การปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบลสำหรับวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง

โดย

นางสาวรัชฎาภรณ์ ภู่ห้อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

การปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบลสำหรับวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง

โดย
นางสาวรัชฎาภรณ์ ภู่ห้อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562

AN IMPROVED LABELING ALGORITHM FOR TRANSPORTATION SIMPLEX METHOD.

By

MISS Ratchadakorn POOHOI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2019

หัวข้อ	การปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบลสำหรับวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง
โดย	รัชฎาภรณ์ ภู่ห้อย
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)

....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม)

61405204 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ตัวแบบปัญหาการขนส่ง, วิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง, ขั้นตอนวิธีลาเบล

นางสาว รัชฎาภรณ์ ภู่ห้อย: การปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบลสำหรับวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

ปัญหาการขนส่งเป็นปัญหาพิเศษลักษณะหนึ่งของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นได้ และสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ งานวิจัยนี้มุ้งเน้นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาการขนส่ง ด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง ซึ่งจะต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์ แต่ไม่สามารถใช้ตารางซิมเพล็กซ์ได้ ต้องใช้ขั้นตอนในการวนลูปเข้ามาช่วย เนื่องจากคอมพิวเตอร์ไม่สามารถมองออกได้ว่าควรไปทางซ้ายหรือทางขวา ควรขึ้นหรือลง จึงได้พิจารณาถึงขั้นตอนวิธีการไหลในข่ายงานที่เหมาะสมที่จะนำมาแก้ไขปัญหา คือขั้นตอนวิธีของลาเบล โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบล โดยเรียกขั้นตอนวิธีนี้ว่า Improved Labeling Algorithm หลังจากนั้นนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตรวม โดยจะต้องเป็นปัญหาในรูปแบบของปัญหาการขนส่งแบบสมดุล ผู้วิจัยจะทำการทดลองกับปัญหาทั้งหมด 45 ข้อ เพื่อทดสอบโปรแกรม โดยแบ่งเป็นปัญหาความต้องการสินค้าคงที่จำนวน 15 ข้อ ปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่จำนวน 15 ข้อ และปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิตจำนวน 15 ข้อ จากนั้นทำการหาจุดอ่อนของโปรแกรมสำหรับผู้ที่สนใจจะศึกษาและพัฒนาต่อไป ผลการวิจัยพบว่า ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบของโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทำการทดสอบครั้งนี้ โดยผู้วิจัยทำการทดสอบเทียบกับการใช้ Excel Solver เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลเฉลย

61405204 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : Transportation Model, Transportation Simplex Method, Labeling Algorithm

MISS RATCHADAKORN POOHOI : AN IMPROVED LABELING ALGORITHM FOR TRANSPORTATION SIMPLEX METHOD. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR KANATE PUNTUSAVASE

The transportation problem is one of the special problems in the linear programming model. Which can be written in the form of linear programming model, and be able to solve the problems with simplex algorithm. This research focus on developing program computer to solve the transportation problem by using the transportation simplex method. Solve the reduced cost coefficient without using the simplex tableau, but only the help from looping step method. Computer electronic cannot be making a decision with complex human thought so it needs to be consider using the appropriate way to solve the problem. The solver too using is labeling algorithm from network flow. This research will improve the labeling algorithm calling this “Improved Labeling Algorithm”. Then using it to solve the transportation problem which must be a problem in the form of a balanced transportation problem. The researcher will test it with 45 problems by divined it into three groups. Group 1, 15 questions with the problem of constant demand. Group 2, 15 questions with the problem of constant production. Group 3, 15 questions with the problem of increasing the size of node of demand and node of supply. After the that the researcher will find the weak point of the program for anyone who interested to study and improve it further. The result of the research shown that the solution from the program give the appropriate answer for the problem using in the test. The researcher will also using excel solver to confirm the and prove the answer if it was true.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ ที่ได้มีเมตตา ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการดำเนินการทำงานวิจัย อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการให้คำปรึกษาในการคิดวิธีวิเคราะห์และการพัฒนาโปรแกรม คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะในการตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ อย่างละเอียด และยังช่วยให้คำชี้แนะเกี่ยวกับการนำเสนอผลงาน นอกจากนั้นยังคอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานวิจัยนี้ได้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำแก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่ช่วยสรุปประเด็นและแนะนำวิธีในการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี รองผู้จัดการ ที่ได้อนุเคราะห์ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยทางด้านข้อมูลและส่วนงานต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ รวมถึงทุกคนที่เป็นกำลังใจและคอยให้การช่วยเหลือ สนับสนุนข้าพเจ้าในทุก ๆ ด้าน จนสามารถทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

รัชฎาภรณ์ ภู่ห้อย

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

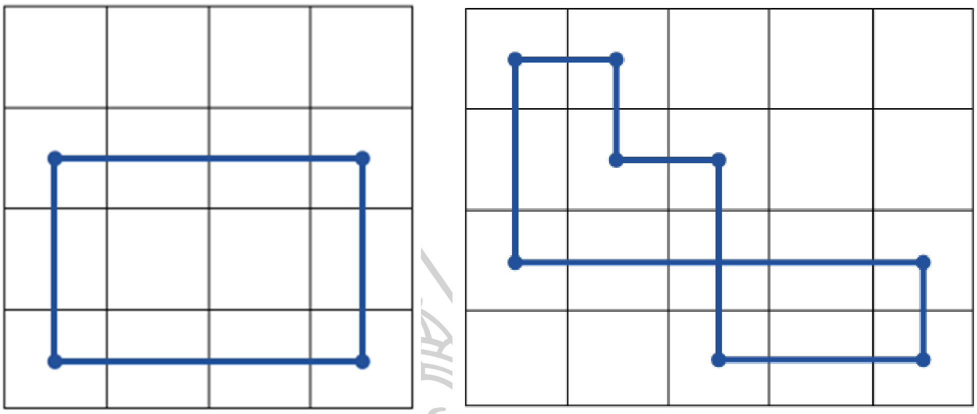
ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัญหาการขนส่งเป็นปัญหาพิเศษลักษณะหนึ่งของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นได้ และสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ แต่เนื่องจากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นที่มีลักษณะเป็นปัญหาการขนส่งนั้น มักจะมีตัวแปรและเงื่อนไขข้อจำกัดค่อนข้างมาก ทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากขึ้น จึงได้มีการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาของปัญหาการขนส่งโดยเฉพาะขึ้นมา และเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพดีมากอีกวิธีการหนึ่ง ช่วยให้การแก้ปัญหาการขนส่งสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

ในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตโดยอาศัยตัวแบบปัญหาการขนส่ง (Transportation Model) สามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ได้สะดวก โดยการใช้โปรแกรมต่าง ๆ เช่น โปรแกรม Lindo, โปรแกรม Matlab และการใช้ Excel Solver อย่างไรก็ตามการใช้ Excel Solver แม้จะเป็นที่รู้จักกันดีในโรงงานอุตสาหกรรม แต่ในรุ่นที่ใช้ฟรีในปัจจุบัน มีการจำกัดจำนวนตัวแปรที่สามารถใช้ได้ ทำให้สามารถใช้งานได้ในวงจำกัด อีกทั้งสำหรับผู้ที่ไม่เคยใช้โปรแกรม Excel Solver หรือไม่มีความถนัดในการใช้โปรแกรมการคำนวณ จะต้องศึกษาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อน หรือฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการเขียนโปรแกรม เพื่อให้ใช้ตัวแปรได้มากกว่ารุ่นที่ใช้ได้ฟรีในปัจจุบันที่จำกัดตัวแปรเอาไว้และผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องของ Excel Solver ก็สามารถใช้งานได้ ซึ่งถือเป็นประโยชน์ในการแกไขปัญหาการขนส่งในภาคอุตสาหกรรม

การนำวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง (Transportation Simplex Method) มาแก้ไขตัวแบบปัญหาการขนส่งได้นั้น จะต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์ (Reduce Cost Coefficient) แต่ไม่สามารถใช้ตารางซิมเพล็กซ์ได้ ต้องใช้ขั้นตอนในการวนลูป ขั้นตอนในการวนลูปนั้นมนุษย์สามารถมองออกได้ด้วยตาเปล่า แต่ในทางกลับกันคอมพิวเตอร์ไม่สามารถมองออกได้ว่าควรไปทางซ้ายหรือทางขวา ควรขึ้นหรือลงดังภาพที่ 1 ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเทียบหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสม พบว่าขั้นตอนวิธีการไหลในข่ายงาน (Network Flow) ที่เหมาะสมจะนำมาแก้ไขปัญหา คือ ขั้นตอนวิธีของลาเบล (Labeling Algorithm) (Winston & Goldberg, 2004) เพื่อใช้ในการหาโหนด

ต้นทาง ไปยังโหนดปลายทาง และสามารถระบุเส้นทางที่โหนดสามารถไหลไปได้ อย่างไรก็ตามไม่สามารถที่จะใช้ขั้นตอนวิธีลาเบลได้อย่างตรงไปตรงมา เนื่องจากมีเรื่องของพิกัด (แถว,สดมภ์) เข้ามาเกี่ยวข้องในตาราง



ภาพที่ 1 การวนลูป (Loop)

ในการปรับปรุงคำตอบขั้นตอนในการโยกย้ายการขนส่งในลูป (พฤทธ์สรรค์ สุทธิไชยเมธี, 2555) การแก้ไขโดยการใช้การไหลในข่ายงาน ในแต่ละช่องการขนส่งแสดงด้วยเครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (-) โดยตารางลำดับเลขที่ทำการวิ่งผ่าน ลำดับที่เป็นเลขคี่จะมีเครื่องหมายบวกซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการขนส่งและลำดับที่เป็นเลขคู่จะมีเครื่องหมายลบซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนการขนส่งด้วยเช่นกัน ดังนั้นขั้นตอนวิธีของการไหลในข่ายงานที่จะนำมาใช้นั้น จะต้องนำมาประยุกต์กับเรื่องดังกล่าวด้วย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเสนอการแก้ไขปัญหาการขนส่ง โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง ร่วมกับขั้นตอนวิธีลาเบล ที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว โดยงานวิจัยนี้จะเรียกขั้นตอนวิธีนี้ว่า Improved Labeling Algorithm โดยงานวิจัยฉบับนี้ใช้โปรแกรม Visual Basic for Application บนโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาการขนส่งได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาการขนส่ง โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง

2. เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาและขนาดของปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ใช้ขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบการขนส่งร่วมกับขั้นตอนวิธีลาเบลที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว (Improved labelling algorithm) มาประยุกต์ใช้กับ Visual basic for application บน Microsoft Excel มาใช้แก้ปัญหาขนส่ง เพื่อศึกษาเวลาและขนาดของปัญหา ที่สามารถหาคำตอบได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่ง ด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบการขนส่ง

2. เพื่อศึกษาเวลาและขนาดของปัญหา ที่สามารถหาคำตอบได้

1.5 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

1. Transportation Model: ตัวแบบปัญหาการขนส่ง

หมายถึง ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงวัตถุดิบหรือสินค้าจากแหล่งต้นทางของวัตถุดิบหรือโรงงานไปสู่จุดปลายทาง ที่ต้องการซึ่งมีระยะทางและค่าขนส่งที่แตกต่างกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของความสามารถในการผลิตและความต้องการสินค้านั้น

2. Decision variable: ตัวแปรตัดสินใจ

หมายถึง ตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจ ซึ่งผู้บริหารหรือผู้มีอำนาจตัดสินใจจะเป็นผู้กำหนด

3. Objective function: ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

หมายถึง ความต้องการสุดท้าย ที่ต้องมากที่สุดหรือน้อยที่สุดแล้วแต่กรณี

4. Constrains: ข้อจำกัด

หมายถึง ข้อจำกัด หรือ เงื่อนไข ที่จำเป็นต้องทำตามหรือหลีกเลี่ยงไม่ได้

5. Labeling Algorithm

หมายถึง อัลกอริทึ่มที่ใช้ในการหาเส้นทางของข่ายงานที่มีการไหลจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่ง โดยการมองหาโหนดข้างเคียงว่าไหลไปยังโหนดใดได้บ้าง

6. Simplex Method: วิธีซิมเพล็กซ์

หมายถึง เป็นวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด ที่มีความเป็นระบบและมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง จะอาศัยหลักการของเมทริกซ์เข้าช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในแต่ละขั้นตอนอย่างมีเหตุผล และเปลี่ยนแปลงไปในทางที่จะนำมาซึ่งผลลัพธ์ที่โมเดลทางคณิตศาสตร์ต้องการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าการแก้ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) ในอุตสาหกรรม โดยอาศัย แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Model) ที่สามารถนำมาแก้ปัญหาการขนส่งได้ โดยอาศัยวิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบการขนส่ง (Transport Simplex Method) และได้พิจารณาถึงขั้นตอนการไหลในข่ายงานที่เหมาะสมที่จะนำมาแก้ไขปัญหา คือขั้นตอนของวิธีลาเบล (Labeling Algorithm) ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการอธิบายและศึกษาในครั้งนี้ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ปัญหาการขนส่ง

ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) (พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 2560) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Model) ได้ และสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด

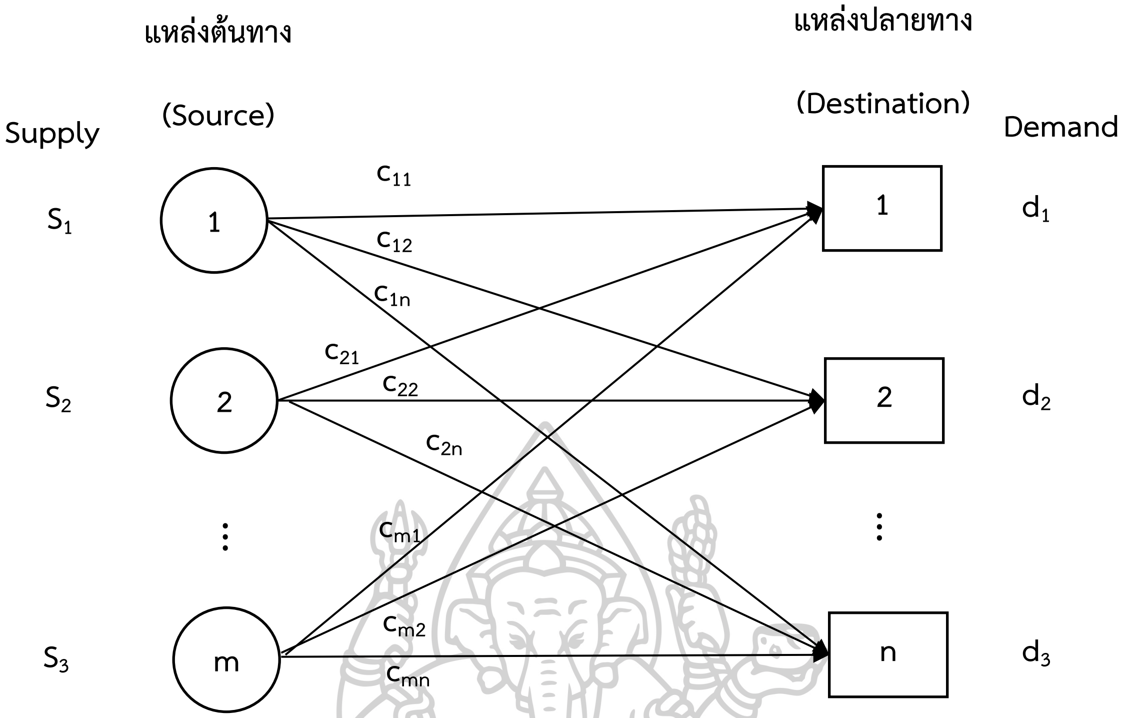
รูปแบบของปัญหาการขนส่ง โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) แหล่งที่เป็นจุดต้นทาง (Sources) ได้แก่โรงงาน หรือแหล่งวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือ หลายชนิด (Supply หรือ อุปทาน) อาจจะมีแหล่งต้นทางอยู่หลายแหล่ง ซึ่งมีความสามารถในการผลิตหรือมีปริมาณวัตถุดิบไม่เท่ากัน

2) แหล่งที่เป็นจุดปลายทาง (Destinations) ได้แก่แหล่งที่มีความต้องการ (Demand หรือ อุปสงค์) วัตถุดิบ หรือ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ เช่น โรงงาน ตลาด หรือคลังสินค้า แหล่งปลายทางนี้อาจจะมีหลายแหล่ง หรือแหล่งเดียวก็ได้

3) ค่าขนส่ง (Transportation Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งจากแหล่งที่เป็นจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางซึ่งการขนส่งระหว่างแต่ละจุดจะมีอัตราที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระยะทางและลักษณะภูมิศาสตร์ของจุดต้นทางและจุดปลายทางแต่ละจุด

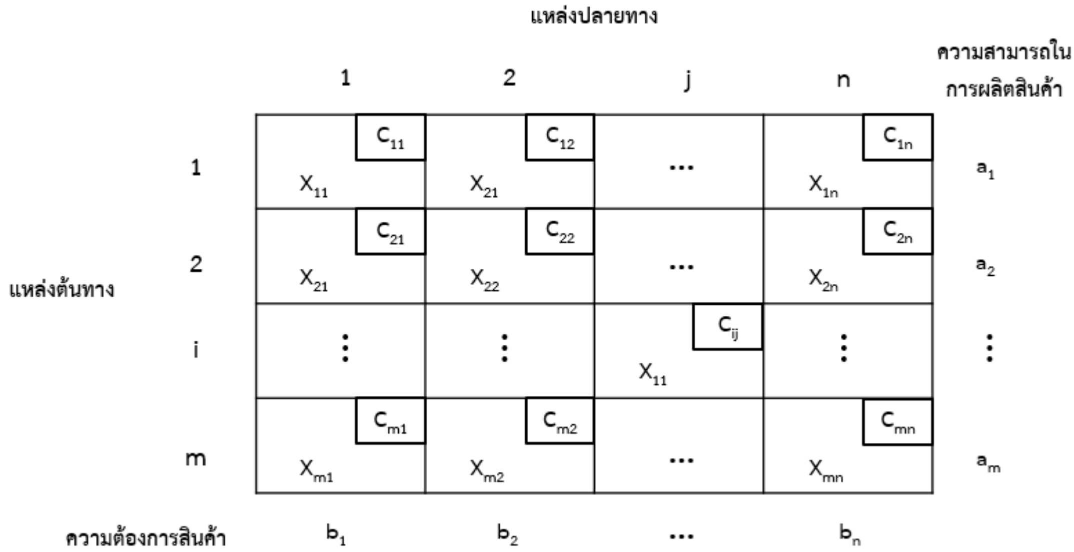
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของปัญหาการขนส่งที่มีการขนส่งจากโรงงาน m แห่ง ไปเก็บไว้ที่คลังสินค้า n แห่ง โดยที่โรงงานแต่ละแห่งตั้งอยู่ในสถานที่ต่าง ๆ กัน ในทำนองเดียวกัน คลังสินค้าทั้ง n แห่งก็ตั้งอยู่ต่างสถานที่กัน



ภาพที่ 2 ลักษณะของปัญหาการขนส่ง

<u>ตารางการขนส่ง (Transportation Tableau)</u>

ถึงแม้ว่าจะได้มีการจัดปัญหาการขนส่งทั่วไปให้มีรูปแบบเป็นปัญหาการขนส่งมาตรฐาน การแก้ปัญหาการขนส่งโดยการหาค่าตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันข้อจำกัดดังกล่าว ยังต้องใช้เวลามาก จึงได้มีผู้คิดทำเครื่องมือที่จะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาการขนส่งได้ง่ายขึ้น เครื่องมือดังกล่าวได้แก่ ตารางการขนส่งดังภาพที่ 3 ตารางการขนส่งแบบแถวนอนเป็นจุดต้นทางและคอลัมน์เป็นจุดปลายทาง



ภาพที่ 3 ตารางการขนส่ง

2.1.2 วิธีตามกฎของมุมพายัพ

วิธีตามกฎของมุมทิศพายัพ (Northwest Corner Rule Method) (Universal Teacher Publications, 2019) เป็นวิธีการหาผลเฉลยที่เป็นไปได้พื้นฐานเริ่มต้น (Initial Basic Feasible Solution) ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยจะพิจารณาในด้านจำนวนสินค้าเท่านั้น จะไม่พิจารณาด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งเลย โดยมีขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการหาคำตอบเบื้องต้น ดังนี้

เริ่มจากมุมบนซ้ายของตารางการขนส่งและจัดสรรค่าหน่วยโดยเปรียบเทียบระหว่างอุปสงค์และอุปทานที่มีอยู่ ปรับตัวเลขอุปสงค์และอุปทานในแถวและคอลัมน์ที่เกี่ยวข้อง หากความต้องการสำหรับเซลล์แรกเป็นไปตามที่กำหนดแล้ว จากนั้นจัดสรรค่าที่เหลือไปทางแถวนอนข้างล่างหรือแถวตั้งถัดไป หากเซลล์ใด ๆ อุปทานเท่ากับอุปสงค์ดังนั้นการจัดสรรครั้งต่อไปสามารถทำได้ในเซลล์ทั้งในแถวหรือคอลัมน์ถัดไปดำเนินการต่อกระบวนการจนกว่าค่าอุปสงค์และอุปทานทั้งหมดจนกระทั่งครบตามเงื่อนไข ดังแสดงคำตอบเบื้องต้นในภาพที่ 4

ในกรณีที่ความต้องการสินค้าและกำลังการผลิตของโรงงานมีค่าเท่ากันพอดี ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการจัดสรร แต่ในกรณีที่ไม่เท่ากัน ต้องกำหนดต้นทางเทียม (Dummy Source) หรือปลายทางเทียม (Dummy Destination)

แหล่งปลายทาง / แหล่งต้นทาง	แหล่งปลายทาง 1	แหล่งปลายทาง 2	แหล่งปลายทาง 3	ความสามารถในการผลิต
แหล่งต้นทาง 1	2 40	4 20	5	**60**
แหล่งต้นทาง 2	3	2 30	7	**30**
แหล่งต้นทาง 3	9	10 30	8 40	**70**
ความต้องการสินค้า	40	80	**40**	160 / 160

ภาพที่ 4 คำตอบที่หาได้ตามวิธีกฎของมุมทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

2.1.3 แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

Linear Programming Model; LP Model (พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 2560) จะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบด้วยกันคือ ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) เงื่อนไขบังคับ (Constraint) และตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) โดยที่การพิจารณาปัญหาของระบบจะมีอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท คือ การพิจารณาปัญหาในการหาค่าสูงสุด (maximization problem) และการพิจารณาปัญหาในการหาค่าน้อยสุด (minimization problem) โดยมีรูปแบบสมการของปัญหาดังนี้

<u>Maximization problem</u>

Objective function $c^T x = c_1x_1+c_2x_2+\dots+c_nx_n$

ที่สอดคล้องกับ constraints

$$\left.\begin{aligned} a_{11}x_1+a_{12}x_2+\dots+a_{1n}x_n &\le b_1 \\ a_{21}x_1+a_{22}x_2+\dots+a_{2n}x_n &\le b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1+a_{m2}x_2+\dots+a_{mn}x_n &\le b_m \end{aligned}\right\} \qquad (Ax \le b)$$

$$x_i \ge 0, \qquad i = 1, 2, \dots, n$$

จะได้แบบฟอร์มทั่วไปของปัญหาในการหาค่าสูงสุด คือ

$$\text{Maximize} \quad c^T x$$

$$\text{Subject to:} \quad Ax \le b$$

$$x \ge 0$$

<u>Minimization problem</u>

Objective function $y^T b = y_1 b_1 + y_2 b_2 + \ldots + y_m b_m$

ที่สอดคล้องกับ constraints

$$\left.\begin{array}{l} y_1 a_{11} + y_2 a_{21} + \ldots + y_m a_{m1} \ge c_1 \\ y_1 a_{12} + y_2 a_{22} + \ldots + y_m a_{m2} \ge c_2 \\ \vdots \\ y_1 a_{1n} + y_2 a_{2n} + \ldots + y_m a_{mn} \ge c_n \end{array}\right\} \quad (y^T A \ge c^T)$$

$$y_i \ge 0, \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

จะได้แบบฟอร์มทั่วไปของปัญหาในการหาค่าสูงสุด คือ

$$\text{Maximize} \quad y^T b$$

$$\text{Subject to:} \quad y^T A \ge c^T$$

$$y \ge 0$$

2.1.4 แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นของปัญหาการขนส่ง

ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) (พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 2560) ไม่ถูกจัดเป็นปัญหาแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นแบบจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Model) แต่สามารถจัดเป็นปัญหาแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Model) ด้วยเหตุนี้ปัญหาการขนส่งที่มีหน่วยเป็นจำนวนเต็มจึงสามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้ (Optimal Solution) โดยตัวแปรตัดสินใจทั้งหใดเป็นจำนวนเต็มเสมอ ดังนั้นแบบจำลองสำหรับปัญหาการขนส่งจึงไม่ต้องทำการกำหนดเงื่อนไขบังคับในส่วนของตัวแปรตัดสินใจ

ในการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นสำหรับปัญหาการขนส่งนั้น จะกำหนดให้ปัญหาการขนส่งมีแหล่งต้นทาง (Sources) จำนวน *m* แหล่ง โดยแหล่งต้นทางที่ *i* (*i* = 1,2, ..., *m*) มี

ความสามารถในการผลิตเท่ากับ a_i หน่วย และมีแหล่งปลายทาง (Sinks) จำนวน n แหล่ง โดยแหล่งปลายทางที่ j (j = 1, 2, ..., n) มีความต้องการสินค้าเท่ากับ b_j หน่วย สำหรับค่าขนส่งต่อหน่วยที่มาจากการขนส่งสินค้าจากแหล่งต้นทาง i ไปยังแหล่งปลายทาง j มีค่าเท่ากับ c_{ij} (i = 1,2, ..., m และ j = 1, 2, ..., n) และสามารถเขียนแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นเชิงเส้นสำหรับปัญหาการขนส่ง และสามารถกำหนดตัวแปรตัดสินใจ โดยในที่นี้จะเป็นแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นสำหรับปัญหาการขนส่งแบบสมดุล (Balanced Transportation Problem) กล่าวคือปัญหาการขนส่งที่แหล่งต้นทางทั้งหมดมีจำนวนสินค้าเท่ากับจำนวนความต้องการสินค้าของแหล่งปลายทาง แสดงได้ดังนี้

ตัวแปรตัดสินใจ

x_{ij} = จำนวนของสินค้าที่ถูกส่งจากแหล่งต้นทาง i ไปยังแหล่งปลายทาง j

(เมื่อ i = 1,2, ..., m และ j = 1, 2, ..., n)

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

Min Z = $c_{11}\, x_{11} + c_{12}\, x_{12} + \ldots + c_{mn}\, x_{mn}$} ฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมในการขนส่งต่ำสุด

Subject to

$$\left.\begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + \ldots + x_{1n} = a_1 \\ x_{21} + x_{22} + \ldots + x_{2n} = a_2 \\ \vdots \\ x_{m1} + x_{m2} + \ldots + x_{mn} = a_m \end{array}\right\}$$

เงื่อนไขบังคับให้แหล่งต้นทางมีสินค้าเท่ากับความสามารถในการผลิต

$$\left.\begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + \ldots + x_{m1} = b_1 \\ x_{21} + x_{22} + \ldots + x_{m2} = b_2 \\ \vdots \\ x_{1n} + x_{2n} + \ldots + x_{mn} = b \end{array}\right\}$$

เงื่อนไขบังคับให้แหล่งปลายทางมีสินค้าเท่ากับความความต้องการสินค้า

$x_{11}, x_{12}, \ldots, x_{mn} \geq 0$ } เงื่อนไขบังคับความไม่เป็นค่าลบ

2.1.5 การหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีซิมเพล็กซ์

วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) (Chinyere Onwubiko, 1999; พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 2560) เป็นวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ที่มีความเป็นระบบและมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง โดยหลักการของวิธีซิมเพล็กซ์ คือ การย้ายฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) จากคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ตัวหนึ่งไปยังคำตอบอีกตัวหนึ่งที่เป็นคำตอบที่ดีกว่าโดยอาศัยทฤษฎีของเมทริกซ์ วิธีซิมเพล็กซ์ เป็นวิธีที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่มีการเกี่ยวข้องกับคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด

การทำวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) โดยใช้ตัวแปรสแลก (Slack Variable)

<u>ปัญหาในการหาค่าสูงสุด</u> (Maximization Problem)

ปัญหาของการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) ถูกเขียนเป็นสมการโดยทั่วไปได้เป็น

"ทำการหาค่าของ x ที่ทำให้เกิดจุด Maximum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $c^T x$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $Ax \leq b$, $x \geq 0$"

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขบังคับ (Constraint) ต่าง ๆนั้นยังไม่เป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งถ้าเราจะทำการเปลี่ยน เงื่อนไขบังคับ (Constraint) ให้เป็นสมการเชิงเส้น เราจะต้องเพิ่มค่าตัวแปรเข้าไปในสมการโดยเขียนใหม่ได้เป็น

$$Ax + u = b$$

ตารางที่ 1 ซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้ตัวแปรสแลก (Slack Variable)

x_1	x_2	$\cdots$	x_n	u_1	u_2	$\cdots$	u_m	Solution constant
a_{11}	a_{12}	$\cdots$	a_{1n}	1	0	$\cdots$	0	b_1
a_{21}	a_{22}	$\cdots$	a_{2n}	0	1	$\cdots$	0	b_2
$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
a_{m1}	a_{m2}	$\cdots$	a_{mn}	0	0	$\cdots$	1	b_m
$-c_1$	$-c_2$	$\cdots$	$-c_n$	0	0	$\cdots$	0	0

จะเห็นได้ว่าแถวสุดท้ายของตารางนั้นได้มาจากการเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $z = c^T x$ ให้เป็น $z - c^T x = 0$ แล้ว นำสมการที่ได้ไปจัดเรียงในแถวสุดท้ายนั่นเอง

หลังจากที่เราได้ตารางซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem)เราจะทำการหาคำตอบของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้ตัวแปรสแลก (Slack Variable)

<u>ปัญหาในการหาค่าต่ำสุด</u> (Minimization Problem)

ปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) ถูกเขียนเป็นสมการโดยทั่วไปได้เป็น

“ทำการหาค่าของ y ที่ทำให้เกิดจุด Minimum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $y^T b$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $y^T A \geq c^T$, $y \geq 0$”

ซึ่งจะเห็นได้ว่า constraint ต่าง ๆนั้นยังไม่เป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งถ้าเราจะทำการเปลี่ยน constraint ให้เป็นสมการเชิงเส้น เราจะต้องเพิ่มค่าตัวแปรเข้าไปในสมการ โดยเขียนใหม่ได้เป็น

$$-y^T A + s^T = -c^T$$

ตารางที่ 2 ซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้ตัวแปรสแลก (Slack Variable)

y_1	y_2	$\cdots$	y_n	s_1	s_2	$\cdots$	s_m	Solution constant
$-a_{11}$	$-a_{12}$	$\cdots$	$-a_{1n}$	1	0	$\cdots$	0	$-c_1$
$-a_{21}$	$-a_{22}$	$\cdots$	$-a_{2n}$	0	1	$\cdots$	0	$-c_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
$-a_{m1}$	$-a_{m2}$	$\cdots$	$-a_{mn}$	0	0	$\cdots$	1	$-c_m$
$-b_1$	$-b_2$	$\cdots$	$-b_n$	0	0	$\cdots$	0	0

จะเห็นได้ว่าแถวสุดท้ายของตารางนั้นได้มาจากการเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $z = y^T b$ ให้เป็น $z - y^T b = 0$ แล้ว นำสมการที่ได้ไปจัดเรียงในแถวสุดท้ายนั่นเอง

หลังจากที่เราได้ตารางซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) เราจะทำการหาคำตอบของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem)โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้ตัวแปรสแลก (Slack Variable)

การทำวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) โดยการดำเนินการหมุนแกน Pivot Operation

ปัญหาของการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem)

ปัญหาของการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) ถูกเขียนเป็นสมการโดยทั่วไปได้เป็น

"ทำการหาค่าของ x ที่ทำให้เกิดจุด Maximum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $c^T x$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $Ax \leq b$, $x \geq 0$"

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขบังคับ (Constraint) ต่าง ๆนั้นยังไม่เป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งถ้าเราจะทำการเปลี่ยน เงื่อนไขบังคับ (Constraint) ให้เป็นสมการเชิงเส้น เราจะต้องเพิ่มค่าตัวแปรเข้าไปในสมการ โดยเขียนใหม่ได้เป็น

$$Ax + u = b \text{ หรือ } u = b - Ax$$

โดยจะสามารถนำปัญหานี้มาเขียนใหม่ได้เป็น

"ทำการหาค่าของ x และ u ที่ทำให้เกิดจุด Maximum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $c^T x$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $u = b - Ax$, $x \geq 0$ และ $u \geq 0$"

ทั้งนี้จะสามารถเรียก ตัวแปร u นี้ว่าเป็นตัวแปรสแลก (Slack Variable) จากเงื่อนไขข้อบังคับ (Constraint) ที่จัดให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นโดยมีตัวแปรสแลก (Slack Variable) อยู่ด้วยนั้น จะสามารถจัดรูปแล้วนำมาเขียนลงในตารางได้เป็น

$$-u = Ax - b$$

ตารางที่ 3 ซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) โดยใช้หลักการเลือกจุดหมุน (Pivot)

	x_1	x_2	$\cdots$	x_n	-1
$-u_1$	a_{11}	a_{12}	$\cdots$	a_{1n}	b_1
$-u_2$	a_{21}	a_{22}	$\cdots$	a_{2n}	b_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
$-u_m$	a_{m1}	a_{m2}	$\cdots$	a_{mn}	b_m
Z	$-c_1$	$-c_2$	$\cdots$	$-c_n$	0

จะเห็นได้ว่าแถวสุดท้ายของตารางนั้นได้มาจากการเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $z = c^T x$ ให้เป็น $z - c^T x = 0$ แล้ว นำสมการที่ได้ไปจัดเรียงในแถวสุดท้ายนั่นเอง จะเรียกตารางนี้ว่าเป็น ตารางซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) จากนั้นจะทำการหาคำตอบของปัญหาในการหาค่าสูงสุด (Maximization Problem) โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้หลักการเลือกจุดหมุน (Pivot)

<u>ปัญหาในการหาค่าต่ำสุด</u> (Minimization Problem)

ปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) ถูกเขียนเป็นสมการโดยทั่วไปได้เป็น

"ทำการหาค่าของ y ที่ทำให้เกิดจุด Minimum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $y^T b$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $y^T A \geq c^T$, $y \geq 0$"

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขบังคับ (Constraint) ต่าง ๆนั้นยังไม่เป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งถ้าเราจะทำการเปลี่ยนเงื่อนไขบังคับ (Constraint)ให้เป็นสมการเชิงเส้น เราจะต้องเพิ่มค่าตัวแปรเข้าไปในสมการ โดยเขียนใหม่ได้เป็น

$$y^T A = c^T + s^T \text{ หรือ } s^T = y^T A - c^T$$

โดยจะสามารถนำปัญหานี้มาเขียนใหม่ได้เป็น

"ทำการหาค่าของ y ที่ทำให้เกิดจุด Minimum ในฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $y^T b$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับ (Constraint) : $s^T = y^T A - c^T$, $y \geq 0$ และ $s \geq 0$"

ทั้งนี้จะสามารถเรียก ตัวแปร u นี้ว่าเป็นตัวแปรสแลก (Slack Variable) จากเงื่อนไขข้อบังคับ (Constraint) ที่จัดให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นโดยมีตัวแปรสแลก (Slack Variable) อยู่ด้วยนั้น จะสามารถจัดรูปแล้วนำมาเขียนลงในตารางได้เป็น

$$s^T = y^T A - c^T$$

ตารางที่ 4 ซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) โดยใช้หลักการเลือกจุดหมุน (Pivot)

	s_1	s_2	$\cdots$	s_n	-1
y_1	a_{11}	a_{12}	$\cdots$	a_{1n}	b_1
y_2	a_{21}	a_{22}	$\cdots$	a_{2n}	b_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
y_m	a_{m1}	a_{m2}	$\cdots$	a_{mn}	b_m
1	$-c_1$	$-c_2$	$\cdots$	$-c_n$	0

จะเห็นได้ว่าแถวสุดท้ายของตารางนั้นได้มาจากการเขียนฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) $z = y^Tb$ ให้เป็น $z - y^Tb = 0$ แล้ว นำสมการที่ได้ไปจัดเรียงในแถวสุดท้ายนั่นเอง จะเรียกตารางนี้ว่าเป็น ตารางซิมเพล็กซ์ (Simplex Tableau) ของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) จากนั้นจะทำการหาคำตอบของปัญหาในการหาค่าต่ำสุด (Minimization Problem) โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์โดยใช้หลักการเลือกจุดหมุน (Pivot)

2.1.5 ขั้นตอนวิธีลาเบล

Labeling Algorithm (Ravindra, Thomas, & James) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาเส้นทางของข่ายงานที่มีการไหลจากโหนดต้นทาง (source: s) ไปยังโหนดปลายทาง (sink: t) โดยเริ่มจากการมองหาโหนดข้างเคียงว่าโหนด s สามารถไหลไปยังโหนดใดได้บ้าง เมื่อโหนดแรกเข้าไปในข่ายงานแล้ว จะทำการมองหาโหนดถัดไป เพื่อจะทำการเข้าไปในข่ายงานถัดไป โดยตรวจสอบว่าโหนด s เข้าไปในโหนดใดแล้วบ้าง ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนพบโหนดที่ต้องการหรือสำรวจครบทุกโหนดแล้ว จนกระทั่งพบเส้นทางจากโหนด s ไปยังโหนด t

Genetic Algorithm labeling

algorithm labeling;

begin

label node ***t***;

while ***t*** is labeled **do**

begin

unlabel all nodes;

set pred(*j*): = 0 for each $j \in N$;

label node s and set LIST: = { s };

while LIST $\neq \emptyset$ or ***t*** is unlabeled **do**

begin

remove a node *i* from LIST

for each arc (*i*, *j*) in the residual network emanating from node *i* **do**

if $r_{ij} > 0$ and node *j* is unlabeled **then**

set pred(*j*): = *i*, label node *j*, and add *j* to LIST;

end;

If ***t*** is labeled **then** augment

end;

end;

2.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเป็นการกล่าวถึงการศึกษาหาแนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่มีลักษณะไปในทางทิศทางเดียวกัน และนำมาใช้เป็นข้อมูล สำหรับเป็นแนวทางในการศึกษาการใช้วิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง ร่วมกับขั้นตอนวิธีลาเบล สำหรับการแก้ไขปัญหาการขนส่ง เพื่อศึกษาเวลาและขนาดของปัญหา ที่สามารถหาคำตอบได้ โดยมีดังนี้

2.2.1 ปัญหาการขนส่ง

Shi , Arthanari , Liu, & Yang (Shi, Arthanari, Liu, & Yang, 2019) ได้กล่าวถึงการศึกษาความยั่งยืนของการจัดการด้านการขนส่งโดยการสร้างแบบจำลองแบบบูรณาการและสนับสนุน จุดประสงค์ของการศึกษานี้คือ การสำรวจปฏิสัมพันธ์ที่มีพลวัตในมิติต่าง ๆของระบบการขนส่งที่ยั่งยืนจากมุมมองของ บริษัท รถบรรทุก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอเสาหลักของความยั่งยืน จากนั้นจึงพัฒนาโมเดลการจัดการการขนส่งอย่างยั่งยืนแบบบูรณาการโดยวิธี Integrated sustainable transportation management (STM) ซึ่งการศึกษานี้คือการสำรวจประเด็นความยั่งยืนที่เกิดขึ้นจากท่าเรือโอ๊คแลนด์ จากการศึกษาพบว่า ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ มิติด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

Karagul, & Sahin (Karagul & Sahin, 2019)ได้กล่าวถึงการเสนอวิธีการใหม่ในหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาการขนส่ง โดยวิธีการใหม่นี้เรียกว่า วิธีการประมาณ Karagul-Sahin ถูกเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้น 6 วิธีในการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้การทดสอบ 24 ปัญหา เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ วิธีที่เสนอนั้นได้ผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุดถึง 17 ปัญหา สรุปการแก้ปัญหาที่ได้จากวิธีที่เสนอนั้นดีเท่ากับวิธีที่ได้จากวิธีของ Vogel และเร็วเท่ากับวิธีของมุมพายัพ

Amaliah, Fatichah, & Suryani (Bilqis, Chastine, & Erma, 2019) ได้กล่าวถึงการเสนอวิธีการใหม่ที่เรียกว่าเมทริกซ์ต้นทุนรวมโอกาส - ผลรวมขั้นต่ำ (TOCM-MT) เพื่อพิจารณาผลเฉลยที่เป็นไปได้พื้นฐานเริ่มต้น เป็นวิธีแก้ปัญหาพื้นฐานเพื่อแก้ไขปัญหาการขนส่ง วิธีที่เสนอนั้นได้รับการเปรียบเทียบกับวิธีการประมาณค่าของ Vogel (VAM), วิธี Juman และ Hoque (JHM) และวิธีผลต่างรวมหนึ่ง (TDM1) พบว่า TOCM-MT ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีตัวอย่างตัวเลข 24 ตัวเลข ที่มีค่าใกล้เคียงกันและตัวอย่างตัวเลข 7 ตัวเลข ที่ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ที่ดีที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า TOCM-MT มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดกว่า VAM, JHM และ TDM1

A. Khan (Muztoba Ahmad Khan, 2014)ได้กล่าวถึงการวางแผนการแก้ไขปัญหาการขนส่งด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ โดยนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการขนส่งของบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งยาจุดกันยุงจากคลังสินค้าของบริษัทไปยังคลังสินค้าของผู้จำหน่าย โดยอาศัยการใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ด้วย Excel Solver ผลที่ได้พบว่าสามารถลดต้นทุนการขนส่งซึ่งจะส่งผลให้ผลกำไรเพิ่มขึ้น ภายใต้ข้อจำกัดที่ทำการตั้งไว้

2.2.2 วิธีตามกฎของมุมพายัพ

Klinza, & J. Woegingerb (Bettina & Gerhard, 2010) ได้กล่าวถึงการเรียงสับเปลี่ยนของแถวและคอลัมน์ของปัญหาการขนส่งที่ทำให้กฎของมุมพายัพสามารถแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้เงื่อนไขและกฎของมุมพายัพ จะสามารถหาทางออกที่ดีที่สุดได้ ซึ่งการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงที่ดีนั้นเป็นสิ่งที่ยากต่อการคำนวณได้ และได้ทำการจำแนกกรณีที่การเรียงสับเปลี่ยน Gilmore et al. ได้อธิบายถึงลักษณะระยะทางสำหรับปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน ภายใต้ทั้งหมดซึ่งเซลล์แมนมีระยะทางเท่ากัน

2.2.3 แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

M.R.Aboelmagd (Aboelmagd, 2018) ได้กล่าวถึงการนำแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นมาใช้ในการจัดการการก่อสร้าง โดยใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ดีที่สุด ซึ่งมุ่งเน้นเกี่ยวกับปัญหาต้นทุนและเวลาที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ซอฟแวร์ Lindo ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สามารถใช้เพื่อสำรวจโอกาสที่เป็นไปได้มากขึ้นในการทำนายอิทธิพลของการตัดสินใจสำหรับการก่อสร้าง เพื่อช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการจัดการ แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นแสดงให้เห็นถึงการกระทำที่หลากหลายสำหรับ ปัญหาการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาค่าใช้จ่ายและปัญหาเวลา โดยจะคำนวณค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและเวลาที่สั้นที่สุด

Chandrakantha (Leslie Chandrakantha, 2014) ได้แสดงให้เห็นถึงการใช้การสร้างแบบจำลองสเปรดชีตและ Excel Solver ในการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น

ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับปัญหาการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถนำมาปรับใช้ได้ในหลายสาขา โดยสามารถสร้างแบบจำลองและแก้ไขโดยใช้ Excel Solver เช่น การผลิต การขนส่ง การวางแผนทางการเงิน และการจัดตารางเวลา

2.2.4 วิธีซิมเพล็กซ์

Cerdà , Cerdà, & M.Idris (Cerdà, Cerdà, & Idris, 2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้วิธี Gradient and simplex โดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แต่ละตัว ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นไปที่ Gradient method ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำอนุพันธ์ย่อยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับ Simplex method ที่ไม่ได้ต้องการเงื่อนไขนั้น จากการศึกษาพบว่า ในวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดตามลำดับวิธี Gradient method แนะนำสำหรับฟังก์ชั่นที่มีตัวแปรหลายตัวและอนุพันธ์บางส่วนที่หาได้ ในขณะที่แนะนำให้ใช้วิธี Simplex method สำหรับฟังก์ชั่นที่มีตัวแปรหลายตัว

2.2.5 ลาเบลอัลกอริทึม

Kim, & Cho (Kim & Cho, 2019) ได้กล่าวถึงการระบุดาวดวงใหม่โดยใช้เทคนิคลาเบลอัลกอริทึม มีการเสนออัลกอริทึมสำหรับการระบุดาวดวงใหม่สำหรับการกำหนดตำแหน่งของเซ็นเซอร์ดาวในกรณีที่หายไปในอวกาศ ซึ่งแต่ก่อนนั้นไม่มีข้อมูลของตำแหน่งก่อนหน้านี้ โดยการนำลาเบลอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยการติดลาเบลเพื่อเป็นตัวแทนของกลุ่มดาวแต่ละดวง มีการให้ค่าของแต่ละลาเบลจะมีการระบุดาวหลายดวงพร้อมกันโดยไม่ต้องทำงานซ้ำซ้อนในการค้นหา ลาเบลอัลกอริทึมช่วยให้สามารถระบุได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Soni, & S.P. Varma (Radhe Shyam Soni, 2015) ได้กล่าวถึงการนำวิธีลาเบลมาใช้สำหรับปัญหาการไหลสูงสุดในข่ายงาน โดยวิธีของลาเบลจะทำการติดลาเบลให้กับโหนดของข่ายงานอย่างเป็นระบบจนกว่าจะได้ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด วิธีลาเบลสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ เช่น ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ปัญหาการไหลสูงสุด ปัญหาการไหลของต้นทุนที่ต่ำที่สุด เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน ข่ายงาน เช่น ข่ายงานของสายโทรศัพท์ ทางหลวง การรไฟ ท่อน้ำ เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของข่ายงานดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ตารางที่ 5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	ปีที่ตีพิมพ์	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา	ผลการดำเนินงาน
Yangyan Shi, Tiru Arthanari, Xiaojing Liu and Brenda Yang	2018	การศึกษาความยั่งยืนของการจัดการด้านการขนส่งโดยการสร้างแบบจำลองแบบบูรณาการ เพื่อเสนอเสาหลักของความยั่งยืน	Integrated sustainable transportation management (STM)	เครื่องมือมีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ มิติด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน
Kenan Karagul a, Yusuf Sahin	2019	วิธีการประมาณค่าแบบใหม่ในการแก้ปัญหาเบื้องต้นขั้นพื้นฐานที่เป็นไปได้ของปัญหาการขนส่ง	Karagul-Sahin Approximation Method (KSAM)	การแก้ปัญหาที่ได้จาก KSAM ดีเทียบเท่ากับวิธีการของ Vogel's และรวมเร็วเทียบเท่ากับวิธีตามกฎของมุมพายัพ
Bilqis Amaliah, Chastine Fatichah, Erma Suryani	2019	การเสนอวิธีการใหม่ที่เรียกว่าเมทริกซ์ต้นทุนรวมโอกาส - ผลรวมขั้นต่ำ (TOCM-MT) เพื่อพิจารณาผลเฉลยที่เป็นไปได้พื้นฐานเริ่มต้นเป็นวิธีแก้ปัญหาพื้นฐานเพื่อแก้ไขปัญหาการขนส่ง	เมทริกซ์ต้นทุนรวมโอกาส - ผลรวมขั้นต่ำ (TOCM-MT)	TOCM-MT ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีตัวอย่างตัวเลข 24 ตัวเลข ที่มีค่าใกล้เคียงกันและตัวอย่างตัวเลข 7 ตัวเลข ที่ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ที่ดีที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า TOCM-MT มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด
Muztoba Ahmad Khan	2014	การใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ด้วย Excel Solver	Linear Programming	สามารถลดต้นทุนการขนส่งซึ่งจะส่งผลให้ผลกำไรเพิ่มขึ้นภายใต้ข้อจำกัดที่ทำการตั้งไว้

ตารางที่ 5 (ต่อ) สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	ปีที่ตีพิมพ์	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา	ผลการดำเนินงาน
BettinaKlinza ,GerhardJ.Woeginger b	2011	การเรียงสับเปลี่ยนของแถวและคอลัมน์ของปัญหาการขนส่งที่ทำให้กฎของมุมพายัพ	Northwest Corner Rule	สามารถแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้เงื่อนไขและกฎของมุมพายัพ
Yasser M.R. Aboelmagd	2018	ประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ต้นทุนที่ดีที่สุด ซึ่งมุ่งเน้นเกี่ยวกับปัญหาต้นทุนและเวลาที่เกี่ยวข้อง	Linear Programming Model	สามารถช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการจัดการโดยจะคำนวณค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและเวลาที่สั้นที่สุด
Leslie Chandrakantha	2014	การใช้การสร้างแบบจำลองสเปรดชีตและ Excel Solver ในการแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น	Excel Solver	สามารถนำมาปรับใช้ได้ในหลายสาขา โดยสามารถสร้างแบบจำลองและแก้ไขโดยใช้ Excel Solver เช่น การผลิต การขนส่ง การวางแผนทางการเงิน และการจัดตารางเวลา
Víctor Cerdà, JuanLuisCerdà and AbubakrM.Idris	2016	การเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้วิธี Gradient and simplex โดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แต่ละตัว	Gradient and simplex method	ในวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดตามลำดับวิธี Gradient method แนะนำสำหรับฟังก์ชั่นที่มีตัวแปรหลายตัวและอนุพันธ์บางส่วนที่หาได้ ในขณะที่แนะนำให้ใช้วิธี Simplex method สำหรับฟังก์ชั่นที่มีตัวแปรหลายตัว

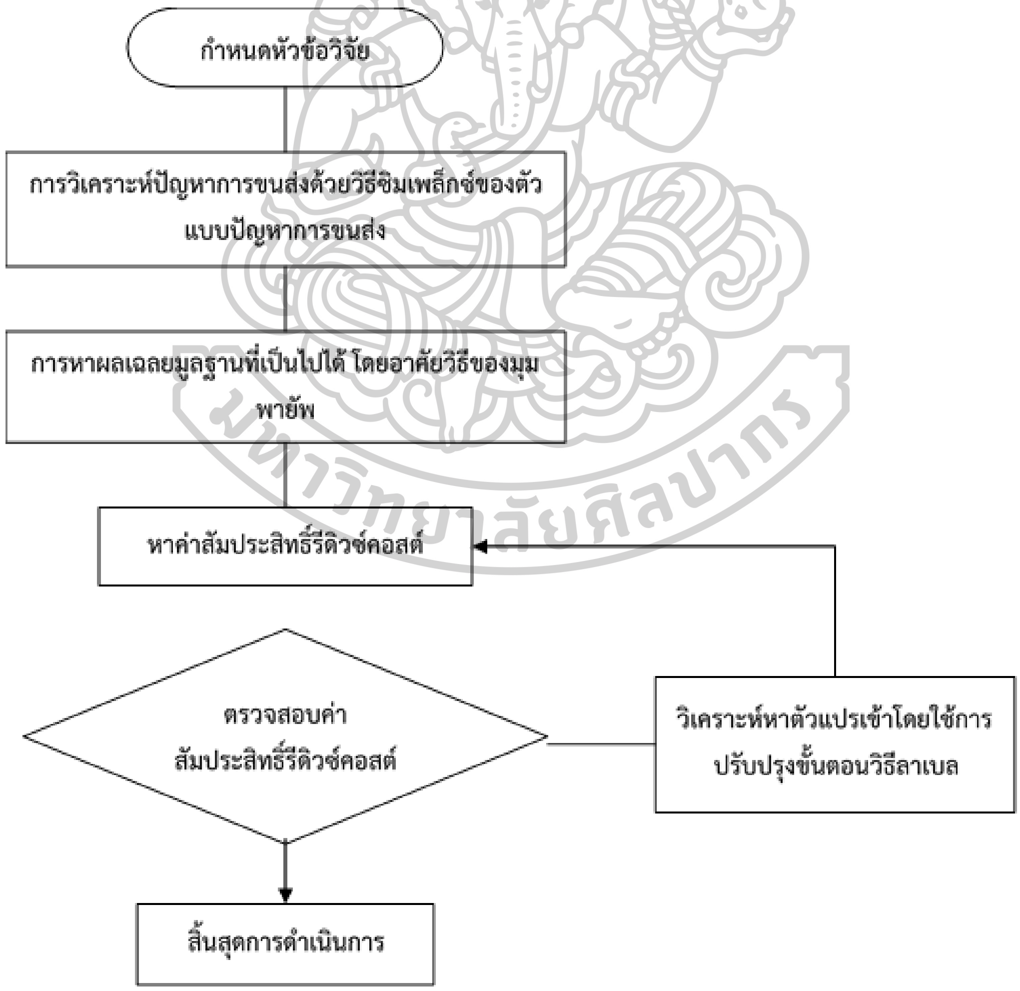
ตารางที่ 5 (ต่อ) สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	ปีที่ตีพิมพ์	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา	ผลการดำเนินงาน
Sangkyun Kim, Mengu Cho	2019	การระบุดาวดวงใหม่สำหรับกำหนดตำแหน่งเซ็นเซอร์ของดาวในกรณีที่หายไปในอวกาศ	Labelling Algorithm	สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
Radhe Shyam Soni, S.P. Varma	2015	การนำวิธีลาเบลมาใช้สำหรับปัญหาการไหลสูงสุดในข่ายงาน	Labeling Method	วิธีลาเบลสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ เช่น ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ปัญหาการไหลสูงสุด ปัญหาการไหลของต้นทุนที่ต่ำที่สุด เป็นต้น การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ของข่ายงานดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งหมดทำให้เห็นว่า ปัญหาการขนส่งมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง ที่จะนำมามาทำการศึกษา นอกจากนี้จะนำขั้นตอนวิธีลาเบลมาปรับปรุงโดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาเวลาและขนาดของปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้และจะเรียกวิธีลาเบลที่ปรับปรุงแล้วนี้ว่า “Improved Labelling Algorithm” แต่ทั้งนี้ยังไม่พบผู้ใดพัฒนาเป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงการใช้งานได้อย่างง่ายและเน้นการใช้ได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหาการขนส่ง ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงการใช้งานผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ได้ และมีความสะดวกต่อการใช้งาน

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างโปรแกรมด้วย Visual Basic for Application ในโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการแก้ปัญหาการขนส่ง เพื่อศึกษาเวลาและขนาดของปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้ โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยการกำหนดหัวข้อวิจัย การวิเคราะห์ปัญหาการขนส่ง ศึกษาหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้โดยอาศัยวิธีของมุมพายัพ การวิเคราะห์ในระบบสมการซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์ ตรวจสอบสัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์โดยใช้ขั้นตอนวิธีลาเบล ซึ่งจะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ จะเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด จึงจะสิ้นสุดการดำเนินการ แสดงขั้นตอนการดำเนินการดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การกำหนดหัวข้อวิจัย การวิเคราะห์ปัญหาการขนส่ง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาการขนส่ง เนื่องจากปัญหาการขนส่งเป็นปัญหาพิเศษลักษณะหนึ่งของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น เป็นปัญหาในการตัดสินใจเลือกจำนวนวัสดุที่จะต้องถูกส่งจากแหล่งต้นทาง (Sources) ไปยังแหล่งปลายทาง (Sink) ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาถึงความต้องการสินค้า เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมในการขนส่ง (Total Transportation Cost) ต่ำที่สุด

การวิเคราะห์ปัญหาการขนส่ง หากปัญหาการขนส่งที่ต้องการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดเป็นปัญหาการขนส่งแบบไม่สมดุล จะต้องแปลงปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการขนส่งแบบสมดุล (Balanced Transportation Problem) กล่าวคือความสามารถในการผลิตของแหล่งต้นทางจะต้องสมดุลกับความต้องการสินค้าของแหล่งปลายทาง ดังภาพที่ 6

	A	B	C	D	E	F
1		City1	City2	City3	City4	Capacity
2	Plant1	8	6	10	9	35
3	Plant2	9	12	13	7	50
4	Plant3	14	9	16	5	40
5	Demand	45	20	30	30	**125**

ภาพที่ 6 ปัญหาการขนส่งแบบสมดุล

ในสภาพที่เป็นจริง อาจพบปัญหาการขนส่งในลักษณะไม่สมดุลกันระหว่างความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตสินค้า หรือผลบวกของแถวแนวนอนไม่เท่ากับผลบวกของคอลัมน์แนวตั้ง ดังภาพที่ 7

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		City1	City2	City3	City4	Capacity		
2	Plant1	8	6	10	9	35		
3	Plant2	9	12	13	7	50		
4	Plant3	14	9	16	5	60		
5	Demand	45	20	30	30			**125**
6								
7						**145**		

ภาพที่ 7 ปัญหาการขนส่งแบบไม่สมดุล

โดยสามารถแบ่งปัญหาการขนส่งแบบไม่สมดุลออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. เมื่ออุปสงค์น้อยกว่าอุปทาน กล่าวคือ ความต้องการสินค้าน้อยกว่าความสามารถในการผลิตสินค้า

2. เมื่ออุปสงค์มากกว่าอุปทาน กล่าวคือ ความต้องการสินค้ามากกว่าความสามารถในการผลิตสินค้า

วิธีการในการแก้ปัญหาคือ เพิ่มตัวแปรสมมติ (Dummy) เข้าไปในด้านที่ขาด โดยมีจำนวนสินค้าเท่ากับที่ขาดและกำหนดให้ค่าขนส่งทุกช่องของตัวแปรสมมติเท่ากับ M (จำนวนที่มีค่ามาก ๆ เนื่องจากต้องการพิจารณาถึงต้นทุนรวมในขนส่ง เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมในการขนส่งต่ำที่สุด) ดังภาพที่ 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		City1	City2	City3	City4	Dummy	Capacity		
2	Plant1	8	6	10	9	50	35		
3	Plant2	9	12	13	7	50	50		
4	Plant3	14	9	16	5	50	60		
5	Demand	45	20	30	30	20			145
6									
7							145		

ภาพที่ 8 ปัญหาการขนส่งแบบสมดุลหลังจากการเพิ่มตัวแปรสมมติ

3.2 ศึกษาหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ โดยอาศัยวิธีของมุมพายัพ

วิธีของมุมพายัพ จะเริ่มการพิจารณาในด้านความต้องการสินค้าและความสามารถในด้านการผลิต โดยจะเริ่มการคำนวณที่ช่องมุมซ้ายสุดของตาราง จัดสรรความต้องการ หรือความสามารถในการผลิตที่มากที่สุดลงในช่องนี้ และทำการจัดสรรจำนวนออก หากมีจำนวนเหลือให้จัดสรรไปยังช่องต่อไปในแนวนอนให้ไปด้านขวา ส่วนในแนวตั้งให้ไปด้านล่าง จนกระทั่งครบตามเงื่อนไข

การศึกษาหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ โดยกำหนดค่าในเซลล์ (i,j) หรือ xij (เมื่อ i = 1,2,...,m และ j = 1,2,...,n) โดยทุกตัวมีค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์ ซึ่งเซลล์ใดในตารางที่มีค่าเป็นศูนย์ จะกำหนดให้เป็นเซลล์ว่าง จะกำหนดให้ i = 1 และ j= 1 โดยเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตสินค้าและความต้องการสินค้า ค้นหาเซลล์ที่ (i,j) ของตารางการขนส่งที่จะทำการกำหนดค่าใหม่ตามกรณีดังนี้

กรณีที่ 1 : ถ้าแหล่งต้นทางที่ i (Source i) ยังมีจำนวนสินค้าที่ยังไม่ได้ส่งเหลืออยู่ แต่แหล่งปลายทางที่ j (Sink j) ได้รับสินค้าครบตามจำนวนแล้ว ให้เพิ่ม j ขึ้นไป 1 ในขณะที่ i ยังคงเดิม

กรณีที่ 2 : ถ้าแหล่งต้นทางที่ i (Source i) ไม่มีจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่แล้ว แต่แหล่งปลายทางที่ j (Sink j) ยังได้รับสินค้าไม่ครบตามจำนวน ให้เพิ่ม i ขึ้นไป 1 ในขณะที่ j ยังคงเดิม

กรณีที่ 3 : ถ้าแหล่งต้นทางที่ i (Source i) ไม่มีจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่แล้ว และแหล่งปลายทางที่ j (Sink j) ได้รับสินค้าครบตามจำนวนแล้ว ให้เพิ่ม i และ j ขึ้น 1 ทั้งคู่

ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งแหล่งปลายทางทั้งหมดได้รับสินค้าครบตามจำนวนที่ต้องการ

	A	B	C	D	E	F
1		City1	City2	City3	City4	Capacity
2	Plant1	35	0	0	0	35
3	Plant2	10	20	20	0	50
4	Plant3	0	0	10	30	40
5	Demand	45	20	30	30	

ภาพที่ 9 ผลเฉลยเริ่มต้นที่เป็นไปได้ด้วยวิธีมุมพายัพ

จำนวนตัวแปรมูลฐาน (Basic Variable) ที่ได้รับการจัดสรรในตารางการขนส่งจะต้องเท่ากับผลบวกของจำนวนแถวแนวนอนและคอลัมน์แนวตั้ง ลบด้วย 1 หรือ $m+n-1$ แต่ถ้าตัวแปรมูลฐานน้อยกว่า $m+n-1$ แสดงว่าเกิด Degeneracy ขึ้น ซึ่งทำให้ไม่สามารถคำนวณหาผลเฉลยที่เหมาะสมได้

3.3 การวิเคราะห์ในระบบสมการซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่งเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์สำหรับการวิเคราะห์การหาตัวแปรเข้า

การหาค่าสัมประสิทธิ์รีดิวซ์คอสต์ จะพิจารณาตัวแปร u(i) ของเงื่อนไขความสามารถในด้านการผลิต และ v(j) ของเงื่อนไขความต้องการ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์สำหรับค่าที่เหมาะสมที่สุดของตารางตัวแปรมูลฐาน (c(i,j)) โดยการสร้างสมการ u(i) + v(j) = c(i,j) สำหรับตัวแปรมูลฐาน กำหนดให้ u(i) = 0 และทำการหาค่า u(i) และ v(j)

การหาตัวแปรเข้า จะพิจารณาหาตัวแปรอมูลฐาน (Nonbasic Variable) ที่ทำให้ $\bar{c}(i, j)$ มากที่สุดเป็นตัวแปรเข้า (สำหรับปัญหาการหาค่าต่ำสุด จะเลือกตัวที่มีค่าบวกมากที่สุดเป็นตัวแปรเข้า) จากภาพที่ 10 จะเห็นว่า ตัวแปรเข้าคือ 6 จากนั้นทำการวนหาตัวแปรออก สำหรับการวนหาตัวแปรออกนั้นเป็นจุดที่ต้องมีการนำขั้นตอนวิธีลาเบลเข้ามาช่วย

	A	B	C	D	E	F
1		City1	City2	City3	City4	Capacity
2	Plant1	0	5	2	-8	35
3	Plant2	0	0	0	-5	50
4	Plant3	-2	6	0	0	40
5	Demand	45	20	30	30	

ภาพที่ 10 ตัวแปรอมูลฐานที่ใช้ในการพิจารณาเป็นตัวแปรเข้า

3.4 การปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบล โดยเรียกขั้นตอนวิธีนี้ว่า Improved Labelling Algorithm

ขั้นตอนวิธีลาเบลทำหน้าที่ในการค้นหาเส้นทาง โดยโหนดต้นทาง (Source: s) ไปยังโหนดปลายทาง (Sink: t) โดยเริ่มจากการมองหาโหนดข้างเคียงว่าโหนด s สามารถไหลไปยังโหนดใดได้บ้าง

เมื่อโหนดแรกเข้าไปในข่ายงานแล้ว จะทำการมองหาโหนดถัดไป เพื่อจะทำการเข้าไปในข่ายงานถัดไป โดยตรวจสอบว่าโหนด s เข้าไปในโหนดใดแล้วบ้าง ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนพบโหนดที่ต้องการหรือสำรวจครบทุกโหนดแล้ว จนกระทั่งพบเส้นทางจากโหนด s ไปยังโหนด t (Ravindra et al.) โดยพบว่าการนำขั้นตอนวิธีลาเบลเข้ามาช่วยจะพบปัญหาหลัก ๆ 3 ข้อ ดังนี้ 1) โหนดในขั้นตอนวิธีลาเบลเป็นเพียงเลขหลักเดียว แต่ในขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์เป็นพิกัดคู่อันดับ 2) ในการวนลูปนั้น เมื่อวิ่งเข้าลูปแล้วจะทำการออกทันที แต่ในขั้นตอนวิธีซิมเพล็กซ์จะไม่สามารถวนลูปได้ หากน้อยกว่า 4 โหนดตามเงื่อนไขที่กำหนด 3) ในการปรับปรุงคำตอบขั้นตอนในการโยกย้ายการขนส่งในลูป (loop) (พฤทธ์สรรค์ สุทธิไชยเมธี, 2555) การแก้ไขโดยการใช้การไหลในข่ายงาน ในแต่ละช่องการขนส่งแสดงด้วยเครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (-) ด้วย จึงต้องมีการปรับปรุงขั้นตอนวิธีลาเบล เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

3.5 ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์รีดิวซ์คอสต์

การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์รีดิวซ์คอสต์ เมื่อทำการปรับปรุงด้วยขั้นตอนวิธีลาเบล ซึ่งจะทำให้ได้รับผลเฉลยใหม่ สำหรับปัญหาการหาค่าต่ำสุดนั้น สัมประสิทธิ์ค่ารีดิวซ์คอสต์จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ แสดงว่าผลเฉลยที่เป็นไปได้พื้นฐานปัจจุบันเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)

	A	B	C	D	E	F
1		City1	City2	City3	City4	Capacity
2	Plant1	0	10	25	0	35
3	Plant2	45	0	5	0	50
4	Plant3	0	10	0	30	40
5	Demand	45	20	30	30	

ภาพที่ 11 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด

3.6 รหัสเทียมสำหรับการควบคุมการทำงานของโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการรับข้อมูลและการแสดงผลโดยการเขียนรหัสเทียม Visual Basic for Application บนโปรแกรม Microsoft excel ดังนี้

การประกาศตัวแปร จะประกาศเป็น Public Sub เพื่อให้สะดวกต่อการแก้ไข และสะดวกต่อการเรียกใช้งาน จะสามารถเรียนใช้งานได้ทั้งโปรแกรม

Public Const c = 4 'ประกาศตัวแปร c เป็นค่าคงที่ของสดมภ์

Public Const r = 3 'ประกาศตัวแปร r เป็นค่าคงที่ของแถว

Public Fi (), Fj (), Ti (), Tj () **As Integer** 'ประกาศตัวแปรเป็นไดนามิกอาเรย์ เพื่อนำมาเก็บค่า สามารถเปลี่ยนขนาดได้

Public DFT **As Integer** 'ประกาศตัวแปรมาใช้ในการเก็บค่า Fi (), Fj (), Ti (), Tj () ในการหาเส้นทาง

การประกาศตัวแปรที่ใช้ในการสร้างโปรแกรม โดยการประกาศตัวแปรจะคำนึงถึงการทำงานตัวแปรที่ใช้ และชนิดของตัวแปร

- Integer ใช้เก็บจำนวนเต็ม
- Long ใช้เก็บจำนวนเต็มและสามารถเก็บได้มากกว่า Integer
- String ใช้เก็บตัวอักษร หรือข้อความ
- Single ใช้เก็บทศนิยม
- Double ใช้เก็บทศนิยมและสามารถเก็บได้มากกว่า Single
- Boolean ใช้เก็บ จริง/เท็จ

Dim i, j, k **As Integer**

Dim demand(c) **As Single**

Dim cap(r) **As Single**

Dim x(r, c) **As Single**

Dim cost(r, c) **As Single**

Dim recost(r, c) **As Single**

Dim bV(r, c) **As Boolean**

Dim min **As Single**

Dim Cbar(r, c) **As Single**

Dim maxCbar **As Single**

Dim maxCbarI, maxCbarJ **As Integer**

รหัสเทียมในการนำเข้าข้อมูลต่าง ๆ ของโจทย์ในแผ่นงาน (sheet) เป็นการอ่านค่าจาก Microsoft Excel โดยอ่านข้อมูลแล้วจะเก็บข้อมูลความต้องการสินค้าไว้ที่ demand(c) ความสามารถในการผลิตไว้ที่ cap(r) และค่าใช้จ่ายในการขนส่งไว้ที่ cost (i,j) แสดงรหัสเทียมได้ดังนี้

```
Public Sub Loading ()
    For i = 1 To r
      For j = 1 To c
        cap(i) = Sheets("problem"). Cells (i + 1, c + 2). Value
        demand(j) = Sheets("problem"). Cells (r + 2, j + 1). Value
        cost (i, j) = Sheets("problem"). Cells (i + 1, j + 1). Value
    Next j
  Next i
End Sub
```

รหัสเทียมในการควบคุมการศึกษาการหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ โดยอาศัยวิธีของมุมพายัพ แสดงรหัสเทียมได้ดังนี้

```
Public Sub Northwest ()
For k = 1 To r + c - 1
    If cap(i) < demand(j) Then
        x(i, j) = cap(i)
        Sheets("cost").Cells(i + 1, j + 1).Value = Sheets("problem").Cells(i + 1, j +
1).Value
        bV(i, j) = True
        demand(j) = demand(j) - cap(i)
        cap(i) = 0
        i = i + 1
    Else
        x(i, j) = demand(j)
        Sheets("cost").Cells(i + 1, j + 1).Value = Sheets("problem").Cells(i + 1, j +
1).Value
        bV(i, j) = True
        cap(i) = cap(i) - demand(j)
        demand(j) = 0
```

```
            j = j + 1
        End If
    Next k
End Sub
```

รหัสเทียมในการควบคุมการพิจารณาหาค่าตัวแปร u(i) ของเงื่อนไขความสามารถในด้านการผลิต และการพิจารณาหาค่าตัวแปร v(j) ของเงื่อนไขความต้องการสินค้า แสดงรหัสเทียมได้ดังนี้

```
Public Sub findDetermine ()
Dim U(r) As Single
Dim knowU(r) As Boolean
Dim V(c) As Single
Dim knowV(c) As Boolean
For k = 1 To r + c - 1
        For i = 1 To r
            For j = 1 To c
                If bV(i, j) = True Then
                    If knowU(i) = True And knowV(j) = False Then
                        V(j) = cost(i, j) - U(i)
                        knowV(j) = True
                    ElseIf knowU(i) = False And knowV(j) = True Then
                        U(i) = cost(i, j) - V(j)
                        knowU(i) = True
                    End If
                End If
            Next j
        Next i
    Next k
End Sub
```

รหัสเทียมในการหาค่าคำนวณค่า ค่า $\bar{c}(i, j)$ ของตัวแปรอมูลฐาน (NonBasic Variable) หาก $\bar{c}(i, j)$ มีค่าเท่ากับศูนย์จะเป็นตัวแปรมูลฐาน

```
Public Sub findNBV ()
For i = 1 To r
        For j = 1 To c
            If bV(i, j) = False Then
                Cbar(i, j) = U(i) + V(j) - cost(i, j)
                Sheets("NBV").Cells(i + 1, j + 1).Interior.Color = vbYellow 'ตัวแปรอมูลฐาน
                Else
                Cbar(i, j) = 0
                Sheets("NBV").Cells(i + 1, j + 1).Interior.Color = vbMagenta 'ตัวแปรมูลฐาน
            End If
            Sheets("NBV").Cells(i + 1, j + 1).Value = Cbar(i, j)
        Next j
    Next i
End Sub
```

รหัสเทียมในการหาตัวแปรอมูลฐานที่ทำให้ค่า $\bar{c}(i, j)$ มีค่าที่มากที่สุด เนื่องจากเป็นการสร้างโปรแกรมโดยตัวแปรที่นำมาเก็บค่า จะเป็นตัวแปรลำดับสองมิติ ในที่นี้ จะมีการบอกแถวและสดมภ์ของ $\bar{c}(i, j)$

```
Public Sub findmaxCbar ()
maxCbar = -9999
maxCbarI = 0
maxCbarJ = 0
    For i = 1 To r
        For j = 1 To c
            If maxCbar < Cbar(i, j) Then
                maxCbar = Cbar(i, j)
                maxCbarI = i
```

```
            maxCbarJ = j
          End If
        Next j
    Next i
End Sub
```

รหัสเทียมสำหรับการความคุมขั้นตอนวิธีลาเบลที่ทำการปรับปรุงแล้ว ที่ใช้สำหรับการหาโหนดจาก s ไปยังโหนด t แสดงรหัสเทียมได้ดังนี้

```
Public Sub Labeling ()
        Dim Node(c * r + 1) As Integer
        Dim nX(c * r + 1) As Integer
        Dim nY(c * r + 1) As Integer
        Dim label(c * r + 1) As Boolean
        Dim keepLV(c * r + 1) As Integer
        Dim pred(c * r + 1) As Integer
        Dim Used(c * r + 1) As Boolean
        Dim list As Boolean
'รหัสเทียมในการควบคุมการหาแหล่งต้นทาง
      For k = 1 To r * c + 1
        keepLV(k) = -1
      Next k
      For k = 1 To c * r
        If nX(k) = maxCbarJ And nY(k) = maxCbarI Then
          label(k) = True
          keepLV(k) = 0
        End If
      Next k
      list = False
```

```
For k = 1 To c * r
    list = list Or label(k)
Next k
Do While label(c * r + 1) = False
    i = 0
    For k = 1 To c * r
        If label(k) = True And i = 0 And Used(k) = False Then
        End If
    Next k
    label(i) = False
    Used(i) = True
'รหัสเทียมในการควบคุมการนำ s ออกจาก list และควบคุมการทำงานในการหาเส้นทาง
    Dim d As Integer
        For d = 1 To DFT
            If nY(i) = Fi(d) And nX(i) = Fj(d) Then
                For k = 1 To c * r + 1
                    If Ti(d) = nY(k) And Tj(d) = nX(k) Then
                        j = k
                        If pred(i) <> j And keepLV(i) > keepLV(j) And keepLV(j) <> 0 Then
                        If (j = c * r + 1) Then
                                If (keepLV(i) Mod 2 = 1) And keepLV(i) >= 3 Then
                                  label(j) = True
                                  pred(j) = i
                                  keepLV(j) = keepLV(i) + 1
                        End If
                        Else
                                  label(j) = True
                                  pred(j) = i
```

```
                        End If
                    End If
                End If
            Next k
        End If
    Next d
End Sub
```

รหัสเทียมในการควบคุมการทำงานของการ back tracking สามารถอธิบายรายละเอียดการทำงานได้คือ จะทำการหาค่าที่ต่ำที่สุด เพื่อนำไปบวก(+) หรือ ลบ(-) ในตำแหน่งต่าง ๆ ในการวนลูป (Loop Involving)

```
Public Sub backtrack ()
    j = c * r + 1
        For L = keepLV(c * r + 1) To 1 Step -1
            i = pred(j)
            j = i
        Next L

    Dim MP As Integer
    Dim entering As Single 'loop entering
        MP = 0
        entering = 9999
        j = c * r + 1
        For L = keepLV(c * r + 1) To 1 Step -1
            i = pred(j)
            If MP = 0 Then
                MP = 1 'ตำแหน่งเลขคี่ (odd cells)
                If (x(nY(i), nX(i)) < entering) And (x(nY(i), nX(i)) > 0) Then
                    entering = x(nY(i), nX(i))
```

```
                End If
            Else
                MP = 0 'ตำแหน่งเลขคู่ (even cells)
            End If
            j = i
        Next L
End Sub
```

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยในบทที่ 3 ทำให้ได้โปรแกรมสำหรับการแก้ไขปัญหาการขนส่ง ที่สามารถคำนวณหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้ ในที่นี้จะพิจารณาถึงค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด และแสดงเวลาที่โปรแกรมใช้ในการหาผลเฉลย ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบโปรแกรมตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ตอนต้น ส่วนแรกจะเป็นผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ส่วนที่สองเป็นผลการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่ง โดยแบ่งเป็นปัญหาความต้องการสินค้าคงที่จำนวน 15 ข้อ ปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่จำนวน 15 ข้อ และปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิตโดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่จำนวน 15 ข้อ และส่วนที่สามเป็นผลการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่งในโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ตัวอย่างที่ 1 โจทย์ปัญหาจากหนังสือ Operation Research Application and Algorithms (Wayne L Winston, 2004) สามารถเขียนในรูปของตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 6 ซึ่งค่าการขนส่งต่ำที่สุดคือ 1,020 บาท

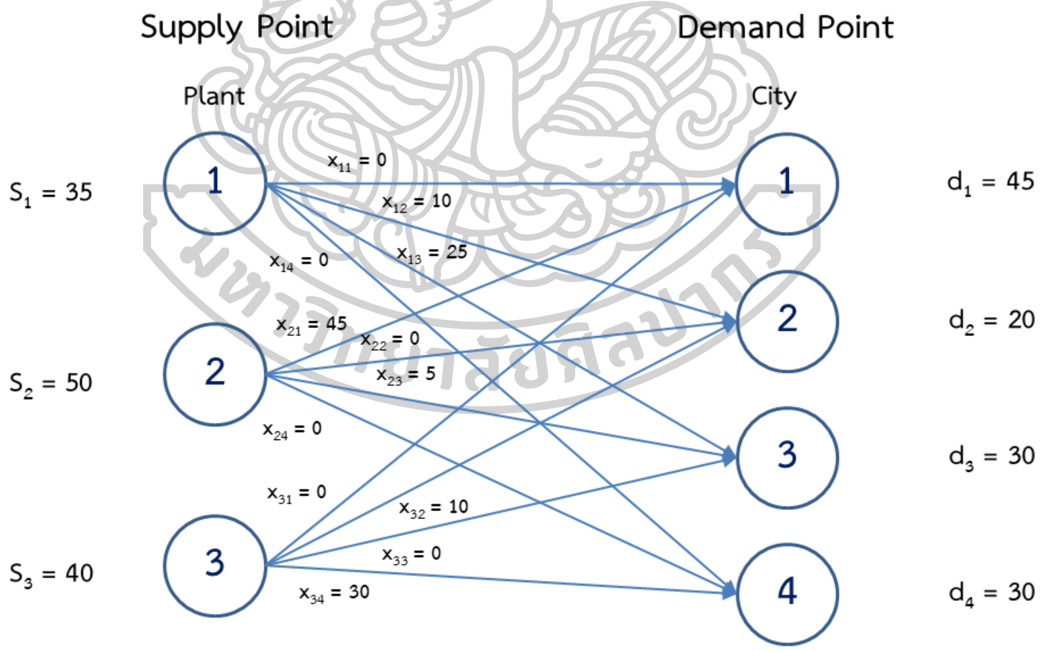
ตารางที่ 6 ค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิต (ตัวอย่างที่ 1)

Form	To				Supply (million kwh)
	City 1	City 2	City 3	City 4	
Plant 1	$8	$6	$10	$9	35
Plant 2	$9	$12	$13	$7	50
Plant 3	$14	$9	$16	$5	40
Demand (million kwh)	45	20	30	30	

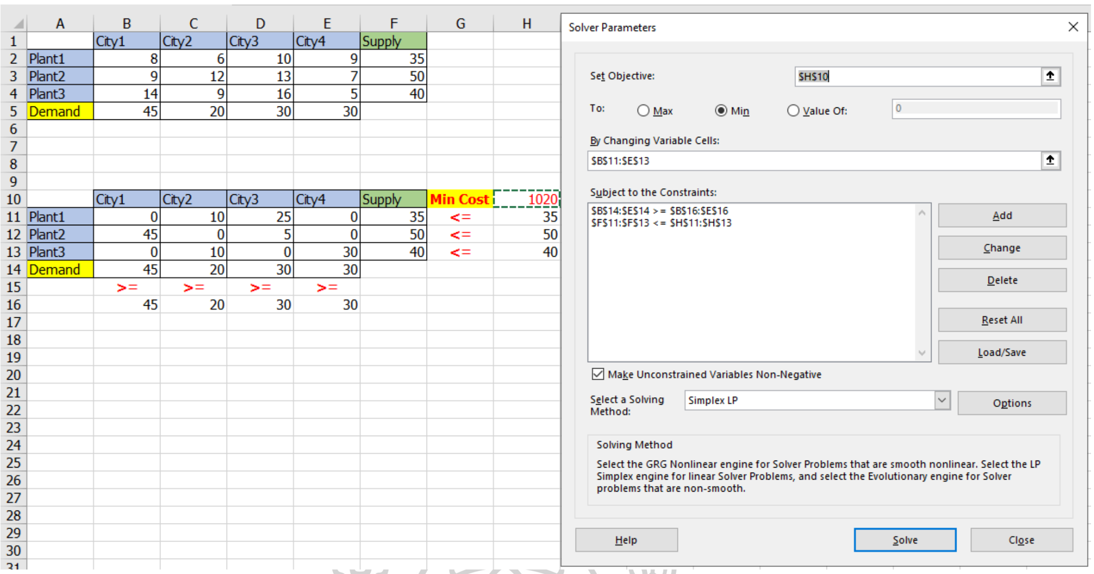
จากนั้นนำข้อมูลจากตาราง ใส่ในโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพที่ 12 เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยเทียบความถูกต้องของโปรแกรมจากตัวอย่างดังกล่าวด้วยแผนภาพจากโจทย์ปัญหา ดังภาพที่ 13 ทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 14 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 15

	A	B	C	D	E	F
1		City1	City2	City3	City4	Capacity
2	Plant1	8	6	10	9	35
3	Plant2	9	12	13	7	50
4	Plant3	14	9	16	5	40
5	Demand	45	20	30	30	

ภาพที่ 12 การใส่ข้อมูลค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตในโปรแกรม Microsoft Excel (ตัวอย่างที่ 1)



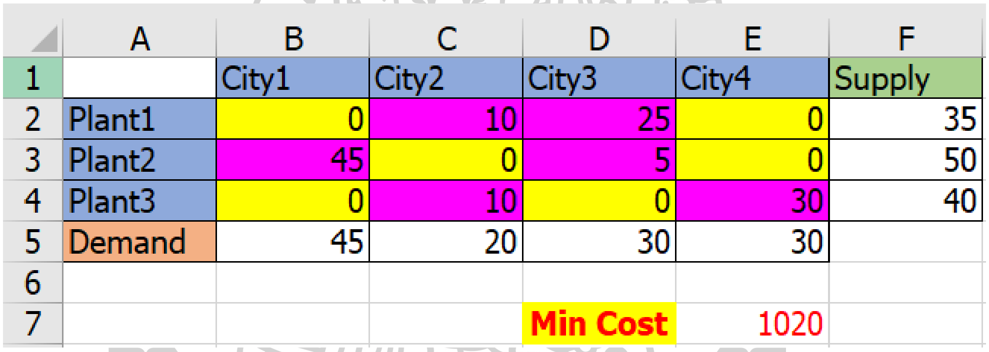
ภาพที่ 13 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโจทย์ปัญหา (ตัวอย่างที่ 1)



	City1	City2	City3	City4	Supply
Plant1	8	6	10	9	35
Plant2	9	12	13	7	50
Plant3	14	9	16	5	40
Demand	45	20	30	30	

	City1	City2	City3	City4	Supply	Min Cost	1020
Plant1	0	10	25	0	35	<=	35
Plant2	45	0	5	0	50	<=	50
Plant3	0	10	0	30	40	<=	40
Demand	45	20	30	30			
	>=	>=	>=	>=			
	45	20	30	30			

ภาพที่ 14 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver (ตัวอย่างที่ 1)



	City1	City2	City3	City4	Supply
Plant1	0	10	25	0	35
Plant2	45	0	5	0	50
Plant3	0	10	0	30	40
Demand	45	20	30	30	
			Min Cost	1020	

ภาพที่ 15 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรม (ตัวอย่างที่ 1)

ตัวอย่างที่ 2 โจทย์ปัญหาจากหนังสือ Operation Research Application and Algorithms (Wayne L Winston, 2004) สามารถเขียนในรูปของตารางการขนส่งได้ดังตารางที่ 7 ซึ่งค่าการขนส่งต่ำที่สุดคือ 1,170 บาท

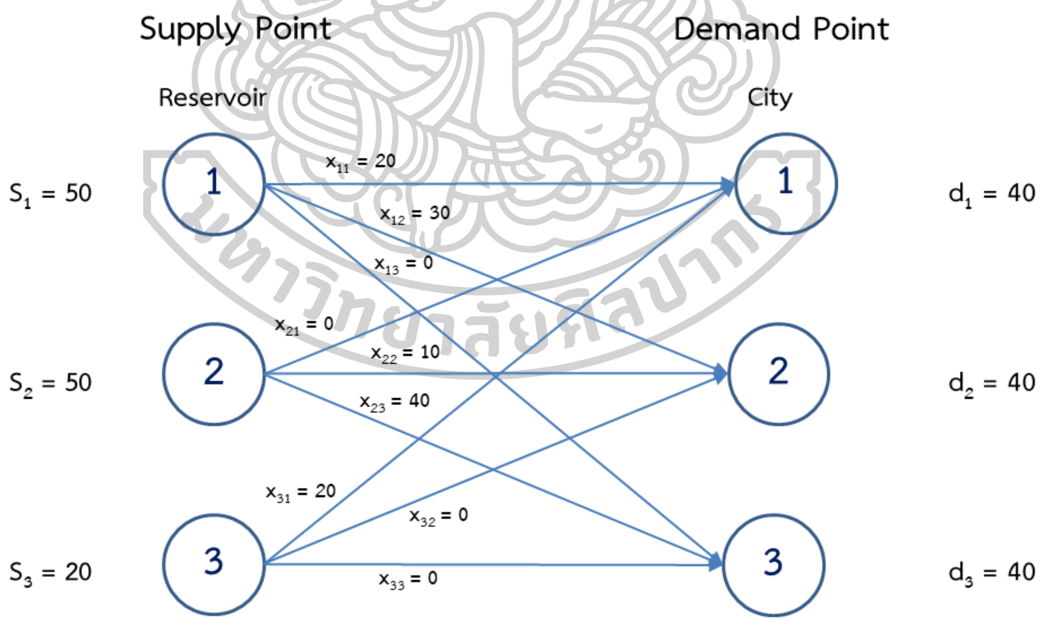
ตารางที่ 7 ค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิต (ตัวอย่างที่ 2)

Form	To			Supply
	City 1	City 2	City 3	
Reservoir 1	$8	$6	$10	35
Reservoir 2	$9	$12	$13	50
Dummy (shortage)	$14	$9	$16	40
Demand	40	40	40	

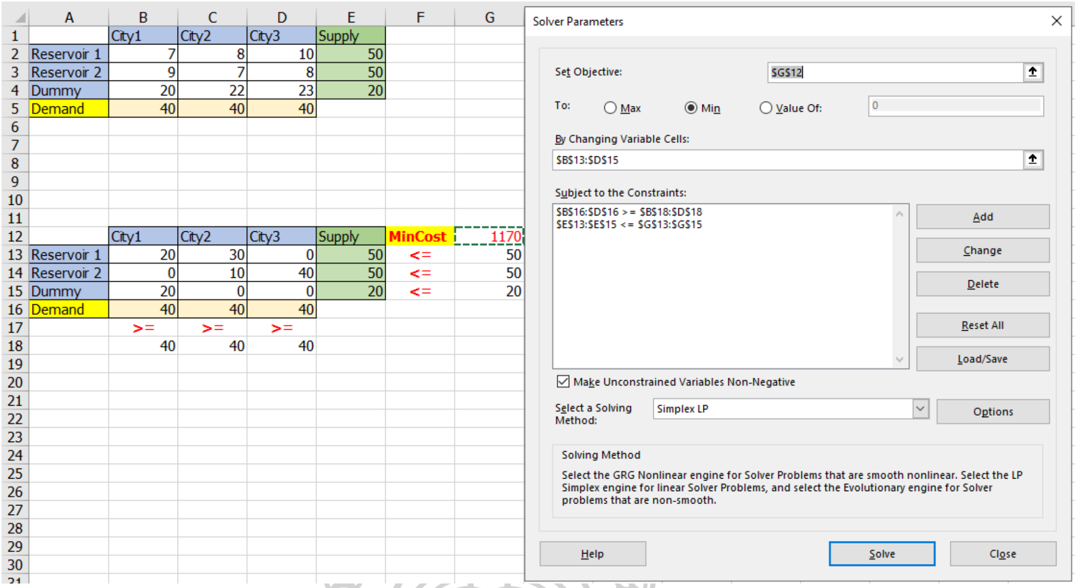
จากนั้นนำข้อมูลจากตาราง ใส่ในโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพที่ 16 เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยเทียบความถูกต้องของโปรแกรมจากตัวอย่างดังกล่าวด้วยแผนภาพจากโจทย์ปัญหา ดังภาพที่ 17 ทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 18 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 19

	A	B	C	D	E
1		City1	City2	City3	Capacity
2	Plant1	7	8	10	50
3	Plant2	9	7	8	50
4	Plant3	20	22	23	20
5	Demand	40	40	40	

ภาพที่ 16 การใส่ข้อมูลค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตในโปรแกรม Microsoft Excel (ตัวอย่างที่ 2)



ภาพที่ 17 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโจทย์ปัญหา (ตัวอย่างที่ 2)



ภาพที่ 18 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver (ตัวอย่างที่ 2)

	A	B	C	D	E
1		City1	City2	City3	Supply
2	Reservoir 1	20	30	0	50
3	Reservoir 2	0	10	40	50
4	Dummy	20	0	0	20
5	Demand	40	40	40	
6					
7			Min Cost	1170	

ภาพที่ 19 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรม (ตัวอย่างที่ 2)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมด้วยโจทย์ปัญหาจากหนังสือ Operation Research Application and Algorithms (Wayne L Winston, 2004) พบว่าโปรแกรมมีความถูกต้องแม่นยำ จึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมด้วยการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหา

4.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่ง

การประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่ง โดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver งานวิจัยนี้ผู้วิจัยแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ชุด ประกอบไปด้วย ชุดที่ 1 ปัญหาความต้องการสินค้าคงที่จำนวน 15 ข้อ ชุดที่ 2 ปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่จำนวน 15 ข้อ และชุดที่ 3 ปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิตโดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่จำนวน 15 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชุดที่ 1 ปัญหาความต้องการสินค้าคงที่จำนวน 15 ข้อ

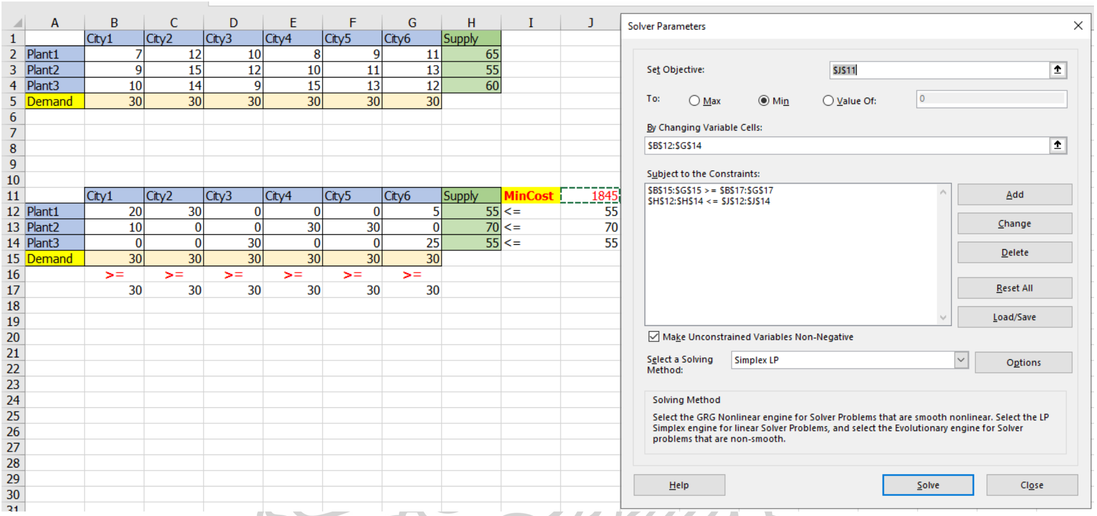
ตารางที่ 8 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาความต้องการสินค้าคงที่

ลำดับที่	ขนาดของปัญหา (จำนวนตัวแปร)	ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (บาท)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วย Excel Solver (วินาที)	สถานะ
1	3 x 3	3,300.00	0.48	0.58	สมดุล
2	3 x 4	925.00	0.52	0.61	สมดุล
3	3 x 5	1,570.00	0.55	0.68	สมดุล
4	3 x 6	1,845.00	0.60	0.75	สมดุล
5	3 x 7	2,035.00	0.65	0.79	สมดุล
6	4 x 3	3,540.00	0.51	0.59	สมดุล
7	4 x 4	4,020.00	0.52	0.62	สมดุล
8	4 x 5	5,675.00	0.55	0.65	สมดุล
9	4 x 6	6,835.00	0.58	0.66	สมดุล
10	4 x 7	8,170.00	0.60	0.72	สมดุล
11	5 x 3	4,110.00	0.54	0.69	สมดุล
12	5 x 4	5,720.00	0.58	0.63	สมดุล
13	5 x 5	4,075.00	0.59	0.71	สมดุล
14	5 x 6	4,900.00	0.63	0.72	สมดุล
15	5 x 7	6,495.00	0.65	0.75	สมดุล

จากตารางที่ 8 พบว่า การทดสอบปัญหาความต้องการสินค้าคงที่ด้วยโปรแกรม จะเห็นว่าเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวแปร (แถว x สดมภ์) กำหนดให้แถวเป็นโหนดของความต้องการสินค้าและสดมภ์เป็นโหนดของความสามารถในการผลิต ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบของโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทำการทดสอบ มีการแสดงเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทดสอบของโปรแกรมและวิธี Excel Solver โดยยกตัวอย่างปัญหาลำดับที่ 4 ดังภาพที่ 20 ทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 21 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 22

	City1	City2	City3	City4	City5	City6	Capacity
Plant1	7	12	10	8	9	11	55
Plant2	9	15	12	10	11	13	70
Plant3	10	14	9	15	13	12	55
Demand	30	30	30	30	30	30	

ภาพที่ 20 การใส่ข้อมูลค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตในโปรแกรม Microsoft Excel (ปัญหาความต้องการสินค้าคงที่)



ภาพที่ 21 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver (ปัญหาความต้องการสินค้าคงที่)

	City1	City2	City3	City4	City5	City6	Supply
Plant1	25	30	0	0	0	0	55
Plant2	5	0	0	30	30	5	70
Plant3	0	0	30	0	0	25	55
Demand	30	30	30	30	30	30	
					MinCost	1845	

ภาพที่ 22 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรม (ปัญหาความต้องการสินค้าคงที่)

ชุดที่ 2 ปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่จำนวน 15 ข้อ

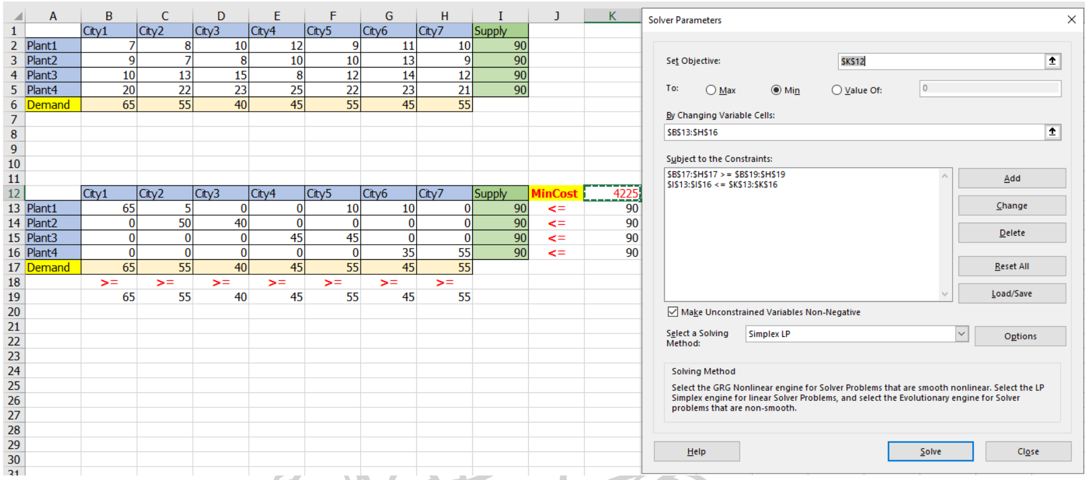
ตารางที่ 9 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่

ลำดับที่	ขนาดของปัญหา (จำนวนตัวแปร)	ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (บาท)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วย Excel Solver (วินาที)	สถานะ
1	3 x 3	3,640.00	0.45	0.49	สมดุล
2	3 x 4	2,290.00	0.49	0.53	สมดุล
3	3 x 5	3,105.00	0.52	0.59	สมดุล
4	3 x 6	2,950.00	0.55	0.61	สมดุล
5	3 x 7	2,495.00	0.59	0.65	สมดุล
6	4 x 3	4,340.00	0.51	0.57	สมดุล
7	4 x 4	4,245.00	0.53	0.60	สมดุล
8	4 x 5	3,985.00	0.55	0.63	สมดุล
9	4 x 6	4,100.00	0.57	0.65	สมดุล
10	4 x 7	4,225.00	0.60	0.69	สมดุล
11	5 x 3	4,775.00	0.54	0.63	สมดุล
12	5 x 4	4,925.00	0.53	0.59	สมดุล
13	5 x 5	2,830.00	0.56	0.64	สมดุล
14	5 x 6	2,990.00	0.62	0.73	สมดุล
15	5 x 7	2,980.00	0.69	0.74	สมดุล

จากตารางที่ 9 พบว่า การทดสอบปัญหาความความสามารถในการผลิตคงที่ด้วยโปรแกรม จะเห็นว่าเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวแปร (แถว x สดมภ์) กำหนดให้แถวเป็นโหนดของความต้องการสินค้าและสดมภ์เป็นโหนดของความสามารถในการผลิต ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบของโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทำการทดสอบ มีการแสดงเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทดสอบของโปรแกรมและวิธี Excel Solver โดยยกตัวอย่างปัญหาลำดับที่ 10 ดังภาพที่ 23 ทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 24 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 25

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Capacity
2	Plant1	7	8	10	12	9	11	10	90
3	Plant2	9	7	8	10	10	13	9	90
4	Plant3	10	13	15	8	12	14	12	90
5	Plant4	20	22	23	25	22	23	21	90
6	Demand	65	55	40	45	55	45	55	

ภาพที่ 23 การใส่ข้อมูลค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตในโปรแกรม Microsoft Excel (ปัญหาความสามารถในการผลิตคงที่)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Supply		
2	Plant1	7	8	10	12	9	11	10	90		
3	Plant2	9	7	8	10	10	13	9	90		
4	Plant3	10	13	15	8	12	14	12	90		
5	Plant4	20	22	23	25	22	23	21	90		
6	Demand	65	55	40	45	55	45	55			
12		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Supply	MinCost	4225
13	Plant1	65	5	0	0	10	10	0	90	<=	90
14	Plant2	0	50	40	0	0	0	0	90	<=	90
15	Plant3	0	0	0	45	45	0	0	90	<=	90
16	Plant4	0	0	0	0	0	35	55	90	<=	90
17	Demand	65	55	40	45	55	45	55			
18		>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=			
19		65	55	40	45	55	45	55			

ภาพที่ 24 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver (ปัญหาความความสามารถในการผลิตคงที่)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Supply
2	Plant1	65	5	0	0	20	0	0	90
3	Plant2	0	50	40	0	0	0	0	90
4	Plant3	0	0	0	45	35	10	0	90
5	Plant4	0	0	0	0	0	35	55	90
6	Demand	65	55	40	45	55	45	55	
7									
8							MinCost	4225	

ภาพที่ 25 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรม (ปัญหาความความสามารถในการผลิตคงที่)

ชุดที่ 3 ปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่ จำนวน 15 ข้อ

ตารางที่ 10 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่

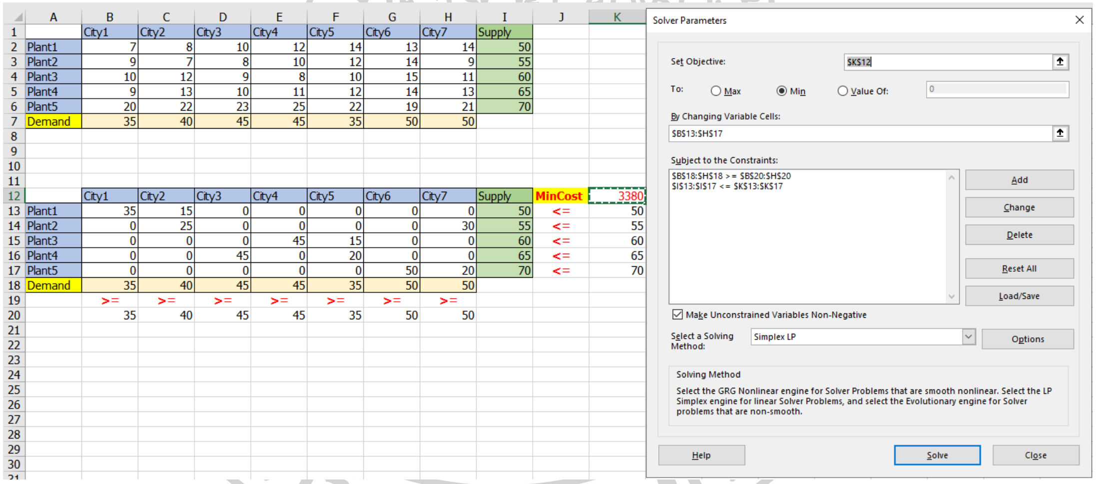
ลำดับที่	ขนาดของปัญหา (จำนวนตัวแปร)	ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (บาท)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วย Excel Solver (วินาที)	สถานะ
1	3 x 3	1,170.00	0.44	0.52	สมดุล
2	3 x 4	1,310.00	0.51	0.57	สมดุล
3	3 x 5	3,105.00	0.53	0.65	สมดุล
4	3 x 6	2,995.00	0.58	0.69	สมดุล
5	3 x 7	2,495.00	0.62	0.66	สมดุล
6	4 x 3	4,850.00	0.49	0.56	สมดุล
7	4 x 4	1,740.00	0.56	0.64	สมดุล
8	4 x 5	6,460.00	0.59	0.68	สมดุล
9	4 x 6	8,020.00	0.58	0.63	สมดุล
10	4 x 7	8,170.00	0.65	0.71	สมดุล
11	5 x 3	3,370.00	0.57	0.68	สมดุล
12	5 x 4	4,650.00	0.63	0.69	สมดุล
13	5 x 5	2,145.00	0.68	0.73	สมดุล
14	5 x 6	2,660.00	0.71	0.79	สมดุล
15	5 x 7	3,380.00	0.69	0.81	สมดุล

จากตารางที่ 10 พบว่า การทดสอบปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่ด้วยโปรแกรม จะเห็นว่าเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวแปร (แถว x สดมภ์) กำหนดให้แถวเป็นโหนดของความต้องการสินค้าและสดมภ์เป็นโหนดของความสามารถในการผลิต ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบของโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทำการทดสอบ มีการแสดงเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทดสอบของโปรแกรมและวิธี Excel Solver

โดยยกตัวอย่างปัญหาลำดับที่ 15 ดังภาพที่ 26 ทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 27 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 28

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Capacity
2	Plant1	7	8	10	12	14	13	14	50
3	Plant2	9	7	8	10	12	14	9	55
4	Plant3	10	12	9	8	10	15	11	60
5	Plant4	9	13	10	11	12	14	13	65
6	Plant5	20	22	23	25	22	19	21	70
7	Demand	35	40	45	45	35	50	50	

ภาพที่ 26 การใส่ข้อมูลค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตในโปรแกรม Microsoft Excel (ปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่)



ภาพที่ 27 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver (ปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		City1	City2	City3	City4	City5	City6	City7	Supply
2	Plant1	35	15	0	0	0	0	0	50
3	Plant2	0	25	0	0	0	0	30	55
4	Plant3	0	0	0	45	15	0	0	60
5	Plant4	0	0	45	0	20	0	0	65
6	Plant5	0	0	0	0	0	50	20	70
7	Demand	35	40	45	45	35	50	50	
8									
9							MinCost	3380	

ภาพที่ 28 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรม (ปัญหาที่ทำการเพิ่มลดขนาดโหนดของความต้องการสินค้าและโหนดของความสามารถในการผลิต โดยความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตไม่คงที่)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมด้วยปัญหาทั้ง 3 ชุด ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมมีความถูกต้องแม่นยำ เมื่อนำมาเทียบกับผลเฉลยที่ได้จากวิธี Excel Solver พบว่าผลเฉลยที่ได้เป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการขนส่งได้

4.3 การประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่งในโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี

โรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี มีการส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปยังอาคารต่าง ๆ ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำทั้งหมด 5 เครื่อง และอาคารทั้งหมด 4 อาคาร โดยมีค่าขนส่ง (บาท) ความสามารถในการส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำ (ลบ.ซม.) และความต้องการน้ำของแต่ละอาคาร (ลบ.ซม.) ต่อสัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 11

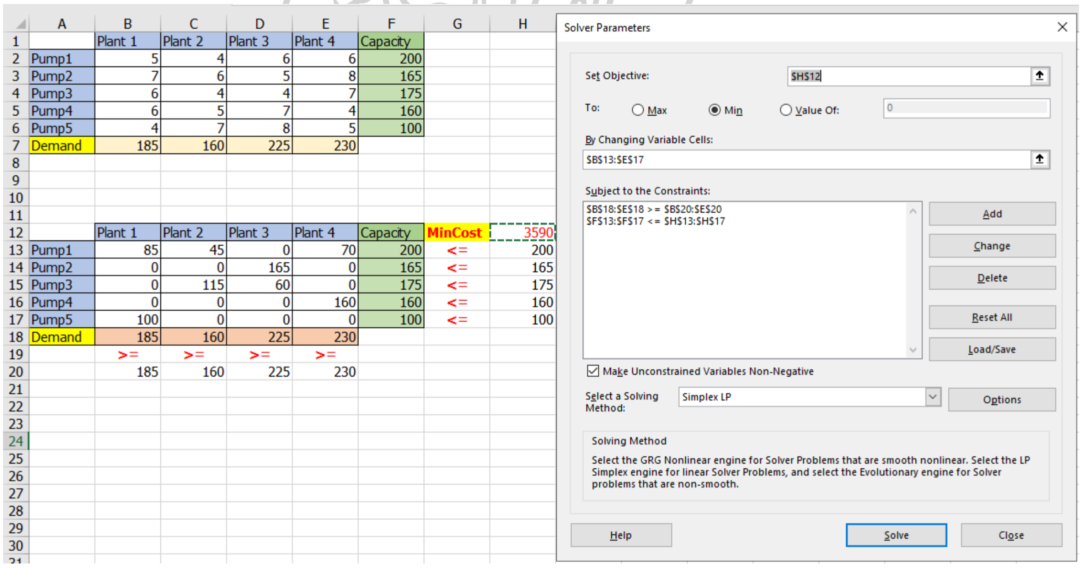
ตารางที่ 11 ค่าขนส่ง ความต้องการน้ำของแต่ละอาคารและความสามารถในการส่งน้ำของเครื่องสูบน้ำของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี

Form	To				Supply (cm^3)
	Plant 1	Plant 2	Plant 3	Plant 4	
Pump 1	5	4	6	6	200
Pump 2	7	6	5	8	165
Pump 3	6	4	4	7	175
Pump 4	6	5	7	4	160
Pump 5	4	7	8	5	100
Demand (cm^3)	185	160	225	230	

จากนั้นนำข้อมูลจากตาราง ใส่ในโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพที่ 29 เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรม จากนั้นทำการเทียบความถูกต้องของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบกับวิธี Excel Solver ดังภาพที่ 30 และพบว่าผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพที่ 31

	A	B	C	D	E	F
1		Plant 1	Plant 2	Plant 3	Plant 4	Capacity
2	Pump1	5	4	6	6	200
3	Pump2	7	6	5	8	165
4	Pump3	6	4	4	7	175
5	Pump4	6	5	7	4	160
6	Pump5	4	7	8	5	100
7	Demand	185	160	225	230	

ภาพที่ 29 ค่าขนส่ง ความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ 30 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Excel Solver ของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี

จากการคำนวณเพื่อหาค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดของการส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปยังแต่ละอาคาร ด้วย วิธี Excel Solver พบว่า เครื่องสูบน้ำ 1 จะส่งน้ำให้อาคาร 1 อาคาร 2 และอาคาร 4 ปริมาตร 85 ลบ.ซม. 45 ลบ.ซม. และ 70 ลบ.ซม. ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำ 2 จะส่งน้ำให้อาคาร 3 ปริมาตร 165 ลบ.ซม. เครื่องสูบน้ำ 3 จะส่งน้ำให้อาคาร 2 และอาคาร 3 ปริมาตร 115 ลบ.ซม. และ 60 ลบ.

ซม. ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำ 4 จะส่งน้ำให้อาคาร 4 ปริมาตร 160 ลบ.ซม. และเครื่องสูบน้ำ 5 จะส่งน้ำให้อาคาร 1 ปริมาตร 100 ลบ.ซม. โดยมีค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด 3,590 บาทต่อสัปดาห์

	A	B	C	D	E	F
1		Plant 1	Plant 2	Plant 3	Plant 4	Capacity
2	Pump1	155	45	0	0	200
3	Pump2	0	0	165	0	165
4	Pump3	0	115	60	0	175
5	Pump4	0	0	0	160	160
6	Pump5	30	0	0	70	100
7	Demand	185	160	225	230	
8						
9				MinCost	3590	

ภาพที่ 31 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบโปรแกรมของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี

จากการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดของการส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปยังแต่ละอาคาร พบว่า เครื่องสูบน้ำ 1 จะส่งน้ำให้อาคาร 1 และอาคาร 2 ปริมาตร 155 ลบ.ซม. และ 45 ลบ.ซม. ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำ 2 จะส่งน้ำให้อาคาร 3 ปริมาตร 165 ลบ.ซม. ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำ 3 จะส่งน้ำให้อาคาร 2 และอาคาร 3 ปริมาตร 115 ลบ.ซม. และ 60 ลบ.ซม. ตามลำดับ เครื่องสูบน้ำ 4 จะส่งน้ำให้อาคาร 4 ปริมาตร 160 ลบ.ซม. และเครื่องสูบน้ำ 5 จะส่งน้ำให้อาคาร 1 และอาคาร 4 ปริมาตร 30 ลบ.ซม. และ 70 ลบ.ซม. ตามลำดับ โดยมีค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด 3,590 บาทต่อสัปดาห์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแก้ไขปัญหาการขนส่งด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาการขนส่ง โดยใช้วิธีซิมเพล็กซ์ของตัวแบบปัญหาการขนส่ง ร่วมกับขั้นตอนวิธีลาเบลที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว (Improved Labelling Algorithm) มาประยุกต์ใช้กับ Visual Basic for Application บนโปรแกรม Microsoft Excel งานวิจัยฉบับนี้แบ่งการทดลองเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ส่วนที่สองเป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่ง และส่วนที่สามเป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาการขนส่งโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการทดสอบส่วนแรก เปรียบเทียบผลการทดสอบของการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยการใช้โปรแกรมผ่าน Visual Basic for Application เทียบกับโจทย์ปัญหาจากหนังสือของ Wayne L Winston (2004) Operation Research Application and Algorithms ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการสร้างโปรแกรม พบว่าผลเฉลยที่ได้จากการใช้โปรแกรมเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด เทียบกับการใช้วิธี Excel Solver ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่สร้างมีความถูกต้องแม่นยำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการขนส่งได้

ผลการทดสอบส่วนที่สอง นำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการขนส่ง โดยการใช้โปรแกรมผ่าน Visual Basic for Application โดยการแบ่งปัญหาที่ทำการทดสอบออกเป็น 3 ชุด พบว่าจากการดำเนินงานวิจัยการเพิ่มลดขนาดของแถวและสดมภ์ของปัญหาการขนส่ง สามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้ สำหรับทุกปัญหาของการขนส่งที่นำมาทำการทดสอบโปรแกรม มีการแสดงเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดด้วยการทดสอบของโปรแกรมและวิธี Excel Solver พบว่า การทดสอบด้วยโปรแกรมใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดน้อยกว่าวิธี Excel Solver ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดตัวแปรของปัญหา ขนาดของความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิตสินค้า ในส่วนของสถานะของปัญหาที่ทำการทดสอบมีความสมดุล ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบมีความถูกต้องแม่นยำ โดยทำการทดสอบเทียบกับการใช้วิธี Excel Solver เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลเฉลย

ผลการทดสอบส่วนที่สาม นำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการขนส่งในโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง จังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อหาใช้จ่ายในการขนส่งน้ำที่ต่ำที่สุด โดยการใช้โปรแกรมผ่าน Visual Basic for Application พบว่า สามารถหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำที่ต่ำที่สุดภายใต้เงื่อนไข

ความต้องการน้ำและความสามารถในการส่งน้ำที่กำหนดได้ ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมมีความถูกต้องแม่นยำ ทำการทดสอบเทียบกับการใช้วิธี Excel Solver เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลเฉลย ซึ่งค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำที่ต่ำที่สุด คือ 3,590 บาทต่อสัปดาห์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ที่ต้องการนำโปรแกรมนี้ไปใช้จะต้องทำการศึกษาปัญหา จะต้องเป็นปัญหาในรูปแบบของปัญหาการขนส่งแบบสมดุล หากเป็นปัญหาการขนส่งแบบไม่สมดุล จะต้องทำการแปลงเป็นปัญหาการขนส่งแบบสมดุลก่อน

2. การศึกษาหาผลเฉลยมูลฐานที่เป็นไปได้ โดยอาศัยวิธีของมุมพายัพ จะต้องมีตัวแปรมูลฐานครบตามเงื่อนไขของวิธีมุมพายัพ

3. เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแต่ละโจทย์ปัญหาอาจมีความแตกต่างกันไป ขึ้นกับขนาดของตัวแปรของปัญหา ขนาดของความต้องการสินค้าและความสามารถในการผลิต และขึ้นกับคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาทำการทดสอบปัญหา

รายการอ้างอิง

Aboelmagd, Y. M. R. (2018). Linear programming applications in construction sites. *Alexandria Engineering Journal, 57*(4), 4177-4187. doi:10.1016/j.aej.2018.11.006

Bettina, K., & Gerhard, W. (2010). The Northwest corner rule revisited.

Bilqis, A., Chastine, F., & Erma, S. (2019). Total opportunity cost matrix – Minimal total: A new approach to determine initial basic feasible solution of a transportation problem. *Egyptian Informatics Journal, 20*(2), 131-141. doi:10.1016/j.eij.2019.01.002

Cerdà, V., Cerdà, J. L., & Idris, A. M. (2016). Optimization using the gradient and simplex methods. *Talanta, 148*, 641-648. doi:10.1016/j.talanta.2015.05.061

Chinyere Onwubiko. (1999). Introduction to Engineering Design Optimization. *Prentice Hall*.

Karagul, K., & Sahin, Y. (2019). A novel approximation method to obtain initial basic feasible solution of transportation problem. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. doi:10.1016/j.jksues.2019.03.003

Kim, S., & Cho, M. (2019). New star identification algorithm using labelling technique. *Acta Astronautica, 162*, 367-372. doi:10.1016/j.actaastro.2019.06.007

Leslie Chandrakantha. (2014). USING EXCEL SOLVER IN OPTIMIZATION PROBLEMS. *John Jay College of Criminal Justice of CUNY, Mathematics and Computer Science Department*.

Muztoba Ahmad Khan. (2014). Transportation Cost Optimization Using Linear Programming. *International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering 2014, Khulna BANGLADESH.*

Radhe Shyam Soni, S. P. V. (2015). Solving Maximum Flow and Minimum Cut Network Problems by Labeling Method. *IJCST, 6*(1).

Ravindra, K. A., Thomas, L. M., & James, B. O. Errata for 'Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications'.

Shi, Y., Arthanari, T., Liu, X., & Yang, B. (2019). Sustainable transportation management: Integrated modeling and support. *Journal of Cleaner Production, 212*, 1381-1395. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.209

Universal Teacher Publications. (2019). Universal Teacher Publications. North West Corner Rule.

Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations research : applications and algorithms* (4th ed. ed.): Brooks/Cole/Thomson Learning.

พฤทธ์สรรค์ สุทธิไชยเมธี. (2555). วิธีวิทยาการการแก้ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problems) อย่างง่าย. *RMUTT Global Business and Economics Review, 7(1)*, 127-144.

พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์. (2560). กำหนดการเชิงเส้น. กรุงเทพฯ :: แดเน็กซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล รัชฎากรณ์ ภู่ห้อย

วัน เดือน ปี เกิด 6 พฤษภาคม พุทธศักราช 2536

สถานที่เกิด โรงพยาบาลนครปฐม

วุฒิการศึกษา พ.ศ. 2554 สำเร็จการศึกษา ปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

พ.ศ. 2561 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ที่อยู่ปัจจุบัน 11 หมู่ 9 ตำบลทุ่งขวาง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140