

การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

A Mathematical Model for The Cropland Allocation to Improve Vegetable Production Performance of Smallholder Farmers in Thailand

ศุภนิดา จิตจักร (Suphanida Jitjakr)* ดร.กาญจนา เสรษฐนันท์ (Dr.Kanchana Sethanan)^{1**}

ดร.ฐิติพงศ์ จำรัส (Dr.Thitipong Jamrus)*** ดร.ชุลีพร กุศลคุ้ม (Dr.Chuleepawn Kusonkoom)****

ดร.ศิริรัตน์ พัฒนไพโรจน์ (Dr.Sirorat Pattanapairoj)*****

(Received: October 6, 2020; Revised: December 20, 2020; Accepted: December 22, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาเป็นการศึกษาปัญหามอบหมายงานทั่วไป (Generalized Assignment Problem: GAP) เนื่องจากการวางแผนการเพาะปลูกของเกษตรกรต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่หลากหลายและมีความไม่แน่นอนสูง เกษตรกรจึงไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรทางเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาทำไรสูงสุดจากการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิดให้เกษตรกร ภายใต้ข้อจำกัดความสามารถของเกษตรกร และข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้ารายใหญ่ โดยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเมื่อเทียบกับรูปแบบอัลกอริทึมในปัจจุบัน ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาในเชิงอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการพัฒนาคุณภาพของคำตอบและระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบของปัญหา

ABSTRACT

This research was aimed at investigating Generalized Assignment Problem (GAP). Presently, cropping necessitates consideration of various and factors and uncertainty, all of which lessen the efficiency of farm resource allocation. The study was thus emphasizing allocation of cropland allocation to improve vegetable production performance of smallholder farmers. The objective of this study was to maximize profits from allocation of farm plots for each type of vegetables under each grower's potential and the constraint in trade demand of big customers. A mixed integer linear programming was developed and compared with the current practice algorithms. The results illustrate that the proposed mixed integer linear programming is efficient in solving industrial-based problems both in terms of the quality of the solutions and computational time.

คำสำคัญ: ปัญหามอบหมายงาน การจัดสรรพื้นที่ รูปแบบทางคณิตศาสตร์

Keywords: GAP, Cropland allocation, Mixed integer linear programming

¹ Corresponding author: skanch@kku.ac.th

*นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

****อาจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*****อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในยุคกระแสโลกาภิวัตน์ ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี การเกิดขึ้นของโรคและภัยคุกคามใหม่ๆ อีกทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ที่ส่งผลให้สถานการณ์ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ และเกิดภาวะโลกร้อนขึ้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงและความต้องการทางด้านอาหารมากขึ้น ในขณะเดียวกันความปลอดภัยด้านอาหารและสุขอนามัยกำลังเป็นประเด็นสำคัญของโลก [1] จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ประเทศไทยต้องมีการตระหนักถึงผลกระทบร้ายแรงจากการใช้สารเคมีในการเกษตร รวมทั้งให้ความสำคัญต่อความปลอดภัยของอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งตลอดช่วงระยะที่ผ่านมา ประชากรในประเทศไทยส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก [2] และหันมาเพาะปลูกพืชผักมากขึ้น [3] เพราะใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่น้อย และได้ราคาสูงเมื่อเทียบกับการทำนา แต่การเพาะปลูกพืชผักนั้นส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรเชิงเดี่ยว คือเกษตรกรรายหนึ่งเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิดเดียว ผลผลิตที่ได้จึงไม่มีความหลากหลาย โรคและแมลงศัตรูพืชเข้ามาทำลายพืชผักที่เพาะปลูกได้ง่ายส่งผลให้มีการใช้สารเคมีในปริมาณที่มาก เพื่อให้มีผลผลิตออกจำหน่ายมากขึ้น โดยไม่ได้มีการคำนึงถึงสุขภาพทั้งตัวของเกษตรกรและผู้บริโภค อีกทั้งยังขาดความรู้ด้านการผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยและได้มาตรฐานทำให้เกิดต้นทุนการผลิตสูงจากการใช้สารเคมีเกษตร และมีตลาดที่ขายได้เฉพาะในท้องถิ่น เกษตรกรขาดอำนาจในการต่อรองราคาสินค้าเกษตรจากพ่อค้าคนกลาง ดังนั้นกรมส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานภาคีจึงร่วมเข้าให้ความรู้ด้านการเพาะปลูกพืชผักปลอดสารพิษ จนเกษตรกรเกิดความเชื่อมั่นและเห็นความสำคัญของการทำเกษตรแบบปลอดภัย จึงได้หันมาเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัยและได้มาตรฐาน (Good Agricultural Practices: GAP) และเนื่องจากปัญหาการราคาพืชผักไม่แน่นอน ถึงแม้ว่าพืชผักที่เกษตรกรเพาะปลูกจะได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP แล้วก็ตาม แต่เกษตรกรก็ยังถูกเอารัดเอาเปรียบโดยคนกลางจากพ่อค้าคนกลาง ดังนั้นกรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงให้การสนับสนุนแก่เกษตรกร [4] โดยการรวมกลุ่มเกษตรกรรายย่อยในระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ โดยเฉพาะในประเภทสินค้าพืชผักซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของเกษตรกร อีกทั้งยังได้เข้าช่วยเหลือด้านราคาสินค้า และพัฒนาช่องทางการตลาดให้มีสถานที่จำหน่ายสินค้าเกษตรอย่างเป็นระบบที่แน่นอน เพื่อรองรับสินค้าของเกษตรกรแปลงใหญ่ โดยประสานกับหน่วยงานเอกชนและภาครัฐที่เกี่ยวข้อง จึงเกิดขึ้นเป็นโครงการตลาดนำการผลิต พืชผักปลอดภัยสู่ผู้บริโภค ที่เกิดจากความร่วมมือกันทั้งสองฝ่าย ภาครัฐทั้งในส่วนภาครัฐและเอกชน ซึ่งโครงการนี้จะช่วยสร้างความมั่นใจให้เกษตรกรมีกำลังใจในการผลิตสินค้าเกษตรปลอดภัย และยังมีช่องทางการรองรับผลผลิตที่แน่นอน เพื่อจะนำไปสู่การสร้างรายได้ที่ยั่งยืนของเกษตรกรและการผลิตอาหารปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

ซึ่งในกรณีตัวอย่างเกษตรกรในเขตพื้นที่กรณีศึกษา ถือว่าเป็นต้นแบบของความสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรมของนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ของภาครัฐ เนื่องจากเกษตรกรสามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มที่เข้มแข็ง มีศักยภาพในการรวบรวมผลผลิตได้ในปริมาณมาก มีอำนาจการต่อรอง ลูกค้านายใหญ่ เช่น ธุรกิจค้าปลีก ซึ่งอยู่ในฐานะผู้ประกอบการค้าปลีก ได้เข้ามาเติมเต็มห่วงโซ่อุปทานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่วนการจัดการในปัจจุบันจะมีลักษณะเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งสมาชิกทั้งหมดจะต้องมาตกลงร่วมกันวางแผนทุกครั้งว่าเกษตรกรรายใดจะเพาะปลูกผักอะไร จำนวนเท่าไร หลังจากที่เกษตรกรแต่ละรายได้รับคำสั่งการผลิตพืชผักแต่ละชนิดแล้วก็จะไปดำเนินการเพาะปลูกจนเก็บผลผลิต โดยจะเก็บผลผลิตสัปดาห์ละ 4 วัน

จากนั้นนำไปตัดแต่งให้สวยงามก่อนจะบรรจุลงแล้วนำไปส่งที่โรงคัดแยกเพื่อเข้าสู่กระบวนการชั่ง และจดบันทึกจำนวนผลผลิตพืชผักแต่ละชนิดต่อไป เนื่องจากการวางแผนการเพาะปลูกของเกษตรกรต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่หลากหลาย [5] และมีความไม่แน่นอนสูง ได้แก่ 1) ขนาดพื้นที่ของเกษตรกรแต่ละราย 2) ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่การเพาะปลูก เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น 3) ทักษะความรู้ความสามารถในการเพาะปลูกพืชผักชนิดต่าง ๆ ของเกษตรกรแต่ละราย 4) ข้อจำกัดในเรื่องการดูแลของพืชผักแต่ละชนิด เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวข้างต้นล้วนส่งผลให้เกิดความผันผวนต่อปริมาณผลผลิต เนื่องจากผลิตสินค้าเกษตรได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดความซับซ้อนในการวางแผนการเพาะปลูก ดังนั้นจึงทำให้เกิดปัญหาการจัดการบริหารการเพาะปลูกพืชผักไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ในอดีตที่ผ่านมาจึงไม่สามารถควบคุมการผลิตได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่ไม่แน่นอน เกษตรกรเกิดความไม่มั่นคงในการประกอบอาชีพเกษตรกรรวม

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงนำไปสู่การวิจัยเพื่อการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรมีกำไรสูงสุดภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อที่จะให้กลุ่มเกษตรกรรายย่อยเพาะปลูกพืชผักได้ทันเวลาตามที่กำหนด ที่สามารถตอบสนองได้ตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ทำให้เกิดผลตอบแทนจากการขายผลผลิตสูงสุดต่อปี และลดปัญหาสินค้าเกษตรล้นตลาด ที่ทำให้เกิดปัญหาการตกต่ำเกิดขึ้น ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการพัฒนาแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอกับรูปแบบปัจจุบันของกรณีศึกษา ทั้งนี้เพื่อพัฒนาคุณภาพของคำตอบและลดระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ ซึ่งในการศึกษานี้ประกอบด้วย วิธีการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ไขปัญหาหมอบหมายงานทั่วไปแบบมีข้อจำกัดของงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรมีผลกำไรตอบแทนสูงสุดจากการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของเกษตรกรและลูกค้า

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดให้เกษตรกร โดยจำแนกลักษณะของปัญหาและนำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดให้เกษตรกรในปัจจุบัน และรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะของปัญหา

ปัญหาการปัญหาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย เป็นปัญหาการหมอบหมายงานทั่วไป (Generalized Assignment Problem: GAP) คือ ปัญหาที่ใช้ตัดสินใจในการ

มอบหมายงานหรือจัดสรรงานให้กับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของปัญหาประกอบด้วย เซตของลูกค้า i เป็นลูกค้ารายใหญ่ และแต่ละแหล่งผลิต j คือแปลงเพาะปลูกของกลุ่มเกษตรกร ซึ่งสามารถเพาะปลูกพืชผักชนิด k โดยการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิดของกลุ่มเกษตรกรได้ไม่เกินกำลังการผลิตของแต่ละพื้นที่ (a_{jk}) และจำนวนพื้นที่ของแต่ละกลุ่มเกษตรกร (b_j) ที่จะทำให้ผลผลิตไม่เกินความต้องการของลูกค้า (d_{ik}) โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อให้กลุ่มเกษตรกรมีผลกำไรตอบแทนสูงสุด (แสดงดังภาพที่ 1)

2. อัลกอริทึมในรูปแบบปัจจุบัน (Constructive Heuristics)

ในปัจจุบันนี้กรณีศึกษาได้ดำเนินการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกของเกษตรกรรายย่อย โดยใช้หลักการการจัดสรรโดยให้เกษตรกรแต่ละรายประเมินความสามารถของตนเองในการเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิด ที่จะสามารถเพาะปลูกภายในแปลงของตนเองได้ปริมาณเท่าใด จากนั้นจึงจะนำมารวบรวมเพื่อพิจารณาความเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้ารายต่าง ๆ และได้มีการหาว่าใครที่ได้รับจากการคำนวณต้นทุน รายได้ และค่าสูญเสียโอกาส โดยสามารถแสดงอัลกอริทึมในรูปแบบปัจจุบันได้ดังภาพที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดของรูปแบบปัจจุบันดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : พิจารณาความต้องการของพืชผักชนิด k ของลูกค้าแต่ละราย i และหลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 : สุ่มแจกคำสั่งซื้อให้กลุ่มเกษตรกรแต่ละราย และหลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 : พิจารณาการคำนวณว่ามีการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกของเกษตรกรรายที่ $j(b_j)$ ครบทุกแปลงหรือไม่ หากยังให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 จนกระทั่งครบตาม พื้นที่ของเกษตรกรที่กำหนด หรือครบตามจำนวนงานที่กำหนด และหลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 : พิจารณาผลผลิตที่ได้มีความเพียงพอตามความต้องการตามที่กำหนดของลูกค้ารายที่ i หรือไม่ หากไม่เพียงพอ ให้คำนวณตามขั้นตอนที่ 5 และหากว่าครบแล้วให้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 5 : ให้คำนวณหาค่าสูญเสียโอกาส และหลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนที่ 6

ขั้นตอนที่ 6 : คำนวณหาค่าผลตอบแทนจากการขายพืชผักของเกษตรกรทุกราย

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลอ้างอิงจากกลุ่มเกษตรกรรายย่อยจากกรณีศึกษา ซึ่งนับได้ว่ากลุ่มเกษตรกรกลุ่มนี้เป็น ต้นแบบของความสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรมของนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ของภาครัฐ โดยผู้วิจัยมีข้อสมมติฐาน (Assumptions) ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

1. พิจารณาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูก โดยในแต่ละพื้นที่ที่สามารถปลูกพืชผักได้แค่เพียงชนิดเดียว
2. พิจารณาผลผลิตของพืชผักแต่ละชนิดได้ไม่เกินความต้องการของลูกค้าแต่ละราย
3. กำหนดให้ตอนเริ่มต้นการคำนวณของแต่ละแปลงไม่มีวัสดุคงค้าง (Work In Process) อยู่ในแปลง
4. ไม่มีการใช้เครื่องจักรในกระบวนการ
5. พิจารณาแค่กระบวนการเพาะปลูกเพียงอย่างเดียว
6. พิจารณาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูก โดยในแต่ละพื้นที่สามารถให้ผลผลิตในแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน
7. ทุกพื้นที่มีความพร้อมในการผลิต

3.1 ดัชนี (Indices and Sets)

- i : ดัชนีของลูกค้า $i \in m$ โดยที่ $i = \{1, 2, \dots, m\}$
 j : ดัชนีของแปลงเพาะปลูก $j \in n$ โดยที่ $j = \{1, 2, \dots, n\}$
 k : ดัชนีชนิดของพืชผัก $k \in v$ โดยที่ $k = \{1, 2, \dots, v\}$

3.2 ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

- a_{jk} : ผลผลิตของพืชผักชนิด k ของแปลง j (กิโลกรัม/ไร่)
 b_j : พื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ณ แปลง j (ไร่)
 d_{ik} : ความต้องการของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k (กิโลกรัม)
 c_{jk} : ต้นทุนการเพาะปลูกของพืชผักชนิด k สำหรับแปลง j (บาท/กิโลกรัม)
 p_{ik} : ราคาซื้อของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k (บาท/กิโลกรัม)
 g_{ik} : ค่าเสียโอกาสของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k (บาท/กิโลกรัม)

3.3 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

- $X_{ijk} = 1$, พืชผักชนิด k จะเพาะปลูกในพื้นที่แปลง j โดยส่งผลผลิตไปยังลูกค้า i
 $= 0$, กรณีอื่นๆ
 Y_{ik} = ปริมาณการเพาะปลูกที่น้อยกว่าความต้องการของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k

3.4 สมการเป้าหมาย (Objective Function)

ผลตอบแทนรวมมากที่สุด

$$\text{Maximize Profit} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^v (a_{jk} b_j p_{ik} X_{ijk}) - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^v Y_{ik} g_{ik} \quad (1)$$

สมการเป้าหมายที่ (1) ของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรมีผลกำไรตอบแทนสูงสุด โดยพิจารณาจากรายได้จากการจำหน่ายพืชผักชนิดต่าง ๆ และต้นทุนจากการผลิต ซึ่งต้นทุนที่พิจารณา ได้แก่ ต้นทุนการเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิด และต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรโดยปริมาณการผลิตของเกษตรกรมีค่าน้อยกว่าความต้องการของลูกค้ารายใหญ่

3.5 สมการข้อจำกัด (Constrain)

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^v X_{ijk} \leq 1 \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^b (a_{jk} b_j X_{ijk}) \leq d_{ik} \quad \forall i, k \quad (3)$$

$$Y_{ik} = d_{ik} - \sum_{j=1}^b a_{jk} b_j X_{ijk} \quad \forall i, k \quad (4)$$

$$Y_{ik} \geq 0 \quad \forall i, k \quad (5)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k \quad (6)$$

ทั้งนี้เพื่อให้การบริหารจัดการปริมาณการเพาะปลูกให้เกิดความเหมาะสมสำหรับเงื่อนไขข้อจำกัด ดังสมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เพาะปลูก (แปลง) แต่ละพื้นที่ j สามารถทำการเพาะปลูกพืชผักได้เพียงหนึ่งชนิดเท่านั้น สมการที่ (3) เป็นการกำหนดให้ปริมาณผลผลิตของพืชผักแต่ละชนิด k ที่ได้ทั้งหมดต้องไม่เกินความต้องการของแต่ละลูกค้ารายใหญ่ i เพื่อป้องกันปัญหาผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาด สำหรับเงื่อนไขข้อจำกัดสมการที่ (4) เป็นการหาค่าตัวแปรตัดสินใจ Y_{ik} ในกรณีที่ผลผลิตน้อยกว่าความต้องการของตลาด สมการที่ (5) เป็นการกำหนดให้ Y_{ik} เป็นจำนวนจริงที่มากกว่าศูนย์ และสมการที่ (6) X_{ijk} เป็นค่าไบนารีที่ต้องมีสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

3.6 ตัวอย่างและผลลัพธ์จากการตรวจสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์

ในการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ให้สอดคล้องกับปริมาณคำสั่งซื้อจากลูกค้ารายใหญ่ ได้ดำเนินการทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้การเปรียบเทียบคำตอบจากปัญหามิติเล็กเพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของปัญหาที่ซับซ้อนดังกล่าว และตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นยังทำให้การตรวจสอบดังกล่าวครอบคลุมทุกมิติ ดังนั้นจึงได้กำหนดข้อมูลนำเข้า (Input Data) ที่ใช้ในการทดสอบคือ ลูกค้าจำนวน 1 ราย พื้นที่การเพาะปลูก 50 แปลง และจำนวนชนิดพืชผัก 5 ชนิด ซึ่งมีข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ แสดงดังนี้

3.6.1 ผลผลิตของพืชผักชนิด k ของแปลง j แสดงดังตาราง 1

3.6.2 ต้นทุนการเพาะปลูกของพืชผักชนิด k สำหรับแปลง j แสดงดังตาราง 1

3.6.3 พื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ณ แปลง j แสดงดังตาราง 2

3.6.4 ความต้องการของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k แสดงดังตาราง 3

3.6.5 ราคาซื้อของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k แสดงดังตาราง 3

3.6.6 ค่าเสียโอกาสของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k แสดงดังตาราง 3

ซึ่งในการหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย โดยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยโปรแกรม LINGO V.13 แสดงดังภาพที่ 3 บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยการประมวลผลคำตอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดังนี้ Processor : CPU Intel® Core™ i7-7700HQ @2.80 GHz. Installed memory (RAM): 8.00 GB System type: 64bit Operating System โดยมี

ผลการคำนวณของ (1) ค่าวัตถุดิบประสงคืคือผลกำไรสูงสุดเท่ากับ 21,395 บาท ประกอบด้วยการจำหน่ายพืชผักเป็นรายได้เท่ากับ 43,070 บาท ต้นทุนในการเพาะปลูกพืชผักเท่ากับ 21,055 บาท และค่าเสียโอกาสเท่ากับ 620 บาท และ (2) ปริมาณพืชผักแต่ละชนิดที่เกิดจากการจัดสรรให้กับกลุ่มเกษตรกรให้สอดคล้องกับปริมาณการสั่งซื้อจากลูกค้าแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งมาจากค่าของตัวแปรตัดสินใจ X_{ijk} ที่แสดงถึงการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกพืชผักที่ k จะถูกเพาะปลูกในพื้นที่แปลง j โดยส่งผลผลิตไปยังลูกค้า i สำหรับปัญหาขนาดเล็นี้พืชผักทุกชนิดจะถูกส่งเพื่อตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้ารายที่ 1 ทั้งหมด ซึ่งมีความต้องการของพืชผักชนิดที่ 1 ถึง 5 คือ 300 200 600 250 และ 200 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพืชผักชนิดที่ 1 ถูกเพาะปลูกในพื้นที่แปลงที่ 9 11 และ 16 ได้ผลผลิตทั้งหมด 300 กิโลกรัม ส่วนพืชผักชนิดที่ 2 ได้ถูกจัดสรรให้ปลูกในพื้นที่การเพาะปลูกแปลงที่ 47 และ 50 ได้ผลผลิตทั้งหมด 175 กิโลกรัม พืชผักชนิดที่ 3 ถูกจัดให้ปลูกในพื้นที่แปลงที่ 8 12 14 15 17 33 และ 34 ได้ผลผลิตที่จะจัดส่ง คือ 600 กิโลกรัม พืชผักชนิดที่ 4 จะถูกจัดสรรให้ปลูกในพื้นที่แปลงที่ 30 32 และ 49 ได้ผลผลิตทั้งหมด 245 กิโลกรัม และสุดท้ายพืชผักชนิดที่ 5 ได้ปลูกในพื้นที่แปลงที่ 6 18 19 24 25 26 28 29 30 และ 31 ซึ่งได้ผลผลิตทั้งหมดในการจัดส่งเท่ากับ 200 กิโลกรัม

ผลการวิจัย

จากการศึกษาได้แสดงประสิทธิภาพของการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอเป็นแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม เพื่อช่วยในการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกให้กับกลุ่มเกษตรกรให้สามารถปลูกได้ทันเวลาตามที่กำหนดของลูกค้า ทำให้เกิดผลตอบแทนจากการขายผลผลิตสูงสุดต่อปี ซึ่งจากการทดลองการแก้ไขปัญหาค่าได้สร้าง ตัวอย่างปัญหาที่มีขนาดแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 7 ตัวอย่าง โดยปรับค่าจำนวนลูกค้า เกษตรกร และชนิดพืชผักที่เพาะปลูก และปรับค่าพารามิเตอร์ปริมาณของจำนวนพื้นที่เพาะปลูกผลผลิต ความต้องการของลูกค้า ต้นทุน ราคา และค่าเสียโอกาสของพืชผักแต่ละชนิด ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลจริงของกรณีศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งมีขนาดเทียบเท่ากับ ปัญหาที่ 5 หรือปัญหาที่ 6 รวมทั้งได้กำหนดปัญหาขนาดใหญ่เพื่อรองรับกับการขยายตลาดในลักษณะปัญหาดังกล่าวไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ปัญหาที่ 7) ซึ่งผลการทดลองจะแสดงผลเฉลยของอัตราผลตอบแทนสูงสุด และระยะเวลาในการคำนวณในแต่ละรูปแบบที่นำเสนอ ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 4 รวมทั้งได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดยเปรียบเทียบกับรูปแบบของกรณีศึกษาในปัจจุบันในรูปของค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ (Percentage of relative improvement, %RI) ตามสมการที่ (7) โดยจากตารางที่ 5 ค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ในส่วนของการกำไรโดยรวมของรูปแบบในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.02 26.27 40.23 25.64 33.07 30.24 และ 53.69 ตามลำดับ และค่าร้อยละพัฒนาสัมพัทธ์ในส่วนของการระยะเวลาในการคำนวณของรูปแบบในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 99.99 99.99 89.39 86.67 54.44 38.36 และ 47.23 ตามลำดับ

$$RI = \frac{(Sol_{MATH} - Sol_{CUR})}{Sol_{CUR}} \times 100 \quad (7)$$

โดยที่ RI แทนค่าร้อยละการพัฒนาสัมพัทธ์

Sol_{CUR} แทนคำตอบจากรูปแบบอัลกอริทึมในปัจจุบัน

Sol_{MATH} แทนคำตอบจากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการแก้ไขปัญหาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากการเกิดการกระจายปริมาณอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เกิดปัญหาสินค้าเกษตรล้นตลาดทำให้ราคาคต่ำ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการกระจายของปริมาณการเพาะปลูกและสามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ในลักษณะปัญหาการมอบหมายงานทั่วไป (Generalized Assignment Problem: GAP) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าไรสูงสุดจากการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ภายใต้ข้อจำกัดความสามารถของเกษตรกร และข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้ารายใหญ่ ซึ่งในการแก้ไขปัญหาจึงได้มีการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สำหรับแก้ปัญหาดังกล่าวในเชิงอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวก และเข้าใจได้ง่ายต่อการนำไปใช้งานของกรณีศึกษา และได้ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบปัจจุบันกับรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาแล้ว ผลปรากฏว่ารูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพทั้งด้านการพัฒนาคุณภาพของผลผลิตและระยะเวลาในการคำนวณซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหามอบหมายงานในปัญหาการจัดสรรพื้นที่การเพาะปลูกพืชผักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของกลุ่มเกษตรกรรายย่อยดังกล่าวได้ ซึ่งขณะนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น และอยู่ระหว่างการดำเนินการต่อยอดและขยายผลไปยังกลุ่มเกษตรกรกรณีศึกษา นอกจากนั้นยังสามารถนำมาเป็นต้นแบบเพื่อแก้ปัญหามอบหมายงานในรูปแบบที่ใกล้เคียงได้ อย่างไรก็ตามสำหรับการจัดสรรพื้นที่ยังต้องมีการคำนึงถึงสภาพฤดูกาลที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชผักจึงต้องดูแลเป็นพิเศษ เช่น ฤดูร้อน อุณหภูมิสูง ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชผักช้า มีความเสี่ยงสูง จึงทำให้ต้นทุนและราคาพืชผักสูงขึ้น ช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืชผักแต่ละชนิดและความต้องการที่ไม่แน่นอนของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา เป็นต้น ดังนั้นในการต่อยอดงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยมีการพิจารณาเพิ่มช่วงเวลาในการคำนวณ เพื่อความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และในส่วนวิธีการแก้ปัญหามอบหมายงานวิจัย ควรประยุกต์ใช้วิธีการทางเมตาสหวิธีสถิติในการพัฒนาผลผลิตเพื่อรองรับขนาดของปัญหาในเชิงอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

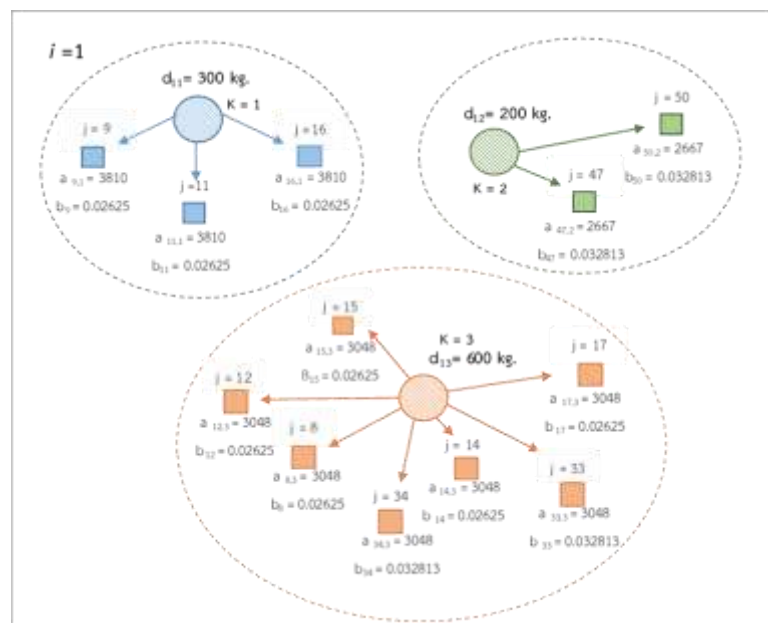
กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยการพัฒนาโมเดลเชิงระบบสำหรับอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย (สัญญาเลขที่ SMI KKU MS 611009)

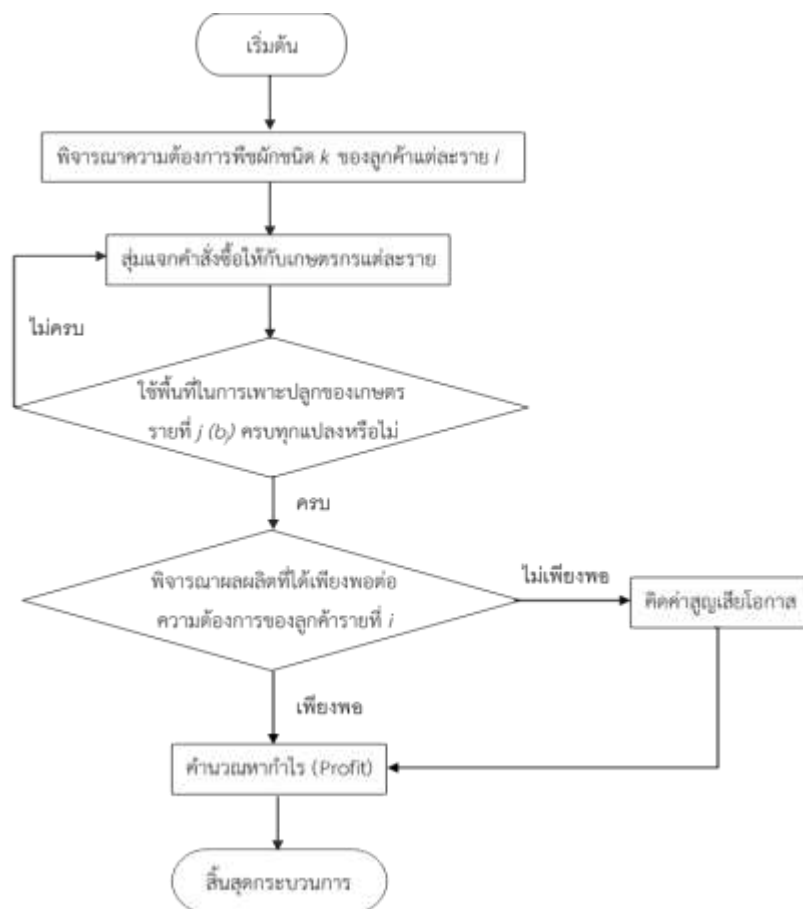
เอกสารอ้างอิง

1. Forrester RJ, Rodriguez M, Forrester R, Rodriguez M. An Integer Programming Approach to Crop Rotation Planning at an Organic Farm. UMAP J. 2018;38(4):5-25.
2. Office of Agricultural Economics. Agricultural land use [Internet] 2015 [updated 2020 Jan 15; cited 2020 May 7]. Available from: <http://www.agriinfo.doe.go.th/year59/general/land/land59.pdf>
3. Bangkok. Policy Options for Environmentally Friendly Pest Management in Thailand. Thailand Research Fund: Suwanna Praneetvatakul and et al; 2017.

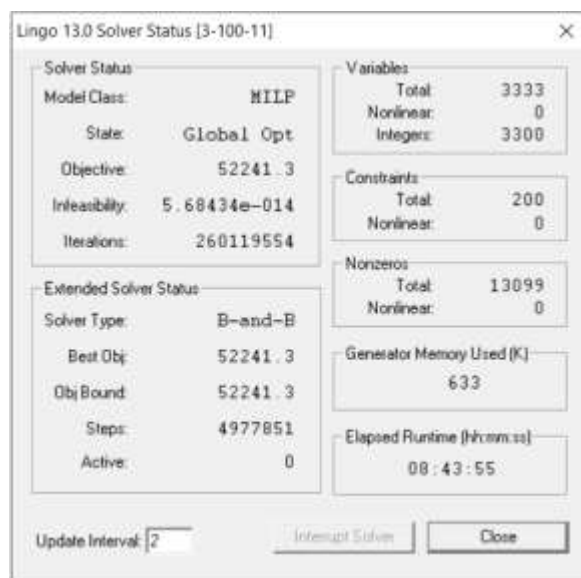
4. Good Agricultural Practice [Internet] 2019 [updated 2020 Mar 18; cited 2020 May 23]. Available from: <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2019/01/20170922>
5. You PS, Hsieh YC. A computational approach for crop production of organic vegetables. Comput Electron Agric. 2017 Mar 1;134:33–42.
6. Kusoncum C, Sethanan K, Pattanapairoj S, Neungmatcha W. Algorithms Development for Scheduling and Sequencing of Sugarcane Truck to Dump Tippler in Cane and Sugar Industry in Central Region of Thailand. KKU Res J. 2019; 19(4): 111-126. Thai
7. Sangsawang C, Sethanun K. Scheduling Unrelated Parallel Machines Under Machine Eligibility Constraints in Thailandus Hard Disk Drive Industry. KKU Res J. 2015; 10(1): 14–21. Thai
8. Sethanan K, Pitakaso R. Improved differential evolution algorithms for solving generalized assignment problem. Expert Syst Appl. 2016;45:450–45.
9. Ketsripongsa U, Pitakaso R, Sethanan K, Srivarapongse T. An Improved Differential Evolution Algorithm for Crop Planning in the Northeastern Region of Thailand. Math Comput Appl. 2018;23(3):40.
10. Phudphad P, Sethanan K, Jamrus T. A hybrid particle swarm optimization for the generalized assignment problem with time window. MATEC Web Conf 192. 2018;01015:1–4.



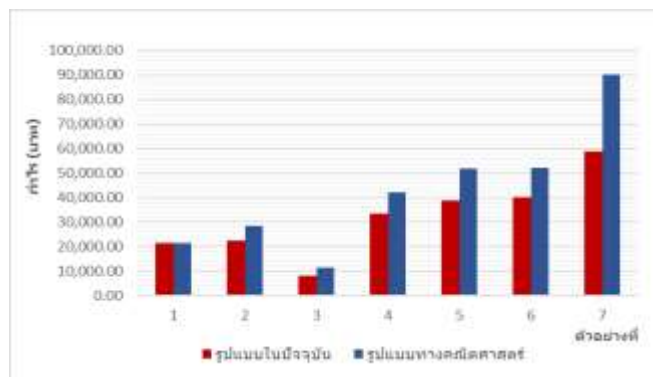
ภาพที่ 1 ลักษณะปัญหาการจัดสรรปริมาณการเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิดของกลุ่มเกษตรกร
ให้สอดคล้องกับปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้า



ภาพที่ 2 รูปแบบของอัลกอริทึมสำหรับการวางแผนการเพาะปลูกในปัจจุบัน



ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลจากการประมวลผลด้วย lingo 13.0



ภาพที่ 4 ผลเฉลยของรูปแบบอวกาศที่นำมาเสนอแต่ละวัตถุประสงค์ผลเฉลยอัตราผลตอบแทนสูงสุด

ตารางที่ 1 แสดงผลผลิต (a_{jk}) และต้นทุนการเพาะปลูก (c_{jk}) ของพืชผักชนิด k สำหรับแปลง j

ชนิดพืชผัก (k)	a_{jk} (กิโลกรัม/ไร่)			c_{jk} (กิโลกรัม/บาท)		
	แปลงที่ (j)			แปลงที่ (j)		
	1-10	11-31	32-50	1-10	11-31	32-50
1	3810	3810	3810	26	26	26
2	2667	2667	2667	22	22	22
3	3048	3048	3048	8	8	8
4	2667	2667	2667	9	9	9
5	762	762	762	12	12	12

ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ณ แปลง j (b_j)

เกษตรกรรายที่	แปลงที่	พื้นที่เพาะปลูกรวม (ไร่)
1	1-10	0.2625
2	11-31	0.55125
3	32-50	0.6234

ตารางที่ 3 แสดงความต้องการ (d_{ik}) ราคาซื้อ (p_{ik}) และค่าเสียโอกาส (g_{ik}) ของลูกค้า i สำหรับพืชผักชนิด k

ลูกค้า (i)	ชนิดพืชผัก (k)	d_{ik} (กิโลกรัม)	p_{ik} (บาท/กิโลกรัม)	g_{ik} (บาท/กิโลกรัม)
1	1	300	60	40
	2	200	50	22
	3	600	14	13
	4	250	16	14
	5	200	20	13



ตารางที่ 4 แสดงผลเฉลยการจัดสรรปริมาณพืชผักแต่ละชนิดที่สอดคล้องกับปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าและเวลาที่ใช้ในกา
หาคำตอบของปัญหาตัวอย่างจากโปรแกรม LINGO

ส่งลูกค้า (i)	ชนิดพืชผัก (k)	แปลงเพาะปลูกที่ (j)	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ความต้องการ (กิโลกรัม)	กำไรโดยรวม (บาท)	ระยะเวลาใน การคำนวณ (วินาที)
1	1	9, 11, 16	300	300	21,395	2
	2	47, 50	175	200		
	3	8, 12, 14, 15, 17, 33, 34	600	600		
	4	20, 32, 49	245	250		
	5	6, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31	200	200		

ตารางที่ 5 ผลเฉลยของอัตราผลตอบแทนสูงสุด และระยะเวลาในการคำนวณในแต่ละรูปแบบ

ขนาดปัญหา				รูปแบบปัจจุบัน		รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น		ร้อยละของการพัฒนา สัมพัทธ์	
ปัญหาที่	จำนวนลูกค้า i	จำนวนพื้นที่แปลง j	จำนวนชนิดของผัก k	กำไร โดยรวม* (บาท)	ระยะเวลาใน การคำนวณ โดยประมาณ* (นาฬิกา)	กำไรโดยรวม (บาท)	ระยะเวลาในการ คำนวณ (วินาที)	กำไร โดยรวม (บาท)	ระยะเวลาใน การคำนวณ (วินาที)
1	1	50	5	21,390.00		21,395.00	2	0.02	99.99
2	1	50	10	22,524.00		28,441.50	3	26.27	99.99
3	2	50	10	8,236.00	30	11,549.30	4,200	40.23	89.39
4	2	75	10	33,547.00		42,149.00	5,520	25.64	86.67
5	2	100	10	38,914.00		51,784.00	31,435	33.07	54.44
6	3	100	11	39,113.00	50	52,241.30	58,773	30.24	38.26
7	4	150	12	58,797.00		90,364.10	66,073	53.69	47.23

หมายเหตุ * กำไรโดยรวมและระยะเวลาในการคำนวณของรูปแบบปัจจุบันอ้างอิงมาจากการสัมภาษณ์ของหัวหน้ากลุ่มเกษตรกรของกรณีศึกษา