



วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุงสำหรับแก้ปัญหาวางแผน
การปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ผจงจิต พิจิตบรรจง

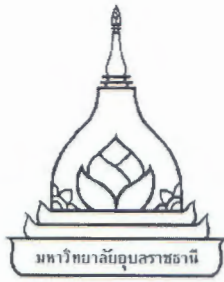
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



IMPROVED DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHMS FOR
SOLVING MUTTI-STAGE CROP PLANNING MODEL
IN SOUTHERN REGION OF THAILAND

PHAJONGJIT PIJITBANJONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2017
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง วิธีพัฒนาการใช้ผลต่างแบบปรับปรุงสำหรับแก้ไขปัญหาการวางแผนการปลูกพืช
แบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ผู้วิจัย นางสาวผจงจิต พิจิตบรรจง

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สีนุเชาวน์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรรศิน ศรีวราพงศ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้และให้โอกาสเข้ารับการศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่า มาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สิ้นธุเชาวน์ รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรรดิน ศรีวรภาพงศ์ ที่กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจทุกท่าน ในการนำข้อมูลต่าง ๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งในทางปฏิบัติและงานวิชาการต่อไป

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตลอดจนอาจารย์เพื่อนร่วมงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และยังมีผู้เกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านในที่นี้ได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผจงจิต พิจิตบรรจง

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุงสำหรับแก้ปัญหาการวางแผน
การปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ผู้วิจัย : ผจงจิต พิจิตบรรจง

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

คำสำคัญ : วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง, การวางแผนการปลูกพืช,
ยางพาราและปาล์มน้ำมัน

งานวิจัยนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด แบ่งวิธีการหาคำตอบออกเป็น 4 วิธี คือ 1) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง 2) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งเพิ่มขึ้นขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่เข้าไปหลังกระบวนการคัดเลือกโดยใช้อัลกอริทึมวิธีการเปลี่ยนตำแหน่งและวิธีการสลับตำแหน่ง 3) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง เป็นการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่า และ 4) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 และจำแนกวิธีออกเป็น 8 วิธีที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มปัญหาขนาดเล็กทุกวิธีการให้คำตอบที่ดีที่สุดไม่แตกต่างกัน แต่ในกลุ่มปัญหาขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหาจริงไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบจากทั้ง 8 วิธี พบว่าวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุงด้วยการเพิ่มการค้นหาเฉพาะที่โดยใช้อัลกอริทึมวิธีการสลับตำแหน่งร่วมกับวิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุด ให้ค่าคำตอบที่สูงที่สุดที่เวลาเท่ากัน โดยมีกำไรที่สูงที่สุดเท่ากับ 13,823,443.2 บาทต่อวัน

ABSTRACT

TITLE : IMPROVED DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHMS FOR SOLVING
MULTI-STAGE CROP PLANNING MODEL IN SOUTHERN REGION OF
THAILAND

AUTHOR : PHAJONGJIT PIJITBANJONG

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASSOC. PROF. RAPEEPAN PITAKASO, Ph.D.

KEYWORDS : DIFFERENTIAL EVOLUTION, IMPROVED DIFFERENTIAL EVOLUTION,
CROP PLANNING MODEL

This research presented algorithms based on Differential Evolution and Improved Differential Evolution to solve multi-stage crop planning problems in the southern region of Thailand in order to find the maximum profit. The algorithm sets were comprised of four types: 1) Differential Evolution (DE), 2) Differential Evolution with local search by adding the step of local search after the selection process which uses an insert algorithm (DE-I and swap algorithms, 3) Random best of Differential Evolution by improved methods from that which has been improved from the process of mutation (DE-R), 4) Random best of Differential Evolution with local search is a mixture of type 2 and type 3 (DE-IR and DE-SR). Moreover, the Differential Evolution and Improved Differential Evolution are generated in eight different algorithms for solving this problem. The results showed that in the small problem instances, all algorithms were not different as all of them can find 100% optimal solution. In medium and large problem instances, DE-SR presented the best solutions compared with the other proposed algorithms. The maximum profits of this research are 13,823,443.2 Baht per day.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	7
1.6 แผนการดำเนินงาน	8
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ปัญหาการมอบหมายงาน	10
2.2 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน	13
2.3 ฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก	21
2.4 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	38
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	39
3.3 สมมติฐานและลักษณะของปัญหา	43
บทที่ 4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหา	
4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช	44
4.2 การแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม LINGO	48
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	52
บทที่ 5 การแก้ปัญหาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	
5.1 การแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	54
5.2 การประเมินประสิทธิภาพวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเทียบกับโปรแกรม Lingo	67
5.3 การปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	
6.1 การทดลองการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	83
6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ	90
6.3 สรุปผลการเปรียบเทียบ	92
บทที่ 7 การแก้ปัญหากรณีศึกษา	
7.1 การแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	93
7.2 สรุปผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	98
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
8.1 สรุปผลการวิจัย	100
8.2 ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารอ้างอิง	102
ภาคผนวก	
ก ข้อมูลพิกัดตำบล พื้นที่ อัตราผลผลิต ราคาผลผลิต ของยางพาราและปาล์มน้ำมัน ปี 2559	111
ข ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	169
ประวัติผู้วิจัย	175

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การใช้ที่ดินของประเทศไทยเป็นรายภาค ปี 2559	2
1.2 เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจภาคใต้ ปี 2559	2
1.3 เนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2557-2559	3
1.4 เนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2557-2559	3
1.5 ราคาเฉลี่ยผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรขายได้ ปี 2548-2559	4
1.6 ราคาเฉลี่ยผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรขายได้ ปี 2548-2559	4
1.7 แผนการดำเนินงาน	8
2.1 การประยุกต์ใช้ DIFFERENTIAL EVOLUTION (DE) เพื่อแก้ปัญหาหลากหลาย	35
3.1 พื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ และราคาขายได้ ของยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2559	40
3.2 พื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ และราคาขายได้ ของปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2559	40
3.3 ข้อมูลที่ตั้งของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้	41
4.1 ค่าพารามิเตอร์	48
4.2 ผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo กับกลุ่มปัญหาขนาดต่าง ๆ	50
4.3 ผลการทดสอบการตอบสนอง (Sensitivity Test) กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	52
5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาตัวอย่าง	57
5.2 ปริมาณผลผลิต ราคาที่จูดรับซื้อ และหน้าโรงงาน ในตำบลตัวอย่าง 13 ตำบล	57
5.3 ระยะทางระหว่างตำบลตัวอย่าง 13 ตำบล	58
5.4 ตัวเลขสุ่มแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายในการสร้างคำตอบเริ่มต้น	59
5.5 เรียงลำดับเวกเตอร์เป้าหมายของ NP 1 จากน้อยไปหามาก	59
5.6 ผลลัพธ์จากการถอดรหัส Target Vector ที่ NP = 5	63
5.7 ตัวเลขสุ่มที่ใช้ในการปรับแก้ค่าแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมาย	64
5.8 มิวแทนต์เวกเตอร์ของเวกเตอร์เป้าหมาย	65
5.9 ตัวเลขสุ่มที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์	65
5.10 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนค่า	65
5.11 ค่าไทรอัลเวกเตอร์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์	66
5.12 ผลการปรับค่าไทรอัลเวกเตอร์ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1	66
5.13 ผลการถอดรหัสไทรอัลเวกเตอร์	66
5.14 ผลการคัดเลือกเวกเตอร์ระหว่างเวกเตอร์เป้าหมาย ($X_{i,j,G}$) และไทรอัลเวกเตอร์ ($U_{i,j,G}$)	67
5.15 ผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี DE เทียบกับโปรแกรม Lingo	69
5.16 เวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย	77
5.17 ค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.18	ค่าตัวเลขสุมเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด จำนวน $M = 3$ เวกเตอร์	78
5.19	ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุมของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด	79
5.20	ผลการทดลองเพื่อทดสอบค่าตัวเลขสุมที่ดีที่สุดที่เก็บไว้สำหรับค่าสุม X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3}	81
6.1	การออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุง DE	84
6.2	กำไรโดยรวมในการแก้ปัญหาขนาดต่างๆ ด้วยวิธี DE และ IDE ที่เวลาเท่ากัน	85
6.3	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกันระหว่างวิธี DE กับ IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	91
7.1	ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	93

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สัดส่วนการใช้เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจภาคใต้ ปี 2559	2
2.1	ปัญหาการมอบหมายงานกรณีที่มีงานจำนวน 5 งาน มอบหมายให้กับคนงาน 5 คน	10
2.2	ปัญหา P-Median	15
2.3	ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน	19
2.4	การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร	29
2.5	การ Crossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า $D=7$	30
2.6	กระบวนการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธี Differential Evolution จากขั้นที่ 1-4	31
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	39
3.2	ขอบเขตของตำบลในพื้นที่ภาคใต้ 14 จังหวัด	42
4.1	โซ่อุปทานยางพาราและปาล์มน้ำมัน	44
5.1	กระบวนการวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	56
5.2	วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างรวมกับการค้นหาเฉพาะที่	72
5.3	วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง	73
5.4	วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างรวมกับการค้นหาเฉพาะที่	74
5.5	การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง	75
5.6	การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสลับตำแหน่ง	76
5.7	ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนค่า	80
5.8	ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดที่เก็บไว้สำหรับค่าสุ่ม X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3}	81
6.1	ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE	86
7.1	พื้นที่ปลูก ที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน ในภาคใต้	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเกษตรถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงอยู่ของประชากรในแต่ละประเทศเนื่องจากการเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดวัตถุดิบหลัก จึงจำเป็นต้องอาศัยการวางแผนที่ดีเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี มีคุณภาพ และมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่เหมาะสม การทำการเกษตรโดยการผลิตพืชนั้นมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ ซึ่งในอดีตสภาวะแวดล้อมมีเสถียรภาพและทรัพยากรธรรมชาติที่เกื้อหนุนการทำเกษตรนั้นมีอยู่อย่างเพียงพอ การวางแผนการผลิตสินค้าเกษตรจึงไม่ได้ให้ความสำคัญต่อปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติมากนัก แต่เน้นการวางแผนการทำการเกษตรเพื่อตอบสนองกลไกทางการตลาดหรือเน้นทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก ในช่วงเวลาที่ผ่านมากการวางแผนการทำการเกษตรของประเทศไทยจึงอยู่ในรูปของการเกษตรเชิงเดี่ยว คือปลูกพืชเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีมูลค่าทางการตลาดที่สูงที่สุดเท่านั้น และส่วนใหญ่ยังขาดการจัดทำที่เป็นระบบแบบแผน ขาดการประเมินถึงต้นทุน และสภาวะการณ์ของราคาในวงกว้าง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดต้นทุนค่าใช้จ่าย และยังช่วยทำนายได้ถึงแนวโน้มการลงทุน เช่น การวางแผนจัดหาและตรวจสอบที่ดิน การเลือกทำเล และแหล่งลงทุนเพาะปลูก การเลือกพืชที่จะปลูกและวิเคราะห์พื้นที่ รวมถึงการหาจุดรวบรวมวัตถุดิบตลาดรับซื้อ ที่ตั้งโรงงานแปรรูป และเส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสม

สำหรับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้น ประกอบไปด้วย 14 จังหวัด มีพื้นที่ประมาณ 44.2 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ในปี 2559 โครงสร้างเศรษฐกิจของภาคใต้อยู่ในภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคการค้า และการท่องเที่ยว เป็นหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.5, 12.5, 10.2 และ 8.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคใต้ ตามลำดับ ในส่วนภาคเกษตรกรรมของภาคใต้ เป็นผลผลิตจากการปลูกพืชร้อยละ 23.2 ซึ่งมีเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ดังตารางที่ 1.1 โดยพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ คือ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าวทุเรียน ลองกอง มังคุด กาแฟ และพืชเกษตรอื่น ๆ ดังตารางที่ 1.2 คิดเป็นสัดส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การใช้ที่ดินของประเทศไทยเป็นรายภาค ปี 2559

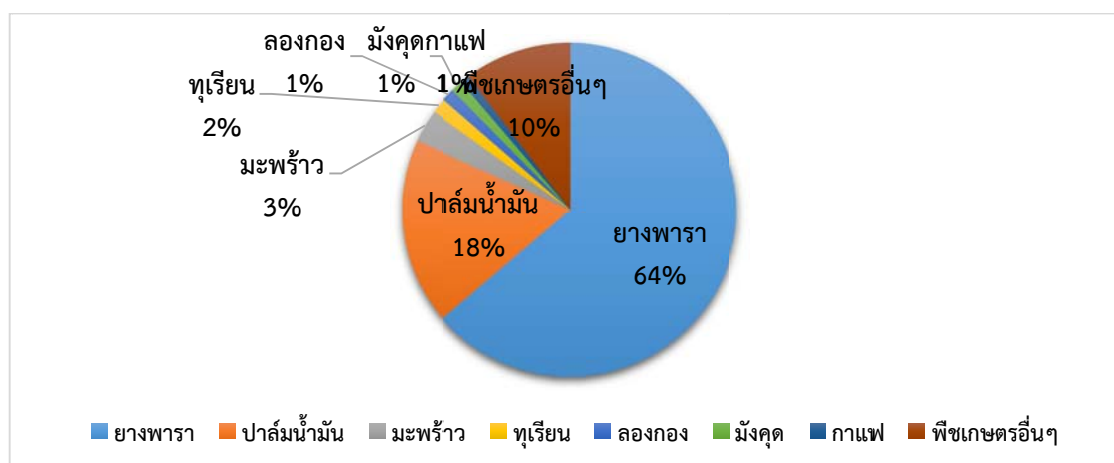
ภาค	เนื้อที่ทั้งหมด (ไร่)	เนื้อที่ป่าไม้ (ไร่)	เนื้อที่ใช้ประโยชน์ นอกการเกษตร (ไร่)	เนื้อที่ใช้ประโยชน์ ทางการเกษตร (ไร่)
เหนือ	106,027,680	56,283,599	17,254,403	32,489,678
ตะวันออกเฉียงเหนือ	105,533,963	15,813,932	25,872,290	63,847,741
กลาง	64,938,253	18,971,661	14,836,185	31,130,407
ใต้	44,196,992	11,050,348	11,378,236	21,768,407
รวม	320,696,888	102,119,540	69,341,116	149,236,233

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

ตารางที่ 1.2 เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจภาคใต้ ปี 2559

ลำดับที่	พืชเกษตร	เนื้อที่การใช้ประโยชน์ (ไร่)
1	ยางพารา	13,861,433
2	ปาล์มน้ำมัน	3,941,355
3	มะพร้าว	694,790
4	ทุเรียน	327,773
5	ลองกอง	268,901
6	มังคุด	244,717
7	กาแฟ	191,321
8	พืชเกษตรอื่นๆ	2,238,117
รวม		21,768,407

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)



ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการใช้เนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจภาคใต้ ปี 2559

สำหรับยางพาราและปาล์มน้ำมันถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของภาคใต้ เพราะมีเนื้อที่เพาะปลูกรวมกันมากกว่าร้อยละ 80 ของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรทั้งหมดในภาคใต้ และมีเนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นทุกปี ดังตารางที่ 1.3 และตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.3 เนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2557-2559

ภาค	เนื้อที่กรีดยางได้ (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2557	2558	2559	2557	2558	2559	2557	2558	2559
เหนือ	327,623	454,401	566,292	67,896	88,757	98,909	207	195	175
ตะวันออกเฉียงเหนือ	2,220,332	2,498,713	2,916,637	473,954	556,526	645,325	213	223	221
กลาง	1,817,608	1,940,236	2,066,408	470,901	491,446	509,634	259	253	247
ใต้	11,382,940	11,569,364	11,873,147	3,126,652	3,168,340	3,177,851	275	274	268
รวมทั้งประเทศ	15,748,503	16,462,714	17,422,484	4,139,403	4,305,069	4,431,719	263	262	254

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

ตารางที่ 1.4 เนื้อที่ให้ผลผลิตและปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2557-2559

ภาค	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2557	2558	2559	2557	2558	2559	2557	2558	2559
เหนือ	8,768	12,364	35,825	9,045	13,775	24,926	1,032	1,114	696
ตะวันออกเฉียงเหนือ	37,160	44,765	77,849	60,787	65,977	86,662	1,636	1,474	1,113
กลาง	321,552	30,360	378,530	809,597	870,809	959,541	2,518	2,636	2,535
ใต้	3,333,028	3,380,002	3,655,964	10,432,872	11,432,402	11,432,318	3,130	3,382	3,127
รวมทั้งประเทศ	3,700,508	3,767,491	4,148,168	11,312,301	12,382,963	12,503,447	3,057	3,287	3,014

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางเศรษฐกิจและการค้าของโลกชะลอตัวลงทำให้ราคายางพาราในตลาดโลกปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง ความต้องการใช้ยางพาราลดลง โดยเฉพาะในช่วงปี 2555 ถึงปี 2559 ราคายางพาราดกต่ำจากภาวะวิกฤติเศรษฐกิจของสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกาและลุกลามไปทั่วโลก รวมถึงราคาปาล์มน้ำมันที่มีแนวโน้มปรับตัวผันผวนขึ้นลงตามภาวะเศรษฐกิจและตามราคาพืชน้ำมันในตลาดโลก ดังตารางที่ 1.5 และ 1.6 ส่งผลให้ประเทศไทยต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการตัดสินใจในการวางแผนการปลูกพืช (Crop Planning) และการจัดการโลจิสติกส์ (Logistics) ของยางพาราและปาล์มน้ำมันให้เหมาะสม เนื่องจากปัญหาสำคัญคือการขาดองค์ความรู้และการวางแผน อีกทั้งเกษตรกรในโซ่อุปทาน (Supply Chain) ยังคงใช้วิธีการปฏิบัติในการจัดการผลิตรูปแบบเดิม ทำให้ผลผลิตบางส่วนต้องสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ก่อนถึงมือผู้บริโภค รวมทั้งต้นทุนการผลิตสูงเกินความจำเป็น ส่งผลให้ไม่สามารถแข่งขันกับคู่แข่งในต่างประเทศได้

ตารางที่ 1.5 ราคาเฉลี่ยผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรขายได้ ปี 2548-2559

ปี	ราคาน้ำยางสดที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กิโลกรัม)
2548	53.57
2549	66.24
2550	68.90
2551	73.66
2552	58.47
2553	102.76
2554	124.16
2555	87.15
2556	74.75
2557	53.93
2558	54.08
2559	50.03

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

ตารางที่ 1.6 ราคาเฉลี่ยผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรขายได้ ปี 2548-2559

ปี	ราคาปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กิโลกรัม)
2548	2.76
2549	2.39
2550	4.07
2551	4.23
2552	3.64
2553	4.26
2554	5.34
2555	4.91
2556	3.54
2557	4.27
2558	4.52
2559	4.96

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

สำหรับการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้น ในแต่ละพื้นที่จะให้ อัตราผลผลิต คุณภาพและราคาไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในการปลูกและ ปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาด ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันใน พื้นที่ที่ให้อัตราผลผลิตดีและราคาสูง รวมทั้งพิจารณาถึงสถานที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปซึ่ง ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการขนส่ง เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุดในระบบ ซึ่งปัญหาลักษณะนี้ถือเป็นปัญหา แบบเอ็นพีฮาร์ด ยากต่อการแก้ปัญหาด้วยวิธีการของ Exact Method เนื่องจากใช้เวลานาน ทำให้ นักวิจัยนำวิธีการทางฮิวริสติกมาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อลดระยะเวลาในการหาคำตอบและคุณภาพ ของคำตอบให้สามารถยอมรับได้ โดย Qin and Suganthan (2005) ได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ เรียกว่า Self-Adaptive Differential Evolution Algorithm Numerical Optimization (SADE) จากหลักการพื้นฐานของการหาคำตอบของ Differential Evolution Algorithm โดยทำการ ปรับปรุงปัจจัยควบคุม F และ CR โดยระบุว่าไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าของ F และ CR ไว้ล่วงหน้าใน ระหว่างการวิวัฒนาการ พารามิเตอร์จะค่อยๆ ปรับตัวเองตามประสบการณ์การเรียนรู้ ผลของการ ทดสอบ SADE เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของชุดฟังก์ชันมาตรฐาน 25 ชุด โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ จริง พบว่า มีค่าน่าพอใจและจากประสิทธิภาพที่ดีของ DE ทำให้ Chakraborty and et al. (2006) คิดวิธีการใหม่ในการกลายพันธุ์ของ DE โดยการจำลองรูปแบบของ DE สองแบบ เพื่อทดสอบการ กลายพันธุ์ 3 ปัจจัย ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติว่า วิธีการกลายพันธุ์ใหม่นี้ มี นัยสำคัญที่ดีขึ้นกว่า 3 ปัจจัยแบบเดิมโดยใช้ 6 ฟังก์ชันการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพ เช่น วิธีการ แก้ปัญหาที่มีคุณภาพ เวลาที่แก้ปัญหา ความถี่ในการแก้ปัญหา และขนาดของการแก้ปัญหา Josiah และ Fred (2010) ได้ใช้วิธีการวิวัฒนาการ DE ในการแก้ปัญหาการเพาะปลูกแบบหลาย วัตถุประสงค์เพื่อการวางแผนการใช้น้ำ เพื่อให้ได้กำไรและผลผลิตที่สูงที่สุด เช่นเดียวกับ Zou D. and et al. (2011) ได้นำวิธีการวิวัฒนาการ DE มาทำการปรับปรุงพารามิเตอร์ 2 ส่วนสำคัญ คือ ขนาดของปัจจัยและค่า Crossover Rate (CR) โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Improved Differential Evolution (IDE) โดยให้ค่าของ Scale Factor สามารถปรับค่าได้และค่าของ CR มีการเปลี่ยนค่า แบบเป็นขั้น ๆ และได้นำตัวอย่างของปัญหามาเปรียบเทียบกับวิธี DE สองวิธี ได้แก่ Opposition-based Differential Evolution (ODE) และ Adaptive Differential Evolution with Optional External Archive (JADE) ผลปรากฏว่า IDE ที่พัฒนาขึ้นให้คำตอบดีกว่าทั้งสองวิธี ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการลดต้นทุนและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในระบบ สำหรับปัญหานี้เป็น ปัญหาที่มีความซับซ้อน มีตัวแปรจำนวนมากในการหาคำตอบ อาจจะต้องใช้เวลาอย่างมากในการหา คำตอบด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป อย่างเช่นผลงาน เช่นเดียวกับผลงานของ Pitakaso R. and Thongdee, Th. (2012) ใช้โปรแกรมเข้าช่วยจัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น ผลลัพธ์ที่แสดง ก็ไม่สามารถยืนยันได้ว่าใช้เวลานานเท่าไรในการหาคำตอบ เพียงแต่ในแต่ละช่วงเวลาหาคำตอบจะ แสดงสถานะความเป็นไปได้ของผลลัพธ์คำตอบ และอยู่ภายใต้เงื่อนไขทั้งหมดในการออกแบบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และอีกมุมหนึ่งของงานวิจัยที่สามารถลดบางขั้นตอนที่ซับซ้อนในการหา คำตอบแต่ได้รับผลลัพธ์ที่ดีและใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้วยวิธี ฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก เช่นผลงานของ ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2556) ที่ เปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบระหว่าง โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 กับการพัฒนา

อัลกอริทึมด้วยกระบวนการโมติฟายดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชัน เพื่อวัดประสิทธิภาพคำตอบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดเวลาการหาคำตอบเร็วกว่า Lingo V.11 ได้มากถึง 99%

และผลงานล่าสุดในปี 2016 Su Z. and et al. (2016) ได้นำเสนอวิธีมอบหมายทรัพยากรกรณีฉุกเฉินของภัยพิบัติธรรมชาติที่เกิดขึ้นพร้อมกันหลายเหตุการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเสียต่อชีวิตและความสูญเสียด้านเศรษฐกิจด้วยวิธีการของ DE โดยจะสร้าง scheme เป็น two dimensional integer vector ของการเข้ารหัส ซึ่งในแต่ละแถวแทนหน่วยภัยและแต่ละคอลัมน์แทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการพิจารณาคำตอบด้วยวิธีการนี้จะทำควบคู่กันไปในการตอบสนองด้านเวลาและต้นทุนของแหล่งทรัพยากรกรณีฉุกเฉิน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าวิธีการรูปแบบเดิม Sethanan K. and Pitakaso R. (2016a) ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุง DE algorithm ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงานทั่ว ๆ ไป เป็นการนำเทคนิค Local Search ทั้ง 3 วิธีมาใช้ เพื่อพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น โดยทั้ง 3 วิธีนี้ได้ขยายประสิทธิภาพการหาคำตอบออกไปอีกเป็น 7 วิธี นอกจากนั้นได้ทำการวัดประสิทธิภาพการหาคำตอบในแต่ละวิธีเพื่อคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุดไปเปรียบเทียบกับวิธี BEE algorithm และ Tabu algorithm ในชุดตัวอย่างการทดลองของ Gapa-Gape ผลลัพธ์ที่ได้วิธีการ DE-SK ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีกว่าวิธีอื่น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการมอบหมายงานและการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน พบว่า วิธีการหาคำตอบของ Differential Evolution (DE) มีประสิทธิภาพของการค้นหาคำตอบที่ดี และระยะเวลาในการหาคำตอบที่ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงนำหลักการของวิธี DE มาใช้ในการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด และทำการปรับปรุงวิธีการ DE เพื่อให้การค้นหาคำตอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช ด้วยการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในระดับตำบล รวมถึงหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปในพื้นที่ภาคใต้ โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้มากที่สุด

1.2.2 พัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการหาคำตอบด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชในระดับตำบล หาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนปรับปรุงประสิทธิภาพอัลกอริทึมในการหาคำตอบด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ โดยวางแผนการปลูกพืชในระดับตำบลและหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายตามกรอบดังนี้

1.3.1 วางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันเฉพาะพื้นที่ภาคใต้เท่านั้น

1.3.2 ประยุกต์ใช้วิธีพัฒนาการโดยใช้ผลต่างในการหาคำตอบสำหรับการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน

1.3.3 พัฒนาประสิทธิภาพและปรับปรุงอัลกอริทึมในการหาคำตอบด้วยวิธีพัฒนาการโดยใช้ผลต่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการหาคำตอบ

1.3.4 กำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเป็นระดับตำบล

1.3.5 ปริมาณผลผลิตพืชมีจำนวนที่แน่นอน

1.3.6 ขนาดความสามารถในการรับซื้อหรือปริมาณความจุของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันมีขนาดเดียวกัน โดยระบุปริมาณสูงสุดและต่ำสุด รวมถึงจำนวนของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปที่สามารถรับซื้อได้

1.3.7 ไม่มีข้อกำหนดเรื่องเวลาที่ต้องรับ-ส่ง หรือลำดับก่อนหลังในการรับ-ส่งผลผลิต

1.3.8 ไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะทางสูงสุดในแต่ละเส้นทาง รวมถึงไม่มีการจัดเส้นทางในการขนส่ง

1.3.9 หาคำตอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยไม่มีการทดสอบกับพื้นที่และสถานที่จริง

1.3.10 งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นภายใต้สมมติฐานที่ต้องการกำหนดการวางแผนเชิงนโยบายและกลยุทธ์ในเชิงรวม โดยไม่ได้คำนึงถึงผลการใช้งานจริง

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงการหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากนั้นพัฒนาและปรับปรุงอัลกอริทึมในการหาคำตอบด้วยวิธีพัฒนาการโดยใช้ผลต่างในการแก้ปัญหาดังกล่าว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 ได้พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด

1.5.2 ได้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันด้วยวิธีพัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

1.5.3 สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปในลักษณะอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

1.5.4 ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้บริหารใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ต่อไป

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.7 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปีการศึกษา 2556		ปีการศึกษา 2557		ปีการศึกษา 2558		ปีการศึกษา 2559		ปีการศึกษา 2560	
	1/2556	2/2556	1/2557	2/2557	1/2558	2/2558	1/2559	2/2559	1/2560	2/2560
1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูล										
2. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช และการหาทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้และทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป										
3. ออกแบบอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช และการหาทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง										
4. ปรับปรุงอัลกอริทึมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม										
5. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง พร้อมทั้งส่งบทความตีพิมพ์										
6. จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์										

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 Crop Planning หมายถึง การวางแผนการเพาะปลูกที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของพื้นที่ อัตราผลตอบแทน เงื่อนไขสภาพอากาศ ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีความต้องการพืชที่มีเงินทุนและต้นทุนการผลิต บางส่วนของปัจจัยเหล่านี้สามารถวัดได้

1.7.2 Supply Chain หมายถึง การใช้ระบบของหน่วยงาน คน เทคโนโลยี กิจกรรม ข้อมูล ข่าวสาร และทรัพยากร มาประยุกต์เข้าด้วยกัน เพื่อการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือบริการ จากผู้จัดหาไปยังลูกค้า

1.7.3 Logistics หมายถึง กระบวนการที่เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการโซ่อุปทาน ซึ่งจะทำให้การวางแผน ดำเนินการ และควบคุมการไหลไปข้างหน้าและการไหลย้อนกลับ ซึ่งรวมถึงการจัดเก็บสินค้า การบริการ และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกันระหว่างจุดกำเนิดและจุดบริโภคอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

1.7.4 Assignment Problem หมายถึง ปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาการขนส่ง Transportation Problem ได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรบุคลากร อุปกรณ์ เครื่องจักร ให้เหมาะสมกับงาน หน้าที่ สถานที่ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายต่ำสุดหรือในบางปัญหาก็กเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดหรือกำไรสูงสุด

1.7.5 Location Allocation Problem หมายถึง ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า ศูนย์รวมสินค้า โรงงาน และทำการจัดสรรลูกค้าที่จะทำการรับหรือส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า หรือโรงงานนั้นๆ เพื่อให้ระยะทางในการขนส่งสินค้าน้อยที่สุดเพื่อให้ต้นทุนต่ำสุด

1.7.6 Exact Method หมายถึง วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดของคำตอบที่เป็นไปได้

1.7.7 Heuristic หมายถึง วิธีการหาคำตอบซึ่งอาจจะได้หรือไม่ได้คำตอบแต่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณสั้นกว่าแบบวิธีการหาคำตอบที่ดี

1.7.8 Meta-Heuristics หมายถึง วิธีการที่ออกแบบมาเพื่อหาคำตอบที่ดี สำหรับปัญหาที่ต้องการค่าที่ดีที่สุดที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ในการลดจำนวนครั้งของการหาคำตอบจากปัญหาดั้งเดิม

1.7.9 Differential Evolution หมายถึง วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง เป็นอัลกอริทึมที่มีวิวัฒนาการใกล้เคียงกับวิธีเจเนติกอัลกอริทึม แต่จะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อยกว่า ในการดำเนินการสามารถใช้ตัวเลขที่เป็นค่าจริงในการคำนวณให้ได้ค่าที่เหมาะสมได้ โดยไม่จำเป็นต้องแปลงค่าตัวแปรการตัดสินใจ ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ

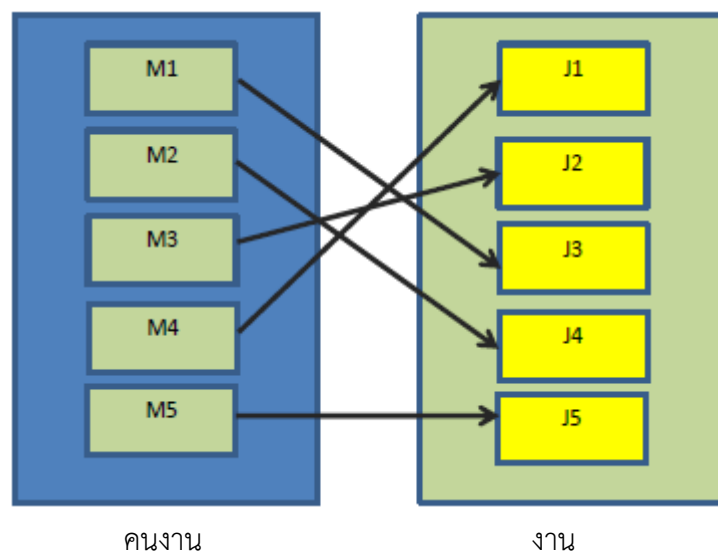
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem: AP) การเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน (Location Allocation Problem; LAP) ฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก (Heuristics and Meta-heuristics) สำหรับการแก้ปัญหาทางด้านโลจิสติกส์

2.1 ปัญหาการมอบหมายงาน

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2559) ได้ให้คำนิยามไว้ว่า ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem: AP) เป็นปัญหาที่ใช้ในการตัดสินใจการมอบหมายให้เกิดการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้าให้กับลูกค้า โรงงานส่งสินค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้า หรือการขนส่งจากโรงงานถึงลูกค้าโดยตรง โดยที่การมอบหมายในลักษณะนี้จะจำลองมาจากการมีงานจำนวน N งาน และทำการกระจายให้กับคนงานจำนวน M คน ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปัญหาการมอบหมายงานกรณีที่มีงานจำนวน 5 งาน มอบหมายให้กับคนงาน 5 คน
ที่มา: ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2559)

จากภาพที่ 2.1 แสดงการมอบหมายงานจำนวน 5 งาน ให้กับคนงานจำนวน 5 คน ดำเนินการโดย J1, J2, J3, J4 และ J5 แทนงานที่ 1 ถึง 5 ที่ จะทำการมอบหมาย และ M1, M2, M3, M4 และ M5 แทนคนงานที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ จะเห็นว่ามี การมอบให้คนงานคนที่ 1 ทำงานที่ 3 และคนงานที่ 2, 3, 4 และ 5 ให้ทำงานที่ 4, 2, 1 และ 5 ตามลำดับ ปัญหาการมอบหมายงานนี้ มีวิธีการที่ทำให้

ได้ค่าที่ดีที่สุดแต่สามารถแก้ปัญหาได้สำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ วิธีการฮังการี (Hungarian Method) หรือวิธีที่พัฒนามาจากวิธีการซิมเพล็กซ์

ปัญหาการมอบหมายงานเป็นปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจในการส่งสินค้าจากแหล่งผลิต i ไปให้กับลูกค้า j โดยที่แหล่งผลิต i มีความสามารถในการผลิตจำกัด และลูกค้ารายที่ j มีความต้องการที่ทราบค่าแน่นอน ในการส่งสินค้าจากแหล่งผลิตสินค้า i ไปให้กับลูกค้ารายที่ j นั้นจะมีค่าใช้จ่ายที่ทราบค่าแน่นอนซึ่งอาจจะหมายถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจาก i ไป j แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการขนส่งสามารถแสดงได้ ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i = แหล่งผลิตสินค้า i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, I$

j = ลูกค้ารายที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

I = จำนวนแหล่งผลิต

J = จำนวนลูกค้า

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อหน่วยจากแหล่งผลิต i ไปลูกค้า j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ij} = 1$, เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j

0, เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการมอบหมายงาน

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} C_{ij} \quad (2.1)$$

สมการข้อบ่งชี้ (Constraints)

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.3)$$

$$X_{ij} = 1, \text{ เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง } i \text{ ไป } j \quad (2.4)$$

$$0, \text{ เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง } i \text{ ไป } j$$

สมการที่ 2.1 คือ สมการเป้าหมายในปัญหาการมอบหมายงานนี้มีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่จะได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังลูกค้ารายที่ j ต่ำที่สุด สมการที่ 2.2 ถูกใช้

เป็นเงื่อนไขให้ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่ง ๆ จะต้องส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใดรายหนึ่งเท่านั้น ส่วนสมการ 2.3 ใช้เพื่อเป็นการรับประกันว่าลูกค้ารายหนึ่ง ๆ จะได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ส่วนสมการที่ 2.4 เป็นเงื่อนไขที่ระบุให้ มีค่าเป็น 1 หากมีการมอบหมายให้ศูนย์กระจายสินค้า i ไปให้ลูกค้ารายที่ j หากไม่มีการมอบหมายจะมีค่าเป็น 0

ปัญหาการมอบหมายงานที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้มีวิธีการที่ทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในระยะเวลาที่ไม่ยาวนานมากนัก วิธีที่นิยมนำมาแก้ปัญหามากที่สุดได้แก่วิธีการของฮังกาเรียน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ (106 งาน) ได้ภายในระยะเวลาที่สั้น ในตระกูลของปัญหาการมอบหมายงานมีปัญหาชนิดหนึ่งที่ยังเป็นที่นิยมในการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากปัญหานี้เป็นปัญหายาก NP-hard อ่านเพิ่มเติมได้จาก ระพีพันธุ์ ปีตาเคโส (2554) ซึ่งเป็นปัญหาที่ยังไม่มีวิธีการฮิวริสติกแบบใดที่สามารถแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้ในระยะเวลาที่เป็นแบบโพลิโนเมียล ปัญหานี้เรียกว่าปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (Generalized Assignment Problem: GAP) ซึ่งมีสมการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

ดัชนี (Indices)

i = ศูนย์กระจายสินค้า i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, I$

j = ลูกค้ารายที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

I = จำนวนศูนย์กระจายสินค้า

J = จำนวนลูกค้า

C_{ij} = ต้นทุนในการขนส่งต่อหน่วยจากศูนย์กระจายสินค้า i ส่งไปยังลูกค้ารายที่ j

P_i = ปริมาณสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า i สามารถรองรับได้ในหนึ่งคาบเวลา

w_{ij} = ปริมาณสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า i ส่งไปยังลูกค้ารายที่ j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ij} = 1$, เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j

0, เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการมอบหมายงานทั่วไป

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} C_{ij} \quad (2.5)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^J w_{ij} X_{ij} \leq P_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2.6)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, \quad (2.7)$$

$$X_{ij} = 1, \text{ เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง } i \text{ ไป } j \\ 0, \text{ เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง } i \text{ ไป } j \quad (2.8)$$

สมการที่ 2.5 คือ สมการเป้าหมายของปัญหาการมอบหมายงานมีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่จะได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังลูกค้ารายที่ j ต่ำที่สุด สมการที่ 2.6 ถูกใช้เป็นเงื่อนไขให้ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่ง ๆ จะส่งสินค้าได้ไม่เกินปริมาณทรัพยากรหรือสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้านั้นมีอยู่ สมการ 2.7 ใช้เพื่อเป็นการรับประกันว่าลูกค้ารายหนึ่ง ๆ จะได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ส่วนสมการที่ 2.8 เป็นเงื่อนไขที่ระบุให้ค่าเป็น 1 หากมีการมอบหมายให้ศูนย์กระจายสินค้า i ไปให้ลูกค้ารายที่ j หากไม่มีการมอบหมายจะมีค่าเป็น 0 ข้อแตกต่างที่สำคัญของปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (Generalized Assignment Problem: GAP) กับ ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem: AP) นั้นคือไม่จำเป็นต้องให้ศูนย์กระจายสินค้าทุกศูนย์จะได้รับมอบหมายให้ส่งสินค้าให้กับลูกค้า ส่วนจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในการมอบหมายงาน j ให้กับศูนย์กระจายสินค้า i สามารถยกตัวอย่างได้ เช่น เวลาในการเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปลูกค้ารายที่ j ส่วนข้อจำกัดหรือทรัพยากรที่มี คือ ข้อจำกัดด้านระยะทางการเดินทางรวมของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่ง หรือหากมองย้อนกลับไปที่เรื่องการมอบหมายงาน ตัวอย่างที่เห็นชัดคือ เวลาที่ใช้ในการทำงานที่ j สำหรับคนงาน i หรือเครื่องจักร i

2.2 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน (Location Allocation Problem: LAP) พัฒนามาจากปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง (Facility Location Problem: FLP) ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งหมายถึง การเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมเพื่อใช้ปลูกสร้าง อาคาร โรงงาน คลังสินค้า ไว้ในที่ใดที่หนึ่งที่ได้กำหนดไว้ โดยปัจจัยที่จะทำให้ต้องมีการวางแผนเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานก็มีอยู่หลายประการ อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทรัพยากรการผลิต เช่น วัตถุดิบ ตลาดสินค้า แรงงาน ที่ดิน การขนส่ง พลังงาน สาธารณูปโภค เป็นต้น และปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น การยอมรับของชุมชน คุณภาพชีวิตของชุมชน มาตรฐานค่าครองชีพ ความปลอดภัยในชีวิตและครอบครัว และสภาพการร่วมมือทางธุรกิจและอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยทั่วไปปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง หรือปัญหา FLP เป็นการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่ให้บริการ พร้อมทั้งจัดสรรการให้บริการจากจุดที่ให้บริการเหล่านี้ไปยังลูกค้าทั้งที่อยู่ภายในองค์กรเดียวกันและภายนอกองค์กร เพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทาง หรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าหรือบริการน้อยที่สุด

ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งโดยทั่วไปจัดเป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-hard) Snyder (2006) มีลักษณะเฉพาะอย่าง 4 ประการ ด้วยกันคือ (1) ลูกค้าซึ่งมีตำแหน่งแน่นอนอยู่แล้วในที่ใดที่หนึ่ง หรืออยู่บนเส้นทางการขนส่ง (2) โรงงานที่ต้องการหาตำแหน่งที่ตั้ง (3) ที่ตั้งซึ่งลูกค้าและโรงงานตั้งอยู่ และ (4) ค่าระยะทางหรือเวลาในการเดินทางระหว่างโรงงานกับลูกค้า นอกจากนี้ Owen and Daskin

(1998) ได้จำแนกลักษณะของปัญหาตามสมการเป้าหมายออกเป็น 3 ประเภท คือ ปัญหาการปกคลุม (Covering Problem) ปัญหาค่ามัธยฐานหรือระยะทางเฉลี่ย (Median or Average Distance Problem) และปัญหาศูนย์กลาง (Center Problem)

2.2.1 ปัญหาตามสมการเป้าหมาย

2.2.1.1 ปัญหาการปกคลุม (Covering Problem) เหมาะกับปัญหาที่มีระยะทาง (อาจจะเป็นเวลาหรือต้นทุน) วิฤตบางประการ ซึ่งความต้องการที่อยู่ภายในระยะทางวิฤตนั้น สามารถที่จะรับบริการจากศูนย์กระจายสินค้าได้ ส่วนความต้องการที่อยู่ภายนอกระยะทางวิฤตจะไม่ได้รับบริการ ปัญหาการปกคลุมโดยทั่วไปจะมีลักษณะคือ การค้นหาศูนย์กระจายสินค้าจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถสนองตอบโหนดความต้องการทั้งหมดได้ภายใต้ระยะทางที่ยอมรับได้ Church and Reville (1974) ได้เสนอปัญหาการปกคลุมสูงสุดขึ้น โดยปัญหานี้จะหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าตามจำนวนที่กำหนด โดยต้องการให้ปกคลุมโหนดความต้องการจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งแตกต่างกับปัญหาเขตการปกคลุมที่โหนดความต้องการทุกจุดจะต้องถูกตอบสนอง

2.2.1.2 ปัญหาค่ามัธยฐานหรือระยะทางเฉลี่ย (Median or Average Distance Problem) การประยุกต์แนวคิดของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งบางอย่างจะพิจารณาเฉพาะระยะทางสูงสุดระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับโหนดความต้องการ อาจจะไม่เหมาะสมที่สุดเสมอไป เช่น ในกรณีของการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังคลังสินค้าหรือไปยังลูกค้า การพิจารณาระยะทางรวมของการเดินทางระหว่างโรงงานไปยังคลังสินค้าหรือไปยังลูกค้าจะมีความเหมาะสมมากกว่าการพิจารณาเพียงระยะทางสูงสุด ซึ่ง Church and Reville (1976) ได้กล่าวว่า วิธีการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองตำแหน่งที่ตั้งที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การหาระยะทางเฉลี่ยรวมของการเดินทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับโหนดความต้องการ ซึ่งเมื่อระยะทางเฉลี่ยรวมสูงสุดหมายถึงศูนย์กระจายสินค้าจะลดความสามารถในการเข้าถึงลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพของศูนย์กระจายสินค้านั้นลดลง สำหรับปัญหาดำเนินการที่ตั้งลักษณะนี้ มักจะเกี่ยวข้องกับสถานที่ตั้ง โรงเรียน ห้องสมุด ศูนย์บริการฉุกเฉิน และคลังสินค้า เป็นต้น ปัญหาลักษณะนี้ที่เรารู้จักกันดี คือ ปัญหามัธยฐานพี (P-Median Problem) Hakimi (1964)

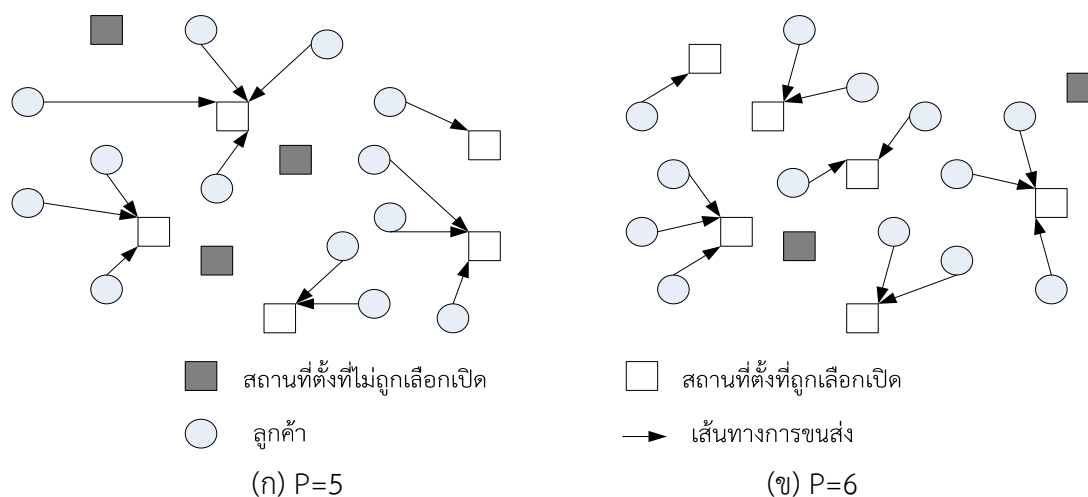
2.2.1.3 ปัญหาศูนย์กลาง (Center Problem) เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของปัญหาเขตปกคลุมโดยการเพิ่มระยะทางปกคลุมของศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งเรียกว่าปัญหาศูนย์กลางพี (P-Center) Hakimi (1965) หรือปัญหาค่าสูงสุดน้อยสุด (Minimax Problem) โดยทำการค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าจำนวน P แห่ง เพื่อให้ระยะทางปกคลุมสูงสุดระหว่างโหนดความต้องการกับศูนย์กระจายสินค้าที่ใกล้ที่สุดมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งเปรียบเสมือนว่าปัญหาศูนย์กลางพีไม่สนใจระดับบริการแต่สนใจเฉพาะการปกคลุมทุกจุดเท่านั้น

การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางใหญ่ ๆ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้นจะพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อธุรกิจนั้น ๆ เช่น ต้นทุนค่าที่ดิน ความหนาแน่นของแรงงานฝีมือ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสาธารณูปโภคและภาษีบำรุงท้องที่ ทักษะคติของชุมชน เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่สามารถทำได้และเป็นที่รู้จักคือ (1) วิธีจุดศูนย์กลางแบบทางตรง (Exact Center of Gravity Approach) (2) วิธีแบบกริด (The Grid Method) (3) วิธีเซนทรอยด์ (The Centroid Method) (4) วิธีกำหนดการเชิงเส้นแบบ Mix-Integer (Mix-Integer Linear Programming) (5) วิธีการจำลองปัญหา

(Simulation Methods) (6) วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics Methods) และ (7) วิธีกำหนด การเชิงเส้นแบบ Guided (Guided Linear Programming)

สำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งกรณีระบุจำนวนที่ต้องการเปิด จำนวน P แห่ง เป็นปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าหรือจุดรับซื้อจำนวน P แห่ง (P-Median Problem) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1964 โดย Hakimi (1964) เป็นการหาสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าจำนวน P แห่ง (P-Median) โดยการให้น้ำหนักด้านระยะทางบนโครงข่ายของจุดที่มีความต้องการ สินค้า n จุด เพื่อให้ศูนย์กระจายสินค้านั้นมีหน้าที่ส่งของหรือรับของจากลูกค้าจำนวนหนึ่ง โดยมีทั้งประเภทศูนย์กระจายสินค้านั้น ๆ มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร (Capacitated P-Medians) และไม่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Uncapacitated P-Medians)

ศูนย์กระจายสินค้าแบบ P-Median คือ ปัญหาที่เราเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า จำนวน P แห่ง ภายในจำนวนลูกค้า n แห่ง รวมไปถึงการตัดสินใจว่าศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกเลือกจะส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนใดบ้าง โดยให้ระยะทางการขนส่งรวมจากทุกศูนย์กระจายสินค้าให้กับลูกค้าทุกคนสั้นที่สุด ซึ่ง Osman and et al. (2001) สรุปว่าปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร (Capacitated P-Medians Problem: CPMP) เป็นปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งคล้ายกับปัญหา P-Median แต่มีการให้ความสำคัญในเรื่องความสามารถในการส่งสินค้าของจุดกระจายสินค้าที่มีจำกัด และลูกค้ามีความต้องการที่จำกัดเช่นกัน ลักษณะของปัญหา P-Median ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ปัญหา P-Median

2.2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งที่มีการระบุจำนวนศูนย์กระจายสินค้าจำนวน P แห่ง (P-Median Problem) ดังต่อไปนี้

ดัชนี (Indices)

i = ศูนย์กระจายสินค้า $i = 1, 2, \dots, I$

j = ลูกค้า $j = 1, 2, \dots, J$

พารามิเตอร์ (Parameters)

I = จำนวนศูนย์กระจายสินค้า

J = จำนวนลูกค้า

C_{ij} = ต้นทุนในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i ให้กับลูกค้ารายที่ j

D_j = ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า j ในหนึ่งคาบเวลา

S_i = ปริมาณสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า i สามารถรองรับได้ในหนึ่งคาบเวลา

P = จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่ประสงค์จะเปิด

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_i = 1$, เมื่อมีการเปิดศูนย์กระจายสินค้า i

0 , เมื่อไม่มีการเปิดศูนย์กระจายสินค้า

$X_{ij} = 1$, เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้านระหว่าง i ไป j

0 , เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้านระหว่าง i ไป j

2.2.2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กรณีไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I C_{ij} X_{ij} \quad (2.9)$$

สมการข้อบ่งชี้ (Constraints)

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} \leq Y_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2.10)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_i = P \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.12)$$

สมการเป้าหมายที่ 2.9 ต้นทุนการขนส่งที่เกิดจากการขนส่งหรือเดินทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า i กับการลูกค้ารายที่ j ต้องมีค่าต่ำที่สุด สมการที่ 2.10 เป็นการรับประกันว่าการขนส่งจะเกิดขึ้นเฉพาะกับศูนย์กระจายสินค้าที่เปิดดำเนินการเท่านั้น สมการที่ 2.11 ลูกค้าจะต้องได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงศูนย์กระจายสินค้าเดียวเท่านั้น และสมการที่ 2.12 จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เปิดจะต้องเท่ากับจำนวน P เท่านั้น

2.2.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กรณีมีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I C_{ij} X_{ij} \quad (2.13)$$

สมการขอบข่าย (Constraints)

$$\sum_{j=1}^J D_j X_{ij} \leq Y_i S_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.15)$$

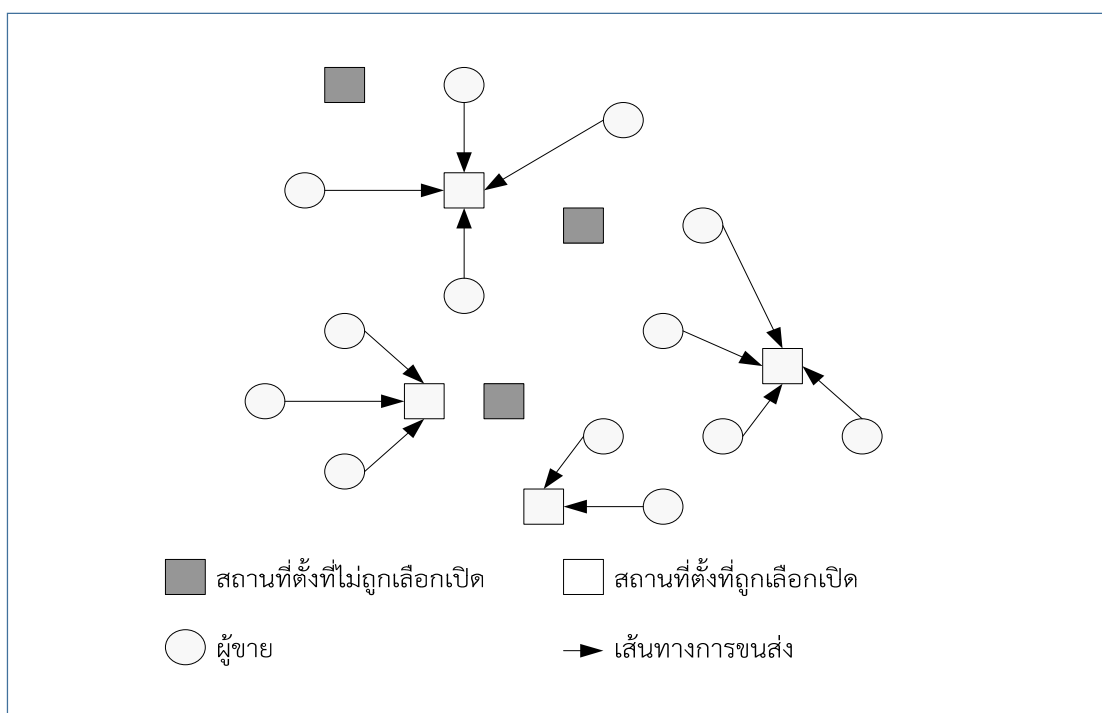
$$\sum_{i=1}^I Y_i = P \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.16)$$

สมการเป้าหมายที่ 2.13 ต้นทุนการขนส่งที่เกิดจากการขนส่งหรือเดินทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า i กับลูกค้ารายที่ j ต้องมีค่าต่ำที่สุด สมการที่ 2.14 เป็นการรับประกันว่าการขนส่งจะเกิดขึ้นเฉพาะกับศูนย์กระจายสินค้าที่เปิดดำเนินการ และจำกัดจำนวนสินค้าที่ส่งให้กับลูกค้าจะต้องไม่เกินจำนวนสินค้าที่มีในศูนย์กระจายสินค้า สมการที่ 2.15 ลูกค้าจะต้องได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงศูนย์กระจายสินค้าเดียวเท่านั้น และสมการที่ 2.16 จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เปิดจะต้องเท่ากับจำนวน P เท่านั้น

หากพิจารณาสมการที่ 2.9-2.16 จะพบว่าปัญหา P-Median จะไม่ได้นำค่าใช้จ่ายในการเปิดหรือดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้ามาคิด ซึ่งแตกต่างจากปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน ตรงที่มีการระบุจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่จะเปิดไว้แล้ว ในกรณีการเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าจำนวน P แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้ศูนย์กระจายสินค้ามากที่สุด โดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า P-Center ซึ่งจะพบมากในกรณีที่ต้องการประกันความเสี่ยงในการเข้าถึงศูนย์กระจายสินค้าของลูกค้าที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์กระจายสินค้ามากที่สุด ซึ่งจะไม่เหมือนกับกรณีที่พิจารณาเลือกสถานที่ตั้งแบบ P-Median ถึงแม้ว่าปัญหา P-Center จะมีเป้าหมายที่คล้ายคลึงกับปัญหา P-Median แต่กลับพิจารณาในมุมมองตรงกันข้ามคือ แทนที่จะกำหนดระยะที่ครอบคลุมที่ยอมรับได้ เพื่อหาดำเนินการสถานที่ตั้งและจำนวนศูนย์กระจายสินค้า หรือจำนวนลูกค้าที่ครอบคลุมความต้องการ กลับเป็นการกำหนดจำนวนศูนย์กระจายสินค้าเพื่อหาดำเนินการสถานที่ตั้งที่จะทำให้ระยะครอบคลุมของลูกค้าที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์กระจายสินค้าที่ใกล้ที่สุดมีค่าต่ำที่สุด

สำหรับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา P-Center ที่อยู่ในรูปแบบทั่วไป ยังมีจำนวนน้อยมาก วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาเฉพาะ ซึ่งเกิดจากการกำหนดสมมติฐานเพิ่มเติม เช่น Jaeger and Goldberg (1994) ได้พัฒนาวิธีเครือข่ายแบบต้นไม้ (Tree Networks) ในการแก้ปัญหาย่อย (Sub-problem) ของปัญหา P-Center ภายใต้สมมติฐานที่ว่าสถานที่ให้บริการแต่ละแห่งสามารถตั้งอยู่บนตำแหน่งเดียวกันได้และลูกค้าแต่ละคนมีความต้องการสินค้าเท่ากัน ซึ่งต่อมา Ilhan and Pinar (2017: website) ได้พัฒนาวิธีการที่สามารถใช้ได้กับปัญหา P-Center ทั่วไปที่ไม่มีข้อจำกัดด้านขีดความสามารถในการให้บริการ แต่เนื่องจากยังไม่สอดคล้องกับปัญหาจริงที่สถานที่ให้บริการมักจะมีขีดความสามารถในการให้บริการจำกัด Sambola and et al. (2010) ได้เสนอปัญหาเสริม (Auxiliary Problems) และใช้เทคนิค Lagrangean Dual เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแก้ปัญหาย่อย ซึ่งผลการคำนวณพบว่าวิธีการนี้ให้คำตอบที่ดีที่สุดได้เร็วกว่าวิธีการของ Ozsoy และ Pinar มาก รูปแบบปัญหาจะจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (Location allocation problem: LAP) ได้มีนักวิจัยพัฒนา รูปแบบปัญหา LAP ให้มีความสอดคล้อง ใกล้เคียงกับสถานการณ์ความเป็นจริงมากขึ้น

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2559) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน (Location Allocation Problem: LAP) เป็นปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า ศูนย์รวมสินค้า โรงงาน จากนั้นทำการจัดสรรลูกค้าที่จะทำการรับ หรือส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าหรือโรงงานนั้น ๆ เพื่อให้ระยะทางในการขนส่งสินค้าน้อยที่สุดและต้นทุนต่ำที่สุด เช่น การเลือกสถานที่ตั้งของจุดรับซื้อยางพารา เมื่อผู้ขายยางพารา ซึ่งประกอบด้วย เกษตรกรชาวสวนยางพารา สหกรณ์กองทุนสวนยาง (สกย.) และผู้รวบรวมยาง จะต้องนำยางพาราไปส่งขายให้กับตลาดกลางยางพารา โดยผู้ขายกระจายอยู่ตามหมู่บ้านต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ของจังหวัด โดยตลาดกลางยางพารามีความจำเป็นต้องการเปิดจุดรับซื้อยางพารา เพื่อให้ระยะทางในการเดินทางจากผู้ขายไปยังตลาดกลางยางพาราต่ำที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน

สาเหตุที่ทำให้สถานที่ตั้งของจุดรับซื้ออย่างพาราบางจุดไม่ได้เปิดเป็นจุดรับซื้ออย่างพารา เนื่องจากในการเปิดจุดรับซื้ออย่างพาราแต่ละจุดย่อมมีค่าใช้จ่ายทั้งค่าใช้จ่ายในการเริ่มต้นสร้างจุดรับซื้ออย่างพารา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน หากต้นทุนในการขนส่งไปยังจุดรับซื้ออย่างพาราที่เปิดทำการอยู่แล้วประหยัดกว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของจุดรับซื้ออย่างพารานั้น ย่อมไม่ได้รับการพิจารณาให้เปิดเป็นจุดรับซื้ออย่างพารา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน
ดัชนี (Indices)

i = ศูนย์กระจายสินค้า $i = 1, 2, \dots, I$

j = ลูกค้า $j = 1, 2, \dots, J$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameters)

I = จำนวนศูนย์กระจายสินค้า

J = จำนวนลูกค้า

F_i = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้า j ในหนึ่งคาบเวลา

C_{ij} = ต้นทุนในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i กับลูกค้ารายที่ j

D_j = ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า j ในหนึ่งคาบเวลา

S_i = ปริมาณสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า i สามารถรองรับได้ในหนึ่งคาบเวลา

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_i = 1$, เมื่อมีการเปิดศูนย์กระจายสินค้า i

0, เมื่อไม่มีการเปิดศูนย์กระจายสินค้า i

$X_{ij} = 1$, เมื่อมีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j
 0 , เมื่อไม่มีการส่งหรือรับสินค้าระหว่าง i ไป j

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I F_i Y_i + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I C_{ij} X_{ij} D_j \quad (2.17)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^J D_j X_{ij} \leq Y_i S_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (2.18)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (2.19)$$

สมการที่ 2.17 คือ สมการเป้าหมายรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปิดดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้า และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งหรือเดินทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า i กับลูกค้ารายที่ j สมการที่ 2.18 จำนวนสินค้าที่ส่งออกจากศูนย์กระจายสินค้า i ต้องไม่เกินจำนวนสินค้าที่มีในศูนย์กระจายสินค้า และสมการที่ 2.19 ลูกค้าแต่ละรายรับสินค้าได้จากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียวเท่านั้น ดังนั้น ความต่อเนื่องในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา LAP สามารถจำแนกได้ตามประเภทดังต่อไปนี้

(1) วิธีการแบบแม่นยำ (Exact Approaches) เป็นการใช้เทคนิค Linear Programming, Integer Programming และ รูปแบบ Multi-objective Optimization เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในคำตอบที่ดีที่สุด แต่วิธีการหาคำตอบแบบแม่นยำนี้มีข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้และเป็นปัญหาคำนวณที่เล็ก จากหนึ่งผลงานของ Fazel-Zarendi and et al. (2009) ได้นำเสนอการตัดสินใจในการกำหนดสถานที่ตั้งที่เหมาะสม การจัดสรรลูกค้าต่อสถานที่ตั้งที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดขีดความสามารถในการใช้ และการจัดสรรลูกค้าต่อการให้บริการรถบรรทุกภายใต้เงื่อนไขระยะทางขนส่ง ด้วยใช้ Logic-based Benger's Decomposition เพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพการคำนวณของ Integer Programming model และการค้นหาด้วยวิธีทาบู่ (Tabu Search) ซึ่งให้ผลลัพธ์ในคำตอบที่ดีกว่าการค้นหาแบบทาบู่

(2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ ความโปร่งใส การเปลี่ยนแปลงและข้อมูลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญในการใช้ข้อมูล ข้อสรุปในการเสนอแนะ ตัวช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจ และเทคนิคต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหา LAP อย่างเช่นผลงานของ Hsieh and Tien (2004) ในการแก้ปัญหา Uncapacitated Location-Allocation Problem กับระยะทางที่เป็นเส้นตรงด้วยวิธีการสร้างแผนที่เข้ามาช่วยในการจัดการกับปัญหา วิธีการสร้างแผนที่จะเป็นไปตามรูปแบบ Kohonen Self-Organizing

Feature Maps (SOFMs) เพื่อช่วยในการกรองในโครงสร้างของวิธีการฮิวริสติก โดยการแยกโครงสร้างของข้อมูลที่ป้อนเข้าด้วยการจัดระเบียบตัวเองตามกฎการปรับตัว ประสิทธิภาพคำตอบที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Simulated Annealing มีประสิทธิภาพในคุณภาพคำตอบและความเร็วในการประมวลผลที่ดีกว่า และเขายังได้แนะนำทั้งทำยวิธี SOFMs ยังสามารถช่วยการสร้างคำตอบเริ่มต้นที่ดีได้ในวิธีฮิวริสติกอื่น ๆ หรืออัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด และผลงานล่าสุดของ Comber, A. and et al. (2015) ได้นำเสนอการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของพลังงานชีวภาพด้วยวิธีการใช้อัลกอริทึมปรับเปลี่ยนการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมตามระบบ GIS ในการพิจารณากระจายการจัดหาทรัพยากรในเชิงพื้นที่

(3) การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการสร้างแบบจำลองในสถานการณ์ของระบบความจริงตลอดช่วงเวลาที่ให้ความสนใจ จะมีรูปแบบการทดลองที่มีการเปรียบเทียบวิธีการดำเนินงาน เพื่อให้มองเห็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต หรือเป็นไปตามข้อสมมติฐาน ผลงานวิจัยโดยส่วนใหญ่นิยมการใช้ข้อมูลและวิธีการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Methods) เข้ามาช่วยประเมินผลของความเป็นไปได้ในการหาคำตอบในสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมา อย่างเช่นผลงานของ Vidyarthi and Jayaswal (2014) ที่เป็นกลุ่มปัญหา LAP ได้แสดงประสิทธิภาพในวิธีแก้ปัญหาการหาคำตอบในสถานการณ์ความต้องการแบบการสุ่ม (Demand Stochastic) และความแออัดในการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงานตามความต้องการของลูกค้าจะต้องให้ต้นทุนรวมน้อยที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนแบบคงที่ในการเปิดสถานที่ตั้งกับขีดความสามารถในการให้บริการที่เพียงพอ ค่าใช้จ่ายของผู้เดินทางไปยังสถานที่ตั้งและต้นทุนความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการเข้าคิวรอ ตามรูปแบบ M/G/1 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าจำนวนตัวอย่างการทดลองที่ผู้ใช่มากกว่า 400 ราย และสถานที่ตั้ง 25 แห่ง มีความเป็นไปได้ และมี 5 ระดับขีดความสามารถกับค่าสัมประสิทธิ์ของเวลาที่เปลี่ยนแปลงในการให้บริการและต้นทุนเวลาเฉลี่ยความล่าช้าจากการรอคอยต่อลูกค้า การจำลองสถานการณ์ในหนึ่งเหตุการณ์ที่แสดงให้เห็นจะช่วยให้การตัดสินใจต่อการลงทุนเพื่อให้เกิดความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องพลังงานและการเพิ่มขึ้นของผลผลิตด้านการเกษตรที่มีมากขึ้นจากการพัฒนาในพื้นที่เดิมของเกษตรกรแต่ให้ผลผลิตมากขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงกับหลาย ๆ ประเทศ

2.3 ฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก

2.3.1 ฮิวริสติก เป็นวิธีหาคำตอบที่ดีเพียงพอภายในเวลาที่จำกัดสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยเฉพาะปัญหาการตัดสินใจที่อยู่ในคลาส NP ซึ่งเมื่อตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหา มีจำนวนมากขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาในการหาคำตอบที่ดีที่สุดจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ ไม่สามารถใช้วิธีการหรืออัลกอริทึมใด ๆ ที่จะมาหาคำตอบที่ดีที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่ยากัด ยกรอินทร์พยุง (2548) ได้สรุปว่าปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการแก้ด้วยวิธีฮิวริสติกจะมีลักษณะต่าง ๆ ประกอบด้วย (1) ปัญหาการตัดสินใจที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Structured Problem) (2) ปัญหาที่ผู้วิจัยพยายามทำให้เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างสมบูรณ์แต่ได้ละเลยเงื่อนไขของปัญหาบางอย่างหรือทำให้ง่ายขึ้น (3) ปัญหาที่มีตัวแปรการตัดสินใจและเงื่อนไขของปัญหาเป็นจำนวนมาก และ (4) ปัญหาที่ไม่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุด (Good Feasible Solution)

วิธีฮิวริสติก หมายถึง วิธีการคิดค้นขึ้นมา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งไม่มีแบบแผนที่แน่นอนตายตัว โดยการสร้างฮิวริสติกนั้นมักต้องอาศัยความเข้าใจและประสบการณ์ ในการแก้ไขปัญหาหนึ่ง ๆ เป็นอย่างดี ดังนั้นวิธีฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้ แก้ไขปัญหาอีกปัญหาหนึ่งได้ และไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่เท่ากัน ทุกครั้ง แต่สามารถได้คำตอบในเวลาที่รวดเร็ว หรือสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถ เขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ วิธีฮิวริสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของวิธีการ ในการสร้างคำตอบ ได้แก่ (1) วิธีฮิวริสติกแบบสร้างคำตอบ วิธีนี้จะเริ่มสร้างคำตอบโดยเริ่มจากการ ค่อย ๆ เพิ่มลูกค้าในเส้นทางที่ละรายหรือเพิ่มโหนดทีละโหนด จนประกอบกันเป็นคำตอบที่สมบูรณ์ เช่น วิธี Saving, Matching Based, Nearest Insertion, Nearest Neighbor เป็นต้น (2) วิธี ฮิวริสติก แบบค้นหาคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood Search Heuristic) เป็นวิธีสร้างคำตอบขึ้นมาจากคำตอบ หนึ่งที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขแล้วนำคำตอบนั้นมาทำการสลับตำแหน่งไปเรื่อย ๆ เพื่อหาคำตอบที่ดีกว่า คำตอบเดิม ตามรอบที่กำหนดที่ได้ออกแบบไว้ เช่น วิธี Cluster First-Route Second, วิธี Route First-Cluster second, Sweep, วิธี Petal เป็นต้น ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติก ที่นิยมใช้ในงานวิจัย ทางโลจิสติกส์ เช่น วิธี Saving วิธี Matching Based วิธี Nearest Insertion วิธี Nearest Neighbor และวิธี Local Search เป็นต้น ดังนั้นวิธีฮิวริสติกจึงถูกพัฒนาให้มีความยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรียกว่า เมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic) ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติก ที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านโลจิสติกส์ ได้แก่ วิธีในกลุ่มของ Constructive เช่น วิธีละโมภ (Greedy) วิธี ประหยัด (Saving) วิธีหาคำตอบแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhood-Search) หรือวิธีโลคอล (Local Search)

Liu and Lampinen (2005) ได้ทำการจัดเส้นทางการเดินทางที่มีหลายขนาด โดยส่ง สินค้าออกจากศูนย์กลางการกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกจัดเรียงลำดับ ของค่าประหยัด (Saving) และเชื่อมเส้นทางต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ ต้องการใช้และปริมาณสินค้าในแต่ละคัน จากการคำนวณค่าเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการ ขนส่งที่ประหยัดที่สุด นอกจากวิธีฮิวริสติกที่กล่าวมา ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาหาวิธีหาคำตอบโดย ใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม วิธี GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) วิธี SA (Simulated Annealing) เป็นต้น

สุพรรณ สุตสนธิ์ (2549) ประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีทางพันธุกรรม เพื่อแก้ไข ปัญหาการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในภาคธุรกิจการขนส่ง จากการใช่วิธีดังกล่าวพบว่าคำตอบและ เวลาในการหาคำตอบมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม และต่อมา สุพรรณ สุตสนธิ์ (2550) ได้ประยุกต์ใช้ วิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีอาณานิคมและขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบ เพื่อแก้ไขปัญหาการเลือก ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบหลายแห่งและจัดการเส้นทางการขนส่ง จากการใช่วิธีดังกล่าวพบว่า คำตอบและเวลาในการหาคำตอบมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม

สำหรับวิธีการแก้ปัญหาด้วยโมเดล อัลกอริทึม Branch and Bound เป็นผลงานของ Kuenne and Soland (1972) ในการพิจารณาปัญหาตัวเลือกของทำเลที่ตั้งจำนวน m ที่ตั้งเพื่อให้ ผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของระยะทางระหว่าง sink ที่ n ของแต่ละ sink ใกล้กันมากที่สุด ได้ผลลัพธ์ ในคำตอบที่ดี เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของวิธีฮิวริสติก ต่อจากนั้น Guha, S. and Khuller, S. (1999);

Xu, G. and Xu, J. (2005) ได้นำเสนอวิธี Greedy Algorithm เป็นอัลกอริทึมที่มีแนวคิดที่ว่าในแต่ละขั้นจะตัดสินใจเลือกสิ่งที่ดีกว่าเป็นสิ่งที่ดีที่สุดในตอนนั้น ๆ เสมอ แต่หลายปัญหาการใช้ Greedy Algorithm อาจจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็อาจจะเป็นคำตอบที่ดีพอสำหรับบางกรณี Doerner and et al. (2009) ได้นำเสนอวิธีการวางแผนท่าเรือที่จัดแบบ Multi-factor ของสถานที่สาธารณะ โดยใช้วิธี NSGA-II ในการจัดการกับปัญหาที่เป็น Multi-objective นอกจากนั้นยังมีวิธี Nearest Neighborhood วิธี Cluster และวิธี Local Search ที่ยังเป็นที่ยอมรับในการสร้างคำตอบและพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น

2.3.2 วิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic Optimization) ในปัญหา LAP อยู่ในกลุ่มปัญหา NP-hard วิธีการหาคำตอบด้วยเมตาฮิวริสติกจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการจัดการกับปัญหาประเภทนี้ เมตาฮิวริสติกได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีประสิทธิภาพในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น Glover (1989) นำเสนอวิธีเมตาฮิวริสติกด้วยวิธี Tabu Search และในปัจจุบันก็ยังคงมีบทบาทต่อการนำไปใช้ในการหาคำตอบเพื่อการตัดสินใจตามรูปแบบปัญหาต่าง ๆ และวิธีเมตาฮิวริสติกยังได้รับการถ่ายทอดการดำเนินงานวิจัยและวิทยาศาสตร์การจัดการโดย Glover, F. and Kochenberger, G. A. (2003) ในวิธีการหาคำตอบของวิธีเมตาฮิวริสติกจะเริ่มจากชุดคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) จากนั้นจะค่อย ๆ พัฒนาคำตอบให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ ของแต่ละรอบด้วยหลักการของการหาคำตอบ โดยโครงสร้างของการค้นหาคำตอบของวิธีเมตาฮิวริสติกแบบต่าง ๆ จะมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน คำตอบที่ได้เมื่อสิ้นสุดจำนวนรอบหรือเงื่อนไขที่กำหนด จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของชุดคำตอบที่เป็นไปได้

หลักการเบื้องต้นของวิธีเมตาฮิวริสติก Blum and Foulds (2003) ได้ให้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

2.3.2.1 เป็นวิธีการที่มีรูปแบบการค้นหาคำตอบที่ดีภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้

2.3.2.2 มีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

2.3.2.3 วิธีเมตาฮิวริสติกอาจมีรูปแบบที่ซับซ้อนและไม่ซับซ้อน อย่างเช่น วิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing: SA) วิธีการพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search: TS) วิธีโลคอลเสิร์ช (Local Search: LS) และวิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO)

2.3.2.4 เป็นการรวมแบบผสมผสานเทคนิคของวิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบ

2.3.2.5 วิธีเมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความแตกต่างกันออกไป

2.3.2.6 วิธีเมตาฮิวริสติกบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจดจำคำตอบเดิมเพื่อให้การค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำที่เดิม อย่างเช่น วิธีการค้นหาต้องห้าม วิธีการหาคำตอบของเมตาฮิวริสติกไม่ได้กำหนดวิธีการค้นหาที่ชัดเจนว่าทำอย่างไร สำหรับการหาคำตอบที่เป็นไปได้ และการค้นหาคำตอบจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่มีลักษณะทั่วไป

สำหรับวิธีเมตาฮิวริสติกเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นมากและสามารถดัดแปลงในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดย ระบุพันธ์ ปีตาเคโส (2550) ได้สรุปหลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติกไว้ว่า (1) เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region) (2) เมตาฮิวริสติกมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (3) วิธีการทางเมตาฮิวริสติกอาจมีทั้งแบบซับซ้อนและไม่ซับซ้อน (4) เมตาฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ (5) เมตาฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมกันของหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (6) เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอนแต่สามารถปรับเปลี่ยนในรายละเอียดเมื่อนำไปใช้ในแต่ละปัญหา (7) เมตาฮิวริสติกสามารถใช้ได้กับปัญหาที่หลากหลาย (8) เมตาฮิวริสติกอาจเป็นคำบรรยายโดยย่อหรือเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ก็ได้ และ (9) เมตาฮิวริสติกสบางประเภทมีการใช้ความจำชั่วคราวเพื่อจำคำตอบเดิมซึ่งเป็นประโยชน์ในการค้นหาคำตอบใหม่ที่ไม่แตกต่างไปจากเดิม นอกจากนี้ ระบุพันธ์ ปีตาเคโส (2554) ยังได้เสนอวิธีการจำแนกเมตาฮิวริสติกออกเป็น 5 วิธีได้แก่ (1) เมตาฮิวริสติกที่เกิดจากแรงบันดาลใจทางธรรมชาติ (เช่น วิธีระบบมด วิธีการทางพันธุกรรม ฯลฯ) และไม่เกิดจากแรงบันดาลใจทางธรรมชาติ (เช่น วิธีการค้นหาต้องห้าม ฯลฯ) (2) เมตาฮิวริสติกแบบใช้ประชากร (เช่น ระบบมด วิธีการทางพันธุกรรม ฯลฯ) และไม่ใช้ประชากร (วิธีการเลียนแบบการอบอุ่น วิธีการค้นหาต้องห้าม ฯลฯ) (3) เมตาฮิวริสติกแบบเป้าหมายคงที่ (เช่น วิธีการระบบมด วิธีการทางพันธุกรรม ฯลฯ) และแบบเปลี่ยนสมการเป้าหมาย (เช่น วิธี Guide Local Search ฯลฯ) (4) เมตาฮิวริสติกแบบที่มีการเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบใกล้เคียง (เช่น วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียงแบบมีเงื่อนไข ฯลฯ) และแบบที่วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคงที่ (เช่น วิธีระบบมด วิธีการทางพันธุกรรม ฯลฯ) และ (5) เมตาฮิวริสติกที่มีการใช้หน่วยความจำ (เช่น วิธีระบบมด วิธีการค้นหาต้องห้าม ฯลฯ) และไม่ใช้หน่วยความจำ (เช่น วิธีการค้นหาในพื้นที่บางส่วนของพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้แบบวนรอบ)

มีระเบียบวิธีที่นำมาพิจารณามากมาย และตัดสินใจเลือกใช้เป็นเครื่องมือศึกษา ดังนี้

(1) Ant Colony Optimization (ACO) เป็นระเบียบวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมกรหาแหล่งอาหารของมดจากแหล่งที่อยู่อาศัยคือรังมด โดยใช้สารที่ปล่อยจากกันเป็นเส้นทางเดิน (Agents) เมื่อเข้าใกล้หรือเจอเป้าหมายมดจะปล่อยสารจากกันจำนวนมากขึ้นและถี่ขึ้น เมื่อนำพฤติกรรมกรหาเป้าหมายอาหารของมดมาหาเป้าหมายเชิงเลข ระเบียบวิธีนี้ จะให้ผลดีในคำตอบเหมาะสมปรากฏเฉพาะที่ (Local Optima) มีข้อจำกัดการประยุกต์ใช้ที่การกำหนดข้อจำกัด หากฟังก์ชันมีค่า Local Optima จำนวนมาก และเป็นค่าที่เท่า ๆ กันหรือใกล้เคียงกัน อาจจะไม่เจอ Global Optima เช่นเดียวกับพฤติกรรมมดที่เจออาหารในขนาดปริมาณที่เท่า ๆ กันหลายจุด มดจะตอมเฉพาะจุดที่เจอก่อนเป็นจำนวนมาก แทนที่จะตอมในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ต่อเมื่อใช้รอบการค้นหามากพอก็จะเจอ Global Optima ได้เช่นกัน จึงเป็นวิธีที่ต้องระมัดระวังในการใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ค่อนข้างมาก

(2) Bacteriologic Algorithms (BA) เป็นระเบียบวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมสภาพแวดล้อมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย รวมถึง การปรับตัวของแบคทีเรีย มีเป้าหมายเฉพาะที่ซึ่งแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี ก็จะพัฒนาจำนวนไปในทิศทางนั้น นำมาประยุกต์ใช้หาคำคำตอบเหมาะสมเชิงเลขในสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่กว้างเกินจะหาเจอได้ นับเป็น Global Search Techniques ประเภทหนึ่ง ที่ไม่มี

ผู้ประยุกต์ใช้กับการวางแผนอากาศเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ การศึกษาการกระจายความเจริญชุมชนเมือง

(3) Cross-entropy method The Cross-entrap (CE) เป็นระเบียบวิธีที่ค้นหาคำตอบของกฎการออกคำสั่งที่เหมาะสม เพื่อการควบคุมระบบการทำงานใด ๆ ที่เหมาะสมอีกที จะได้เทคโนโลยีควบคุมที่รัดกุมมากที่สุดแต่ออกคำสั่งน้อยสุด ซึ่งใช้พารามิเตอร์ของความน่าจะเป็นมาเกี่ยวข้องมีขั้นตอนคัดเลือกค่าที่ดีกว่าและดีที่สุดตามวิธีวิวัฒนาการเชิงเลขเป็นจำนวนจริง

(4) Extremal Optimization (EO) เป็นระเบียบวิธีที่ตรงข้ามกับ GAs แต่วิธีดำเนินการด้วยการเลือกเฟ้นจากกลุ่มประชากรของคำตอบเช่นกัน EO จะค้นหาค่าที่แย่ที่สุดจากการค้นได้ ไปปรับปรุงองค์ประกอบของฟังก์ชันที่ให้กำเนิดกลุ่มประชากรคำตอบอย่างสุ่ม จนกว่าจะได้ค่าที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งต่างกับ GA ค้นหาค่าที่ดีและดีกว่าจนได้ใกล้ค่าที่ดีที่สุด

(5) Interactive Genetic Algorithms (IGA) เป็นระเบียบวิธีที่ใช้หลักของ Genetic Algorithms แต่มาประยุกต์ใช้กับพฤติกรรมความรู้สึกตอบสนองทางด้านสุนทรียภาพ (aesthetic) ของมนุษย์ ซึ่งยากมากที่จะแปลงค่าเชิงเลขลงในระบบคอมพิวเตอร์ ยกตัวอย่างเช่นความนิยมในรูปภาพความชอบในดนตรี เพื่อพัฒนาผลงานด้านศิลปะที่มนุษย์ชื่นชอบมากที่สุด ซึ่งต้องพัฒนาโดยการโต้ตอบกับความรู้สึกของมนุษย์

(6) Memetic Algorithm (MA) หรืออีกชื่อเรียกว่า Hybrid Genetic Algorithm เป็นระเบียบวิธีการประยุกต์ค่า local search ในวงรอบกระบวนการเชิงวิวัฒนาการ แนวคิด Memetic Algorithms มาจากคำว่า memes ซึ่งไม่เหมือนกับ genes ที่ต้องอาศัย genes แห่ละอื่น มาผ่าเหล่ากลายพันธุ์ แต่จะผ่าเหล่ากลายพันธุ์ได้ด้วยตัวเอง สำหรับเพียงในบางปัญหาเท่านั้นที่ชี้ให้เห็นว่าดีกว่ากลยุทธ์เชิงวิวัฒนาการแบบธรรมดา

(7) Simulated Annealing (SA) เป็นระเบียบวิธีหาค่าความเหมาะสมแบบ Stochastic ที่ใช้แนวคิดจากการหลอมโลหะ อะตอมโลหะจะอยู่ในข่ายมีพลังงานศักย์ต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิเย็นถึงจุดเยือกแข็ง และการที่อะตอมจำนวนมากและความเป็นไปได้ในการจัดเรียงตัวของอะตอมทำให้สถานะสุดท้าย มีพลังงานต่ำสุดเฉพาะที่ แทนที่ทุกอะตอมจะอยู่ในสถานะพลังงานต่ำสุดทั้งหมด โดยวิธีการเพิ่มความร้อนทีละน้อยและทำให้เย็นลงอย่างช้า ๆ จะทำให้อะตอมอยู่ในสถานะพลังงานต่ำสุดทั้งหมด

(8) Tabu Search (TS) เป็นระเบียบวิธีที่คล้ายกันกับ Simulated Annealing คือเป็นระเบียบวิธีประเภทเชิงเรียนรู้ประสบการณ์ Tabu Search ซึ่งใช้วิธีหาค่าตอบที่ดีกว่าโดยจดจำและป้องกันค่าเดิม ๆ ที่แย่กว่า ใน Tabu list ซึ่งจะช่วยให้การปรับปรุงรอบการค้นต่อ ๆ ไปจนกว่าจะถึงเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่วิธีนี้อาศัยหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องค่อนข้างมาก ทำให้มีการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อน

(9) Artificial Neural Networks (Anns) เป็นระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการเรียนรู้และพยากรณ์ เป็นปัญญาประดิษฐ์ เรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียม เป็นแนวความคิดที่ถูกออกแบบให้ทำงานเช่นเดียวกับเซลล์สมอง เพียงแต่การรวบรวมข้อมูล Input และOutput ไว้เป็นคู่ โครงข่ายประสาทเทียมจะทำการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง Input

กับOutput ซึ่งอยู่ในรูปของสมการ Explicit โดยกระบวนการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ มีประโยชน์ในการคาดการณ์ล่วงหน้าหรือการพยากรณ์

(10) Particle Swarm Optimization (PSO) เป็นระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสมแบบ Stochastic ได้เสนอโดย Kennedy and Eberhart (1995) ในปี ค.ศ.1995 ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจจากพฤติกรรมของฝูงนกที่บินตามจ่าฝูง กลุ่มของหมู่ปลาในทะเลว่ายน้ำตามจ่าฝูง แม้กระทั่งพฤติกรรมของมนุษย์ในสังคมที่มักจะทำตามผู้นำเพียงไม่กี่คน PSO ประกอบด้วย กลุ่มของอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่ในหลายมิติ เป็นการค้นหาคำตอบของการแก้ปัญหาบนพื้นฐานจำนวนจริงแต่ละอนุภาคมีตำแหน่งจุดพิกัดถูกนำมาประยุกต์เชิงเลขความเร็วในจุดพิกัด เก็บในหน่วยความจำ เปรียบเทียบกับอนุภาคที่อยู่ใกล้กัน (neighbor particle) แล้วคัดเลือกศึกษาอนุภาคที่มีศักยภาพความเร็วและจุดพิกัดที่เป็นจุดพิกัดนำ เคลื่อนตัวไปในทิศทางใหม่ ๆ จนกว่าจะได้จุดพิกัดคำตอบครอบคลุม

(11) Genetic Algorithms (GAs) เป็นระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสมแบบ Stochastic โดยมีแนวคิดสมมติฐานเชิงพันธุกรรม เลียนแบบขั้นตอนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ตั้งอยู่บนพื้นฐานแนวคิดการคัดเลือกเผ่าพันธุ์ตามธรรมชาติ ได้ถูกนำมาประยุกต์เชิงเลขในการค้นหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อน รวมถึงมีตัวแปรและเงื่อนไขจำนวนมากได้ดี

(12) Differential Evolution (DE) เป็นระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสมแบบ Stochastic และเป็น Random base Global Search Space ซึ่งทำการสุ่มหาคำตอบแบบครอบคลุม โดยมีแนวคิดสมมติฐานเชิงพันธุกรรมเช่นเดียวกับ GAs แต่มีข้อดีที่โดดเด่นกว่าคือ มีโครงสร้างของระเบียบวิธีที่ ซับซ้อนน้อยกว่า มีความยืดหยุ่นมาก (Generalization) นอกจากนั้นยังสามารถใช้ค่าจำนวนจริง (Floating Point Real Number) ในการคำนวณโดยไม่จำเป็นต้องแปลงค่าตัวแปรตัดสินใจ เป็นเลขฐานสอง (Bit-String Encoding) จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้วิธีการ DE มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง (Robustness) ในการค้นหาคำตอบกว่าวิธีอื่น และเหมาะสมมากสำหรับปัญหาประเภท Non-Linear และ Non-Differentiate function

Murry and Church (1996) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีการเลียนแบบการอบอุ่นในการแก้ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (LAP) ต่อมา Vecihi and et al. (2006) ได้นำเสนอการวิวัฒนาการของวิธีการเลียนแบบการอบอุ่น (ESA) ในปัญหา Uncapacitated Facility Location Problem ที่มีขนาดใหญ่ Mark and et al. (2004) ได้นำเสนอการจัดการโซนของป่าไม้เพื่อเป็นการมอบหมายผืนดินด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นโดยมีหลายวัตถุประสงค์ซึ่งประกอบไปด้วยเป้าหมายในระดับภูมิประเทศ ขนาด รูปร่าง และประเภทความสัมพันธ์ของระบบที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ต่อจากนั้น Duh, J. D. and Brown, D.G. (2007) ได้นำเสนอความสามารถของวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นตามวิธีการแบบ Pareto สำหรับการจัดสรรเชิงพื้นที่ที่มีหลายวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาและการพิสูจน์ความสามารถในรูปแบบที่นำเสนอและยังแสดงถึงความสามารถในประสิทธิภาพที่มีมากกว่ารูปแบบมาตรฐานวิธีการเลียนแบบการอบอุ่นตามวิธีการ Pareto

ในผลงานของวิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search; TS) เป็นวิธีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมอย่างมาก เช่น Brimberg and Mladenovic (1996); Ohlemueller (1997) ได้ใช้วิธีนี้ในการจัดการกับปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและการจัดสรรงาน (LAP) และ Crainic and et al. (1993) ได้ประยุกต์ใช้วิธี Tabu Algorithm ในปัญหา LAP ของสินค้าที่มีหลากหลายกับความต้องการที่มีความสมดุล ต่อมา Al-Sultan and Al-Fawzan (1999) ได้ใช้วิธี TS ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบในปัญหามาตรฐานของ Uncapacitated Facility Location Problem ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีในการหาคำตอบ ในส่วนของ Arostegui M. and et al. (2006) ได้ใช้วิธีการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธี Tabu Search วิธี Simulated Annealing และวิธี Genetic Algorithm ในปัญหา FLP นอกจากนี้ยังได้นำวิธี Tabu Search ไปใช้ในการแก้ปัญหาด้านโลจิสติกส์อื่น ๆ อีกมากมาย เช่น Escobar and et al. (2014) ใช้วิธี A Hybrid Granular Tabu Search ในปัญหา Multi-Depot Vehicle Routing Problem

ในส่วนการหาคำตอบด้วยกลุ่มประชากรเพื่อนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทั่วไปของวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) Salhi and Germal (2003) นำเสนอวิธี GA ในการจัดการกับปัญหา Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem และ Lui, W.S. and et al. (2008) นำเสนอวิธีการดำเนินการแบบประหยัดต้นทุนและการขนส่งที่เป็นหนึ่งในปัญหาที่ใหญ่มากในระบบโลจิสติกส์ของขยะในเมืองด้วยวิธี GA เช่นเดียวกัน Sasaki and et al. (2010) ใช้วิธี GA เพื่อนำเสนอในการวางแผนด้านสุขภาพที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบัน และอนาคตของทำเลที่ตั้งโรงพยาบาลเพื่อตอบสนองเวลาการใช้รถพยาบาลที่เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อชีวิตของผู้ป่วยในกรณีฉุกเฉิน Chan and Kumar (2009) ได้ประยุกต์ใช้อาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) ในปัญหาการมอบหมายลูกค้าของศูนย์กลางการกระจายสินค้า Hua and et al. (2010) ใช้วิธี ACO เพื่อวัตถุประสงค์ในการตอบสนองคุณสมบัติของ cloud computing ในการพยากรณ์ความสามารถทรัพยากรของ node ที่พร้อมใช้งาน แล้วทำการวิเคราะห์ factor บางตัว เช่น คุณภาพของโครงข่ายหรือเวลาการตอบสนองต่อเซตของทรัพยากร และการคำนวณที่เหมาะสมที่สุดที่ได้มา นอกจากนี้ยังมีวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดของหลักการทำงานของกลุ่มประชากรในการแก้ปัญหาทางวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นมาในรูปแบบวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการเลียนแบบธรรมชาติ โดย Storn and Price (1995) ได้เสนอระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสม โดยวิธี Differential Evolution (DE) มีพัฒนาการต่อยอดมาจากระเบียบวิธีการหาค่าความเหมาะสมจาก Genetic Algorithm ซึ่งในขั้นตอน reproduction, mutation, recombination อาศัยการแปลงค่าตัวแปรตัดสินใจให้เป็นเลขฐาน 2 โดยเปรียบเทียบเสมือนหนึ่งเป็น gene ในเซลล์ให้กำเนิดในชีวภาพ แต่วิธี Differential Evolution อาศัยการ Mutation ด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Scaling Factor หรือ Weighting Factor: F แทน ทำให้ลดทอนขั้นตอนในการคำนวณได้มาก จึงเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญที่ทำให้การค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงมาก และเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาใน class NP หรือ Non-deterministic polynomial time algorithm ที่มีคำตอบย่อยหลาย ๆ คำตอบ (Local Optima) อีกนัยหนึ่งคือเป็นการค้นหาคำตอบแบบภาพรวมครอบคลุม (Global Optimization) จะได้คำตอบ

ที่ใกล้เคียงคำตอบจริงมากที่สุด ซึ่งอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้องที่สุด แต่ก็เป็นคำตอบที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องที่กำหนดความพึงพอใจไว้ใกล้เคียงกับคำตอบจริงมากที่สุดที่ต้องการ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Heuristic Algorithm ซึ่งมักจะตั้งวิธีการค้นหาเป็นลักษณะเฉพาะสำหรับแต่ละปัญหา ความพิเศษของการหาค่าความเหมาะสมด้วยวิธี DE อีกประการคือ สามารถใช้เป็นรูปแบบมาตรฐานในการค้นหา นำไปใช้กับลักษณะปัญหาต่าง ๆ ได้ไม่จำเพาะเจาะจงแต่ละปัญหา โดยผลงานวิจัยวิธีการเหล่านี้เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน

2.4 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

ขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution (DE) ที่เสนอโดย Price and Storn วิธีการ DE เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่เชื่อถือและสามารถปรับรูปแบบวิธีการหาคำตอบให้เข้ากับปัญหาที่มีวิธีการดำเนินงานที่ไม่ยุ่งยาก ผลงานตีพิมพ์ของ DE ครั้งแรกจะเป็นการรายงานด้านเทคนิคในปี 1995 (Storn and Price, 1995) ต่อจากนั้นมา DE ได้พิสูจน์ตัวเองในการแข่งขัน เช่น the IEEE's International Contest on Evolution Optimization (ICEO) ในปี 1996 และปี 1997 DE ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมากมาย Bin and et al. (2008) ได้สรุปว่า การวิวัฒนาการของ DE ถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายและมีการแสดงจุดแข็งในหลายพื้นที่ที่มีการประยุกต์ใช้ การหาค่าความเหมาะสมด้วยวิธี DE จัดเป็นวิธีการหาค่าความเหมาะสมแบบสโตคาสติก โดยมีระเบียบวิธีแบบกลยุทธ์วิวัฒนาการ (Evolutionary Strategic Algorithms: ESA)

ในวิธีการค้นหาที่ยึดตามหลักประชากร การวิวัฒนาการจะเริ่มสุ่มประชากรเริ่มต้นในขนาด N ของเวกเตอร์มิติ D การแก้ไขปัญหาก็จะดำเนินการอัลกอริทึมจะไปแทนที่มิติของเวกเตอร์ D ซึ่งค่าของตัวแปรแต่ละตัวในพื้นที่ของมิติจะถูกแสดงเป็นเลขในระบบจำนวนจริง ลักษณะที่เด่นชัดของกระบวนการ คือ กลไกใหม่สำหรับการสร้างเวกเตอร์ของการทดลองการวิวัฒนาการ จะสร้างเวกเตอร์การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงและมองข้ามหลักการดำเนินงาน จากนั้นทดแทนการดำเนินงานเฉพาะรายบุคคลที่เราเรียกว่า การดำเนินการคัดเลือก ที่เกิดขึ้นเมื่อเวกเตอร์การทดลองนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าเวกเตอร์ที่สอดคล้องกัน กระบวนการเหล่านี้จะถูกดำเนินการอีกครั้งจนกว่าจะมีเกณฑ์ที่ยังให้มีการหยุด ทั้งนี้การวิวัฒนาการของประชากรก็就会被ดำเนินการโดยผ่านวิธีการทำซ้ำของ 3 ตัวดำเนินการ ซึ่งก็คือ การกลายพันธุ์ ขั้นตอนทางพันธุกรรมแบบครอสโอเวอร์ และการคัดเลือกด้วยกระบวนการทำงานในการวิวัฒนาการแบบคลาสสิก โดยขั้นตอนและหลักการในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Differential Evolution ที่เสนอโดย Price and Storn (2005) มีขั้นตอนและหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.4.1 Initial population คือขั้นตอนการสุ่มเลือกจำนวนประชากรตั้งต้นภายใต้ขอบเขตข้อจำกัด จำนวนหนึ่งซึ่งสามารถกำหนดได้ หรือค่า NP: Number of population เป็น Decision Vector กลุ่มหนึ่งนำมาคำนวณหาค่าคำตอบ เรียกว่า Cost Value หรือ Fitness Value หรือ Function Value ในความหมายเดียวกัน

2.4.2 Mutation คือ ขั้นตอนการคูณตัวแปรตัดสินใจด้วยปัจจัยตัวคูณ เรียกว่า Weighting Factor: F หรือ เรียกว่า Mutation Factor: F อีกชื่อหนึ่งเช่นกันเพื่อจุดประสงค์ของการผ่าเหล่า

กลายพันธุ์ ให้ได้คำตอบใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากกลุ่มจำนวนประชากรในข้อแรก ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งมีขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.4.2.1 ทำการกำหนด Target Vector (X_i,G) โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, NP$

2.4.2.2 สุ่มเลือกจำนวน 3 Vector ($X_{r1,G}, X_{r2,G}, X_{r3,G}$) จากประชากรตั้งต้นที่ไม่ซ้ำกับ Target Vector

2.4.2.3 ทำการคำนวณหา Mutant Vector ($V_{i,G+1}$) จากความสัมพันธ์

$$V_{i,G} = X_{r1,G} + F(X_{r2,G} - X_{r3,G}) \quad (2.20)$$

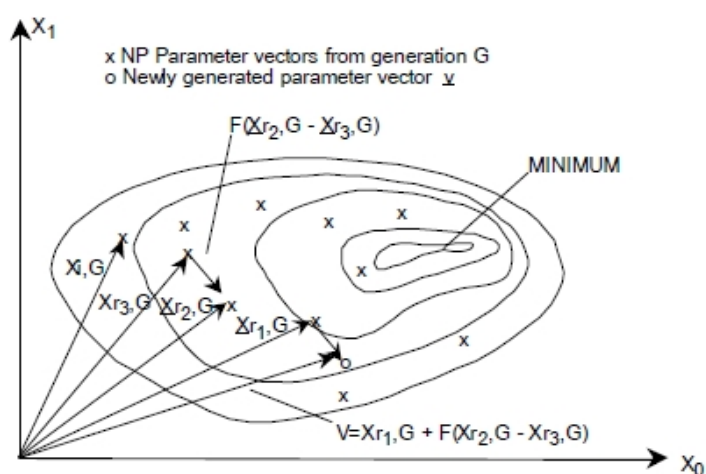
เมื่อ

X_i,G = Target Vector

$V_{i,G}$ = Mutant Vector

$X_{r1,G}, X_{r2,G}, X_{r3,G}$ = Random Vector

F = Weighting Factor มีค่าระหว่าง 0 ถึง 2



ภาพที่ 2.4 การค้นหา Mutant Vector ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร
ที่มา: Price and Storn (2005)

2.4.3 Crossover หรือ Recombination คือขั้นตอนการผสมสายพันธุ์ อันจะได้ทั้งสายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าและแย่กว่าออกมาอย่างหลากหลาย ดังภาพที่ 2.5 เพื่อค้นหาสายพันธุ์จากตัวแปรตัดสินใจใหม่ ๆ ซึ่งจะได้ Trial Vector ($U_{i,G+1}$)

เมื่อ

$$U_{i,G+1} = (U_{1i,G+1}, U_{2i,G+1}, \dots, U_{Di,G+1}) \quad (2.21)$$

และ

$$U_{i,G+1} = \begin{cases} V_{ji,G+1} & \text{if } (\text{randb}(j) \leq CR) \text{ or } j = \text{mbr}(i) \\ X_{ji,G} & \text{if } (\text{randb}(j) > CR) \text{ or } j \neq \text{mbr}(i) \end{cases} \quad (2.22)$$

เมื่อ

$U_{ji,G+1}$ = Trial Vector

$V_{ji,G+1}$ = Mutant Vector

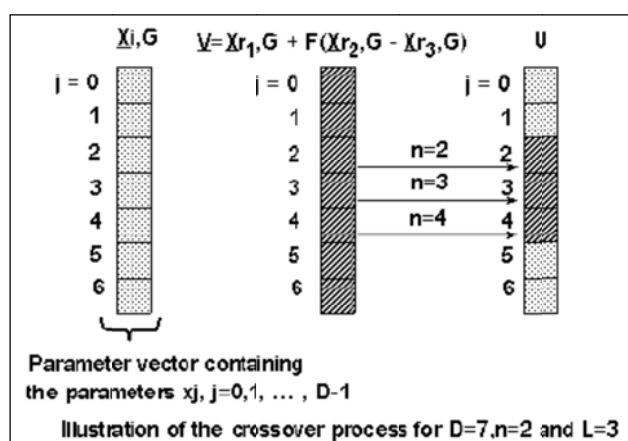
$X_{ji,G}$ = Target Vector

$\text{randb}(j)$ = การสุ่ม จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1 ครั้งที่ j

CR = Crossover Constant จำนวนจริงมีค่า 0 ถึง 1

$\text{mbr}(i)$ = Index จากการสุ่มเลือก จำนวนเต็ม 1, 2, ..., D

$j = 1, 2, \dots, D$



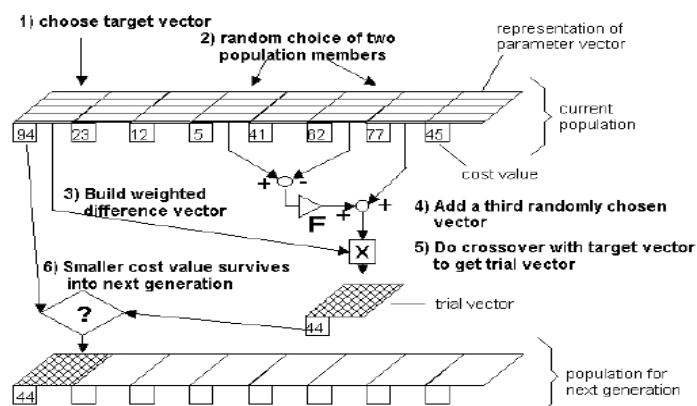
ภาพที่ 2.5 การ Crossover ของ Target Vector และ Mutant Vector ที่มีค่า $D=7$

ที่มา: Price and Storn (2005)

2.4.4 Selection คือขั้นตอนการคัดเลือกประชากรในรุ่นต่อไป ($G+1$) โดยคัดเลือกเอาแต่เฉพาะ ค่าตอบที่ดีกว่า โดยการเปรียบเทียบ Function Value หรือ Cost Value ของ Trial Vector กับ Target Vector ในกรณีที่มีค่า Function Value ของ Trial Vector ดีกว่า Target Vector จะถูกแทนที่ด้วย Trial Vector ในรุ่นต่อไป

2.4.5 Evaluation & Re-Generation ดำเนินการซ้ำจากข้อ 2 ถึงข้อ 4 โดยเปลี่ยน Target Vector จนถึง $i = NP$

2.4.6 Reach Convergence Tolerance นำ Target Vector ที่ได้จากข้อ 4 มาทำซ้ำขั้นตอนทั้งหมดจนครบตามความต้องการ โดยแสดงในภาพที่ 2.6 เป็นการแสดงขั้นตอนการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธี Differential Evolution สำหรับปัญหาการหาค่าต่ำสุด (Minimum Optimization Problem)



ภาพที่ 2.6 กระบวนการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธี Differential Evolution จากขั้นที่ 1-4
ที่มา: Price and Storn (2005)

ในผลงานวิจัยที่ได้ทำการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของ DE และการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการของ DE เข้าสู่การแก้ปัญหาต่าง ๆ มากมาย เริ่มจากผลงานของ KukKonen and Lampinen (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธี DE และวิธี NSGA-II ในปัญหารูปแบบ Multi-Objective Function ที่มีอยู่ใน benchmark โดยการทดลองได้สร้าง DE สองรูปแบบ จะเป็นรูปแบบ Generalized Differential Evolution (GDE) จะใช้กฎเกณฑ์การเลือกตามแบบ Pareto สำหรับจัดการในเงื่อนไขและหลายวัตถุประสงค์ ส่วนรูปแบบที่สอง จะมีชื่อเรียกว่า GDE2 จะเพิ่มกระบวนการที่มากขึ้น ผลลัพธ์คำตอบที่ได้เข้าใกล้คำตอบที่ Pareto-front และในปี 2009 Qin and et al. (2009) ได้เสนอเทคนิคการค้นหาโดยการสร้างเลขสุ่มตามประชากรที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้แก้ปัญหาค่าที่เหมาะสมในพื้นที่ว่างที่ต่อเนื่องกัน ด้วยวิธีการ Self-adaptive DE (SaDE) algorithm ในการตั้งค่า trial vector และการควบคุมค่าพารามิเตอร์ จะค่อย ๆ ปรับตัวเองด้วยการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ในการสร้างคำตอบ และการทำการทดลองกับผลงานที่ได้พัฒนามาก่อนหน้านี้ ด้วยการประเมินผลใน 26 เงื่อนไขข้อจำกัดสำหรับปัญหาค่าที่เหมาะสมเชิงตัวเลข และการนำเสนอวิธีการปรับตัวเองของ DE เพื่อพัฒนาคุณภาพคำตอบของ Fan Q. and Yan X. (2015) โดยเลือกการควบคุมพารามิเตอร์และกระบวนการ mutation มีชื่อย่อว่า DMPSADE จะทำการควบคุมพารามิเตอร์การ mutation ของแต่ละตัว และควบคุมพารามิเตอร์การ crossover โดยได้ทำการทดลองกับ 8 ผลงานที่ได้พัฒนามาก่อนนั้นของงานด้าน DE และอีก 3 อัลกอริทึม ที่ไม่ใช่ DE โดยใช้ 25 benchmark ผลลัพธ์ที่ได้ในประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ยแล้ววิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในการทดลอง 5 รูปแบบ และในผลงานปีล่าสุดของ Şahin C. and Kuvvetli Y. (2016) ได้นำเสนอวิธีการของ DE algorithm ในปัญหาการจัดสรรทรัพยากรในความต้องการที่เป็นรูปแบบพลวัต ซึ่งเขาได้เสนอการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ ค่า $F=0.7$, $CR=0.2$ และ $NP = 40$ ต่อจากนั้นก็เข้าสู่งการแข่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการ DE กับ SA, IA, GRASP และการใช้โปรแกรม MIX (Mix Integer Programming Model) คำตอบที่ได้พบว่าวิธีการ DE มีประสิทธิภาพดีกว่าทุกวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบกัน โดยเฉพาะในการทดลองที่มีขนาดใหญ่ให้ผลลัพธ์คำตอบที่ดีทั้งในส่วนของการดำเนินการกิจกรรมและเวลา CPU ที่ใช้ในการคำนวณ

งานวิจัยเกี่ยวกับ DE ได้แก่ Lopez and et al. (2003) ที่นำเสนอประสิทธิภาพของ DE กรณีที่มีปัญหาการควบคุมที่เหมาะสมหลายรูปแบบ โดยได้อธิบายว่ามีวิธีการมากมายในการแก้ปัญหาการควบคุมที่เหมาะสมไม่ว่าจะโดยตรงหรือโดยอ้อม โดยอาศัยข้อมูลไถ่ระดับ และอาจมีโอกาที่จะเข้าหาพื้นที่ที่เหมาะสม วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพที่นิยม เช่น Evolutionary Algorithms (EA) จากการศึกษาพบว่า ผลของการใช้วิธี Evolutionary Algorithms (EA) วิธี Differential Evolution Algorithms (DEA) และวิธี Genetic Algorithm (GA) DE จะมีความโดดเด่นในแง่ของประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับ GA และมีค่าที่ต่างจากวิธี EA อาจเป็นเพราะว่าพารามิเตอร์ใน DE มีพารามิเตอร์ คือ ขนาดของประชากร ครอสโอเวอร์คงที่ และแปรผันค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งการเลือกขนาดของประชากรมีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาการควบคุมที่เหมาะสม การเลือกขนาดของประชากรที่มีขนาดเล็ก เปรียบเสมือนโอกาสที่จะได้ค่าของคำตอบ Global Solution มีโอกาสน้อยตาม แต่ถ้าหากเพิ่มขนาดประชากรก็เหมือนการเพิ่มโอกาสที่ได้ Global Solution ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับระยะเวลาคำนวณอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพที่ดีด้านเวลาก็คือ DE นั่นเอง

Liu and Lampinen (2005) ได้ทำการปรับปรุงวิธี DE โดยการปรับค่าฟัซซี่ Fuzzy Adaptive Differential Evolution Algorithm (FADE) ซึ่งทำการปรับค่า Weighing Factor (F) และ Crossover Rate (CR) วิธีการนี้จะปรับตัวแปรควบคุมการกลายพันธุ์และครอสโอเวอร์พารามิเตอร์การควบคุม การใช้ตรรกะวิธีการควบคุมฟัซซี่ พารามิเตอร์ของ FADE ตอบสนองต่อข้อมูลประชากร คือ เวกเตอร์พารามิเตอร์ฟังก์ชันซึ่งช่วยให้ DE หาคำตอบได้เร็วขึ้นค่า F และ CR ที่ปรับใหม่สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า DE แบบเดิม เช่นเดียวกับ Omran and et al. (2005) ที่ทำการปรับเปลี่ยนค่า F ในสูตรการกลายพันธุ์ของ DE ในการทดสอบกับกรณีศึกษา

Qin (2005) ใช้วิธีที่เรียกว่า SADE ทำการปรับปรุงปัจจัยควบคุม F และ CR ไม่จำเป็นต้องกำหนดไว้ล่วงหน้า ในระหว่างการพัฒนาการพารามิเตอร์จะค่อย ๆ ปรับตัวเองตามประสบการณ์การเรียนรู้ ประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้วิธีทางฮิวริสติกที่ชื่อว่า Safe Adaptive Differential Evolution (SADE) มีรายงานเกี่ยวกับชุดของฟังก์ชัน 25 มาตรฐาน ในกรณีของ CEC2005 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์จริง

Chakraborty (2006) นำเสนอวิธีการใหม่ในการกลายพันธุ์ของ DE โดยจำลองรูปแบบของ DE เป็นสองแบบ เพื่อทดสอบการกลายพันธุ์ 3 ปัจจัย การนำเสนอนี้แสดงให้เห็นว่าผลของคำตอบที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ดีขึ้นกว่า 3 ปัจจัย สายพันธุ์ที่นิยมใน DE โดยใช้ฟังก์ชันการทดสอบ เพื่อหามาตรการประสิทธิภาพ เช่น วิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพ เวลาที่แก้ปัญหา ความถี่ในการแก้ปัญหา และขนาดของการแก้ปัญหา

Yang (2008) ใช้วิธีการที่เรียกว่าการค้นหาพื้นที่ใกล้เคียง (NSDE) โดยขึ้นอยู่กับลักษณะทั่วไปของวิธีการ NS ข้อดีของวิธีการ NS ใน DE มุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงของขนาดขั้นตอนการค้นหาและความหลากหลายของประชากรหลังจากที่ใช้ค้นหาพื้นที่ใกล้เคียง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า NSDE สามารถค้นหาคำตอบในพื้นที่คำตอบ มีค่าที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด มากกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความหลากหลายของฟังก์ชันของ NSDE มาตรฐานที่แตกต่างกัน ขยายขีดความสามารถของ NSDE โดยนำไปทดสอบกับจำนวนของปัญหามาตรฐานซึ่งมีมิติช่วง 50-200

Zou, D. and et al. (2011) ได้ทำการพัฒนาวิธีการ DE สำหรับการแก้ปัญหาการมอบหมายงานโดยได้ทำการปรับปรุง 2 ส่วนที่สำคัญของพารามิเตอร์ในขั้นตอนของ DE คือ Weighting Factor (F) และค่าของ Crossover Rate (CR) โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Improve Differential Evolution (IDE) โดยให้ค่าของ F สามารถปรับค่าได้และค่าของ CR มีการเปลี่ยนค่าเป็นลักษณะเป็นขั้น ๆ โดยได้เอาตัวอย่างของปัญหามาเปรียบเทียบกับวิธี DE สองวิธีได้แก่ ODE และ JADE ผลปรากฏว่า IDE ที่พัฒนาขึ้นให้คำตอบดีกว่าทั้งสองวิธี ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการลดต้นทุนและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นในระบบ

Jazebi and et al. (2011) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง Differential Evolution Algorithm (DEA) กับ Particle Swarm Optimization (PSO) เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรร การขดเคียวการกระจายของไฟฟ้าสถิต (DSTATCOM) ในเครือข่ายการกระจายเมื่อมีการพิจารณาปรับโครงสร้าง ผลพบว่า DE ช่วยแก้ปัญหาการปรับโครงสร้างเครือข่ายของระบบการจัดจำหน่าย ในกรณีอื่น ๆ ได้ ซึ่งการกระจายตัวของอุปกรณ์ FACTS ในการกระจายเครือข่ายระบบที่มีความยืดหยุ่นในการส่งการกระจายกระแสแบบสลับ AC (DFACTS) และ DSTATCOM วิธีการนี้สามารถหาขนาดที่เหมาะสมและที่ตั้งของ DSTATCOM และยังลดการสูญเสียการกระจายของเครือข่ายและแรงดัน จากข้อมูลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า วิธีการใช้ DSTATCOM และการปรับโครงสร้างเพื่อลดความสูญเสียของระบบและปรับปรุงรายละเอียดของแรงดันได้เป็นที่น่าพอใจ อีกทั้ง DE ยังถูกนำไปทดสอบในการศึกษาเครือข่ายการกระจายที่มีประสิทธิภาพสูงในการค้นหา คำนวณการจัดสรร DSTATCOM ในเครือข่ายการกระจายการพิจารณาปรับโครงสร้างซึ่งผลปรากฏว่าวิธี DE ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับ PSO

Erbao C. and Mingyong L. (2009) ได้ใช้วิธีการของ DE ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) กับการพิจารณาในส่วนของ Fuzzy Demands ที่ใช้เป็นเงื่อนไขการออกแบบโมเดลของโปรแกรม ทำการจำลองสถานการณ์แบบ Stochastic และวิธีอัลกอริทึมของ DE เพื่อบูรณาการในการออกแบบอัลกอริทึมของ Hybrid Intelligent ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองของดัชนีการตั้งค่าผู้มอบหมายงานได้รับค่าดีที่สุด ด้วยการใช้ค่าพารามิเตอร์ Crossover ในการพัฒนาคำตอบเพื่อให้หลุดออกจาก Local Optimum

การหาค่าที่เหมาะสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ วิธีการของ DE ก็ได้รับความสนใจมากขึ้นเป็นลำดับจากการนำเสนอผลงาน พรุพท์ มะยะเฉียว (2555) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์ให้ต้นทุนเกิดขึ้นน้อยที่สุดทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรม ด้วยวิธีการของ DE โดยการปรับค่า F, CR และ Pop-Open ในการเปิดลานเทปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ยังได้ใช้วิธี Roulette Wheel Selection รวมในการมอบหมายงาน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้ใช้เวลาน้อยกว่าโปรแกรม Lingo V.11 ที่ 87.32% และให้คำตอบที่เป็นไปได้เมื่อเทียบกับโปรแกรม Lingo

Pitakaso R. and Thongdee Th. (2012) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งและการจัดสรรงานแบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ เพื่อทำการเปิดโรงงานเอทานอล โดยมีวัตถุประสงค์ในด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และความปลอดภัย ในกรณีศึกษาเพื่อดำเนินงานครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม Lingo V.11 เปรียบเทียบกับการหาคำตอบด้วยวิธีการของ DE เวลาที่

ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมจะใช้เวลามากกว่า 30 ชั่วโมง แต่กระบวนการของ DE ใช้เวลาน้อยกว่า 98% และผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงคุณภาพคำตอบในการใช้โปรแกรม ซึ่งมีต้นทุนสูงกว่า 1.8% ในปีต่อมา Thongdee Th. and Pitakaso R. (2012) ได้ทำการพัฒนากระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ DE มีชื่อว่า MODDE โดยให้ค่า F สามารถปรับค่าได้ด้วยตัวเอง โดยการปรับค่าตามประชากรของคำตอบที่ถูกออกแบบไว้สามระดับ ส่วนค่า CR จะปรับตัวเองได้เช่นกันด้วยการสร้างสมการขึ้นใช้ในกระบวนการนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จะให้เวลาในการคำนวณที่เร็วกว่าการใช้โปรแกรม Lingo ที่ 99% แต่ต้นทุนยังสูงกว่าที่ประมาณ 5%

และผลงานล่าสุดในปี 2016 Su Z. and et al. (2016) ได้นำเสนอวิธีมอบหมายทรัพยากรกรณีฉุกเฉินหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของภัยพิบัติธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์ลดความสูญเสียและความสูญเสียด้านเศรษฐกิจด้วยวิธีการของ DE โดยจะสร้าง Scheme เป็น two dimensional integer vector ของการเข้ารหัส ซึ่งในแต่ละแถวจะแทนหน่วยกู้ภัยและแต่ละคอลัมน์หมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยการพิจารณาหาคำตอบด้วย วิธีการนี้จะทำควบคู่กันไปในการตอบสนองด้านเวลาและต้นทุนแหล่งทรัพยากรกรณีฉุกเฉิน ผลลัพธ์คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าวิธีการรูปแบบเดิม

ในปีต่อมา Sethanan K. and Pitakaso R. (2016b) ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงวิธีการ DE algorithm ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงานทั่ว ๆ ไป จะเป็นการนำเทคนิคของ Local Search ทั้ง 3 วิธี เพื่อพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้น โดยทั้ง 3 เทคนิคนี้ได้ขยายประสิทธิภาพการหาคำตอบออกไปอีกเป็น 7 วิธี นอกจากนั้นยังได้วัดประสิทธิภาพการหาคำตอบในแต่ละวิธีเพื่อคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุด ไปแข่งขันกับวิธี BEE algorithm และ Tabu algorithm ในชุดตัวอย่างการทดลองของ Gapa-Gape ผลลัพธ์ที่ได้วิธีการ DE-SK นอกจากนั้นในปีเดียวกัน Sethanan K. and Pitakaso R. (2016a) นำเสนอวิธีการ DE algorithm สำหรับตารางกำหนดการขนส่งน้ำมันดิบ โดยมีวัตถุประสงค์ต้นทุนที่ต่ำสุดในการพิจารณาต้นทุนเชื้อเพลิง ต้นทุนการทำความสะอาดและการฆ่าเชื้อแท่งค้ำน้ำมันดิบของยานพาหนะ โดยได้นำเสนอการปรับเปลี่ยนหัววิธีการของ DE กับสองขั้นตอนของกระบวนการเกิดใหม่และการอยู่รอด ตามวิธีการที่สร้างขึ้นมามีชื่อว่า re-born vector ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีเส้นทางที่สั้นลงและการใช้รถบรรทุกในระบบน้อยลง ให้ผลลัพธ์คำตอบดีกว่าฮิวริสติกทั้งสองแบบ และนอกจากนี้ยังมีการนำ DE ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาหลากหลาย

นักวิจัย	วิธีการวิจัย	วิธีการ	
		DE	IDE
Jarmo, I. and et al. (2003)	ใช้วิธี DE ในการฝึกอบรมสำหรับเครือข่ายประสาทเทียมแบบ feed-forward	✓	
Lopez, C. and et al. (2003)	ศึกษาขั้นตอนของวิธี DE ที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการควบคุมที่ดีที่สุดหลายรูปแบบ	✓	
Dervis, K. and Selcuk, O. (2004)	นำเสนอรูปแบบวิธี DE ในการเพิ่มประสิทธิภาพแบบง่ายสำหรับปัญหาทางวิศวกรรม	✓	
Kukkonen, S. and Lampinen, J. (2004)	ใช้วิธี DE ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจหลายลำดับขั้น	✓	
Babu, B. V. and Anbarasu, B. (2005)	ประยุกต์ใช้วิธี DE สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์	✓	
Bergey, P. K. and Ragsdale, C. 2(005)	ดัดแปลงวิธี DE สำหรับ greedy random strategy ในการรวมตัวทางพันธุกรรม		✓
Liu, J. and Lampinen, J. (2005)	ปรับปรุงขั้นตอนวิธี DE ด้วยการปรับค่า F และ Cr แบบฟิชชี		✓
Omran, M. and et al. (2005)	ปรับปรุงขั้นตอนวิธี DE โดยค่า F และ Cr สามารถปรับค่าด้วยตนเอง		✓
Chakraborty, U. K. and et al. (2006)	ปรับปรุงขั้นตอนวิธี DE โดยการปรับค่าด้วยวิธี local neighborhood		✓
Bin, Q. and et al. (2008)	ประยุกต์ใช้วิธี DE และปรับปรุงด้วย memetic algorithm ในการจัดตารางงาน		✓
Erbao, C. and Lai, M. (2009)	ใช้วิธี DE แบบ hybrid intelligent ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ		✓
Josiah, A. and Fred, O. (2010)	ใช้วิธี DE ในการแก้ปัญหาการวางแผนการเพาะปลูกแบบหลายวัตถุประสงค์	✓	
Liao, T. W. 2010	ใช้วิธี DE แบบ two hybrid ในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบทางวิศวกรรม		✓
Das, S. and Suganthan, P. N. (2011)	ประยุกต์ใช้วิธี DE ในการสำรวจแบบ the state-of-the-art	✓	

ตารางที่ 2.1 การประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาหลากหลาย (ต่อ)

นักวิจัย	วิธีการวิจัย	วิธีการ	
		DE	IDE
Jazebi, S. and et al. (2011)	ประยุกต์ใช้วิธี DE ในการจัดสรร DSTATCOM สำหรับการพิจารณา กำหนดค่าใหม่ของเครือข่ายการจัดจำหน่าย	√	
Zou, D. and et al. (2011)	ปรับปรุงขั้นตอนวิธี DE ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงาน ด้วยการปรับค่า F แบบไดนามิก และปรับค่า Cr ด้วยตนเอง		√
Liao, T. W. and et al. (2012)	ใช้วิธี DE แบบ two hybrid ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับรถบรรทุกขาเข้าและขาออกที่ดีที่สุดในการดำเนินการเทียบข้าม		√
Pitakaso, R. and Thongdee, Th. (2012)	ดัดแปลงวิธี DE ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายงาน แบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ โดยการปรับค่า Cr ด้วยตัวเอง และ DE-PSO		√
ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ พิตาเคโส (2556)	ดัดแปลงวิธี DE ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายงาน แบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ โดยให้ค่า F สามารถปรับค่าด้วยตนเอง		√
ปรุพท์ มะยะเลี้ยว (2555)	ใช้วิธี DE ร่วมกับวิธี Roulette wheel selection ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้		√
Fan, Q. and Yan, X. (2015)	ปรับปรุงขั้นตอนวิธี DE ในการควบคุมพารามิเตอร์การกลายพันธุ์แบบไม่ต่อเนื่อง โดยการปรับค่าด้วยตนเอง		√
Şahin, C. and Kuvvetli, Y. (2016)	ใช้วิธี DE สำหรับปัญหาการจัดสรรตำแหน่งที่ตั้งอย่างต่อเนื่องแบบไดนามิก	√	

ตารางที่ 2.1 การประยุกต์ใช้ Differential Evolution (DE) เพื่อแก้ปัญหาหลากหลาย (ต่อ)

นักวิจัย	วิธีการวิจัย	วิธีการ	
		DE	IDE
Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016)	ปรับปรุงวิธี DE สำหรับการแก้ปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป ด้วยเทคนิค local search แบบ shifting, swap และ k-variable move		✓
Sethanan, K. and Pitakaso, R. (2016)	ปรับปรุงวิธี DE สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการขนส่งนมดิบ ด้วยเทคนิค local search แบบ k-cyclic move technique		✓
Su, Z. and et al. (2016)	ปรับปรุงวิธี DE ในการจัดสรรทรัพยากรฉุกเฉินหลายครั้งสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยมีรูปแบบเวกเตอร์เป็น two dimensional integer vector		✓
Dechampai, D. and et al. (2017)	ประยุกต์ใช้วิธี DE แบบ DE_G-Q-DVRP-FD และ MSEOMDE_G-Q-DVRP-FD ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยมีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะในการรับและส่งสินค้าของอุตสาหกรรมสัตว์ปีก		✓

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า วิธี DE เป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ซึ่งวิธี DE เป็นวิธีการที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้มีความรวดเร็วในการประมวลผลยิ่งขึ้น และได้มีหลากหลายงานวิจัยที่ทำการปรับปรุงอัลกอริทึมของกระบวนการ DE เพื่อให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน รวมถึงปัญหาที่มีการตัดสินใจหลายลำดับขั้น ดังนั้นวิธี DE จึงเป็นวิธีการที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการมอบหมายงาน (AS) และการเลือกทำเลสถานที่ตั้งและการจัดสรรงาน (LAP) ของการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน และจากหลาย ๆ ผลงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้จากวิธี DE นั้น จะอยู่ในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิค Local Search มาใช้ในการปรับปรุงคำตอบ และได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมของกระบวนการ DE เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมถึงใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่น้อยลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้น จัดเป็นการวางแผนในระดับนโยบายหรือระดับกลยุทธ์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในระบบเศรษฐกิจการเกษตรของชาติ ดังนั้นเพื่อให้การตัดสินใจในระดับนโยบายหรือกลยุทธ์นี้ยังผลประโยชน์สูงสุด จึงต้องพิจารณาปัจจัยหลาย ๆ ประการรอบด้าน

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย วิธีการหาคำตอบสำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ ราคาขายหน้าโรงงานแปรรูป ต้นทุนการปลูก ต้นทุนการขนส่ง และค่าใช้จ่ายดำเนินการของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของเกษตรกรแต่ละรายระดับตำบลในเขตพื้นที่ภาคใต้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 3.1 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

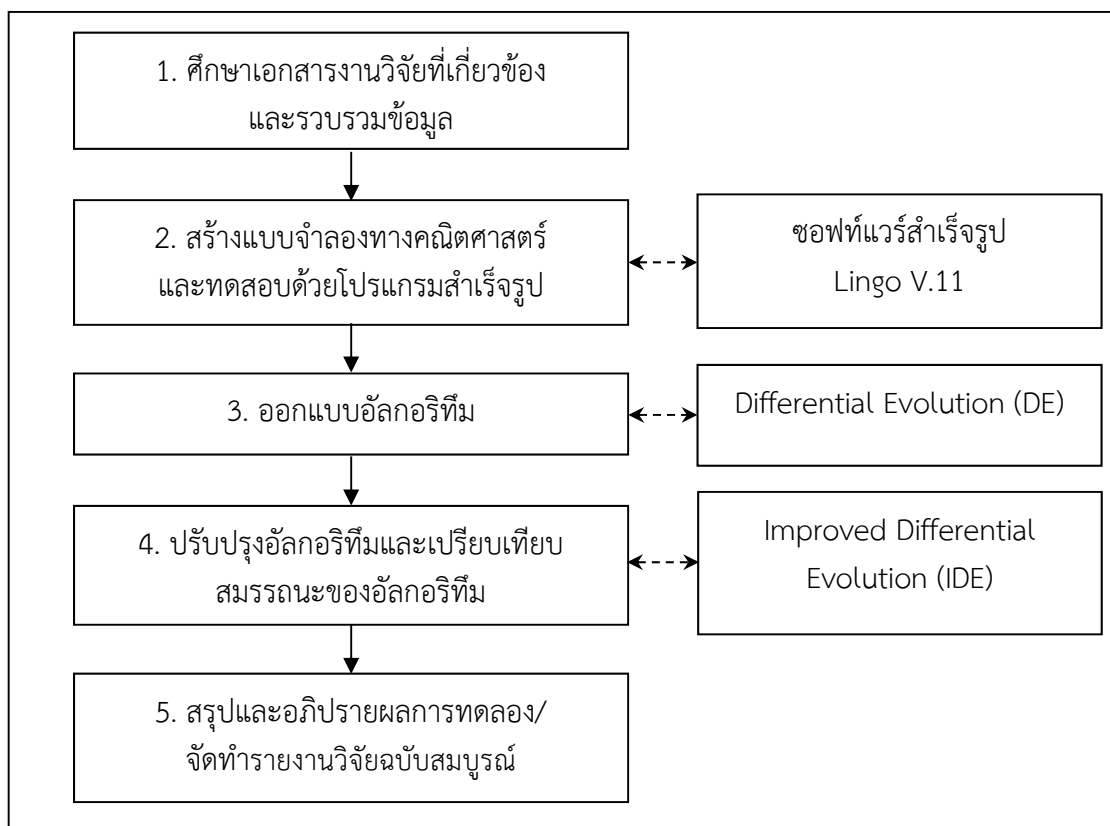
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูล โดยเริ่มตั้งแต่ข้อมูลพื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ ราคาที่ขายหน้าโรงงานแปรรูป และต้นทุนด้านต่าง ๆ ของยางพาราและปาล์มน้ำมัน และหาพิกัดระยะทางของเกษตรกรในระดับตำบลในเขตพื้นที่ภาคใต้

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช และการหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ในรูปแบบของกำหนดการเชิงเส้นที่มีจุดประสงค์เพื่อให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ทดสอบและประมวลผลเบื้องต้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบและทดสอบอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช หาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปแบบหลายลำดับขั้น ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช หาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปแบบหลายลำดับขั้น ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง และเปรียบเทียบสมรรถนะของอัลกอริทึม

ขั้นตอนที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง พร้อมทั้งส่งบทความตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับ และจัดทำรูปเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ ราคาขายหน้าโรงงานแปรรูป ต้นทุนการปลูก ต้นทุนการขนส่ง และค่าใช้จ่ายดำเนินการของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน รวมถึงพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของเกษตรกรแต่ละรายระดับตำบลในเขตพื้นที่ภาคใต้ เพื่อนำมากำหนดสถานะของปัญหาในการวิจัย โดยกำหนดเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) ในรูปของสมการเชิงเส้นที่เป็นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อวางแผนการปลูกพืช หาทิศตั้งของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกร จูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปมีกำไรที่สูงที่สุด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ในปี 2559 ดังตารางที่ 3.1-3.3 ซึ่งมีทั้งสิ้น 1,083 ตำบล ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ดังภาพที่ 3.2 และรายละเอียดดังภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ และราคาที่เกษตรกรขายได้ ของยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2559

ลำดับที่	ตำบล	พื้นที่ ให้ผลผลิต (พันไร่)	อัตราผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)	ราคาที่เกษตรกร ขายได้ (บาท/กิโลกรัม)
1	เกาะกลาง	10.894	10.45	43.57
2	เกาะลันตาน้อย	7.545	10.80	42.75
3	เกาะลันตาใหญ่	5.410	10.92	42.82
4	คลองยาง	7.339	11.41	42.87
5	ศาลาด่าน	6.748	10.59	42.86
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
1081	พิมาน	0.00	0.00	0.00
1082	ตลาด	0.00	0.00	0.00
1083	บางกุ้ง	0.00	0.00	0.00

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

ตารางที่ 3.2 พื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ และราคาที่เกษตรกรขายได้ ของปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ปี 2559

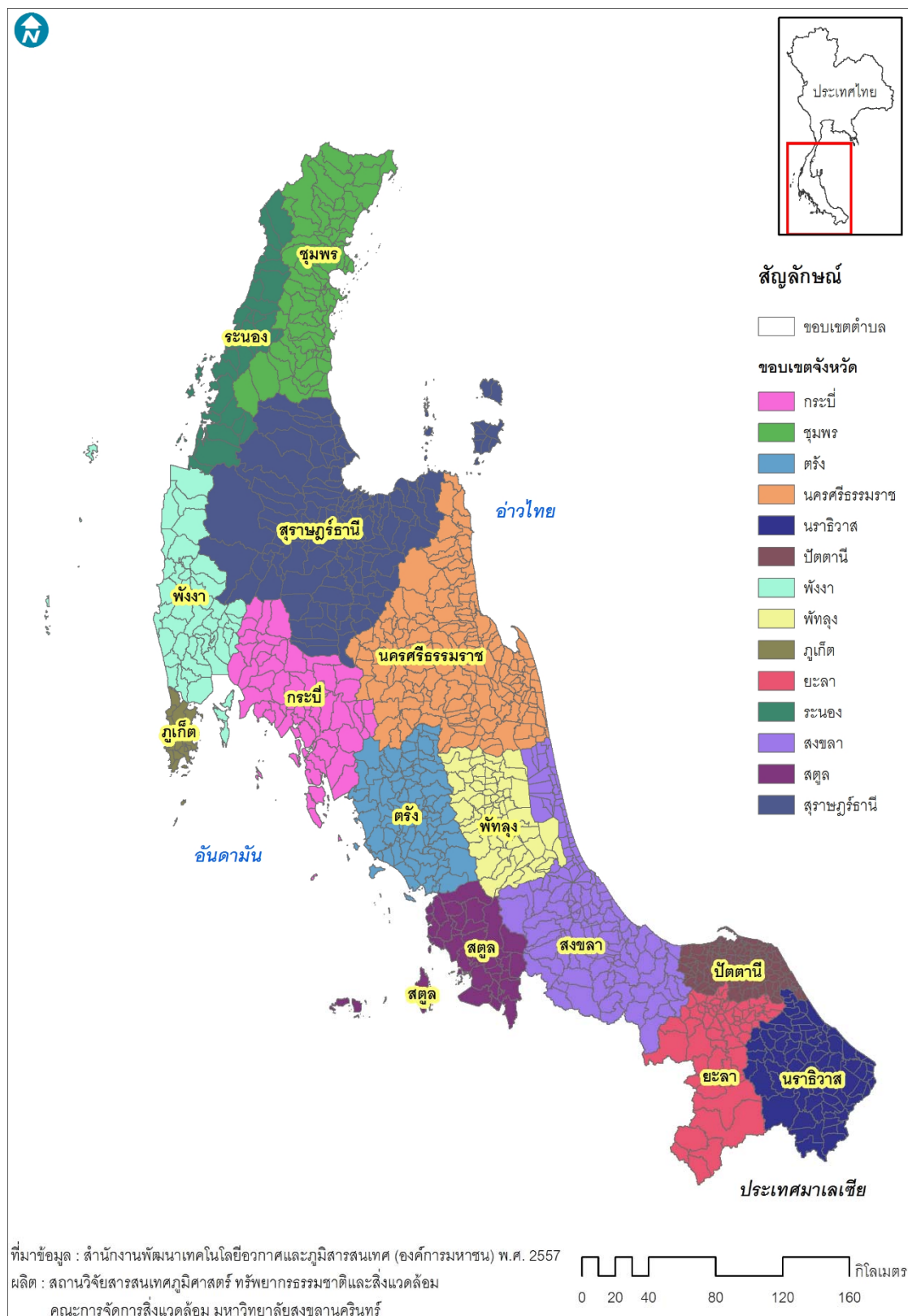
ลำดับที่	ตำบล	พื้นที่ ให้ผลผลิต (พันไร่)	อัตราผลผลิต ต่อไร่ (กิโลกรัม/ไร่)	ราคาที่เกษตรกร ขายได้ (บาท/กิโลกรัม)
1	เกาะกลาง	6.106	32.98	4.24
2	เกาะลันตาน้อย	0.995	43.99	4.26
3	เกาะลันตาใหญ่	0.45	40.00	4.26
4	คลองยาง	6.981	90.87	4.17
5	ศาลาด่าน	0.392	10.00	4.25
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
1081	พิมาน	0.00	0.00	0.00
1082	ตลาด	0.00	0.00	0.00
1083	บางกุ้ง	0.00	0.00	0.00

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2560: เว็บไซต์)

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลที่ตั้งของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้

ลำดับที่	เกษตรกร	พิกัดจุด (UTM)	
		X	Y
1	เกาะกลาง	507.05697	856.75462
2	เกาะลันตาน้อย	509.80611	845.00807
3	เกาะลันตาใหญ่	509.36941	827.75121
4	คลองยาง	509.71747	862.97246
5	ศาลาด่าน	505.47325	840.38971
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
1081	พิมาน	618.42391	731.33624
1082	ตลาด	534.84807	1010.36325
1083	บางกุ้ง	539.60024	1012.40645

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2560: เว็บไซต์)



ภาพที่ 3.2 ขอบเขตของตำบลในพื้นที่ภาคใต้ 14 จังหวัด

3.3 สมมติฐานและลักษณะของปัญหา

3.3.1 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ โดยคำนึงถึงพื้นที่ปลูก อัตราผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ ราคาขายหน้าโรงงาน ต้นทุนการปลูก ต้นทุนการขนส่ง และค่าใช้จ่ายดำเนินงานของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน และหาที่ตั้งของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด

3.3.2 ประยุกต์ใช้วิธีการพัฒนาการโดยส่วนต่างในการหาคำตอบสำหรับการวางแผนการปลูกพืชการหาที่ตั้งของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน

3.3.3 ปรับปรุงวิธีการพัฒนาการโดยส่วนต่างในการเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการหาคำตอบ

3.3.4 กำหนดให้เกษตรกรแต่ละรายเป็นระดับตำบล รวมทั้งสิ้น 1,083 ตำบล

3.3.5 ปริมาณผลผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรขายให้กับจูดรับซื้อ และจูดรับซื้อขายให้กับโรงงานแปรรูปเป็นจำนวนที่ทราบค่าแน่นอน

3.3.6 พื้นที่ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันของเกษตรกรแต่ละราย จะถูกแบ่งออกเป็นโหนดหลาย ๆ โหนด ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 1,083 โหนด ซึ่งปริมาณยางพาราและปาล์มน้ำมันของเกษตรกรแต่ละรายจะต้องส่งไปขายยังจูดรับซื้อเพียงจุดเดียว และจูดรับซื้อต้องขายให้กับโรงงานแปรรูปเพียงแห่งเดียวเท่านั้น

3.3.7 ขนาดความสามารถในการรับซื้อหรือปริมาณความจุของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันมีเพียงขนาดเดียวเท่านั้น โดยมีการกำหนดปริมาณสูงสุดและต่ำสุดของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูปที่สามารถรับซื้อได้

3.3.8 มีการคิดค่าใช้จ่ายดำเนินงานของจูดรับซื้อและโรงงานแปรรูป

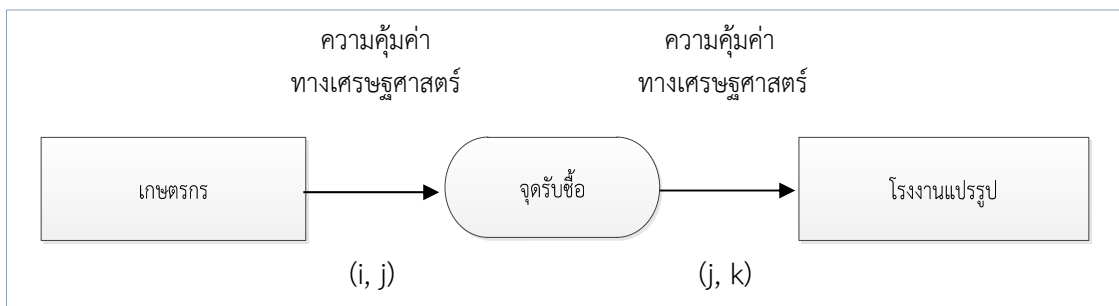
บทที่ 4

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหา

จากปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้น เพื่อวางแผนการปลูกพืชของเกษตรกรในแต่ละตำบลและหาที่ตั้งของจุดรับซื้อยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยนั้น เป็นการวางแผนเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ทั้งนี้เป็นการหาทำไรโดยรวมทั้งระบบที่สูงที่สุดจากการดำเนินการของเกษตรกร จุดรับซื้อและโรงงานแปรรูป โดยมีเงื่อนไขหลายๆด้าน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนี้

4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช

จากปัญหาราคาพืชเศรษฐกิจที่มีแนวโน้มปรับตัวลดต่ำลงในพื้นที่ภาคใต้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงได้มีการหารูปแบบที่เหมาะสมในการแก้ปัญหการปลูกพืช และมีการแก้ปัญหาแบบหลายลำดับขั้น โดยขั้นแรกทำการวางแผนการปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ ยางพาราและปาล์มน้ำมันในระดับตำบล และขั้นถัดมาคือการหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน เพื่อนำผลผลิตที่ได้จากพื้นที่ปลูกไปขายยังจุดรับซื้อ และจุดรับซื้อส่งไปขายต่อยังโรงงานแปรรูป ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 โซ่อุปทานยางพาราและปาล์มน้ำมัน

ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีตัวแปรที่ทราบค่า ตัวแปรตัดสินใจ สมการเป้าหมาย และสมการข้อข่าย 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_{jl}^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/กม.)
- G_{jkl}^2 คือ ต้นทุนการขนส่งผลผลิตพืช l จากจุดรับซื้อ j ไปยังโรงงานแปรรูป k (บาท/กม.)
- Z_{ijl}^1 คือ ขนาดบรรทุกของรถขนส่งผลผลิตพืช l จากตำบล i ไปยังจุดรับซื้อ j (ตัน)
- Z_{jkl}^2 คือ ขนาดบรรทุกของรถขนส่งผลผลิตพืช l จากจุดรับซื้อ j ไปยังโรงงานแปรรูป k (ตัน)
- $S_{min l}$ คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l ขั้นต่ำของจุดรับซื้อ (ตัน)
- $S_{max l}$ คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l สูงสุดของจุดรับซื้อ (ตัน)
- $T_{min l}$ คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l ขั้นต่ำของโรงงานแปรรูป (ตัน)
- $T_{max l}$ คือ ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืช l สูงสุดของโรงงานแปรรูป (ตัน)
- B_{kl} คือ กำไรต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์จากพืช 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 l ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อ j , 0 กรณีอื่นๆ
- $Y_{jkl} = 1$, กรณีที่จุดรับซื้อ j ส่งผลผลิตพืช l ให้กับโรงงานแปรรูป k , 0 กรณีอื่นๆ

ตัวแปรสนับสนุน (Auxiliary Variable)

- $V_{jl} = 1$, กรณีที่จุดรับซื้อ j รับซื้อผลผลิตพืช l , 0 กรณีอื่นๆ
- $W_{kl} = 1$, กรณีที่โรงงานแปรรูป k รับซื้อผลผลิตพืช l , 0 กรณีอื่นๆ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้น
สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\begin{aligned}
 \text{Maximize } & \sum_{i \in N} \sum_{l \in P} a_i r_{il} (P_{il}^1 - C_l^1) U_{il} - \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} \sum_{l \in P} d_{ij} G_{ijl}^1 X_{ijl} T_l^1 \\
 & + \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} ((P_{kl}^2 - C_{jkl}^2) \sum_{i \in N} a_i r_{il} V_{jl} X_{ijl}) - \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} e_{jk} G_{jkl}^2 Y_{jkl} T_l^2 \\
 & - \sum_{j \in M} \sum_{l \in P} F_{jl}^1 V_{jl} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} a_i r_{il} B_{kl} X_{ijl} Y_{jkl} \\
 & - \sum_{k \in O} \sum_{l \in P} F_{kl}^2 W_{kl}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

สมการข้อข่าย (Constrains)

$$\sum_{l \in P} U_{il} = 1 \quad \forall i \in N \tag{4.2}$$

$$\sum_{j \in M} \sum_{l \in P} X_{ijl} = 1 \quad \forall i \in N \tag{4.3}$$

$$\sum_{j \in M} V_{jl} \leq H_l \quad \forall l \in P \tag{4.4}$$

$$\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl} \geq S_{\min l} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.5}$$

$$\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl} \leq S_{\max l} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.6}$$

$$X_{ijl} \leq U_{il} \quad \forall i \in N \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.7}$$

$$X_{ijl} \leq V_{jl} \quad \forall i \in N \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.8}$$

$$V_{jl} \leq U_{jl} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.9}$$

$$\sum_{k \in O} Y_{jkl} = V_{jl} \quad \forall j \in M \quad \forall l \in P \tag{4.10}$$

$$\sum_{k \in O} W_{kl} \leq Q_l \quad \forall l \in P \tag{4.11}$$

$$\sum_{j \in M} (\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}) Y_{jkl} \geq W_{kl} T_{\min l} \quad \forall k \in O \quad \forall l \in P \tag{4.12}$$

$$\sum_{j \in M} (\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}) Y_{jkl} \leq W_{kl} T_{maxl} \quad \forall_{k \in O} \forall_{l \in P} \quad (4.13)$$

$$Y_{jkl} \leq W_{kl} \quad \forall_{j \in M} \forall_{k \in O} \forall_{l \in P} \quad (4.14)$$

$$W_{kl} \leq V_{kl} \quad \forall_{k \in O} \forall_{l \in P} \quad (4.15)$$

$$C_{jkl}^2 = P_{il}^1 \quad \forall_{i \in N} \forall_{j \in M} \forall_{k \in O} \forall_{l \in P} \quad (4.16)$$

$$T_l^1 = \left\lceil \frac{\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}}{z_{ijl}^1} \right\rceil \geq 0 \text{ and Integer} \quad \forall_{l \in P} \quad (4.17)$$

$$T_l^2 = \left\lceil \frac{\sum_{i \in N} a_i r_{il} X_{ijl}}{z_{jkl}^2} \right\rceil \geq 0 \text{ and Integer} \quad \forall_{l \in P} \quad (4.18)$$

$$U_{il}, X_{ijl}, Y_{jkl}, V_{jl}, W_{kl} \in \{0, 1\} \quad (4.19)$$

สมการที่ 4.1 สมการวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด สมการที่ 4.2 แต่ละตำบลสามารถปลูกพืชได้เพียง 1 ชนิดเท่านั้น สมการที่ 4.3 แต่ละตำบลส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อเพียงแห่งเดียว สมการที่ 4.4 จำนวนจุดรับซื้อจะต้องไม่เกินจำนวนจุดรับซื้อสูงสุดที่กำหนดให้เปิดได้ สมการที่ 4.5 ปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังจุดรับซื้อจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำที่เปิดรับซื้อผลผลิตพืช สมการที่ 4.6 ปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังจุดรับซื้อจะต้องไม่มากกว่าปริมาณสูงสุดของจุดรับซื้อที่สามารถรับได้ สมการที่ 4.7 ตำบลที่ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อจะต้องไม่เกินตำบลที่ปลูกพืช สมการที่ 4.8 จุดรับซื้อที่รับซื้อพืชต้องไม่เกินจุดรับซื้อที่เปิด สมการที่ 4.9 จุดรับซื้อต้องไม่มากกว่าตำบลที่ปลูกพืช สมการที่ 4.10 จำนวนจุดรับซื้อที่ส่งผลผลิตพืชไปยังโรงงานแปรรูปจะต้องเท่ากับจำนวนจุดรับซื้อที่เปิด สมการที่ 4.11 จำนวนโรงงานแปรรูปจะต้องไม่เกินจำนวนโรงงานแปรรูปสูงสุดที่กำหนดให้เปิดได้ สมการที่ 4.12 ปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังโรงงานแปรรูปจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณขั้นต่ำที่เปิดรับซื้อผลผลิตพืช สมการที่ 4.13 ปริมาณรวมของผลผลิตพืชแต่ละชนิดที่ส่งไปยังโรงงานแปรรูปจะต้องไม่มากกว่าปริมาณสูงสุดของโรงงานแปรรูปที่สามารถรับได้ สมการที่ 4.14 โรงงานที่จุดรับซื้อส่งพืชไปจะต้องไม่มากกว่าโรงงานที่เปิด สมการที่ 4.15 โรงงานแปรรูปที่เปิดต้องไม่มากกว่าจุดรับซื้อที่เปิด สมการที่ 4.16 ราคาที่เกษตรกรขายผลผลิตพืชได้ในแต่ละตำบลเท่ากับราคารับซื้อของจุดรับซื้อแต่ละตำบล สมการที่ 4.17 และ 4.18 จำนวนเที่ยวในการขนส่งต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น และสมการที่ 4.19 กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1

หลังจากที่ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว สิ่งสำคัญคือการพิสูจน์ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นถูกต้องหรือไม่ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการพิสูจน์เป็น 2 แนวทาง คือ 1) ทดสอบด้วยโปรแกรม Lingo ซึ่งผลที่ได้ คือ โปรแกรมสามารถแสดงผลออกมาได้โดยไม่มีปัญหาข้อบกพร่องใดๆ

และเพื่อความน่าเชื่อถือมากขึ้นจึงต้องพิสูจน์ด้วยวิธี 2) ทดสอบการตอบสนอง (Sensitivity Test) รายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3

4.2 การแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม LINGO

ในการทดสอบปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้น โดยขั้นแรกทำการวางแผนการปลูกพืชของเกษตรกร ซึ่งได้แก่ ยางพาราและปาล์มน้ำมันในระดับตำบล และขั้นถัดมาคือการหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยใช้โปรแกรม Lingo V.11 ทำการประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง Intel (R) Core (TM) i5-3230M CPU@2.60 GHz หน่วยความจำ 4 GB

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับข้อมูลดังภาคผนวก ก โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.1 ทำการออกแบบขนาดปัญหาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปัญหาขนาดเล็ก มีเกษตรกรจำนวน 10-20 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 12 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 3 แห่ง กลุ่มที่ 2 ปัญหาขนาดกลาง มีเกษตรกรจำนวน 40-60 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 32 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 8 แห่ง และกลุ่มที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีเกษตรกรจำนวน 80-100 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 36 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 9 แห่ง ซึ่งมีทั้งหมด 36 ปัญหาย่อย รายละเอียดข้อมูลดังภาคผนวก ก สำหรับผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo V.11 ค่าคำตอบที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	หน่วย	ชนิดพืช	
		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
c_l^1	บาท/กิโลกรัม	30	3
F_{jl}^1	บาท/แห่ง	1,000	1,500
F_{kl}^2	บาท/แห่ง	1,500	2,000
G_{ijl}^1	บาท/กิโลเมตร	4	6.5
G_{jkl}^2	บาท/กิโลเมตร	6.5	9
Z_{ijl}^1	ตัน	5	10
Z_{jkl}^2	ตัน	10	25
$S_{min l}$	ตัน	100	500
$S_{max l}$	ตัน	1,000	5,000
$T_{min l}$	ตัน	1,000	5,000
$T_{max l}$	ตัน	5,000	25,000
B_{kl}	บาท/หน่วย	0.05	0.025

ต้นทุนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน คิดจากต้นทุนเฉลี่ยการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ข้อมูลจาก สำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2560: เว็บไซต์) ต้นทุนการปลูกยางพาราอยู่ในช่วง 28-30 บาท/กิโลกรัม และปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 2.5-3 บาท/กิโลกรัม สำหรับค่าใช้จ่ายดำเนินงานของโรงงานใช้ข้อมูลจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา พิจารณาจากข้อมูลทุนจดทะเบียนโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวข้องกับยางพาราและปาล์มน้ำมัน โดยโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ส่วนใหญ่จะมีทุนจดทะเบียนอยู่ในช่วง 50-200 ล้านบาท

สำหรับต้นทุนการขนส่งจะพิจารณาจากอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง (ซึ่งยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งทางถนนส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซล คิดที่ราคา 25.49 บาท/ลิตร ข้อมูล ณ วันที่ 25 กันยายน 2560) ซึ่งคิดเป็นต้นทุนการขนส่ง ได้ดังนี้

(1) รถบรรทุก 6 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 6.0 กิโลเมตร/ลิตร คิดเป็น 4.25 บาท/กิโลเมตร

(2) รถบรรทุก 10 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.59 กิโลเมตร/ลิตร คิดเป็น 5.55 บาท/กิโลเมตร

(3) รถบรรทุก 18 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3.2 กิโลเมตร/ลิตร คิดเป็น 7.95 บาท/กิโลเมตร หากบรรทุกเต็มคัน เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก ได้ดังนี้

(1) รถบรรทุก 6 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง คิดเป็น 4.0 บาท/กิโลเมตร

(2) รถบรรทุก 10 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง คิดเป็น 6.5 บาท/กิโลเมตร

(3) รถบรรทุก 18 ล้อ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง คิดเป็น 9.0 บาท/กิโลเมตร

ตารางที่ 4.2 ผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo กับกลุ่มปัญหาขนาดต่าง ๆ

ขนาด กลุ่มปัญหา	จำนวน เกษตรกร	ยางพารา		ปาล์มน้ำมัน		คำตอบ	เวลา	สถานะ
		จุดรับซื้อที่เปิด	โรงงานที่เปิด	จุดรับซื้อที่เปิด	โรงงานที่เปิด			
เล็ก	10	4	1	6	2	8.222354×10^4	8:23:52	Global Opt
	10	4	2	7	2	8.222354×10^4	9:39:15	Global Opt
	10	5	2	8	2	8.222354×10^4	7:53:21	Global Opt
	15	5	2	8	2	11.602214×10^4	21:41:59	Global Opt
	15	6	2	9	3	11.602214×10^4	25:15:48	Global Opt
	15	7	2	10	3	11.602214×10^4	24:44:27	Global Opt
	20	5	2	8	2	16.802813×10^4	48:32:50	Global Opt
	20	6	2	9	3	16.802813×10^4	56:43:12	Global Opt
	20	7	2	10	3	16.802813×10^4	45:55:34	Global Opt
	20	8	2	12	3	16.802813×10^4	52:12:29	Global Opt
กลาง	40	8	2	10	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	8	2	11	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	8	2	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	12	3	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	12	3	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	16	4	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	16	4	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	20	5	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-

ตารางที่ 4.2 ผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo กับกลุ่มปัญหาขนาดต่าง ๆ (ต่อ)

ขนาด กลุ่มปัญหา	จำนวน เกษตรกร	ยางพารา		ปาล์มน้ำมัน		คำตอบ	เวลา	สถานะ
		จุดรับซื้อที่เปิด	โรงงานที่เปิด	จุดรับซื้อที่เปิด	โรงงานที่เปิด			
กลาง (ต่อ)	40	20	6	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	22	6	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	40	24	6	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	60	20	5	24	6	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	60	24	6	28	7	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	60	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
ใหญ่	80	15	4	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	16	4	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	16	4	19	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	16	4	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	17	5	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	18	5	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	32	8	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	80	32	8	36	9	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	100	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	100	32	8	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-
	100	32	8	36	9	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	-

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับข้อมูลดังกล่าวภาคผนวก ก โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.1 ด้วยการทดสอบการตอบสนอง (Sensitivity Test) โดยทดสอบกับกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก มีเกษตรกรจำนวน 10-20 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 12 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 3 แห่ง รายละเอียดข้อมูลดังกล่าวภาคผนวก ก สำหรับผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Lingo V.11 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการตอบสนอง (Sensitivity Test) กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการที่	สิ่งที่ควรจะเป็น	การทดสอบ	ผลการทดสอบ	บทสรุป
4.1	ผลลัพธ์ของเป้าหมายแปรเปลี่ยนไปตามระยะทาง	สลับตำแหน่งของตำบล	- สมการเป้าหมายไม่เปลี่ยนแปลง - ตำแหน่งของจุดรับซื้อและโรงงานเปลี่ยนแปลง	เป็นไปตามสมมติฐาน
4.1	ผลลัพธ์ของเป้าหมายแปรเปลี่ยนไปตามพื้นที่ปลูกพืช	เปลี่ยนขนาดพื้นที่ปลูกพืช	- พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น สมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น - พื้นที่เพาะปลูกลดลง สมการเป้าหมายลดลง - ตำแหน่งของจุดรับซื้อและโรงงานเปลี่ยนแปลง	เป็นไปตามสมมติฐาน
4.1	ผลลัพธ์ของเป้าหมายแปรเปลี่ยนไปตามอัตราผลผลิต	เปลี่ยนขนาดอัตราผลผลิต	- อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น สมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น - อัตราผลผลิตลดลง สมการเป้าหมายลดลง - ตำแหน่งของจุดรับซื้อและโรงงานเปลี่ยนแปลง	เป็นไปตามสมมติฐาน
(4.1)	ผลลัพธ์ของเป้าหมายแปรเปลี่ยนไปตามราคาผลผลิต	เปลี่ยนแปลงราคาผลผลิต	- ราคาผลผลิตเพิ่มขึ้น สมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น - ราคาผลผลิตลดลง สมการเป้าหมายลดลง - ตำแหน่งของจุดรับซื้อและโรงงานเปลี่ยนแปลง	เป็นไปตามสมมติฐาน

ผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Lingo และผลทดสอบการตอบสนอง (Sensitivity Test) พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ สามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบได้ แต่จากการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Lingo พบว่า ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้น

มีข้อจำกัดด้านเวลา ซึ่งเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น กล่าวคือ ยิ่งเพิ่มขนาดข้อมูลเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบก็จะยิ่งนานมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้การหาคำตอบมีความเป็นไปได้และใช้เวลาน้อยลง จึงควรนำวิธีการเมตาฮีริสติกมาใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งจะกล่าวไว้ในบทต่อไป

บทที่ 5

การแก้ปัญหาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

ในการหาคำตอบปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 พบว่าในการประมวลผลเพื่อหาค่าของคำตอบนั้นโปรแกรมสำเร็จรูปจะใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบนานมาก เนื่องจากเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ และโปรแกรมสำเร็จรูปไม่สามารถหาค่าของคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimal) ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบอัลกอริทึมด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างขึ้นมาเพื่อใช้ในการหาคำตอบ โดยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นจำเป็นต้องมีการวัดประสิทธิภาพของคำตอบ โดยการเปรียบเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป Lingo V.11 เพื่อยืนยันประสิทธิภาพอัลกอริทึมของวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างที่ได้ออกแบบไว้

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการวัดประสิทธิภาพของคำตอบ โดยการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นกับปัญหากรณีศึกษา ซึ่งแบ่งขนาดปัญหาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปัญหาขนาดเล็ก มีเกษตรกรจำนวน 10-20 ราย จดรับซื้อไม่เกิน 12 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 3 แห่ง กลุ่มที่ 2 ปัญหาขนาดกลาง มีเกษตรกรจำนวน 40-60 ราย จดรับซื้อไม่เกิน 32 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 8 แห่ง และกลุ่มที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีเกษตรกรจำนวน 80-100 ราย จดรับซื้อไม่เกิน 36 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 9 แห่ง ซึ่งมีทั้งหมด 36 ปัญหาย่อย

5.1 การแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

การแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช ด้วยการวางแผนการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในระดับตำบล และหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปในพื้นที่ภาคใต้ โดยการออกแบบอัลกอริทึมด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง เนื่องจากเป็นวิธีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการมอบหมายงาน และปัญหาการหาสถานที่ตั้งและการจัดสรรงานอย่างแพร่หลาย

วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution; DE) เป็นวิธีการที่สามารถหาค่าของคำตอบที่ดีและเวลาในการหาคำตอบที่เหมาะสม และเป็นวิธีที่นักวิจัยกำลังให้ความสนใจเป็นอย่างมาก โดยในกระบวนการนำวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ ได้นำโปรแกรม Visual Studio 2017 มาใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมและประมวลผลของคำตอบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการหาคำตอบกับปัญหากรณีศึกษาขนาดต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล Inter (R) Core (TM) i3-3240 CPU 3.40 GHz หน่วยความจำ 4 GB

กระบวนการของวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างมีขั้นตอนหลักโดยทั่วไป ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.3 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ (mutation) ด้วยสมการที่ 5.1

$$V_{i,j,G} = X_{r1,j,G} + F(X_{r2,j,G} - X_{r3,j,G}) \quad (5.1)$$

เมื่อ i คือ ลำดับแต่ละเวกเตอร์ของ NP, j คือ พิกัดของแต่ละเวกเตอร์ (vector dimension), G คือ รอบในการวนซ้ำ เช่น รอบที่ 1, 2 หรือ 3 เป็นต้น และ r_1 , r_2 และ r_3 คือ เวกเตอร์ที่ทำการสุ่มเลือกมา 3 เวกเตอร์ F คือ แฟคเตอร์ในการขยายผลต่าง (scaling factor) $V_{i,j,G}$ คือ มิวแทนต์เวกเตอร์สำหรับเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G และ $X_{r1,j,G}$ คือ เวกเตอร์เป้าหมายที่ r_1 ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่สุ่มเป็นลำดับแรก ในพิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G ส่วน $X_{r2,j,G}$ และ $X_{r3,j,G}$ เป็นเวกเตอร์เป้าหมายที่สุ่มเป็นลำดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังนั้นค่ามิวแทนต์เวกเตอร์ของเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G จะมีค่าเท่ากับ ค่าในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ r_1 พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G รวมกับ ผลต่างของค่าในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ r_2 และ r_3 คูณกับค่าแฟคเตอร์การขยายผลต่าง F เรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยวิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ (recombination) ด้วยสมการที่ 5.2

$$U_{i,j,G} = \begin{cases} V_{i,j,G} & \text{if } \text{rand}_{ij} \leq CR \text{ or } j = \text{lrnd} \\ X_{i,j,G} & \text{if } \text{rand}_{ij} > CR \text{ or } j \neq \text{lrnd} \end{cases} \quad (5.2)$$

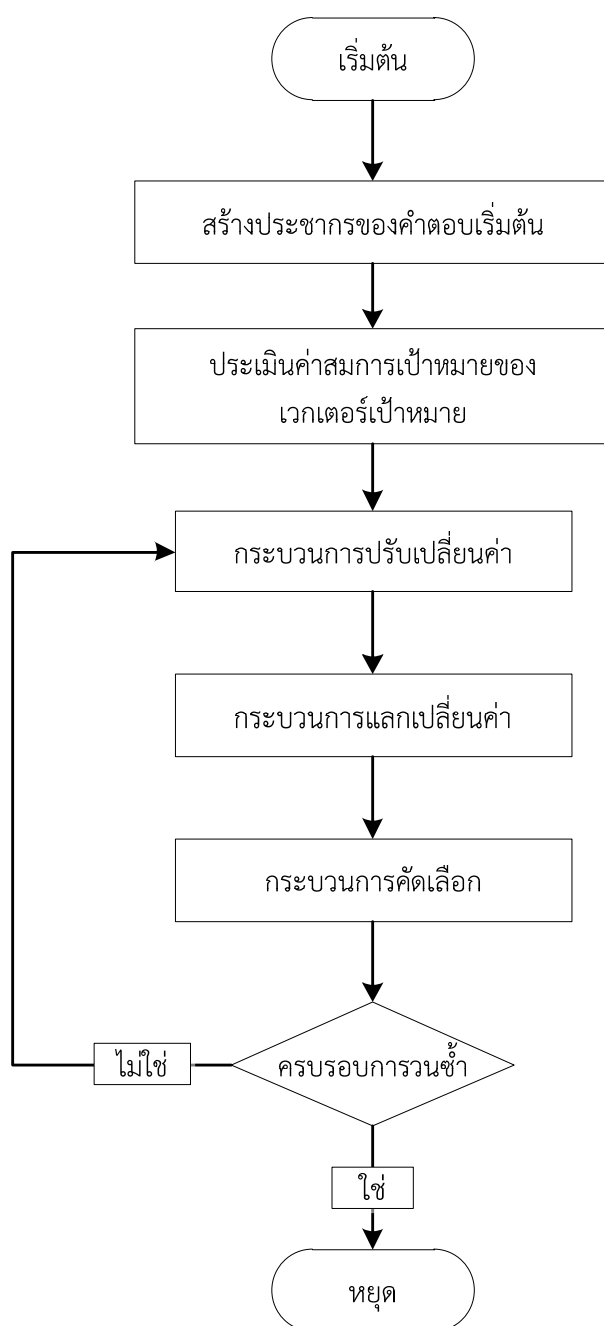
เมื่อ $U_{i,j,G}$ คือ ไทรอัลเวกเตอร์ของเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G rand_{ij} คือ เลขสุ่มจำนวนจริงที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ ของเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ค่า CR คือ อัตราการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัด (crossover rate) j คือ ตำแหน่งพิกัดของเวกเตอร์ที่ i และ lrnd คือ เลขจำนวนเต็มสุ่มของเวกเตอร์ที่ i ที่มีค่าตั้งแต่ $[1, n]$ เมื่อ n คือ ขนาดของเวกเตอร์ ดังนั้นค่า $U_{i,j,G}$ ไทรอัลเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j ในรอบการวนซ้ำที่ G จะมีค่าเท่ากับ $V_{i,j,G}$ มิวแทนต์เวกเตอร์ หากเลขสุ่มของเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า CR หรือเมื่อเลขสุ่ม lrnd เท่ากับตำแหน่งพิกัด j และจะมีค่าเท่ากับ $X_{i,j,G}$ เวกเตอร์เป้าหมาย หากเลขสุ่มของเวกเตอร์ที่ i พิกัดของเวกเตอร์ที่ j มีค่ามากกว่าค่า CR หรือเมื่อเลขสุ่ม lrnd ไม่เท่ากับตำแหน่งพิกัด j

ขั้นตอนที่ 3.3 เลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป โดยการคัดเลือกเวกเตอร์ (selection) ด้วยสมการที่ 5.3

$$X_{i,j,G+1} = \begin{cases} U_{i,j,G} & \text{if } (U_{i,j,G}) \geq f(X_{i,j,G}) \\ X_{i,j,G} & \text{if otherwise} \end{cases} \quad (5.3)$$

เมื่อ $X_{ij,G+1}$ คือ เวกเตอร์เป้าหมายที่ i พิกัดที่ j ในรอบที่ $G+1$ จะมีค่าเท่ากับ เวกเตอร์ที่มีค่าฟิตเนสฟังก์ชันดีกว่ระหว่างค่าของเวกเตอร์เป้าหมายและค่าของไทรอัลเวกเตอร์ในรอบที่ G

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ ซึ่งสามารถอธิบายการออกแบบกระบวนการประยุกต์ใช้วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างได้ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 กระบวนการวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

จากกระบวนการวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ดังภาพที่ 5.1 นั้น เริ่มต้นจากการออกแบบเวกเตอร์เริ่มต้น และนำเวกเตอร์ที่ออกแบบไปผ่านกระบวนการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ กระบวนการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ และกระบวนการคัดเลือกเวกเตอร์ ซึ่งสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนกับปัญหาตัวอย่าง จำนวน 13 ตำบล โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 5.1-5.3

ตารางที่ 5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาตัวอย่าง

พารามิเตอร์	หน่วย	ชนิดพืช	
		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
c_l^1	บาท/กิโลกรัม	30	3
F_{jl}^1	บาท/แห่ง	1,000	1,500
F_{kl}^2	บาท/แห่ง	1,500	2,000
G_{ijl}^1	บาท/กิโลเมตร	4	6.5
G_{jkl}^2	บาท/กิโลเมตร	6.5	9
Z_l^1	ตัน	5	10
Z_l^2	ตัน	10	25
$S_{min\ l}$	ตัน	10	100
$S_{max\ l}$	ตัน	50	500
$T_{min\ l}$	ตัน	50	500
$T_{max\ l}$	ตัน	500	5,000
B_{kl}	บาท/หน่วย	0.05	0.025

ตารางที่ 5.2 ปริมาณผลผลิต ราคาที่จู้ดรับซื้อ และหน้าโรงงาน ในตำบลตัวอย่าง 13 ตำบล

ตำบลที่	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		ราคาขายที่จู้ดรับซื้อ (บาท/กิโลกรัม)		ราคาหน้าโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)	
	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1	8.51	77.43	43.91	4	44.91	4.5
2	6.55	59.93	43.9	4	44.9	4.5
3	9.24	83.07	44.08	4	45.08	4.5
4	14.68	132.17	43.92	4	44.92	4.5
5	11.78	106.88	43.91	4	44.91	4.5
6	7.00	67.45	44.76	4.04	45.76	4.54
7	6.69	37.03	40.78	4.08	41.78	4.58
8	5.93	54.16	43.89	4.02	44.89	4.52
9	12.81	117.17	44.34	4.72	45.34	5.32

ตารางที่ 5.2 ปริมาณผลผลิต ราคาที่จู้ดรับซื้อ และหน้าโรงงาน ในตำบลตัวอย่าง 13 ตำบล (ต่อ)

ตำบลที่	ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		ราคาขายที่จู้ดรับซื้อ (บาท/กิโลกรัม)		ราคาหน้าโรงงาน (บาท/กิโลกรัม)	
	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
10	7.84	70.55	40.96	4	41.96	4.5
11	13.31	122.44	43.93	4	44.93	4.5
12	9.95	90.61	44.07	4	45.07	4.5
13	13.13	118.34	44.33	4.04	45.33	4.54

ตารางที่ 5.3 ระยะทางระหว่างตำบลตัวอย่าง 13 ตำบล

ระยะทาง (กิโลเมตร)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	11.84	16.42	11.6	12.05	15.39	14.65	18.55	9.94	15.93	17.42	11.61	9.3
2	11.84	0	27.89	8.59	16.88	4.12	11.3	7.8	20.01	8.75	16.03	21.13	5.59
3	16.42	27.89	0	24.19	17	30.9	29.98	33.45	15.24	29.14	25.59	9.14	25.64
4	11.6	8.59	24.19	0	9.43	8.72	19.01	9.86	21.54	4.96	7.65	15.78	12.2
5	12.05	16.88	17	9.43	0	18.02	25.03	19.24	20.47	13.81	8.59	7.86	18.3
6	15.39	4.12	30.9	8.72	18.02	0	14.56	3.71	24.03	6.51	15.08	23.45	9.63
7	14.65	11.3	29.98	19.01	25.03	14.56	0	18.02	16.85	20.05	26.67	26.26	6.92
8	18.55	7.8	33.45	9.86	19.24	3.71	18.02	0	27.54	5.82	14.59	25.48	13.33
9	9.94	20.01	15.24	21.54	20.47	24.03	16.85	27.54	0	25.69	27.11	16.32	15.35
10	15.93	8.75	29.14	4.96	13.81	6.51	20.05	5.82	25.69	0	8.85	20.65	13.89
11	17.42	16.03	25.59	7.65	8.59	15.08	26.67	14.59	27.11	8.85	0	16.45	19.83
12	11.61	21.13	9.14	15.78	7.86	23.45	26.26	25.48	16.32	20.65	16.45	0	20.46
13	9.3	5.59	25.64	12.2	18.3	9.63	6.92	13.33	15.35	13.89	19.83	20.46	0

5.1.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น (Generate initial solution)

การสร้างคำตอบเริ่มต้นของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างของงานวิจัยนี้ จะทำการวางแผนการปลูกพืชของเกษตรกรในระดับตำบล ซึ่งมีพืชเศรษฐกิจ 2 ชนิด คือ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน และเป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้นโดยเริ่มจากการออกแบบเวกเตอร์ที่เรียกว่า เวกเตอร์เป้าหมาย (target vector) โดยจะต้องทำการออกแบบเวกเตอร์และให้รหัสเวกเตอร์ (vector encoding) ซึ่งเป็นตัวแปรแบบไบนารี จากนั้นทำการถอดรหัสเวกเตอร์ (vector decoding) เพื่อให้ได้คำตอบเริ่มต้นที่ต้องการ

5.1.1.1 การให้รหัสเวกเตอร์ (vector encoding)

ลำดับแรกจะต้องกำหนดขนาดพิกัดของเวกเตอร์เริ่มต้น (D) ให้มีขนาดเท่ากับจำนวนของเกษตรกร (n) แต่ในงานวิจัยนี้มีการแบ่งกลุ่มการปลูกพืชให้กับเกษตรกร ดังนั้น จำนวนพิกัดของเวกเตอร์ในการสร้างคำตอบจะมีค่า $D = n+1$ โดยให้เวกเตอร์ 0 เป็นตัวแบ่งกลุ่มชนิดพืชที่ปลูก ทำการสุ่มตัวเลข (0,1) ให้กับแต่ละตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายเริ่มต้น ตัวอย่างเช่น

การแบ่งกลุ่มการปลูกพืชให้กับเกษตรกรในระดับตำบลจำนวน 13 ราย ดังนั้นจะมีพิกัดเวกเตอร์จำนวน 14 ค่า และกำหนดจำนวนประชากรในการสร้างคำตอบ (NP) เท่ากับ 5 ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตัวเลขสุ่มแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายในการสร้างคำตอบเริ่มต้น

เวกเตอร์ ที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.50	0.54	0.22	0.33	0.70	0.09	0.54	0.40	0.30	0.94	0.06	0.84	0.21	0.26
2	0.65	0.15	0.29	0.68	0.94	0.68	0.35	0.07	0.24	0.11	0.62	0.32	0.66	0.81
3	0.40	0.30	0.95	0.30	0.30	1.00	0.04	0.50	0.51	0.52	0.97	0.81	0.30	0.77
4	0.46	0.11	0.18	0.20	0.64	0.59	0.42	0.56	0.30	0.80	0.64	0.82	0.92	0.50
5	0.74	0.71	0.65	0.44	0.73	0.94	0.83	0.69	0.31	0.87	0.80	0.19	0.75	0.98

5.1.1.2 การถอดรหัสเวกเตอร์ (vector decoding)

ขั้นตอนที่ 1 ในการถอดรหัสเวกเตอร์เริ่มจากการเรียงลำดับตัวเลขสุ่มจากตารางที่ 5.4 ในแต่ละ NP โดยเรียงจากน้อยไปหามาก ดังตารางที่ 5.5 ทำการเรียงลำดับเกษตรกรแต่ละตำบลของเวกเตอร์เป้าหมายที่ NP 1

ตารางที่ 5.5 เรียงลำดับเวกเตอร์เป้าหมายของ NP 1 จากน้อยไปหามาก

เวกเตอร์เป้าหมายของ NP 1														
Target Vector ที่ NP 1 เดิม														
ตำบล	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
เลขสุ่ม	0.5	0.54	0.22	0.33	0.7	0.09	0.54	0.4	0.3	0.94	0.06	0.84	0.21	0.26
Target Vector ที่ NP 1 ใหม่														
ตำบล	10	5	12	2	13	8	3	7	0	1	6	4	11	9
เลขสุ่ม	0.06	0.09	0.21	0.22	0.26	0.3	0.33	0.4	0.5	0.54	0.54	0.7	0.84	0.94

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

เกษตรกรกลุ่มที่ 1 ปลูกยางพารา									
10	5	12	2	13	8	3	7		
เกษตรกรกลุ่มที่ 2 ปลูกปาล์มน้ำมัน									
1	6	4	11	9					

ขั้นตอนที่ 3 จัดกลุ่มเกษตรกรแต่ละตำบลเพื่อกำหนดเป็นจุดรับซื้อ โดยเริ่มต้นที่การสร้างกลุ่มเกษตรกรที่จะส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อ ซึ่งจะต้องมีผลรวมมากกว่าปริมาณขั้นต่ำ และไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถเปิดเป็นจุดรับซื้อได้ และกำหนดให้ตำบลแรกที่ทำการจัดกลุ่มเป็นที่ตั้งของจุดรับซื้อ

กลุ่มจุดรับซื้ออย่างพารา

กลุ่มที่ 1

ตำบลที่	10
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของจุดรับซื้อ คือ 10 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา คือ 7.84 ตัน ซึ่งไม่ถึงปริมาณขั้นต่ำ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	10	5
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน	11.78 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 19.62 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	10	5	12
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน	11.78 ตัน	9.95 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 29.57 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	10	5	12	2
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน	11.78 ตัน	9.95 ตัน	6.55 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 36.12 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	10	5	12	2	13
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน	11.78 ตัน	9.95 ตัน	6.55 ตัน	13.13 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 49.25 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	10	5	12	2	13	8
ปริมาณผลผลิตพืช	7.84 ตัน	11.78 ตัน	9.95 ตัน	6.55 ตัน	13.13 ตัน	5.93 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 55.18 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ปริมาณรวมเกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ คือ 50 ตัน จึงไม่สามารถรับซื้อผลผลิตจากตำบลที่ 8 ได้ ต้องเปิดจุดรับซื้อกลุ่มใหม่

กลุ่มที่ 2

ตำบลที่	8
ปริมาณผลผลิตพืช	5.93 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของจุดรับซื้อ คือ 10 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา คือ 5.93 ตัน ซึ่งไม่ถึงปริมาณขั้นต่ำ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	8	3
ปริมาณผลผลิตพืช	5.93 ตัน	9.24 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 15.17 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	8	3	7
ปริมาณผลผลิตพืช	5.93 ตัน	9.24 ตัน	6.69 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 21.86 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้

เมื่อจัดกลุ่มเกษตรกรที่ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้ออย่างพาราจนครบทุกราย และกำหนดให้ตำบลแรกของกลุ่มนั้นๆ เป็นที่ตั้งของจุดรับซื้ออย่างพาราแล้ว จากนั้นให้ทำการจัดกลุ่มเกษตรกรที่ส่งผลผลิตไปยังจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน โดยทำการจัดกลุ่มเช่นเดียวกับการจัดกลุ่มจุดรับซื้ออย่างพารา จะได้ดังนี้

กลุ่มจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน

กลุ่มที่ 1

ตำบลที่	1
ปริมาณผลผลิตพืช	77.43 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของจุดรับซื้อ คือ 100 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา คือ 77.43 ตัน ซึ่งไม่ถึงปริมาณขั้นต่ำ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	1	6
ปริมาณผลผลิตพืช	77.43 ตัน	67.45 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 144.88 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	1	6	4
ปริมาณผลผลิตพืช	77.43 ตัน	67.45 ตัน	132.17 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 277.05 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	1	6	4	11
ปริมาณผลผลิตพืช	77.43 ตัน	67.45 ตัน	132.17 ตัน	122.44 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 399.49 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้ากลุ่ม

ตำบลที่	1	6	4	11	9
ปริมาณผลผลิตพืช	77.43 ตัน	67.45 ตัน	132.17 ตัน	122.44 ตัน	117.17 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 516.66 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ปริมาณรวมเกินปริมาณสูงสุดที่สามารถรับซื้อได้ จึงไม่สามารถรับซื้อผลผลิตจากตำบลที่ 9 ได้ ต้องเปิดจุดรับซื้อกลุ่มใหม่

กลุ่มที่ 2

ตำบลที่	9
ปริมาณผลผลิตพืช	117.17 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของจุดรับซื้อ คือ 100 ตัน แต่ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของจุดรับซื้อ คือ 117.17 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถเปิดเป็นจุดรับซื้อได้ เมื่อจัดกลุ่มเกษตรกรที่ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันจนครบทุกรายและกำหนดให้ตำบลแรกของกลุ่มนั้นๆ เป็นที่ตั้งของจุดรับซื้อปาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนที่ 4 จัดกลุ่มจุดรับซื้อแต่ละตำบลเพื่อกำหนดเป็นโรงงานแปรรูป โดยเริ่มต้นที่การสร้างกลุ่มจุดรับซื้อที่จะส่งผลผลิตพืชไปยังโรงงานแปรรูป ซึ่งจะต้องมีผลรวมมากกว่าปริมาณขั้นต่ำและไม่เกินปริมาณสูงสุดที่สามารถเปิดเป็นโรงงานแปรรูปได้ และกำหนดให้ตำบลแรกที่ทำจัดกลุ่มจุดรับซื้อเป็นโรงงานแปรรูป

โรงงานแปรรูปยางพารา

โรงที่ 1

จุดรับซื้อตำบลที่	10
ปริมาณผลผลิตพืช	49.25 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของโรงงาน คือ 50 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา คือ 49.25 ตัน ซึ่งไม่ถึงปริมาณขั้นต่ำ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้าโรงงาน

จุดรับซื้อตำบลที่	10	8
ปริมาณผลผลิตพืช	49.25 ตัน	21.86 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 71.11 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ และไม่เกินปริมาณสูงสุดที่ 500 ตัน สามารถเปิดเป็นโรงงานได้

เมื่อจัดกลุ่มจุดรับซื้อที่ส่งผลผลิตพืชไปยังโรงงานแปรรูปยางพาราจนครบทุกรายแล้ว จากนั้นให้ทำการจัดกลุ่มจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันเพื่อเปิดเป็นโรงงานแปรรูป ทำเช่นเดียวกับการจัดกลุ่มโรงงานแปรรูปยางพารา

โรงงานแปรรูปปาล์มน้ำมัน

โรงที่ 1

จุดรับซื้อตำบลที่	1
ปริมาณผลผลิตพืช	399.49 ตัน

ปริมาณรับซื้อผลผลิตพืชขั้นต่ำของโรงงาน คือ 500 ตัน แต่ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา คือ 399.49 ตัน ซึ่งไม่ถึงปริมาณขั้นต่ำ จึงต้องมีการรับซื้อผลผลิตเพิ่มเข้าโรงงาน

จุดรับซื้อตำบลที่	1	9
ปริมาณผลผลิตพืช	399.49 ตัน	117.17 ตัน

ปริมาณผลผลิตพืชที่ถูกส่งมา รวม 516.66 ตัน ซึ่งเกินปริมาณขั้นต่ำ และไม่เกินปริมาณสูงสุดที่ 5,000 ตัน สามารถเปิดเป็นโรงงานได้

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณผลลัพธ์ของ Target Vector ที่ NP 1 ตามสมการเป้าหมาย (สมการที่ 4.1) และทำซ้ำขั้นตอนที่ 1-5 จนครบทุก NP ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการถอดรหัสเวกเตอร์ ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลลัพธ์จากการถอดรหัส Target Vector ที่ NP = 5

เวกเตอร์เป้าหมายที่	ชนิดพืช	โรงงานแปรรูป	จุดรับซื้อ	เกษตรกร	กำไร (บาท)
1	ยางพารา	10	10	10, 5, 12, 2, 13	102,069.32
			8	8, 3, 7	
	ปาล์มน้ำมัน	1	1	1, 6, 4, 11	
			9	9	
2	ยางพารา	7	7	7, 9, 1, 8, 2	102,726.26
			11	11, 6, 10	
	ปาล์มน้ำมัน	12	12	12, 3, 5, 13	
			4	4	
3	ยางพารา	6	6	6, 1, 3, 4, 12	101,936.47
	ปาล์มน้ำมัน	7	7	7, 8, 9, 13, 11	
			2	2, 10, 5	

ตารางที่ 5.6 ผลลัพธ์จากการถอดรหัส Target Vector ที่ NP = 5 (ต่อ)

เวกเตอร์เป้าหมายที่	ชนิดพืช	โรงงานแปรรูป	จุดรับซื้อ	เกษตรกร	กำไร (บาท)
4	ยางพารา	1	1	1, 2, 3, 8, 6	102,548.05
	ปาล์มน้ำมัน	13	13	13, 7, 5, 4, 10	
			9	9, 11, 12	
5	ยางพารา	11	11	11, 8, 3, 2, 7	102,022.16
	ปาล์มน้ำมัน	12	1	1, 4	
			12	12, 10, 6, 9, 5	
			13	13	

5.1.2 กระบวนการปรับเปลี่ยนค่า (Mutation process)

ทำการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายโดยการนำค่าแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายจากตารางที่ 5.1 ไปปรับเปลี่ยนค่าด้วยสมการที่ 5.1 โดยทำการสุ่มเลือกค่าแต่ละตำแหน่งในพิกัดของ r1, r2 และ r3 ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ตัวเลขสุ่มที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมาย

เวกเตอร์เป้าหมายที่	พิกัดของเวกเตอร์เป้าหมาย		
	r1	r2	r3
1	1	2	3
2	4	3	2
3	5	4	3
4	4	5	1
5	3	1	2

จากสมการที่ 5.1 เป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการกลายพันธุ์ของเวกเตอร์เป้าหมาย ซึ่งเมื่อเวกเตอร์เป้าหมายได้ผ่านขั้นตอนการกลายพันธุ์นี้แล้วจะทำให้เราได้ค่าของแต่ละตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายเกิดขึ้นใหม่ ซึ่งเรียกว่ามีวแทนต์เวกเตอร์ โดยที่มีวแทนต์เวกเตอร์นั้นจะเกิดจากการสุ่มค่าของเวกเตอร์ X_{r1} , X_{r2} , X_{r3} ที่อยู่ในพิกัดของเวกเตอร์แต่ละแถวแนวนอนเดียวกัน หลังจากนั้นก็จะแทนค่าในสมการที่ 5.1 สำหรับค่า F ซึ่งเป็นระดับปัจจัยที่ควบคุมระดับความแตกต่างของเวกเตอร์ระหว่าง X_{r2} , X_{r3} แล้วเพิ่มไปที่เวกเตอร์พื้นฐาน X_{r1} นั้น จะกำหนดค่า $F = 2$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์จากงานวิจัยของ Qin and et al. (2009) ได้คำตอบใหม่ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 มิวแทนต์เวกเตอร์ของเวกเตอร์เป้าหมาย

มิวแทนต์ เวกเตอร์ที่	เวกเตอร์เป้าหมาย													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.07	0.48	0.09	0.09	-0.58	-0.33	0.5	1.75	0.88	0.97	0.97	2.2	-0.24	-0.33
2	0.11	0.65	-0.54	0.22	1.19	-0.91	-0.6	0.64	0.69	-1.09	0.24	-0.06	1.05	0.57
3	0.15	0.27	1.53	2.19	-0.21	1.18	1.62	0.56	-1.02	1.71	0.74	0.59	-0.56	2.06
4	0.24	0.44	0.7	0.75	-0.04	1.45	0.16	0.82	1.73	1.24	0.85	1.36	-1.2	2.49
5	0.29	0.82	0.31	1.41	0.45	1.09	2.19	0.59	0.19	-0.21	2.3	0.09	0.04	0.62

5.1.3 กระบวนการแลกเปลี่ยนค่า (Recombination process)

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าจนหมดทุกค่าของเวกเตอร์เป้าหมาย ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการหาค่าไทรอัลเวกเตอร์จากกระบวนการแลกเปลี่ยนค่า ซึ่งเป็นขั้นตอนการผสมสายพันธุ์อันจะได้ทั้งสายพันธุ์ใหม่ของคำตอบที่ดีกว่าและแยกว่าออกมาอย่างหลากหลาย ค่าไทรอัลเวกเตอร์ ($U_{i,j,G+1}$) ได้มาจากสมการที่ 5.2 โดยทำการสุ่มตัวเลขจำนวนจริง $rand_{i,j}$ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังตารางที่ 5.9 แล้วเปรียบเทียบค่าของไทรอัลเวกเตอร์กับค่าของ CR (Crossover Rate) กำหนดค่า $CR = 0.8$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์จากงานวิจัยของ Qin and et al. (2009) และเปรียบเทียบทุกตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายของแต่ละเวกเตอร์ที่ i หากเปรียบเทียบแล้ว พบว่า ค่าของตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของ CR ให้เลือกตำแหน่งในพิกัดนั้นเป็นค่าของมิวแทนต์เวกเตอร์ แต่หากค่าของตัวเลขสุ่มมีค่ามากกว่าค่าของ CR ให้เลือกตำแหน่งในพิกัดนั้นเป็นค่าของเวกเตอร์เป้าหมาย ซึ่งตัวอย่างการแลกเปลี่ยนค่าแสดงดังตารางที่ 5.10 และผลที่ได้ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.9 ตัวเลขสุ่มที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

เวกเตอร์ที่	พิกัดของเวกเตอร์													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.40	0.45	0.44	0.02	0.33	0.60	0.95	0.36	0.47	0.25	0.83	0.65	0.65	0.98
2	0.30	0.93	0.30	0.88	0.95	0.97	0.00	0.85	0.30	0.60	0.95	0.61	0.61	0.29
3	0.95	1.00	0.19	0.36	0.97	0.66	0.34	0.33	0.29	0.53	0.89	0.82	0.82	0.96
4	0.30	0.94	1.96	0.65	0.19	0.95	0.49	0.04	0.04	0.78	0.84	0.51	0.51	0.30
5	0.30	0.17	0.97	0.87	0.56	0.67	0.92	0.97	0.58	0.56	0.92	0.83	0.83	0.18

ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนค่า

เวกเตอร์ที่	พิกัดของเวกเตอร์													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TV 1	0.50	0.54	0.22	0.33	0.70	0.09	0.54	0.40	0.30	0.94	0.06	0.84	0.21	0.26
MV 1	0.07	0.48	0.09	0.09	-0.58	-0.33	0.5	1.75	0.88	0.97	0.97	2.2	-0.24	-0.33
CR	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Rand 1	0.40	0.45	0.44	0.02	0.33	0.60	0.95	0.36	0.47	0.25	0.83	0.65	0.65	0.98
TrV 1	0.07	0.48	0.09	0.09	-0.58	-0.33	0.54	1.75	0.88	0.97	0.06	2.2	-0.24	0.26

ตารางที่ 5.11 ค่าไทรอัลเวกเตอร์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ไทรอัล เวกเตอร์ที่	พิกัดของเวกเตอร์													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.07	0.48	0.09	0.09	-0.58	-0.33	0.54	1.75	0.88	0.97	0.06	2.2	-0.24	0.26
2	0.11	0.15	-0.54	0.68	0.94	0.68	-0.6	0.07	0.69	-1.09	0.62	-0.06	1.05	0.57
3	0.40	0.30	1.53	2.19	0.30	1.18	1.62	0.56	-1.02	1.71	0.97	0.81	0.30	0.77
4	0.24	0.11	0.18	0.75	-0.04	0.59	0.16	0.82	1.73	1.24	0.64	1.36	-1.2	2.49
5	0.29	0.82	0.65	0.44	0.45	1.09	0.83	0.69	0.19	-0.21	0.80	0.19	0.75	0.62

เมื่อได้ค่าของไทรอัลเวกเตอร์ทุกค่าแล้ว ต้องทำการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จะได้ค่าดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ผลการปรับค่าไทรอัลเวกเตอร์ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1

เวกเตอร์ที่	พิกัดของเวกเตอร์													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0.19	0.78	0.30	0.30	0.42	0.12	0.06	0.63	0.45	0.19	0.07	0.62	0.44	0.94
2	0.31	0.89	0.64	0.04	0.98	0.31	0.73	0.63	0.09	0.54	0.33	0.08	0.49	0.27
3	0.44	0.21	0.44	0.13	0.51	0.64	0.02	0.83	0.95	0.12	0.78	0.63	0.34	0.03
4	0.65	0.94	0.81	0.83	0.38	0.52	0.72	0.18	0.69	0.35	0.34	0.72	0.84	0.29
5	0.69	0.86	0.38	0.32	0.79	0.73	0.67	0.14	0.10	0.52	0.62	0.31	0.82	0.39

ทำการถอดรหัสดังหัวข้อที่ 5.1.1.2 เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ผลการถอดรหัสไทรอัลเวกเตอร์

ไทรอัล เวกเตอร์ที่	ชนิดพืช	โรงงาน แปรรูป	จุดรับซื้อ	เกษตรกร	กำไร (บาท)
1	ยางพารา	12	12	12, 1, 10	102,652.37
			7	7, 11, 8	
	ปาล์มน้ำมัน	6	6	6, 5, 9, 3	
			4	4, 2, 13	
2	ยางพารา	7	7	7, 8, 11, 3, 10	102,700.59
			12	12, 5, 4	
	ปาล์มน้ำมัน	1	1	1, 13, 6	
			9	9, 2	
3	ยางพารา	10	10	10, 9, 3	102,407.03
	ปาล์มน้ำมัน	1	1	1, 8, 11, 6, 13, 4	
			7	7, 2, 12, 5	

ตารางที่ 5.13 ผลการถอดรหัสไทรอัลเวกเตอร์ (ต่อ)

ไทรอัล เวกเตอร์ที่	ชนิดพืช	โรงงาน แปรรูป	จุดรับซื้อ	เกษตรกร	กำไร (บาท)
4	ยางพารา	7	7	7, 9, 10, 6	121,648.35
	ปาล์มน้ำมัน	13	13	13, 5, 12, 2,	
			8	8, 4, 1, 11, 3	
5	ยางพารา	11	11	11, 7, 13, 4	102,332.23
			2	2, 6, 5	
	ปาล์มน้ำมัน	12	12	12, 1, 10	
			9	9, 8, 3	

5.1.4 กระบวนการคัดเลือก (Selection process)

ในกระบวนการคัดเลือกเป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการถอดรหัสไทรอัลเวกเตอร์ในตารางที่ 5.12 ไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการถอดรหัสเวกเตอร์เป้าหมายในตารางที่ 5.5 โดยในงานวิจัยนี้มีสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าไรที่สูงที่สุดในการวางแผนการเพาะปลูก หาดังจุดรับซื้อ และโรงงานแปรรูป ดังนั้นในกระบวนการคัดเลือกจะเลือกคำตอบที่ให้ค่าไรที่สูงที่สุดระหว่างไทรอัลเวกเตอร์กับเวกเตอร์เป้าหมาย และกำหนดให้เวกเตอร์ใหม่นี้เป็นเวกเตอร์เป้าหมายในรุ่นต่อไป ($G+1$) ดังสมการที่ 5.3 ซึ่งผลการคัดเลือกเวกเตอร์จากปัญหาตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ผลการคัดเลือกเวกเตอร์ระหว่างเวกเตอร์เป้าหมาย ($X_{ij,G}$) และไทรอัลเวกเตอร์ ($U_{ij,G}$)

เวกเตอร์ที่	$X_{ij,G}$	$U_{ij,G}$	$X_{ij,G+1}$
1	102,069.32	102,652.37	$U_{ij,G}$
2	102,726.26	102,700.59	$X_{ij,G}$
3	101,936.47	102,407.03	$U_{ij,G}$
4	102,548.05	101,648.35	$X_{ij,G}$
5	102,022.16	102,332.23	$U_{ij,G}$

5.2 การประเมินประสิทธิภาพวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเทียบกับโปรแกรม Lingo

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับข้อมูลการปลูกพืชในพื้นที่ภาคใต้ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.1 และทำการออกแบบขนาดปัญหาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปัญหาขนาดเล็ก มีเกษตรกรจำนวน 10-20 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 12 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 3 แห่ง กลุ่มที่ 2 ปัญหาขนาดกลาง มีเกษตรกรจำนวน 40-60 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 32 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 8 แห่ง และกลุ่มที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีเกษตรกรจำนวน 80-100 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 36 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 9 แห่ง ซึ่งมีทั้งหมด 36 ปัญหาย่อย

รายละเอียดข้อมูลดังภาคผนวก ก โดยใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 ในการออกแบบอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช และการหาทำเลที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง โดยกำหนดค่า $NP = 50$, $G = 10,000$, $F = 2$ และ $CR = 0.8$ เพื่อเทียบกับโปรแกรม Lingo V.11 ในการหาค่าของคำตอบ ผลที่ได้แสดงตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี DE เทียบกับโปรแกรม Lingo

ขนาด กลุ่ม ปัญหา	จำนวน เกษตรกร	ยางพารา		ปาล์มน้ำมัน		Lingo		DE		%Diff
		จุดรับซื้อ ที่เปิด	โรงงาน ที่เปิด	จุดรับซื้อ ที่เปิด	โรงงาน ที่เปิด	คำตอบ	เวลา	คำตอบ	เวลา	
เล็ก	10	4	1	6	2	8.222354×10^4	8:23:52	8.222354×10^4	00:00:13	0.00
	10	4	2	7	2	8.222354×10^4	9:39:15	8.222354×10^4	00:00:11	0.00
	10	5	2	8	2	8.222354×10^4	7:53:21	8.222354×10^4	00:00:18	0.00
	15	5	2	8	2	11.602214×10^4	21:41:59	11.602214×10^4	00:00:25	0.00
	15	6	2	9	3	11.602214×10^4	25:15:48	11.602214×10^4	00:00:26	0.00
	15	7	2	10	3	11.602214×10^4	24:44:27	11.602214×10^4	00:00:22	0.00
	20	5	2	8	2	16.802813×10^4	48:32:50	16.802813×10^4	00:00:23	0.00
	20	6	2	9	3	16.802813×10^4	56:43:12	16.802813×10^4	00:00:27	0.00
	20	7	2	10	3	16.802813×10^4	45:55:34	16.802813×10^4	00:00:25	0.00
	20	8	2	12	3	16.802813×10^4	52:12:29	16.802813×10^4	00:00:23	0.00
กลาง	40	8	2	10	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	8	2	11	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	8	2	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	12	3	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	12	3	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	16	4	12	3	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	16	4	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	20	5	16	4	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	20	6	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:32	-
	40	22	6	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:45	-
	40	24	6	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	27.649504×10^4	00:01:13	-

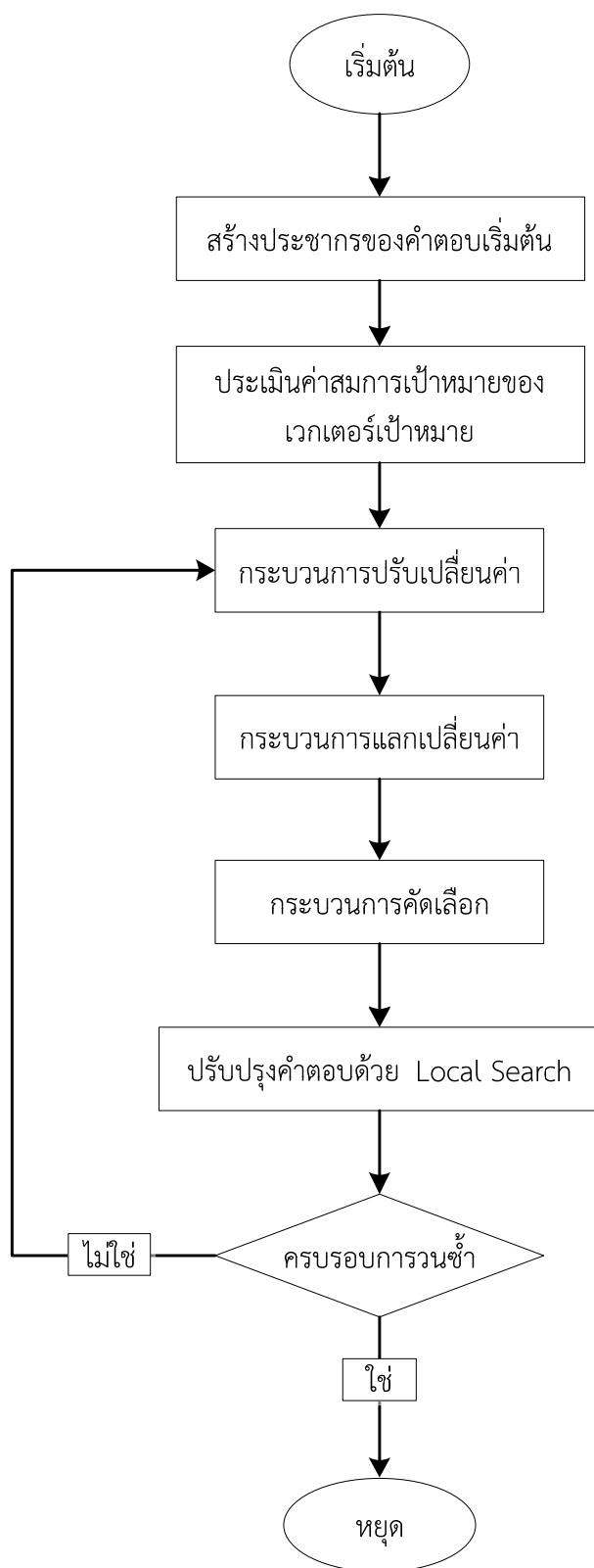
ตารางที่ 5.15 ผลการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี DE เทียบกับโปรแกรม Lingo (ต่อ)

ขนาด กลุ่ม ปัญหา	จำนวน เกษตรกร	ยางพารา		ปาล์มน้ำมัน		Lingo		DE		%Diff
		จุดรับซื้อ ที่เปิด	โรงงานที่ เปิด	จุดรับซื้อ ที่เปิด	โรงงาน ที่เปิด	คำตอบ	เวลา	คำตอบ	เวลา	คำตอบ
กลาง (ต่อ)	60	20	5	24	6	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	42.759264×10^4	00:03:38	-
	60	24	6	28	7	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	42.759264×10^4	00:02:44	-
	60	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	42.759264×10^4	00:04:19	-
ใหญ่	80	15	4	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:05:20	-
	80	16	4	18	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:04:46	-
	80	16	4	19	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:04:59	-
	80	16	4	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:05:11	-
	80	17	5	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:04:27	-
	80	18	5	20	5	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:04:46	-
	80	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:06:01	-
	80	32	8	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:05:56	-
	80	32	8	36	9	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	54.821181×10^4	00:05:02	-
	100	28	7	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	61.045045×10^4	00:08:24	-
	100	32	8	32	8	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	61.045045×10^4	00:09:38	-
	100	32	8	36	9	ไม่สามารถหาค่าได้	> 72 ชม.	61.045045×10^4	00:08:51	-

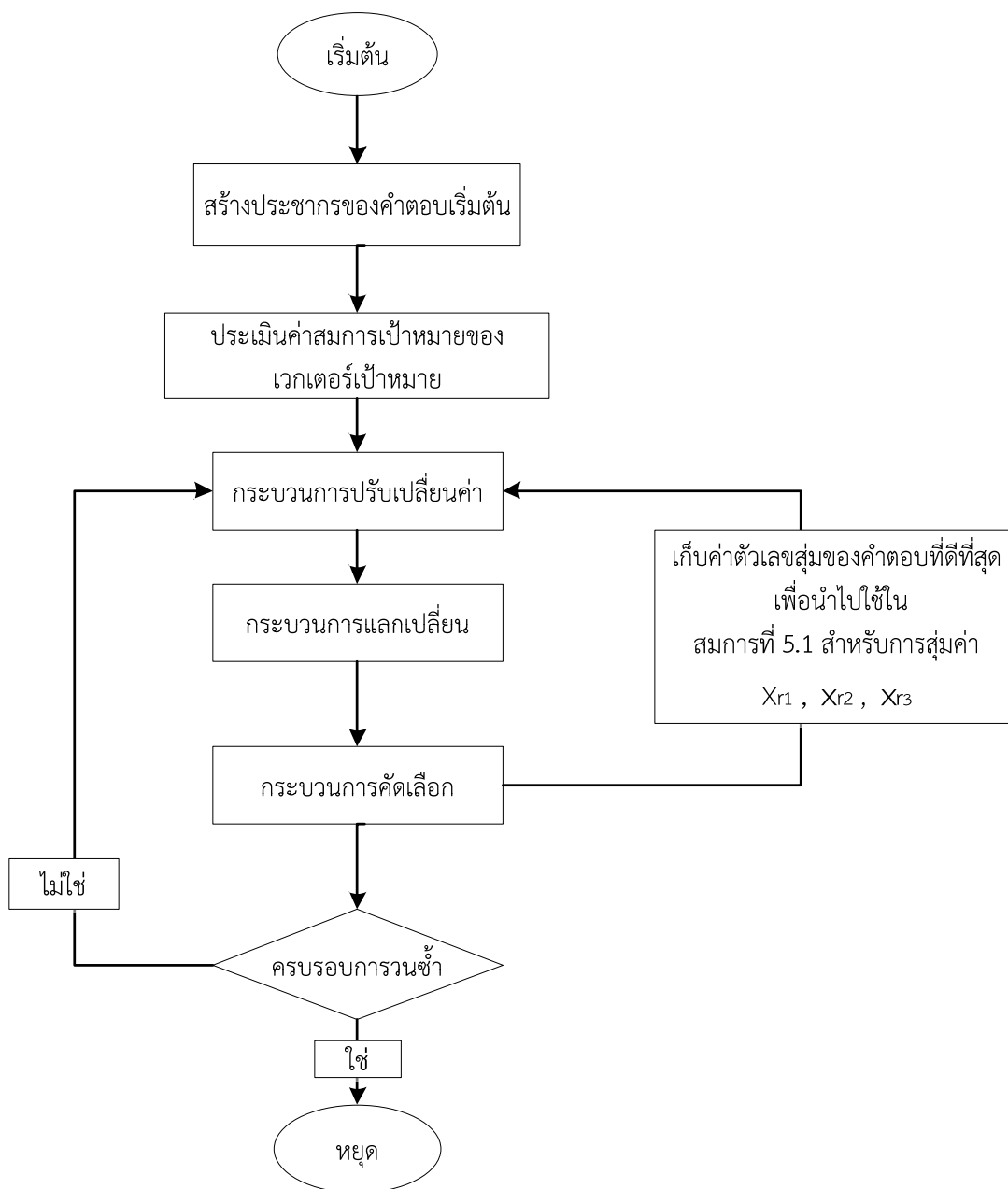
จากตารางที่ 5.15 พบว่าผลการหาคำตอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นด้วยวิธี DE สามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบได้โดยให้ผลลัพธ์ไม่ต่างกับโปรแกรม Lingo ในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก แต่วิธี DE ใช้เวลาในการหาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบน้อยกว่า และสามารถหาค่าของคำตอบได้ทุกขนาดปัญหา ในขณะที่โปรแกรม Lingo ไม่สามารถหาคำตอบได้ในกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางที่มีจำนวนเกษตรกรมากกว่า 40 รายที่ระยะเวลามากกว่า 72 ชั่วโมง รวมไปถึงปัญหาขนาดขนาดใหญ่ด้วย

5.3 การปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

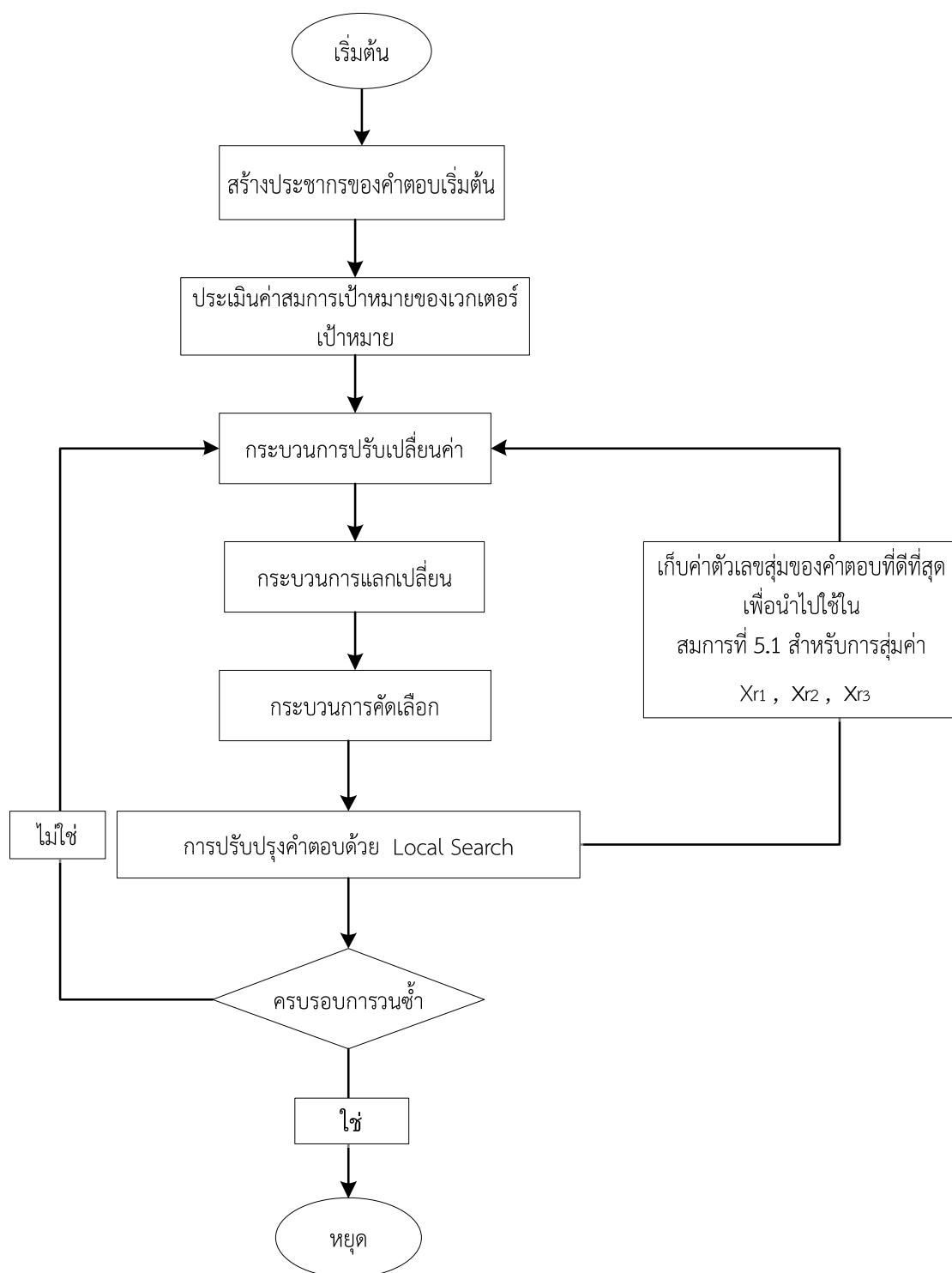
ในหัวข้อนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงอัลกอริทึมด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution: DE) ด้วยโปรแกรม Visual studio 2017 ทำการทดสอบกับปัญหาขนาดต่างๆ ของกรณีศึกษา โดยแบ่งวิธีการปรับปรุงอัลกอริทึมออกเป็น 3 วิธี คือ 1) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (DE with Local search) ซึ่งเพิ่มขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่เข้าไปหลังกระบวนการคัดเลือกโดยใช้อัลกอริทึมวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง (Insert algorithm) และวิธีการสลับตำแหน่ง (Swap algorithm) ซึ่งทั้ง 2 วิธีดัดแปลงมาจากวิธีของ Diaz and Fernandez (2001) ดังภาพที่ 5.2 2) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Random Best of DE) เป็นการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่า ดังภาพที่ 5.3 และ 3) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (Random Best of DE with Local search) ซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ดังภาพที่ 5.4 ทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับปรุงคำตอบให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 5.2 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่



ภาพที่ 5.3 วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุมที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง



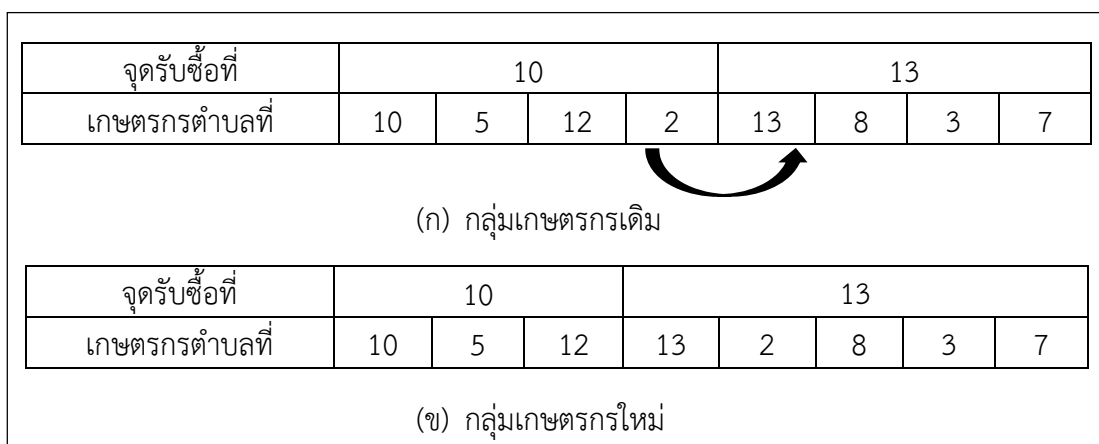
ภาพที่ 5.4 วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีพัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่

5.3.1 วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (DE with Local search)

เป็นการเพิ่มขั้นตอน Local search เข้าไปในกระบวนการ DE หลังขั้นตอนการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งมี 2 วิธี คือ

5.3.1.1 วิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง (Insert algorithm)

วิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งเกษตรกรที่ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อ เพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีขึ้น เช่น มอบหมายให้เกษตรกรตำบลที่ i ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ j แล้ว ในอัลกอริทึมจะทำการเปลี่ยนตำแหน่งเกษตรกรเพื่อส่งให้กับจุดรับซื้อใหม่ที่ทำให้กำไรรวมมากกว่าเดิม ตัวอย่างเช่น เกษตรกรตำบลที่ 2 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ 10 (กำไรรวม 240,000 บาท) อัลกอริทึมจะเปลี่ยนตำแหน่งของเกษตรกรตำบลที่ 2 ให้ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ 13 เนื่องจากจุดรับซื้อที่ 13 ให้กำไรรวมมากกว่า (กำไรรวม 270,000 บาท) อย่างไรก็ตามปริมาณรับซื้อของจุดรับซื้อที่ 13 ต้องเพียงพอที่จะรับซื้อผลผลิตพืชจากเกษตรกรตำบลที่ 2 ด้วยตัวอย่างของวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง ดังภาพที่ 5.5 (ก) กำหนดให้เกษตรกรมี 8 ตำบล ส่งผลผลิตพืชไปยังจุดรับซื้อ 2 แห่ง โดยเกษตรกรกลุ่มที่ 1 คือ ตำบลที่ 10, 5, 12 และ 2 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 10 และเกษตรกรกลุ่มที่ 2 คือ ตำบลที่ 13, 8, 3 และ 7 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 13 หลังจากใช้วิธีการเปลี่ยนตำแหน่งตามที่อธิบายข้างต้นแล้ว เกษตรกรตำบลที่ 2 จะเปลี่ยนไปส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ 13 แทนจุดรับซื้อที่ 10 ดังภาพที่ 5.5 (ข)

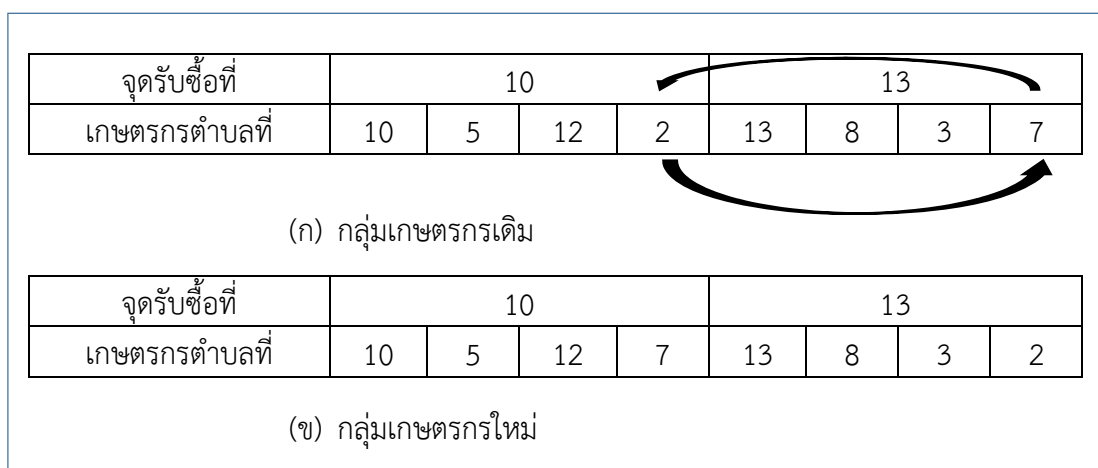


ภาพที่ 5.5 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง

5.3.1.2 วิธีการสลับตำแหน่ง (Swap algorithm)

วิธีการสลับตำแหน่ง เป็นการสลับตำแหน่งของเกษตรกรที่ส่งผลผลิตพืชให้กับแต่ละจุดรับซื้อ เพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีขึ้น เช่น มอบหมายให้เกษตรกรตำบลที่ i ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ j แล้ว ในอัลกอริทึมจะทำการสลับตำแหน่งของเกษตรกรระหว่างจุดรับซื้อ 2 แห่ง เพื่อให้กำไรรวมมากกว่าเดิม ตัวอย่างเช่น เกษตรกรตำบลที่ 2 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 10 และเกษตรกรตำบลที่ 7 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 13 (กำไรรวม 200,000 บาท) อัลกอริทึมจะสลับตำแหน่งของเกษตรกรตำบลที่ 2 กับ 7 ให้ส่งผลผลิตพืช

ไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 13 และ 10 ตามลำดับ เนื่องจากการสลับตำแหน่งนี้ทำให้กำไรรวมมากกว่าเดิม (กำไรรวม 210,000 บาท) อย่างไรก็ตามปริมาณรับซื้อของจุดรับซื้อที่ 10 และ 13 ต้องเพียงพอที่จะรับซื้อผลผลิตพืชจากตำบลที่ 2 กับ 7 ตามลำดับด้วย ตัวอย่างของวิธีการสลับตำแหน่ง ดังภาพที่ 5.6 (ก) กำหนดให้เกษตรกรมี 8 ตำบล ส่งผลผลิตพืชไปขายยังจุดรับซื้อ 2 แห่ง โดยเกษตรกรกลุ่มที่ 1 คือ ตำบลที่ 10, 5, 12, และ 2 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ 10 และเกษตรกรกลุ่มที่ 2 คือ ตำบลที่ 13, 8, 3 และ 7 ถูกกำหนดให้ส่งผลผลิตพืชให้กับจุดรับซื้อที่ 13 หลังจากใช้วิธีการสลับตำแหน่งตามที่อธิบายข้างต้นแล้ว เกษตรกรตำบลที่ 2 จะถูกสลับให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 13 และเกษตรกรตำบลที่ 7 จะถูกสลับให้ส่งผลผลิตพืชไปขายให้กับจุดรับซื้อที่ 10 ดังภาพที่ 5.6 (ข)



ภาพที่ 5.6 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการสลับตำแหน่ง

การเพิ่มกระบวนการ Local search เพื่อปรับปรุงคำตอบของวิธีการ DE สามารถแสดงเป็นขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.3 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 ปรับปรุงคำตอบด้วย Local Search

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

5.3.2 วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Random Best of DE)

เป็นการปรับปรุงวิธีการ DE ในขั้นตอน Mutation ด้วยวิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มจากตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุด (Random Best algorithm) หลังกระบวนการ selection สำหรับใช้ในการสุ่มค่า X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} ในการปรับเปลี่ยนค่าในแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป เพื่อเป็นการปรับปรุงคำตอบให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งหากพิจารณาวิธีการ DE จะพบว่าพฤติกรรมการค้นหาคำตอบเป็นแบบวงกว้าง (diversification) เดิมค่า X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} เป็นการสุ่มค่าของตัวเลขจากตำแหน่งในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีการปรับปรุงพื้นที่การค้นหาคำตอบให้แคบลง (intensification) โดยให้ทำการสุ่มตัวเลขจากค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดที่เก็บไว้แล้ว จำนวน m เวกเตอร์ หลังกระบวนการคัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายใหม่ในแต่ละรอบ ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.4 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ด้วยสมการที่ (5.1) ในรอบที่ 1

ด้วยสมการที่ (5.4) ในรอบที่ 2 เป็นต้นไป

$$V_{i,j,G+1} = X_{r1best,j,G} + F(X_{r2best,j,G} - X_{r3best,j,G}) \quad (5.4)$$

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

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 เก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดไว้จำนวน m เวกเตอร์

ตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 5.6 เมื่อพิจารณาเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ในรอบที่ 1 ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 เวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย

เวกเตอร์ที่	$X_{i,j,G}$
2	102,726.26
4	102,548.05
1	102,069.32
5	102,022.16
3	101,936.47

และจากตารางที่ 5.7 ค่าตัวเลขสุ่มที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าแต่ละพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ในรอบที่ 1 ดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

เวกเตอร์เป้าหมาย	r1	r2	r3
2	4	3	2
4	4	5	1
1	1	2	3
5	3	1	2
3	5	4	3

ซึ่งหากทำการเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดไว้จำนวน $m = 3$ เวกเตอร์ เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าในรอบที่ 2 เป็นต้นไป ด้วยสมการที่ 5.4 จะได้ดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 ค่าตัวเลขสุ่มเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด จำนวน $m = 3$ เวกเตอร์

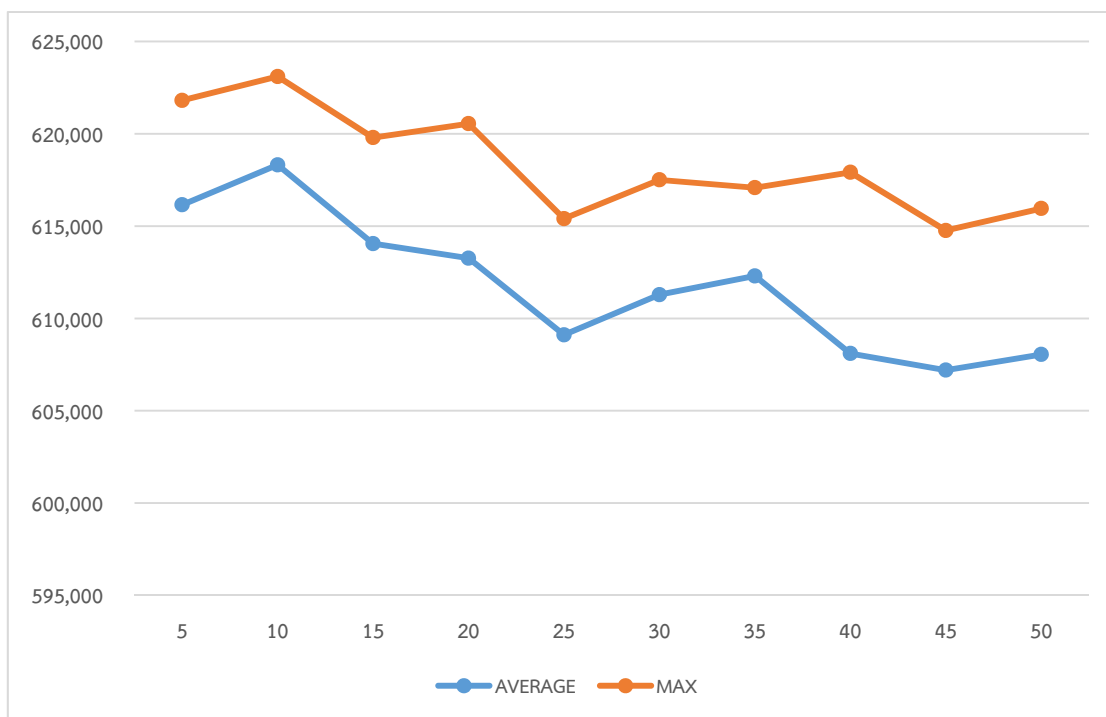
เวกเตอร์ที่	r1best	r2best	r3best
1	4	3	2
2	4	5	1
3	1	2	3

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการแลกเปลี่ยนค่า ในขั้นตอนการสุ่มค่า X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} ซึ่งได้ออกแบบจำนวนการเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดไว้จำนวน m เวกเตอร์ ออกเป็น 10 ขนาด คือ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 เวกเตอร์ และหาค่าของคำตอบโดยกำหนด $NP = 50$, $G = 10,000$, $F = 2$ และ $CR = 0.8$ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.1 ทดลองกับกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งมีจำนวนเกษตรกร = 100 ราย จุดรับซื้อไม่เกิน 36 แห่ง และส่งไปยังโรงงานไม่เกิน 9 แห่ง ซึ่งมีข้อมูลดังภาคผนวก ก ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 5.19 และภาพที่ 5.7

ตารางที่ 5.19 ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด

การทดลอง ที่	ขนาดของการเก็บค่าตัวเลขสุ่มจำนวน m เวกเตอร์									
	m = 5	m = 10	m = 15	m = 20	m = 25	m = 30	m = 35	m = 40	m = 45	m = 50
1	616,337.69	622,342.33	619,001.25	608,563.31	607,706.01	606,945.63	605,516.87	607,029.08	607,144.09	605,889.74
2	617,245.44	620,400.19	608,861.28	608,667.63	614,482.45	616,087.59	613,175.63	613,589.34	611,101.18	610,244.81
3	610,532.89	608,408.86	619,039.54	617,648.12	612,886.19	612,731.78	615,522.77	606,946.58	614,759.98	615,952.89
4	620,283.67	623,098.96	608,195.89	610,778.86	613,866.88	606,734.65	617,081.23	611,306.33	604,033.53	605,643.32
5	611,186.56	621,470.09	617,364.29	611,065.88	608,574.77	612,994.19	616,971.08	605,588.61	601,025.72	609,054.09
6	621,810.89	608,854.72	611,921.15	618,275.74	603,440.42	617,505.72	616,459.85	617,914.27	604,582.79	600,973.82
7	620,662.91	617,851.04	606,809.34	612,002.80	601,191.04	615,149.46	605,792.99	604,901.74	610,425.15	608,102.79
8	620,447.05	620,111.81	619,792.59	618,655.84	609,200.39	604,357.92	614,138.30	608,936.73	602,882.85	604,694.91
9	607,286.96	619,486.10	615,393.31	620,548.09	604,330.12	610,920.71	605,535.39	601,580.75	607,754.96	605,849.86
10	615,718.13	621,142.80	614,123.03	606,410.47	615,404.02	609,442.66	612,821.96	603,208.77	608,266.13	614,097.88
AVERAGE	616,151.22	618,316.69	614,050.17	613,261.67	609,108.23	611,287.03	612,301.61	608,100.22	607,197.64	608,050.41
MAX	621,810.89	623,098.96	619,792.59	620,548.09	615,404.02	617,505.72	617,081.23	617,914.27	614,759.98	615,952.89



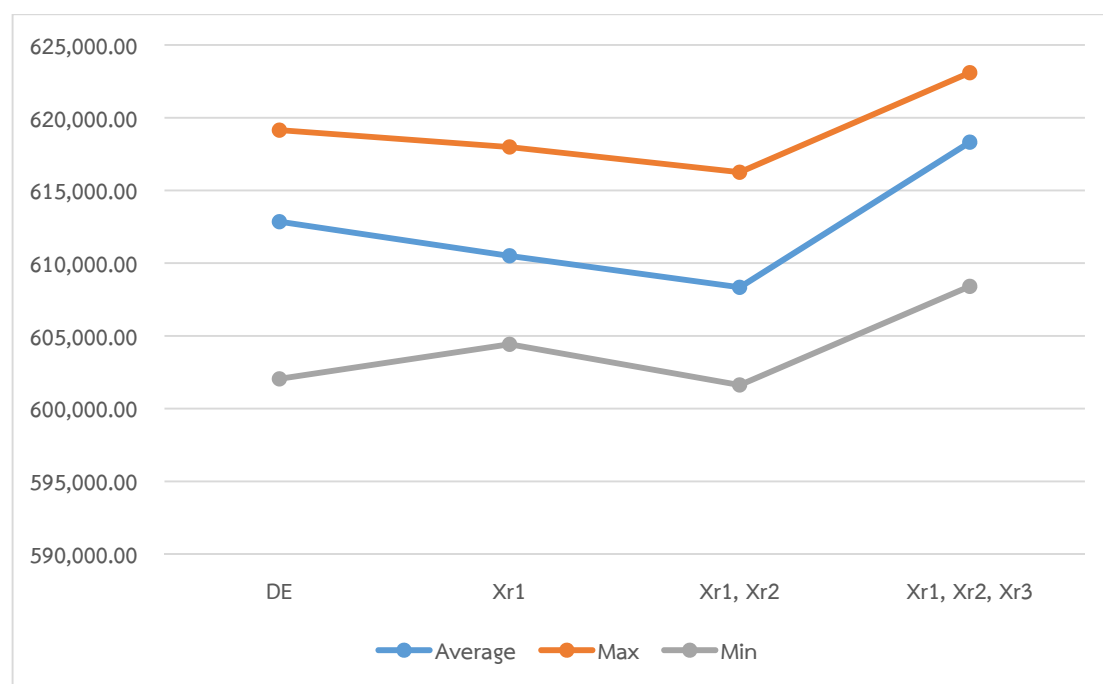
ภาพที่ 5.7 ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนค่า

จากผลการทดลองพบว่า การเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดไว้จำนวน 10 เวกเตอร์ จะให้ค่าผลลัพธ์ของสมการเป้าหมายโดยเฉลี่ยดีขึ้นกว่าขนาดอื่น ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนค่าไว้จำนวน $m = 10$ เวกเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการสุ่มค่า X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3}

จากนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบว่าค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้จำนวน $m = 10$ เวกเตอร์ เหมาะสำหรับค่าสุ่ม X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} ทั้ง 3 ค่าหรือไม่ โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 รูปแบบ คือ กรณีที่ 1 ใช้สำหรับการสุ่มค่า X_{r1} เพียงค่าเดียว กรณีที่ 2 ใช้สำหรับการสุ่มค่า X_{r1} และ X_{r2} และกรณีที่ 3 ใช้สำหรับการสุ่มทั้ง 3 ค่า คือ X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} เพื่อเทียบกับค่าที่ได้จาก DE แบบทั่วไป ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.20 และภาพที่ 5.8

ตารางที่ 5.20 ผลการทดลองเพื่อทดสอบค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดที่เก็บไว้สำหรับค่าสุ่ม X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3}

การทดลอง ที่	DE	วิธีการสุ่มค่า		
		X_{r1}	X_{r1}, X_{r2}	X_{r1}, X_{r2}, X_{r3}
1	617,108.22	609,228.55	606,035.05	622,342.33
2	617,701.25	605,177.91	609,396.44	620,400.19
3	607,991.16	604,424.74	607,984.56	608,408.86
4	602,048.24	610,360.44	601,624.01	623,098.96
5	617,038.26	613,619.88	614,999.69	621,470.09
6	615,596.87	617,986.22	616,252.82	608,854.72
7	605,592.21	613,587.53	609,257.14	617,851.04
8	615,410.71	614,783.61	606,975.16	620,111.81
9	619,148.47	608,142.92	605,176.13	619,486.10
10	610,890.10	607,718.66	605,709.88	621,142.80
Average	612,852.55	610,503.05	608,341.09	618,316.69
Max	619,148.47	617,986.22	616,252.82	623,098.96
Min	602,048.24	604,424.74	601,624.01	608,408.86



ภาพที่ 5.8 ผลการทดลองการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดที่เก็บไว้สำหรับค่าสุ่ม X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3}

จากผลการทดลองพบว่า การเก็บค่าตัวเลขของเวกเตอร์เป้าหมายที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดไว้จำนวน $m = 10$ เวกเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการสุ่มค่าตัวเลขสุ่มในสมการที่ 5.4 ในกรณีที่ 3 คือ X_{r1} , X_{r2} และ X_{r3} นั้น จะให้ค่าคำตอบที่ดีกว่ากรณีอื่น ๆ

5.3.3 วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (Random Best of DE with Local search)

เป็นวิธีผสมระหว่างรูปแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังขั้นตอนที่ 3.1-3.5 และทำการวนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนที่ 3.1 สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ด้วยสมการที่ (5.1) ในรอบที่ 1 ด้วยสมการที่ (5.4) ในรอบที่ 2 เป็นต้นไป

ขั้นตอนที่ 3.2 สร้างไทรอัลเวกเตอร์ โดยวิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 3.3 คัดเลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 3.4 ปรับปรุงคำตอบด้วย Local Search

ขั้นตอนที่ 3.5 เก็บค่าตัวเลขสุ่มของเวกเตอร์เป้าหมายที่ดีที่สุดไว้จำนวน $m = 10$ เวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 หยุดการวนซ้ำ

บทที่ 6

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

ในบทนี้เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution: DE) และการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Improved Differential Evolution: IDE) โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบวิธีการ DE ทั่วไปด้วยวิธีการปรับปรุงจากเดิมอีก 3 วิธี รวมถึงวิธีการผสมระหว่างวิธีการปรับปรุงอีก 4 วิธี รวมเป็น 8 วิธีที่แตกต่างกัน ในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด และหาข้อสรุปว่าวิธีแบบใดมีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบของปัญหาได้ดีที่สุด

6.1 การทดลองการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

จากการปรับปรุงอัลกอริทึมของวิธีการ DE ออกเป็น 3 วิธี คือ 1) วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (DE with Local search) ซึ่งเพิ่มขั้นตอนการค้นหาเฉพาะที่เข้าไปหลังกระบวนการคัดเลือกโดยใช้อัลกอริทึมวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง (Insert algorithm) และวิธีการสลับตำแหน่ง (Swap algorithm) ซึ่งทั้ง 2 วิธีดัดแปลงมาจากวิธีของ Diaz and Fernandez (2001) 2) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Random Best of DE) เป็นการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่า และ 3) วิธีการเก็บค่าตัวเลขสุ่มที่ดีที่สุดของวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (Random Best of DE with Local search) ซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 รวมถึงวิธีการผสมระหว่างวิธีการปรับปรุงอีก 4 วิธี เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DE) และการปรับปรุงวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (IDE) ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 8 วิธีที่แตกต่างกัน ดังนี้

- (1) DE เป็นวิธีการ DE ทั่วไป
- (2) DE-I เป็นวิธีที่ใช้ Local search คือ Insert algorithm
- (3) DE-S เป็นวิธีที่ใช้ Local search คือ Swap algorithm
- (4) DE-IS เป็นวิธีที่ใช้ Local search คือ Insert algorithm และ Swap algorithm
- (5) DE-R เป็นวิธีปรับปรุงกระบวนการ mutation ด้วยการเก็บค่า Random Best
- (6) DE-IR เป็นวิธีผสมระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ mutation ด้วยการเก็บค่า Random Best และการใช้ Local search คือ Insert algorithm
- (7) DE-SR เป็นวิธีผสมระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ mutation ด้วยการเก็บค่า Random Best และการใช้ Local search คือ Swap algorithm
- (8) DE-ISR เป็นวิธีผสมระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ mutation ด้วยการเก็บค่า Random Best และการใช้ Local search คือ Insert algorithm และ Swap algorithm ซึ่งสามารถสรุปการออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุง DE ได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุง DE

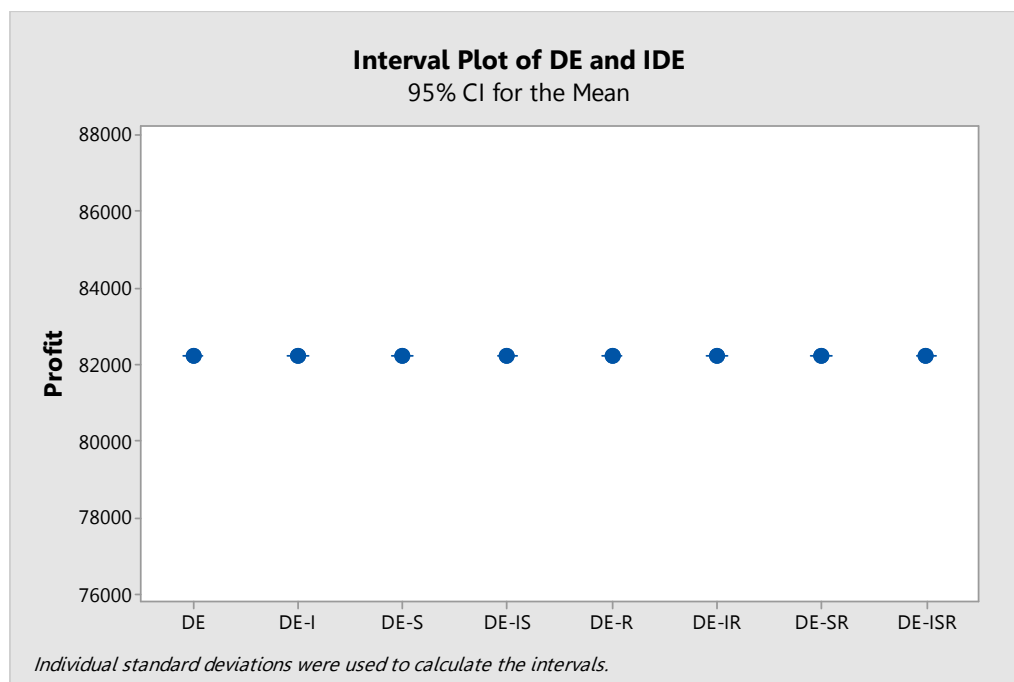
Algorithm	DE	IDE						
		DE-I	DE-S	DE-IS	DE-R	DE-IR	DE-SR	DE-ISR
DE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Insert		✓		✓		✓		✓
Swap			✓	✓			✓	✓
Random Best					✓	✓	✓	✓

โดยในการนำวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างและวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุงมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ ได้นำโปรแกรม Visual Studio 2017 มาใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมและประมวลผลของคำตอบเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบกับปัญหากรณีศึกษาขนาดต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล Inter (R) Core (TM) i3-3240 CPU 3.40 GHz หน่วยความจำ 4 GB ทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก ซึ่งมีเกษตรกรจำนวน 10-20 ราย ปัญหาขนาดกลาง ซึ่งมีเกษตรกรจำนวน 40-60 และปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งมีเกษตรกรจำนวน 80-500 ราย และปัญหากรณีศึกษาทำการหาค่าของคำตอบโดยกำหนด $NP = 50$, $G = 10,000$, $F = 2$ และ $CR = 0.8$ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.1 และข้อมูลต่าง ๆ ดังภาคผนวก ก เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด ในการทดลองด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้เวลาเท่ากัน คือ 1.30 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางที่ 6.2 และภาพที่ 6.1

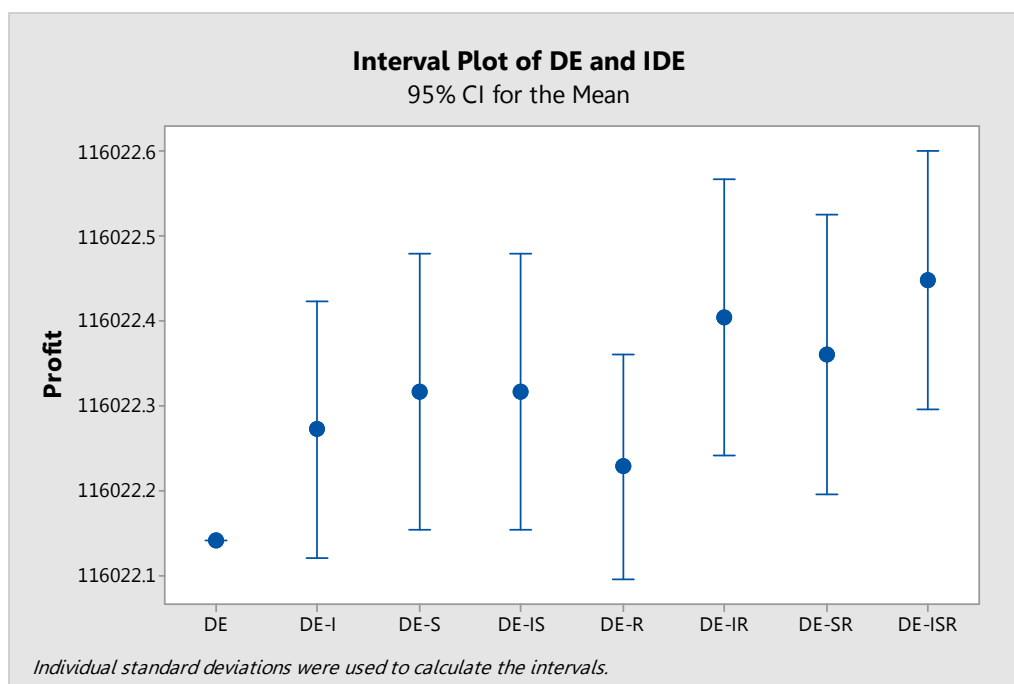
ตารางที่ 6.2 กำไรโดยรวมในการแก้ปัญหาขนาดต่างๆ ด้วยวิธี DE และ IDE ที่เวลาเท่ากัน

ขนาดปัญหา	ผลลัพธ์	กำไร (บาท)									
		DE	DE-I	DE-S	DE-IS	DE-R	DE-IR	DE-SR	DE-ISR		
เล็ก	10	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54		
		82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54		
		82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54	82,223.54		
15		116,022.14	116,022.58	116,022.58	116,022.58	116,022.58	116,022.58	116,022.58	116,022.58		
		116,022.14	116,022.27	116,022.32	116,022.32	116,022.23	116,022.40	116,022.36	116,022.45		
		116,022.14	116,022.14	116,022.14	116,022.14	116,022.14	116,022.14	116,022.14	116,022.14		
20		169,272.56	169,280.92	168,954.75	169,228.74	169,079.96	169,412.83	169,425.21	169,425.21		
		168,348.42	168,870.67	168,656.35	168,826.73	168,416.72	169,218.32	168,683.26	169,350.14		
		168,028.13	168,384.10	168,295.89	168,364.52	168,146.14	168,342.26	168,216.37	169,246.85		
กลาง	40	276,897.35	276,822.57	276,660.83	276,796.41	276,583.77	281,670.59	277,245.06	278,750.63		
		275,983.56	276,510.31	276,397.87	276,555.13	276,225.24	277,590.65	277,097.24	277,245.45		
		275,245.70	276,100.13	276,236.49	276,240.68	275,842.98	276,861.79	276,872.69	276,998.29		
60		427,592.64	438,429.10	447,910.13	441,540.03	443,450.64	466,119.49	472,112.15	469,848.53		
		421,939.79	432,436.42	432,741.94	432,288.17	432,217.62	459,447.38	453,815.49	456,188.99		
		417,678.78	424,327.60	425,881.13	425,337.74	420,009.29	432,903.74	429,828.25	429,794.36		
ใหญ่	80	579,858.81	586,857.34	606,055.96	594,042.65	576,634.69	630,156.93	644,879.60	640,543.56		
		549,899.25	566,118.62	580,811.68	568,128.17	555,924.21	620,957.56	629,090.73	616,661.67		
		531,134.50	551,081.28	557,026.02	546,415.35	537,673.79	608,155.88	577,658.08	584,636.32		
100		645,495.77	644,172.69	640,696.37	641,144.79	670,104.98	648,045.01	709,794.36	691,408.63		
		605,518.71	621,346.50	618,634.40	613,708.51	649,255.04	616,672.02	678,163.32	656,327.31		
		593,068.33	595,229.55	605,744.03	602,256.92	607,842.30	608,156.28	649,078.77	617,645.15		
500		8,807,774.77	8,965,574.92	8,837,341.32	8,878,764.69	8,903,164.31	10,996,310.72	11,885,787.85	11,324,063.94		
		8,388,581.33	8,610,300.47	8,611,694.32	8,641,239.25	8,453,920.47	9,425,320.11	9,798,155.12	9,660,654.11		
		7,699,949.18	8,235,689.70	8,432,438.03	8,421,111.05	8,000,533.35	8,469,542.49	8,772,593.68	8,522,848.20		
1083	กรณีสึกษา	10,752,348.02	10,831,669.78	12,270,250.86	10,695,724.63	10,918,446.59	12,366,624.02	13,823,443.20	12,412,149.04		
		10,203,557.76	10,242,039.14	10,301,902.25	10,279,152.22	10,199,624.02	10,917,218.25	11,798,675.30	10,613,191.41		
		9,735,168.33	9,156,048.26	9,241,442.05	9,198,389.29	9,559,509.46	10,139,075.06	10,204,633.40	9,185,267.25		

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย (Avg) เป็นค่าเฉลี่ยของค่าตอบที่ได้ (จำนวน N รอบ) ที่เวลา 1.30 ชั่วโมง

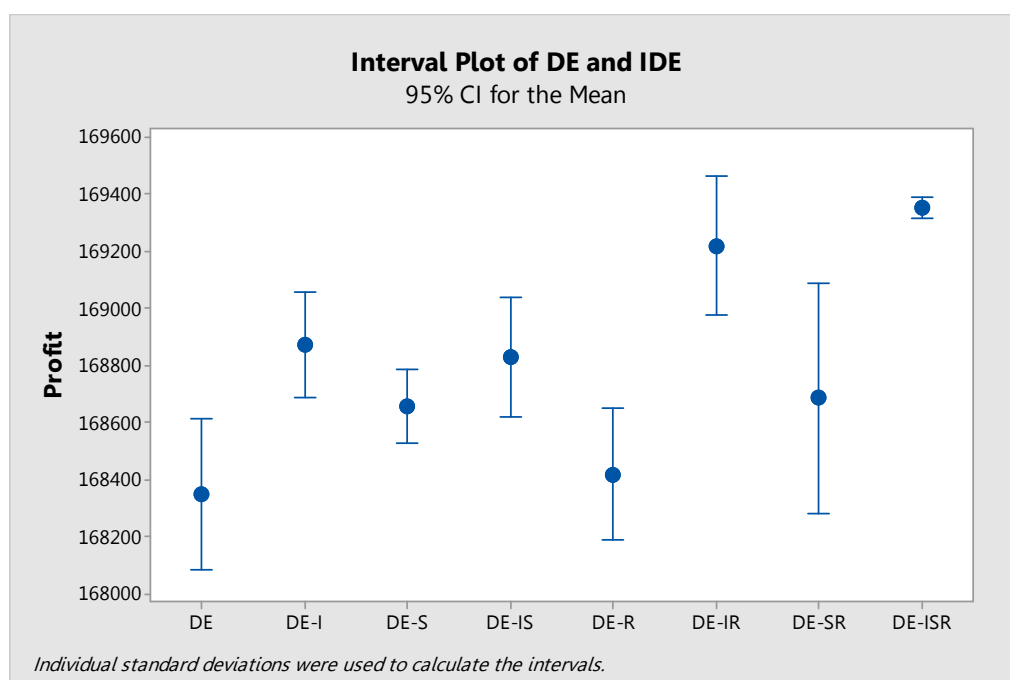


(ก) N = 10

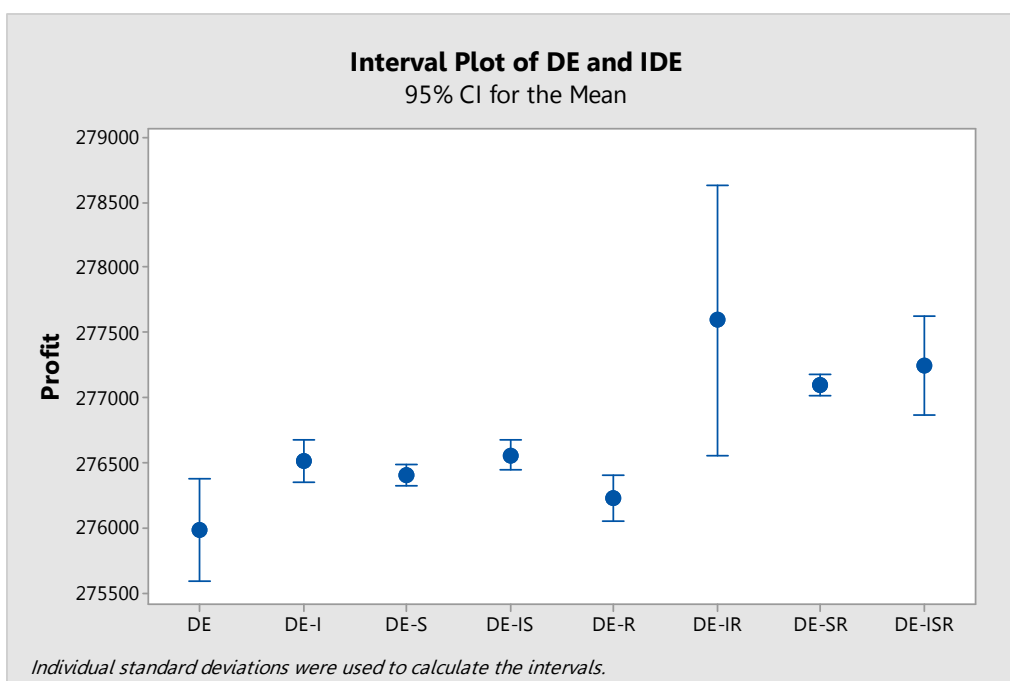


(ข) N = 15

ภาพที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE

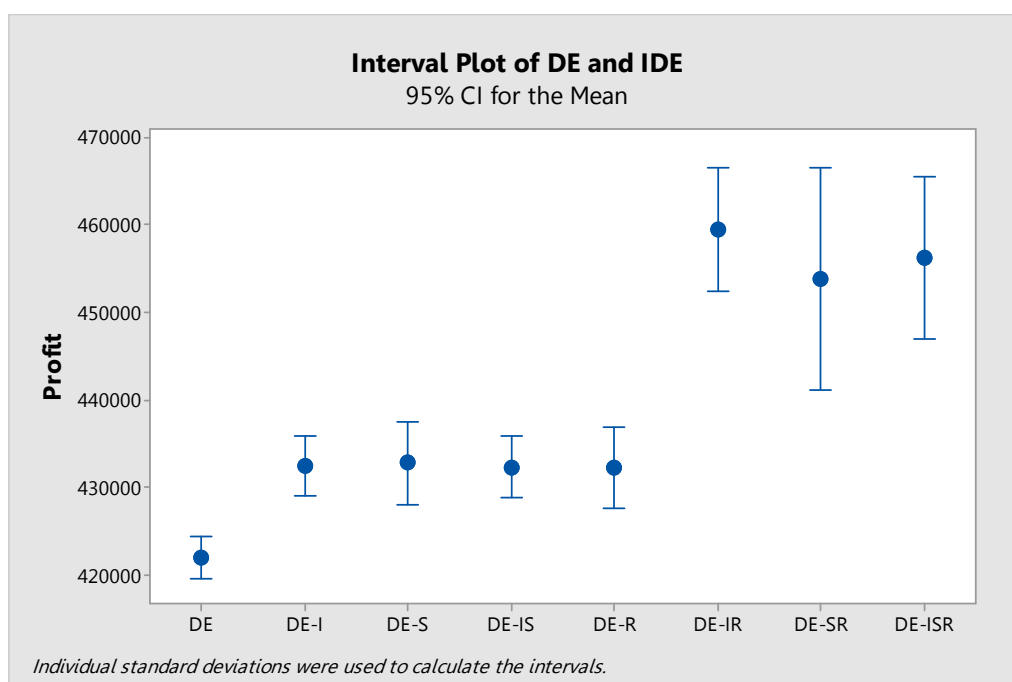


(ข) N = 20

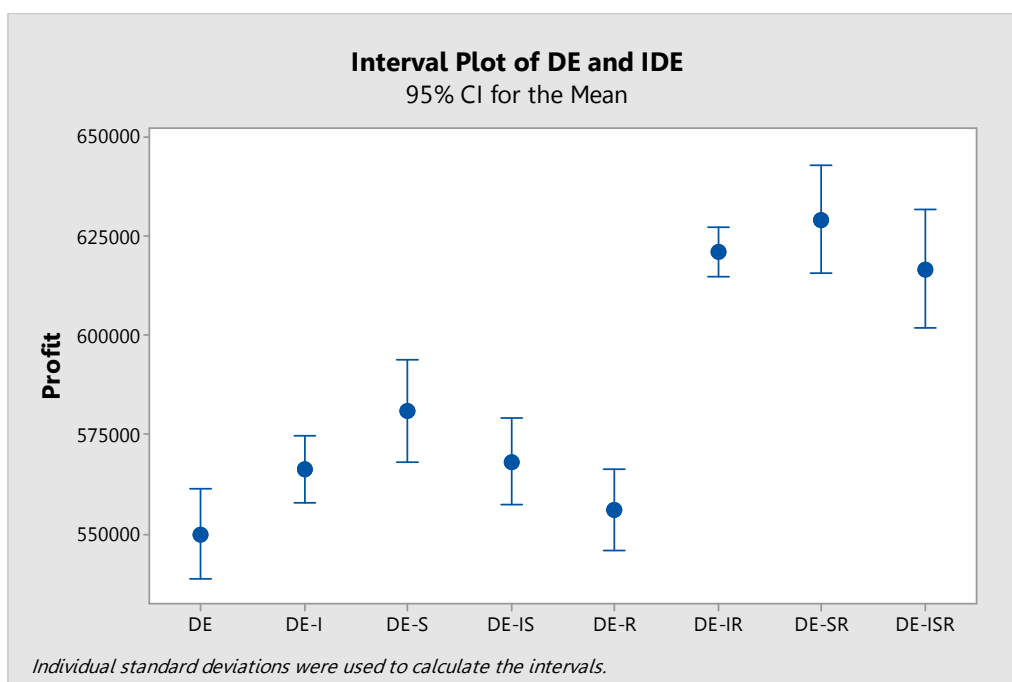


(ค) N = 40

ภาพที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE (ต่อ)

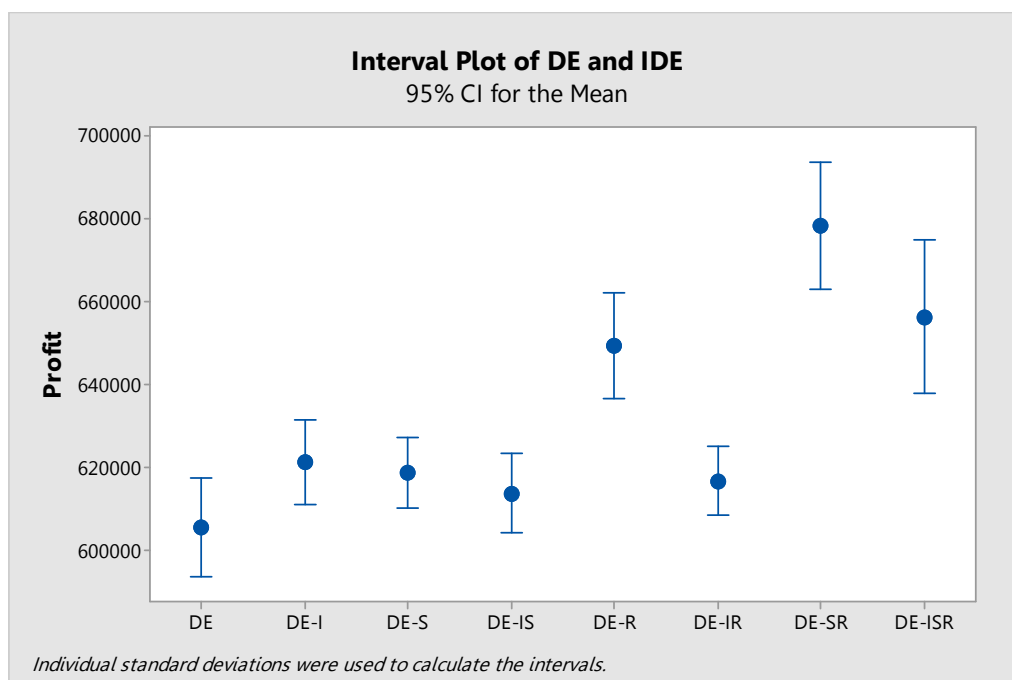


(ค) N = 60

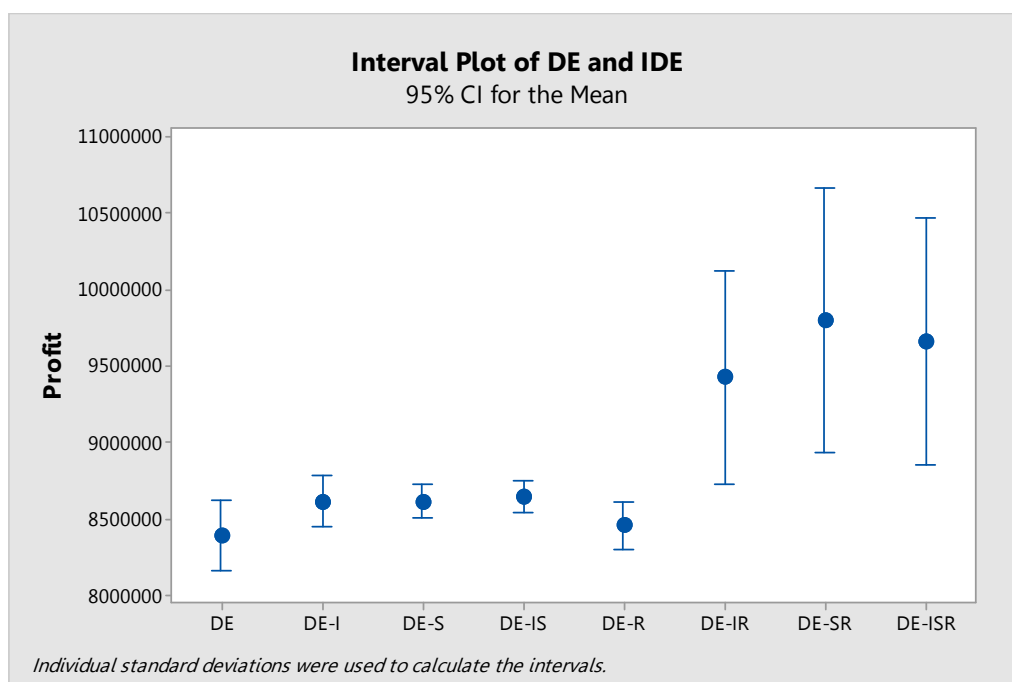


(ง) N = 80

ภาพที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE (ต่อ)

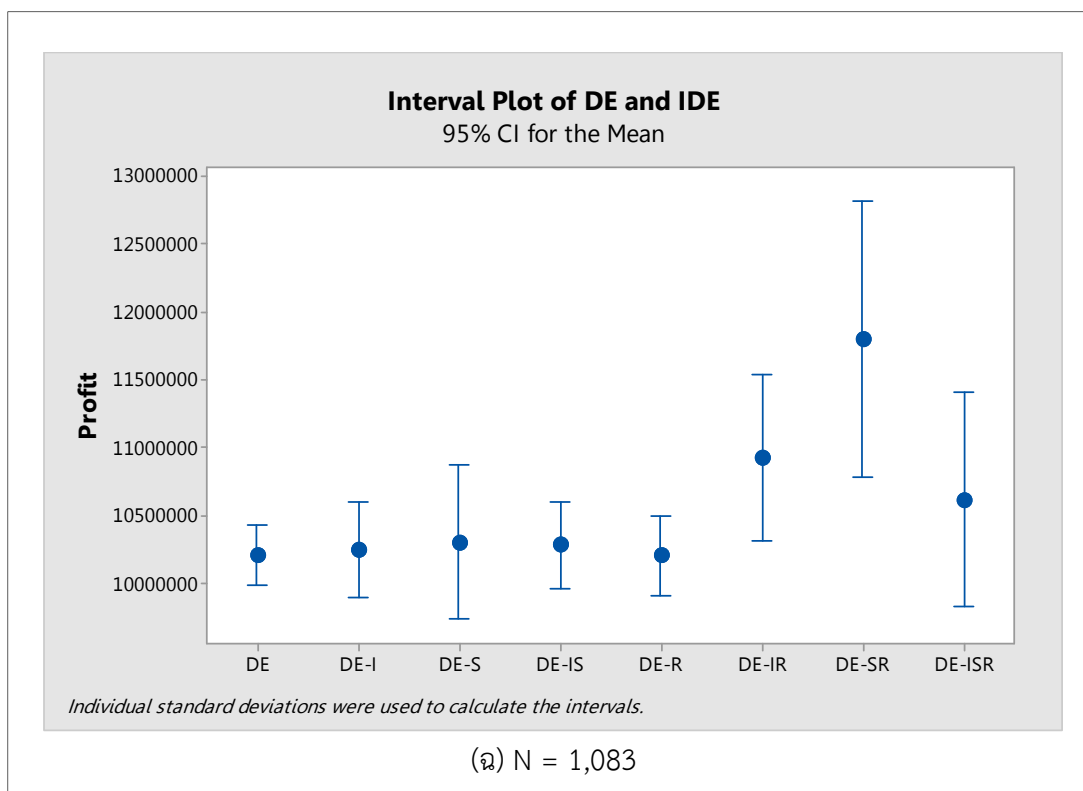


(จ) N = 100



(ข) N = 500

ภาพที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE (ต่อ)



ภาพที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DE และ IDE (ต่อ)

จากตารางที่ 6.2 แสดงผลกำไรโดยรวมของการแก้ปัญหาขนาดต่างๆ ที่เวลาเท่ากัน คือ 1.30 ชั่วโมง ในการหาคำตอบด้วยวิธี DE และ IDE ทั้ง 8 วิธี คือ DE, DE-I, DE-S, DE-IS, DE-R, DE-IR, DE-SR และ DE-ISR พบว่า วิธี DE-SR ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ในด้านค่าที่มากที่สุด (Maximum) ทั้งในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา และจากภาพที่ 6.1 (ก) – (ณ) แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากการหาคำตอบด้วยวิธี DE และ IDE ทั้ง 8 วิธีเช่นเดียวกัน จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น วิธี DE-SR จะมีประสิทธิภาพในการหาคำคำตอบที่ให้ช่วงค่าคำตอบครอบคลุมค่าที่มากที่สุดได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ซึ่งค่าคำตอบที่มากที่สุดของปัญหากรณีศึกษาที่หาค่าได้จากวิธี DE-SR คือ 13,823,443.20 บาทต่อวัน

6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

จากผลการทดลองการหาคำคำตอบในการแก้ปัญหาขนาดต่าง ๆ ในหัวข้อที่ 6.1 นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ด้วยโปรแกรม Minitab 17 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการหาคำคำตอบของทั้ง 8 วิธี คือ DE, DE-I, DE-S, DE-IS, DE-R, DE-IR และ DE-SR ในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบของวิธี

DE กับ IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาคผนวก ข โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกันระหว่างวิธี DE กับ 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-IS	478	147	(20, 937)	0.034
	DE - DE-IR	870	147	(411, 1328)	0.000
	DE - DE-SR	335	147	(124, 793)	0.017
	DE - DE-ISR	1002	147	(543, 1460)	0.000
40	DE - DE-IR	1607	267	(773, 2441)	0.000
	DE - DE-ISR	1262	267	(428, 2096)	0.000
	DE - DE-SR	1114	267	(279, 1948)	0.002
60	DE - DE-IR	37508	4251	(24222, 50793)	0.000
	DE - DE-SR	31876	4251	(18591, 45161)	0.000
	DE - DE-ISR	34249	4251	(20964, 47534)	0.000
80	DE - DE-IR	71058	7144	(48729, 93388)	0.000
	DE - DE-S	30912	7144	(8583, 53242)	0.001
	DE - DE-SR	79191	7144	(56862, 101521)	0.00
	DE - DE-ISR	66762	7144	(44433, 89092)	0.000
100	DE - DE-R	43736	7703	(19663, 67810)	0.000
	DE - DE-SR	72645	7703	(48571, 96718)	0.000
	DE - DE-ISR	50809	7703	(26735, 74882)	0.000
500	DE - DE-IR	1036739	315282	(51354, 2022124)	0.032
	DE - DE-SR	1409574	315282	(424189, 2394959)	0.001
	DE - DE-ISR	1272073	315282	(286688, 2257458)	0.003
1083	DE - DE-SR	1595118	364683	(455332, 2734903)	0.001

จากตารางที่ 6.3 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกันระหว่างวิธี DE กับ IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา พบว่า วิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบแตกต่างกับวิธี DE ในกลุ่มปัญหาทุกกลุ่ม รวมถึงปัญหากรณีศึกษา

6.3 สรุปผลการเปรียบเทียบ

ในการหาคำตอบด้วยวิธี DE และ IDE ทั้ง 8 วิธี คือ DE, DE-I, DE-S, DE-IS, DE-R, DE-IR, DE-SR และ DE-ISR ที่เวลาเท่ากัน คือ 1.30 ชั่วโมง พบว่า วิธี DE-SR ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในด้านค่าที่มากที่สุด (Maximum) ทั้งในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ซึ่งเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น วิธี DE-SR จะมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ให้ช่วงคำตอบครอบคลุมค่าที่มากที่สุดได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ โดยเฉพาะกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่แตกต่างกันระหว่างวิธี DE กับ IDE ด้วย ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า วิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบแตกต่างกับวิธี DE ในกลุ่มปัญหาทุกกลุ่ม รวมถึงปัญหากรณีศึกษา ซึ่งค่าคำตอบที่มากที่สุดของปัญหากรณีศึกษาที่หาค่าได้จากวิธี DE-SR คือ 13,823,443.20 บาทต่อวัน

ดังนั้นจากการปรับปรุงอัลกอริทึมของวิธีการ DE ในการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้นในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุด พบว่าวิธี DE-SR มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีที่สุด และให้ค่าคำตอบดีกว่าวิธี DE อย่างมีนัยสำคัญ ทุกขนาดของปัญหา

บทที่ 7

การแก้ปัญหากรณีศึกษา

7.1 การแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง

สำหรับการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกร จุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปมีกำไรที่สูงที่สุด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ ในปี 2559 ซึ่งมีทั้งสิ้น 1,083 ตำบล ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ รายละเอียดดังภาคผนวก ก และมีพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.1 จากผลการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธี DE-SR พบว่าได้กำไรที่สูงที่สุดคือ 13,823,443.20 บาทต่อวัน ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 7.1 และภาพที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง

ชนิดพืช	ที่ตั้งโรงงาน	ที่ตั้งจุดรับซื้อ	ลำดับเกษตรกรระดับตำบล
ยางพารา	651	651	651, 58, 114, 663, 653, 664
		79	79, 91, 78, 670, 676, 86, 88, 73, 80, 53, 89, 82, 85, 117, 666, 81, 74
		61	61, 838
	481	481	481, 46, 512, 513, 503, 342, 931, 398, 511, 346
		332	332, 606, 390, 358
		515	515, 24, 891, 943, 595
		194	194, 490, 916, 196
	601	601	601, 605, 609, 607, 623
		393	393, 403, 392, 380, 383, 612, 394, 98, 629,, 388
		611	611, 767, 632, 636
		613	613, 718, 52, 109
	584	584	584, 581, 172, 138, 123, 586, 580, 128, 3, 124, 543, 539, 568, 528, 541, 530, 536, 158, 537, 545, 328
		741	741, 261, 745, 267, 322, 331, 178, 16, 323, 739, 683, 326, 329, 327, 736, 756, 573, 234, 570, 221, 544
		177	177, 12, 190, 32, 227, 179, 195, 163, 259, 303
		174	174, 673, 62, 959, 423, 529, 125, 750, 225, 574, 566, 145, 567, 527

ตารางที่ 7.1 ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง (ต่อ)

ชนิดพืช	ที่ตั้ง โรงงาน	ที่ตั้ง จุดรับซื้อ	ลำดับเกษตรกรระดับตำบล
ยางพารา	806	806	806, 825, 814, 816, 809, 815, 827, 493, 143, 828, 820, 596
		684	684, 685, 768, 687, 170
		801	801, 6, 717, 835, 803
		808	808, 575, 631, 387, 385, 960, 819
	722	722	722, 711, 721, 706, 772, 716, 948, 100, 710
		701	701, 186, 142, 790, 705, 712, 692
		824	824, 839, 691, 173, 928, 823
		769	769
	901	901	901, 937, 75, 941, 860, 662, 926, 955, 678, 20, 945, 899, 868, 866
		907	907, 187, 26, 944, 144, 60, 904, 917
		97	97, 817, 923, 864, 93, 102, 65, 104, 894, 120
		888	888, 203, 898, 198, 226, 936, 66, 175, 842
	239	239	239, 285, 39, 252, 11, 251, 111, 36, 214, 216, 597, 219, 220, 874, 215, 257, 287, 258, 217
		9	9, 765, 99, 115, 188, 648, 237, 590
		183	183, 204, 1, 230, 628, 324
		932	932, 23
	475	475	475, 476, 467, 439, 473, 708, 775, 634, 455, 454, 617, 418, 408, 106, 410, 119, 150, 619, 620, 470, 709
		372	372, 804, 516, 2, 368, 371, 370, 402, 622
		391	391, 633, 778, 405, 139, 458
		604	604, 747, 602
	248	248	248, 250, 249, 254, 34, 35, 911, 301, 247, 309, 244, 310, 229, 235, 271, 598, 240, 277, 255, 938, 40, 297, 307, 243, 273, 302, 282, 269, 246, 280, 311, 289, 284, 288, 300, 279, 299, 292, 242
		857	857, 854, 853, 893, 63, 956, 855, 849, 942, 882, 667, 875, 852
		320	320, 315, 321, 846, 902, 51, 317, 843, 316, 92, 210, 499, 318, 319, 222
		887	887, 592, 885, 41

ตารางที่ 7.1 ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง (ต่อ)

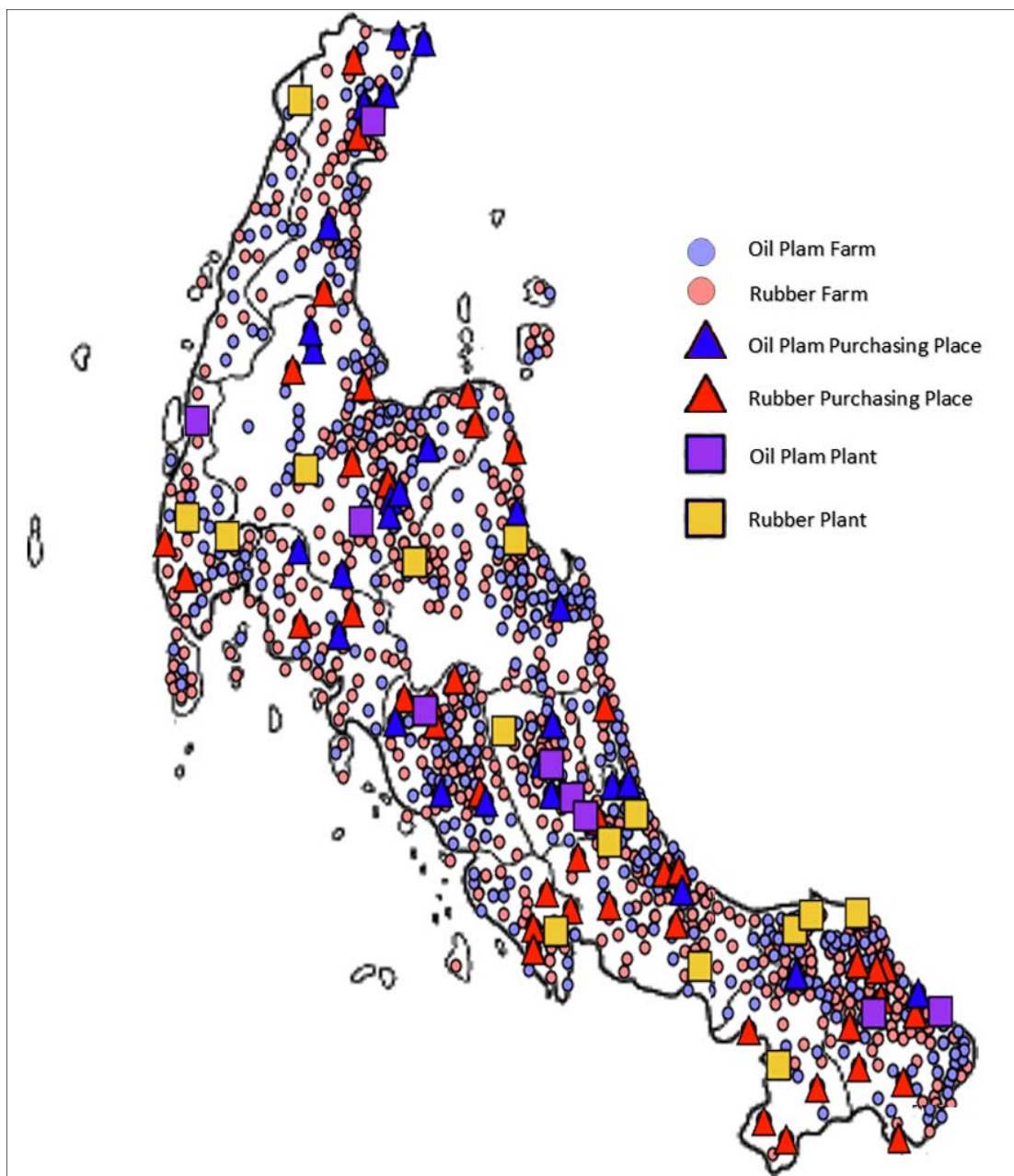
ชนิดพืช	ที่ตั้ง โรงงาน	ที่ตั้ง จุดรับซื้อ	ลำดับเกษตรกรระดับตำบล
ยางพารา	432	432	432, 426, 442, 424, 431, 921, 427, 30, 435, 433, 428, 447
		351	351, 463, 347, 350, 489, 906, 44, 465, 615, 456, 348
		362	362, 357, 369, 359, 356, 360, 367, 45, 764, 336, 352
		379	379, 641, 375, 377, 640, 646, 635, 378, 766, 363, 108, 365, 366
	525	525	525, 587, 21, 484, 496, 591, 524, 492, 919, 505, 19, 509, 487, 506, 523, 920
		27	27, 962, 49, 884, 185, 822, 211, 31
		514	514, 748, 94, 933, 154, 485, 502, 589, 500, 504, 517
		892	892, 25
	749	749	749, 728, 148, 136, 160, 18, 147, 153, 159, 212, 738
		560	560, 576, 126, 69, 10, 162, 582, 535, 569, 553, 550, 531, 744
		794	794, 799, 723, 800, 798, 695, 724, 189, 934, 788, 735, 789, 557, 782
		751	751, 871, 908, 164, 87, 43, 548, 698, 549
ปาล์ม น้ำมัน	779	779	779, 70, 890, 689, 652, 571, 559, 658, 780, 156, 784, 760, 781, 783, 787, 754, 579
		734	734, 694, 697, 703, 859, 702, 834, 704
		197	197, 763, 844, 810, 137, 101
		802	802, 925, 910, 168, 140, 130
	449	449	449, 446, 450, 927, 771, 719, 448
		406	406, 443, 644, 643, 420, 462, 459, 961, 37, 638
		422	422, 202, 639, 488, 4
		600	600, 413, 414
	572	572	572, 532, 236, 264, 674, 263, 538
		546	546, 577, 232, 228, 8, 547, 737, 295, 540, 867, 224, 865, 542, 585, 740, 742
		578	578, 526, 14, 306, 253, 233, 583
		260	260, 262, 296, 265, 325, 294, 304, 298, 312, 305, 276, 313, 283, 274, 330, 290, 218, 293, 281, 266, 270, 275, 308, 268

ตารางที่ 7.1 ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง (ต่อ)

ชนิดพืช	ที่ตั้งโรงงาน	ที่ตั้งจุดรับซื้อ	ลำดับเกษตรกรระดับตำบล
ปาล์ม น้ำมัน	486	486	486, 679, 900, 660, 922, 480, 669, 497, 905, 501, 498
		67	67, 116, 121, 59
		71	71, 665, 56, 861, 76
		878	878
	354	354	354, 395, 381, 382, 400, 337, 384, 335, 401, 404, 353, 338, 399, 345, 940, 343, 205
		355	355, 349, 361, 466, 464, 461, 364, 599, 565, 626, 472
		915	915, 946, 47, 958, 841
		872	872, 903, 848, 830
	84	84	84, 83, 90, 118, 879, 671, 672, 122, 95
		57	57, 655, 656, 895, 880
		72	72, 889, 876, 659, 68
		64	64, 112, 110, 675, 113, 105, 881, 661, 654, 107, 96
	869	869	869, 930, 491
		245	245, 256, 314, 286, 886, 278, 850, 913, 851, 939
		22	22, 521, 510, 50, 963, 520, 594
		909	909, 847, 213, 947, 856, 241, 954, 208
	551	551	551, 17, 563, 191
		533	533, 862, 657, 77, 55, 152, 149, 231
		171	171, 812, 831, 811, 833, 151, 832, 141, 146, 507, 478, 877, 167, 813
		840	840, 291, 896, 873, 479, 953, 950
	201	201	201, 157, 193, 200, 180, 15, 199, 182, 192, 5, 482, 176, 483, 209, 223, 181
		42	42, 588, 341, 340, 29, 38, 518, 593, 508, 522, 397, 519, 924, 495, 339, 494, 28, 344, 48, 7
		132	132, 131, 206, 133, 165, 207, 129, 929, 161, 127, 166, 134, 135, 169, 155
		914	914, 912, 957, 935, 949, 952, 918, 837, 951
	374	374	374, 407, 457, 642, 421, 389, 603, 460, 376, 333, 373, 650, 334, 637, 386, 396, 610, 836, 796, 614

ตารางที่ 7.1 ผลการแก้ปัญหากรณีศึกษาด้วยวิธีพัฒนาการใช้ผลต่าง (ต่อ)

ชนิดพืช	ที่ตั้งโรงงาน	ที่ตั้งจุดรับซื้อ	ลำดับเกษตรกรระดับตำบล
ปาล์ม น้ำมัน		624	624, 444, 440, 471, 437, 441, 474, 645, 434, 477, 627, 616, 436, 412, 707, 621, 452, 415, 777, 773, 630, 429, 649, 774, 425, 453, 469, 770, 438, 468, 416, 618, 870, 411, 668, 608, 445, 776, 430, 647, 409, 417, 451, 419, 625
		897	897
		184	184, 33, 883, 858, 845, 238
	564	564	564, 805, 556, 688, 826, 793, 562, 818, 690, 677, 272, 552
		555	555, 558, 681, 680, 682, 554, 863, 561, 54, 534
		693	693, 715, 720, 829, 731, 797, 729, 732, 762, 791, 727, 761, 730, 733, 807, 725, 792, 795, 726, 103, 699, 713, 821, 686, 700, 696, 714
		753	753, 785, 743, 746, 786, 758, 13, 752, 759, 757, 755
	กำไรรวมทั้งหมด = 13,823,443.20 บาทต่อวัน		



ภาพที่ 7.1 พื้นที่ปลูก ที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมัน ในภาคใต้

7.2 สรุปผลการแก้ปัญหาการณศึกษาด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง

จากผลการแก้ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาที่ตั้งของจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด พบว่าเกษตรกรในระดับตำบลทั้ง 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งมีทั้งหมด 1,083 ตำบลนั้น ทำการปลูกยางพาราจำนวน 568 ตำบล และปาล์มน้ำมันจำนวน 395 ตำบล และอีก 120 ตำบลไม่ได้ทำการปลูกพืชทั้ง 2 ชนิดอยู่ก่อนแล้ว สำหรับจำนวนจุดรับซื้อยางพาราและปาล์มน้ำมันที่ต้องทำการเปิดมีจำนวนทั้งสิ้น 95 แห่ง แบ่งเป็นจุดรับซื้อยางพาราจำนวน 59 แห่ง และจุดรับซื้อปาล์มน้ำมันจำนวน 36 แห่ง

และโรงงานแปรรูปที่ต้องทำการเปิดทั้งสิ้นจำนวน 24 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานแปรรูปยางพาราจำนวน 15 โรงงาน และโรงงานแปรรูปปาล์มน้ำมันจำนวน 9 โรงงาน และกำไรรวมที่สูงที่สุดทั้งระบบ เท่ากับ 13,823,443.20 บาทต่อวัน

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จัดเป็นปัญหาระดับ NP-Hard เนื่องจากเป็นปัญหาแบบหลายลำดับชั้น เป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน ยากแก่การแก้ปัญหาด้วยวิธีแบบแมนตรง ดังนั้นจึงปฏิเสธไม่ได้ว่าปัญหาของกรณีศึกษานี้เป็นระดับ NP-Hard ซึ่งจะนำมาสู่กระบวนการในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยทำการแก้ปัญหาด้วยวิธีการของฮิวริสติกส์และวิธีการทางเมตาฮิวริสติกส์ที่หลากหลาย สำหรับปัญหาในระดับ NP-Hard นั้นนอกเหนือจากผลเฉลยที่ได้แล้ว ยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้วย ซึ่งก็คือระยะเวลาในการแก้ปัญหานั้นเอง และเพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การทดลองจะต้องเลือกใช้วิธีการที่สูงขึ้น คือ กระบวนการฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก ซึ่งเป็นรูปแบบในการออกแบบอัลกอริทึมในการทำการทดลองมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่สูงยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยทำการตรวจสอบวรรณกรรม เพื่อทำการคัดเลือกอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสม พบว่าการพัฒนาอัลกอริทึมด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างนั้นมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากไม่พบเป็นการแพร่หลายในการประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหการวางแผนการปลูกแบบหลายลำดับชั้น จึงเป็นความท้าทายและได้รับแรงบันดาลใจเมื่อได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกการพัฒนาอัลกอริทึมด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างเพื่อแก้ปัญหของงานวิจัยนี้

สำหรับการแก้ปัญหการวางแผนการปลูกพืช การหาทำเลที่ตั้งจุดรับซื้อและโรงงานแปรรูปยางพาราและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ด้วยวิธีการ DE และ IDE เพื่อให้ได้กำไรที่สูงที่สุดนั้น ได้แบ่งวิธีการหาคำตอบออกเป็น 4 วิธี คือ 1) DE 2) DE with Local search ซึ่งเพิ่มขั้นตอน Local search เข้าไปในกระบวนการ DE หลังกระบวนการคัดเลือกโดยใช้วิธี Insert algorithm (DE-I) และ Swap algorithm (DE-S) 3) Random Best of DE (DE-R) เป็นวิธีที่ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงกระบวนการ DE ในขั้นตอน Mutation และ 4) Random Best of DE with Local search (DE-IR และ DE-SR) เป็นวิธีผสมระหว่างรูปแบบที่ 2 และ 3 และจำแนกการทดลองออกเป็น 8 วิธี คือ (1) DE (2) DE-I (3) DE-S (4) DE-IS (5) DE-R (6) DE-IR (7) DE-SR และ (8) DE-ISR ทดสอบกับกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ผลการทดลองพบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นวิธี DE-SR จะมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ ในด้านค่าที่มากที่สุด (Maximum) โดยในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก ทุกวิธีการให้คำตอบ optimal solution แต่ในกลุ่มปัญหาขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบ optimal solution ได้ พบว่าวิธี DE-SR ให้คำตอบที่ดีที่สุดที่เวลาเท่ากัน สำหรับผลการวิเคราะห์ด้วย ANOVA พบว่าวิธี DE และ IDE วิธีต่าง ๆ ให้ผลเฉลี่ยการหาคำตอบที่เหมือนและแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาการหาคำตอบทุกขนาดการทดลองแล้ว วิธี DE-SR ให้ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ดีกว่าและมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบแตกต่างจากวิธี DE ทั้งในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และปัญหากรณีศึกษา ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบด้วยวิธี DE กับ DE-SR แล้ว เป็นไปได้ว่าในการเพิ่มกระบวนการ local search ด้วยวิธี Swap algorithm และการเก็บค่า Random Best จะเข้าไปช่วยในการปรับปรุงวิธีการค้นหาคำตอบ ซึ่งในกลุ่มปัญหาขนาดเล็กจะมีช่องว่างในการค้นหาคำตอบที่แคบเนื่องจากประชากรมีน้อยจึงทำให้สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ เช่นเดียวกับ optimal solution แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น การหาคำตอบด้วยวิธี optimal solution นั้นไม่สามารถค้นหาคำตอบได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ แต่วิธีการ DE-SR สามารถค้นหาคำตอบได้ดีและใช้เวลาน้อย เนื่องจากการเพิ่ม local search เข้าไปในกระบวนการ DE สามารถเพิ่มโอกาสในการค้นหาคำตอบในวงกว้างได้ และการเก็บค่าสุ่มที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบไว้ด้วยวิธี Random Best จะเป็นการลดช่องว่างในการหาคำตอบทำให้การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดแคบลง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ

จากการแก้ปัญหาพบว่า เกษตรกรในระดับตำบลทั้ง 14 จังหวัดภาคใต้ ซึ่งมีทั้งหมด 1,083 ตำบล นั้น ทำการปลูกยางพารา จำนวน 568 ตำบล และปาล์มน้ำมันจำนวน 396 ตำบล และอีก 120 ตำบล ไม่ได้ทำการปลูกพืชทั้ง 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

8.2 ข้อเสนอแนะ

นอกจากการพัฒนาอัลกอริทึมวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างแบบปรับปรุง เพื่อทำการทดลองกับปัญหากรณีศึกษาให้ได้คำตอบที่เหมาะสม และใช้เวลาในการหาคำตอบที่น้อยลง ยังมีแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการพัฒนาในอนาคตคือการนำอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหามาตรฐานต่าง ๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปัญหาการวางแผนการปลูกพืชแบบหลายลำดับขั้น เช่นปัญหา P-median, Location Routing Problem หรือ Vehicle Routing Problem เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. “แบบรายงานที่ 2.9 รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช (รต.02) ปี 2559”, **ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online**.
http://production.doae.go.th/report/report_main_land_02_A_new2.php,
 19 มีนาคม, 2560.
- ณกร อินทร์พยุ่ง. **การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมขนส่งและลอจิสติกส์ (Discrete Optimization in Transport and Logistics)**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2548.
- ทองพูน ทองดี และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. “การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการมอบหมายเส้นทางแบบหลายลำดับชั้น หลายต้นกำเนิดและหลายวัตถุประสงค์ด้วยกระบวนการโมติฟายดิฟเฟอเรนเชียลอีโวลูชัน”, **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 18(4): 662-672; ตุลาคม-ธันวาคม, 2556.
- ปรุพห์ มะยะเฉียว. **การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับชั้นในโซ่อุปทาน: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเมตาฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตและโลจิสติกส์**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.
- . **วิธีการเมตาฮิวริสติกส์เพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554.
- . **วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับแก้ปัญหาการขนส่งโลจิสติกส์**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.
- สุพรรณ สุตสนธิ์. “วิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสำหรับปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบหลายแห่งและการจัดเส้นทางขนส่ง”, **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2550**. น.90-98. สงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.
- สุพรรณ สุตสนธิ์ และสมบัติ สินธุเชาวน์. “การประยุกต์วิธีการหาคำตอบโดยวิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม สำหรับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในภาคธุรกิจการขนส่งและโลจิสติกส์”, **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม**. น.101. กรุงเทพฯ: โรงแรมอินเตอร์คอนติเนนตัล, 2549.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสนเทศ (องค์การมหาชน). “พิกัดตำบลในพื้นที่ภาคใต้”, **ข้อมูลจากดาวเทียม**. <https://www.gistda.or.th/main/>. 19 มีนาคม, 2560.
- สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. “ภาวะเศรษฐกิจเกษตร ปี 2559”, **เอกสารการสัมมนาภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2559**. <http://www.oae.go.th/economiccon2559.html>. 19 มีนาคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Al-Sultan, K. S. and AL-Fawzan, M. A. "A tabu search approach to the uncapacitated facility location problem", **Annals of Operations Research**. 86(1): 91-103; January, 1999.
- Arosteggui, M. and et al. "An empirical comparison of tabu search, simulated annealing and genetic algorithm for facilities location problem", **International Journal of Production Economics**. 103(2): 742-754; October, 2006.
- 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.
- Bergey, P. K., and Ragsdale, C. "Modified differential evolution: a greedy random strategy for genetic recombination", **Omega**. 33(3): 255-265; June, 2005.
- 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.
- Blum, C. and Fouldm, L. R. "Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison", **ACM Computing Surveys**. 35(3): 268-308; September, 2003.
- Brimberg, J. and Mladenovic, N. "Solving the the continuous location-allocation problems with tabu search", **Studies in location Analysis**. 8(1): 23-32; Spring-Summer, 1996.
- Chakraborty, U. K. and et al. **Differential evolution with local neighborhood**. New Jersey: IEEE Press, 2006.
- Chan, F. T. S. and Kumar, N. "Effective allocation of customer to distribution centers: A multiple ant colony optimization approach", **Robotics and computer-integrated manufacturing**. 25(1): 1-12; January, 2009.
- Church, R. and Reville, C. "Maximal Covering Location Problem", **Papers of the Regional Science Association**. 32(1): 101-118; January, 1974.
- . "Theoretical and computational links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem", **Geographical Analysis**. 8(4): 406-415; October, 1976.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Combe, A. and et al. “Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location-allocation-algorithm: Considering the spatial distribution of resource”, **Applied Energy**. 154 (7): 309-316; May, 2015.
- Crainic, T. G. and et al. “A tabu search procedure for multi commodity location/allocation with balancing requirement”, **Annals of operation research**. 41(4):359-383; December, 1993.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Doerner, K. F. and et al. “Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas”, **OR Spectrum**. 31(3): 651-678; June, 2009.
- Duh, J. D. and Brown, D. G. “Knowledge-informed Pareto simulated annealing for multi-objective spatial allocation”, **Computers, Environment and Urban System**. 31(3): 253-281; May, 2007.
- Erbao, C. and 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.
- Escobar, J. W. and et al. “A hybrid granular tabu search algorithm for the multi-depot vehicle routing problem”, **Journal of Heuristics**. 20(5): 483-509; October, 2014.
- 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.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Fazel-Zaradi, M. M. and et al. "Solving a location-Allocation Problem with logic-Based Bender's Decomposition", In **Proceeding of fifteenth International Conference of Principles and Practice of Constraint Programming (CP09)**. p. 344-351. Lisbon, Portugal: Springer Lecture Notes in Computer Science, 2009.
- Glover, F. "Tabu Search-Part I", **ORSA Journal on Computing**. 3(1): 190-206; January, 1989.
- Glover, F. and Kochenberger, G. A. **Handbook of meta heuristics, International series in operations research and management science**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.
- Guha, S. and Khuller, S. "Greedy strikes back: improved facility location algorithm". **Journal of Algorithms**. 31(1): 228-248; April, 1999.
- Hakimi, S. "Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problem", **Operations Research**. 13(3): 462-475; June, 1964.
- . "Optimum location of switching centers and absolute centers and medians of a graph", **Operations Research**. 12(3): 450-459; June 1965.
- Hsieh, K. H. and Tien, F. C. "Self-organizing feature maps for solving location-allocation problem with rectilinear distance", **Computer & Operations Research**. 31(7): 1017-1031; July, 2004.
- Hua, X. Y. and et al. "Ant colony optimization algorithm for computing resource allocation based on cloud computing environment", **Journal of East China Normal University (Natural Science)**. 1(2): 127-134; February, 2010.
- Ilhan, T. and Pinnar, M. C. (2001). "An Efficient Exact Algorithm for the vertex p-Center Problem", **Optimization Online**. http://www.optimization-online.org/DB_HTML/2001/09/376.html. 13 December, 2017.
- Jarmo, I. and et al. "Differential evolution training algorithm for feed-forward neural networks", **Neural Proceeding Letters**. 17(1): 93-105; January, 2003.
- Jaeger, M. and Goldberg, J. "A polynomial Algorithm for the Equal Capacity p-Center Problem on Trees", **Transportation Science**. 28(2): 167-175; May, 1994.
- Jazebi, 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.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 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.
- Kennedy, J. and Eberhart, R. “Particle swarm optimization”, In **Proceedings of the IEEE international conference on neural networks (Perth, Australia)**. p. 1942-1948. Perth, Australia: IEEE Xplore, 1995.
- Kuenne, R. E. and Soland, R. M. “Exact and approximate solution to the multi-source Webber problem”, **Math program**. 3(1): 193-209; December, 1972.
- 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, September 18-22, 2004**. p. 752-761. Birmingham: Springer, 2004.
- 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.
- Liao, T. W. “Two hybrid differential evolution algorithms for engineering design optimization”, **Applied Soft Computing**. 10(4): 1188-1199; September, 2010.
- Liao, T. W. and et al. “Two hybrid differential evolution algorithm for optimal inbound and outbound truck sequencing in cross docking operations”, **Applied Soft Computing**. 12(11): 3683-3697; November, 2012.
- Liu, W. S. and et al. “A genetic algorithm approach to location-allocation problem in Urban Garbage Logistics System”, In **IT in medicine and Education, 2008, ITME 2008 IEEE International Symposium on, 2008**. p. 71-75. Xiamen, China: ITME, 2008.
- 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.
- Mark, B. and et al. “Creating land allocation zones for forest management: a simulated annealing approach”, **Canadian Journal of Forest Research**. 34(8): 1669-1682; February, 2004.
- Murray, A. T. and Church, R. L. “Applying simulated annealing to location-planning models”, **Journal of Heuristics**. 2(1): 31-53; January, 1996.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Ohlemüller, M. “Tabu search for large location-allocation problem”, **Journal of the Operational Research Society**. 48(7): 745-750; July, 1997.
- Omran, M. and et al. “Self-adaptive differential evolution”, **Lecture Notes in Artificial Intelligence**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2005.
- Owen, S. H. and Daskin, M. S. “Strategic Facility Location: A Review”, **European Journal of Operational Research**. 111(3): 423-447; December, 1998.
- Pitakaso, R. and Thongdee, T. H. “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.
- Price, K., and Storn, R. M. **Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization (Natural Computing Series)**. New York: Springer, 2005.
- 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.
- 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.
- Şahin, 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.
- Salhi, S. and Gamal, M. D. H. “A Genetic Algorithm Based Approach for the Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem”, **Annals of Operations Research**. 123(1-4): 203-222; October, 2003.
- Sambola, M. A. and et al. “Lagrangean Duals and Exact Solution to the Capacitated p-Center Problem”, **European Journal of Operational Research**. 201(1): 71-81; February, 2010.
- Sasaki, S. and et al. “Using genetic algorithm to optimize current and future health planning the example of ambulance location”, **International Journal of Health Geographics**. 9(4): 4-14; January, 2010.
- Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation”, **Computers and Electronics in Agriculture**. 121(3): 245-259; February, 2016a.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Sethanan, K. and Pitakaso, R. “Improved differential evolution algorithms for solving generalized assignment problem”, **Expert Systems with Applications**. 45(3): 450-459; March, 2016b.
- 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.
- Snyder, L. V. “Facility Location under Uncertainty”, **IIE Transactions**. 38(7): 537-554; July, 2006.
- 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.
- Thongdee, T. H. and Pitakaso, R. “Solving a multi-objective, source & stage location-allocation problem: a case study of a bagasse and cassava pulp ethanol plant in northeastern Thailand”, **Asia-Pacific Journal of Science and Technology**. 17(1): 71-87; February, 2012.
- Vecihi, Y. and et al. “Solving large-scale uncapacitated facility location problem with evolutionary simulated annealing”, **International journal of production research**. 44(22): 4773-4791; February, 2006.
- Vidyarthi, N. and Javaszal, S. “Efficient solution of a class of location-allocation problems with stochastic demand and congestion”, **Computers & Operations Research**. 48(1): 20-30; August, 2014.
- Xu, G. and Xu, J. “An LP Rounding Algorithm for approximating uncapacitated facility location problem with penalties”, **Information Processing Letters**. 94(3): 119-123; May, 2005.
- Yang, Z., He, J. and Yao, X. “Making a difference to differential evolution”, In **Advances in Metaheuristics for Hard Optimization**. Michalewicz, Z. and Siarry, P. Editors. p. 397- 414. Berlin: Springer, 2008.
- 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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลพืชตำบล พื้นที่ อัตราผลผลิต ราคาผลผลิต
ของยางพาราและปาล์มน้ำมัน ปี 2559

ตารางที่ ก.1 พิกัดตำบล พื้นที่ อัตราผลผลิต ราคาผลผลิต ของยางพาราและปาล์มน้ำมัน ปี 2559

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1	เกาะกลาง เกาะลันตา กระบี่	507.05697	856.75462	17.00	10.45	32.98	43.57	4.24
2	เกาะลันตาน้อย เกาะลันตา กระบี่	509.80611	845.00807	8.54	10.80	43.99	42.75	4.26
3	เกาะลันตาใหญ่ เกาะลันตา กระบี่	509.36941	827.75121	5.86	10.92	40.00	42.82	4.26
4	คลองยาง เกาะลันตา กระบี่	509.71747	862.97246	14.32	11.41	90.87	42.87	4.17
5	ศาลาด่าน เกาะลันตา กระบี่	505.47325	840.38971	7.14	10.59	40.00	42.86	4.25
6	เขาดิน เขาพนม กระบี่	511.98289	921.69608	46.90	8.72	88.64	45.22	4.29
7	เขาพนม เขาพนม กระบี่	503.49792	909.91735	55.72	8.64	10.00	45.25	4.27
8	โคกหาร เขาพนม กระบี่	527.71114	905.09914	53.82	8.10	88.61	44.83	4.25
9	พรตเวียง เขาพนม กระบี่	514.46326	912.71436	53.07	8.75	68.99	45.41	4.32
10	ลิ้นปูน เขาพนม กระบี่	527.47273	914.72381	64.29	8.21	84.39	45.65	4.33
11	หน้าเขา เขาพนม กระบี่	496.23661	922.26505	54.68	8.50	92.46	45.20	4.26
12	คลองท่อมใต้ คลองท่อม กระบี่	516.96768	877.61595	35.25	8.98	171.12	43.55	4.12
13	คลองท่อมเหนือ คลองท่อม กระบี่	528.99622	876.57175	51.87	8.82	190.00	43.62	4.11
14	คลองพน คลองท่อม กระบี่	522.4433	861.55296	68.17	8.66	89.07	43.21	4.08
15	ทรายขาว คลองท่อม กระบี่	526.55552	852.30752	44.94	8.97	73.10	43.37	4.13
16	พุดินนา คลองท่อม กระบี่	523.42074	890.57222	73.71	8.98	92.85	43.37	4.15
17	เพขลา คลองท่อม กระบี่	515.29397	892.5465	79.69	8.89	80.90	43.77	4.19
18	หัวน้ำขาว คลองท่อม กระบี่	513.86645	869.5115	23.17	8.68	79.52	43.27	4.15

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
19	เขาชน ปลายพระยา กระบี่	478.36117	946.56245	34.54	0.97	55.17	38.73	4.29
20	เขาต่อ ปลายพระยา กระบี่	472.19951	951.09663	31.64	0.70	104.71	41.92	4.09
21	คีรีวง ปลายพระยา กระบี่	481.38302	934.10591	35.01	2.44	103.06	33.52	4.19
22	ปลายพระยา ปลายพระยา กระบี่	487.00337	944.67838	85.72	2.55	64.89	32.54	4.23
23	กระบี่น้อย เมืองกระบี่ กระบี่	495.50582	903.70438	50.04	7.74	104.71	41.07	4.24
24	เขาคราม เมืองกระบี่ กระบี่	477.19085	910.07457	26.16	7.99	76.10	41.94	4.25
25	เขาทอง เมืองกระบี่ กระบี่	471.62793	899.87259	8.63	6.38	0.00	36.56	0.00
26	คลองประสงค์ เมืองกระบี่ กระบี่	490.87137	885.6475	0.50	20.00	92.93	39.66	4.07
27	ทับปริก เมืองกระบี่ กระบี่	487.44028	906.75718	36.40	5.48	79.52	44.36	4.22
28	ปากน้ำ เมืองกระบี่ กระบี่	489.69312	894.19231	0.17	6.80	89.82	41.03	3.99
29	ไสไทย เมืองกระบี่ กระบี่	485.92423	891.33556	12.72	6.71	90.05	41.55	4.38
30	หนองทะเล เมืองกระบี่ กระบี่	476.33868	894.05254	20.63	6.29	86.35	40.56	4.26
31	อ่าวนาง เมืองกระบี่ กระบี่	480.01893	882.4306	5.60	9.54	90.79	41.08	4.26
32	ดินแดง ลำทับ กระบี่	541.07037	885.58228	24.58	10.17	59.81	42.35	4.05
33	ดินอุดม ลำทับ กระบี่	539.45729	895.3903	25.63	7.21	98.12	41.70	4.22
34	ทุ่งไทรทอง ลำทับ กระบี่	531.91653	889.83562	26.34	10.93	125.52	37.26	3.97
35	ลำทับ ลำทับ กระบี่	535.68854	888.06628	27.10	10.50	60.27	41.82	3.93
36	เกาะศรีบอยา เหนือคลอง กระบี่	498.68267	868.65377	5.33	8.01	22.85	35.61	3.93
37	คลองขนาน เหนือคลอง กระบี่	503.60831	879.45363	32.33	8.05	0.00	35.92	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
38	คลองขม่า เหนือคลอง กระบี่	497.37749	888.23024	2.99	9.79	10.00	33.44	3.89
39	โคกยาง เหนือคลอง กระบี่	509.55658	894.19767	21.34	19.19	11.29	36.50	3.93
40	ตลิ่งชัน เหนือคลอง กระบี่	496.82931	880.64976	2.32	6.98	6.23	34.83	3.76
41	ปากสัย เหนือคลอง กระบี่	506.79133	885.95221	17.30	6.55	11.85	35.51	3.67
42	ห้วยยูง เหนือคลอง กระบี่	507.25722	901.05038	36.90	3.63	42.09	35.54	3.80
43	เหนือคลอง เหนือคลอง กระบี่	499.06019	893.28129	7.23	2.75	27.66	37.91	3.74
44	เขาใหญ่ อ่าวลึก กระบี่	469.10037	935.07261	33.93	5.97	15.48	37.37	4.22
45	คลองยา อ่าวลึก กระบี่	488.04174	927.15964	40.18	12.77	200.00	37.84	4.04
46	คลองหิน อ่าวลึก กระบี่	482.22206	918.68879	53.66	14.33	17.22	39.29	2.91
47	นาเหนือ อ่าวลึก กระบี่	467.92082	941.5233	53.47	0.79	8.06	46.57	4.04
48	บ้านกลาง อ่าวลึก กระบี่	477.0777	923.23938	28.50	20.00	8.24	43.18	4.24
49	แหลมลึก อ่าวลึก กระบี่	461.48337	917.90285	10.62	13.77	10.30	43.12	4.16
50	อ่าวลึกใต้ อ่าวลึก กระบี่	467.69194	926.95447	20.44	10.24	8.23	42.42	4.02
51	อ่าวลึกน้อย อ่าวลึก กระบี่	468.68006	913.97131	19.36	20.00	92.22	44.05	7.20
52	อ่าวลึกเหนือ อ่าวลึก กระบี่	476.82279	928.33497	33.97	14.02	91.51	43.61	4.17
53	ครึ่ง ท่าแซะ ชุมพร	512.73109	1188.00443	26.39	9.00	69.70	44.84	4.54
54	ทรัพย์อนันต์ ท่าแซะ ชุมพร	522.20883	1183.98906	9.50	10.99	139.33	44.56	4.87
55	ท่าข้าม ท่าแซะ ชุมพร	511.45075	1178.3845	29.12	4.92	94.72	45.20	4.46
56	ท่าแซะ ท่าแซะ ชุมพร	518.31059	1179.81274	27.78	9.49	101.35	42.72	4.93

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
57	นากระตาม ท่ามะเซะ ชุมพร	520.33778	1173.19527	15.20	7.15	121.17	39.72	4.52
58	รับร้อ ท่ามะเซะ ชุมพร	501.25181	1190.33393	52.07	9.94	87.82	43.99	4.37
59	สลุย ท่ามะเซะ ชุมพร	519.58352	1202.3674	33.49	7.33	0.77	47.52	4.34
60	สองพี่น้อง ท่ามะเซะ ชุมพร	520.60368	1210.33794	18.77	4.35	30.43	45.47	4.33
61	หงษ์เจริญ ท่ามะเซะ ชุมพร	514.59815	1196.43167	62.59	10.06	81.12	45.13	4.44
62	หินแก้ว ท่ามะเซะ ชุมพร	499.12167	1174.18984	28.65	9.61	0.00	42.67	0.00
63	ช่องไม้แก้วทุ่งตะโก ชุมพร	503.26813	1117.56803	28.46	10.18	7.27	41.28	3.91
64	ตะโก ทุ่งตะโก ชุมพร	502.11919	1112.05079	30.17	6.21	43.01	40.72	3.85
65	ทุ่งตะไคร่ ทุ่งตะโก ชุมพร	510.60347	1119.93111	14.40	6.37	8.53	42.41	4.36
66	ปากตะโก ทุ่งตะโก ชุมพร	515.68487	1119.00866	7.25	4.02	59.72	42.60	3.91
67	เขาไชยราช ปะทิว ชุมพร	537.53176	1208.57266	61.77	5.94	27.14	43.80	4.24
68	ชุมโค ปะทิว ชุมพร	536.73468	1190.2114	56.07	6.12	16.11	44.26	4.22
69	ดอนยาง ปะทิว ชุมพร	538.72571	1200.48239	70.48	4.15	100.00	45.73	4.21
70	ทะเลทรัพย์ ปะทิว ชุมพร	528.77091	1185.28105	18.34	8.99	100.00	44.79	4.33
71	บางสน ปะทิว ชุมพร	531.74753	1179.23114	13.15	6.34	100.00	43.16	4.23
72	ปากคลอง ปะทิว ชุมพร	550.66804	1205.92317	39.51	8.29	100.00	45.09	4.34
73	สะพลี ปะทิว ชุมพร	527.48675	1172.34228	14.79	6.23	100.00	42.62	4.50
74	ปังหวาน พระโศภะ ชุมพร	489.36481	1097.80065	13.39	2.28	113.56	40.04	3.82
75	ปากทรง พระโศภะ ชุมพร	467.62495	1075.17001	16.22	2.36	115.46	40.90	3.77

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
76	พระรักษ์ พะโต๊ะ ชุมพร	487.77947	1090.49514	12.60	5.40	114.57	45.07	3.73
77	พะโต๊ะ พะโต๊ะ ชุมพร	478.12889	1084.96815	12.41	9.66	115.27	39.35	3.69
78	ขุนกระทิง เมืองชุมพร ชุมพร	512.65403	1157.0277	1.27	6.05	116.21	46.63	4.14
79	ตากแดด เมืองชุมพร ชุมพร	516.79726	1157.04273	3.21	7.65	114.66	44.05	4.03
80	ถ้ำสิงห์ เมืองชุมพร ชุมพร	508.546	1151.86297	2.43	5.33	114.65	46.11	4.14
81	ท่าตะเภา เมืองชุมพร ชุมพร	519.63731	1160.56027	4.45	50.00	0.00	46.00	0.00
82	ท่ายาง เมืองชุมพร ชุมพร	523.85557	1152.74471	3.26	5.90	114.74	45.53	4.00
83	ทุ่งตา เมืองชุมพร ชุมพร	515.33968	1149.40299	8.06	4.70	113.85	43.38	3.89
84	นาชะอัง เมืองชุมพร ชุมพร	524.92465	1165.18765	7.38	2.82	116.96	39.98	4.07
85	นาทุ่ง เมืองชุมพร ชุมพร	523.47222	1161.20065	1.91	50.00	0.00	40.00	0.00
86	บางลึก เมืองชุมพร ชุมพร	520.28496	1166.35992	5.67	6.79	115.64	45.43	3.97
87	บางหมาก เมืองชุมพร ชุมพร	520.70895	1154.46422	8.59	10.36	114.76	42.59	4.25
88	บ้านนา เมืองชุมพร ชุมพร	499.17154	1155.83458	24.62	4.98	113.59	42.06	4.12
89	ปากน้ำ เมืองชุมพร ชุมพร	526.80209	1151.15912	0.84	3.60	112.50	43.30	4.07
90	วังไผ่ เมืองชุมพร ชุมพร	513.85314	1163.23318	3.73	5.43	72.75	43.54	3.67
91	วังใหม่ เมืองชุมพร ชุมพร	500.66964	1162.49291	20.77	14.11	107.82	44.58	3.97
92	วิสัยเหนือ เมืองชุมพร ชุมพร	509.89283	1146	10.93	9.29	82.06	42.99	3.78
93	หาดทรายรี เมืองชุมพร ชุมพร	528.8658	1147.95321	1.38	2.62	15.06	42.35	4.07
94	หาดพันไกร เมืองชุมพร ชุมพร	513.85138	1167.57075	8.00	13.54	16.38	44.60	4.07

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
95	ทุ่งควัฒ์ ละแม ชุมพร	499.90678	1079.27766	24.14	8.52	4.27	45.18	4.36
96	ทุ่งหลวง ละแม ชุมพร	507.17188	1083.34262	22.84	8.60	10.00	45.24	4.24
97	ละแม ละแม ชุมพร	499.3518	1077.52969	53.55	7.91	0.00	45.07	0.00
98	สวนแดง ละแม ชุมพร	511.83085	1074.78189	17.77	8.57	0.00	45.24	0.00
99	เขาค่าย สวี ชุมพร	488.06228	1116.89101	9.79	6.71	0.00	45.01	0.00
100	เขาทะลุ สวี ชุมพร	490.66046	1127.15063	13.94	5.86	0.00	45.50	0.00
101	ครน สวี ชุมพร	502.26311	1140.4936	24.56	7.92	0.00	44.63	0.00
102	ด่านสวี สวี ชุมพร	521.07142	1132.34562	10.86	2.74	200.00	44.62	4.18
103	ท่าหิน สวี ชุมพร	516.53036	1129.00854	9.96	11.15	200.00	48.89	3.94
104	ทุ่งระยะ สวี ชุมพร	497.76499	1134.68891	2.34	7.25	200.00	48.97	4.28
105	นาโพธิ์ สวี ชุมพร	511.71845	1127.34925	7.70	8.69	132.14	42.97	4.06
106	นาสัก สวี ชุมพร	499.9989	1124.99228	26.35	6.51	200.00	44.56	4.01
107	ปากแพรก สวี ชุมพร	514.4927	1135.61283	1.52	9.16	200.00	48.36	3.99
108	วิสัยใต้ สวี ชุมพร	504.37781	1145.24149	10.74	10.73	133.33	48.31	4.01
109	สวี สวี ชุมพร	506.88814	1133.50978	7.44	16.32	200.00	51.11	4.02
110	ช้างเงิน หลังสวน ชุมพร	507.95709	1098.34947	2.54	9.31	200.00	49.24	4.09
111	ท่ามะพลา หลังสวน ชุมพร	504.96685	1097.56946	7.02	9.33	200.00	49.15	4.27
112	นาขา หลังสวน ชุมพร	504.88666	1106.93085	15.65	9.93	21.76	49.53	4.32
113	นาพญา หลังสวน ชุมพร	513.20375	1091.21525	12.99	9.70	7.69	45.34	4.21

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
114	บางน้ำจืด หลังสวน ชุมพร	515.64372	1107.84054	10.64	9.93	7.05	49.53	4.21
115	บางมะพร้าว หลังสวน ชุมพร	514.81968	1096.95077	5.81	9.93	21.01	49.53	4.31
116	บ้านควน หลังสวน ชุมพร	503.05801	1088.86464	26.14	9.87	200.00	49.50	4.20
117	ปากน้ำ หลังสวน ชุมพร	515.91434	1100.52465	0.93	90.00	167.92	49.00	4.32
118	พ่อแดง หลังสวน ชุมพร	510.77117	1097.63595	2.11	0.00	139.00	0.00	4.23
119	วังตะกอก หลังสวน ชุมพร	502.35426	1103.18803	14.91	9.30	143.10	49.33	4.22
120	หลังสวน หลังสวน ชุมพร	509.05615	1099.96395	75.00	10.00	182.09	49.00	4.00
121	หาดยาย หลังสวน ชุมพร	495.69669	1100.48383	29.18	8.70	100.84	49.10	4.34
122	แหลมทราย หลังสวน ชุมพร	511.36637	1101.23829	2.19	8.29	166.58	48.88	4.23
123	กันตัง กันตัง ตรัง	557.27561	819.06589	0.02	0.90	0.00	39.70	0.00
124	กันตังใต้ กันตัง ตรัง	556.83776	811.18297	5.97	4.39	141.13	40.97	4.28
125	เกาะลิบง กันตัง ตรัง	542.18799	807.24598	5.44	10.00	90.56	39.96	4.13
126	คลองชีโลม กันตัง ตรัง	564.74444	821.6699	12.64	2.70	187.32	36.77	4.13
127	คลองลู กันตัง ตรัง	555.20572	826.52031	14.78	0.00	22.70	0.00	4.18
128	ควนธานี กันตัง ตรัง	562.12232	830.43234	3.61	1.06	200.00	36.80	4.19
129	โคกยาง กันตัง ตรัง	552.97417	829.99582	16.63	2.42	76.76	37.36	4.44
130	นาเกลือ กันตัง ตรัง	551.72494	809.3621	8.86	2.37	0.00	40.88	0.00
131	บ่อน้ำร้อน กันตัง ตรัง	552.3122	820.7529	11.66	0.67	10.00	39.90	4.27
132	บางเป้า กันตัง ตรัง	559.52476	819.90767	9.40	2.35	10.00	40.53	4.20

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
133	บางลึก กันตัง ตรัง	545.0907	818.46504	30.12	2.74	10.00	40.37	4.15
134	บางหมาก กันตัง ตรัง	562.90798	826.10847	12.83	2.22	10.00	39.05	4.21
135	ย่านซื่อ กันตัง ตรัง	558.90413	825.75299	4.17	3.92	10.00	41.09	4.16
136	วังวน กันตัง ตรัง	561.59656	813.3942	9.57	2.13	0.00	40.71	0.00
137	โคกสะบ้า นาโยง ตรัง	579.00661	829.07833	7.24	3.94	0.00	38.19	0.00
138	ช่อง นาโยง ตรัง	586.81183	833.461	13.17	2.12	0.00	41.34	0.00
139	นาข้าวเสียน นาโยง ตรัง	578.38406	832.62732	6.69	8.60	0.00	40.17	0.00
140	นาโยงเหนือ นาโยง ตรัง	577.1379	836.40195	1.40	9.00	109.93	40.63	4.16
141	นาหมื่นศรี นาโยง ตรัง	576.90051	841.33687	6.95	7.85	114.72	41.34	4.02
142	ละมอ นาโยง ตรัง	583.01547	839.79265	32.19	10.06	98.41	39.47	3.64
143	เกาะสุกร ปะเหลียน ตรัง	564.20669	784.97205	1.91	9.00	6.85	40.05	3.28
144	ท่าข้าม ปะเหลียน ตรัง	576.13848	792.75712	13.85	7.27	7.20	39.84	4.16
145	ท่าพญา ปะเหลียน ตรัง	574.19066	812.88417	5.79	10.00	7.17	39.48	3.81
146	ทุ่งยาว ปะเหลียน ตรัง	582.2218	797.29504	27.52	5.23	7.01	40.97	4.31
147	บางด้วน ปะเหลียน ตรัง	579.73166	811.37817	41.10	6.38	0.00	39.96	0.00
148	บ้านนา ปะเหลียน ตรัง	572.18144	808.63255	31.41	7.44	7.35	38.22	4.31
149	ปะเหลียน ปะเหลียน ตรัง	595.15491	805.6839	32.50	5.81	7.00	39.95	3.89
150	ลิพัง ปะเหลียน ตรัง	589.44041	794.19953	24.62	7.98	0.00	40.52	0.00
151	สุโสะ ปะเหลียน ตรัง	574.29944	799.89736	34.87	7.85	7.41	43.36	3.68

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
152	แหลมสอม ปะเหลียน ตรัง	584.23532	806.69687	27.53	3.14	7.41	39.19	3.92
153	ควนปริง เมืองตรัง ตรัง	566.08002	830.36462	6.29	5.85	0.00	39.14	0.00
154	โคกหล่อ เมืองตรัง ตรัง	568.16327	831.02421	3.08	11.93	0.00	39.25	0.00
155	นาตาล่วง เมืองตรัง ตรัง	565.79768	838.35185	1.99	3.66	10.00	39.28	3.98
156	นาโต๊ะหมิง เมืองตรัง ตรัง	558.16884	835.26636	12.27	2.05	0.00	38.65	0.00
157	นาทามใต้ เมืองตรัง ตรัง	560.82306	844.00346	13.61	3.87	10.00	39.56	3.97
158	นาทามเหนือ เมืองตรัง ตรัง	567.48297	845.58566	34.93	10.00	0.00	38.93	0.00
159	นาบีนทลา เมืองตรัง ตรัง	573.05471	833.65487	2.85	5.57	0.00	39.15	0.00
160	นาพละ เมืองตรัง ตรัง	573.31397	840.15158	3.25	6.03	0.00	39.08	0.00
161	นาโยงใต้ เมืองตรัง ตรัง	574.19789	836.38516	2.04	3.15	10.00	37.15	3.79
162	น้ำผุด เมืองตรัง ตรัง	579.43123	847.14533	18.78	2.97	0.00	39.93	0.00
163	บางรัก เมืองตรัง ตรัง	563.65371	835.45573	1.40	6.07	0.00	38.23	0.00
164	บ้านควน เมืองตรัง ตรัง	570.37317	832.56521	3.89	6.45	0.00	39.16	0.00
165	บ้านโพธิ์ เมืองตรัง ตรัง	570.77915	840.06926	2.12	9.72	10.00	39.04	3.94
166	หนองตรุด เมืองตรัง ตรัง	557.53481	840.52465	32.85	3.67	10.00	40.94	3.97
167	เกาะเปียงะ ย่านตาขาว ตรัง	577.13872	824.13452	13.32	6.66	10.00	43.81	3.83
168	ทุ่งกระบือ ย่านตาขาว ตรัง	569.3936	816.981	13.39	2.93	0.00	39.19	0.00
169	ทุ่งค่าย ย่านตาขาว ตรัง	571.87338	826.05014	15.05	3.34	0.03	42.53	3.84
170	นาชุมเห็ด ย่านตาขาว ตรัง	587.5561	825.78067	17.25	9.08	0.00	41.03	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
171	ในควน ย่านตาขาว ตรัง	582.39565	815.67217	12.51	2.81	0.01	40.00	6.53
172	โพรงจระเข้ ย่านตาขาว ตรัง	591.63446	818.78087	13.67	10.18	0.00	40.34	0.00
173	ย่านตาขาว ย่านตาขาว ตรัง	574.34087	818.66205	6.14	4.15	200.00	41.76	3.50
174	หนองป่อ ย่านตาขาว ตรัง	579.24125	819.81731	14.11	7.39	200.00	41.20	3.50
175	เขาไพร รัชฎา ตรัง	576.18982	878.66248	10.23	8.41	200.00	52.00	3.50
176	คลองปาง รัชฎา ตรัง	570.26798	882.75691	3.58	8.13	200.00	45.00	3.50
177	ควนเมา รัชฎา ตรัง	566.44922	878.22162	21.84	11.89	32.71	41.87	4.00
178	หนองปรือ รัชฎา ตรัง	573.79673	873.31525	20.87	9.88	60.49	52.00	4.00
179	เขาวิเศษ วังวิเศษ ตรัง	550.66811	845.78584	41.93	0.99	45.43	41.27	4.00
180	ท่าสะบ้า วังวิเศษ ตรัง	557.66772	850.06455	19.07	8.33	10.00	38.64	4.55
181	วังมะปราง วังวิเศษ ตรัง	543.95787	846.93332	35.14	1.63	10.00	39.90	3.85
182	วังมะปรางเหนือ วังวิเศษ ตรัง	543.25811	855.91065	20.41	0.00	10.00	0.00	4.35
183	อ่าวตง วังวิเศษ ตรัง	540.884	868.46621	66.89	7.00	0.00	40.23	0.00
184	กะลาเส สิเกา ตรัง	535.92845	855.98516	47.52	1.84	81.74	39.00	3.79
185	เขาไม้แก้ว สิเกา ตรัง	533.80039	845.03898	32.38	1.28	18.46	39.25	3.79
186	นาเมืองเพชร สิเกา ตรัง	549.98014	834.98961	38.73	6.59	59.92	39.00	3.79
187	บ่อหิน สิเกา ตรัง	537.97783	838.74622	37.36	8.56	21.92	38.83	3.79
188	ไม้ฝาด สิเกา ตรัง	540.64839	829.63787	37.82	0.91	37.04	40.25	3.79
189	เขากอบ ห้วยยอด ตรัง	561.52814	862.34992	22.05	10.00	0.00	41.39	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
190	เขาขาว ห้วยยอด ตรัง	568.11002	863.45029	1.77	10.00	50.48	41.14	3.79
191	เขาปูน ห้วยยอด ตรัง	577.18744	861.46668	13.61	10.00	52.88	41.21	4.05
192	ท่าจั่ว ห้วยยอด ตรัง	573.48186	866.8327	11.86	10.00	7.53	41.19	3.79
193	ทุ่งต่อ ห้วยยอด ตรัง	563.44627	857.74121	12.98	10.00	70.60	41.09	3.79
194	นาวาง ห้วยยอด ตรัง	556.35315	855.56857	13.03	7.65	31.23	41.25	4.05
195	ในตา ห้วยยอด ตรัง	580.10097	868.9023	3.95	7.70	53.60	41.06	3.79
196	บางกุ้ง ห้วยยอด ตรัง	549.99371	858.72652	17.18	7.81	14.04	41.23	4.00
197	บางดี ห้วยยอด ตรัง	554.50845	866.74899	25.03	8.01	10.99	41.14	3.79
198	ปากคม ห้วยยอด ตรัง	566.94714	854.76548	7.70	7.80	54.70	41.20	3.79
199	ปากแจ่ม ห้วยยอด ตรัง	579.45555	853.66613	7.50	7.98	66.40	41.12	4.04
200	ลำภูรา ห้วยยอด ตรัง	564.34327	850.92445	9.92	7.91	10.00	41.07	4.05
201	วังคีรี ห้วยยอด ตรัง	551.11783	862.26657	10.07	7.94	188.86	41.21	4.05
202	หนองช้างแล่น ห้วยยอด ตรัง	565.47641	867.85329	15.47	7.92	57.23	41.15	3.95
203	ห้วยนาง ห้วยยอด ตรัง	563.38112	872.33343	26.91	7.89	64.67	41.34	3.95
204	ห้วยยอด ห้วยยอด ตรัง	569.72227	859.55885	3.31	8.10	200.00	41.20	3.95
205	ตะเสะ หาดสำราญ ตรัง	565.62566	793.60363	4.76	7.92	200.00	40.89	3.95
206	บ้ำหวี หาดสำราญ ตรัง	566.49377	804.26546	18.50	7.88	5.79	39.88	3.86
207	หาดสำราญ หาดสำราญ ตรัง	561.4586	801.77599	17.11	7.89	5.41	44.70	3.64
208	ขนอม ขนอม นครศรีธรรมราช	594.07003	1012.17342	7.03	7.88	4.96	47.50	3.15

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
209	ควนทอง ขนอม นครศรีธรรมราช	585.83687	1014.70773	35.85	8.09	4.01	45.00	3.15
210	ท้องเนียน ขนอม นครศรีธรรมราช	589.485	1025.11493	2.14	4.72	200.00	45.00	3.95
211	กะเบียด ฉวาง นครศรีธรรมราช	551.03886	941.56724	5.60	4.79	200.00	40.26	3.95
212	จันดี ฉวาง นครศรีธรรมราช	561.34777	928.00969	4.35	14.72	200.00	40.21	3.95
213	ฉวาง ฉวาง นครศรีธรรมราช	555.51772	927.54962	7.10	0.14	200.00	40.21	4.42
214	นากะชะ ฉวาง นครศรีธรรมราช	550.61705	930.62815	8.26	0.00	200.00	39.27	3.64
215	นาเขื่อง ฉวาง นครศรีธรรมราช	555.0792	943.22402	4.69	0.67	200.00	40.23	3.64
216	นาแฉ ฉวาง นครศรีธรรมราช	557.30601	938.0329	8.74	0.00	0.00	40.23	3.64
217	ไม้เรียง ฉวาง นครศรีธรรมราช	552.4832	935.00184	10.98	0.00	200.00	39.30	3.64
218	ละอ้าย ฉวาง นครศรีธรรมราช	569.74423	935.85233	18.58	0.00	153.73	40.23	4.42
219	ไสหร้า ฉวาง นครศรีธรรมราช	560.36525	933.83918	7.97	10.00	35.67	40.25	3.64
220	ห้วยปรือ ฉวาง นครศรีธรรมราช	551.01975	949.21342	7.96	0.00	9.29	39.24	3.64
221	เชียรเขา เกลิมพระเกียรติ นครศรีธรรมราช	618.7652	904.8173	0.86	0.00	125.52	24.11	3.79
222	ดอนตรอ เกลิมพระเกียรติ นครศรีธรรมราช	614.47571	908.04575	1.44	7.87	0.00	45.00	0.00
223	ทางพูน เกลิมพระเกียรติ นครศรีธรรมราช	608.12106	910.13497	2.86	7.50	18.56	49.00	3.42
224	สวนหลวง เกลิมพระเกียรติ นครศรีธรรมราช	615.74399	898.19053	6.82	7.50	3.79	35.00	3.60
225	เกาะขันธุ์ ชะอวด นครศรีธรรมราช	603.05546	874.44957	5.65	7.84	0.00	39.54	0.00
226	ขอนหาด ชะอวด นครศรีธรรมราช	614.61653	870.37708	8.75	7.87	114.79	40.73	3.79
227	เขาพระทอง ชะอวด นครศรีธรรมราช	596.97372	882.21563	9.50	7.87	44.93	39.94	3.79

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
228	ควนหนองหงษ์ เขตวอด นครศรีธรรมราช	597.52676	885.41434	4.20	7.87	18.85	40.00	4.63
229	เคื่อง เขตวอด นครศรีธรรมราช	621.6721	879.32825	6.63	7.50	200.00	39.86	3.79
230	เขตวอด เขตวอด นครศรีธรรมราช	611.98976	885.01877	8.72	7.86	152.24	39.52	3.79
231	ท่าประจะ เขตวอด นครศรีธรรมราช	605.82047	881.49013	5.82	7.80	20.09	40.20	4.43
232	ท่าเสม็ด เขตวอด นครศรีธรรมราช	610.30179	878.43471	2.95	1.84	96.00	39.95	4.03
233	นางหลง เขตวอด นครศรีธรรมราช	611.43901	874.51118	3.30	5.00	5.88	39.99	4.59
234	บ้านตุล เขตวอด นครศรีธรรมราช	609.81917	891.10026	5.40	0.38	200.00	41.12	3.79
235	วังอ่าง เขตวอด นครศรีธรรมราช	593.27995	875.39609	8.35	2.23	97.37	40.21	3.79
236	ช้างกลาง ช้างกลาง นครศรีธรรมราช	570.97745	922.24543	38.55	0.84	200.00	45.94	3.96
237	สวนขัน ช้างกลาง นครศรีธรรมราช	569.40616	929.79969	12.99	0.89	0.00	45.83	0.00
238	หลักช้าง ช้างกลาง นครศรีธรรมราช	560.71802	922.51292	15.04	0.77	40.00	45.84	4.06
239	คลองเสถ์ ถ้ำพรณรา นครศรีธรรมราช	546.0707	938.60084	15.06	0.79	0.00	44.97	0.00
240	ตุลิต ถ้ำพรณรา นครศรีธรรมราช	538.23102	935.79493	20.84	0.53	0.00	45.05	0.00
241	ถ้ำพรณรา ถ้ำพรณรา นครศรีธรรมราช	542.17065	931.184	18.03	0.40	10.00	45.32	3.87
242	กลาย ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	599.18924	974.21256	1.00	0.44	12.00	40.00	3.79
243	ดอนตะโก ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	597.27854	946.49286	0.37	0.80	7.13	40.00	3.79
244	ดิ่งชัน ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	590.33833	970.9835	0.56	0.82	1.21	40.00	4.06
245	ท่าขัน ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	598.62862	963.48266	8.56	0.69	1.30	42.00	3.50
246	ไทยบุรี ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	596.72949	957.92655	0.36	0.70	3.91	40.00	4.06

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
247	โพธิ์ทอง ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	601.42401	952.60048	0.81	0.79	3.69	40.00	3.87
248	โมคลาน ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	597.35521	949.5215	0.64	1.15	3.70	40.00	4.06
249	สระแก้ว ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	595.77816	967.32046	0.23	1.63	0.00	40.00	0.00
250	หัวตะพาน ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	595.90602	953.32171	0.08	10.00	1.07	0.00	4.06
251	ทุ่งสัง ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	537.63691	925.39552	10.84	10.00	112.75	37.00	3.87
252	บางรูป ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	530.70399	928.49554	30.21	10.00	30.67	37.00	3.87
253	กรูชิง นบพิตำ นครศรีธรรมราช	568.33008	972.83512	12.08	0.00	30.67	44.32	3.76
254	กะหรอ นบพิตำ นครศรีธรรมราช	591.0201	958.00441	12.50	10.00	30.66	44.32	3.87
255	นบพิตำ นบพิตำ นครศรีธรรมราช	580.48064	965.0136	13.54	10.00	108.90	43.83	3.87
256	นางทรง นบพิตำ นครศรีธรรมราช	582.459	956.9772	15.11	0.00	46.12	44.32	3.76
257	แก้วแสน นาบอน นครศรีธรรมราช	558.14199	915.50224	20.70	10.00	41.87	44.48	3.87
258	ทุ่งสง นาบอน นครศรีธรรมราช	553.56068	915.54062	6.00	10.00	200.00	44.18	3.87
259	นาบอน นาบอน นครศรีธรรมราช	567.38583	912.09478	30.12	10.00	0.00	39.38	0.00
260	เกาะหวด ปากพนัง นครศรีธรรมราช	619.93809	915.48964	4.53	7.64	30.67	0.00	3.95
261	ขนานนา ปากพนัง นครศรีธรรมราช	639.19378	907.48974	0.43	7.50	12.96	40.00	3.87
262	คลองกระปือ ปากพนัง นครศรีธรรมราช	626.20421	919.28561	3.56	7.42	88.88	47.07	4.05
263	คลองน้อย ปากพนัง นครศรีธรรมราช	622.03211	924.07376	2.12	0.00	49.38	0.00	3.94
264	ชะเมา ปากพนัง นครศรีธรรมราช	616.05613	914.86772	7.11	0.00	116.32	0.00	4.07
265	บางตะพวง ปากพนัง นครศรีธรรมราช	626.98637	910.0902	1.06	0.00	96.25	0.00	3.95

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
266	บางพระ ปากพนัง นครศรีธรรมราช	635.54151	920.73677	0.11	0.00	60.15	0.00	3.66
267	บางศาลา ปากพนัง นครศรีธรรมราช	630.51005	911.68395	9.75	10.00	64.58	40.00	3.95
268	บ้านเพิง ปากพนัง นครศรีธรรมราช	635.13241	916.98467	0.14	0.00	55.15	0.00	4.00
269	บ้านใหม่ ปากพนัง นครศรีธรรมราช	626.60033	915.22974	4.12	10.00	200.00	40.00	4.00
270	ปากพนังฝั่งตะวันตก ปากพนัง นครศรีธรรมราช	628.30633	924.26657	0.38	0.00	200.00	0.00	6.65
271	ปากพนังฝั่งตะวันออก ปากพนัง นครศรีธรรมราช	632.07539	928.39581	0.29	10.00	200.00	39.38	0.00
272	ปากแพรก ปากพนัง นครศรีธรรมราช	633.56572	911.70639	1.24	0.00	200.00	0.00	4.17
273	ป่าระกำ ปากพนัง นครศรีธรรมราช	623.41007	911.47327	2.22	10.00	200.00	39.38	4.02
274	หูล่อง ปากพนัง นครศรีธรรมราช	630.38081	919.2039	1.07	0.00	200.00	0.00	3.93
275	แหลมตะลุมพุก ปากพนัง นครศรีธรรมราช	630.03362	936.85432	0.00	0.00	200.00	0.00	4.17
276	ทอนหงส์ พรหมคีรี นครศรีธรรมราช	585.39735	948.51601	14.40	8.00	200.00	45.39	4.03
277	นาเรียง พรหมคีรี นครศรีธรรมราช	597.35762	940.80102	4.79	10.00	0.00	45.19	0.00
278	บ้านเกาะ พรหมคีรี นครศรีธรรมราช	589.1097	943.08163	3.40	10.00	25.15	44.66	3.85
279	พรหมโลก พรหมคีรี นครศรีธรรมราช	588.15496	940.12975	5.40	10.00	25.02	40.95	3.85
280	อินคีรี พรหมคีรี นครศรีธรรมราช	599.84476	943.34653	1.62	10.00	0.00	46.16	0.00
281	ช้างซ้าย พระพรหม นครศรีธรรมราช	606.4081	918.80271	6.04	5.50	10.00	43.58	4.55
282	ท้ายสำเภา พระพรหม นครศรีธรรมราช	600.04825	917.80031	3.79	10.00	22.70	43.65	4.17
283	นาพรุ พระพรหม นครศรีธรรมราช	600.30632	921.47284	2.82	9.00	63.17	43.57	5.55
284	นาสาร พระพรหม นครศรีธรรมราช	601.0668	925.45504	4.08	10.00	62.15	43.73	3.09

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (ไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
285	กะพูน พิบูน นครศรีธรรมราช	557.77802	954.31119	10.22	10.00	60.60	35.53	4.13
286	เขาพระ พิบูน นครศรีธรรมราช	567.63404	954.49064	7.26	5.00	20.00	32.51	3.09
287	ควนกลาง พิบูน นครศรีธรรมราช	560.43145	943.07319	7.77	10.00	57.93	34.48	4.00
288	พิปูน พิบูน นครศรีธรรมราช	571.7294	946.02728	3.59	10.00	0.00	30.90	0.00
289	ยางค่อม พิบูน นครศรีธรรมราช	572.63344	941.86837	3.07	0.01	63.16	31.58	0.00
290	กำแพงเขา เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	595.48173	928.56145	5.70	5.00	20.00	36.12	3.97
291	ไชยมนตรี เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	600.45613	928.57716	1.33	0.01	60.61	36.29	4.13
292	ท่าฉั่ว เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	594.78939	935.96235	2.28	10.00	60.05	34.40	4.13
293	ท่าซัก เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	611.66922	938.73968	0.10	20.00	48.33	34.40	4.01
294	ท่าเรือ เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	611.47439	920.41642	11.08	20.00	53.37	34.40	4.38
295	ท่าไร่ เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	614.75158	931.71323	2.45	20.00	51.79	34.40	4.08
296	นาเคียน เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	601.51322	934.60781	1.19	20.00	0.00	35.61	0.00
297	นาทราย เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	600.5992	936.60584	1.06	2.80	0.00	36.83	0.00
298	บางจาก เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	616.77399	926.06398	2.00	2.84	80.67	34.48	4.25
299	ปากนคร เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	611.43753	933.43938	0.05	1.62	63.20	34.48	4.25
300	ปากพูน เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	607.02669	942.86644	3.41	10.00	63.20	43.06	4.25
301	โพธิ์เสด็จ เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	601.69418	931.63838	1.30	10.00	56.91	41.99	4.25
302	มะม่วงสองต้น เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	604.87705	928.47821	0.44	10.00	200.00	36.57	4.25
303	ควนเกย ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	599.106	899.93394	2.27	10.00	60.00	28.34	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
304	ควนชุม ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	601.2537	904.60468	9.35	0.00	0.00	63.03	3.97
305	ควนพัง ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	607.67918	902.05463	13.78	0.00	106.31	43.02	4.05
306	ร่อนพิบูลย์ ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	590.84959	903.70758	15.32	1.28	184.40	44.88	3.77
307	เสาธง ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	600.08764	913.57674	1.88	10.00	0.00	28.32	0.00
308	หินตก ร่อนพิบูลย์ นครศรีธรรมราช	593.20502	912.52006	5.24	8.31	0.00	28.38	3.69
309	กำโลน ลานสกา นครศรีธรรมราช	583.29223	933.26612	3.02	10.00	0.00	48.75	0.00
310	ขุนทะเล ลานสกา นครศรีธรรมราช	592.9714	922.41073	7.52	10.00	137.11	49.13	0.00
311	เขาแก้ว ลานสกา นครศรีธรรมราช	581.70469	925.75805	6.73	10.00	42.52	49.25	0.00
312	ท่าดี ลานสกา นครศรีธรรมราช	590.1858	930.17095	5.27	0.00	37.43	49.12	0.00
313	ลานสกา ลานสกา นครศรีธรรมราช	584.89397	918.11209	6.55	0.00	72.29	49.25	0.00
314	เขาน้อย ลิขล นครศรีธรรมราช	581.54014	987.62189	6.97	0.00	67.64	44.71	3.63
315	ฉลอง ลิขล นครศรีธรรมราช	586.23741	983.77171	4.37	10.00	54.71	45.30	0.00
316	ทุ่งปราง ลิขล นครศรีธรรมราช	596.32584	990.2704	7.47	10.00	39.17	47.75	0.00
317	ทุ่งไส ลิขล นครศรีธรรมราช	594.57994	1002.90884	7.60	10.00	44.33	43.61	0.00
318	เทพราช ลิขล นครศรีธรรมราช	586.38686	979.13485	8.15	10.00	0.00	46.50	0.00
319	เปลี่ยน ลิขล นครศรีธรรมราช	592.2083	976.81235	7.09	10.00	62.80	44.87	0.00
320	ลิขล ลิขล นครศรีธรรมราช	596.49108	996.10669	4.10	10.00	46.64	42.38	0.00
321	เสาเภา ลิขล นครศรีธรรมราช	597.95805	983.14254	9.20	20.00	0.00	46.43	0.00
322	เกาะเพชร หัวไทร นครศรีธรรมราช	642.28058	896.86945	0.68	17.45	200.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
323	เขาพังไกร หัวไทร นครศรีธรรมราช	639.87532	881.83195	0.24	3.09	42.89	42.00	0.00
324	ควนชะลิก หัวไทร นครศรีธรรมราช	633.31322	874.65577	3.50	2.77	0.00	0.00	0.00
325	ทรายขาว หัวไทร นครศรีธรรมราช	635.10327	888.89115	3.55	2.04	67.03	46.00	4.75
326	ท่าขอม หัวไทร นครศรีธรรมราช	637.40394	900.24012	0.52	0.24	62.51	0.00	0.00
327	บางนบ หัวไทร นครศรีธรรมราช	637.34558	896.28675	0.63	0.61	66.07	0.00	0.00
328	บ้านราม หัวไทร นครศรีธรรมราช	637.04737	893.62311	0.41	0.23	67.16	31.95	0.00
329	รามแก้ว หัวไทร นครศรีธรรมราช	642.30921	877.60983	0.24	0.48	0.00	0.00	0.00
330	หัวไทร หัวไทร นครศรีธรรมราช	641.75131	888.58422	2.64	13.43	34.47	0.00	4.75
331	แหลม หัวไทร นครศรีธรรมราช	631.3532	881.11767	4.85	20.00	0.00	0.00	0.00
332	จะแนะ จะแนะ นราธิวาส	798.05349	672.42495	33.12	13.92	0.00	28.68	0.00
333	ช้างเผือก จะแนะ นราธิวาส	784.88287	663.49408	44.44	20.00	28.22	29.58	3.76
334	ดงญอ จะแนะ นราธิวาส	792.47194	678.43952	26.81	20.00	0.00	31.77	3.32
335	ผดุงมาตร จะแนะ นราธิวาส	802.1686	677.95247	7.93	20.00	186.53	31.44	3.45
336	จวบ เจาะไอร้อง นราธิวาส	811.22221	691.95673	10.24	10.00	32.62	38.08	0.00
337	บุกิต เจาะไอร้อง นราธิวาส	813.02027	684.19562	14.65	20.00	41.33	38.17	3.72
338	มะรือโบออก เจาะไอร้อง นราธิวาส	818.34486	691.95653	9.09	20.00	87.60	38.00	3.69
339	เกาะสะทอน ตากใบ นราธิวาส	174.56011	688.44154	0.28	0.00	0.00	36.58	3.37
340	โฆษิต ตากใบ นราธิวาส	173.674	683.47316	0.38	0.00	0.00	35.00	3.56
341	เจ๊ะเห ตากใบ นราธิวาส	173.99731	691.99452	0.08	0.00	0.00	36.36	3.42

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
342	นาคา ตากใบ นราธิวาส	175.67582	679.8448	0.72	10.00	200.00	36.55	0.00
343	บางขุนทอง ตากใบ นราธิวาส	828.33553	690.00964	1.18	2.14	6.48	36.87	3.40
344	พร่อน ตากใบ นราธิวาส	169.55647	686.47821	0.17	8.13	0.00	35.23	3.20
345	ไพรวัน ตากใบ นราธิวาส	825.94617	697.90397	3.58	0.00	200.00	37.05	3.34
346	ศาลาใหม่ ตากใบ นราธิวาส	168.87701	695.37639	0.22	10.00	200.00	39.36	0.00
347	กาเยาะมาตี บาเจาะ นราธิวาส	790.69806	724.44462	2.60	10.00	0.00	45.08	0.00
348	บาเจาะ บาเจาะ นราธิวาส	791.59163	720.76646	2.43	6.95	200.00	43.81	0.00
349	บาเจาะใต้ บาเจาะ นราธิวาส	797.87885	723.57299	3.50	2.78	0.00	42.45	3.80
350	บาเจาะเหนือ บาเจาะ นราธิวาส	791.47991	727.71437	2.65	20.00	0.00	45.12	0.00
351	ปะลุสาตามะ บาเจาะ นราธิวาส	788.45423	731.12232	4.99	5.14	0.00	46.28	0.00
352	ลุโละสาวอ บาเจาะ นราธิวาส	795.3018	718.0127	2.61	1.91	0.00	44.42	0.00
353	กะลุวอ เมืองนราธิวาส นราธิวาส	817.96906	701.87282	6.98	1.76	200.00	56.00	4.22
354	กะลุวอเหนือ เมืองนราธิวาส นราธิวาส	816.65217	708.69576	1.62	20.00	0.00	55.82	3.74
355	โคกเคียน เมืองนราธิวาส นราธิวาส	805.02746	718.37025	13.47	0.40	0.00	43.92	3.95
356	บางปอ เมืองนราธิวาส นราธิวาส	810.8662	700.28771	7.67	0.27	0.00	56.00	0.00
357	มะนังตายอ เมืองนราธิวาส นราธิวาส	805.66499	704.0393	5.96	1.33	0.00	45.58	0.00
358	ลำภู เมืองนราธิวาส นราธิวาส	810.1356	707.18447	5.84	1.31	0.00	63.50	0.00
359	จอบะเยอ ยี่งอ นราธิวาส	794.2256	706.16931	9.76	1.33	2.61	45.40	0.00
360	ตะปอเยาะ ยี่งอ นราธิวาส	797.78967	714.96038	2.99	1.30	0.00	44.48	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
361	ยี่งอ ยี่งอ นราธิวาส	799.03822	706.17444	9.87	1.33	143.37	41.25	3.70
362	ละหาร ยี่งอ นราธิวาส	803.69826	707.83371	9.36	1.51	1.39	41.66	0.00
363	คูโอบายะ ยี่งอ นราธิวาส	794.56791	710.60982	4.57	1.53	125.41	42.97	0.00
364	คูโอบีอูซา ยี่งอ นราธิวาส	801.48649	711.52716	5.20	3.09	16.46	41.66	3.84
365	เฉลิม ระแงะ นราธิวาส	792.24209	696.08665	10.82	1.49	63.99	37.97	0.00
366	ตันหยงมัส ระแงะ นราธิวาส	801.38079	698.41557	12.04	0.86	43.93	41.60	0.00
367	ตันหยงลิมอ ระแงะ นราธิวาส	807.05486	695.27361	14.95	1.30	81.31	40.83	0.00
368	บองอ ระแงะ นราธิวาส	804.66061	682.96644	16.62	2.29	0.00	40.40	0.00
369	บาโงสะโต ระแงะ นราธิวาส	797.76754	694.57659	7.17	10.00	0.00	38.42	0.00
370	มะรือโปกก ระแงะ นราธิวาส	791.46359	700.91862	9.05	1.85	71.64	40.13	0.00
371	โคกสะตอ รือเสาะ นราธิวาส	770.9844	695.0537	20.72	10.00	0.00	35.36	0.00
372	บาตง รือเสาะ นราธิวาส	770.51568	701.0385	24.13	20.00	87.60	34.21	0.00
373	รือเสาะ รือเสาะ นราธิวาส	777.47822	704.38792	23.35	0.00	0.00	29.51	3.12
374	รือเสาะออก รือเสาะ นราธิวาส	782.47798	707.42223	15.85	5.33	0.00	30.28	109.99
375	เรียง รือเสาะ นราธิวาส	770.26043	707.72467	6.78	10.00	0.00	36.62	0.00
376	ลาโละ รือเสาะ นราธิวาส	786.16655	702.55293	19.60	0.00	0.00	34.93	0.00
377	สามัคคี รือเสาะ นราธิวาส	786.1215	710.63622	15.45	20.00	62.26	36.60	0.00
378	สาวอ รือเสาะ นราธิวาส	776.8362	712.32838	7.71	10.00	56.70	289.47	0.00
379	สุวารี รือเสาะ นราธิวาส	786.30789	715.1365	16.49	10.00	61.92	36.60	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
380	กายุคละ แฉ่ง นราธิวาส	822.32634	661.13234	20.65	10.00	88.20	37.23	0.00
381	หอยเลาะ แฉ่ง นราธิวาส	822.30727	653.38093	12.43	0.00	6.67	36.85	3.32
382	แมตง แฉ่ง นราธิวาส	814.85168	652.53222	12.49	9.32	0.00	36.56	3.55
383	โคะจุต แฉ่ง นราธิวาส	815.91846	645.88361	15.05	8.51	0.00	37.14	0.00
384	แฉ่ง นราธิวาส	815.88381	657.21593	12.22	13.47	0.00	36.46	3.48
385	เอราวัณ แฉ่ง นราธิวาส	814.63068	661.0423	5.14	17.48	0.00	36.45	0.00
386	กาหลง ศรีสาคร นราธิวาส	767.18376	687.31543	6.37	12.24	0.00	39.41	0.00
387	เจียงคี่ ศรีสาคร นราธิวาส	784.52169	693.97225	15.62	12.24	0.00	39.87	0.00
388	ซากอ ศรีสาคร นราธิวาส	781.84588	688.39886	4.96	18.27	0.00	42.15	0.00
389	ตะมะยุง ศรีสาคร นราธิวาส	778.22514	695.06923	12.62	8.29	30.77	40.73	0.00
390	ศรีบรรพต ศรีสาคร นราธิวาส	784.861	680.66871	23.41	8.59	7.39	38.38	3.69
391	ศรีสาคร ศรีสาคร นราธิวาส	774.76736	680.22815	46.25	12.47	0.00	36.08	3.22
392	เกียร สุคิริน นราธิวาส	807.68178	662.15227	4.34	8.03	0.00	26.41	0.00
393	ภูเขาทอง สุคิริน นราธิวาส	803.44078	642.43628	4.30	8.68	0.00	22.89	2.50
394	มาโมง สุคิริน นราธิวาส	802.62552	650.77561	12.06	4.51	83.75	25.98	2.92
395	ร่มไพร สุคิริน นราธิวาส	804.82356	668.87219	5.64	9.14	80.57	27.30	2.86
396	สุคิริน สุคิริน นราธิวาส	799.31328	657.81002	21.56	20.00	74.89	29.19	4.50
397	บูยะ สู่หงโก-ลก นราธิวาส	167.93387	676.28457	5.60	11.61	0.00	36.17	2.79
398	บูโนะ สู่หงโก-ลก นราธิวาส	172.60271	675.24589	2.83	8.51	0.00	34.91	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
399	เกาะ สุโขทัย นราธิวาส	820.38743	666.09294	7.08	8.46	200.00	44.97	3.44
400	โต๊ะเตี้ย สุโขทัย นราธิวาส	815.35023	676.8301	11.00	11.84	0.00	45.36	0.00
401	ปะลุรู สุโขทัย นราธิวาส	821.59699	672.1915	17.20	11.95	0.00	45.40	3.24
402	ริโก สุโขทัย นราธิวาส	814.98324	670.36998	7.21	7.34	0.00	45.67	0.00
403	สากอ สุโขทัย นราธิวาส	814.01395	665.01912	12.97	8.00	0.00	45.16	0.00
404	สุโขทัย สุโขทัย นราธิวาส	824.40851	681.83987	14.36	7.22	0.00	45.46	3.32
405	กะบุรี กะป้อ ปัตตานี	782.34353	727.09265	6.83	8.00	0.00	49.07	0.00
406	ตะโละดือรามัน กะป้อ ปัตตานี	783.88961	730.50435	5.45	10.00	0.00	49.54	0.00
407	ปล่องหอย กะป้อ ปัตตานี	778.57241	733.85431	15.99	8.00	0.00	49.39	0.00
408	ควนโนรี โคกโพธิ์ ปัตตานี	741.28953	741.81736	3.72	8.00	0.00	41.66	0.00
409	โคกโพธิ์ โคกโพธิ์ ปัตตานี	727.48196	744.92684	8.24	11.96	0.00	41.49	4.00
410	ช้างเหล็ก โคกโพธิ์ ปัตตานี	729.23235	739.73851	3.54	11.43	0.00	40.39	0.00
411	ทรายขาว โคกโพธิ์ ปัตตานี	731.96964	736.87623	9.12	9.28	0.00	41.46	3.33
412	ท่าเรือ โคกโพธิ์ ปัตตานี	729.26095	749.67215	11.40	10.64	0.00	40.62	3.05
413	ทุ่งพลา โคกโพธิ์ ปัตตานี	738.13642	734.46575	2.33	11.40	0.00	41.33	0.00
414	นาเกตุ โคกโพธิ์ ปัตตานี	738.15232	745.97844	2.46	8.85	0.00	42.74	0.00
415	นาประดู่ โคกโพธิ์ ปัตตานี	736.73257	739.60804	12.35	9.63	0.00	46.18	0.00
416	บางโกระ โคกโพธิ์ ปัตตานี	731.42282	747.07855	1.75	0.00	0.00	48.47	0.00
417	ปากล่อ โคกโพธิ์ ปัตตานี	742.10353	731.84471	9.19	7.38	0.00	43.79	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
418	ป่าบอน โคกโพธิ์ ปัตตานี	732.61626	741.88454	1.42	7.92	0.00	44.07	0.00
419	มะกรูด โคกโพธิ์ ปัตตานี	734.22833	745.2942	5.73	11.60	0.00	43.63	5.58
420	ตะโละมะเระนา พงษ์ยางแดง ปัตตานี	765.5209	730.33195	11.50	10.90	0.00	46.10	0.00
421	น้ำดำ พงษ์ยางแดง ปัตตานี	770.33912	730.82896	3.80	7.81	0.00	45.85	0.00
422	ปากู พงษ์ยางแดง ปัตตานี	773.99166	733.4528	12.30	15.76	0.00	50.74	0.00
423	พิเทิน พงษ์ยางแดง ปัตตานี	772.71707	738.99877	13.86	5.63	0.00	44.11	0.00
424	ควน ปะนาเระ ปัตตานี	775.79147	747.67601	1.11	5.42	0.00	52.50	0.00
425	คอกกระบือ ปะนาเระ ปัตตานี	778.78449	752.60445	1.43	13.57	0.00	52.47	3.75
426	ดอน ปะนาเระ ปัตตานี	774.382	750.75815	0.12	20.00	0.00	51.90	0.00
427	ท่าข้าม ปะนาเระ ปัตตานี	773.9878	756.44685	0.23	10.04	0.00	52.10	0.00
428	ท่าน้ำ ปะนาเระ ปัตตานี	778.03722	749.11499	2.02	5.94	0.00	55.00	0.00
429	บ้านกลาง ปะนาเระ ปัตตานี	777.736	756.41651	0.71	5.16	0.00	52.32	4.18
430	บ้านนอก ปะนาเระ ปัตตานี	774.05421	753.64111	0.30	15.83	0.00	51.85	3.76
431	บ้านน้ำบ่อ ปะนาเระ ปัตตานี	783.01054	754.31418	0.67	5.16	0.00	52.01	0.00
432	ปะนาเระ ปะนาเระ ปัตตานี	774.07726	759.46585	0.39	0.74	0.00	0.00	0.00
433	พ้อมิ่ง ปะนาเระ ปัตตานี	781.99851	751.38197	1.75	1.21	0.00	52.11	0.00
434	กระเสาะ มายอ ปัตตานี	763.6935	746.70586	1.60	1.30	0.00	37.33	0.00
435	กระหวะ มายอ ปัตตานี	769.90464	748.14738	0.24	0.69	0.00	47.88	0.00
436	เกาะจัน มายอ ปัตตานี	763.32933	743.81634	3.46	0.69	2.73	46.84	4.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
437	ตรัง มายอ ปัตตานี	762.4304	741.23625	2.87	4.86	0.00	47.46	0.00
438	ถนน มายอ ปัตตานี	768.19045	745.66256	1.50	6.65	1.71	49.16	3.95
439	ปะโค มายอ ปัตตานี	760.73801	738.9279	1.50	8.12	0.00	45.09	0.00
440	ปานัน มายอ ปัตตานี	757.97163	743.54379	0.90	7.82	0.00	47.15	0.00
441	มายอ มายอ ปัตตานี	767.41467	742.83727	1.35	8.14	0.00	48.82	0.00
442	กลาง มายอ ปัตตานี	773.82566	745.32905	4.79	8.31	36.00	43.30	0.00
443	ลุโละยี่ไร มายอ ปัตตานี	765.21654	736.07283	18.69	8.66	34.58	42.95	0.00
444	สะก้า มายอ ปัตตานี	771.08922	744.85494	4.23	14.91	0.00	47.48	4.00
445	สาโคงไต้ มายอ ปัตตานี	760.55844	746.58992	0.43	14.60	28.96	48.31	4.01
446	สาโคงบน มายอ ปัตตานี	759.23841	746.93096	0.59	6.38	31.80	48.10	0.00
447	กะมียอ เมืองปัตตานี ปัตตานี	755.72937	757.72889	0.10	14.30	28.35	20.00	0.00
448	คลองมานิง เมืองปัตตานี ปัตตานี	754.20016	757.94724	0.19	1.22	32.53	20.00	0.00
449	ตะลุโละ เมืองปัตตานี ปัตตานี	750.6164	757.96005	0.03	0.00	35.26	17.33	0.00
450	บาราเฮาะ เมืองปัตตานี ปัตตานี	750.542	755.44723	0.17	4.00	0.00	15.00	0.00
451	ปะกาธะรัง เมืองปัตตานี ปัตตานี	746.85955	755.74089	0.53	3.78	33.78	20.00	3.63
452	บุยุต เมืองปัตตานี ปัตตานี	750.69542	753.39239	0.19	0.00	36.94	43.00	3.46
453	ปาไร่ แม่ลาน ปัตตานี	744.71448	739.44093	9.26	7.32	34.56	49.20	3.89
454	ม่วงเตี้ย แม่ลาน ปัตตานี	750.26638	739.1	6.76	7.01	99.27	49.13	0.00
455	แม่ลาน แม่ลาน ปัตตานี	746.61935	735.23345	7.14	6.82	84.68	48.90	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
456	ไพรทอง ไผ่แก่น ปัตตานี	795.56906	730.81259	1.11	7.20	102.45	22.47	0.00
457	กะตุนง สายบุรี ปัตตานี	782.34763	735.34756	3.88	7.03	98.76	54.31	0.00
458	ตะบิง สายบุรี ปัตตานี	786.23747	739.22312	3.03	6.88	66.05	54.32	0.00
459	เตราะบอน สายบุรี ปัตตานี	781.12235	739.94559	4.46	7.27	65.88	54.32	0.00
460	ทุ่งคล้า สายบุรี ปัตตานี	778.31561	743.40011	1.28	7.01	57.88	54.30	0.00
461	บางเก่า สายบุรี ปัตตานี	786.44004	748.3934	0.14	7.36	59.09	54.00	4.00
462	บือระ สายบุรี ปัตตานี	784.25176	742.56009	1.47	6.24	14.83	54.35	0.00
463	ปะเสยะวอ สายบุรี ปัตตานี	787.87287	744.61094	1.73	3.98	7.05	54.36	0.00
464	แม่ป่น สายบุรี ปัตตานี	782.21433	746.51535	1.38	7.63	200.00	54.31	0.00
465	มะนังดาลำ สายบุรี ปัตตานี	787.36041	735.66027	2.73	8.33	96.49	54.32	0.00
466	ละหาร สายบุรี ปัตตานี	790.5054	736.83663	1.89	8.00	200.00	54.32	0.00
467	เกาะเปาะ หนองจิก ปัตตานี	743.20061	753.81682	0.65	3.00	200.00	52.07	0.00
468	คอรอดันหยง หนองจิก ปัตตานี	745.58407	745.97638	1.57	6.58	200.00	52.15	5.02
469	ดอนรัก หนองจิก ปัตตานี	744.08034	756.81002	0.07	5.38	200.00	52.27	0.00
470	ดาโต๊ะ หนองจิก ปัตตานี	748.02408	743.02265	1.77	5.54	200.00	52.09	0.00
471	ดุยง หนองจิก ปัตตานี	740.79764	756.05495	0.62	6.26	200.00	40.73	5.09
472	ท่ากำชำ หนองจิก ปัตตานี	728.81862	755.10162	2.17	4.19	200.00	52.15	5.15
473	บ่อทอง หนองจิก ปัตตานี	736.8625	751.07581	1.60	6.16	200.00	52.23	0.00
474	บางเขา หนองจิก ปัตตานี	735.42377	755.86495	1.43	4.36	200.00	52.22	5.06

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
475	บุละบูยี นອງจิก ปัตตานี	742.53459	749.99493	1.27	4.53	200.00	52.56	0.00
476	ยาปี นອງจิก ปัตตานี	748.28403	750.21043	1.87	2.00	200.00	52.59	0.00
477	ลิปะสะรัง นອງจิก ปัตตานี	745.87026	751.82666	1.98	4.08	200.00	52.11	9.37
478	กะปง กะปง พังงา	441.42002	955.98396	7.38	4.99	200.00	43.08	3.91
479	ท่านา กะปง พังงา	438.10975	962.88549	11.47	2.62	200.00	51.19	3.81
480	รมณีย์ กะปง พังงา	444.89519	974.70699	14.93	2.02	200.00	38.93	4.36
481	เหมาะ กะปง พังงา	430.278	961.32126	11.48	2.18	76.87	43.18	0.00
482	เหล กะปง พังงา	445.74636	965.48073	25.10	3.07	77.28	37.52	3.71
483	เกาะยาวน้อย เกาะยาว พังงา	457.06117	898.80854	5.85	4.54	76.92	43.92	3.98
484	เกาะยาวใหญ่ เกาะยาว พังงา	452.26949	891.06017	3.72	1.80	76.85	44.75	0.00
485	พริโน เกาะยาว พังงา	454.80263	879.98663	3.59	4.01	77.66	44.59	0.00
486	เกาะพระทอง กระบุรี พังงา	411.99828	1010.07745	2.62	0.00	76.98	41.74	50.77
487	กระบุรี พังงา	435.4291	1024.74625	48.21	2.40	96.03	31.85	0.00
488	บางวัน กระบุรี พังงา	435.46506	999.65369	45.88	9.17	76.16	32.40	0.00
489	แม่นางขาว กระบุรี พังงา	433.69818	1013.10006	46.03	6.72	38.97	42.04	0.00
490	กระโสม ตะกั่วทุ่ง พังงา	440.18182	925.88703	21.56	6.24	104.22	45.70	0.00
491	กะไหล ตะกั่วทุ่ง พังงา	437.64971	918.35159	11.97	7.28	68.41	46.36	4.27
492	คลองเคียน ตะกั่วทุ่ง พังงา	439.82705	904.86157	37.12	6.75	61.15	46.36	0.00
493	โคกกลอย ตะกั่วทุ่ง พังงา	423.68465	912.99938	31.61	6.28	0.00	46.18	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
494	ถ้า ตะกั่วทุ่ง พังงา	435.53622	930.02862	13.82	6.47	15.35	46.63	4.40
495	ท่าอยู่ ตะกั่วทุ่ง พังงา	433.74908	913.15884	43.28	8.14	6.08	46.06	4.17
496	ห้อยยง ตะกั่วทุ่ง พังงา	429.39035	907.91072	23.40	5.73	0.00	46.33	0.00
497	เกาะคอเขา ตะกั่วป่า พังงา	421.24312	990.76199	0.93	7.65	33.83	34.12	3.90
498	คึกคัก ตะกั่วป่า พังงา	420.78777	961.58256	2.43	6.12	6.03	33.51	3.66
499	โคกเคียน ตะกั่วป่า พังงา	432.66791	978.48875	1.07	6.48	4.24	33.49	0.00
500	ตะกั่วป่า ตะกั่วป่า พังงา	428.92218	978.3016	0.17	6.67	32.25	21.68	0.00
501	ตำตัว ตะกั่วป่า พังงา	431.48993	971.07637	1.11	2.47	6.38	33.51	3.85
502	บางไทร ตะกั่วป่า พังงา	426.89817	971.76532	1.69	1.64	103.78	32.42	0.00
503	บางนายสี ตะกั่วป่า พังงา	430.02717	985.89761	1.79	0.00	0.00	34.14	0.00
504	บางม่วง ตะกั่วป่า พังงา	421.77672	974.93908	1.02	5.88	200.00	33.30	0.00
505	โคกเจริญ ทับปุด พังงา	460.87421	945.51697	13.77	0.00	0.00	43.14	0.00
506	ถ้าทองกลาง ทับปุด พังงา	453.91831	944.71468	5.76	0.00	71.90	43.08	0.00
507	ทับปุด ทับปุด พังงา	459.52445	941.44533	11.02	0.00	114.26	43.22	4.02
508	บ่อแสน ทับปุด พังงา	456.57206	936.50634	8.16	1.62	200.00	43.17	4.02
509	บางเหรียง ทับปุด พังงา	461.90873	951.70168	13.89	3.25	114.26	43.16	0.00
510	มะรุ่ย ทับปุด พังงา	460.04971	931.13655	8.24	1.99	126.94	43.66	4.03
511	ท้ายเหมือง ท้ายเหมือง พังงา	420.18544	933.28827	11.21	0.00	61.33	45.38	0.00
512	ทุ่งมะพร้าว ท้ายเหมือง พังงา	424.98894	942.34017	24.47	0.00	117.86	42.93	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
513	นาเดย ต่ายเหมือง พังงา	423.24189	922.39898	16.94	0.00	122.40	42.73	0.00
514	บางทอง ต่ายเหมือง พังงา	428.88758	930.57529	24.99	7.17	100.53	40.25	0.00
515	ลำแก่น ต่ายเหมือง พังงา	418.3614	948.26755	16.29	7.76	104.28	42.11	0.00
516	ลำรี ต่ายเหมือง พังงา	429.98718	949.88632	26.54	7.68	112.86	41.73	0.00
517	เกาะปันหยี เมืองพังงา พังงา	449.35243	920.53211	0.31	0.00	95.16	41.60	0.00
518	ตากแดด เมืองพังงา พังงา	442.66002	932.3834	17.10	0.00	103.20	41.76	3.85
519	ถ้ำน้ำผุด เมืองพังงา พังงา	448.06502	934.12887	1.10	10.74	117.81	41.65	3.87
520	ท้ายช้าง เมืองพังงา พังงา	447.77529	933.94459	0.01	0.00	118.23	37.44	0.00
521	ทุ่งคางโมก เมืองพังงา พังงา	438.13933	945.62586	14.93	0.00	106.27	41.76	3.87
522	นบปรัง เมืองพังงา พังงา	446.45152	943.1104	16.25	0.00	114.62	41.82	3.88
523	บางเตย เมืองพังงา พังงา	453.17951	929.30492	3.48	0.00	111.43	41.58	0.00
524	ปากอ เมืองพังงา พังงา	441.04956	938.83669	9.72	0.00	121.55	40.05	0.00
525	สองแพรก เมืองพังงา พังงา	450.59034	951.27342	3.57	0.00	133.33	41.61	0.00
526	กงหรา กงหรา พัทลุง	600.5576	826.23922	9.84	0.00	64.43	42.79	4.01
527	คลองเฉลิม กงหรา พัทลุง	606.37178	815.16089	21.49	0.00	27.87	43.94	0.00
528	คลองทรายขาว กงหรา พัทลุง	602.07738	820.84248	10.26	0.00	39.27	43.40	0.00
529	ชะรัด กงหรา พัทลุง	609.11325	826.18249	7.63	0.00	39.96	44.05	0.00
530	สมหวัง กงหรา พัทลุง	609.25224	830.12336	4.58	0.00	69.68	44.07	0.00
531	เขาชัยสน เขาชัยสน พัทลุง	622.02083	821.57369	24.10	0.00	88.89	45.43	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
532	ควนขนุน เขาชัยสน พัทลุง	620.8379	828.15956	10.71	0.00	0.00	44.12	3.79
533	โคกม่วง เขาชัยสน พัทลุง	615.39935	819.49332	29.96	0.00	50.98	41.91	3.94
534	จองถนน เขาชัยสน พัทลุง	631.73815	827.93806	2.65	0.00	54.67	41.31	3.96
535	หวนโพธิ์ เขาชัยสน พัทลุง	630.56264	832.10458	19.84	0.00	200.00	44.35	0.00
536	ควนขนุน ควนขนุน พัทลุง	611.33792	857.3906	2.44	0.00	45.63	43.00	0.00
537	ชะมวง ควนขนุน พัทลุง	605.45108	858.40523	27.44	0.00	25.98	43.20	0.00
538	ดอนทราย ควนขนุน พัทลุง	606.21644	853.51995	3.21	0.00	88.20	43.57	3.93
539	โตนดด้วน ควนขนุน พัทลุง	612.40072	852.91514	5.87	0.00	50.51	43.90	4.07
540	ทะเลน้อย ควนขนุน พัทลุง	626.24518	865.03803	1.15	0.00	23.16	44.16	4.08
541	นาขยาด ควนขนุน พัทลุง	604.7072	849.77061	5.30	0.00	26.08	43.14	0.00
542	ปันแต ควนขนุน พัทลุง	613.36703	861.50529	5.78	0.00	0.00	43.29	3.91
543	พนมวังค์ ควนขนุน พัทลุง	613.21718	849.11467	4.08	10.00	0.00	42.50	0.00
544	พนางตุง ควนขนุน พัทลุง	625.67261	857.78293	1.81	10.00	0.00	43.10	0.00
545	แพรกหา ควนขนุน พัทลุง	610.93772	846.09411	1.95	10.00	0.00	43.15	0.00
546	มะกอกเหนือ ควนขนุน พัทลุง	616.63363	855.62996	1.00	0.00	56.32	43.80	4.13
547	แหลมโตนด ควนขนุน พัทลุง	614.02356	865.83344	2.98	0.00	98.35	42.88	4.04
548	คลองใหญ่ ตะโหมด พัทลุง	618.55542	802.65255	18.76	10.00	0.00	47.07	0.00
549	ตะโหมด ตะโหมด พัทลุง	610.89028	804.95131	24.65	10.00	125.33	45.92	0.00
550	แมขรี ตะโหมด พัทลุง	620.95295	811.05263	20.39	10.00	131.50	44.42	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
551	โคกสีก บางแก้ว พัทลุง	626.39654	817.0105	13.90	1.08	76.07	44.35	3.79
552	ท่ามะเดื่อ บางแก้ว พัทลุง	627.28623	822.09796	5.48	1.32	55.67	45.28	3.72
553	นาปะขอ บางแก้ว พัทลุง	634.91381	822.91124	11.79	10.00	86.11	44.57	0.00
554	เกาะนางคำ ปากพะยูน พัทลุง	653.34975	811.81137	2.07	1.97	81.73	43.04	3.84
555	เกาะหมาก ปากพะยูน พัทลุง	647.11621	823.35786	7.06	2.51	129.05	42.40	3.70
556	ดอนทราย ปากพะยูน พัทลุง	644.19743	801.21049	1.06	2.30	98.05	44.05	0.00
557	ดอนประดู่ ปากพะยูน พัทลุง	645.50112	804.75937	3.63	2.23	46.63	43.71	0.00
558	ปากพะยูน ปากพะยูน พัทลุง	647.4619	810.40129	3.26	2.24	35.43	44.23	3.49
559	ผาละมี ปากพะยูน พัทลุง	639.13481	814.96719	18.98	1.92	83.18	44.43	0.00
560	หารเทา ปากพะยูน พัทลุง	639.78536	805.44076	16.33	1.86	62.53	41.53	0.00
561	โคกทราย ป่าบอน พัทลุง	635.67791	798.60041	16.08	1.89	109.26	47.10	3.96
562	ทุ่งนารี ป่าบอน พัทลุง	624.71765	794.96638	40.00	3.46	70.18	50.04	3.78
563	ป่าบอน ป่าบอน พัทลุง	629.25855	811.16318	22.24	3.62	79.15	42.57	3.99
564	วังใหม่ ป่าบอน พัทลุง	633.20907	807.22509	25.02	3.87	71.19	47.22	3.70
565	หนองธง ป่าบอน พัทลุง	616.58153	795.89782	35.29	3.35	125.25	42.33	4.32
566	เขาเจ็ยก เมืองพัทลุง พัทลุง	614.55574	842.92387	0.58	3.50	110.63	45.15	0.00
567	ควนมะพร้าว เมืองพัทลุง พัทลุง	623.43495	839.17449	2.85	3.60	0.00	44.15	0.00
568	คูหาสวรรค์ เมืองพัทลุง พัทลุง	618.61713	842.22396	0.06	3.77	24.35	47.28	0.00
569	โคกชะงาย เมืองพัทลุง พัทลุง	610.62321	841.88299	1.72	3.76	0.00	42.93	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
570	ชัยบุรี เมืองพัทลุง พัทลุง	620.59279	850.96063	2.65	0.00	0.00	44.61	0.00
571	ตำนาน เมืองพัทลุง พัทลุง	619.47713	837.12112	3.30	4.00	130.00	45.59	0.00
572	ท่าแค เมืองพัทลุง พัทลุง	615.47413	833.99662	4.87	4.07	0.00	45.89	3.85
573	ท่ามิหรำ เมืองพัทลุง พัทลุง	615.78541	838.97625	0.59	3.46	166.67	45.30	0.00
574	นาท่อม เมืองพัทลุง พัทลุง	610.73231	838.60052	2.66	7.79	150.69	44.37	0.00
575	นาโหนด เมืองพัทลุง พัทลุง	614.67767	827.41596	8.02	20.00	192.31	43.34	0.00
576	ปรางหนู เมืองพัทลุง พัทลุง	617.85026	845.40534	2.10	20.00	0.00	43.57	0.00
577	พญาขัน เมืองพัทลุง พัทลุง	621.911	845.77274	0.53	7.01	0.00	45.96	4.02
578	ร่มเมือง เมืองพัทลุง พัทลุง	611.20759	835.36203	4.15	6.13	0.00	41.86	4.02
579	ลำปำ เมืองพัทลุง พัทลุง	629.85934	845.67218	0.64	3.34	0.00	40.65	0.00
580	ชุมพล ศรีนครินทร์ พัทลุง	604.62261	841.10766	17.47	3.65	0.00	45.03	0.00
581	บ้านนา ศรีนครินทร์ พัทลุง	595.79836	835.63952	17.52	3.82	0.00	44.97	0.00
582	ลำสินธุ์ ศรีนครินทร์ พัทลุง	601.00968	831.17349	9.08	1.02	0.00	45.14	0.00
583	อ่างทอง ศรีนครินทร์ พัทลุง	607.16896	835.0875	6.88	6.30	0.00	44.91	3.55
584	เขาปู่ ศรีบรรพต พัทลุง	591.74041	851.73044	22.66	18.96	0.00	44.43	0.00
585	เขาเย่า ศรีบรรพต พัทลุง	598.3551	855.6511	15.61	0.42	0.00	44.57	3.85
586	ตะแพน ศรีบรรพต พัทลุง	596.85924	845.11575	19.79	8.96	0.00	44.12	0.00
587	กมลา กะทู้ ภูเก็ต	421.62503	878.33671	3.98	20.00	0.00	47.84	0.00
588	กะทู้ ภูเก็ต	427.00151	874.79546	2.53	20.00	0.00	47.55	4.26

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
589	ป่าตอง กะทู้ ภูเก็ต	422.83544	873.19916	1.87	9.51	0.00	47.72	0.00
590	เชิงทะเล ภูเก็ต	422.78258	884.95837	5.00	9.01	0.00	48.00	0.00
591	เทพกระษัตรี ภูเก็ต	428.08439	891.76782	6.30	7.94	0.00	52.00	0.00
592	ไม้ขาว ภูเก็ต	424.92247	900.60231	5.12	20.00	0.00	60.00	0.00
593	ศรีสุนทร ภูเก็ต	427.92548	882.63149	10.30	20.00	0.00	52.00	4.97
594	สาคู ภูเก็ต	422.81185	893.05022	0.03	20.00	0.00	0.00	4.97
595	เกาะแก้ว เมืองภูเก็ต ภูเก็ต	432.46987	878.45759	0.61	20.00	0.00	36.53	0.00
596	ฉลอง เมืองภูเก็ต ภูเก็ต	426.75835	867.44924	2.00	20.00	0.00	45.33	0.00
597	รัษฎา เมืองภูเก็ต ภูเก็ต	432.60787	871.10642	0.04	20.00	0.00	45.11	0.00
598	ราไวย์ เมืองภูเก็ต ภูเก็ต	426.9415	856.29034	0.64	20.00	0.00	31.86	0.00
599	กابัง กาบัง ยะลา	721.59801	712.10458	48.91	20.00	54.41	45.27	0.00
600	บาละ กาบัง ยะลา	718.97276	699.33545	61.61	20.00	80.34	45.22	0.00
601	ศรีงต ชาร์โต ยะลา	734.20478	680.59573	7.17	10.15	0.00	391.99	0.00
602	ชาร์โต ชาร์โต ยะลา	742.13184	682.01046	6.28	10.19	57.68	41.58	0.00
603	บ้านแหร ชาร์โต ยะลา	743.8208	675.15202	33.59	10.08	0.00	41.43	0.00
604	แม่หวาด ชาร์โต ยะลา	753.81201	668.95853	49.75	10.23	32.00	41.30	0.00
605	เขื่อนบางลาง บันนังสตา ยะลา	755.68951	682.30662	21.09	10.22	0.00	44.49	0.00
606	ดลิงชัน บันนังสตา ยะลา	760.23844	693.69888	30.65	10.25	0.00	44.62	0.00
607	ตาเมาะปูเต๊ะ บันนังสตา ยะลา	756.75212	702.9302	21.16	9.69	75.00	44.69	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
608	ถ้าทะเล บันนังสตา ยะลา	737.83536	690.10595	21.42	7.35	0.00	44.82	0.00
609	บันนังสตา บันนังสตา ยะลา	747.03822	691.35891	48.77	10.12	0.00	44.47	0.00
610	บาเจาะ บันนังสตา ยะลา	753.46618	687.1781	14.62	5.33	0.00	44.48	0.00
611	ตานาจะแมเราะ เบตง ยะลา	732.39104	647.44442	75.84	6.60	130.00	42.76	0.00
612	ธารน้ำทิพย์ เบตง ยะลา	737.05358	630.35701	58.33	6.05	0.00	41.12	0.00
613	ยะรม เบตง ยะลา	743.94716	638.38435	73.07	3.08	135.00	39.60	0.00
614	อัยเยอร์เวง เบตง ยะลา	756.499	656.32344	83.90	0.00	10.00	41.45	5.00
615	ดาเซะ เมืองยะลา ยะลา	751.07913	734.10095	3.38	16.53	0.00	36.67	0.00
616	ท่าสาป เมืองยะลา ยะลา	748.9518	723.8214	1.50	2.97	50.00	36.41	5.00
617	บันนังสาเรง เมืองยะลา ยะลา	749.6824	716.80958	3.78	0.91	0.00	36.67	0.00
618	บูดี เมืองยะลา ยะลา	754.93918	717.65855	4.05	2.16	0.00	37.11	12.00
619	เปาะเส้ง เมืองยะลา ยะลา	744.61295	719.69122	1.44	0.76	0.00	36.67	0.00
620	พร่อน เมืองยะลา ยะลา	746.5683	725.88506	3.12	0.96	0.00	36.77	0.00
621	ยะลา เมืองยะลา ยะลา	741.16412	721.49269	3.11	0.67	10.00	36.67	0.00
622	ยุโป เมืองยะลา ยะลา	750.63722	729.85287	1.96	7.30	0.00	35.92	4.00
623	ลำพะยา เมืองยะลา ยะลา	736.56015	728.82492	1.29	8.67	0.00	36.67	0.00
624	ลำใหม่ เมืองยะลา ยะลา	743.50369	727.90594	2.98	8.26	10.00	36.67	4.00
625	ลิตล เมืองยะลา ยะลา	741.59038	723.97144	2.99	7.76	25.93	36.67	4.00
626	สะเตงนอก เมืองยะลา ยะลา	754.01699	722.86079	5.46	8.46	56.15	36.67	4.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
627	หน้าถ้ำ เมืองยะลา ยะลา	746.02321	721.81041	0.88	6.69	10.00	36.83	4.00
628	กาตอง ยะหา ยะลา	728.09975	719.1745	25.34	9.67	17.92	40.29	0.00
629	ตาชี ยะหา ยะลา	732.03202	726.02362	7.18	6.22	45.00	38.02	0.00
630	บงายชึแน ยะหา ยะลา	738.09946	722.00056	5.07	6.43	36.39	40.25	4.00
631	บาโร๊ะ ยะหา ยะลา	732.36412	712.38899	25.91	5.64	0.00	40.12	0.00
632	ปะแต ยะหา ยะลา	736.67841	701.77065	39.43	4.43	0.00	40.30	0.00
633	ยะหา ยะหา ยะลา	734.9639	719.40314	22.52	4.60	15.23	40.14	0.00
634	ละแอ ยะหา ยะลา	741.81048	715.29163	14.85	5.23	0.00	40.01	0.00
635	กอดตือรีะ รามัน ยะลา	764.25661	719.10795	4.16	5.34	0.00	50.45	0.00
636	กาบูบอเกาะ รามัน ยะลา	767.4733	717.07965	10.92	5.20	0.00	50.44	0.00
637	กาลอ รามัน ยะลา	763.586	705.59339	13.85	4.89	0.00	50.44	4.00
638	กาลูปิง รามัน ยะลา	762.54965	714.97526	1.92	6.14	43.85	50.42	0.00
639	เกาะรอ รามัน ยะลา	780.69588	724.02026	17.81	4.80	40.47	50.39	0.00
640	โกตาบาตู รามัน ยะลา	759.42674	713.74929	3.15	5.16	56.67	50.39	0.00
641	จะก๊ะยะ รามัน ยะลา	780.25483	719.29867	12.08	5.78	117.34	50.39	0.00
642	ตะโละทะเลอ รามัน ยะลา	774.8662	716.82991	14.99	5.62	96.90	50.39	4.00
643	ท่าธง รามัน ยะลา	771.81843	726.3318	13.44	5.58	108.21	50.39	0.00
644	เนินงาม รามัน ยะลา	759.78306	719.49525	4.28	6.58	128.91	50.39	0.00
645	บาโงย รามัน ยะลา	758.91294	716.45865	3.73	9.15	110.71	50.39	4.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
646	บาลอ รัวมัน ยะลา	770.43675	713.21905	7.29	8.37	164.51	50.39	0.00
647	บือมั่ง รัวมัน ยะลา	758.31751	709.94826	6.35	7.89	55.47	50.39	4.00
648	ยะต๊ะ รัวมัน ยะลา	764.74141	711.32773	8.19	9.13	50.81	50.39	0.00
649	วังพญา รัวมัน ยะลา	763.1845	723.98988	7.65	4.72	47.54	50.39	3.37
650	อาซ่อง รัวมัน ยะลา	771.03497	721.34777	17.84	11.04	64.74	50.39	3.29
651	จ.ป.ร. กระบุรี ระนอง	487.56296	1175.93355	34.31	10.52	60.44	44.78	0.00
652	น้ำจืด กระบุรี ระนอง	482.77375	1148.24072	27.85	6.54	73.34	44.29	0.00
653	น้ำจืดน้อย กระบุรี ระนอง	477.37017	1152.59131	2.03	7.06	81.97	43.74	0.00
654	บางใหญ่ กระบุรี ระนอง	473.34626	1134.70777	11.54	6.95	0.00	36.03	3.91
655	ปากจั่น กระบุรี ระนอง	481.59496	1168.976	40.04	5.99	98.79	40.59	3.90
656	มะมุ กระบุรี ระนอง	482.81797	1155.74265	12.79	6.32	99.00	43.13	3.88
657	ลำเลียง กระบุรี ระนอง	482.79061	1138.01333	9.83	4.94	91.10	39.52	4.00
658	กะเปอร์ กะเปอร์ ระนอง	458.52785	1063.66713	9.39	8.32	159.18	39.40	0.00
659	เขี้ยวหลิย กะเปอร์ ระนอง	463.16476	1056.99095	6.71	4.66	110.61	40.00	3.67
660	บางหิน กะเปอร์ ระนอง	453.45418	1051.99311	7.42	6.44	103.89	44.79	3.76
661	บ้านนา กะเปอร์ ระนอง	468.33216	1055.32895	10.11	7.35	102.43	44.95	3.89
662	ม่วงกลวง กะเปอร์ ระนอง	447.18213	1061.83271	1.37	10.00	155.85	42.46	0.00
663	เกาะพยาม เมืองระนอง ระนอง	437.9036	1081.74449	3.85	10.00	80.44	40.01	0.00
664	ทรายแดง เมืองระนอง ระนอง	464.89404	1119.84729	9.11	10.00	81.32	41.03	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
665	บางนอน เมืองระนอง ระนอง	462.11336	1106.14438	7.75	0.00	133.68	42.20	3.55
666	บางรีน เมืองระนอง ระนอง	459.16793	1095.86277	2.54	8.13	82.28	42.23	0.00
667	ปากน้ำ เมืองระนอง ระนอง	456.64608	1105.60432	5.11	3.51	122.78	41.75	0.00
668	ราชกรูด เมืองระนอง ระนอง	453.73329	1074.56221	13.72	6.38	69.84	55.93	4.63
669	หงาว เมืองระนอง ระนอง	453.79945	1087.13227	5.27	6.03	56.53	40.84	3.41
670	หาดส้มแป้น เมืองระนอง ระนอง	466.36322	1095.23627	9.21	4.41	47.90	42.58	0.00
671	ในวงใต้ ละอุ่น ระนอง	487.27926	1108.57022	0.85	10.90	37.47	51.32	3.73
672	ในวงเหนือ ละอุ่น ระนอง	483.98626	1108.71637	2.36	5.80	29.95	47.36	3.98
673	บางแก้ว ละอุ่น ระนอง	476.37241	1125.5972	29.94	7.32	47.66	43.75	0.00
674	บางพระใต้ ละอุ่น ระนอง	470.37453	1119.30829	6.05	5.93	161.02	44.21	4.33
675	บางพระเหนือ ละอุ่น ระนอง	470.14393	1108.13476	23.61	5.82	88.47	42.92	3.57
676	ละอุ่นใต้ ละอุ่น ระนอง	474.67661	1119.15461	9.45	5.84	84.33	40.81	0.00
677	ละอุ่นเหนือ ละอุ่น ระนอง	478.86652	1110.78214	9.71	6.10	86.96	42.14	3.93
678	กำพวน สุขสำราญ ระนอง	438.79094	1036.42861	8.05	5.70	0.00	36.65	0.00
679	นาคา สุขสำราญ ระนอง	449.49281	1041.84068	17.08	5.06	32.70	36.68	3.95
680	กระแสดินธุ์ กระแสดินธุ์ สงขลา	646.30103	838.87515	0.58	6.21	53.88	40.51	4.21
681	เกาะใหญ่ กระแสดินธุ์ สงขลา	641.11007	836.13273	7.45	4.84	31.51	45.10	3.72
682	เชิงแส กระแสดินธุ์ สงขลา	645.39773	843.10314	1.24	5.88	33.31	40.41	3.96
683	โรง กระแสดินธุ์ สงขลา	642.46978	848.94719	0.18	5.05	0.00	40.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
684	คลองหลา คลองหอยโข่ง สงขลา	645.54891	761.42352	24.25	5.88	0.00	42.41	0.00
685	คลองหอยโข่ง คลองหอยโข่ง สงขลา	645.04105	755.19343	36.07	6.47	0.00	40.35	0.00
686	โคกม่วง คลองหอยโข่ง สงขลา	655.32593	760.1941	8.05	7.32	0.00	42.83	3.79
687	ทุ่งลาน คลองหอยโข่ง สงขลา	659.10328	761.30672	15.13	13.40	0.00	44.10	0.00
688	ควนโส ควนเนียง สงขลา	654.7729	799.33671	3.16	20.00	0.00	42.83	3.68
689	บางเหรียญ ควนเนียง สงขลา	653.86636	788.41191	14.75	18.16	0.00	42.31	0.00
690	รัตภูมิ ควนเนียง สงขลา	651.3268	794.06043	11.74	12.00	0.00	43.21	3.66
691	หัวยี่ล็ก ควนเนียง สงขลา	650.74844	803.52428	1.87	18.33	0.00	42.54	0.00
692	ขุนตืดหวาย จະนะ สงขลา	687.81823	751.06377	2.09	0.00	0.00	38.92	0.00
693	คลองเปี๊ยะ จະนะ สงขลา	682.6055	769.11872	14.50	6.15	0.00	40.92	0.00
694	คู จະนะ สงขลา	687.5912	757.45866	7.80	18.00	0.00	41.67	0.00
695	แค จະนะ สงขลา	680.60557	756.46896	19.73	10.00	0.00	39.83	0.00
696	จะโหมง จະนะ สงขลา	683.9102	774.55011	15.63	0.00	0.00	40.00	0.00
697	ตลิ่งชัน จະนะ สงขลา	692.08727	770.02201	1.44	0.73	0.00	39.83	0.00
698	ท่าหมอไทร จະนะ สงขลา	693.51058	751.32957	23.90	1.99	58.06	39.67	0.00
699	นาทับ จະนะ สงขลา	687.64051	778.23524	1.54	0.00	148.57	40.17	0.00
700	นาหว้า จະนะ สงขลา	683.42018	762.72709	27.67	0.00	0.00	39.83	0.00
701	น้ำขาว จະนะ สงขลา	679.67014	752.30095	18.41	20.00	114.33	41.42	0.00
702	บ้านนา จະนะ สงขลา	694.6692	763.37131	4.76	15.00	122.98	39.83	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
703	ป่าชิง จะนะะ สงขลา	688.34022	765.62877	4.60	10.00	140.56	40.17	0.00
704	สะกอม จะนะะ สงขลา	697.79018	767.26944	2.89	0.00	0.00	40.00	0.00
705	สะพานไม้แก่น จะนะะ สงขลา	697.03842	754.88495	15.98	0.00	35.84	40.00	0.00
706	เกาะสะบ้า เทพา สงขลา	708.99809	758.96768	26.33	0.00	34.29	43.18	0.00
707	ท่าม่วง เทพา สงขลา	721.139	745.73008	26.45	6.97	0.00	43.16	3.68
708	เทพา เทพา สงขลา	714.3342	755.11214	14.22	6.93	0.00	43.07	0.00
709	ปากบาง เทพา สงขลา	721.77764	755.46562	11.75	0.02	0.00	43.34	0.00
710	ลำไพล เทพา สงขลา	710.33808	741.73821	75.31	0.02	0.00	43.14	0.00
711	วังใหญ่ เทพา สงขลา	704.75026	747.93826	74.97	0.02	0.00	43.31	0.00
712	สะกอม เทพา สงขลา	702.64681	762.31086	27.18	0.02	33.33	43.32	0.00
713	คลองขวาง นาหวี สงขลา	677.95689	733.77043	36.80	3.55	0.00	39.58	4.00
714	คลองทราย นาหวี สงขลา	677.14064	745.363	35.45	3.26	0.00	40.00	4.00
715	ฉาง นาหวี สงขลา	688.84019	747.7838	7.27	3.03	0.00	41.25	4.00
716	ทับช้าง นาหวี สงขลา	683.67806	725.21072	33.70	2.86	0.00	34.58	0.00
717	ท่าประดู่ นาหวี สงขลา	689.0784	739.0952	11.20	3.11	0.00	40.00	0.00
718	นาหวี นาหวี สงขลา	693.77102	741.93305	57.04	3.12	97.36	40.83	0.00
719	นาหมอศรี นาหวี สงขลา	683.21614	750.10004	2.97	8.49	121.17	41.08	0.00
720	ประกอบ นาหวี สงขลา	685.21152	718.38788	17.21	6.56	115.10	39.60	0.00
721	ปลักหนู นาหวี สงขลา	683.78701	738.26974	14.76	10.00	0.00	40.83	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
722	สะท้อน นาหวี สงขลา	691.35566	730.4026	28.84	4.54	0.00	40.83	0.00
723	คลองหรีง นาหม่อม สงขลา	675.25369	766.10212	11.38	0.37	0.00	43.60	0.00
724	ทุ่งขมิ้น นาหม่อม สงขลา	670.86992	764.702	7.90	20.00	0.00	45.64	0.00
725	นาหม่อม นาหม่อม สงขลา	670.33927	770.19533	8.64	20.00	0.00	44.60	4.00
726	พิจิตร นาหม่อม สงขลา	675.33567	773.27962	9.16	20.00	0.00	42.34	4.00
727	ท่าช้าง บางกล่ำ สงขลา	652.96402	779.13932	14.84	6.94	0.00	44.52	3.46
728	บางกล่ำ บางกล่ำ สงขลา	658.09435	786.68872	3.73	20.00	77.09	44.41	0.00
729	บ้านหาร บางกล่ำ สงขลา	660.07223	782.23398	0.36	20.00	173.27	45.16	3.46
730	แม่ทอม บางกล่ำ สงขลา	660.83102	785.09492	0.82	20.00	0.00	44.52	4.00
731	เกาะเต่า เมืองสงขลา สงขลา	680.65945	786.18847	4.23	20.00	151.59	40.78	4.00
732	เกาะยอ เมืองสงขลา สงขลา	668.62076	792.84226	0.50	20.00	200.00	50.21	4.00
733	เขารูปช้าง เมืองสงขลา สงขลา	678.00193	791.13916	2.50	20.00	58.44	43.93	4.00
734	ทุ่งหวัง เมืองสงขลา สงขลา	680.63946	780.25844	8.79	20.00	81.02	50.72	0.00
735	พะวง เมืองสงขลา สงขลา	675.00265	785.77509	3.87	10.00	74.07	41.99	0.00
736	คลองแดน ระโนด สงขลา	645.42146	874.81972	0.04	20.00	105.90	40.00	0.00
737	แดนสงวน ระโนด สงขลา	642.1011	871.47646	0.61	20.00	103.33	40.00	3.29
738	ท่าบอน ระโนด สงขลา	647.8441	866.44539	1.10	8.01	42.72	40.00	0.00
739	บ่อตรุ ระโนด สงขลา	652.83115	844.29196	0.10	4.98	182.37	40.00	0.00
740	บ้านขาว ระโนด สงขลา	635.08323	863.54472	2.60	7.69	118.79	0.00	3.92

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
741	บ้านใหม่ ระโนด สงขลา	643.18423	864.22912	0.70	5.25	126.35	0.00	3.51
742	ปากแตร ระโนด สงขลา	649.88812	858.71123	0.19	3.66	15.50	0.00	3.79
743	พังยาง ระโนด สงขลา	649.34711	853.70128	0.23	2.86	39.62	0.00	3.70
744	ระโนด ระโนด สงขลา	642.30537	855.53273	0.14	4.18	70.37	0.00	3.63
745	ระวะ ระโนด สงขลา	651.93205	852.85807	1.10	7.80	46.70	0.00	3.68
746	วัดสน ระโนด สงขลา	651.28074	847.85325	0.28	7.84	10.00	40.84	3.92
747	กำแพงเพชร รัตภูมิ สงขลา	642.09594	783.5445	53.18	7.84	180.00	36.40	0.00
748	เขาพระ รัตภูมิ สงขลา	626.53736	776.27253	67.13	7.94	130.00	41.48	0.00
749	ควนรู รัตภูมิ สงขลา	645.21546	793.95074	7.69	7.84	71.41	39.73	0.00
750	คูหาใต้ รัตภูมิ สงขลา	639.62156	793.26271	10.40	8.16	0.00	40.35	0.00
751	ท่าชะมวง รัตภูมิ สงขลา	629.69161	786.63745	72.32	7.84	62.82	41.43	0.00
752	กระดังงา สทิงพระ สงขลา	657.40816	830.32798	0.07	7.84	0.00	0.00	3.97
753	คูุด สทิงพระ สงขลา	655.14867	824.58477	0.06	7.84	79.57	0.00	3.45
754	จะทิ้งพระ สทิงพระ สงขลา	658.54411	825.83756	0.01	7.84	66.66	40.00	0.00
755	ชุมพล สทิงพระ สงขลา	652.77325	840.67021	0.01	7.84	22.30	0.00	3.95
756	ดีหลวง สทิงพระ สงขลา	655.20714	838.33038	0.00	7.84	0.00	37.00	0.00
757	ท่าหิน สทิงพระ สงขลา	656.60231	817.68464	0.52	7.84	74.96	43.20	4.24
758	บ่อแดง สทิงพระ สงขลา	660.37173	818.82255	0.04	7.84	109.15	0.00	3.94
759	วัดจันทร์ สทิงพระ สงขลา	661.21151	816.21772	0.15	7.84	93.61	0.00	4.11

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
760	สนามชัย สทิงพระ สงขลา	656.32517	834.5211	0.07	7.84	81.20	35.25	0.00
761	เขมมีเกียรติ สะเดา สงขลา	668.37326	749.08264	19.84	5.91	28.94	41.10	4.00
762	ท่าโพธิ์ สะเดา สงขลา	656.50327	751.43302	18.88	6.00	10.00	40.99	8.74
763	ทุ่งหมอ สะเดา สงขลา	649.86357	746.72223	35.72	8.26	0.00	41.38	0.00
764	ปรีก สะเดา สงขลา	663.80242	739.58936	68.38	6.17	49.39	37.27	0.00
765	ปาดังเบซาร์ สะเดา สงขลา	641.65135	743.50554	27.99	8.46	0.00	39.32	0.00
766	พังงา สะเดา สงขลา	661.84078	748.91878	20.43	18.17	0.00	43.03	0.00
767	สะเดา สะเดา สงขลา	654.23771	734.63734	15.24	16.34	0.00	44.89	0.00
768	สำนักขาม สะเดา สงขลา	653.27216	727.60744	36.49	7.22	0.00	40.54	0.00
769	สำนักแก้ว สะเดา สงขลา	667.67724	726.31452	80.35	19.60	0.00	40.77	0.00
770	เขาแดง สะบ้าย้อย สงขลา	699.19954	719.16254	40.62	10.86	10.00	42.55	0.00
771	คูหา สะบ้าย้อย สงขลา	702.63067	731.05014	15.10	6.59	0.00	42.66	0.00
772	จะแหน สะบ้าย้อย สงขลา	717.00934	720.46764	7.63	7.86	0.00	42.92	0.00
773	ทุ่งพอ สะบ้าย้อย สงขลา	710.05499	723.82668	10.65	5.01	79.18	41.18	0.00
774	ธารคีรี สะบ้าย้อย สงขลา	724.52706	723.64213	11.67	0.00	32.65	41.96	0.00
775	บ้านโหนด สะบ้าย้อย สงขลา	726.84743	734.00301	13.94	6.29	50.67	42.04	0.00
776	บาโหย สะบ้าย้อย สงขลา	708.35934	707.39002	27.68	7.57	10.00	42.60	0.00
777	เปียน สะบ้าย้อย สงขลา	721.47889	733.6857	16.65	7.74	91.49	41.67	0.00
778	สะบ้าย้อย สะบ้าย้อย สงขลา	716.17856	732.6403	26.81	6.72	85.00	41.59	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
779	ชะแล้ สิงหนคร สงขลา	659.1223	808.15271	0.18	9.38	0.00	0.00	0.00
780	ชิงโค สิงหนคร สงขลา	668.23203	803.40091	0.02	7.17	50.13	39.87	0.00
781	ท่าบง สิงหนคร สงขลา	665.37878	800.67762	0.00	5.40	100.00	40.00	0.00
782	บางเขียด สิงหนคร สงขลา	658.45293	812.03756	0.15	20.00	0.00	36.47	0.00
783	ปากรือ สิงหนคร สงขลา	659.06302	804.58732	0.10	17.76	84.29	0.00	0.00
784	ม่วงงาม สิงหนคร สงขลา	662.97162	812.41828	0.20	9.29	0.00	0.00	0.00
785	รำแดง สิงหนคร สงขลา	662.72249	807.25425	0.00	20.00	0.00	0.00	3.75
786	วัดขนุน สิงหนคร สงขลา	665.35705	807.90876	0.01	8.07	0.00	41.73	0.00
787	สทิงหม้อ สิงหนคร สงขลา	668.29005	797.29449	0.01	17.28	44.06	0.00	3.74
788	คลองแห หาดใหญ่ สงขลา	663.1329	779.93683	1.72	8.14	0.00	43.86	0.00
789	คลองอู่ตะเภา หาดใหญ่ สงขลา	659.75749	778.99957	0.12	4.32	51.41	44.21	0.00
790	ควนลัง หาดใหญ่ สงขลา	656.95014	771.02803	5.00	4.21	200.00	43.96	4.00
791	คอหงส์ หาดใหญ่ สงขลา	666.04969	774.70663	1.70	4.62	0.00	44.38	0.00
792	คูเต่า หาดใหญ่ สงขลา	663.53365	788.67646	0.22	4.80	0.00	43.07	4.04
793	ฉลุง หาดใหญ่ สงขลา	642.08711	773.1029	21.55	10.25	0.00	44.79	4.12
794	ท่าข้าม หาดใหญ่ สงขลา	673.66756	779.10093	8.57	10.00	0.00	45.06	0.00
795	ทุ่งตำเสา หาดใหญ่ สงขลา	642.14943	766.03847	31.54	5.60	93.49	44.39	4.00
796	ทุ่งใหญ่ หาดใหญ่ สงขลา	669.79213	777.34739	7.51	7.58	126.32	43.96	4.00
797	น่าน้อย หาดใหญ่ สงขลา	668.94616	785.98364	6.36	6.38	0.00	44.20	4.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
798	บ้านพรุ หาดใหญ่ สงขลา	664.22478	765.47039	16.71	4.40	32.82	44.12	0.00
799	พะตง หาดใหญ่ สงขลา	668.97364	756.37873	28.17	10.14	46.55	44.46	0.00
800	หาดใหญ่ หาดใหญ่ สงขลา	662.77357	775.11757	0.00	8.16	0.00	0.00	0.00
801	ควนกาหลง ควนกาหลง สตูล	613.78081	768.66594	54.72	10.04	88.56	40.43	0.00
802	ทุ่งนัย ควนกาหลง สตูล	625.74168	760.31559	20.90	8.81	43.60	40.56	0.00
803	อุไคเจริญ ควนกาหลง สตูล	603.64525	763.20747	0.00	8.00	83.87	0.00	0.00
804	ควนโดน ควนโดน สตูล	617.08955	753.2848	12.16	8.00	84.21	39.80	0.00
805	ควนสตอ ควนโดน สตูล	621.64977	747.75343	8.04	8.00	80.67	40.23	3.70
806	ย่านซื่อ ควนโดน สตูล	617.74072	748.14829	1.45	8.00	74.33	38.78	0.00
807	วังประจัน ควนโดน สตูล	628.18353	746.62092	5.14	8.00	79.00	39.67	3.63
808	ท่าแพ ท่าแพ สตูล	606.54733	750.77287	15.83	10.00	75.67	42.20	0.00
809	ท่าเรือ ท่าแพ สตูล	601.10259	752.9536	11.70	11.20	55.94	43.93	0.00
810	แปะ-ระ ท่าแพ สตูล	602.5272	758.03878	14.20	8.00	54.06	40.94	0.00
811	สาคร ท่าแพ สตูล	597.16769	749.13313	15.42	8.00	73.52	44.28	3.73
812	ขอนคลาน ทุ่งหว้า สตูล	576.29074	773.52852	0.50	9.92	73.70	41.88	3.74
813	ทุ่งบุหลิง ทุ่งหว้า สตูล	576.47898	778.44959	0.55	8.00	64.89	40.00	3.74
814	ทุ่งหว้า ทุ่งหว้า สตูล	598.28709	787.41315	13.81	11.05	25.58	42.21	0.00
815	นาพอน ทุ่งหว้า สตูล	582.02526	777.3835	14.49	8.00	200.00	42.19	0.00
816	ป่าแก่บ่อหิน ทุ่งหว้า สตูล	590.27113	778.9926	17.90	8.00	200.00	40.75	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
817	นิคมพัฒนา มะนัง สตูล	602.24049	768.54701	16.32	8.38	25.39	37.51	0.00
818	ปาล์มพัฒนา มะนัง สตูล	603.15072	778.05597	24.65	9.59	112.13	42.60	3.63
819	เกดรี เมืองสตูล สตูล	622.39278	740.31292	1.56	8.98	50.55	40.75	0.00
820	เกาะสาหร่าย เมืองสตูล สตูล	561.09007	729.48488	0.33	8.04	115.02	37.78	0.00
821	คลองซุด เมืองสตูล สตูล	623.86431	732.41961	5.64	9.64	92.00	43.31	3.15
822	ควนขัน เมืองสตูล สตูล	614.96135	732.87014	11.20	9.26	62.87	40.27	0.00
823	ควนโพธิ์ เมืองสตูล สตูล	612.49271	747.79651	7.81	8.82	87.95	44.25	0.00
824	เจ๊ะบิลัง เมืองสตูล สตูล	606.67392	739.29024	44.41	10.33	200.00	41.68	0.00
825	ฉลุง เมืองสตูล สตูล	615.05349	743.6768	3.40	11.99	82.25	41.84	0.00
826	ตันหยงโป เมืองสตูล สตูล	604.12502	728.76442	0.79	9.31	200.00	36.81	5.43
827	ตำมะลัง เมืองสตูล สตูล	615.46032	724.7658	2.77	12.00	0.00	39.43	3.31
828	บ้านควน เมืองสตูล สตูล	616.05707	739.57039	6.23	17.50	69.16	38.79	3.91
829	ปูยู เมืองสตูล สตูล	624.32228	720.49168	0.48	12.73	64.22	41.47	6.26
830	กำแพง ละงู สตูล	585.84953	766.43465	14.49	15.51	76.74	36.14	3.51
831	เขาขาว ละงู สตูล	591.44673	766.83217	5.95	7.65	122.02	39.80	3.66
832	น้ำผุด ละงู สตูล	594.72652	773.08567	31.13	8.00	65.08	42.32	3.52
833	ปากน้ำ ละงู สตูล	580.3543	759.28629	0.46	8.14	106.03	40.46	3.84
834	ละงู ละงู สตูล	591.19032	757.30829	15.74	6.46	90.36	42.54	0.00
835	แหลมสน ละงู สตูล	578.55438	767.45026	0.46	8.32	89.90	38.70	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
836	กรูด กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	560.32864	1006.3185	28.56	11.89	89.90	43.91	4.00
837	กะแดะ กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	551.29374	1013.9578	2.22	7.17	90.34	43.90	4.00
838	คลองสระ กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	568.81967	992.27184	30.80	11.91	89.82	44.08	4.00
839	ช้างขวา กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	548.74176	1005.76308	18.77	11.78	97.04	43.92	4.00
840	ช้างซ้าย กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	552.53433	997.13416	39.66	11.90	53.14	43.91	4.00
841	ตะเคียนทอง กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	547.19314	1014.33523	3.17	11.44	89.85	44.76	4.04
842	ท่าทอง กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	560.15359	1020.96676	3.23	2.23	91.18	40.78	0.00
843	ท่าทองใหม่ กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	543.48769	1014.11427	0.09	3.71	89.96	43.89	0.00
844	ท่าอู่แพ กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	570.21113	1007.44809	42.84	3.82	91.11	44.34	0.00
845	ทุ่งกง กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	544.53564	1008.38618	6.14	5.48	89.87	40.96	4.00
846	ทุ่งรัง กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	544.27515	999.54326	14.80	10.00	90.17	43.93	0.00
847	ปาร่อน กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	560.01089	994.70784	33.61	2.73	184.67	44.07	4.00
848	พลายวาส กาญจนดิษฐ์ สุราษฎร์ธานี	556.80101	1014.91839	13.75	0.00	171.46	44.33	4.04
849	เกาะพะงัน เกาะพะงัน สุราษฎร์ธานี	609.54152	1078.84577	0.08	0.00	55.83	43.50	0.00
850	บ้านใต้ เกาะพะงัน สุราษฎร์ธานี	615.06378	1075.91774	1.01	0.00	0.00	45.99	3.38
851	ตลิ่งงาม เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	604.36782	1042.99752	0.49	0.00	55.56	23.53	3.30
852	บ่อผุด เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	613.98936	1053.9987	0.07	0.00	0.00	22.04	0.00
853	มะเร็ต เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	613.30627	1046.73166	0.66	0.00	0.00	23.46	0.00
854	แม่น้ำ เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	607.09974	1056.98522	0.41	0.00	48.33	22.31	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
855	ลิปะน้อย เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	605.4893	1050.38594	0.12	0.00	0.00	22.93	0.00
856	หน้าเมือง เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	609.046	1045.77273	0.76	0.00	93.33	23.08	3.28
857	อ่างทอง เกาะสมุย สุราษฎร์ธานี	587.06307	1055.17243	0.66	0.00	83.43	23.55	0.00
858	กะเปา คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	483.3209	998.38242	16.04	0.00	79.85	42.63	3.88
859	ถ้ำสิงขร คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	504.14274	994.0409	24.63	20.00	32.37	42.91	0.00
860	ท่ากระดาน คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	502.39569	1002.1424	89.11	3.28	54.11	40.19	0.00
861	ท่าขนอน คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	487.17566	1003.08855	33.94	5.09	92.00	40.11	4.26
862	น้ำหัก คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	486.75938	1010.29818	34.85	3.33	79.68	43.69	4.11
863	บ้านท่าเียบ คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	496.49468	980.22234	40.29	3.70	127.38	42.62	3.82
864	บ้านยาง คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	499.35055	1003.7222	8.41	4.34	32.48	43.79	0.00
865	ย่านยาว คีรีรัตนคม สุราษฎร์ธานี	497.42686	994.01644	17.46	0.00	104.10	44.47	3.95
866	เขาตอก เคียนซา สุราษฎร์ธานี	525.89471	977.60466	21.30	0.00	200.00	44.46	0.00
867	เคียนซา เคียนซา สุราษฎร์ธานี	519.768	974.62837	40.20	0.00	53.00	43.76	4.01
868	บ้านเสด็จ เคียนซา สุราษฎร์ธานี	501.74441	967.24405	131.82	0.00	75.00	46.47	0.00
869	พ่วงพรมคร เคียนซา สุราษฎร์ธานี	518.8822	958.9345	69.99	0.00	88.00	44.32	3.89
870	อรัญคามวารี เคียนซา สุราษฎร์ธานี	520.71226	966.59691	44.18	2.00	74.70	43.95	4.03
871	คลองน้อย ชัยบุรี สุราษฎร์ธานี	499.65771	939.68265	42.38	3.33	101.00	44.08	0.00
872	ชัยบุรี ชัยบุรี สุราษฎร์ธานี	508.64779	932.54614	49.06	0.00	76.33	42.30	4.03
873	ไพรทอง ชัยบุรี สุราษฎร์ธานี	509.23217	928.0843	57.03	0.00	86.77	44.60	4.02

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
874	สองแพรก ชัยบุรี สุราษฎร์ธานี	513.72408	937.73467	28.64	10.00	200.00	45.20	0.00
875	ตลาดไชยา ไชยา สุราษฎร์ธานี	520.36885	1040.27387	2.95	3.81	160.28	43.88	0.00
876	ตะกอบ ไชยา สุราษฎร์ธานี	525.14512	1046.2116	17.35	4.49	83.30	45.64	3.91
877	ทุ่ง ไชยา สุราษฎร์ธานี	523.5683	1041.68314	9.45	5.82	200.00	45.36	3.94
878	ปากหมาก ไชยา สุราษฎร์ธานี	494.30861	1047.5338	130.20	5.83	75.00	43.56	4.28
879	ป่าเว ไชยา สุราษฎร์ธานี	515.98448	1044.22765	34.44	18.06	200.00	45.04	3.93
880	พุมเรียง ไชยา สุราษฎร์ธานี	528.66025	1038.51571	2.22	4.77	200.00	0.00	3.84
881	โมถ่าย ไชยา สุราษฎร์ธานี	509.20355	1039.88815	33.50	4.32	98.71	42.41	4.01
882	เลม็ด ไชยา สุราษฎร์ธานี	521.75071	1035.09378	1.72	7.16	97.20	28.92	0.00
883	เวียง ไชยา สุราษฎร์ธานี	516.2836	1037.80202	7.82	5.21	87.98	43.10	4.20
884	ชลคราม ดอนสัก สุราษฎร์ธานี	566.41152	1022.31138	6.51	4.81	62.85	43.68	0.00
885	ไชยคราม ดอนสัก สุราษฎร์ธานี	570.35997	1020.12134	14.58	9.14	65.00	43.52	0.00
886	ดอนสัก ดอนสัก สุราษฎร์ธานี	578.09901	1023.99477	52.35	9.00	76.31	43.71	4.02
887	ปากแพรก ดอนสัก สุราษฎร์ธานี	577.05704	1009.74065	69.71	9.04	82.80	43.09	0.00
888	เขาลำน ทำาง สุราษฎร์ธานี	520.40561	1028.85858	21.78	9.03	74.85	45.94	0.00
889	คลองไพร ทำาง สุราษฎร์ธานี	512.25037	1018.36863	37.25	9.00	79.22	45.38	3.97
890	ท่าเคย ทำาง สุราษฎร์ธานี	513.22122	1022.27388	24.47	9.05	82.01	46.60	0.00
891	ท่าฉาง ทำาง สุราษฎร์ธานี	519.242	1023.42067	8.24	8.92	79.03	45.16	0.00
892	ปากฉลุย ทำาง สุราษฎร์ธานี	484.17499	1036.93504	101.80	9.05	94.19	46.54	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
893	เสวยัด ท่าฉาง สุราษฎร์ธานี	511.12902	1029.19534	50.32	9.07	111.37	45.53	4.06
894	คลองพา ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	492.92156	1067.23596	52.50	0.00	78.95	45.89	0.00
895	คันธุลี ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	509.70362	1067.88444	51.46	2.89	45.71	41.34	4.07
896	ท่าชนะ ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	520.12328	1060.38698	4.71	0.00	59.51	46.67	4.68
897	ประสงค์ ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	492.94819	1057.14505	118.53	5.85	83.52	42.82	4.23
898	วัง ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	521.77826	1052.30144	4.78	0.00	62.85	53.31	0.00
899	สมอทอง ท่าชนะ สุราษฎร์ธานี	505.84548	1059.05755	26.59	0.00	200.00	46.83	0.00
900	เขาพัง บ้านตาขุน สุราษฎร์ธานี	460.98505	1007.62746	8.57	0.00	159.81	42.77	3.90
901	เขาวง บ้านตาขุน สุราษฎร์ธานี	490.81254	986.27288	10.54	0.00	67.50	43.20	0.00
902	พไรไทย บ้านตาขุน สุราษฎร์ธานี	486.63085	990.62668	14.91	20.00	67.95	44.39	0.00
903	พะแสง บ้านตาขุน สุราษฎร์ธานี	482.38796	986.1441	16.12	0.00	93.33	43.13	3.90
904	ทรัพย์ทวี บ้านนาเดิม สุราษฎร์ธานี	524.89264	985.35079	13.94	10.00	67.95	42.77	0.00
905	ท่าเรือ บ้านนาเดิม สุราษฎร์ธานี	529.54265	989.04322	10.14	13.10	93.33	40.63	3.94
906	นาใต้ บ้านนาเดิม สุราษฎร์ธานี	534.16332	986.12259	20.06	14.76	61.07	42.77	0.00
907	บ้านนา บ้านนาเดิม สุราษฎร์ธานี	532.00397	979.30493	32.10	14.75	70.01	40.63	0.00
908	คลองปราง บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	539.80017	967.74295	7.26	14.64	116.64	42.36	0.00
909	ควนศรี บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	533.3783	963.16242	17.24	14.69	79.16	42.43	3.95
910	ควนสุบรรณ บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	540.31164	981.18624	8.44	14.02	85.33	43.32	0.00
911	ท่าชี บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	528.78399	968.91568	18.09	14.50	200.00	43.89	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
912	ทุ่งเตา บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	544.17673	985.0366	21.14	14.39	71.10	38.31	3.97
913	ทุ่งเตาใหม่ บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	544.85334	989.59571	22.30	13.88	89.86	46.74	4.52
914	นาสาร บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	538.67761	974.3223	10.98	14.76	97.65	38.92	3.65
915	น้ำพุ บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	533.71298	970.93819	12.07	14.76	101.70	44.41	3.71
916	พรุพี บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	543.01176	962.52892	24.53	14.43	72.92	42.79	0.00
917	เพิ่มพูนทรัพย์ บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	551.87196	968.31243	12.94	10.00	81.13	42.34	0.00
918	ลำพูน บ้านนาสาร สุราษฎร์ธานี	550.73949	977.79041	14.92	3.67	93.15	38.60	3.65
919	คลองชะอุ่น พนม สุราษฎร์ธานี	481.68242	964.53722	50.22	3.97	86.19	47.00	0.00
920	คลองตก พนม สุราษฎร์ธานี	457.06539	978.53992	46.59	10.00	97.66	47.20	0.00
921	ต้นยวน พนม สุราษฎร์ธานี	486.68904	976.9563	79.04	9.97	94.40	46.28	0.00
922	พนม พนม สุราษฎร์ธานี	475.69308	975.66009	31.04	9.62	85.07	44.91	4.53
923	พุลูเื่อน พนม สุราษฎร์ธานี	466.91637	963.00188	24.00	10.82	83.18	47.34	0.00
924	พังกาญจน์ พนม สุราษฎร์ธานี	480.73311	980.90002	12.21	10.05	95.02	47.87	4.61
925	ไทรซิง พระแสง สุราษฎร์ธานี	512.11928	945.61894	86.68	6.93	110.00	46.30	0.00
926	ไทรไธลา พระแสง สุราษฎร์ธานี	507.26327	950.3142	38.42	6.50	95.78	43.21	0.00
927	บางสวรรค์ พระแสง สุราษฎร์ธานี	497.13718	953.75856	121.78	7.14	81.00	44.86	0.00
928	สาธุ พระแสง สุราษฎร์ธานี	518.26577	949.65972	30.49	6.20	100.67	43.25	0.00
929	สินเจริญ พระแสง สุราษฎร์ธานี	526.29377	928.49706	79.51	5.30	101.67	43.24	3.97
930	สินปุน พระแสง สุราษฎร์ธานี	526.22549	941.13677	41.37	0.00	70.11	44.52	4.07

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
931	อโศก พระแสง สุราษฎร์ธานี	524.06651	948.28732	29.99	6.07	88.18	43.92	0.00
932	กรุด พุนพิน สุราษฎร์ธานี	513.83022	989.22718	107.65	5.19	86.22	46.06	0.00
933	เขาหัวควาย พุนพิน สุราษฎร์ธานี	529.28101	998.1243	13.41	6.79	83.91	46.34	0.00
934	ตะปาน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	509.60231	980.00441	56.12	4.13	71.12	46.20	0.00
935	ท่าข้าม พุนพิน สุราษฎร์ธานี	523.94954	1001.67963	10.74	7.40	109.26	46.57	4.19
936	ท่าโรงช้าง พุนพิน สุราษฎร์ธานี	519.21136	998.27299	17.65	18.61	73.31	44.91	0.00
937	ท่าสะทอน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	525.15297	994.56373	25.08	8.30	79.53	44.97	0.00
938	น้ำรอบ พุนพิน สุราษฎร์ธานี	512.58841	1005.50306	9.14	5.14	188.98	45.18	0.00
939	บางอน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	506.59602	1007.68403	33.09	5.11	84.06	44.22	4.26
940	บางเดือน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	508.72121	997.02557	14.56	12.83	87.03	45.86	4.01
941	บางมะเตือ พุนพิน สุราษฎร์ธานี	513.2656	997.97761	42.85	1.85	89.21	45.92	0.00
942	พุนพิน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	521.90933	1008.65359	2.36	8.22	83.19	45.92	0.00
943	มะสวน พุนพิน สุราษฎร์ธานี	511.07182	1013.99016	25.77	20.00	86.48	44.48	0.00
944	ลิเล็ด พุนพิน สุราษฎร์ธานี	527.98795	1017.64257	2.24	4.18	81.27	40.00	0.00
945	ศรีวิชัย พุนพิน สุราษฎร์ธานี	523.3968	1012.81146	4.86	8.56	84.19	44.76	0.00
946	หนองไพร พุนพิน สุราษฎร์ธานี	517.50579	1005.44301	8.70	11.16	70.77	44.32	4.29
947	หัวเตย พุนพิน สุราษฎร์ธานี	518.23672	1009.80486	4.01	0.00	200.00	45.53	4.29
948	ขุนทะเล เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	539.01905	997.81196	41.29	15.16	72.76	45.06	0.00
949	คลองฉมา เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	537.7742	1015.89505	0.12	20.00	0.00	0.00	3.55

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
950	คลองน้อย เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	527.81836	1010.4384	2.73	9.21	0.00	46.69	3.71
951	บางชนะ เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	534.77814	1016.16316	0.19	20.00	200.00	0.00	3.52
952	บางไพร เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	532.93735	1015.66406	1.06	8.76	73.47	0.00	3.80
953	บางใบไม้ เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	532.38806	1011.64366	0.86	13.67	200.00	0.00	3.58
954	บางโพธิ์ เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	528.7024	1014.06206	1.20	9.92	38.79	45.23	4.30
955	มะขามเตี้ย เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	538.22365	1006.64602	2.26	9.82	21.55	46.70	0.00
956	วัดประดู่ เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	533.474	1000.68702	19.16	9.99	200.00	43.91	0.00
957	ตะกุกใต้ วิกาวดี สุราษฎร์ธานี	486.74066	1016.7338	44.50	10.02	101.67	44.23	3.86
958	ตะกุกเหนือ วิกาวดี สุราษฎร์ธานี	480.22638	1025.56357	63.00	9.91	99.82	45.84	3.96
959	เขาหินปูน เวียงสระ สุราษฎร์ธานี	540.97939	947.38603	15.90	10.06	53.33	44.81	0.00
960	คลองฉนวน เวียงสระ สุราษฎร์ธานี	535.46978	941.84439	24.60	9.60	85.83	43.10	0.00
961	ทุ่งหลวง เวียงสระ สุราษฎร์ธานี	532.80693	949.70611	29.89	9.84	106.17	44.46	0.00
962	บ้านส้อง เวียงสระ สุราษฎร์ธานี	546.17211	955.61246	39.84	9.97	79.10	44.36	0.00
963	เวียงสระ เวียงสระ สุราษฎร์ธานี	535.04698	956.65087	14.34	10.00	114.00	45.40	4.13
964	เกาะนก กันตัง ตรัง	552.42948	803.80872	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
965	เกาะลูกไม้ กันตัง ตรัง	549.71178	805.93516	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
966	เกาะคางคาว ปะเหลียน ตรัง	571.87723	790.5785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
967	ทับเที่ยง เมืองตรัง ตรัง	567.93072	835.54118	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
968	ต.หนองบัว รัชฎา ตรัง	577.59228	882.28789	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
969	ควนหนองควัว จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	602.8902	895.28985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
970	ทุ่งโพธิ์ จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	591.81923	896.12046	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
971	นาหมอบุญ จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	593.50975	888.55252	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
972	บ้านควนมุด จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	600.39418	888.01227	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
973	บ้านชะอวด จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	602.80553	890.88247	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
974	สาม จุฬารักษ์ นครศรีธรรมราช	593.3884	892.33577	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
975	การะเกด เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	625.64956	891.94996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
976	เขาพระบาท เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	631.12501	892.90548	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
977	เขียวใหญ่ เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	623.03198	906.43336	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
978	ท้องลำเจียก เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	623.05449	900.69576	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
979	ท่าขนาน เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	628.31102	900.00955	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
980	บ้านกลาง เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	631.88588	901.7118	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
981	บ้านเนิน เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	631.43024	904.88843	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
982	แม่จ้อยหัว เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	620.55835	892.72661	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
983	เลื้อหึ่ง เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	634.62776	901.8892	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
984	โสมมาก เขียวใหญ่ นครศรีธรรมราช	628.10054	906.89226	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
985	ท่าศาลา ท่าศาลา นครศรีธรรมราช	603.22192	955.80806	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
986	กะปาง ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	576.01413	887.48926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
987	เขาขาว ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	555.10543	903.45533	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
988	เขารโห่ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	565.41108	889.59428	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
989	ควนกรด ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	567.03839	901.53476	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
990	ชะมาย ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	573.80789	902.24311	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
991	ถ้ำใหญ่ ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	581.75897	902.53343	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
992	วัง ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	577.43626	893.57912	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
993	เทศบาลเมืองทุ่งสง-ปากแพรก ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	575.84467	902.96629	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
994	นาโพธิ์ ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	563.47175	907.38469	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
995	นาไม้ฝาง ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	564.44416	896.87975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
996	นาหลวงเสน ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	577.23587	911.24307	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
997	น้ำตก ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	585.12478	879.65341	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
998	หนองหงส์ ทุ่งสง นครศรีธรรมราช	569.26905	905.86547	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
999	กรงหย่น ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	544.40998	904.99112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1000	กุแหวะ ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	537.07883	905.73726	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1001	ท่ายาง ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	538.14762	918.03298	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1002	ทุ่งใหญ่ ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	547.18876	924.74043	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1003	ปริก ทุ่งใหญ่ นครศรีธรรมราช	547.91631	915.93871	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1004	บางชัน บางชัน นครศรีธรรมราช	550.36028	893.35596	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1005	บ้านนิคม บางชัน นครศรีธรรมราช	555.82573	876.873	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1006	บ้านลำนา บางชัน นครศรีธรรมราช	550.18524	881.31519	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1007	วังหิน บางขัน นครศรีธรรมราช	561.09328	882.60103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1008	ท่าพญา ปากพนัง นครศรีธรรมราช	638.34628	913.54573	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1009	คลัง เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	606.38121	932.44139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1010	ท่าวัง เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	605.8256	934.07644	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1011	ในเมือง เมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช	606.99299	929.48074	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1012	สี่ขีด สิชล นครศรีธรรมราช	586.42913	997.46921	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1013	หน้าสตน หัวไทร นครศรีธรรมราช	645.74599	880.9226	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1014	บางนาค เมืองนราธิวาส นราธิวาส	811.99483	710.97432	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1015	กาลิซา ระแงะ นราธิวาส	794.00876	688.75423	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1016	ป่าเสม็ด สุโงโก-ลก นราธิวาส	829.31136	670.10369	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1017	สุโงโก-ลก สุโงโก-ลก นราธิวาส	826.59802	665.54174	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1018	จะบังติกอ เมืองปัตตานี ปัตตานี	748.77927	758.54329	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1019	ตันหยงลูโละ เมืองปัตตานี ปัตตานี	754.68097	760.74752	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1020	บานา เมืองปัตตานี ปัตตานี	751.38635	760.67865	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1021	บาราโหม เมืองปัตตานี ปัตตานี	756.03531	760.31927	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1022	รูสะมิแล เมืองปัตตานี ปัตตานี	746.2331	759.91981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1023	สะบารัง เมืองปัตตานี ปัตตานี	748.49932	760.23796	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1024	อามะรุ เมืองปัตตานี ปัตตานี	749.32562	759.92433	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1025	คอนทราย ไม้แก่น ปัตตานี	798.65652	730.00699	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1026	ตะโละไกรทอง ไม่แก่น ปัตตานี	792.84859	733.79482	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1027	ไม้แก่น ไม่แก่น ปัตตานี	793.99066	735.83495	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1028	กระโต ยะรัง ปัตตานี	754.12103	743.15604	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1029	กอลำ ยะรัง ปัตตานี	757.48496	738.17889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1030	เขาตุม ยะรัง ปัตตานี	758.09939	730.08978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1031	คลองใหม่ ยะรัง ปัตตานี	750.23802	744.76313	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1032	ประจัน ยะรัง ปัตตานี	752.89085	751.91472	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1033	ปิตุมดี ยะรัง ปัตตานี	752.36921	746.19801	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1034	เกาะมาวี ยะรัง ปัตตานี	754.58401	737.82782	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1035	ยะรัง ยะรัง ปัตตานี	752.84665	748.861	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1036	ระแว้ง ยะรัง ปัตตานี	757.0315	747.25008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1037	วัด ยะรัง ปัตตานี	755.11632	745.06587	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1038	สะดาวา ยะรัง ปัตตานี	755.39738	754.56088	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1039	สนนอ ยะรัง ปัตตานี	756.72805	751.03573	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1040	จะรัง ยะรัง ปัตตานี	770.67816	757.45781	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1041	ดอนหลัง ยะรัง ปัตตานี	770.85458	752.55813	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1042	ตะโละ ยะรัง ปัตตานี	759.84118	750.36147	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1043	ตะโละกาโปร์ ยะรัง ปัตตานี	766.37509	761.00322	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1044	ตันหยงจิงงา ยะรัง ปัตตานี	771.73147	750.84865	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1045	ตันหยงดालอย ยะหริ่ง ปัตตานี	767.83334	753.16362	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1046	ตาแกละ ยะหริ่ง ปัตตานี	758.18463	757.18426	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1047	ศาลือฮ์ ยะหริ่ง ปัตตานี	764.05566	751.10788	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1048	บางปู ยะหริ่ง ปัตตานี	759.28379	760.80199	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1049	บาโงย ยะหริ่ง ปัตตานี	769.51284	750.17909	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1050	ปิยามู ยะหริ่ง ปัตตานี	762.69284	754.98469	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1051	ปลากง ยะหริ่ง ปัตตานี	764.04837	748.76887	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1052	มะนัง ยะหริ่ง ปัตตานี	765.53102	753.77947	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1053	ยามู ยะหริ่ง ปัตตานี	761.91854	759.06021	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1054	ราตาปันยัง ยะหริ่ง ปัตตานี	759.9395	754.93025	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1055	สาบัน ยะหริ่ง ปัตตานี	769.50323	754.71776	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1056	หนองแรต ยะหริ่ง ปัตตานี	765.56319	757.74732	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1057	แหลมไทร ยะหริ่ง ปัตตานี	754.01065	766.98858	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1058	ตะลุบัน สายบุรี ปัตตานี	791.45883	740.20807	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1059	บางตาวา หนองจิก ปัตตานี	739.5324	758.82372	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1060	เกาะเต่า ปายะมอม พัทลุง	592.75598	861.84777	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1061	บ้านพร้าว ปายะมอม พัทลุง	604.54359	864.26538	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1062	ป่าพะยอม ปายะมอม พัทลุง	604.43382	868.93323	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1063	ลานข่อย ปายะมอม พัทลุง	591.58508	867.93522	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ลำดับ ที่	ชื่อตำบล อำเภอ จังหวัด	พิกัดจุด (UTM)		พื้นที่ (พันไร่)	อัตราผลผลิต (กก./ไร่)		ราคาผลผลิต (บาท/กก.)	
		X	Y		ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน	ยางพารา	ปาล์มน้ำมัน
1064	ปากลอก อ.กลาง จ.ภูเก็ต	434.12856	889.01231	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1065	กะรน เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต	422.90516	866.10447	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1066	ตลาดเหนือ เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต	431.5725	870.94322	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1067	ตลาดใหญ่ เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต	433.20551	871.97453	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1068	กรงปินัง กรงปินัง ยะลา	752.79908	710.50752	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1069	ปูโรง กรงปินัง ยะลา	746.89793	712.86884	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1070	สะเอะ กรงปินัง ยะลา	745.98375	707.28921	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1071	ห้วยกระทิง กรงปินัง ยะลา	748.89843	701.29028	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1072	เบตง เบตง ยะลา	725.74962	639.34307	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1073	สะเตง เมืองยะลา ยะลา	752.12554	724.19416	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1074	เขานิวศน์ เมืองระนอง ระนอง	459.8365	1101.68551	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1075	บ่อยาง เมืองสงขลา สงขลา	676.20235	795.96459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1076	ดาเคียะ ระโนด สงขลา	638.77369	866.64733	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1077	คลองรี สทิงพระ สงขลา	652.88867	833.88306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1078	บ่อดาน สทิงพระ สงขลา	659.59311	821.98714	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1079	ป่าขาด สิงหนคร สงขลา	662.15537	800.66046	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1080	หัวเขา สิงหนคร สงขลา	673.22843	797.13539	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1081	พินาม เมืองสตูล สตูล	618.42391	731.33624	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1082	ตลาด เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	534.84807	1010.36325	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1083	บางกุ้ง เมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี	539.60024	1012.40645	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาพที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

One-way ANOVA: Profit versus Method 15

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	0.1320	0.0913	(-0.1533, 0.4173)	1.45	0.833
DE-IR - DE	0.2640	0.0913	(-0.0213, 0.5493)	2.89	0.090
DE-IS - DE	0.1760	0.0913	(-0.1093, 0.4613)	1.93	0.537
DE-ISR - DE	0.3080	0.0913	(0.0227, 0.5933)	3.37	0.055
DE-R - DE	0.0880	0.0913	(-0.1973, 0.3733)	0.96	0.978
DE-S - DE	0.1760	0.0913	(-0.1093, 0.4613)	1.93	0.537
DE-SR - DE	0.2200	0.0913	(-0.0653, 0.5053)	2.41	0.253
DE-IR - DE-I	0.1320	0.0913	(-0.1533, 0.4173)	1.45	0.833
DE-IS - DE-I	0.0440	0.0913	(-0.2413, 0.3293)	0.48	1.000
DE-ISR - DE-I	0.1760	0.0913	(-0.1093, 0.4613)	1.93	0.537
DE-R - DE-I	-0.0440	0.0913	(-0.3293, 0.2413)	-0.48	1.000
DE-S - DE-I	0.0440	0.0913	(-0.2413, 0.3293)	0.48	1.000
DE-SR - DE-I	0.0880	0.0913	(-0.1973, 0.3733)	0.96	0.978
DE-IS - DE-IR	-0.0880	0.0913	(-0.3733, 0.1973)	-0.96	0.978
DE-ISR - DE-IR	0.0440	0.0913	(-0.2413, 0.3293)	0.48	1.000
DE-R - DE-IR	-0.1760	0.0913	(-0.4613, 0.1093)	-1.93	0.537
DE-S - DE-IR	-0.0880	0.0913	(-0.3733, 0.1973)	-0.96	0.978
DE-SR - DE-IR	-0.0440	0.0913	(-0.3293, 0.2413)	-0.48	1.000
DE-ISR - DE-IS	0.1320	0.0913	(-0.1533, 0.4173)	1.45	0.833
DE-R - DE-IS	-0.0880	0.0913	(-0.3733, 0.1973)	-0.96	0.978
DE-S - DE-IS	0.0000	0.0913	(-0.2853, 0.2853)	0.00	1.000
DE-SR - DE-IS	0.0440	0.0913	(-0.2413, 0.3293)	0.48	1.000
DE-R - DE-ISR	-0.2200	0.0913	(-0.5053, 0.0653)	-2.41	0.253
DE-S - DE-ISR	-0.1320	0.0913	(-0.4173, 0.1533)	-1.45	0.833
DE-SR - DE-ISR	-0.0880	0.0913	(-0.3733, 0.1973)	-0.96	0.978
DE-S - DE-R	0.0880	0.0913	(-0.1973, 0.3733)	0.96	0.978
DE-SR - DE-R	0.1320	0.0913	(-0.1533, 0.4173)	1.45	0.833
DE-SR - DE-S	0.0440	0.0913	(-0.2413, 0.3293)	0.48	1.000

One-way ANOVA: Profit versus Method 20

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	522	147	(64, 981)	3.56	0.014
DE-IR - DE	870	147	(411, 1328)	5.93	0.000
DE-IS - DE	478	147	(20, 937)	3.26	0.034
DE-ISR - DE	1002	147	(543, 1460)	6.83	0.000
DE-R - DE	68	147	(-390, 527)	0.47	1.000
DE-S - DE	308	147	(-150, 766)	2.10	0.425
DE-SR - DE	335	147	(124, 793)	2.28	0.017
DE-IR - DE-I	348	147	(-111, 806)	2.37	0.272
DE-IS - DE-I	-44	147	(-502, 414)	-0.30	1.000
DE-ISR - DE-I	479	147	(21, 938)	3.27	0.034
DE-R - DE-I	-454	147	(-912, 4)	-3.10	0.054
DE-S - DE-I	-214	147	(-673, 244)	-1.46	0.825
DE-SR - DE-I	-187	147	(-646, 271)	-1.28	0.904
DE-IS - DE-IR	-392	147	(-850, 67)	-2.67	0.149
DE-ISR - DE-IR	132	147	(-327, 590)	0.90	0.985
DE-R - DE-IR	-802	147	(-1260, -343)	-5.47	0.000
DE-S - DE-IR	-562	147	(-1020, -104)	-3.83	0.006
DE-SR - DE-IR	-535	147	(-993, -77)	-3.65	0.011
DE-ISR - DE-IS	523	147	(65, 982)	3.57	0.014
DE-R - DE-IS	-410	147	(-868, 48)	-2.80	0.112
DE-S - DE-IS	-170	147	(-629, 288)	-1.16	0.940
DE-SR - DE-IS	-143	147	(-602, 315)	-0.98	0.976

DE-R - DE-ISR	-933	147	(-1392, -475)	-6.36	0.000
DE-S - DE-ISR	-694	147	(-1152, -235)	-4.73	0.000
DE-SR - DE-ISR	-667	147	(-1125, -208)	-4.55	0.001
DE-S - DE-R	240	147	(-219, 698)	1.63	0.728
DE-SR - DE-R	267	147	(-192, 725)	1.82	0.611
DE-SR - DE-S	27	147	(-431, 485)	0.18	1.000

One-way ANOVA: Profit versus Method 40

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	527	267	(-307, 1361)	1.97	0.507
DE-IR - DE	1607	267	(773, 2441)	6.02	0.000
DE-IS - DE	572	267	(-263, 1406)	2.14	0.399
DE-ISR - DE	1262	267	(428, 2096)	4.73	0.000
DE-R - DE	242	267	(-593, 1076)	0.91	0.985
DE-S - DE	414	267	(-420, 1248)	1.55	0.776
DE-SR - DE	1114	267	(279, 1948)	4.17	0.002
DE-IR - DE-I	1080	267	(246, 1915)	4.05	0.003
DE-IS - DE-I	45	267	(-789, 879)	0.17	1.000
DE-ISR - DE-I	735	267	(-99, 1569)	2.75	0.123
DE-R - DE-I	-285	267	(-1119, 549)	-1.07	0.961
DE-S - DE-I	-112	267	(-947, 722)	-0.42	1.000
DE-SR - DE-I	587	267	(-247, 1421)	2.20	0.365
DE-IS - DE-IR	-1036	267	(-1870, -201)	-3.88	0.005
DE-ISR - DE-IR	-345	267	(-1179, 489)	-1.29	0.898
DE-R - DE-IR	-1365	267	(-2200, -531)	-5.12	0.000
DE-S - DE-IR	-1193	267	(-2027, -359)	-4.47	0.001
DE-SR - DE-IR	-493	267	(-1328, 341)	-1.85	0.590
DE-ISR - DE-IS	690	267	(-144, 1525)	2.59	0.178
DE-R - DE-IS	-330	267	(-1164, 504)	-1.24	0.918
DE-S - DE-IS	-157	267	(-991, 677)	-0.59	0.999
DE-SR - DE-IS	542	267	(-292, 1376)	2.03	0.469
DE-R - DE-ISR	-1020	267	(-1854, -186)	-3.82	0.006
DE-S - DE-ISR	-848	267	(-1682, -13)	-3.18	0.043
DE-SR - DE-ISR	-148	267	(-982, 686)	-0.56	0.999
DE-S - DE-R	173	267	(-662, 1007)	0.65	0.998
DE-SR - DE-R	872	267	(38, 1706)	3.27	0.034
DE-SR - DE-S	699	267	(-135, 1534)	2.62	0.166

One-way ANOVA: Profit versus Method 60

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	10497	4251	(-2788, 23782)	2.47	0.225
DE-IR - DE	37508	4251	(24222, 50793)	8.82	0.000
DE-IS - DE	10348	4251	(-2937, 23633)	2.43	0.241
DE-ISR - DE	34249	4251	(20964, 47534)	8.06	0.000
DE-R - DE	10278	4251	(-3007, 23563)	2.42	0.249
DE-S - DE	10802	4251	(-2483, 24087)	2.54	0.195
DE-SR - DE	31876	4251	(18591, 45161)	7.50	0.000
DE-IR - DE-I	27011	4251	(13726, 40296)	6.35	0.000
DE-IS - DE-I	-148	4251	(-13433, 13137)	-0.03	1.000
DE-ISR - DE-I	23753	4251	(10467, 37038)	5.59	0.000
DE-R - DE-I	-219	4251	(-13504, 13066)	-0.05	1.000
DE-S - DE-I	306	4251	(-12980, 13591)	0.07	1.000
DE-SR - DE-I	21379	4251	(8094, 34664)	5.03	0.000
DE-IS - DE-IR	-27159	4251	(-40444, -13874)	-6.39	0.000
DE-ISR - DE-IR	-3258	4251	(-16543, 10027)	-0.77	0.994
DE-R - DE-IR	-27230	4251	(-40515, -13945)	-6.41	0.000
DE-S - DE-IR	-26705	4251	(-39991, -13420)	-6.28	0.000
DE-SR - DE-IR	-5632	4251	(-18917, 7653)	-1.32	0.886

DE-ISR - DE-IS	23901	4251	(10616, 37186)	5.62	0.000
DE-R - DE-IS	-71	4251	(-13356, 13215)	-0.02	1.000
DE-S - DE-IS	454	4251	(-12831, 13739)	0.11	1.000
DE-SR - DE-IS	21527	4251	(8242, 34812)	5.06	0.000
DE-R - DE-ISR	-23971	4251	(-37256, -10686)	-5.64	0.000
DE-S - DE-ISR	-23447	4251	(-36732, -10162)	-5.52	0.000
DE-SR - DE-ISR	-2374	4251	(-15659, 10912)	-0.56	0.999
DE-S - DE-R	524	4251	(-12761, 13809)	0.12	1.000
DE-SR - DE-R	21598	4251	(8313, 34883)	5.08	0.000
DE-SR - DE-S	21074	4251	(7788, 34359)	4.96	0.000

One-way ANOVA: Profit versus Method 80

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	16219	7144	(-6110, 38549)	2.27	0.324
DE-IR - DE	71058	7144	(48729, 93388)	9.95	0.000
DE-IS - DE	18229	7144	(-4101, 40558)	2.55	0.191
DE-ISR - DE	66762	7144	(44433, 89092)	9.34	0.000
DE-R - DE	6025	7144	(-16305, 28354)	0.84	0.990
DE-S - DE	30912	7144	(8583, 53242)	4.33	0.001
DE-SR - DE	79191	7144	(56862, 101521)	11.08	0.000
DE-IR - DE-I	54839	7144	(32509, 77168)	7.68	0.000
DE-IS - DE-I	2010	7144	(-20320, 24339)	0.28	1.000
DE-ISR - DE-I	50543	7144	(28214, 72873)	7.07	0.000
DE-R - DE-I	-10194	7144	(-32524, 12135)	-1.43	0.842
DE-S - DE-I	14693	7144	(-7636, 37023)	2.06	0.452
DE-SR - DE-I	62972	7144	(40643, 85302)	8.81	0.000
DE-IS - DE-IR	-52829	7144	(-75159, -30500)	-7.39	0.000
DE-ISR - DE-IR	-4296	7144	(-26625, 18034)	-0.60	0.999
DE-R - DE-IR	-65033	7144	(-87363, -42704)	-9.10	0.000
DE-S - DE-IR	-40146	7144	(-62475, -17816)	-5.62	0.000
DE-SR - DE-IR	8133	7144	(-14196, 30463)	1.14	0.946
DE-ISR - DE-IS	48534	7144	(26204, 70863)	6.79	0.000
DE-R - DE-IS	-12204	7144	(-34533, 10126)	-1.71	0.682
DE-S - DE-IS	12684	7144	(-9646, 35013)	1.78	0.638
DE-SR - DE-IS	60963	7144	(38633, 83292)	8.53	0.000
DE-R - DE-ISR	-60737	7144	(-83067, -38408)	-8.50	0.000
DE-S - DE-ISR	-35850	7144	(-58179, -13521)	-5.02	0.000
DE-SR - DE-ISR	12429	7144	(-9900, 34759)	1.74	0.662
DE-S - DE-R	24887	7144	(2558, 47217)	3.48	0.018
DE-SR - DE-R	73167	7144	(50837, 95496)	10.24	0.000
DE-SR - DE-S	48279	7144	(25950, 70609)	6.76	0.000

One-way ANOVA: Profit versus Method 100

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	15828	7703	(-8246, 39902)	2.05	0.454
DE-IR - DE	11153	7703	(-12920, 35227)	1.45	0.832
DE-IS - DE	8190	7703	(-15884, 32264)	1.06	0.962
DE-ISR - DE	50809	7703	(26735, 74882)	6.60	0.000
DE-R - DE	43736	7703	(19663, 67810)	5.68	0.000
DE-S - DE	13116	7703	(-10958, 37189)	1.70	0.685
DE-SR - DE	72645	7703	(48571, 96718)	9.43	0.000
DE-IR - DE-I	-4674	7703	(-28748, 19399)	-0.61	0.999
DE-IS - DE-I	-7638	7703	(-31712, 16436)	-0.99	0.974
DE-ISR - DE-I	34981	7703	(10907, 59055)	4.54	0.001
DE-R - DE-I	27909	7703	(3835, 51982)	3.62	0.012
DE-S - DE-I	-2712	7703	(-26786, 21362)	-0.35	1.000
DE-SR - DE-I	56817	7703	(32743, 80891)	7.38	0.000
DE-IS - DE-IR	-2964	7703	(-27037, 21110)	-0.38	1.000

DE-ISR - DE-IR	39655	7703	(15582, 63729)	5.15	0.000
DE-R - DE-IR	32583	7703	(8509, 56657)	4.23	0.002
DE-S - DE-IR	1962	7703	(-22111, 26036)	0.25	1.000
DE-SR - DE-IR	61491	7703	(37418, 85565)	7.98	0.000
DE-ISR - DE-IS	42619	7703	(18545, 66693)	5.53	0.000
DE-R - DE-IS	35547	7703	(11473, 59620)	4.61	0.000
DE-S - DE-IS	4926	7703	(-19148, 29000)	0.64	0.998
DE-SR - DE-IS	64455	7703	(40381, 88529)	8.37	0.000
DE-R - DE-ISR	-7072	7703	(-31146, 17001)	-0.92	0.983
DE-S - DE-ISR	-37693	7703	(-61767, -13619)	-4.89	0.000
DE-SR - DE-ISR	21836	7703	(-2238, 45910)	2.83	0.102
DE-S - DE-R	-30621	7703	(-54694, -6547)	-3.98	0.004
DE-SR - DE-R	28908	7703	(4835, 52982)	3.75	0.008
DE-SR - DE-S	59529	7703	(35455, 83603)	7.73	0.000

One-way ANOVA: Profit versus Method 500

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	221719	315282	(-763666, 1207104)	0.70	0.997
DE-IR - DE	1036739	315282	(51354, 2022124)	3.29	0.032
DE-IS - DE	252658	315282	(-732727, 1238043)	0.80	0.993
DE-ISR - DE	1272073	315282	(286688, 2257458)	4.03	0.003
DE-R - DE	65339	315282	(-920046, 1050724)	0.21	1.000
DE-S - DE	223113	315282	(-762272, 1208498)	0.71	0.997
DE-SR - DE	1409574	315282	(424189, 2394959)	4.47	0.001
DE-IR - DE-I	815020	315282	(-170365, 1800405)	2.59	0.179
DE-IS - DE-I	30939	315282	(-954446, 1016324)	0.10	1.000
DE-ISR - DE-I	1050354	315282	(64969, 2035739)	3.33	0.028
DE-R - DE-I	-156380	315282	(-1141765, 829005)	-0.50	1.000
DE-S - DE-I	1394	315282	(-983991, 986779)	0.00	1.000
DE-SR - DE-I	1187855	315282	(202470, 2173240)	3.77	0.008
DE-IS - DE-IR	-784081	315282	(-1769466, 201304)	-2.49	0.218
DE-ISR - DE-IR	235334	315282	(-750051, 1220719)	0.75	0.995
DE-R - DE-IR	-971400	315282	(-1956785, 13985)	-3.08	0.056
DE-S - DE-IR	-813626	315282	(-1799011, 171759)	-2.58	0.180
DE-SR - DE-IR	372835	315282	(-612550, 1358220)	1.18	0.934
DE-ISR - DE-IS	1019415	315282	(34030, 2004800)	3.23	0.037
DE-R - DE-IS	-187319	315282	(-1172704, 798066)	-0.59	0.999
DE-S - DE-IS	-29545	315282	(-1014930, 955840)	-0.09	1.000
DE-SR - DE-IS	1156916	315282	(171531, 2142301)	3.67	0.010
DE-R - DE-ISR	-1206734	315282	(-2192119, -221349)	-3.83	0.006
DE-S - DE-ISR	-1048960	315282	(-2034345, -63575)	-3.33	0.029
DE-SR - DE-ISR	137501	315282	(-847884, 1122886)	0.44	1.000
DE-S - DE-R	157774	315282	(-827611, 1143159)	0.50	1.000
DE-SR - DE-R	1344235	315282	(358850, 2329620)	4.26	0.002
DE-SR - DE-S	1186461	315282	(201076, 2171846)	3.76	0.008

One-way ANOVA: Profit versus Method 1083

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
DE-I - DE	38481	364683	(-1101304, 1178266)	0.11	1.000
DE-IR - DE	713660	364683	(-426125, 1853446)	1.96	0.518
DE-IS - DE	75594	364683	(-1064191, 1215380)	0.21	1.000
DE-ISR - DE	409634	364683	(-730151, 1549419)	1.12	0.950
DE-R - DE	-3934	364683	(-1143719, 1135851)	-0.01	1.000
DE-S - DE	98344	364683	(-1041441, 1238130)	0.27	1.000
DE-SR - DE	1595118	364683	(455332, 2734903)	4.37	0.001
DE-IR - DE-I	675179	364683	(-464606, 1814964)	1.85	0.588
DE-IS - DE-I	37113	364683	(-1102672, 1176898)	0.10	1.000
DE-ISR - DE-I	371152	364683	(-768633, 1510937)	1.02	0.970
DE-R - DE-I	-42415	364683	(-1182200, 1097370)	-0.12	1.000
DE-S - DE-I	59863	364683	(-1079922, 1199648)	0.16	1.000
DE-SR - DE-I	1556636	364683	(416851, 2696421)	4.27	0.001

DE-IS - DE-IR	-638066	364683	(-1777851, 501719)	-1.75	0.655
DE-ISR - DE-IR	-304027	364683	(-1443812, 835758)	-0.83	0.991
DE-R - DE-IR	-717594	364683	(-1857379, 422191)	-1.97	0.510
DE-S - DE-IR	-615316	364683	(-1755101, 524469)	-1.69	0.695
DE-SR - DE-IR	881457	364683	(-258328, 2021242)	2.42	0.249
DE-ISR - DE-IS	334039	364683	(-805746, 1473824)	0.92	0.984
DE-R - DE-IS	-79528	364683	(-1219313, 1060257)	-0.22	1.000
DE-S - DE-IS	22750	364683	(-1117035, 1162535)	0.06	1.000
DE-SR - DE-IS	1519523	364683	(379738, 2659308)	4.17	0.002
DE-R - DE-ISR	-413567	364683	(-1553353, 726218)	-1.13	0.947
DE-S - DE-ISR	-311289	364683	(-1451074, 828496)	-0.85	0.989
DE-SR - DE-ISR	1185484	364683	(45699, 2325269)	3.25	0.035
DE-S - DE-R	102278	364683	(-1037507, 1242063)	0.28	1.000
DE-SR - DE-R	1599051	364683	(459266, 2738836)	4.38	0.001
DE-SR - DE-S	1496773	364683	(356988, 2636558)	4.10	0.003

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นางสาวผจงจิต พิจิตบรรจง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 - 2546 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ พ.ศ. 2547 - 2550 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
ประวัติการวิจัย	ได้รับทุนการพัฒนาบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง อาจารย์ โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ตำแหน่งงาน	พนักงานมหาวิทยาลัย (วิชาการ)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา