

การแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง:
กรณีศึกษาพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย
**Solving Crop Planning Problem by Differential Evolution Algorithm: A Case
Study of Agriculture Economy in the Southern Region of Thailand**

ปรพห์ มะยะเฉียว และ ผจงจิต พิจิตบรรจง*

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000 E-mail: paroon27@hotmail.com

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อ.เมือง จ.สงขลา 90000 E-mail: phajongjit@gmail.com*

Paroon Mayacheaw and Phajongjit Pijitbanjong*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat,
Thailand, 96000, E-mail: paroon27@hotmail.com

Program of Engineering, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University,
Songkhla, Thailand, 90000, Email: phajongjit@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด ซึ่งแบ่งวิธีการหาคำตอบออกเป็น 4 วิธี คือ 1) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง 2) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่ง 3) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างโดยปรับปรุงขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่าด้วยการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุด และ 4) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่งและการปรับเปลี่ยนค่าด้วยการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุด ผลการทดลองพบว่าในกลุ่มปัญหขนาดเล็ก ทุกวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ไม่แตกต่างกัน แต่ในกลุ่มปัญหขนาดกลางขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบจากทั้ง 4 วิธี พบว่าวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่งและการปรับเปลี่ยนค่าด้วยการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุด ให้ค่าคำตอบที่สูงที่สุดที่เวลาเท่ากันโดยมีกำไรสูงสุดเท่ากับ 13,823,443.20 บาทต่อวัน

คำหลัก: การวางแผนการปลูกพืช, วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง, การปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง, วิธีสลับตำแหน่ง

Abstract

This research presented solving multi-level crop planning problem of agriculture economy in the southern region of Thailand using algorithms based on Differential Evolution (DE) and Improved Differential Evolution (IDE) in order to find the maximum profit. The algorithm sets were comprised of four types: 1) Differential Evolution, 2) Differential Evolution with local search by adding the step of local search after the

selection process which uses Swap algorithm (DE-S), 3) Random best of Differential Evolution by improved methods from the process of mutation (DE-R), 4) Random best of Differential Evolution with Swap algorithm (DE-SR). The results showed that in the small test instances, all algorithms were not different as all of them can find the optimal solution. In medium, large test instances and the real case, DE-SR presented the best solutions compared with the other proposed algorithms. The maximum profits of the real case are 13,823,443.2 Baht per day.

Keywords: Crop planning, Differential Evolution, Improved Differential, Evolution Swap algorithm

1. บทนำ

การเกษตรถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงอยู่ของประชากรในแต่ละประเทศเนื่องจากการเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดวัตถุดิบหลัก จึงจำเป็นต้องอาศัยการวางแผนที่ดีเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้นประกอบไปด้วย 14 จังหวัด มีพื้นที่ประมาณ 44.2 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ จากข้อมูลสำนักเศรษฐกิจการเกษตร [1] ในปี 2560 พบว่าโครงสร้างเศรษฐกิจของภาคใต้อยู่ในภาคเกษตรภาคอุตสาหกรรม ภาคการค้า และการท่องเที่ยวเป็นหลัก คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.5, 12.5, 10.2 และ 8.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคใต้ ตามลำดับ ในภาคเกษตรกรรมของภาคใต้ เป็นผลผลิตจากการปลูกพืชร้อยละ 23.2 โดยพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ คือ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าวทุเรียน ลองกอง มังคุด กาแฟ และพืชเกษตรอื่นๆ สำหรับยางพาราและปาล์มน้ำมันถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของภาคใต้ เพราะมีเนื้อที่เพาะปลูกรวมกันมากกว่าร้อยละ 80 ของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรทั้งหมดในภาคใต้ และมีเนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นทุกปี แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางเศรษฐกิจและการค้าของโลกชะลอตัวลง ทำให้ราคายางพาราในตลาดโลกปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงปี 2555 ถึงปี 2560 ราคายางพาราตกต่ำจากภาวะวิกฤติเศรษฐกิจของสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกาและลุกลามไปทั่วโลก รวมถึงราคาปาล์มน้ำมันที่มีแนวโน้มปรับตัวผันผวนขึ้นลงตามภาวะเศรษฐกิจและตามราคาพืชน้ำมันในตลาดโลก ส่งผลให้ประเทศไทยต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการตัดสินใจในการวางแผนการปลูกพืชและการจัดการโลจิสติกส์ของยางพาราและปาล์มน้ำมันให้เหมาะสม

แผนการปลูกพืชและการจัดการโลจิสติกส์ของยางพาราและปาล์มน้ำมันให้เหมาะสม

การปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้น ในแต่ละพื้นที่จะให้อัตราผลผลิตคุณภาพและราคาไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในการปลูกและปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาด ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่ให้อัตราผลผลิตดีและราคาสูง รวมทั้งพิจารณาถึงสถานที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการขนส่งเพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุดในระบบ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ถือเป็นปัญหายาก (NP-hard Problem) และยากต่อการแก้ปัญหาด้วยวิธีแม่นยำตรง (Exact Method) เนื่องจากใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ทำให้นักวิจัยนำวิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อลดเวลาในการหาคำตอบและให้ได้คุณภาพของคำตอบที่สามารถยอมรับได้ จากหลายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution: DE) มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีและใช้เวลาค่อนข้างน้อย โดยผลงานตีพิมพ์วิธี DE ครั้งแรกเป็นการรายงานด้านเทคนิคในปี 1995 โดย Storn and Price [2] ต่อจากนั้นมาวิธี DE ได้พิสูจน์ตัวเองในการแข่งขัน เช่น The IEEE's International Contest on Evolution Optimization (ICEO) ในปี 1996 และในปี 1997 วิธี DE ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมากมาย เช่น Qin and Suganthan [3] และ Zou และ

คณะ [4] ได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบจากหลักการพื้นฐานของวิธี DE โดยทำการปรับปรุงปัจจัยขยายผลต่าง (Scaling Factor: F) และอัตราการปรับเปลี่ยน (Crossover Rate: CR) พบว่ามีค่าที่น่าพอใจและจากประสิทธิภาพที่ดีของวิธี DE ทำให้ Chakraborty และคณะ [5] พัฒนาการใหม่ในการกลายพันธุ์ของวิธี DE ซึ่งมีนัยสำคัญที่ดีขึ้นกว่าเดิม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Liu and Lampinen [6] ได้ทดลองปรับค่า F และ CR แบบฟัชชี Omran และคณะ [7] และ Qin and Suganthan [8] ใช้วิธีการปรับค่า F และ CR ด้วยตนเอง ส่วน Zou และคณะ [9] ใช้ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงาน ด้วยการปรับค่า F แบบไดนามิก และปรับค่า CR ด้วยตนเอง พรุห์ มะเยะเยียว [10] ทำการปรับค่า F, CR ด้วยตนเองในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นสำหรับงานวิจัยของ ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส [11] ให้ค่า F สามารถปรับค่าด้วยตนเองในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายงานแบบหลายลำดับชั้นหลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ และ Fan and Yan [12] ปรับปรุงวิธี DE ด้วยการควบคุมค่า F แบบไม่ต่อเนื่อง

งานวิจัยที่ใช้วิธี DE ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้แก่ Jarmo และคณะ [13] ใช้วิธี DE ในการฝึกอบรมสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมแบบ feed-forward ส่วน Lopez และคณะ [14] ศึกษาขั้นตอนของวิธี DE สำหรับแก้ปัญหาการควบคุมที่ดีที่สุดหลายรูปแบบ Dervis and Selcuk [15] นำเสนอวิธี DE ในการเพิ่มประสิทธิภาพแบบง่ายสำหรับปัญหาทางวิศวกรรม Kukkonen and Lampinen [16] ใช้วิธี DE ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจหลายลำดับชั้น Babu and Anbarasu [17] ใช้ในการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ Bin และคณะ [18] ปรับปรุงวิธี DE ด้วย memetic algorithm ในการจัดตารางงาน Erbao and Mingyong [19] ปรับปรุงวิธี DE แบบ hybrid intelligent ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ เช่นเดียวกับ Liao [20] ปรับปรุงแบบ two hybrid ในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบทางวิศวกรรม สำหรับงานวิจัยของ Josiah and Fred [21] ใช้ในการแก้ปัญหาการวางแผนการเพาะปลูกแบบหลายวัตถุประสงค์ Das

and Suganthan [22] นำไปใช้ในการสำรวจแบบ the state-of-the-art ส่วน Sahin and Kuvvetli [23] ใช้แก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งที่ตั้งอย่างต่อเนื่องแบบไดนามิก Su และคณะ [24] นำไปแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรฉุกเฉินหลายครั้งสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยมีรูปแบบเวกเตอร์เป็น two dimensional integer vector และมีหลายงานวิจัยที่ได้ปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Improved Differential Evolution: IDE) และวัดประสิทธิภาพการทำงานของ IDE ในการแก้ปัญหา เช่นผลงานของ Jazebi และคณะ [25] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธี DE กับวิธีวิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบพาร์ติเคิลสวอร์ม (Particle Swarm Optimization: PSO) เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรการชดเชยการกระจายของไฟฟ้าสถิต (DSTATCOM) ในเครือข่ายการกระจาย เช่นเดียวกับ Pitakaso and Thongdee [26] ใช้ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายงานแบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ ด้วยวิธี DE-PSO รวมถึง Dechampa และคณะ [27] ใช้วิธี DE แบบ DE_G-Q-DVRP-FD และ MSEOMDE_G-Q-DVRP-FD ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งโดยมีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะในการรับและส่งสินค้าของอุตสาหกรรมสัตว์ปีก รวมถึงการนำเทคนิคการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) มาใช้เพื่อพัฒนาคำตอบที่ดีขึ้น เช่นงานวิจัยของ Chakraborty และคณะ [28] Yang and Yao [29] และ Sethanan and Pitakaso [30] ได้ทำการปรับปรุงวิธี DE สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางขนส่งนมดิบ ด้วยเทคนิค local search แบบ k-cyclic move technique รวมถึง Sethanan and Pitakaso [31] ใช้แก้ปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป ด้วยเทคนิค local search แบบ shifting, swap และ k-variable move

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า วิธี DE เป็นวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย มีความรวดเร็วในการประมวลผล คำตอบที่ได้อยู่ในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด และมีหลายงานวิจัยที่ทำการปรับปรุงอัลกอริทึมของกระบวนการ DE เพื่อให้การหาคำตอบมีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน รวมถึงปัญหาที่มีการตัดสินใจ

หลายลำดับชั้น ดังนั้นวิธี DE จึงเป็นวิธีที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับชั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิค Local Search มาใช้ในการปรับปรุงคำตอบ และปรับปรุงอัลกอริทึมของกระบวนการ DE เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่น้อยลง

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช

งานวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชที่มีการตัดสินใจแบบหลายลำดับชั้น โดยขั้นแรกทำการวางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ ยางพารา และปาล์มน้ำมันในระดับตำบล และขั้นถัดมาคือการหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน เพื่อนำผลผลิตที่ได้จากพื้นที่ปลูกไปขายยังจุดรับซื้อ และจุดรับซื้อส่งไปขายต่อยังโรงงานแปรรูป ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีตัวแปรที่ทราบค่า ตัวแปรตัดสินใจ สมการเป้าหมายและสมการขอบข่าย ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i คือ เกษตรกรระดับตำบล โดยที่ i มีค่าอยู่ในเซตของ $N = \{1, 2, \dots, n\}$

j คือ จุดรับซื้อ โดยที่ j มีค่าอยู่ในเซตของ $M = \{1, 2, \dots, m\}$

k คือ โรงงานแปรรูป โดยที่ k มีค่าอยู่ในเซตของ $O = \{1, 2, \dots, o\}$

l คือ ชนิดพืช โดยที่ l มีค่าอยู่ในเซตของ $P = \{1, 2\}$ ($1 =$ ยางพารา, $2 =$ ปาล์มน้ำมัน)

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

a_i คือ พื้นที่ปลูกพืช ณ ตำบล i (ไร่)

r_{il} คือ อัตราผลผลิตพืช l ที่ตำบล i (กก./ไร่)

C_l^1 คือ ต้นทุนการผลิตพืช l (บาท/กก.)

C_{jkl}^2 คือ ราคาซื้อผลผลิตพืช l ของจุดรับซื้อ j ที่ส่งไปขายยังโรงงานแปรรูป k (บาท/กก.)

d_{ij} คือ ระยะทางจากตำบล i ไปยังจุดรับซื้อ j (กม.)

e_{jk} คือ ระยะทางจากจุดรับซื้อ j ไปยังโรงงานแปรรูป k (กม.)

P_{il}^1 คือ ราคาขายผลผลิตพืช l ที่จุดรับซื้อ i (บาท/กก.)

P_{kl}^2 คือ ราคาขายผลผลิตพืช l หน้าโรงงาน k (บาท/กก.)

H_l คือ จำนวนสูงสุดของจุดรับซื้อที่รับซื้อผลผลิตพืช l (แห่ง)

Q_l คือ จำนวนสูงสุดของโรงงานแปรรูปที่รับซื้อผลผลิตพืช l (แห่ง)

F_{ji}^1 คือ ต้นทุนในการเปิดจุดรับซื้อ j เพื่อรับซื้อผลผลิตพืช l (บาท/แห่ง)

F_{kl}^2 คือ ต้นทุนในการเปิดโรงงานแปรรูป k เพื่อรับซื้อผลผลิตพืช l (บาท/แห่ง)

G_{ijl}^1 คือ ต้นทุนการขนส่งผลผลิตพืช l จากตำบล i ไปยังจุดรับซื้อ j (บาท/กก.)

G_{jkl}^2 คือ ต้นทุนการขนส่งผลผลิตพืช l จากจุดรับซื้อ j ไปยังโรงงานแปรรูป k (บาท/กก.)

Z_{ijl}^1 คือ ขนาดบรรทุกของรถขนส่งผลผลิตพืช l จากตำบล i ไปยังจุดรับซื้อ j (ตัน)

Z_{jkl}^2 คือ ขนาดบรรทุกของรถขนส่งผลผลิตพืช l จากจุดรับซื้อ j ไปยังโรงงานแปรรูป k (ตัน)

S_{minl} คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l ขั้นต่ำของจุดรับซื้อ (ตัน)

S_{maxl} คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l สูงสุดของจุดรับซื้อ (ตัน)

T_{minl} คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l ขั้นต่ำของโรงงานแปรรูป (ตัน)

T_{maxl} คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l สูงสุดของโรงงานแปรรูป (ตัน)

B_{kl} คือ กำลังต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์จากพืช l ที่ผลิตจากโรงงานแปรรูป k (บาท/หน่วย)

T_l^1 คือ จำนวนรอบในการขนส่งผลผลิตพืชจากตำบลไปยังจุดรับซื้อ (เที่ยว)

T_l^2 คือ จำนวนรอบในการขนส่งผลผลิตพืชจากจุดรับซื้อไปยังโรงงานแปรรูป (เที่ยว)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$U_{il} = 1$, กรณีที่เกษตรกรที่ตำบล i ปลูกพืช l , 0 กรณีอื่นๆ

$X_{ijl} = 1$, กรณีที่เกษตรกรที่ตำบล i ปลูกพืช / ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อ j , 0 กรณีอื่นๆ

$Y_{jkl} = 1$, กรณีที่จุดรับซื้อ j ส่งผลผลิตพืช / ให้กับ โรงงานแปรรูป k , 0 กรณีอื่นๆ

ตัวแปรสนับสนุน (Auxiliary Variable)

$V_{jl} = 1$, กรณีที่จุดรับซื้อ j รับซื้อผลผลิตพืช l , 0 กรณีอื่นๆ

$W_{kl} = 1$, กรณีที่โรงงานแปรรูป k รับซื้อผลผลิต พืช l , 0 กรณีอื่นๆ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการ ปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้น

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\begin{aligned} \text{Maximize } & \sum_{i \in N} \sum_{l \in P} a_i r_{il} (P_{il}^1 - C_{il}^1) U_{il} \\ & - \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} \sum_{l \in P} d_{ij} G_{ijl}^1 X_{ijl} T_l^1 \\ & + \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} ((P_{kl}^2 - C_{kl}^2) \sum_{i \in N} a_i r_{il} V_{jl} X_{ijl}) \\ & - \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} e_{jk} G_{jkl}^2 Y_{jkl} T_l^2 \\ & - \sum_{j \in M} \sum_{l \in P} F_{jl}^1 V_{jl} \\ & + \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} a_i r_{il} B_{kl} X_{ijl} Y_{jkl} \\ & - \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} F_{kl}^2 W_{kl} \end{aligned} \quad (1)$$

สมการข้อข่าย (Constraints)

$$\sum_{l \in P} U_{il} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in M} \sum_{l \in P} X_{ijl} = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$\sum_{j \in M} V_{jl} \leq H_l \quad \forall l \in P \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl} \geq S_{\min l} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl} \leq S_{\max l} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (6)$$

$$X_{ijl} \leq U_{il} \quad \forall i \in N \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (7)$$

$$X_{ijl} \leq V_{jl} \quad \forall i \in N \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (8)$$

$$V_{jl} \leq U_{jl} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (9)$$

$$\sum_{k \in O} Y_{jkl} = V_{jl} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \quad (10)$$

$$\sum_{k \in O} W_{kl} \leq Q_l \quad \forall l \in P \quad (11)$$

$$\sum_{j \in M} (\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}) Y_{jkl} \geq W_{kl} T_{\min l} \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \quad (12)$$

$$\sum_{j \in M} (\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}) Y_{jkl} \leq W_{kl} T_{\max l} \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \quad (13)$$

$$Y_{jkl} \leq W_{kl} \quad \forall j \in M \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \quad (14)$$

$$W_{kl} \leq V_{kl} \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \quad (15)$$

$$C_{jkl}^2 = P_{il}^1 \quad \forall i \in N \quad \forall j \in M \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \quad (16)$$

$$T_l^1 = \left\lceil \frac{\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}}{Z_{ijl}^1} \right\rceil \geq 0 \text{ and Integer} \quad \forall l \in P \quad (17)$$

$$T_l^2 = \left\lceil \frac{\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}}{Z_{jkl}^2} \right\rceil \geq 0 \text{ and Integer} \quad \forall l \in P \quad (18)$$

$$U_{il}, X_{ijl}, Y_{jkl}, V_{jl}, W_{kl} \in \{0, 1\} \quad (19)$$

สมการที่ 1 สมการวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด สมการที่ 2 แต่ละตำบลสามารถปลูกพืชได้เพียง 1 ชนิดเท่านั้น สมการที่ 3 แต่ละตำบลส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อเพียงแห่งเดียว สมการที่ 4 จำนวนจุดรับซื้อจะต้องไม่เกินจำนวนจุดรับซื้อสูงสุดที่กำหนดให้เปิดได้ สมการที่ 5 และสมการที่ 6 เป็นการกำหนดปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังจุดรับซื้อจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำและไม่มากกว่าปริมาณสูงสุดของจุดรับซื้อที่สามารถรับได้ สมการที่ 7 ตำบลที่ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อจะต้องไม่เกินตำบลที่ปลูกพืช สมการที่ 8 จุดรับซื้อที่รับซื้อพืชต้องไม่เกินจุดรับซื้อที่เปิด สมการที่ 9 จุดรับซื้อต้องไม่มากกว่าตำบลที่ปลูกพืช

สมการที่ 10 จำนวนจุดรับซื้อที่ส่งผลผลิตพืชไปยังโรงงานแปรรูปจะต้องเท่ากับจำนวนจุดรับซื้อที่เปิดสมการที่ 11 จำนวนโรงงานแปรรูปจะต้องไม่เกินจำนวนโรงงานแปรรูปสูงสุดที่กำหนดให้เปิดได้ สมการที่ 12 และสมการที่ 13 กำหนดปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังโรงงานแปรรูปจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำและไม่มากกว่าปริมาณสูงสุดของโรงงานแปรรูปที่สามารถรับได้ สมการที่ 14 โรงงานที่จุดรับซื้อส่งพืชไปจะต้องไม่มากกว่าโรงงานที่เปิด สมการที่ 15 โรงงานแปรรูปที่เปิดต้องไม่มากกว่าจุดรับซื้อที่เปิด สมการที่ 16 ราคาที่เกษตรกรขายผลผลิตพืชได้ในแต่ละตำบลเท่ากับราคารับซื้อของจุดรับซื้อแต่ละตำบล สมการที่ 17 และ 18 จำนวนเที่ยวในการขนส่งต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น และสมการที่ 19 กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1

4. การแก้ปัญหาการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

4.1 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE)

วิธี DE ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) สร้างคำตอบเริ่มต้น (Generate Initial Solution) 2) กระบวนการปรับเปลี่ยนค่า (Mutation Process) 3) กระบวนการแลกเปลี่ยนค่า (Recombination Process) และ 4) กระบวนการคัดเลือก (Selection Process) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดังนี้

4.1.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

วางแผนการปลูกพืชของเกษตรกรในระดับตำบล ซึ่งมีพืชเศรษฐกิจ 2 ชนิด คือ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยการออกแบบเวกเตอร์เป้าหมาย (Target Vector) และให้รหัสเวกเตอร์ (Vector Encoding) ซึ่งเป็นตัวแปรแบบไบนารี จากนั้นทำการถอดรหัสเวกเตอร์ (Vector Decoding) เพื่อให้ได้ค่าคำตอบเริ่มต้นที่ต้องการ

4.1.1.1 การให้รหัสเวกเตอร์

กำหนดจำนวนประชากรของเวกเตอร์เป้าหมาย (NP) และกำหนดขนาดพิกัดของแต่ละเวกเตอร์ (D) ให้มีขนาดเท่ากับจำนวนของเกษตรกร (n) แต่ในงานวิจัยนี้มีการแบ่งกลุ่มการปลูกพืชให้กับ

เกษตรกร ดังนั้น จำนวนพิกัดของเวกเตอร์ในการสร้างคำตอบจะมีค่า $D = n+1$ โดยให้เวกเตอร์ 0 เป็นตัวแบ่งกลุ่มชนิดพืชที่ปลูก ทำการสุ่มตัวเลข (0,1) ให้กับแต่ละตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายเริ่มต้น

4.1.1.2 การถอดรหัสเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเรียงลำดับตัวเลขสุ่มในแต่ละ NP โดยเรียงจากน้อยไปหามาก

ขั้นตอนที่ 2 แบ่งกลุ่มเกษตรกรแต่ละตำบลที่จะทำการปลูกพืชออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปลูกยางพารา และกลุ่มที่ 2 ปลูกปาล์มน้ำมัน โดยให้พิกัดที่ได้ค่าเลขสุ่มเป็น 0 เป็นตัวแบ่งกลุ่มการปลูกพืช

ขั้นตอนที่ 3 จัดกลุ่มเกษตรกรแต่ละตำบลเพื่อกำหนดเป็นจุดรับซื้อ โดยสร้างกลุ่มเกษตรกรที่จะส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อ ซึ่งจะต้องมีผลผลิตรวมมากกว่าปริมาณขั้นต่ำและไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถเปิดเป็นจุดรับซื้อได้ และกำหนดให้ตำบลแรกทำการจัดกลุ่มเป็นที่ตั้งของจุดรับซื้อ

ขั้นตอนที่ 4 จัดกลุ่มจุดรับซื้อแต่ละตำบลเพื่อกำหนดเป็นโรงงานแปรรูป โดยสร้างกลุ่มจุดรับซื้อที่จะส่งผลผลิตพืชไปยังโรงงานแปรรูป ซึ่งจะต้องมีผลผลิตรวมมากกว่าปริมาณขั้นต่ำและไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถเปิดเป็นโรงงานแปรรูปได้ และกำหนดให้ตำบลแรกที่ทำจัดกลุ่มจุดรับซื้อเป็นที่ตั้งของโรงงานแปรรูป

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณผลลัพธ์ของเวกเตอร์เป้าหมายในแต่ละ NP ตามสมการเป้าหมายและทำซ้ำขั้นตอนที่ 1-5 จนครบทุก NP

4.1.2 กระบวนการปรับเปลี่ยนค่า

ปรับเปลี่ยนค่าของแต่ละตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมาย ด้วยสมการที่ 20 ทำให้ได้ค่าใหม่ซึ่งเรียกว่ามิวแทนต์เวกเตอร์ ($V_{i,j,G}$) โดยเกิดจากการสุ่มค่าของเวกเตอร์ $X_{r1,G}$, $X_{r2,G}$, $X_{r3,G}$ ที่อยู่ในพิกัดของเวกเตอร์แต่ละแถวแนวนอนเดียวกัน สำหรับค่า F ซึ่งเป็นปัจจัยขยายความแตกต่างของเวกเตอร์ กำหนดให้ค่า $F = 2$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์จากงานวิจัยของ Qin และคณะ [32]

$$V_{i,j,G} = X_{r1,j,G} + F(X_{r2,j,G} - X_{r3,j,G}) \quad (20)$$

4.1.3 กระบวนการแลกเปลี่ยนค่า (Recombination Process)

เป็นขั้นตอนการผสมสายพันธุ์อันจะได้ทั้งสายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าและแยกให้ออกมาอย่างหลากหลายด้วยสมการที่ 21 ค่าไทรอัลเวกเตอร์ ($U_{i,j,G}$) ที่ได้ มาจากการสุ่มตัวเลขจำนวนจริง $rand_{ij}$ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 แล้วเปรียบเทียบกับค่าของ CR กำหนดค่า $CR = 0.8$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์จากงานวิจัยของ Diaz and Fernandez [33] และทำการถอดรหัสเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

$$U_{i,j,G} = \begin{cases} V_{i,j,G} & \text{if } rand_{ij} \leq CR \text{ or } j = lrand \\ X_{i,j,G} & \text{if } rand_{ij} > CR \text{ or } j \neq lrand \end{cases} \quad (21)$$

4.1.4 กระบวนการคัดเลือก (Selection Process)

เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการถอดรหัสของไทรอัลเวกเตอร์ไปเปรียบเทียบกับเวกเตอร์เป้าหมาย ดังสมการที่ 22 สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาว่าสิ่งที่สูงที่สุด ดังนั้นในกระบวนการคัดเลือกจะเลือกคำตอบที่ให้ค่าที่สูงสุดระหว่างไทรอัลเวกเตอร์กับเวกเตอร์เป้าหมาย และกำหนดให้เวกเตอร์ที่ได้เป็นเวกเตอร์เป้าหมายในรอบต่อไป ($G+1$)

$$X_{i,j,G+1} = \begin{cases} U_{i,j,G} & \text{if } (U_{i,j,G}) \geq f(X_{i,j,G}) \\ X_{i,j,G} & \text{if otherwise} \end{cases} \quad (22)$$

4.2 การปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (IDE)

ได้จำแนกวิธี IDE ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

4.2.1 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่ง (Differential Evolution with Local Search by Swap Algorithm: DE-S)

ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Diaz and Fernandez [34] ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น
 ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการตั้งขั้นตอนที่ 3.1-3.4 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้าง มิว แทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 ปรับปรุงคำตอบโดยการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่ง

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

สำหรับวิธีการสลับตำแหน่ง (Swap Algorithm)

เป็นการสลับตำแหน่งของเกนตรกรที่ส่งผลผลิตพืชให้กับแต่ละจุดรับซื้อ เพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีขึ้น เช่น มอบหมายให้เกนตรกรตำบลที่ i ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ j แล้ว ในอัลกอริทึมจะทำการสลับตำแหน่งของเกนตรกรระหว่างจุดรับซื้อ 2 แห่ง เพื่อให้กำไรรวมมากกว่าเดิม ตัวอย่างเช่น เกนตรกรตำบลที่ 6 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 14 และเกนตรกรตำบลที่ 11 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 7 (กำไรรวม 100,000 บาท) ดังรูปที่ 1(ก)

จุดรับซื้อที่	14				7			
เกนตรกรตำบลที่	14	3	9	6	7	1	5	11

(ก) กลุ่มเกนตรกรเดิม

จุดรับซื้อที่	14				7			
เกนตรกรตำบลที่	14	3	9	11	7	1	5	6

(ข) กลุ่มเกนตรกรใหม่

รูปที่ 1 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสลับตำแหน่ง

อัลกอริทึมจะสลับตำแหน่งของเกนตรกรตำบลที่ 6 กับ 11 ให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจตุรรับซื้อที่ 7 และ 14 ตามลำดับ เนื่องจากการสลับตำแหน่งนี้ทำให้กำไรรวมมากกว่าเดิม (กำไรรวม 150,000 บาท) ดังรูปที่ 1(ข) อย่างไรก็ตามปริมาณรับซื้อของจตุรรับซื้อที่ 14 และ 7 ต้องเพียงพอที่จะรับซื้อผลผลิตพืชจากตำบลที่ 11 กับ 6 ตามลำดับด้วย

4.2.2 วิธีเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Random Best of Differential Evolution: DE-R)

เป็นการปรับปรุงขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่าด้วยการเก็บค่าตัวเลขสุ่มจากตำแหน่งในฟังก์ชันของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดหลังกระบวนการคัดเลือกสำหรับใช้ในการสุ่มค่า X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าในแต่ละฟังก์ชันของเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.4 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันของเวกเตอร์ด้วยสมการที่ (20) ในรอบที่ 1 และด้วยสมการที่ (23) ในรอบที่ 2 เป็นต้นไป

$$V_{i,j,G+1} = X_{r1best,j,G} + F(X_{r2best,j,G} - X_{r3best,j,G}) \quad (23)$$

เมื่อ X_{r1best} , X_{r2best} และ X_{r3best} คือ ค่าตัวเลขสุ่มที่ได้จากตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดที่เก็บไว้

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 เก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดไว้จำนวน m เวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

4.2.3 วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่ง (Random Best of Differential Evolution with Local Search by Swap Algorithm: DE-SR)

เป็นวิธีผสมระหว่างรูปแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.5 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันของเวกเตอร์ด้วยสมการที่ (20) ในรอบที่ 1 และด้วยสมการที่ (23) ในรอบที่ 2 เป็นต้นไป

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 ปรับปรุงคำตอบโดยการค้นหาเฉพาะที่ด้วยอัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่ง

ขั้นตอนที่ 3.5 เก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดไว้จำนวน $m = 10$ เวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

5. ผลการทดลอง

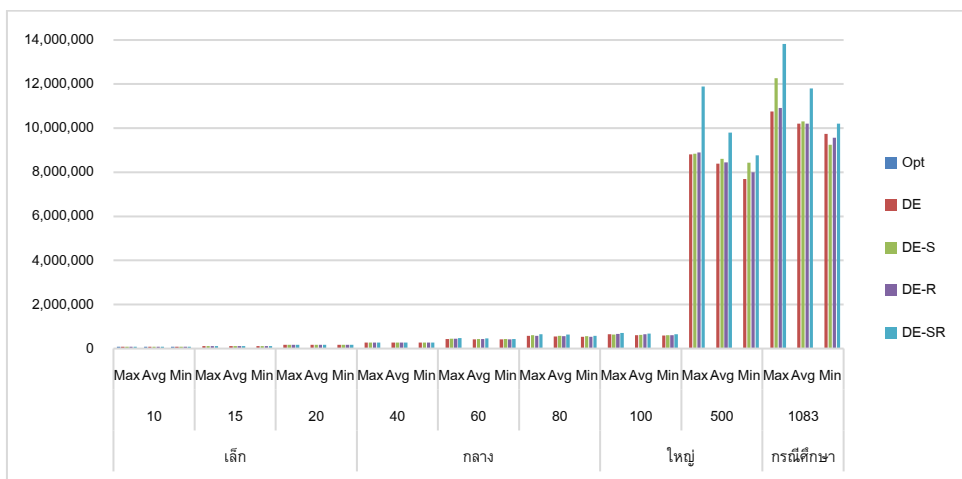
ในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจตุรรับซื้อและโรงงานแปรรูปพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดย

ใช้ผลต่างและวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุง ได้นำโปรแกรม Visual Studio 2017 มาใช้ในการออกแบบอัลกอริทึม ประมวลผลของคำตอบและเปรียบเทียบผลการหาคำตอบกับปัญหากรณีศึกษาขนาดต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์หน่วยประมวลผล Inter (R) Core (TM) i3-3240 CPU 3.40 GHz หน่วยความจำ 4 GB ทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก ซึ่งมีเกชตรกรจำนวน 10-20 ตำบล ปัญหาขนาดกลาง ซึ่งมีเกชตรกรจำนวน

40-60 ตำบล และปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งมีเกชตรกรจำนวน 80-500 ตำบล และปัญหากรณีศึกษาในพื้นที่ภาคใต้ จำนวน 1,083 ตำบล ทำการหาค่าของคำตอบโดยกำหนด NP = 100, G = 10,000, F = 2 และ CR = 0.8 โดยใช้เวลาเท่ากัน คือ 1.30 ชั่วโมง ได้ผลดังตาราง ที่ 1 และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านค่าสูงที่สุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Average) และค่าต่ำที่สุด (Minimum) ได้ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าไรสูงสุดในการแก้ปัญหาขนาดต่าง ๆ ด้วยวิธี DE และ IDE ที่เวลา 1.30 ชั่วโมง

ขนาดปัญหา	จำนวนเกชตรกร (ตำบล)	ค่าไร (บาท)				
		Opt	DE	DE-S	DE-R	DE-SR
เล็ก	10	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54
	15	n/a	116,022.14	116,022.58	116,022.58	116,022.58
	20	n/a	169,272.56	168,954.75	169,079.96	169,425.21
กลาง	40	n/a	276,897.35	276,660.83	276,583.77	277,245.06
	60	n/a	427,592.64	447,910.13	443,450.64	472,112.15
	80	n/a	579,858.81	606,055.96	576,634.69	644,879.60
ใหญ่	100	n/a	645,495.77	640,696.37	670,104.98	709,794.36
	500	n/a	8,807,774.77	8,837,341.32	8,903,164.31	11,885,787.85
กรณีศึกษา	1083	n/a	10,752,348.02	12,270,250.86	10,918,446.59	13,823,443.20



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพทางด้านค่าสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำที่สุด ด้วยวิธี DE และ IDE ที่เวลาเท่ากัน

จากตารางที่ 1 ในการหาคำตอบด้วยวิธี DE และ IDE ทั้ง 4 วิธี คือ DE, DE-S, DE-R และ DE-SR พบว่า

วิธี DE-SR ให้คำตอบที่ดีที่สุดทุกขนาดปัญหารวมถึงกรณีศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพในการหาคำตอบดังรูปที่ 2 พบว่าวิธี DE-SR ให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ ทั้งในด้านค่าที่มากที่สุด ค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุดในทุกขนาดปัญหารวมถึงกรณีศึกษา และจากผลการทดลองพบว่ากำไรสูงสุดของกรณีศึกษาที่ได้จากวิธี DE-SR คือ 13,823,443.20 บาท ต่อวัน จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดย ท ต ส อ บ

สมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ด้วยโปรแกรม Minitab 17 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบระหว่างวิธี DE กับวิธี IDE ในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการหาคำตอบระหว่างวิธี DE กับวิธี IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

N	Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	Adjusted P-Value
20	DE - DE-I	522	147	(64, 981)	0.014
	DE - DE-SR	335	147	(124, 793)	0.017
40	DE - DE-SR	1114	267	(279, 1948)	0.002
60	DE - DE-SR	31876	4251	(18591, 45161)	0.000
80	DE - DE-S	30912	7144	(8583, 53242)	0.001
	DE - DE-SR	79191	7144	(56862, 101521)	0.00
100	DE - DE-R	43736	7703	(19663, 67810)	0.000
	DE - DE-SR	72645	7703	(48571, 96718)	0.000
500	DE - DE-SR	1409574	315282	(424189, 2394959)	0.001
1083	DE - DE-SR	1595118	364683	(455332, 2734903)	0.001

หมายเหตุ แสดงเฉพาะ P-Value < 0.05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบระหว่างวิธี DE กับวิธี IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าวิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบแตกต่างกับวิธี DE อย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มปัญหารวมถึงกรณีศึกษาด้วย

6. สรุปผลการวิจัย

การแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ด้วยวิธีการ DE และ IDE เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุดนั้น ได้แบ่งวิธีการหาคำตอบออกเป็น 4 วิธี 1) DE 2) DE-S (3) DE-R และ (4) DE-SR ทดสอบกับกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ผลการทดลองพบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นวิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่

เวลาเท่ากัน สำหรับผลการวิเคราะห์ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อพิจารณาการหาคำตอบทุกขนาดการทดลองแล้ว วิธี DE-SR ให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าและมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบแตกต่างจากวิธี DE อย่างมีนัยสำคัญทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และกรณีศึกษา ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบระหว่างวิธี DE กับวิธี DE-SR แล้ว เป็นไปได้ว่าในการเพิ่มเทคนิค local search ด้วยวิธี Swap Algorithm และการเก็บค่า Random Best จะเข้าไปช่วยในการปรับปรุงวิธีการค้นหาคำตอบ ซึ่งในกลุ่มปัญหาขนาดเล็กจะมีช่องว่างในการค้นหาคำตอบที่แคบเนื่องจากประชากรมีน้อยจึงทำให้สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้เช่นเดียวกับ optimal solution แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น การหาคำตอบด้วยวิธี optimal solution นั้นไม่สามารถค้นหาคำตอบได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ แต่วิธี DE-SR สามารถค้นหาคำตอบได้ดีและใช้เวลาน้อย เนื่องจากการเพิ่ม local search เข้าไปในกระบวนการ DE

สามารถเพิ่มโอกาสในการค้นหาคำตอบในวงกว้างได้ และการเก็บค่าสุ่มที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบไว้ ด้วยวิธี Random Best จะเป็นการลดช่องว่างในการหาคำตอบทำให้การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดแคบลง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ ดังนั้นจากการปรับปรุงอัลกอริทึมของวิธีการ DE ในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด พบว่าวิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบสูงกว่าวิธี DE อย่างมีนัยสำคัญทุกขนาดของปัญหา

จากการแก้ปัญหากรณีศึกษาพบว่า เกษตรกรในระดับตำบลทั้ง 14 จังหวัดในภาคใต้ ซึ่งมีทั้งหมด 1,083 ตำบลนั้น ทำการปลูกยางพารา จำนวน 568 ตำบล และปาล์มน้ำมันจำนวน 396 ตำบล และอีก 120 ตำบลไม่ได้ทำการปลูกพืชทั้ง 2 ชนิดอยู่ก่อนแล้ว สำหรับจำนวนจุดรับซื้อยางพาราและปาล์มน้ำมันที่ต้องทำการเปิดมีจำนวนทั้งสิ้น 95 แห่ง แบ่งเป็นจุดรับซื้อยางพาราจำนวน 59 แห่ง และจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันจำนวน 36 แห่ง และโรงงานแปรรูปที่ต้องทำการเปิดทั้งสิ้นจำนวน 24 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานแปรรูปยางพาราจำนวน 15 โรงงาน และโรงงานแปรรูปปาล์มน้ำมันจำนวน 9 โรงงาน และกำไรรวมที่สูงที่สุดทั้งระบบเท่ากับ 13,823,443.20 บาทต่อวัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. “ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2560”, เอกสารการสัมมนาภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2560. <http://www.oae.go.th/economicon2560.html>. 20 มีนาคม 2561.
- [2] Storn, R. and Price, K. “Differential evolution a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces”, Journal of Global Optimization. 11(4): 341-359; January, 1995.
- [3] Qin, A. K. and Suganthan, P. N. “Self-adaptive differential evolution algorithm for numerical optimization”, In Proceedings of the 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation. p.1785–1791. Edinburgh, Scotland: IEEE Xplore, 2005.
- [4] Zou, D. and et al. “An improved differential evolution algorithm for the task assignment problem”, Engineering Applications of Artificial Intelligence. 24(4): 616-624; June, 2011.
- [5] Chakraborty, U. K. and et al. “Differential evolution with local neighborhood”, New Jersey: IEEE Press, 2006.
- [6] Liu, J. and Lampinen, J. “A fuzzy adaptive differential evolution algorithm”, Soft Computing-A Fusion of Foundations, Methodologies, and Applications. 9(6): 448–462; June, 2005.
- [7] Omran, M. and et al. “Self-adaptive differential evolution”, Lecture Notes in Artificial Intelligence. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2005.
- [8] Qin, A. K. and Suganthan, P. N. “Self-adaptive differential evolution algorithm for numerical optimization”, In Proceedings of the 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation. p.1785–1791. Edinburgh, Scotland: IEEE Xplore, 2005.
- [9] Zou, D. and et al. “An improved differential evolution algorithm for the task assignment problem”, Engineering Applications of Artificial Intelligence. 24(4): 616-624; June, 2011.
- [10] พรพท์ มะยะเจียว. การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้นในโซ่อุปทาน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.
- [11] ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. “การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายเส้นทางแบบหลายลำดับขั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ด้วยกระบวนการโมติฟายดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชัน”, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 18(4): 662-672; ตุลาคม-ธันวาคม, 2556.

- [12] Fan, Q. and Yan, X. "Self-adaptive differential evolution algorithm with discrete mutation control parameters", *Expert Systems with Applications*. 42(3): 1551-1572; February, 2015.
- [13] Jarmo, I. and et al. "Differential evolution training algorithm for feed-forward neural networks", *Neural Proceeding Letters*. 17(1): 93-105; January, 2003.
- [14] Lopez C. I. L. and et al. "Efficient Differential Evolution algorithms for multimodal optimal control problems", *Applied Soft Computing*. 3(2): 97-122; September, 2003.
- [15] Dervis K. and Selcuk, O. "A simple and global optimization algorithm for engineering problems: Differential evolution algorithm", *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 12(1): 53-60; January, 2004.
- [16] Kukkonen, S. and Lampinen, J. "An extension of generalized differential evolution for multi-objective optimization with constraints", In *Proceeding of PPSN 2004, the 8th International conference on parallel problem solving from nature*. p. 752-761. Birmingham: Springer, 2004.
- [17] Babu, B. V. and Anbarasu, B. "Multi-Objective Differential Evolution (MODE): An Evolutionary Algorithm for Multi-Objective Optimization Problems (MOOPs)", In *Proceedings of the Third International Conference on Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems*. p. 210-217. Singapore: Orchard Hotel, 2005.
- [18] Bin, Q. and et al. "Scheduling multi-objective job shop using a memetic algorithm based on differential evolution", *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology*. 35(9-10): 1014-1027; January, 2008.
- [19] Erbao, C. and Mingyong, L. "A Hybrid differential evolution algorithm to vehicle routing problem with fuzzy demands", *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 231(1): 302-310; September, 2009.
- [20] Liao, T. W. "Two hybrid differential evolution algorithms for engineering design optimization", *Applied Soft Computing*. 10(4): 1188-1199; September, 2010.
- [21] Josiah, A. and Fred, O. "Differential evolution algorithm for solving multi-objective crop planning model", *Journal of Agricultural Water Management*. 97(6): 848-856; June, 2010.
- [22] Das, S. and Suganthan, P. N. "Differential evolution a survey of the state-of-the-art", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 15(1): 4-31; February, 2011.
- [23] Sahin, C. and Kuvvetli, Y. "Differential evolution based meta-heuristic algorithm for dynamic continuous berth allocation problem", *Applied Mathematical Modelling*. 40(23-24): 10679-10688; December, 2016.
- [24] Su, Z. and et al. "Multiple emergency resource allocation for concurrent incidents in natural disasters", *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 17(1): 199-212; January, 2016.
- [25] Jazebe, S. and et al. "DSTATCOM Allocation in Distribution Networks Considering Reconfiguration Using Differential Evolution Algorithm", *Energy Conversion and Management*. 52(7): 2777-2783; July, 2011.
- [26] Pitakaso, R. and Thongdee, T. "Solving a multi-objective, Source & Stage location- allocation Problem using Differential Evolution" In *Proceeding of the Asoa Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012*: p.1053-1060. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University, 2012.
- [27] Dechampai, D. and et al. "A differential evolution algorithm for the capacitated VRP with Flexibility

- for mixing pickup and delivery services and the maximum duration route in poultry industry”, Journal of Intelligent Manufacturing. 28(6): 1357-1376; August, 2017.
- [28] Chakraborty, U. K. and et al. “Differential evolution with local neighborhood”, New Jersey: IEEE Press, 2006.
- [29] Yang, Z., He, J. and Yao, X. “Making a difference to differential evolution”, In Advances in Metaheuristic for Hard Optimization. Michalewicz, Z. and Siarry, P. Editors. p. 397-414. Berlin: Springer, 2008.
- [30] Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation”, Computers and Electronics in Agriculture. 121(3): 245-259; February, 2016a.
- [31] Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Improved differential evolution algorithms for solving generalized assignment problem”, Expert Systems with Applications. 45(3): 450-459; March, 2016b.
- [32] Qin, A. K. and et al. “Differential evolution algorithm with strategy adaptation for global numerical optimization”, IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 13(2): 398–417; April, 2009.
- [33] Diaz, J. A. and Fernandez, E. “A Tabu search heuristic for the generalized assignment problem”, European Journal of Operational Research. 132(1): 22–38; July, 2001.