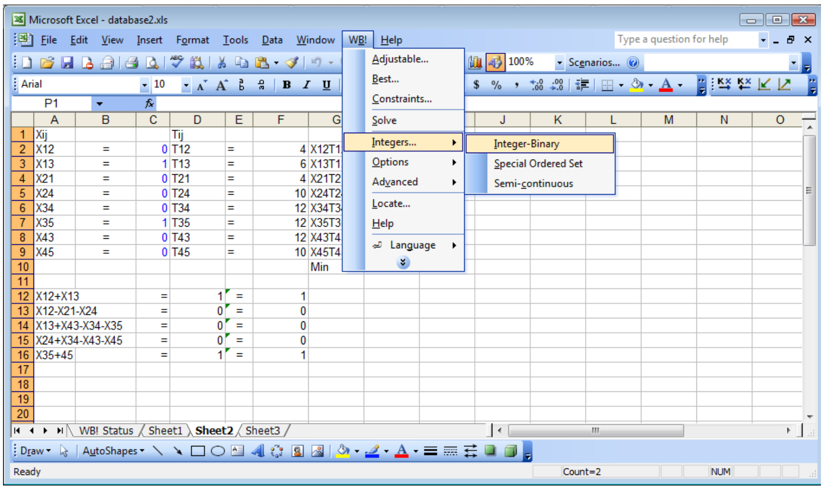
ผลลัพธ์ของแบบจำลอง

ใช้โปรแกรมแบบจำลอง What's Best เพื่อหาคำตอบของแบบจำลองโดยมีขั้นตอนดังนี้

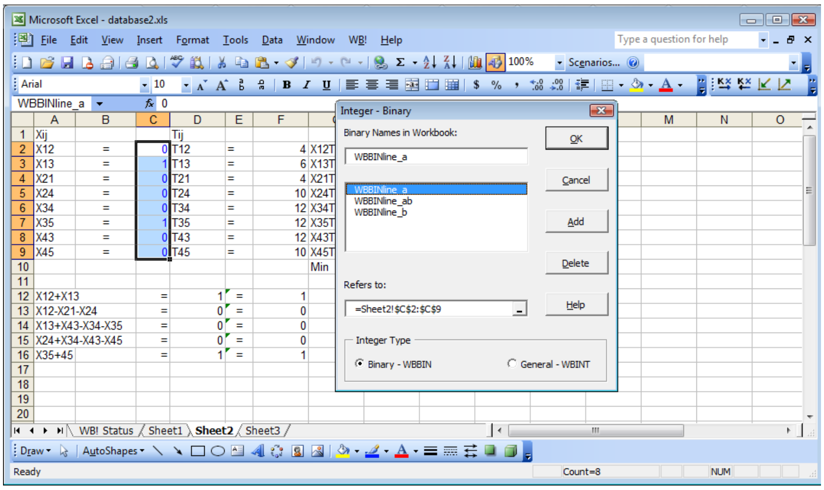
1. กำหนดตัวแปรตัดสินใจ เลือกคำสั่ง WB! และ Adjustable ตามลำดับเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นตัวแปรตัดสินใจดังภาพที่ 4-3 โดยเลือกเซลล์ C2 ถึง C9 ซึ่งเป็นตัวแทนของค่า X_{ij} แต่เนื่องจากค่า X_{ij} เป็นค่า Binary (จากสมการที่ 8) จึงต้องมีการกำหนดค่า โดยเลือกคำสั่ง WB!, Integers และ Integer-Binary ตามลำดับดังภาพที่ 4-4 จากนั้นกำหนดให้เซลล์ C2 ถึง C9 เป็นค่า Binary ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-3 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นตัวแปรตัดสินใจ

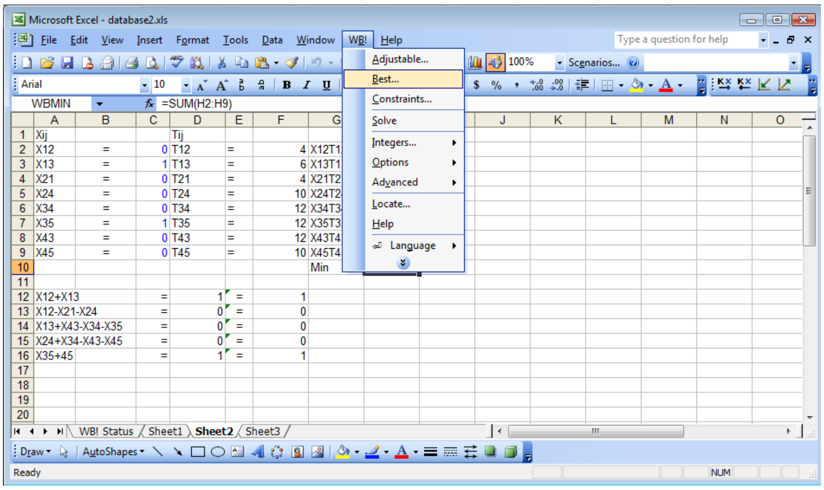


ภาพที่ 4-4 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดให้ตัวแปรเป็นค่าจำนวนเต็มหรือ Binary

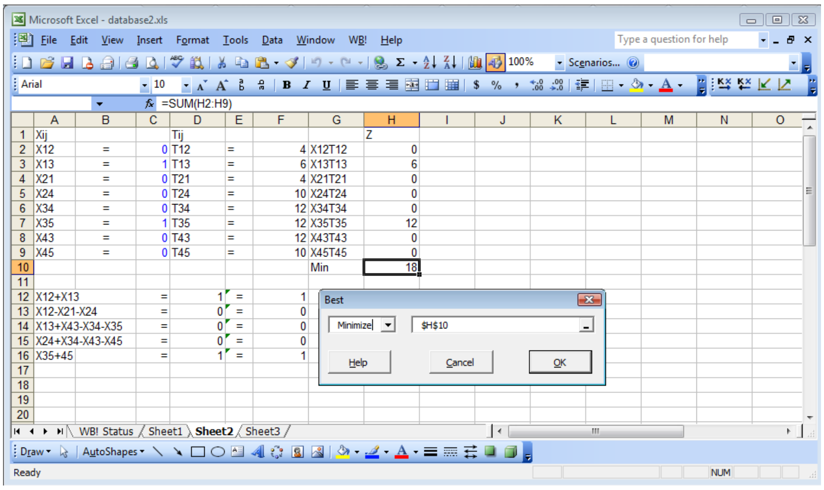


ภาพที่ 4-5 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดให้ตัวแปรเป็นค่า Binary

2. กำหนดฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ เลือกคำสั่ง WB! และ Best ตามลำดับดังภาพที่ 4-6 เพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของแบบจำลองโดยกำหนดให้เซลล์ H10 เป็นค่าคำตอบที่น้อยที่สุด (Minimize) ดังภาพที่ 4-7

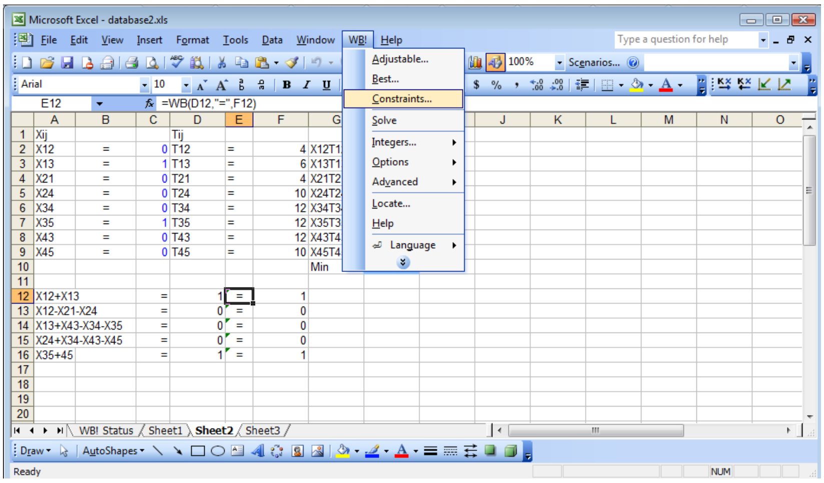


ภาพที่ 4-6 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง

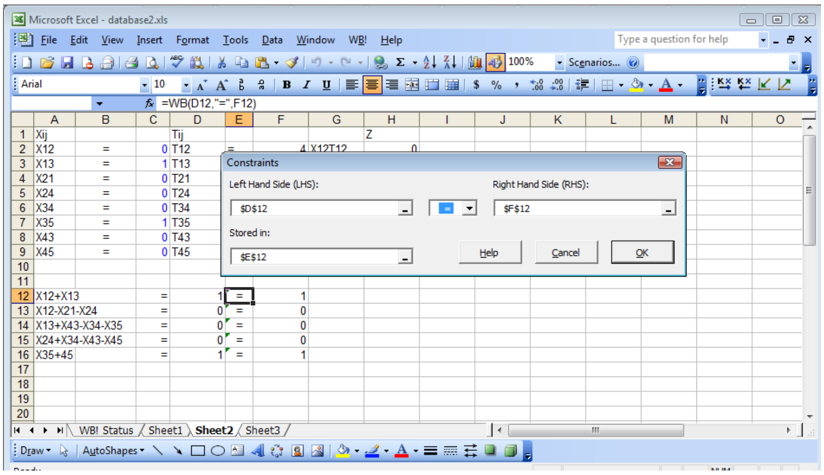


ภาพที่ 4-7 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดคำตอบของแบบจำลองให้เป็นค่าต่ำสุด

3. กำหนดฟังก์ชั่นข้อจำกัด เลือกคำสั่ง WB! และ Constraint ตามลำดับดังภาพที่ 4-8 เพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นข้อจำกัดโดยกำหนดให้เซลล์ D12 ถึง D16 มีค่าเท่ากับเซลล์ F12 ถึง F16 ตามลำดับ ดังสมการที่ 2-6 ดังภาพที่ 4-9

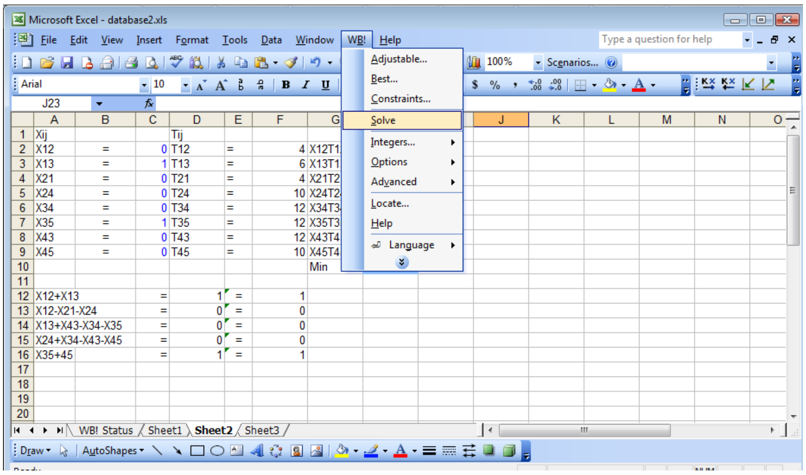


ภาพที่ 4-8 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดเซลล์ที่เป็นข้อจำกัด

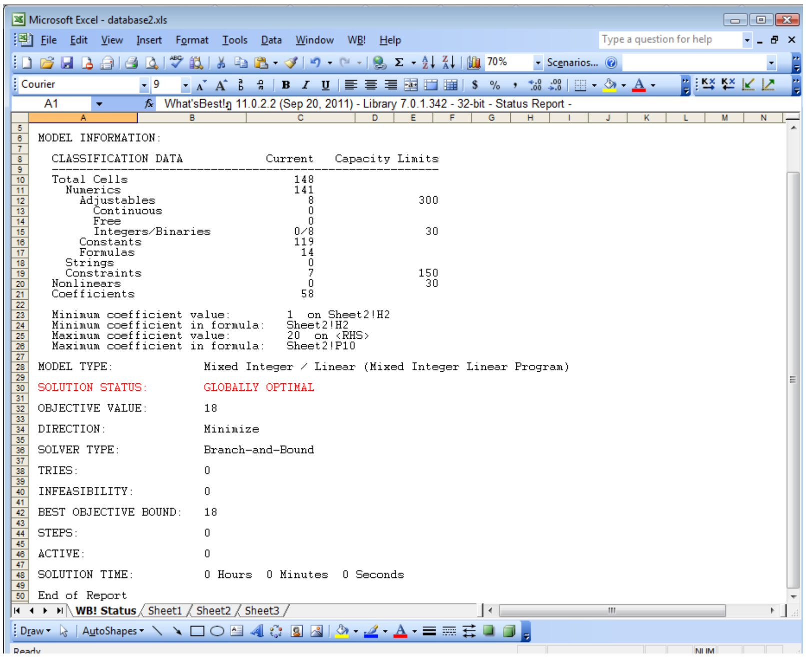


ภาพที่ 4-9 การเลือกคำสั่งเพื่อกำหนดข้อจำกัด

4. หาคำตอบของแบบจำลอง โดยเลือกคำสั่ง WB! และ Solve ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-10 จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาคำตอบและสรุปเป็นรายงานออกมาดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-10 การเลือกคำสั่งเพื่อหาคำตอบของแบบจำลอง



ภาพที่ 4-11 รายงานสรุปของโปรแกรมเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้น

โดยจากการใช้โปรแกรมแบบจำลอง What's Best ได้ผลดังนี้

Objective value: 18

Variable	Value
X_{12}	0
X_{13}	1

X_{21}	0
X_{24}	0
X_{34}	0
X_{35}	1
X_{43}	0
X_{45}	0

ซึ่งหมายความว่ามีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 1-3-5 โดยใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่น้อยที่สุดเท่ากับ 18 วินาที

แบบจำลองการตัดสินใจสำหรับสายการผลิต b

สัญลักษณ์ตัวแปร

ให้ Y_{ij} แทน มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j

(i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

T_{ij} แทน ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j

(i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5} Y_{ij}T_{ij} \quad (1)$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint Functions)

$$Y_{21} + Y_{24} = 1 \quad (2)$$

$$Y_{21} - X_{12} - X_{13} = 0 \quad (3)$$

$$Y_{13} + Y_{43} - Y_{34} - Y_{35} = 0 \quad (4)$$

$$Y_{24} + Y_{34} - Y_{43} - Y_{45} = 0 \quad (5)$$

$$Y_{35} + Y_{45} = 1 \quad (6)$$

$$Y_{31}, Y_{42}, Y_{53}, Y_{54} = 0 \quad (7)$$

$$Y_{ij} = \{0,1\} \quad ; i = 1, 2, 3, 4 \text{ และ } j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (8)$$

สมการที่ (1) แสดงฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าต่ำสุดของเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e

สมการที่ (2) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 หรือสายการผลิต b

สมการที่ (3) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 1

สมการที่ (4) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

สมการที่ (7) แสดงข้อจำกัดไม่ให้มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1 , จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2 , จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (8) แสดงข้อจำกัดตัวแปร Y ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

ผลลัพธ์ของแบบจำลอง

Objective value: 18

Variable	Value
Y_{12}	0
Y_{13}	0
Y_{21}	0
Y_{24}	1
Y_{34}	0
Y_{35}	0
Y_{43}	0
Y_{45}	1

ซึ่งหมายความว่ามีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 2-4-5 โดยใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่น้อยที่สุดเท่ากับ 20 วินาที

จากสถานการณ์ที่ 1 จะเห็นได้ว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุดของสายการผลิตทั้ง 2 และเมื่อพิจารณาถนนที่ใช้จะใช้พื้นที่ถนนทั้งหมด 30.4 ตารางเมตร ซึ่งได้แก่

1. ถนนจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 3 คิดเป็นพื้นที่ถนน 4.8 ตารางเมตร

2. ถนนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 5 คิดเป็นพื้นที่ถนน 9.6 ตารางเมตร

3. ถนนจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 4 คิดเป็นพื้นที่ถนน 8.0 ตารางเมตร

4. ถนนจากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 5 คิดเป็นพื้นที่ถนน 8.0 ตารางเมตร

ซึ่งในสถานการณ์ที่ 1 นี้ พิจารณาเฉพาะเงื่อนไขในด้านของเวลา โดยมิได้คำนึงถึงพื้นที่ถนนที่ใช้ แต่จากสภาพในปัจจุบันจากยอดการผลิตที่สูงขึ้นบริษัทต้องการลดพื้นที่ถนน เพื่อนำมาใช้วางเครื่องจักรใหม่ โดยในสถานการณ์ที่ 2 จะพิจารณาเงื่อนไขในด้านของพื้นที่ถนน ตามแบบจำลองนี้

สถานการณ์ที่ 2 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้พื้นที่ในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด

แบบจำลองการตัดสินใจ

สัญลักษณ์ตัวแปร

ให้ X_{ij} แทน สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

Y_{ij} แทน สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

A_{ij} แทน พื้นที่ของถนนที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

$Y_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5}\left(\frac{X_{ij}+Y_{ij}}{1+X_{ij}Y_{ij}}\right)A_{ij} \quad (1)$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint Functions)

$$X_{12} + X_{13} = 1 \quad (2)$$

$$X_{12} - X_{21} - X_{24} = 0 \quad (3)$$

$$X_{13} + X_{43} - X_{34} - X_{35} = 0 \quad (4)$$

$$X_{24} + X_{34} - X_{43} - X_{45} = 0 \quad (5)$$

$$X_{35} + X_{45} = 1 \quad (6)$$

$$X_{31}, X_{42}, X_{53}, X_{54} = 0 \qquad (7)$$

$$X_{ij} = \{0,1\} \quad ; i = 1, 2, 3, 4 \text{ และ } j = 1, 2, 3, 4, 5 \qquad (8)$$

$$Y_{21} + Y_{24} = 1 \qquad (9)$$

$$Y_{21} - X_{12} - X_{13} = 0 \qquad (10)$$

$$Y_{13} + Y_{43} - Y_{34} - Y_{35} = 0 \qquad (11)$$

$$Y_{24} + Y_{34} - Y_{43} - Y_{45} = 0 \qquad (12)$$

$$Y_{35} + Y_{45} = 1 \qquad (13)$$

$$Y_{31}, Y_{42}, Y_{53}, Y_{54} = 0 \qquad (14)$$

$$Y_{ij} = \{0,1\} \quad ; i = 1, 2, 3, 4 \text{ และ } j = 1, 2, 3, 4, 5 \qquad (15)$$

สมการที่ (1) แสดงฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าต่ำสุดของพื้นที่ถนนที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a และสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e

สมการที่ (2) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 หรือสายการผลิต a

สมการที่ (3) แสดงข้อจำกัดให้มีสายการผลิต a การขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 2

สมการที่ (4) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

สมการที่ (7) แสดงข้อจำกัดไม่ให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1, จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2, จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (8) แสดงข้อจำกัดตัวแปร X ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

สมการที่ (9) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 หรือสายการผลิต b

สมการที่ (10) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 1

สมการที่ (11) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (12) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (13) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

สมการที่ (14) แสดงข้อจำกัดไม่ให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1 , จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2 , จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (15) แสดงข้อจำกัดตัวแปร Y ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

ผลลัพธ์ของแบบจำลอง

Objective value: 17.6

Variable	Value
X_{12}	0
X_{13}	1
X_{21}	0
X_{24}	0
X_{34}	0
X_{35}	1
X_{43}	0
X_{45}	0
Y_{12}	0
Y_{13}	1
Y_{21}	1
Y_{24}	0
Y_{34}	0
Y_{35}	1
Y_{43}	0
Y_{45}	0

ซึ่งหมายความว่ามีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 1-3-5 ใช้เวลา 18 วินาที และจากสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 2-1-3-5 ใช้เวลา 22 วินาที โดยใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงที่น้อยที่สุดเท่ากับ 17.6 ตารางเมตร และสามารถลดพื้นที่ถนนที่ใช้จากสถานการณ์ที่ 1 ลงได้ 12.8 ตารางเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 42.1

แต่อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงพบว่าของสายการผลิต a ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงเท่ากับ 18 วินาทีซึ่งอยู่ในเงื่อนไขของบริษัทคือ 20 วินาที แต่สายการผลิต b ใช้เวลาไป 22 วินาทีซึ่งเกินเงื่อนไขของบริษัท ดังนั้นในสถานการณ์ที่ 3 จะเพิ่มเงื่อนไขด้านเวลาเข้าไปในแบบจำลองเพื่อให้เส้นทางในการขนส่งลำเลียงมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขด้านเวลาของบริษัท

สถานการณ์ที่ 3 แบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานจากสายการผลิต a และ b ไปยังคลังสินค้า e ที่ใช้พื้นที่ในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุดภายใต้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่กำหนดคือ 20 วินาที

แบบจำลองการตัดสินใจ

สัญลักษณ์ตัวแปร

ให้ X_{ij} แทน สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

Y_{ij} แทน สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

A_{ij} แทน พื้นที่ของถนนที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

T_{ij} แทน ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจาก i ไป j (i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

$Y_{ij} = \{0,1\}$ โดยที่ i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$MinZ = \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5}\left(\frac{X_{ij}+Y_{ij}}{1+X_{ij}Y_{ij}}\right)A_{ij} \tag{1}$$

ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint Functions)

$$X_{12} + X_{13} = 1 \tag{2}$$

$$X_{12} - X_{21} - X_{24} = 0 \qquad (3)$$

$$X_{13} + X_{43} - X_{34} - X_{35} = 0 \qquad (4)$$

$$X_{24} + X_{34} - X_{43} - X_{45} = 0 \qquad (5)$$

$$X_{35} + X_{45} = 1 \qquad (6)$$

$$X_{31}, X_{42}, X_{53}, X_{54} = 0 \qquad (7)$$

$X_{ij} = \{0,1\}$; i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5 (8)

$$Y_{21} + Y_{24} = 1 \qquad (9)$$

$$Y_{21} - X_{12} - X_{13} = 0 \qquad (10)$$

$$Y_{13} + Y_{43} - Y_{34} - Y_{35} = 0 \qquad (11)$$

$$Y_{24} + Y_{34} - Y_{43} - Y_{45} = 0 \qquad (12)$$

$$Y_{35} + Y_{45} = 1 \qquad (13)$$

$$Y_{31}, Y_{42}, Y_{53}, Y_{54} = 0 \qquad (14)$$

$Y_{ij} = \{0,1\}$; i = 1, 2, 3, 4 และ j = 1, 2, 3, 4, 5 (15)

$$\sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{5} X_{ij} T_{ij} \le 20 \qquad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{5} Y_{ij} T_{ij} \le 20 \qquad (17)$$

สมการที่ (1) แสดงฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าต่ำสุดของพื้นที่ถนนที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a และสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e

สมการที่ (2) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 หรือสายการผลิต a

สมการที่ (3) แสดงข้อจำกัดให้มีสายการผลิต a การขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 2

สมการที่ (4) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

สมการที่ (7) แสดงข้อจำกัดไม่ให้สายการผลิต a มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1 , จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2 , จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (8) แสดงข้อจำกัดตัวแปร X ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

สมการที่ (9) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 2 หรือสายการผลิต b

สมการที่ (10) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 1 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 1

สมการที่ (11) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 3 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 3

สมการที่ (12) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนออกจากจุดที่ 4 เมื่อมีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนมายังจุดที่ 4

สมการที่ (13) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังจุดที่ 5 หรือคลังสินค้า e

สมการที่ (14) แสดงข้อจำกัดไม่ให้สายการผลิต b มีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 1 , จากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 2 , จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 3 และ จากจุดที่ 5 ไปยังจุดที่ 4 ตามทิศทางการขนส่งลำเลียงที่กำหนดไว้

สมการที่ (15) แสดงข้อจำกัดตัวแปร Y ที่มีค่าเป็น Binary คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น

สมการที่ (16) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต a ขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังคลังสินค้า e ภายใน 20 วินาที

สมการที่ (17) แสดงข้อจำกัดให้สายการผลิต b ขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนไปยังคลังสินค้า e ภายใน 20 วินาที

ผลลัพธ์ของแบบจำลอง

Objective value: 30.4

Variable	Value
X_{12}	0
X_{13}	1
X_{21}	0
X_{24}	0
X_{34}	0

X_{35} 1

X_{43} 0

X_{45} 0

Y_{12} 0

Y_{13} 0

Y_{21} 0

Y_{24} 1

Y_{34} 0

Y_{35} 0

Y_{43} 0

Y_{45} 1

ซึ่งหมายความว่ามีการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิต a ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 1-3-5 ใช้เวลา 18 วินาที และจากสายการผลิต b ไปยังคลังสินค้า e ตามเส้นทาง 2-4-5 ใช้เวลา 20 วินาที โดยใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงที่น้อยที่สุดเท่ากับ 30.4 ตารางเมตร ซึ่งเส้นทางดังกล่าวของทั้ง 2 สายการผลิต เป็นเส้นทางเดียวกับเส้นทางที่ใช้ในสถานการณ์ที่ 1 จึงไม่สามารถลดพื้นที่ถนนลงได้

จากแบบจำลองของทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าแบบจำลองของสถานการณ์ที่ 3 เหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขของเวลาและพื้นที่ ในขณะที่แบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 จะพิจารณาในด้านเวลาเพียงอย่างเดียว และแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2 แม้จะสามารถแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขในด้านพื้นที่ได้โดยสามารถลดพื้นที่ได้ แต่ไม่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงเกินเงื่อนไขที่บริษัทกำหนด

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละสถานการณ์

	สถานการณ์ที่ 1	สถานการณ์ที่ 2	สถานการณ์ที่ 3
วัตถุประสงค์	1. ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด	1. ใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด	1. ใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด 2. ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 วินาที
เส้นทางที่ใช้ - สายการผลิต a - สายการผลิต b	 1-3-5 2-4-5	 1-3-5 2-1-3-5	 1-3-5 2-4-5
เวลาที่ใช้ - สายการผลิต a - สายการผลิต b	 18 วินาที/ รอบ 20 วินาที/ รอบ	 18 วินาที/ รอบ 22 วินาที/ รอบ	 18 วินาที/ รอบ 20 วินาที/ รอบ
พื้นที่ถนนที่ใช้	30.4 ตารางเมตร	17.6 ตารางเมตร	30.4 ตารางเมตร

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงาน พบว่าแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ คือ การรวบรวมและทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และ การออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียง ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนในการรวบรวมและทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้ทางเจ้าหน้าที่จะทำการทบทวนแผนผังของโรงงาน รวมถึงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย

- ระยะทางระหว่างแต่ละจุด
- ขนาดถนน
- ปริมาณชิ้นส่วนที่จัดเก็บในสายการผลิต (Inventory)

และขั้นตอนในการขนส่งลำเลียงนั้นจะแบบออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ การจัดเตรียมและจัดจ่ายชิ้นส่วน ซึ่งใช้เวลา 3 นาที การจัดเตรียมและจ่ายคืนกล่องเปล่า 1 นาที 20 วินาที และการขนส่งลำเลียงจากสายการผลิตไปยังคลังสินค้า 20 วินาที และจากคลังสินค้าไปยังสายการผลิต 20 วินาที โดยเวลาทั้งหมดจะเท่ากับ 5 นาทีตามที่บริษัทกำหนด

2) การออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียง

เจ้าหน้าที่จะนำข้อมูลที่รวบรวมมาทำการออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียงโดยการเลือกเส้นทางที่ใกล้ของแต่ละจุด และเมื่อพบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงเกินกว่าเวลาที่กำหนด ก็จะทดลองปรับเส้นทางทีละเส้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้เส้นทางที่สามารถขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนจากสายการผลิตไปยังคลังสินค้าภายในเวลาที่กำหนด

โดยในขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการขนส่งลำเลียงนั้นสามารถสร้างแบบจำลองของปัญหาและใช้โปรแกรมแบบจำลอง What's Best สำหรับการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงภายใต้เวลาที่กำหนดและใช้พื้นที่ถนนน้อยที่สุด ซึ่งในสถานการณ์ที่ 1 เป็นการจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด แต่ไม่สามารถยืนยันได้ว่าใช้พื้นที่ถนนน้อยที่สุด ในขณะที่สถานการณ์ที่ 2 เป็นการจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงที่ใช้พื้นที่ถนนน้อยที่สุด แต่พบว่าเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงนั้นเกินค่าที่ทางบริษัทกำหนดไว้ และสถานการณ์ที่ 3 เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการจัดเส้นทางในการขนส่ง

ลำเลียงชิ้นส่วน ซึ่งใช้พื้นที่ถนนน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนเวลาที่ทางบริษัทกำหนด โดยแต่ละสถานการณ์มีข้อดีและข้อเสียหรือข้อจำกัดในการใช้งานดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ข้อดีและข้อเสียของแต่ละสถานการณ์

สถานการณ์ที่	ข้อดี	ข้อเสีย/ข้อจำกัด
1.	สามารถจัดเส้นทางที่ใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่สั้นที่สุด เหมาะกับสถานการณ์ที่ต้องการการขนส่งลำเลียงที่รวดเร็ว	ไม่เหมาะกับสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ อีกทั้งเวลาดังกล่าว แม้จะสั้นที่สุดแต่อาจเกินกว่าค่าที่ทางบริษัทกำหนด ดังนั้นจึงอาจไม่เหมาะกับสถานการณ์ที่มีการกำหนดเวลาขั้นต่ำ
2.	สามารถจัดเส้นทางที่ใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงน้อยที่สุด เหมาะกับสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่หรือต้องการลดพื้นที่	ไม่คำนึงถึงปัจจัยด้านเวลา ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงนั้น การใช้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่มากย่อมส่งผลกระทบต่อปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory) โดยเฉพาะสินค้าที่มีขนาดใหญ่หรือมูลค่าสูง ซึ่งจะกระทบต่อต้นทุนของบริษัท
3.	สามารถจัดเส้นทางที่ใช้พื้นที่ถนนในการขนส่งลำเลียงที่น้อยที่สุด ภายใต้เวลาในการขนส่งลำเลียงที่กำหนด ซึ่งช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ด้าน	เหมาะกับการขนส่งลำเลียงภายในบริษัทหรือโรงงานซึ่งใช้พื้นที่ภายในของตนเองในการขนส่งลำเลียง ไม่สามารถไปประยุกต์ใช้กับการขนส่งลำเลียงทั่วไประหว่างบริษัทซึ่งใช้ถนนส่วนกลางที่เป็นของภาครัฐ

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนในโรงงานซึ่งเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลามาก และทางผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงสำหรับการออกแบบเส้นทางภายใต้สถานการณ์ที่มีสายการผลิตเพียง 2 สาย และมีเงื่อนไขด้านเวลาที่ใช้ในการขนส่งลำเลียงเท่านั้น ซึ่งในทางปฏิบัติจริงในโรงงานหนึ่ง ๆ

อาจมีสายการผลิตมากกว่า 100 สายการผลิต ดังนั้นแบบจำลองที่ได้ในงานวิจัยนี้ จึงเป็นเพียงแบบจำลองอย่างง่ายที่พยายามแสดงให้เห็นและเข้าใจวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานเท่านั้น ยังไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในการปฏิบัติจริง แต่อาจนำไปประยุกต์ในโรงงานขนาดเล็กที่มีสายการผลิตไม่มาก หรือในพื้นที่บางส่วนของโรงงานขนาดใหญ่ที่มีปัญหาในด้านนี้

ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองปัญหาการจัดเส้นทางในการขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานสำหรับงานวิจัยนี้ สามารถนำมาใช้ในการจัดเส้นทางซึ่งมีจำนวนสายการผลิตและจำนวนคลังสินค้าที่ไม่มากนัก รวมถึงเส้นทางที่ไม่ซับซ้อน

แต่อย่างไรก็ดี แบบจำลองดังกล่าวสามารถที่จะไปประยุกต์โดยการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่ซับซ้อนกว่านี้ได้ ซึ่งอาจจำเป็นต้องใช้โปรแกรมแบบจำลองอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากโปรแกรมแบบจำลอง What’s Best นั้นมีข้อจำกัดด้านจำนวนตัวแปร

บรรณานุกรม

กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, ศลิษา ภมรสถิตย์ และจักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา. (2544). *การจัดการโลจิสติกส์*. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. (2554). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

ชัยวัฒน์ สุขไมตรี. (2550). *การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าโดยวิธีมูลค่าประหยัด*. งานนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ซูนิล ชอพปรา และปีเตอร์ มายเดล. (2546). การจัดการโซ่อุปทาน (วิทยา สุหฤทดำรง, แปล). กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

ฉกร อินทร์พยุง. (2548). การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

นภดล ร่มโพธิ์. (2555). *การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นิรันดร์ ฉิมพาลี และแววมยุรา คำสุข. (2554). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณ*. สมุทรปราการ: โครงการสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ปาลีรัฐ บุญก่อน. (2554). *แนวทางการพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าประเภทเซรามิค*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พรณภา ทาที. (2549). *การจัดเส้นทางเดินรถโฟล์คลิฟท์ในโรงงานผลิตสายไฟฟ้า*. งานนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พัฒนพงษ์ สุหญ้านาง. (2552). *การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน*. สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไพริน เปลี่ยนไพร. (2554). *วิธีฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาวิณี เฮ็งเจริญ. (2551). *การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางรถรับ-ส่งพนักงาน กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครประหยัด*. งานนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วัชรินทร์ เจริญผล. (2555) *การจำลองปัญหาการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ในท่าเรือ โดยวิธีการโปรแกรมแบบไม่เป็นเส้นตรง*. งานนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.