การบริหารทรัพยากรโดยอาศัยแบบจำลองการขนส่ง

สวัสดิ์ สุคนธรังษี *

แบบจำลองการขนส่งกับโปรแกรมเส้นตรง

การวางแผนและการวินิจฉัยสั่งการเป็นกิจกรรมอันสำคัญยิ่งสำหรับผู้บริหาร การวางแผนเป็นกระบวนการในการกำหนดวิถีทางปฏิบัติ ที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการจัดหา กำหนดแบ่งและดำเนินการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่วนการวินิจฉัยสั่งการเป็นกรรมวิธีในการเลือกทางปฏิบัติที่ดีที่สุดจากวิธีการที่อาจปฏิบัติได้ต่าง ๆ หลายอย่าง การที่ผู้บริหารต้องมีมีอยู่ให้ปัญหาในการวางแผน และวินิจฉัยสั่งการ ก็เพราะว่า ผู้บริหารมีหน้าที่ที่จะต้องใช้ทรัพยากรที่เป็นประโยชน์มากที่สุด และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

เกี่ยวกับปัญหาการกำหนดแบ่งทรัพยากรในการวางแผนและวินิจฉัยสั่งการนั้น ผู้บริหารอาจมีวิธีการหลายวิธีที่จะแก้ปัญหานี้ เช่น ใช้หลักเหตุและผลประกอบกับประสบการณ์ในการตัดสินใจ หรืออาศัยวิธีการของการจัดการแบบวิทยาศาสตร์ (scientific management) เข้ามาช่วยก็ได้เป็นต้น อย่างไรก็ดี วิธีการต่าง ๆ เหล่านี้มีข้อจำกัดอยู่ เช่นการใช้หลักเหตุและผลหรือประสบการณ์นั้น ไม่แน่ว่าผู้บริหารจะสามารถตัดสินใจได้ดีที่สุดเสมอไป เพราะย่อมมีข้อผิดพลาดได้บ้างตามปกติวิสัยของมนุษย์ปุถุชน อีกทั้งปริมาณข้อมูล และระบบการสื่อสารที่สลับซับซ้อนในองค์การปัจจุบัน ย่อมทำให้ผู้บริหารไม่สามารถตัดสินใจลงไปได้ทุกเรื่องโดยสะดวก โดยอาศัยแต่เพียงสามัญสำนึกหรือประสบการณ์ ส่วนการใช้วิธีการของการจัดการแบบวิทยาศาสตร์นั้น ก็ช่วยผู้บริหารได้แต่เพียงในขอบเขตจำกัด วิธีการของการจัดการแบบวิทยาศาสตร์ เช่น แผนภูมิแกนท์ (Gantt Chart) ช่วยได้แต่เพียงการกำหนดระยะเวลาการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ให้ลุล่วงเป็นไปตามที่กำหนด วิธีการนี้ไม่สามารถที่จะช่วยผู้บริหารให้สามารถตัดสินใจให้เป็นประโยชน์อย่างสูงสุดในระดับองค์การที่แท้จริงได้

การทำโปรแกรมเส้นตรงเป็นวิธีการหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative techniques)ที่จะช่วยผู้บริหารให้สามารถตัดสินใจเพื่อ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์การเป็นส่วนรวม (optimization) การวิเคราะห์ผลประโยชน์สูงสุดขององค์การเป็นส่วนรวมคือการพิจารณาว่าผลประโยชน์สูงสุดที่แท้จริง (maximization) ของฝ่ายหรือแผนกต่าง ๆ ในองค์การนั้นสอด

---

* สวัสดิ์ สุคนธรังษี, Ph. D. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

คล้องกันหรือขัดกันเองอย่างไร และเป็นประโยชน์ต่อการบริหารงานของคงค์การทั้งหมดอย่างไรหรือไม่ ผลประโยชน์สูงสุดที่แท้จริงของแต่ละฝ่ายหรือแผนกนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นผลประโยชน์ของคงค์การเป็นส่วนรวมก็ได้ [1] ในกรณีเช่นนี้ผลประโยชน์ที่แท้จริงของแต่ละฝ่ายหรือแผนกก็เป็นเพียงผลประโยชน์ลำดับรองขององค์การ (suboptimization) ในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อตัดสินใจให้เป็นประโยชน์สูงสุดแก่องค์การเป็นส่วนรวมผู้วิเคราะห์จะต้องวิจัยค่าที่เป็นตัวเลขของตัวแปร(variables) ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในการวินิจฉัยสั่งการ แล้วอาศัยค่าของตัวแปรเหล่านี้สร้างแบบจำลองขึ้น (model) แบบจำลองนี้จะต้องแสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ต่อจากนั้นก็ใช้วิธีการคณิตศาสตร์วิเคราะห์แบบจำลองนี้เพื่อคำนวณคำตอบที่เป็นค่าที่นับได้ของผลประโยชน์สูงสุด ค่าคำตอบที่คำนวณได้จะเป็นตัวเลขที่แสดงว่าผลประโยชน์ที่จะได้จากการตัดสินใจนั้นเป็นผลประโยชน์ในข้อจำกัดหนึ่ง ๆ (Constraint) ข้อจำกัดนี้ คือขอบเขตที่กำหนดว่าผู้บริหารมีโอกาสใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดนั้นอย่างไร กล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือในการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการในปัญหาเรื่องหนึ่ง ๆ ผู้บริหารจะต้องเลือกใช้ทรัพยากรในกรอบจำกัดที่มีลักษณะหลายอย่าง เช่น ข้อกำหนดของกฎหมาย ระเบียบของสังคม สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาวะความเปลี่ยนแปลงของสังคม เป็นต้น กรอบจำกัดเหล่านี้ประกอบกับปริมาณของทรัพยากรที่มิได้มีอย่างล้นเหลือ เป็นองค์ประกอบที่ขีดขั้นการใช้ทรัพยากรของผู้บริหารไม่ให้สามารถปฏิบัติการให้ลุล่วงตามเป้าหมายทุก ๆ ประการโดยสมบูรณ์

วิธีการทำโปรแกรมเส้นตรง กำหนดว่า ตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลองจะต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างกันในเชิงเส้นตรง (linear) กล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความเปลี่ยนแปลงแต่ละหน่วยของตัวแปรตัวหนึ่ง จะทำให้ปริมาณของตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่สัมพันธ์กันเปลี่ยนไปเป็นอัตราส่วนคงที่ หรือถ้าจะพิจารณาในรูปของสมการทางพีชคณิตก็กล่าวได้ว่า ตัวแปรที่อยู่ในสมการทั้งสองข้างไม่มีตัวใดที่มีกำลังสูงกว่าหนึ่ง ตัวแปรต่าง ๆ ที่จะมีความสัมพันธ์กันในแบบจำลองของโปรแกรมเส้นตรงนั้น อาจแยกเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) และตัวแปรตาม(dependent variable)ได้ คือ ข้อจำกัด (constraint) เรียกได้ว่าเป็นตัวแปรอิสระ ส่วนค่าของเป้าหมาย (objective function) ซึ่งเป็นค่าของผลประโยชน์สูงสุดที่ผู้บริหารมุ่งหวัง

---

[1] ดูรายละเอียดใน สวัสดิ์ สุคนธรังษี, **การบริหารด้วยการวิจัยปฏิบัติการ** เอกสารประกอบการศึกษาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ เฉพาะทาง(โรเนียว), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ หน้า 24–26

เรียกว่าเป็นตัวแปรตาม การคำนวณคำตอบของโปรแกรมเส้นตรงอาจคำนวณได้หลายทางเช่น ใช้วิธีสร้างกร๊าฟ (graphic method) หรือถอดสมการตามวิชาพีชคณิตเบื้องต้น แต่วิธีเหล่านี้เหมาะสำหรับกรณีที่แบบจำลองมีข้อจำกัดน้อยเพียง 2—3 ประการ ในกรณีที่มีข้อจำกัดมากกว่า 3 ประการขึ้นไป จำต้องอาศัยวิธี ซิมเปล็ค (simplex process) ซึ่ง **George B.Dantzig** ได้ค้นคว้าไว้ในปี ค.ศ. 1947[2]

แบบจำลองการขนส่ง (transportation model) เป็นแบบหนึ่งของวิธีการทำโปรแกรมเส้นตรงโดยเฉพาะ วิธีการคำนวณแบบจำลองการขนส่งนี้ **F.L. Hitchcock** เป็นผู้ค้นคว้า ไว้ในปี ค.ศ. 1941 ซึ่งเป็นระยะเวลาหลายปีก่อนที่จะมีการตั้งกฎเกณฑ์เรื่องการทำโปรแกรมเส้นตรงเสียอีก ลักษณะของแบบจำลองการขนส่งนี้ก็มีเหตุผลสำคัญ เช่นเดียวกับแบบจำลองอื่น ๆ ของโปรแกรมเส้นตรง กล่าวคือ ประการแรก มีกิจกรรมที่จะต้องเลือกปฏิบัติหลายอย่างเนื่องจากมีทรัพยากรจำกัด และประการที่สอง ข้อจำกัดและค่าของเป้าหมายมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะต้องเลือก การที่กล่าวว่ามีปัญหาที่จะต้องเลือกกิจกรรมนั้น หมายความว่าถ้าหากผู้บริหารสามารถมีทรัพยากรได้โดยไม่จำกัดก็อาจเลือกปฏิบัติกิจกรรมได้ทุก ๆ อย่างเป็นอย่างดีที่สุดแต่ในสภาพความเป็นจริงมิได้เป็นเช่นนั้น จึงจำต้องตัดสินใจเลือกปฏิบัติกิจกรรมบางอย่างให้ดีเป็นลำดับรอง ๆ ลงไป และใช้ทรัพยากรให้เหมาะกับกิจกรรมที่สำคัญที่สุด ส่วนเรื่องความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างข้อจำกัด ค่าของเป้าหมายและกิจกรรมต่าง ๆ นั้นหมายความว่า ความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ จะกระทำให้ตัวแปรตาม มีปริมาณเปลี่ยนไปเป็นอัตราหน่วยคงที่

การที่แบบจำลองการขนส่งมีชื่อเช่นนี้มิได้หมายความว่า วิธีการคำนวณตามแบบจำลองจะใช้ได้เฉพาะในกรณีของปัญหาที่เกี่ยวกับการขนส่งเท่านั้น วิธีการคำนวณตามแบบจำลองนี้อาจนำไปประยุกต์กับปัญหาต่าง ๆ ได้หลายอย่างดังจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อต่างหากโดยเฉพาะ การที่มีชื่อเช่นนี้ ก็เพราะลักษณะสำคัญของการวิเคราะห์แบบจำลองประเภทนี้อาจศึกษาเข้าใจได้โดยง่าย ด้วยการพิจารณาปัญหาของการขนส่งทรัพยากรจากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่ง ส่วนวิธีการคำนวณนั้นก็มีลักษณะพิเศษต่างจากแบบจำลองอื่น ๆ ในโปรแกรมเส้นตรง การคำนวณแบบจำลองต่าง ๆ ในโปรแกรมเส้นตรงนั้น แม้จะมีหลักวิธีซิมเปล็คดังได้กล่าวมาแล้ว ก็ต้องอาศัย เครื่องจักรกลคณนา (Computer) ช่วย เพราะมีตัวเลขในตารางสัมพันธ์ (matrix)

---

[2] Ibid., p. 56

ที่จะต้องวิเคราะห์อยู่มาก แต่การคำนวณแบบจำลองการขนส่งนั้นไม่ยุ่งยากเท่าเพราะอาจคำนวณบนกระดาษได้ โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรกลคณนาช่วย

ลักษณะของแบบจำลองการขนส่ง

ลักษณะของแบบจำลองการขนส่งอาจเข้าใจได้โดยง่ายจากตัวอย่างต่อไปนี้ สมมุติว่าส่วนราชการแห่งหนึ่ง ต้องการขนวัสดุอุปกรณ์จากสำนักงานในจังหวัด 3 จังหวัดไปยังหน่วยปฏิบัติการในอำเภอ 3 อำเภอ ปริมาณวัสดุอุปกรณ์ที่สำนักงานในจังหวัดแต่ละจังหวัดมีเท่ากับ 50, 120, 140 หน่วยตามลำดับ ส่วนหน่วยปฏิบัติการในอำเภอแต่ละอำเภอ ประสงค์จะได้วัสดุอุปกรณ์เป็นปริมาณ 60, 100, 150 หน่วยตามลำดับ อัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากจังหวัดแต่ละจังหวัดไปยังอำเภอแต่ละอำเภอมีระดับไม่เท่ากัน คือ จากจังหวัดที่หนึ่งไปถึงอำเภอทั้งสามเท่ากับ 6 บาท 4.50 บาท และ 9 บาท ต่อหน่วยตามลำดับ จากจังหวัดที่สองเท่ากับ 12 บาท, 13.50 บาท และ 3 บาทต่อหน่วยตามลำดับ จากจังหวัดที่สามเท่ากับ 9 บาท 6 บาท และ 1.50 บาทต่อหน่วยตามลำดับ ปัญหาที่จะต้องตัดสินใจคือ ต้องวิเคราะห์ว่าจะจัดส่งวัสดุอุปกรณ์ จากจังหวัดใดไปอำเภอใด เป็นปริมาณเท่าใด จึงจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าในการแก้ปัญหาเรื่องนี้ผู้บริหารไม่สามารถจัดส่งวัสดุอุปกรณ์ จากจังหวัดหนึ่งๆ ไปได้มากกว่าที่มีอยู่ แม้ว่าค่าจัดส่งจากจังหวัดนั้น ๆ จะต่ำเพียงใดก็ตาม และในขณะเดียวกันก็จะส่งไปให้อำเภอแต่ละอำเภอเกินความต้องการไม่ได้ ความจริงในการจัดส่งนี้ก็อาจกระทำได้หลายแบบ แต่การวิเคราะห์โดยอาศัยแบบจำลองการขนส่งจะช่วยให้สามารถคำนวณแบบที่จะเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด

ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย ในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ข้างบนนี้ อาจพิจารณาได้ชัดเจนขึ้นจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1

อัตราค่าขนส่งวัสดุอุปกรณ์จากสำนักงานในจังหวัดไปอำเภอ

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม	ปริมาณที่จังหวัดมี
หนึ่ง	6	4.50	9	50
สอง	12	13.50	3	120
สาม	9	6	1.50	140
ปริมาณที่อำเภอต้องการ	60	100	150	

หากใช้วิธีคำนวณโดยเหตุและผลตามปกติ จะเห็นได้ว่า ผู้บริหารควรพิจารณาจัดส่งจากจังหวัดที่สาม ไปอำเภอที่สามเป็นอันดับแรกเพราะเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ 1.50 ต่อหน่วย ปรากฏว่าจังหวัดที่สามมีวัสดุอุปกรณ์เพียง 140 หน่วย แต่อำเภอที่สามประสงค์จะได้ 150 หน่วย ฉะนั้นจะต้องส่งจากจังหวัดที่สองไปให้อำเภอที่สามอีก 10 หน่วย การขนส่งไปยังอำเภอที่สามจึงเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 240 บาท (140 × 1.50 + 10 × 3) ต่อไปก็พิจารณาค่าใช้จ่ายที่จะจัดส่งไปยังอำเภอที่สอง ปรากฏว่า ค่าใช้จ่ายที่จะส่ง จากจังหวัดที่หนึ่งไปนับว่าต่ำสุดคือหน่วยละ 4.50 บาท แต่ปริมาณวัสดุอุปกรณ์ที่อำเภอที่สองจะได้จากจังหวัดที่หนึ่งนั้นยังไม่เพียงพอ จึงต้องส่งจากจังหวัดที่สองไปเพิ่มเติมอีก 50 หน่วย (ปริมาณวัสดุอุปกรณ์ของจังหวัดที่สามส่งไปให้อำเภอที่สามหมดแล้ว) การขนส่งไปยังอำเภอที่สองจึงเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดเท่ากับ 900 บาท (50×4.50+50×13.50) ส่วนอำเภอที่หนึ่งนั้นก็ควรจะได้รับส่วนที่เหลือจากจังหวัดที่สอง คือ 60 หน่วย (จังหวัดที่สองมีทั้งหมด 120หน่วย ส่งไปให้อำเภอที่สาม 10หน่วยและ อำเภอที่สอง 50 หน่วยแล้ว) การขนส่งไปยังอำเภอที่หนึ่งจึงเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 720 บาท (60×12) ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่จะขนส่งไปยังอำเภอต่าง ๆ จึงรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 1,860 บาท รายละเอียดของปริมาณวัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายที่จะขนส่งไปยังอำเภอทั้งสาม แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ปริมาณวัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปยังอำเภอทั้งสาม (ค่าใช้จ่ายอยู่ในวงเล็บ)

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม	รวมค่าขนส่ง
หนึ่ง		50 (225)	—	225
สอง	60(720)	50 (675)	10 (30)	1,425
สาม	—	—	140 (210)	210
ปริมาณรวมวัสดุอุปกรณ์	60	100	150	1,860

เมื่อคำนวณโดยถือหลักพิจารณาค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดเช่นนี้ ค่าใช้จ่ายเป็นจำนวน 1,860 บาทที่จะต้องใช้ในการขนส่งตามปริมาณที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 ก็น่าจะเป็นค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่าที่จะต้องเสียได้ ปริมาณการขนส่งจากจังหวัดแต่ละจังหวัด ไปยังอำเภอแต่ละอำเภอดังกล่าวก็น่าจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุด แต่ความจริงมิใช่เป็นเช่นนั้น ถ้าหากใช้วิธีการวิเคราะห์แบบจำลองการขนส่งจะได้วิธีการที่ดีกว่านี้อีก ก่อนที่จะพิจารณาวิธีการคำนวณตามแบบจำลองการขนส่งอาจพิจารณาตัวเลขในตารางที่ 3 เปรียบเทียบกับตารางที่ 2 เสียก่อน

ตารางที่ 3

ปริมาณวัสดุอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่คำนวณได้จากแบบจำลองการขนส่ง

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม	รวมค่าขนส่ง
หนึ่ง	50 (300)	—	—	300
สอง	—	—	120 (360)	360
สาม	10 (90)	100 (600)	30 (45)	735
ปริมาณรวมวัสดุอุปกรณ์	60	100	150	1,395

จากตัวเลขในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ค่าขนส่งจากจังหวัดที่สอง และที่สามไปยังอำเภอที่สามเป็นมูลค่า 405 บาท ซึ่งสูงกว่าที่คำนวณโดยวิธีเริ่มต้นจากค่าใช้จ่ายต่ำสุดในตารางที่ 2 เป็นปริมาณถึง 165 บาท แต่ค่าใช้จ่ายที่ขนส่งไปยังอำเภอที่หนึ่งและที่สองนั้นกลับน้อยลงไปเป็นมูลค่าถึง 330 และ 300 บาทตามลำดับ ฉนั้นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น จึงถูกกว่ากัน เป็นมูลค่า 465 บาท จึงเห็นได้ว่า การคำนวณตามตารางที่ 3 แสดงถึงวิธีการที่ดีกว่าตารางที่ 2 เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายไปถึง 25 %

ลักษณะทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง

เพื่อที่จะได้เข้าใจวิธีการคำนวณแบบจำลองการขนส่งโดยสะดวก ควรจะได้พิจารณาลักษณะทางคณิตศาสตร์ ของแบบจำลองนี้เสียก่อน[3] แบบจำลองการขนส่งอาจเขียนได้ดังต่อไปนี้

[3] อ่านคำอธิบายความหมายทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองใน *Ibid.*, pp. 35-42.

$$\text{จงหาค่าต่ำสุด} \quad \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij} \quad x_{ij}$$

โดยมีข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq S_i \qquad (i = 1,2,\ldots,m)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq D_j \qquad (j = 1,2,\ldots,n)$$

$$x_{ij} \geq 0 \qquad \text{สำหรับ } i \text{ และ } j \text{ ทุกตัว}$$

แบบจำลองข้างบนนี้ หมายความว่า องค์การแห่งหนึ่ง มีโรงงาน ที่จะผลิตผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่ง m แห่ง ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตที่โรงงาน i จะมีปริมาณอย่างมากที่สุดไม่เกิน S_i หน่วย โดยที่ i นี้อาจจะเป็น $1, 2,\ldots,m$ องค์การนี้ มีหน้าที่ส่งผลิตภัณฑ์จากโรงงานต่าง ๆ ไปยังสถานีปฏิบัติการ ซึ่งมีจำนวน n แห่ง สถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งประสงค์ที่จะได้ผลิตภัณฑ์นี้ เป็นปริมาณเท่ากับ D_j หน่วย โดยที่ j นี้อาจจะเป็น $1,2,\ldots, n$ ปัญหาขององค์การนี้ คือการหาวิธีที่ดีที่สุดที่จะส่งผลิตภัณฑ์นี้จากโรงงานไปยังสถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในที่นี้ x_{ij} คือ จำนวนหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ส่งจากโรงงาน i ไปยังสถานีปฏิบัติการ j และ c_{ij} ก็คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแต่ละหน่วย

ในการวิเคราะห์แบบจำลองนี้ x_{jj} จะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มที่ไม่ติดลบ เพราะถือว่าโรงงาน i ไม่สามารถส่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นปริมาณติดลบไปยังสถานีปฏิบัติการ j ได้ ขณะเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปก็ไม่สามารถจัดให้เป็นเศษของหน่วยได้ นอกจากนี้ปริมาณทั้งหมดที่จะส่งจากโรงงานทุกแห่งรวมกันแล้ว ก็จะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณทั้งหมดที่สถานีปฏิบัติการทุกแห่งต้องการรวมกัน จึงจะสามารถวิเคราะห์หาคำตอบของปัญหานี้ได้

ความหมายทางคณิตศาสตร์ ของแบบจำลองนี้ อาจสังเกตได้จากตารางสัมพันธ์ (matrix) ข้างล่างนี้

c_{11}	x_{11}	c_{12}	x_{12}	c_{13}	x_{13}	.....	c_{1n}	x_{1n}
c_{21}	x_{21}	c_{22}	x_{22}	c_{23}	x_{23}	.....	c_{2n}	x_{2n}
c_{31}	x_{31}	c_{32}	x_{32}	c_{33}	x_{33}	.....	c_{3n}	x_{3n}
⋮		⋮		⋮			⋮	
c_{m1}	x_{m1}	c_{m2}	x_{m2}	c_{m3}	x_{m3}	.....	c_{mn}	x_{mn}

ถ้าหากว่า องค์การนี้มีโรงงาน 3 แห่ง และมีสถานีปฏิบัติการ 4 แห่ง ก็อาจเขียนเป็นตารางสัมพันธ์ ได้ดังนี้

c_{11}	x_{11}	c_{12}	x_{12}	c_{13}	x_{13}	c_{14}	x_{14}
c_{21}	x_{21}	c_{22}	x_{22}	c_{23}	x_{23}	c_{24}	x_{24}
c_{31}	x_{31}	c_{32}	x_{32}	c_{33}	x_{33}	c_{34}	x_{34}

เมื่อพิจารณาข้อจำกัดของแบบจำลองนี้จะเห็นได้ว่า ข้อจำกัดสองประการแรกเป็นสมการที่ไม่เท่ากัน (inequality) ที่มีลักษณะกลับกัน คือ

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq S_i \quad (i = 1,2,\ldots,m) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq (D_j \quad (j = 1,2,\ldots,n) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

ฉะนั้น เพื่อที่จะให้สมการคู่นี้มีลักษณะเป็นไปตามแบบของวิธีการทำโปรแกรมเส้นตรง จึงนำ -1 มาคูณสมการที่สองตลอด จะทำให้ได้ผลลัพธ์

$$-\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \leq D_j \quad (j = 1,2,\ldots,n) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

จากสมการที่หนึ่งและที่สาม อาจพิจารณารายละเอียดของข้อจำกัดทั้งหมดได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

สมการที่แสดงข้อจำกัดของแบบจำลองการขนส่ง

ตัวแปร	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	...	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}	ข้อจำกัด	
	1	1		...1										$\leq$	S_1
					1	1	...	1						$\leq$	S_2
									...					⋮	
									1	1	...	1		$\leq$	S_m
	—1				—1				—1					$\leq$	$-D_1$
		—1				—1				—1				$\leq$	$-D_2$
			⋮				⋮				⋮			⋮	
				—1			—1				—1			$\leq$	$-D_n$
c_{ij}	c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}	c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}	...	c_{m1}	c_{m2}	...	c_{mn}	=	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ข้อจำกัดของ $S_1, S_2, ..., S_m$ ในตารางที่ 4 คือ ค่าของสมการที่หนึ่ง ส่วนข้อจำกัดของ $-D_1, -D_2, ..., -D_n$ คือ ค่าของสมการที่สาม ค่าของสมการที่หนึ่งนี้ แสดงผลผลิต (output) ของโรงงาน i ในขณะเดียวกันค่าของสมการที่สาม แสดงทรัพยากรที่ใช้ (input) ของสถานีปฏิบัติการ j

เพื่อที่จะให้แบบจำลองนี้ คำนวณวิเคราะห์ได้จึงจำเป็นต้องสมมุติว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปจากโรงงานทุกแห่งรวมกันแล้ว เท่ากับ ปริมาณทั้งหมดที่ส่งไปถึงสถานีปฏิบัติการทุกแห่ง ในเรื่องนี้ ได้เคยกล่าวมาแล้วว่า โดยความจริงปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จะส่งจากโรงงานทุกแห่งรวมกันแล้ว จะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณทั้งหมดที่สถานีปฏิบัติการทุกแห่งต้องการรวมกัน จึงจะสามารถวิเคราะห์ปัญหาขององค์การนี้ได้ อย่างไรก็ดีเมื่อสมมุติให้ปริมาณทั้งหมดที่ส่งจากโรงงานเท่ากับปริมาณทั้งหมดที่สถานีปฏิบัติการทุกแห่งได้รับแล้ว แต่ถ้าความจริง ปริมาณทั้งหมดที่ส่งจากโรงงานมากกว่าปริมาณทั้งหมดที่สถานีปฏิบัติการได้รับแล้ว ก็อาจจะสมมุติต่อไปให้มีหน่วยสถานีปฏิบัติการหุ่น (dummy destination) ซึ่งจะใช้ทรัพยากรที่ผลิตเกินทั้งหมดโดยมีข้อแม้ว่าการไม่ใช้ทรัพยากรส่วนเกินขององค์การนี้ ไม่มีค่าใช้จ่ายพิเศษอื่นใดนอกเหนือไปจากปกติ ดังนั้นสมมติฐานข้อแรกของการวิเคราะห์จึงเขียนได้ว่า

$$\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$$

จากสมมุติฐานข้อที่หนึ่ง อาจพิจารณาต่อไปได้ว่า ผลผลิตทั้งหมดของโรงงาน i จะต้องเท่ากับผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ส่งออกไปจากโรงงาน i ตามสมการที่หนึ่งนั้นกำหนดไว้ว่า ผลผลิตทั้งหมดของโรงงาน i จะต้องมีปริมาณไม่เกินผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ส่งออกไปจากโรงงาน i ดังนั้นถ้าสมมุติว่า ผลผลิตทั้งหมดของโรงงาน i มีปริมาณน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจากโรงงาน i คือ $\sum_{j=1}^{n} x_{ij} < S_i \quad (i = 1, 2, \ldots, m)$ ผลผลิตของโรงงานทั้งหมดย่อมน้อยกว่าปริมาณทั้งหมดที่ส่งออกไปจากโรงงานทุกแห่งรวมกันคือ $\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} x_{ij} > \sum_{i=1}^{m} S_i$ เพราะว่าสมการที่หนึ่งนี้กำหนด ไว้ว่าโรงงานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โรงงาน i จะผลิตให้เกินเพื่อมาช่วยโรงงาน i ไม่ได้ แต่ถ้าเป็นเช่นนี้ ก็ค้านกับสมมุติฐานข้อที่หนึ่ง ซึ่งกำหนดไว้แล้วว่า ผลผลิตทั้งหมดของโรงงานจะน้อยกว่าทรัพยากรที่สถานีปฏิบัติการจะใช้ไม่ได้ จึงกำหนดเป็นสมมติฐานข้อที่สองได้ว่า ผลผลิตทั้งหมดของโรงงานแต่ละแห่งจะต้องเท่ากับผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่โรงงานแห่งนั้น ๆ ส่งออกไป คือ

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = S_i \quad (i = 1,2,\ldots, m)$$

และในทำนองเดียวกันก็กำหนดสมมติฐานข้อที่สามได้ว่า ทรัพยากรที่สถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งใช้จะเท่ากับผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่สถานีปฏิบัติการแห่งนั้น ๆ ได้รับ คือ

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = D_j \quad (j = 1,2, \ldots, m)$$

ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ส่งจากโรงงาน i ไปยังสถานีปฏิบัติการ j ซึ่งกำหนดไว้ว่าจะต้องไม่น้อยกว่าสูญนั้น ($x_{ij} \geq 0$ สำหรับ i และ j ทุกตัว) ก็อาจกำหนดให้ชัดเจนลงไปว่า จะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มที่มากกว่าสูญขึ้นไป เพราะว่าผลผลิตของโรงงานแต่ละแห่ง

และทรัพยากรที่ใช้ที่สถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งไม่สามารถเป็นเศษของหน่วยหรือเป็นปริมาณติดลบได้จึงเขียนใหม่ได้ว่า

$$x_{ij} = o, 1, 2, \ldots \text{ สำหรับ } i \text{ และ } j \text{ ทุกตัว}$$

ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงอาจเขียนใหม่ เพื่อใช้คำนวณได้ว่า

$$\text{จงหาค่าต่ำสุด} \quad \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

โดยมีข้อจำกัด

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = S_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = D_j \quad (j = 1, 2, \ldots, n)$$

$$x_{ij} = o, 1, 2, \ldots \text{ สำหรับ } i \text{ และ } j \text{ ทุกตัว}$$

$$\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$$

ผู้ที่ได้ศึกษาวิชาการทำโปรแกรมเส้นตรงมาแล้ว ก็จะนึกได้ว่า การวิเคราะห์ค่าต่ำสุด (minimization) เป็นปัญหาคู่ (dual problem) ของการวิเคราะห์ผลประโยชน์สูงสุด (maximization) ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองของการวิเคราะห์ผลประโยชน์สูงสุด และการวิเคราะห์ค่าต่ำสุดอาจสรุปได้ดังนี้ [4]

1. จำนวนสตมภ์ของสัมประสิทธิในแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุด จะเท่ากับจำนวนแถวของสัมประสิทธิในแบบจำลองผลประโยชน์ต่ำสุด

2. แถวของสัมประสิทธิในค่าของเป้าหมายของแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุดคือค่าตัวคงที่ (constant) ของสมการที่แสดงข้อจำกัดของแบบจำลองผลประโยชน์ต่ำสุด

---

[4] ดูรายละเอียดใน สวัสดิ์ สุคนธรังษี, **การบริหารเชิงฤทธิ์คณิตศาสตร์**, เอกสารการศึกษาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ เลขที่ ๓ (ไรเนียว), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2515, หน้า 54–60.

3. ค่าตัวคงที่ของสมการที่แสดงข้อจำกัดของแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุด คือแถวของสัมประสิทธิในค่าของเป้าหมายแบบจำลองผลประโยชน์ต่ำสุด

4. ในการจัดสมการข้อจำกัดของแบบจำลองผลประโยชน์ต่ำสุด ให้นำสัมประสิทธิของสมการข้อจำกัดของแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุดซึ่งอยู่ในสดมภ์ต่าง ๆ มาจัดเป็นแถวตามลำดับ

ดังนั้นแบบจำลองการขนส่งจึงอาจกลับให้เป็นแบบจำลอง การวิเคราะห์ผลประโยชน์สูงสุดตามวิธีการทำโปรแกรมเส้นตรงได้ เพื่อที่จะสร้างปัญหาคู่ของแบบจำลองการขนส่ง สมมุติให้ v เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อข้อจำกัดที่กำหนดว่าโรงงาน i ไม่สามารถส่งผลิตภัณฑ์ได้เกินผลผลิต(output)ของตน และให้ w เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อข้อจำกัดที่กำหนดว่าสถานีปฏิบัติการ j จะต้องได้รับทรัพยากรเต็มตามอัตราที่ต้องการ

ฉนั้นปัญหาคู่ของแบบจำลองการขนส่ง ก็คือ

จงหาผลประโยชน์สูงสุด $\sum_{i=1}^{m} S_i V_i + \sum_{j=i}^{n} D_i W_j$

โดยมีข้อจำกัด

$$V_i + W_j \leq C_{ij} \text{ สำหรับ } i \text{ และ } j \text{ ทุกตัว}$$

$$V_i ; \ w_j \geq o$$

หลักการคำนวณคำตอบของแบบจำลอง

วิธีการคำนวณคำตอบของแบบจำลองอาจพิจารณาเป็นขั้นตอนได้ 4 ขั้นคือ

ขั้นที่หนึ่ง พิจารณาคำตอบชั้นต้นเสียก่อน ทั้งนี้อาจทำได้โดยใช้กฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (northwest corner rule) คือเริ่มด้วยการพิจารณาปริมาณที่สามารถจัดส่งจากโรงงานที่หนึ่งไปยัง สถานีปฏิบัติ 1, 2, ... n โดยพยายามสนองความต้องการทั้งหมดของสถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งเรียงไปตามลำดับ ต่อไปก็พิจารณาปริมาณที่สามารถจัดส่งจากโรงงานที่สอง ไปยังสถานีปฏิบัติต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้ผลผลิตภัณฑ์ครบ กระทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกโรงงาน ผลการวิเคราะห์จะได้สายที่จะขนส่ง เป็นจำนวน $m + n - 1$ สาย

ขั้นที่สอง พิจารณาสายของการขนส่งที่ยังไม่ได้ใช้ (nonbasic routes) การพิจารณาในขั้นนี้อาจเข้าใจได้โดยง่าย ถ้าพิจารณาจากตารางสัมพันธ์ของแบบจำลอง ช่อง (cell) ที่ไม่ได้

มีการใช้ปริมาณของผลิตภัณฑ์เลย ก็คือสายของการขนส่งที่ยังไม่ได้ใช้ การพิจารณาในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบว่า สายของการขนส่งที่ยังไม่ได้ใช้แต่ละสายนั้น จะเสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่ำกว่าสายของการขนส่งที่พิจารณาได้จากขั้นที่หนึ่ง (basic route) หรือไม่ การวิเคราะห์ค่าขนส่งต่อหน่วยของสายที่ยังไม่ได้ใช้กับสายที่พิจารณาได้จากขั้นที่หนึ่งนั้นกระทำได้โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของช่อง (cell) ที่ยังไม่ได้ใช้ กับช่องที่แสดงการใช้ผลิตภัณฑ์ อันอยู่ในแถวเดียวกันที่ใกล้ที่สุด โดยมีข้อแม้ว่า ช่องที่แสดงการใช้ผลิตภัณฑ์แล้วในแถวเดียวกันนี้จะต้องมีช่องที่แสดงการใช้ผลิตภัณฑ์แล้วในสดมภ์ของมันเองด้วย

ขั้นที่สาม ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของช่องทั้งหมดในแถวและสดมภ์เดียวกันทั้งหมดจะต้องนำมาหักกลบ ลบกันไป เพื่อให้ทราบว่า หากมีการขนย้ายผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยมายังช่องใหม่นี้โดยไม่ให้เสียสมดุลย์ของความต้องการของสถานีปฏิบัติการแต่ละแห่งแล้ว จะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นหรือน้อยลง หากผลลัพธ์ที่บวกลบกันแล้วมีค่าไม่ติดลบ(nonnegative) ก็แปลว่าสายของการขนส่งที่พิจารณาได้ไว้จากขั้นที่หนึ่งนั้น ให้ผลประโยชน์สูงสุดแล้ว (optimum) เพราะว่า หากเปลี่ยนสายของการขนส่งใหม่ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าติดลบ ก็แปลว่า จะต้องมีทางลดค่าใช้จ่ายลง

ขั้นที่สี่ ในกรณีที่มีทางลดค่าใช้จ่ายลง ให้ปรับหน่วยผลิตภัณฑ์ที่จะขนย้ายเสียใหม่มายังช่องที่ยังไม่ได้ใช้ โดยตัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่คำนวณไว้ในช่องเดิมออกเสีย แต่ไม่ให้เสียความสมดุลย์ของความต้องการของสถานีปฏิบัติการแต่ละแห่ง เมื่อพิจารณาสายของการขนส่งที่ยังไม่ได้ใช้ทั้งหมดแล้ว ปรากฏผลลัพธ์ที่บวกลบกันระหว่างค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของช่องที่อยู่ในแถวและสดมภ์เดียวกันมีค่าไม่ติดลบทั้งหมด สายของการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ครั้งหลังสุดก็คือคำตอบของแบบจำลองการขนส่ง

แต่การคำนวณตามหลักการข้างบนนี้ ย่อมสิ้นเปลืองเวลามาก ในการคำนวณจริง ๆ จึงนำเอาวิธีการวิเคราะห์ปัญหาคู่ (dual problem) ของแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุด ตามวิธีการทำโปรแกรมเส้นตรงมาใช้ โดยยึดสาระสำคัญของหลักการข้างบนไว้ ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อเรื่อง ลักษณะทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองการขนส่ง ว่าแบบจำลองนี้ก็คือ ปัญหาคู่ของการวิเคราะห์ผลประโยชน์สูงสุดนั้นเอง เพื่อที่จะให้ได้คำตอบของแบบจำลองการขนส่งโดยวิธีวิเคราะห์ปัญหาคู่ ก็จะต้องนำเอาข้อจำกัดของแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุด ซึ่งเป็นปัญหาคู่ของแบบจำลองการขนส่งมาคำนวณ คือหาค่าของ สมการ

$$V_i + W_j \leq C_{ij} \quad \text{(สำหรับ i และ j ทุกตัว)}$$

เมื่อได้ค่าของตัวแปรทั้งสามตัวนี้แล้ว ก็นำมาคำนวณผลลัพธ์ของ $V_i + W_j - C_{ij}$ ของแต่ละสายที่ยังไม่ได้ใช้ (nonbasic routes) ผลลัพธ์ที่ได้นี้คือ คำตอบของปริมาณตัวแปร

แต่ละตัว ในแบบจำลองผลประโยชน์สูงสุด ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวก หมายความว่าการขนย้ายผลิตภัณฑ์มายังช่องที่ยังไม่ได้ใช้นั้นจะเสียค่าใช้จ่ายต่ำลงต่อหน่วยเท่ากับจำนวนผลลัพธ์ที่ได้ หากผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีค่าเป็นบวก (nonpositive) ก็แปลว่า สายขนส่งที่จัดไว้นั้นเป็นผลประโยชน์สูงสุดแล้ว

กรณีตัวอย่างของการวิเคราะห์แบบจำลอง

เพื่อที่จะได้เข้าใจหลักการคำนวณคำตอบของแบบจำลองการขนส่งชัดเจนขึ้น จึงจะได้สมมุติกรณีตัวอย่างเพื่อจะได้วิเคราะห์ให้เห็นจริงไว้ในที่นี้ ตัวอย่างที่จะนำมากล่าวนี้ไม่ใช่เป็นการขนส่งโดยตรงแต่เป็นการกำหนดแบ่งทรัพยากรที่องค์การจะใช้ในระยะต่าง ๆ การที่ไม่นำเอาตัวอย่างการขนส่งโดยตรงมาวิเคราะห์ก็เพื่อที่จะชี้ให้เห็นว่า การใช้แบบจำลองการขนส่งในการบริหารงานนั้นไม่จำเป็นต้องจำกัดอยู่แต่เฉพาะปัญหาของการขนส่งแต่อย่างเดียวเท่านั้น

สมมุติว่า องค์การแห่งหนึ่งสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งได้เป็นปริมาณ 350 หน่วยต่อปี โดยแบ่งออกเป็น 4 งวด ๆ ละ 3 เดือน แต่ละงวดผลิตได้ไม่เท่ากัน งวดที่หนึ่งถึงที่สี่จะผลิตได้งวดละ 51, 80, 119 และ 100 ตามลำดับ องค์การจะต้องนำผลิตภัณฑ์นี้ไปใช้ในการดำเนินงานบางอย่างของตน แต่ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้นี้เป็นจำนวนไม่เพียงพอเพราะองค์การต้องใช้ผลิตภัณฑ์นี้เป็นปริมาณถึง 370 หน่วย โดยแบ่งใช้ออกเป็น 4 งวดเช่นเดียวกัน งวดที่หนึ่งถึงที่สี่จะต้องใช้งวดละ 60, 97, 118 และ 95 หน่วยตามลำดับ ฉะนั้นองค์การนี้จำเป็นจะต้องซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มเติมจากที่ตนผลิตได้อีกเป็นจำนวน 20 หน่วย

ค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์ เป็นมูลค่า 50 บาทต่อหน่วย ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้แต่ละงวดไม่สามารถใช้ได้หมดภายในงวดนั้น ๆ เอง จะต้องเสียค่าเก็บรักษาอีกเป็นเงินหน่วยละ 1 บาท แต่ถ้าต้องเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานถึง 2 งวด นอกจากจะต้องเสียค่าเก็บรักษาเท่ากับหน่วยละ 2 บาท แล้ว ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในเวลาปรับปรุงคุณภาพอีกหน่วยละ 10 บาท ถ้าหากเก็บรักษาไว้นานถึง 3 งวด จะต้องเสียค่าปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้นอีกหน่วยละ 17 บาท นอกเหนือไปจากค่าปรับปรุงคุณภาพของงวดก่อนและค่าเก็บรักษาด้วย ถ้าหากเก็บไว้เกิน 3 งวดผลิตภัณฑ์นี้จะเสื่อมคุณภาพใช้การไม่ได้ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อมาเพิ่มเติมนั้นถ้าหากซื้อในงวดแรกจะต้องซื้อในอัตราหน่วยละ 70 บาท แต่ถ้าซื้อในงวดถัดไปจะได้รับส่วนลดหน่วยละ 1 บาท ต่องวด ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์นี้จะต้องนำไปใช้ในการดำเนินงานขององค์การ ถ้าหากได้รับเป็นปริมาณเต็มตามอัตราที่กำหนดไว้แต่ละงวดองค์การก็จะปฏิบัติงานที่กำหนดไว้ได้ตามปกติ แต่ถ้าหากได้รับล่าช้าไปจากงวดที่กำหนด ก็จะมีผลเสียหายต่องานที่จะต้อง

ปฏิบัติ เมื่อคำนวณโดยอัตราเฉลี่ยแล้วจะเท่ากับ 5, 9, 13 บาท ต่อหนึ่งหน่วย ของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับล่าช้าไปหนึ่งงวด สองงวด และสามงวด ตามลำดับ

จากข้อมูลทั้งหมดของปัญหานี้ อาจสร้างตารางสัมพันธ์ ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5

ค่าใช้จ่ายในการใช้ผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างสมมติ

งวดการผลิต \ งวดการใช้	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ปริมาณที่ผลิต
หนึ่ง	50	51	62	80	51
สอง	55	50	51	62	80
สาม	59	55	50	51	119
สี	63	59	55	50	100
ซื้อจากภายนอก	70	69	68	67	20
ปริมาณที่ใช้	60	97	118	95	

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่า ช่อง (cell) 1,1 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตเท่ากับ 50 บาท ต่อหน่วย ช่อง 1,2 เพิ่มค่าเก็บรักษาอีกเป็น 51 บาท ต่อหน่วย ช่องที่สามและสี่เป็นหน่วยละ 62 และ 80 บาทตามลำดับ ส่วน ช่อง 2,1 นั้น แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ที่ประสงค์จะใช้ในงวดที่หนึ่งได้รับช้าไปหนึ่งงวดจึงเสียค่าใช้จ่ายเป็นมูลค่าหน่วยละ 55 บาท เพราะจะต้องคิดค่าผลเสียหายต่องานที่ล่าช้าไปงวดละ 5 บาทต่อหน่วย ในทำนองเดียวกัน ช่อง 3,1 และ 4,1 ก็ต้องเพิ่มเป็นหน่วยละ 59 และ 63 บาทตามลำดับ โดยบวกค่าเสียหายที่งานล่าช้าไปเช่นเดียวกัน ส่วนช่อง 2,2 นั้น เท่ากับหน่วยละ 50 บาท เพราะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ใช้ทันในงวดที่สองตามประสงค์ ส่วนช่องอื่น ๆ นั้นก็มีลักษณะทำนองเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว

การคำนวณ

ได้กล่าวไว้แล้วว่า หลักการคำนวณคำตอบขั้นที่หนึ่งนั้น จะต้องหาคำตอบเชิงต้นเสียก่อน โดยอาจใช้กฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ดังนั้นในขั้นแรก จึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

ในงวดที่หนึ่ง จำนวน 51 หน่วย เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ในงวดที่หนึ่ง แต่ผลิตภัณฑ์ที่จะต้องใช้ในงวดที่หนึ่งนี้ยังขาดอยู่อีก 9 หน่วย จึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์งวดที่สองซึ่งมีมูลค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับงวดที่สามและที่สี่มาใช้ในงวดที่หนึ่งนี้เพิ่มอีก 9 หน่วย ผลิตภัณฑ์ของงวดที่สองจึงเหลือที่จะใช้ในงวดของมันเองเพียง 71 หน่วย แต่งวดที่สองนี้ก็ต้องการใช้ถึง 97 หน่วย จึงต้องเอาผลิตภัณฑ์ของงวดที่สามมาใช้ในงวดนี้อีก 26 หน่วย เหลือผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ในงวดที่สาม 93 หน่วย ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ในงวดที่สามจัดให้เพียงพอได้โดยใช้ผลิตภัณฑ์ของงวดที่สี่เป็นจำนวน 25 หน่วย ส่วนงวดสุดท้ายนั้น กำหนดให้มีการจัดซื้อจากภายนอก 20 หน่วยก็จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นปริมาณเพียงพอสำหรับทุก ๆ งวด ดังแสดงผลการจัดใช้ผลิตภัณฑ์แต่ละงวดไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6

การกำหนดใช้ผลิตภัณฑ์จากการคำนวณครั้งแรก

งวดการผลิต \ งวดการใช้	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	51			
สอง	9	71		
สาม		26	93	
สี่	25			75
ซื้อจากภายนอก				20

ถ้าหากจัดใช้ผลิตภัณฑ์ในงวดต่าง ๆ ตามตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะเท่ากับ 50 (51) + 55 (9) + 50 (71) + 55 (26) + 50 (93) + 55 (25) +50 (75) + 67 (20) = 19,140 บาท

ตามหลักการขั้นต่อไปให้พิจารณาสายที่ยังไม่ได้ใช้ (nonbasic routes) เพื่อวิเคราะห์ว่าจะลดค่าใช้จ่ายลงอีกได้หรือไม่ สมมุติว่า ในงวดการใช้งวดที่หนึ่งจะใช้ผลิตภัณฑ์ที่ซื้อมาจากภายนอกหนึ่งหน่วย ในการนี้ก็จะต้องลดผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากแหล่งอื่นลงไปเพื่อไม่ให้เกินปริมาณที่ต้องการ แหล่งที่ควรจะลดคืองวดการผลิตงวดที่สองซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยสูงกว่างวดการผลิตงวดที่หนึ่งถึง 5 บาทต่อหน่วย ในขณะเดียวกันการกำหนดใช้ผลิตภัณฑ์ในสายอื่น ๆ

ก็ต้องปรับให้สมดุลย์กับความเปลี่ยนแปลงนี้ด้วยคือ เพิ่ม สาย 2,2 ; 3,3 ; 4,4 และลดสาย 3,2 ; 4,3 ; 5,4 ดังจะพิจารณาได้ชัดเจนขึ้นจากตารางที่ 7

ตารางที่ 7

การปรับปรุงสายการขนส่งจากการคำนวณครั้งแรก

งวดการผลิต \ งวดการใช้	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	51			
สอง	9—1	71+1		
สาม		26—1	93+1	
สี่			25—1	75+1
ซื้อจากภายนอก	0+1			20—1

จากการปรับปรุงตามตารางที่ 7 จะประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปหน่วยละ 12 บาท ปริมาณที่ประหยัดต่อหน่วยนี้คำนวณได้ โดยนำค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของสายที่จัดเพิ่มให้ใหม่ทั้งหมดไปลบจากค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของสายที่ถอนออกทั้งหมด คือ

$$(55+55+55+67) - (70+50+50+50) = 12$$

การวิเคราะห์สายที่ยังไม่ใช่ว่าจะประหยัดขึ้นหรือไม่ตามวิธีนี้ก็อาจกระทำได้เรื่อย ๆ แต่จะสิ้นเปลืองเวลามาก ได้กล่าวไว้ในหลักการคำนวณในหัวข้อก่อนแล้วว่า อาจนำวิธีการวิเคราะห์ปัญหาคู่ **(dual problem)** มาใช้เพื่อประหยัดเวลา จากตารางที่ 6 อาจเขียนสมการของปัญหาคู่จากการคำนวณสายการขนส่งครั้งแรกได้ดังนี้

$$V_1 + W_1 = 50 \quad \text{(สาย 1,1)}$$

$$V_2 + W_1 = 55 \quad \text{(สาย 2,1)}$$

$$V_2 + W_2 = 50 \quad \text{(สาย 2,2)}$$

$$V_3 + W_2 = 55 \quad \text{(สาย 3,2)}$$

$$V_3 + W_3 = 50 \quad \text{(สาย 3,3)}$$

$$V_4 + W_3 = 55 \quad \text{(สาย 4,3)}$$

$$V_1 + W_4 = 50 \quad \text{(สาย 4,4)}$$

$$V_5 + W_4 = 67 \quad \text{(สาย 5,4)}$$

ในสมการ 8 สมการข้างบนนี้ มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 7 ตัว การคำนวณคำตอบของสมการเหล่านี้ จึงกระทำได้โดยสมมุติค่าตัวแปรตัวหนึ่งตัวใดเพียงตัวเดียวเท่านั้น เช่น สมมุติว่า $V_1=0$ ค่าของตัวแปรอื่นจะคำนวณได้โดยง่ายดังต่อไปนี้

$$W_1 = 50 - V_1 = 50$$
$$V_2 = 55 - W_1 = 5$$
$$W_2 = 50 - V_2 = 45$$
$$V_3 = 55 - W_2 = 10$$
$$W_3 = 50 - V_3 = 40$$
$$V_4 = 55 - W_3 = 15$$
$$W_4 = 50 - V_4 = 35$$
$$V_5 = 67 - W_4 = 32$$

ในสมการข้างบนนี้ ค่าที่สมมุติอาจจะไม่เป็นศูนย์ก็ได้ หากสมมุติให้ไม่เป็นศูนย์ค่า v ตัวอื่น ๆ จะสูงขึ้น แต่ค่า w จะลดลงเป็นปริมาณเท่ากับที่สมมุติไว้สูงกว่าศูนย์

เมื่อได้ค่า v และ w จากสมการปัญหาคู่ข้างบนนี้แล้ว ก็คำนวณผลลัพธ์ของ $V_i + W_j - C_{ij}$ ของสายที่ยังไม่ได้ใช้ จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า สายที่ยังไม่ได้ใช้ คือ 1,2 ; 1,3 ; 1,4 ; 2,3 ; 2,4 ; 3,1 ; 3,4 ; 4,1 ; 4,2 ; 5, 1 ; 5,2 ; 5,3

จะได้ค่าของสมการปัญหาคู่สำหรับสายที่ยังไม่ได้ใช้ ดังนี้

$$V_1 + W_2 - C_{12} = 0 + 45 - 51 = -6$$
$$V_1 + W_3 - C_{13} = 0 + 40 - 62 = -22$$
$$V_1 + W_4 - C_{14} = 0 + 35 - 80 = -45$$
$$V_2 + W_3 - C_{23} = 5 + 40 - 51 = -6$$
$$V_2 + W_4 - C_{24} = 5 + 35 - 62 = -22$$
$$V_3 + W_1 - C_{31} = 10 + 50 - 59 = 1$$
$$V_3 + W_4 - C_{34} = 10 + 35 - 51 = -6$$
$$V_4 + W_1 - C_{41} = 15 + 50 - 63 = 2$$

$V_4 + W_2 - C_{42}$ = 15 + 45 − 59 = 1

$V_5 + W_1 - C_{51}$ = 32 + 50 − 70 = 12

$V_5 + W_2 - C_{52}$ = 32 + 45 − 69 = 8

$V_5 + W_3 - C_{53}$ = 32 + 40 − 68 = 4

ผลลัพธ์ที่เป็นบวกของค่า $V_i + W_j - C_{ij}$ แสดงว่า หากใช้สายใหม่นี้แล้ว จะประหยัดค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับค่าของผลลัพธ์นั้น จากการคำนวณข้างบนแสดงว่า มีสายซึ่งยังไม่ได้ใช้ที่จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ถึง 6 สาย คือ 3,1 ; 4,1 ; 4,2 ; 5,1 ; 5,2 ; 5, 3 สาย 5, 1 จะช่วยประหยัดมากที่สุด ถึงหน่วยละ 12 บาท

ต่อไปก็พิจารณาว่าจะใช้สาย 5,1 เป็นปริมาณกี่หน่วย แนวการปรับปรุงสายการขนส่งใหม่จะสังเกตได้จากตารางที่ 7 ซึ่งใช้วิธีการคำนวณตามปกติก่อนที่จะใช้วิธีพิจารณาปัญหาคู่ จะเห็นได้ว่าจำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะเปลี่ยนมาเป็นสาย 5,1 อาจย้ายได้ถึง 9 หน่วย เมื่อเป็นเช่นนี้ก็ต้องปรับปรุงปริมาณของสายอื่น ๆ ให้มีส่วนลด และส่วนเพิ่มสายละ 9 หน่วย เพื่อให้สมดุลย์กันด้วย ดังแสดงผลการปรับปรุงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8

การปรับปรุงสายการขนส่งตามวิธีพิจารณาปัญหาคู่ครั้งที่หนึ่ง

งวดการผลิต \ งวดการใช้	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	51			
สอง	0(9−9)	80(71+9)		
สาม		17(26−9)	102(93+9)	
สี			16(25−9)	84(75+9)
ซื้อจากภายนอก	9(0+9)			11(20−9)

ถ้าหากจัดการใช้ผลิตภัณฑ์ตามตารางที่ 8 จะประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปทั้งหมด 108 บาท (12×9) นั่นคือ จะเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดลดลงเหลือเท่ากับ 19,032 บาท (19,140−108)

เมื่อคำนวณได้เช่นนี้แล้วก็ต้องย้อนกลับไปขั้นที่สองใหม่ เพื่อพิจารณาว่ายังจะปรับปรุงต่อไปได้อีกหรือไม่

สมการของปัญหาคู่ของสายการขนส่งที่ปรับปรุงครั้งที่หนึ่ง เขียนได้ดังนี้

$$V_1 + W_1 \leq 50 \quad \text{(สาย 1,1)}$$
$$V_2 + W_2 = 50 \quad \text{(สาย 2,2)}$$
$$V_3 + W_2 = 55 \quad \text{(สาย 3,2)}$$
$$V_3 + W_3 = 50 \quad \text{(สาย 3,3)}$$
$$V_4 + W_3 = 55 \quad \text{(สาย 4,3)}$$
$$V_4 + W_4 = 50 \quad \text{(สาย 4,4)}$$
$$V_5 + W_1 = 70 \quad \text{(สาย 5,1)}$$
$$V_5 + W_4 = 67 \quad \text{(สาย 5,4)}$$

สมมติให้ $V_1 = 0$ ค่าของตัวแปรอื่น ๆ จะได้ดังต่อไปนี้

$$W_1 = 50;\ V_2 = -7;\ W_2 = 57;\ V_3 = -2$$
$$W_3 = 52;\ V_4 = 3;\ V_5 = 20;\ W_4 = 47$$

ค่าของสมการปัญหาคู่สำหรับสายที่ไม่ได้ใช้ จะเท่ากับ

$$0 + 57 - 51 = 6 \quad \text{(สาย 1,2)}$$
$$0 + 52 - 62 = -10 \quad \text{(สาย 1,3)}$$
$$0 + 47 - 80 = -33 \quad \text{(สาย 1,4)}$$
$$-7 + 50 - 55 = -12 \quad \text{(สาย 2,1)}$$
$$-7 + 52 - 51 = -6 \quad \text{(สาย 2,3)}$$
$$-7 + 47 - 62 = -22 \quad \text{(สาย 2,4)}$$
$$-2 + 50 - 59 = -11 \quad \text{(สาย 3,1)}$$
$$-2 + 47 - 51 = -6 \quad \text{(สาย 3,4)}$$
$$3 + 50 - 63 = -10 \quad \text{(สาย 4,1)}$$
$$3 + 57 - 59 = 1 \quad \text{(สาย 4,2)}$$
$$20 + 57 - 69 = 8 \quad \text{(สาย 5,2)}$$
$$20 + 52 - 68 = 4 \quad \text{(สาย 5,3)}$$

สาย 5,2 จะช่วยให้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยลดลงมากที่สุด จึงอาจจัดการใช้ทรัพยากรเสียใหม่ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9

การปรับปรุงสายการขนส่งตามวิธีพิจารณาปัญหาคู่ครั้งที่สอง

งวดการผลิต \ งวดการใช้	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	51			
สอง		80		
สาม		6(17--11)	113(102+11)	
สี่			5 (16—11)	95(84+11)
ซื้อจากภายนอก	9	11(0+11)		0(11--11)

จากการปรับปรุงครั้งที่สอง จะประหยัดค่าใช้จ่ายเท่ากับ 88 บาท (8×11) นั้นคือจะเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดลดลงเหลือเท่ากับ 18,944 บาท (19,032--88)

ต่อไปพิจารณาปรับปรุงครั้งที่สาม โดยเขียนสมการปัญหาคู่ของการปรับปรุงครั้งที่สองดังต่อไปนี้

$$V_1 + W_1 = 50 \quad \text{(สาย 1,1)}$$

$$V_2 + W_2 = 50 \quad \text{(สาย 2,2)}$$

$$V_3 + W_2 = 55 \quad \text{(สาย 3,2)}$$

$$V_3 + W_3 = 50 \quad \text{(สาย 3,3)}$$

$$V_4 + W_3 = 55 \quad \text{(สาย 4,3)}$$

$$V_4 + W_4 = 50 \quad \text{(สาย 4,4)}$$

$$V_5 + W_1 = 70 \quad \text{(สาย 5,1)}$$

$$V_5 + W_2 = 69 \quad \text{(สาย 5,2)}$$

สมมติให้ $V_1 = 0$ ค่าของตัวแปรอื่น ๆ จะได้ดังต่อไปนี้

$W_1 = 50$; $V_2 = 1$; $V_3 = 6$; $W_3 = 44$

$V_4 = 11$; $W_4 = 39$; $V_5 = 20$; $W_2 = 49$

ค่าของสมการปัญหาคู่ของสายที่ไม่ได้ใช้ จะเท่ากับ

$$0 + 49 - 51 = -2 \quad \text{(สาย 1,2)}$$

$$0 + 44 - 62 = -18 \quad \text{(สาย 1,3)}$$

$$0 + 39 - 80 = -41 \quad \text{(สาย 1,4)}$$

$$1 + 50 - 55 = -4 \quad \text{(สาย 2,1)}$$

$$1 + 44 - 51 = -6 \quad \text{(สาย 2,3)}$$

$$1 + 39 - 62 = -22 \quad \text{(สาย 2,4)}$$

$$6 + 50 - 59 = -3 \quad \text{(สาย 3,1)}$$

$$6 + 39 - 51 = -6 \quad \text{(สาย 3,4)}$$

$$11 + 50 - 63 = -2 \quad \text{(สาย 4,1)}$$

$$11 + 49 - 59 = 1 \quad \text{(สาย 4,2)}$$

$$20 + 44 - 68 = -4 \quad \text{(สาย 5,3)}$$

$$20 + 39 - 67 = -8 \quad \text{(สาย 5,4)}$$

ในการปรับปรุงครั้งที่สามนี้ควรจะพิจารณาใช้ สาย 4,2 เพราะจะประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปหน่วยละ 1 บาท จากสถานการณ์ในตารางที่ 9 จึงต้องย้าย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงวดที่สอง อันได้มาจากงวดการผลิตงวดที่สามไปเป็นงวดการผลิตงวดที่สี่ เป็นปริมาณ 5 หน่วย ในขณะเดียวกันก็ต้องปรับปรุงสาย 3,3 และ 4,3 เพื่อให้สมดุลย์กันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10

การปรับปรุงสายการขนส่งตามวิธีพิจารณาบัญหาคู่ครั้งที่สาม

งวดการใช้ / งวดการผลิต	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	51			
สอง		80		
สาม		1 (6—5)	118 (113+5)	
สี่		5 (0+5)	0 (5—5)	95
ซื้อจากภายนอก	9	11		

จากผลการปรับปรุงครั้งที่สาม จะประหยัดค่าใช้จ่าย 5 บาท (1×5) โดยจะเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดลดลงเหลือ เท่ากับ 18,939 บาท (18,944—5)

ต่อไปพิจารณาปรับปรุงครั้งที่สี่ เขียนสมการของตารางที่ 10 ได้ดังนี้

$$V_1 + W_1 = 50 \quad \text{(สาย 1,1)}$$

$$V_2 + W_2 = 50 \quad \text{(สาย 2,2)}$$

$V_3 + W_2 = 55$ (สาย 3,2)

$V_3 + W_3 = 50$ (สาย 3,3)

$V_4 + W_3 = 55$ (สาย 4,3)

$V_4 + W_4 = 50$ (สาย 4,4)

$V_5 + W_1 = 70$ (สาย 5,1)

$V_5 + W_2 = 69$ (สาย 5,2)

ถ้า $V_1 = 0$ ค่าของตัวแปรตัวอื่นก็อาจคำนวณได้ว่า

$W_1 = 50$; $V_2 = 1$; $W_2 = 49$; $V_3 = 6$

$W_3 = 44$; $V_4 = 11$; $W_4 = 39$; $V_5 = 20$

ค่าของผมการปัญหาคู่ของสายที่ไม่ได้ใช้ จะเท่ากับ

$0 + 49 - 51 = -2$ (สาย 1,2)

$0 + 44 - 62 = -18$ (สาย 1,3)

$0 + 39 - 80 = -41$ (สาย 1,4)

$1 + 50 - 55 = -4$ (สาย 2,1)

$1 + 44 - 51 = -6$ (สาย 2,3)

$1 + 39 - 62 = -22$ (สาย 2,4)

$6 + 50 - 59 = -3$ (สาย 3,1)

$6 + 39 - 51 = -6$ (สาย 3,4)

$11 + 50 - 63 = -2$ (สาย 4,1)

$11 + 49 - 59 = 1$ (สาย 4,2)

$20 + 44 - 68 = -4$ (สาย 5,3)

$20 + 39 - 67 = -8$ (สาย 5,4)

จะเห็นได้ว่า ค่า $V_i + W_j - C_{ij}$ ในการพิจารณาครั้งที่สี่เป็นปริมาณติดลบทุกตัว หมายความว่า ถ้าหากจะจัดผลิตภัณฑ์ให้มีใช้ครบตามที่ต้องการในงวดต่าง ๆ จะประหยัดค่าใช้จ่ายให้น้อยลงกว่า 18,939 บาทอีกไม่ได้แล้ว การกำหนดใช้ผลิตภัณฑ์ตามตารางที่ 10 จึงเป็นการสนองผลประโยชน์สูงสุดขององค์การนี้

เมื่อทราบเหตุและผลของการวิเคราะห์แบบจำลองการขนส่งได้เช่นนี้ก็อาจเข้าใจได้โดยง่ายว่า คำตอบของปัญหาการขนส่งที่แสดงไว้ครั้งแรกในตารางที่ 3 นั้นมีความเป็นมาอย่างไร

ทั้งนี้พิจารณาเข้าใจได้โดยเริ่มจากข้อมูลในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์สมการปัญหาคู่ของสายที่ยังไม่ได้ใช้ในการขนส่ง ตามตารางนี้จะพบว่าสาย 1,1 จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปหน่วยละ 7.50 บาท จึงย้ายการขนส่งวัสดุอุปกรณ์จากสาย 2,1 มายังสายนี้เป็นปริมาณ 50 หน่วย และปรับปริมาณการขนส่งในสายอื่น ๆ ให้สมดุลย์กันด้วย ดังแสดงไว้ตารางที่ 11

ตารางที่ 11

การปรับปรุงการขนส่งจากจังหวัดไปอำเภอครั้งที่หนึ่ง

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม
หนึ่ง	50 (0 + 50)	0 (50 — 50)	
สอง	10 (60-- 50)	100 (50 + 50)	10
สาม			140

ปริมาณวัสดุอุปกรณ์ในวงเล็บแต่ละวงเล็บ แสดงปริมาณที่จะขนส่งตามสายเดิมกับปริมาณที่ขนส่งเพิ่มขึ้นตามสายใหม่ เช่นเดียวกับที่ได้เคยแสดงไว้แล้วในตารางก่อน ๆ

เมื่อวิเคราะห์ต่อไป จะพบว่าสาย 3,1 จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงหน่วยละ 6 บาท จึงย้ายการขนส่งจากสาย 2,2 ลงไปสาย 3,2 แทน และปรับสายการขนส่งสายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12

การปรับปรุงการขนส่งจากจังหวัดไปอำเภอครั้งที่สอง

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม
หนึ่ง	50		
สอง	10	0 (100 — 100)	110 (10 + 100)
สาม		100 (0 + 100)	40 (140 — 100)

ในการวิเคราะห์ครั้งที่สาม จะพบว่า สาย 3,1 ยังจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงไปอีกหน่วยละ 1.50 บาท จึงย้ายการขนส่งจากสาย 2,1 ไปยังสาย 3,1 เป็นปริมาณ 10 หน่วย และปรับปริมาณการขนส่งในสาย 2,3 และ 3,3 เสียด้วยดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13

การปรับปรุงการขนส่งจากจังหวัดไปอำเภอครั้งที่สาม

จังหวัดที่ \ อำเภอที่	หนึ่ง	สอง	สาม
หนึ่ง	50		
สอง	0 (10 — 10)		120 (110 + 10)
สาม	10 (0 + 10)	100	30 (40 — 10)

ข้อมูลในตารางที่ 13 คือ ข้อมูลอันเดียวกันกับที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 ถ้าพิจารณาต่อไปจะพบว่าผลลัพธ์ของ $V_i + W_j - C_{ij}$ ของสายการขนส่งที่ยังไม่ได้ใช้ จะมีค่าติดลบทั้งหมด คือ ถ้าสมมติให้ $V_1 = 0$ ผลลัพธ์ของ สาย 1,2; 1,3; 2,2 จะเท่ากับ — 1.5; — 10.5; และ — 10.5 ตามลำดับ หรือถ้าสมมติให้ $V_3 = 0$ ผลลัพธ์ของสายที่ยังไม่ได้ใช้เหล่านี้ จะเท่ากับ — 1.5; — 10.5 และ — 6 ตามลำดับ

สภาวะที่ผิดแผก

จากกรณีตัวอย่างของการวิเคราะห์แบบจำลอง จะเห็นว่าปัญหาในการบริหารทรัพยากรขององค์การ ไม่ว่าเป็นปัญหาใดย่อมแก้ตามวิธีดังกล่าวได้ แต่มีข้อสังเกตว่าในการแก้ปัญหานี้ตามวิธีดังกล่าว จะต้องมีสายที่จะขนส่งในการพิจารณาครั้งแรกเป็นจำนวน $m + n - 1$ สาย เช่น ในกรณีตัวอย่างที่ยกมานั้น $m = 5$; $n = 4$ จำนวนสายที่จะขนส่งในการพิจารณาครั้งแรกจึงเท่ากับ 8 (5 + 4 — 1) หรือจากตัวอย่างการขนส่งวัสดุครุภัณฑ์จากจังหวัดไปอำเภอตามตารางที่ 2 ก็มีสายการขนส่งในการพิจารณาครั้งแรกเท่ากับ 5 (3 + 3 — 1) แต่การณ์จะปรากฏว่าในบางกรณีก็อาจจะได้สายที่จะขนส่งในการพิจารณาครั้งแรกน้อยกว่า $m + n - 1$ สาย กรณีเช่นนี้เรียกว่าสภาวะที่ผิดแผก **(degeneracy)**

กรณีของสภาวะที่ผิดแผกจะเห็นได้จากตัวอย่างต่อไปนี้ สมมุติว่าองค์การแห่งหนึ่งมีพนักงาน 4 คน ซึ่งอาจปฏิบัติงานได้ 4 ชั้นทั้ง 4 คน จากระเบียบการปฏิบัติงานปรากฏว่าในการปฏิบัติงานแต่ละชั้นแต่ละคนจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 14 ปัญหาที่จะต้องตัดสินคือถ้าจะให้ปฏิบัติงานพร้อม ๆ กัน จะให้ผู้ใดปฏิบัติงานชั้นใด จึงจะเหมาะสมในแง่ของการประหยัดเวลามากที่สุด

ตารางที่ 14

เวลาที่พนักงาน4คนใช้ในการปฏิบัติงาน (เป็นนาที)

คน \ งาน	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	10	16	12	8
สอง	8	12	15	12
สาม	15	13	13	11
สี่	12	15	10	7

จากตารางที่ 14 จะเห็นได้ว่า สายการขนส่งที่จะจัดได้มีเพียง 4 สายเท่านั้น ทั้งๆ ที่ $m + n - 1$ จะมีค่าเท่ากับ 7 (4 + 4 — 1) เพราะจำนวนบุคคลคนหนึ่งอาจจัดให้ปฏิบัติงานได้เพียงชั้นเดียวเท่านั้น เพราะทั้ง 4 คน จะต้องปฏิบัติงานพร้อมๆ กันไป การที่จะคำนวณแบบจำลองในสภาวะผิดแผกเช่นนี้ มีวิธีการหลายวิธี แต่การคำนวณที่จะเข้าใจได้ง่ายคือ วิธีฮังแกเรียน **(Hungarian Method)** ซึ่งต้องปฏิบัติเป็นขั้นๆ ดังต่อไปนี้

1. นำค่าที่น้อยที่สุดในแถวแต่ละแถว **(row)** ไปหักออกจากค่าทุกตัวในแถวเดียวกัน และนำค่าที่น้อยที่สุดในสดมภ์แต่ละสดมภ์ **(column)** ไปหักออกจากค่าทุกตัวในสดมภ์เดียวกัน เมื่อปฏิบัติเช่นนี้ครบทุกแถวและสดมภ์แล้ว แต่ละแถวและแต่ละสดมภ์ จะต้องมีค่าสูญอย่างน้อยหนึ่งตัว

2. ลากเส้นตรงผ่านแถวหรือสดมภ์ให้ผ่านค่าสูญเหล่านี้ โดยให้จำนวนเส้นตรงนี้มีจำนวนน้อยที่สุด เท่าหากเส้นตรงที่ลากผ่านนี้มีจำนวนเท่ากับจำนวนทั้งหมดของแถวหรือสดมภ์ก็ตาม หมายความว่า ช่อง **(cell)** ที่มีค่าเท่ากับสูญในแถวและสดมภ์ต่างๆ นั้น คือ คำตอบที่เป็นผลประโยชน์สูงสุดขององค์การ

3. ถ้าเส้นตรงที่ลากผ่านนั้น ยังมีจำนวนไม่เท่ากับจำนวนทั้งหมดของแถวหรือสดมภ์ ให้นำค่าที่น้อยที่สุดที่ไม่ได้มีเส้นตรงผ่านไปหักออกจากค่าทุกตัวที่ไม่มีเส้นตรงผ่าน และนำค่าที่น้อยที่สุดนี้ไปบวกกับค่าที่มีเส้นตรงสองเส้นตัดกัน ต่อจากนั้นให้ลากเส้นตรงผ่านค่าสูญทั้งหมดเหล่านี้ใหม่ และย้อนกลับพิจารณาตั้งแต่ขั้นที่สองมาใหม่ ปฏิบัติเช่นนี้จนกว่าจะได้เส้นตรงที่ผ่านค่าสูญเป็นจำนวนตามที่ต้องการ

ตามวิธีการข้างบนนี้ อาจคำนวณคำตอบของปัญหาในตารางที่ 14 ได้ดังนี้

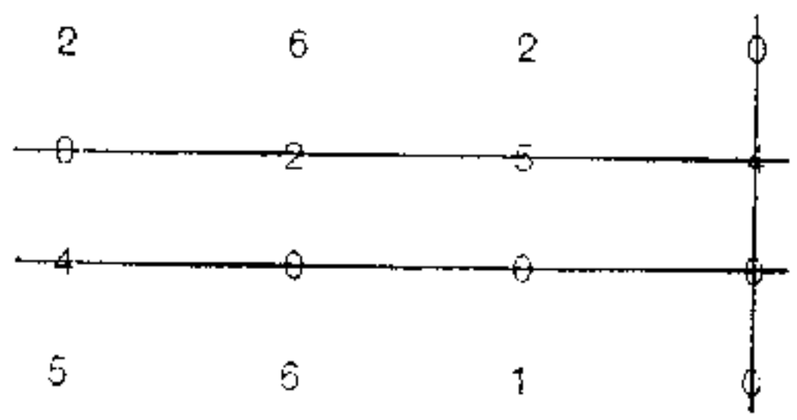
ขั้นที่หนึ่ง หักค่า 8, 8, 11 และ 7 ออกจากค่าต่าง ๆ ในแถวเดียวกันในแถวทั้งสี่ตามลำดับ และหักค่า 2 ออกจากค่าทุกตัวในสดมภ์ที่สองและที่สาม ผลลัพธ์ปรากฏในตารางที่ 15

ตารางที่ 15

การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานและงานที่ปฏิบัติขั้นที่หนึ่ง

คน \ งาน	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	หักออก
หนึ่ง	2	6	2	0	8
สอง	0	2	5	4	8
สาม	4	0	0	0	11
สี่	5	6	1	0	7
หักออก		2	2		

ต่อไปลากเส้นตรงผ่านค่าสูญทุกตัวโดยใช้เส้นตรงให้น้อยที่สุด ซึ่งจะได้ผลดังต่อไปนี้



จะเห็นว่า เส้นตรงเพียง 3 เส้นก็สามารถลากผ่านเส้นศูนย์ครบทุกตัว จึงแปลว่ายังไม่ได้คำตอบที่เป็นผลประโยชน์สูงสุดขององค์การ ดังนั้นจะต้องนำค่าน้อยที่สุดที่ไม่มีเส้นตรงลากผ่านคือ ค่า 1 ไปลบจากค่าตัวอื่น ๆ ที่ไม่มีเส้นตรงลากผ่านและนำไปบวกกับค่าที่มีเส้นตรงตัดกันสองเส้น ผลลัพธ์ปรากฏในตารางที่ 16

ตารางที่ 16

การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานและงานที่ปฏิบัติขั้นที่สอง

งาน / คน	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่
หนึ่ง	1	5	1	(0)
สอง	(0)	2	5	5
สาม	4	(0)	0	1
สี่	4	5	(0)	0

จากตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่า จะต้องลากเส้นตรงไม่น้อยกว่า 4 เส้น จึงจะผ่านค่าสูญครบทุกตัว ฉะนั้นผลการคำนวณของตารางที่ 16 จึงแสดงคำตอบที่เป็นผลประโยชน์สูงสุดขององค์การ คำตอบปัญหาที่ว่า ควรจะมอบหมายให้พนักงานคนใดปฏิบัติงานชั้นใดแสดงไว้ในวงเล็บต่าง ๆ ปรากฏว่าถ้ามอบหมายงานตามแนวนี้ จะเสียเวลาในการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 39 นาที ซึ่งเป็นการเสียเวลาน้อยที่สุดกว่าการมอบหมายด้วยวิธีอื่น

การประยุกต์แบบจำลองการขนส่งในลักษณะต่าง ๆ

จากตัวอย่างทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า แบบจำลองการขนส่งนี้ นอกจากจะช่วยผู้บริหารในการวิเคราะห์แก้ปัญหาขององค์การที่เกี่ยวกับการจัดส่งทรัพยากรจากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่งแล้ว ยังช่วยในการกำหนดแบ่งทรัพยากรให้เหมาะสมเป็นประโยชน์ที่สุดแก่องค์การอีกด้วย กรณีปัญหาขององค์การในตารางที่ 5 เป็นตัวอย่างที่ดีในเรื่องนี้ ทรัพยากรที่กำหนดแบ่งนี้หมายรวมถึงกำลังคน **(manpower)** อีกด้วย ดังจะเห็นได้จากกรณีในตารางที่ 14

แต่ถ้าจะพิจารณาให้ลึกซึ้งลงไปอีก จะเข้าใจได้ว่า แบบจำลองนี้อาจช่วยในการวิเคราะห์หาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ ทางการบริหารได้อย่างกว้างขวางมากกว่าที่ยกมากล่าวแล้วเสียอีก ทั้งนี้เพราะญหปัาที่เกี่ยวกับการกำหนดแบ่งและใช้ทรัพยากรขององค์การต่าง ๆ นั้นมีมากมายหลายลักษณะ อย่างไรก็ดีปัญหาการกำหนดแบ่งและใช้ทรัพยากรอาจแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ ประเภทแรก ผู้บริหารมีทรัพยากรเป็นปริมาณเพียงพอกับกิจกรรมที่จะต้องปฏิบัติ แต่ทรัพยากรที่มีอยู่นั้นยังไม่สามารถทำให้ปฏิบัติงานทุกอย่างได้ดีที่สุดเสมอเหมือนกันทั้งหมดได้ ประเภทที่สอง ผู้บริหารมีทรัพยากรไม่เพียงพอที่จะปฏิบัติกิจกรรมให้ครบทุกอย่าง เพราะฉะนั้นจะต้องเลือกไม่ปฏิบัติงานบางอย่าง และประเภทสุดท้าย ผู้บริหารมีทรัพยากรมากมาย ถึงแม้

ปฏิบัติกิจกรรมครบทุกอย่างแล้ว ก็ยังมีทรัพยากรเหลือใช้ ในสภาพการณ์เช่นนี้ ปัญหาของผู้บริหารก็มีแต่เพียงว่า จะเลือกใช้ทรัพยากรประเภทใด อันใดจึงจะดีที่สุด และจะไม่ใช้ทรัพยากรอันใดเป็นปริมาณเท่าใดจึงจะเสียประโยชน์น้อยที่สุด

ปัญหาการบริหารทรัพยากรประเภทแรก คือการที่ผู้บริหารจะต้องเลือกใช้ทรัพยากรทุกประเภททุกอันทั้งหมดให้เหมาะสมที่สุดกับกิจกรรมแต่ละอย่าง[5] ความเหมาะสมที่สุดนี้ ไม่ใช่พิจารณาในแง่ของกิจกรรมแต่ละอย่างในตัวของมันเองเท่านั้น แต่จะต้องพิจารณาในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทั้งหลาย ที่จะอำนวยผลประโยชน์สูงสุดเป็นส่วนรวมแก่องค์การ เพื่อให้เข้าใจง่าย อาจกล่าวได้ว่า ปัญหาการกำหนดแบ่งและใช้ทรัพยากรประเภทนี้ จะต้องมีลักษณะ 4 ประการ ดังนี้ คือ ประการแรก กิจกรรมที่จะต้องปฏิบัติมีหลายอย่าง ซึ่งอาจจัดประเภทหรือกลุ่มเดียวกันได้ ประการที่สอง ทรัพยากรที่มีอยู่ มีปริมาณเพียงพอที่จะปฏิบัติงานทั้งหมด แต่มีไม่พอที่จะปฏิบัติกิจกรรมแต่ละประเภทให้ดีที่สุดทุกอย่าง ประการที่สาม กิจกรรมบางอย่างที่จะต้องปฏิบัติ อาจเลือกวิธีปฏิบัติได้หลายวิธี และการใช้ทรัพยากรได้หลาย ๆ อย่างผสมกัน เป็นปริมาณต่าง ๆ กัน ประการสุดท้าย ในการที่จะตัดสินว่าจะใช้ทรัพยากรประเภทใดเป็นปริมาณเท่าใดต่อกิจกรรมใดนั้น จำเป็นต้องยอมรับว่าจะปฏิบัติกิจกรรมทุกอย่างให้ดีที่สุดทัดเทียมกันทั้งหมดไม่ได้ ผู้บริหารจะต้องวิเคราะห์ว่า จะให้การปฏิบัติกิจกรรมใดบ้างมีคุณภาพลดหลั่นลงไป แต่เมื่อพิจารณาเป็นผลรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทั้งหมดแล้วจะมีคุณภาพดีที่สุด เมื่อเทียบกับการเลือกใช้ทรัพยากรด้วยวิธีการอื่น ๆ

ในกรณีที่ทรัพยากรหนึ่ง ๆ สามารถใช้ได้เฉพาะกับกิจการหนึ่ง ๆ เท่านั้น การกำหนดแบ่งและใช้ทรัพยากรก็นับว่าง่ายที่สุด ปัญหาการบริหารทรัพยากรในลักษณะเช่นนี้ มีชื่อเฉพาะเรียกว่า ปัญหาการมอบหมายงาน (assignment problem) ปัญหาที่แสดงวิธีการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 15 และ 16 จัดอยู่ในปัญหาประเภทนี้ ตัวอย่างอื่น ๆ ของปัญหาประเภทนี้ ก็ยังมีอีกหลายอย่างเช่น การกำหนดเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานต่าง ๆ ในสำนักงาน การมอบหมายให้คนขับประจำรถแต่ละคัน และการกำหนดเจ้าหน้าที่ประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เป็นต้น ปัญหาการบริหารทรัพยากรจะยุ่งยากขึ้น เมื่อทรัพยากรประเภทหนึ่งอาจใช้กับกิจการหลาย ๆ อย่างพร้อม ๆ กัน เมื่อเกิดปัญหาในลักษณะนี้ ผู้บริหารจะต้องพิจารณาจัดสรรทรัพยากรให้เป็นสัดส่วนที่สมควรกับกิจกรรมแต่ละอย่าง ตัวอย่างนี้จะเห็นได้จากปัญหาในตารางที่ 1

ในกรณีปัญหาการบริหารทรัพยากรประเภทที่สอง ผู้บริหารมีทรัพยากรไม่เพียงพอกับกิจกรรมที่จะต้องปฏิบัติ ในสภาพการณ์เช่นนี้ นอกจากผู้บริหารจะต้องตัดสินว่าจะเลือกใช้

---

[5] C. West Churchman, *et. al.*, *Operations Research* (New York : John Wiley and Sons, 1966), p.185

ทรัพยากรประเภทใดเป็นปริมาณเท่าใดในการปฏิบัติกิจกรรมหนึ่ง ๆ แล้ว ผู้บริหารยังจะต้องวิเคราะห์ด้วยว่าควรจะเลือกไม่ปฏิบัติกิจกรรมใดบ้าง ปัญหาประเภทนี้มีชื่อเรียกว่า ปัญหาการขนส่งที่ไม่สมดุลย์ (unbalanced transportation problem)[6] ปัญหาเช่นนี้อาจเกิดได้หลายลักษณะ เช่นปริมาณผลิตภัณฑ์ที่องค์การผลิตได้น้อยกว่าที่จำเป็นจะต้องใช้ วัสดุอุปกรณ์มีน้อยกว่าที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน เป็นต้น ปัญหาการจัดงบประมาณก็อนุโลมอยู่ในปัญหาประเภทนี้ เพราะว่ามีโครงการที่จะปฏิบัติมากกว่าเงินและกำลังคนที่จะดำเนินงาน จึงจำเป็นจะต้องเลือกไม่ปฏิบัติโครงการใดโครงการหนึ่ง หรือหลายๆโครงการ วิธีวิเคราะห์ปัญหาประเภทนี้ก็ยึดหลักการคำนวณดังแสดงตัวอย่างไว้ในตารางที่ 6 ถึง 10 แต่ว่ามีวิธีการเพิ่มเติมบ้างเล็กน้อย คือ จะต้องเติมแหล่งสมมุติ (dummy source) เพื่อจะเป็นสาย (route) ในการจัดทรัพยากรอันมีปริมาณเกินกว่าที่มีอยู่จริง ในการเติมแหล่งสมมุตินี้ จะต้องมีการคำนวณค่าใช้จ่ายอันอาจเกิดขึ้นจากการที่จำเป็นจะต้องมีทรัพยากรเพิ่มขึ้นกว่าที่มีอยู่จริง ค่าใช้จ่ายอาจเป็นความสูญเสียในเรื่องประโยชน์ที่จะได้จากการมีทรัพยากรในปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้ หรืออาจเป็นค่าความสูญเปล่าของการที่มีอุปสรรคทำให้งานต้องล่าช้าลงไป หรืออาจเป็นค่าใช้จ่ายที่จะต้องแสวงหาสิ่งอื่น ๆ มาใช้แทนก็ได้ จากตัวอย่างในตารางที่ 5 ก็อาจสังเกตได้ว่า การซื้อผลิตภัณฑ์จากภายนอก เป็นปริมาณ 20 หน่วยในราคาต่าง ๆ กันก็มีลักษณะเป็นทำนองเดียวกับแหล่งสมมุตินี้ เมื่อได้กำหนดแหล่งสมมุติไว้เช่นนี้ ปริมาณทรัพยากรทั้งหมดที่มีกับที่จะใช้ก็จะเท่ากัน และสามารถคำนวณคำตอบได้ ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

สำหรับปัญหาการบริหารทรัพยากรประเภทที่สามนั้น ผู้บริหารสามารถควบคุมทรัพยากรได้ เพราะสามารถจะเลือกใช้ทรัพยากรประเภทต่าง ๆ ในการปฏิบัติกิจกรรมทั้งหมดได้เป็นปริมาณไม่จำกัด[7] ในกรณีที่ทรัพยากรที่จะไม่ใช้นั้นไม่ทำให้องค์การต้องสูญเสียผลประโยชน์ การวินิจฉัยสั่งการในการกำหนดแบ่งและใช้ทรัพยากรก็ไม่ยุ่งยากอันใด เพราะในสภาพการณ์เช่นนี้ ค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์จากการปฏิบัติกิจกรรมอย่างหนึ่งไม่ขึ้นกับกิจกรรมอีกอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น การจ้างพนักงานเดินตลาด องค์การมีปัญหาแต่เพียงเลือกบุคคลที่เหมาะสมที่สุดให้เป็นจำนวนพอดีกับงานที่ต้องปฏิบัติ แต่ถ้าหากว่าการไม่ใช้ทรัพยากรในปริมาณหนึ่ง ๆ นั้นทำให้องค์การต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายหรือเสียผลประโยชน์ ปัญหาในการบริหารทรัพยากรก็มีความสลับซับซ้อนขึ้น ตัวอย่างเช่นการใช้เครื่องจักรเพียงบางเครื่องในจำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

---

[6] R.L. Ackoff and M.W. Sasieni, *Fundamentals of Operations Research* (New York : John Wiley and Sons, 1968), p. 139.

[7] *Ibid.*, p. 138.

ที่มีอยู่ในโรงงาน ผู้บริหารจะต้องวิเคราะห์ว่า เวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หน่วยที่หนึ่งด้วยเครื่องจักรที่หนึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หน่วยที่สองด้วยเครื่องจักรที่สองประการใด และค่าใช้จ่ายหรือผลประโยชน์ขององค์การได้รับความกระทบกระเทือนจากความสัมพันธ์ในเรื่องนี้อย่างไร ส่วนการคำนวณคำตอบนั้นก็จะต้องกำหนด "กิจกรรมตามเป้าหมายสมมุติ" (dummy destination) ซึ่งถ้าเป็นเรื่องของการใช้ผลิตภัณฑ์ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อเรื่องลักษณะทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง ก็ได้แก่สถานีปฏิบัติการหุ่นที่สมมุติเพิ่มขึ้น หรือถ้าเป็นเรื่องของการขนส่งโดยตรง ก็หมายถึงหน่วยปฏิบัติงานที่เป็นจุดหมายปลายทางของการขนส่งนั่นเอง เมื่อเพิ่มกิจกรรมตามเป้าหมายสมมุติพร้อมกับระบุค่าใช้จ่ายตามสัดส่วนแล้ว ก็อาจคำนวณคำตอบได้ตามวิธีการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายไว้แล้ว

เมื่อพิจารณาลักษณะของปัญหาทั้งหมดในการบริหารทรัพยากร พร้อมกับวิธีการวิเคราะห์ตามแบบจำลองการขนส่ง จะเห็นได้ว่า แนวคิดของการวิเคราะห์ในเรื่องนี้เป็นประโยชน์มากต่อผู้บริหาร แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่า ผู้บริหารจะสามารถใช้ประโยชน์ของแบบจำลองการขนส่งได้ทุกวาระทุกโอกาส เพราะว่าปัญหาในการบริหารนั้นไม่สามารถประมวลข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกมาเป็นตัวเลขตายตัวได้ทุกปัญหา แต่ในเรื่องนี้การบริหารธุรกิจนับว่าได้เปรียบการบริหารงานราชการอยู่มาก เพราะสามารถประมวลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขได้อย่างกว้างขวางกว่ามาก อย่างไรก็ดีหากผู้บริหารอาศัยการค้นคว้าวิจัยเป็นเครื่องมือในการบริหารองค์การของตนโดยไม่ย่อหย่อน โอกาสที่จะได้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อมาประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาก็ไม่ใช่เป็นเรื่องสุดวิสัย เพราะในปัจจุบันเทคนิคและวิธีการทางการวิจัยได้ก้าวหน้าไปไกลกว่าแต่ก่อนมากมาย ในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่าเชิงปริมาณของข้อมูลต่าง ๆ ออกมาได้โดยตรง นักวิจัยก็สามารถกำหนดประมาณค่าเชิงปริมาณเหล่านี้ออกมาได้ การใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อมาวิเคราะห์เช่นการคำนวณแบบจำลองการขนส่งนี้ อาจกล่าวได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ผู้บริหารหลุดพ้นจากการบริหารในยุคมืด มาเป็นการบริหารในยุควิทยาศาสตร์ กล่าวคือแทนที่จะใช้แต่ประสบการณ์ และวิจารณญานเป็นหลักสำคัญในการวินิจฉัยสั่งการ ผู้บริหารก็สามารถใช้เครื่องมือที่พิสูจน์ได้มาช่วยในการแก้ปัญหาทางการบริหาร

หนังสือที่ควรอ่านประกอบ

Ackoff, Russell L. and Sasieni, Maurice W. *Fundamentals of Operations Research*. N.Y. : John Wiley and Sons, 1968. 455 pp.

Churchman, C. West, et. al. *Operations Research*. N.Y. : John Wiley and Sons, 1966. 645 pp.

Dorfman, Robert, et. al. *Linear Programming and Economic Analysis*. N.Y. : McGraw-Hill, 1958. 527 pp.

สุคนธรังษี, สวัสดิ์. *การบริหารด้วยการวิจัยปฏิบัติการ*, เอกสารการศึกษาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ เลขที่ห้า (โรเนียว) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2515, 71 หน้า.

———————*การบริหารเชิงทฤษฎีคณิตศาสตร์*, เอกสารการศึกษาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ เลขที่สี่ (โรเนียว), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2515, 71 หน้า

ABSTRACT

Transportation Model for Resource Management

One of the ubiquitous problems which face an executive of all organizations is that of allocating limited resources under certain constraints. Usually he has to accomplish objectives with limited manpower, machines, materials, and funds. While he may apply rules of thumbs successfully in simple situations he cannot rely on them to solve really complex problems in a large organization.

The author pointed out that the transportation technique is useful in solving this kind of problems. His description of the transportation model and its method in simplified terms should give students of management who are not familiar with mathematical subtlety ample understanding of this quantitative technique. Examples illustrated range from real transportation problems to other kinds of problems having nothing to do with transportation to enable the students to gain insight in the application of the transportation method.